

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

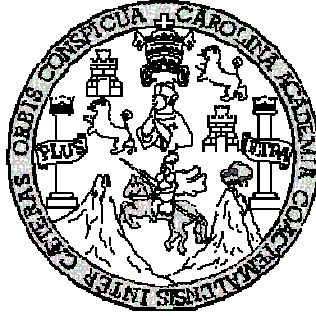
DISEÑO DE TRAMO CARRETERO DE TERRACERÍA, QUE CONDUCE DEL CASERÍO EL ZAPOTE HACIA EL CASERÍO SANTA ISABEL Y TRAMO DE TERRACERÍA QUE CONDUCE DEL CASERÍO EL ZAPOTE HACIA SITIO ARQUEOLÓGICO CANCUÉN Y DISEÑO DE PUENTE VEHICULAR DEL ARROYO CONCORDIA, EL TRAMO ESTÁ UBICADO EN EL MUNICIPIO DE SAYAXCHÉ, DEPARTAMENTO DE PETÉN

Manuel Salvador Bolaños del Villar

Asesorado por el Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta

Guatemala, agosto de 2008

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

DISEÑO DE TRAMO CARRETERO DE TERRACERÍA, QUE CONDUCE DEL CASERÍO EL ZAPOTE HACIA EL CASERÍO SANTA ISABEL Y TRAMO DE TERRACERÍA QUE CONDUCE DEL CASERÍO EL ZAPOTE HACIA SITIO ARQUEOLÓGICO CANCUÉN Y DISEÑO DE PUENTE VEHICULAR DEL ARROYO CONCORDIA, EL TRAMO ESTA UBICADO EN EL MUNICIPIO DE SAYAXCHÉ, DEPARTAMENTO DE PETÉN

TRABAJO DE GRADUACIÓN

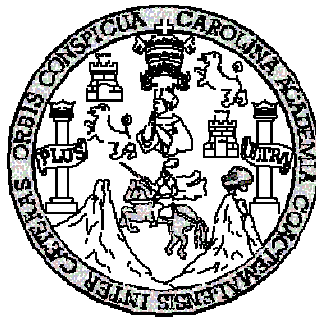
PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

MANUEL SALVADOR BOLAÑOS DEL VILLAR

ASESORADO POR EL ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA OCHAETA
AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, AGOSTO DE 2008

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	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	
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	Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto
EXAMINADOR	Ing. Fernando Amílcar Boiton Velásquez
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 TRAMO CARRETERO DE TERRACERÍA, QUE CONDUCE DEL CASERÍO EL ZAPOTE HACIA EL CASERÍO SANTA ISABEL Y TRAMO DE TERRACERÍA QUE CONDUCE DEL CASERÍO EL ZAPOTE HACIA SITIO ARQUEOLÓGICO CANCUÉN Y DISEÑO DE PUENTE VEHICULAR DEL ARROYO CONCORDIA, EL TRAMO ESTA UBICADO EN EL MUNICIPIO DE SAYAXCHÉ, DEPARTAMENTO DE PETÉN,

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 29 de enero de 2008.


Manuel Salvador Bolaños del Villar

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 TRAMO CARRETERO DE TERRACERÍA, QUE CONDUCE DEL CASERÍO EL ZAPOTE HACIA EL CASERÍO SANTA ISABEL Y TRAMO DE TERRACERÍA QUE CONDUCE DEL CASERÍO EL ZAPOTE HACIA SITIO ARQUEOLÓGICO CANCUÉN Y DISEÑO DE PUENTE VEHICULAR DEL ARROYO CONCORDIA, EL TRAMO ESTA UBICADO EN EL MUNICIPIO DE SAYAXCHÉ, DEPARTAMENTO DE PETÉN,

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 29 de enero de 2008.



Manuel Salvador Bolaños del Villar

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

UNIDAD DE EPS

Guatemala, 10 de julio de 2008
Ref.EPS.D 390.07.08

Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano
Directora Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimada Ingeniera Sarmiento Zeceña.

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, **MANUEL SALVADOR BOLAÑOS DEL VILLAR**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **“DISEÑO DE TRAMO CARRETERO DE TERRACERÍA; QUE CONDUCE DEL CASERÍO EL ZAPOTE HACIA EL CASERÍO SANTA ISABEL + TRAMO DE TERRACERÍA QUE CONDUCE DEL CASERÍO EL ZAPOTE HACIA SITIO ARQUEOLÓGICO CANCUÉN Y DISEÑO DE PUENTE VEHICULAR DEL ARROYO CONCORDIA, EL TRAMO ESTA UBICADO EN EL MUNICIPIO DE SAYAXCHÉ, DEPARTAMENTO DE PETÉN”**.


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 **Sayaxché, Petén**.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”


Ing. Manuel Alfredo Arrivilla
Asesor – Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Civil
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
ASESOR (A) - SUPERVISOR (A) DE EPS
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
Facultad de Ingeniería

JMC/am

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

UNIDAD DE EPS

Guatemala, 08 de julio de 2008
Ref.EPS.D.389.07.08

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

Estimado Ingeniero Boiton Velásquez.

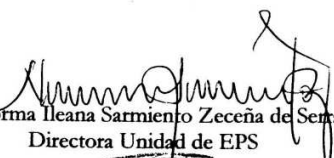
Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado " **DISEÑO DE TRAMO CARRETERO DE TERRACERÍA; QUE CONDUCE DEL CASERÍO EL ZAPOTE HACIA EL CASERÍO SANTA ISABEL + TRAMO DE TERRACERÍA QUE CONDUCE DEL CASERÍO EL ZAPOTE HACIA SITIO ARQUEOLÓGICO CANCUÉN Y DISEÑO DE PUENTE VEHICULAR DEL ARROYO CONCORDIA, EL TRAMO ESTA UBICADO EN EL MUNICIPIO DE SAYAXCHÉ, DEPARTAMENTO DE PETÉN**" que fue desarrollado por el estudiante universitario **MANUEL SALVADOR BOLAÑOS DEL VILLAR**, 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 de EPS, en mi calidad de Directora apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano
Directora Unidad de EPS

NISZ/am



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Guatemala,
04 de agosto de 2008

Ingeniero
Sydney Alexander Samuels Milson
Director de Escuela Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos

Estimado Ingeniero Samuels Milson

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DE TRAMO CARRETERO DE TERRACERÍA; QUE CONDUCE DEL CASERÍO EL ZAPOTE HACIA EL CASERÍO SANTA ISABEL + TRAMO DE TERRACERÍA QUE CONDUCE DEL CASERÍO EL ZAPOTE HACIA SITIO ARQUEOLÓGICO CANCUÉN Y DISEÑO DE PUENTE VEHICULAR DEL ARROYO CONCORDIA, EL TRAMO ESTA UBICADO EN EL MUNICIPIO DE SAYAXCHÉ, DEPARTAMENTO DE PETÉN**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Manuel Salvador Bolaños del Villar, quien contó con la asesoría del Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta.

Considero que 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 solicito darle el trámite respectivo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Armando Fuentes Roca

Revisor por el Área de Topografía y Transporte



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
TRANSPORTES
USAC

/bbdeb

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Guatemala,
04 de agosto de 2008

Ingeniero
Sydney Alexander Samuels Milson
Director de Escuela Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos

Estimado Ingeniero Samuels Milson

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DE TRAMO CARRETERO DE TERRACERÍA; QUE CONDUCE DEL CASERÍO EL ZAPOTE HACIA EL CASERÍO SANTA ISABEL + TRAMO DE TERRACERÍA QUE CONDUCE DEL CASERÍO EL ZAPOTE HACIA SITIO ARQUEOLÓGICO CANCUÉN Y DISEÑO DE PUENTE VEHICULAR DEL ARROYO CONCORDIA, EL TRAMO ESTA UBICADO EN EL MUNICIPIO DE SAYAXCHÉ, DEPARTAMENTO DE PETÉN**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Manuel Salvador Bolaños del Villar, quien contó con la asesoría del Ing. Manuel Alfredo Arriviliaga Ochaeta.

Considero que 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 solicito darle el trámite respectivo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
Jefe del Departamento de Estructuras



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
ESTRUCTURAS
USAC

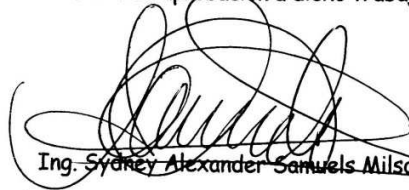
/bbdeb


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta y de la Directora de la Unidad de E.P.S. Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña, al trabajo de graduación del estudiante Manuel Salvador Bolaños del Villar, titulado DISEÑO DE TRAMO CARRETERO DE TERRACERÍA, QUE CONDUCE DEL CASERÍO EL ZAPOTE HACIA EL CASERÍO SANTA ISABEL Y TRAMO DE TERRACERÍA QUE CONDUCE DEL CASERÍO EL ZAPOTE HACIA SITIO ARQUEOLÓGICO CANCUÉN Y DISEÑO DE PUENTE VEHICULAR DEL ARROYO CONCORDIA, EL TRAMO ESTÁ UBICADO EN EL MUNICIPIO DE SAYAXCHÉ, DEPARTAMENTO DE PETÉN, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.


Ing. Sydney Alexander Samuels Milson



Guatemala, agosto 2008.

/bbdeb

Universidad de San Carlos
de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref. DTG. 268.2008

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 TRAMO CARRETERO DE TERRACERÍA, QUE CONDUCE DEL CASERÍO EL ZAPOTE HACIA EL CASERÍO SANTA ISABEL Y TRAMO DE TERRACERÍA QUE CONDUCE DEL CASERÍO EL ZAPOTE HACIA SITIO ARQUEOLÓGICO CANCUÉN Y DISEÑO DE PUENTE VEHÍCULAR DEL ARROYO CONCORDIA, EL TRAMO ESTÁ UBICADO EN EL MUNICIPIO DE SAYAXCHÉ, DEPARTAMENTO DE PETÉN,** presentado por el estudiante universitario **Manuel Salvador Bolaños del Villar,** autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
DECANO

Guatemala, agosto de 2008



/gdech

AGRADECIMIENTOS A

Dios	Por darme toda la fuerza necesaria para cumplir con esta meta
Mis padres	Por todo su apoyo y comprensión en los momentos difíciles
Mis hermanas y cuñados	Por su apoyo incondicional
Mis amigos	Por su apoyo y respaldo
Ing. Manuel Arrivillaga	Por su paciencia y dedicación en este trabajo de graduación
La Facultad de Ingeniería	Por formarme en el transcurso de la carrera y así poder contribuir con el desarrollo del país
La Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser la casa de estudios que me permitió realizarme como profesional
La municipalidad de Sayaxché, Petén	Por permitirme realizar el Ejercicio Profesional Supervisado
Mis amigos de Sayaxché	Por todo su apoyo y respaldo durante el Ejercicio Profesional Supervisado. Fue una gran experiencia en mi vida.

ACTO QUE DEDICO A:

Mis padres

Manuel Salvador Bolaños Pinelo
María Elena del Villar Requena
Que han sido la luz que ilumina mi
camino hacia un mejor porvenir

Mis abuelos

Bernardo Bolaños (†)
Tárcila Pinelo
Juan del Villar
Eudocia Requena

Mis hermanas

Karina Marleny Bolaños del Villar
Yadira del Carmen Bolaños del Villar
Mariela Julissa Bolaños del Villar
Sahyli María Bolaños del Villar

Mis cuñados

Darwin Estrada
Julio Paz
Ivan Rojas

Mis sobrinos

Darwin Alberto
Andrea Mishelle
Mariela Sofía

Mi familia

En general

Mis amigos

En general

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN	XV
OBJETIVOS	XVII
INTRODUCCIÓN	XIX
1. MONOGRAFÍA DE SAYAXCHÉ, PETÉN	1
1.1 Antecedentes históricos	1
1.2 Características geográficas	3
1.2.1 Localización y extensión territorial	3
1.2.2 Ubicación geográfica y colindancias	4
1.2.3 Vías de acceso	5
1.2.4 Clima e hidrografía	7
1.3 Características económicas	9
1.4 Características socioculturales	11
1.4.1 Población	11
1.4.2 Servicios básicos existentes	11
2. DISEÑO TRAMO CARRETERO DE TERRACERÍA	13
2.1 Descripción del proyecto	13
2.1.1 Alcances del proyecto	13
2.1.2 Levantamiento topográfico	13
2.1.3 Planimetría y altimetría	14
2.1.3.1 Planimetría	14
2.1.3.2 Altimetría	15

2.2 Componentes de una carretera	15
2.2.1 Curva circular	15
2.2.2 Curva de transición	17
2.2.3 Curva vertical	18
2.3 Especificaciones de construcción para carreteras	19
2.3.1 Limpia, chapeo y destronque	19
2.3.2 Terraplenes	20
2.3.3 Compactación de terraplenes	22
2.3.4 Cunetas	22
2.3.5 Alcantarillas	23
2.3.6 Mampostería de piedra y mortero para cabezales	23
2.3.7 Limpieza final	25
2.4 Movimiento de tierras	25
2.5 Maquinaria a utilizar	31
2.6 Elementos de un tramo carretero	32
2.6.1 Secciones típicas	32
2.6.2 Pendientes	33
2.6.3 Ancho de rodadura	33
2.6.4 Tangentes	34
2.6.5 Drenajes	35
2.6.6 Material balasto	44
2.7 Conceptos de estudios de suelos	45
2.7.1 Límites de Atterberg	46
2.7.2 Granulometría	47
2.7.3 Proctor	49
2.7.4 CBR	51
2.8 Cálculos numéricos para tramo carretero	52
2.8.1 De diseño	52

2.8.2 Movimientos de tierra	64
2.9 Presupuesto	67
2.10 Cronograma de ejecución	68
2.11 Estudio inicial de impacto ambiental de proyecto tramo carretero	69
3. DISEÑO DE PUENTE VEHICULAR	79
3.1 Conceptos básicos de los elementos de un puente	79
3.1.1 Definición técnica puentes	79
3.1.2 Componentes de la estructura de un puente	79
3.1.2.1 Estribos	80
3.1.2.2 Clasificación de los puentes	81
3.1.2.3 Banquetas peatonales	82
3.1.2.4 Barandas	83
3.2 Especificaciones técnicas de construcción para puentes	83
3.2.1 Especificaciones de diseño	84
3.2.1.1 Recubrimientos	84
3.2.1.2 Acero de refuerzo	84
3.2.1.3 Ganchos	84
3.2.1.4 Empalmes	84
3.2.1.5 Formaletas	85
3.2.1.6 Concreto	85
3.2.1.7 Agregados para concreto	85
3.2.1.8 Concreto ciclópeo	85
3.2.1.9 Agua	86
3.2.1.10 Preparación de concreto	86
3.2.1.11 Relleno	86
3.3 Conceptos de estudios de suelos	86

3.3.1 Valor soporte del suelo	87
3.3.2 Ensayo triaxial	87
3.4 Metodología usada en el diseño	88
3.4.1 Conceptos básicos de topografía	88
3.4.1.1 Alineamiento horizontal	89
3.4.1.2 Alineamiento vertical	89
3.5 Conceptos de estudios hidrológicos para puente vehicular	90
3.5.1 Crecidas máximas	90
3.5.2 Caudales máximos	90
3.5.3 Tirante	90
3.5.4 Método racional	91
3.6 Distintas Cargas para el diseño	92
3.6.1 Cargas vivas	92
3.6.1.1 Cargas de camión	92
3.6.2 Cargas muertas	95
3.6.3 Fuerzas actuantes	96
3.6.3.1 Fuerzas laterales	96
3.6.3.2 Fuerzas longitudinales	96
3.6.3.3 Efectos dinámicos o de impacto sobre la carga viva	97
3.7 Cálculos numéricos para puente vehicular	98
3.7.1 Datos de diseño	98
3.7.2 Diseño de super-estructura	98
3.7.2.1 Diseño de la losa	99
3.7.2.1.1 Cálculo de momento	99
3.7.2.1.2 Cálculo de peralte	102
3.7.2.1.3 Cálculo de refuerzo	102
3.7.2.2 Diseño de banqueteta	105
3.7.2.3 Diseño de diafragmas	106

3.7.2.4	Diseño de vigas	108
3.7.2.4.2	Cálculo de momento por Sobre carga	108
3.7.2.4.2	Cálculo de momento por Carga muerta	111
3.7.2.4.3	Cálculo de momento Debido al impacto	112
3.7.2.4.4	Cálculo de momento total	113
3.7.2.4.5	Cálculo de refuerzo	113
3.7.2.4.6	Diseño a corte	115
3.7.3	Diseño de subestructura	119
3.7.3.1	Diseño de la cortina	120
3.7.3.1.1	Empuje de tierra	120
3.7.3.1.2	Fuerza longitudinal (FL)	121
3.7.3.1.3	Fuerza de sismo (EQ)	121
3.7.3.1.4	Grupo de cargas	122
3.7.3.1.5	Cálculo de refuerzo	123
3.7.3.1.6	Refuerzo a corte	124
3.7.3.2	Diseño de asiento o base de neopreno	126
3.7.3.3	Diseño de estribo	127
3.7.3.3.1	Cálculo de momento de volteo	128
3.7.3.3.2	Cálculo de estabilizante	129
3.7.3.3.3	Revisión del muro sin Superestructura	130
3.7.3.3.4	Revisión de muro con Superestructura y carga viva	132
3.8	Presupuesto	134
3.9	Cronograma de ejecución	135

3.10 Estudio inicial de impacto ambiental para	
Puente vehicular	136
3.10.1 Impacto ambiental	136
3.10.2 Principio de evaluación	136
3.10.2.1 Impacto ambiental no significativo	136
3.10.2.2 Impacto ambiental significativo	136
3.10.3 Impactos y medidas de mitigación	138
3.10.4 Evaluación rápida	138
3.10.5 Recomendaciones de la evaluación, viabilidad	
ambiental del proyecto	140
3.11 Análisis económico	141
3.11.1 Valor presente neto (VPN)	141
CONCLUSIONES	145
RECOMENDACIONES	147
BIBLIOGRAFÍA	149
APÉNDICE	153
1 Resultado de ensayos de suelos en el laboratorio	153
2 Planos	161

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Mapa territorial de Sayaxché	5
2	Componentes de una curva horizontal	16
3	Componentes de una curva vertical	18
4	a) Curva de masa con material de préstamo y desperdicio	28
	b) Acarreo libre	29
5	Componentes de una sección típica	33
6	Detalles de cunetas	37
7	Secciones	65
8	Componentes de la estructura de un puente	80
9	Barandas de tráfico peatonal	83
10	Carga viva estándar de camión H	92
11	Aplicación de cargas para camiones H	93
12	Ancho de gálibo y del carril estándar	93
13	Carga viva estándar para camiones HS	94
14	Aplicación de cargas para camiones HS	94
15	Tren de cargas para camiones H	94
16	Tren de cargas para camiones HS	95
17	Detalle de armado de diafragma	107
18	Diagrama de sobrecarga	109
19	Diagrama de carga viva	110
20	Diagrama de reacciones (carga viva)	111
21	Diagrama de carga muerta	112
22	Detalle de elevación de vigas	115
23	Detalle de sección de vigas	115

24	Diagrama de reacciones (diseño a corte)	116
25	Diagrama de corte de diseño	117
26	Geometría de la cortina o viga de apoyo	120
27	Esquema de armado de cortina y viga de apoyo	126
28	Geometría del estribo	127
29	Gráfica de VPN	144

TABLAS

I	Beneficiados con el proyecto	7
II	Dimensiones de alcantarillas	23
III	Anchos de rodadura	34
IV	Puntos de intersección (PI)	54
V	Datos de curvas horizontales	56
VI	Presupuesto del proyecto del tramo carretero	67
VII	Cronograma de ejecución para tramo carretero	68
VIII	Cálculo de empuje y momentos	128
IX	Momentos estabilizantes	129
X	Resumen de costos de puente vehicular	134
XI	Cronograma de ejecución para puente vehicular	135

LISTA DE SÍMBOLOS

CM	Carga muerta
CV	Carga viva
I	Carga viva de impacto
E	Presión de tierra
T	Temperatura
M_{MAX}	Momento máximo
H	Altura
AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials, o sea Asociación Americana de Oficiales Estatales de Carreteras y Transportes.
ACI	American Concrete Institute o sea Instituto Americano del Concreto.
As	Área de acero
f'c	Esfuerzo a compresión del concreto
fy	Límite de fluencia para el acero
V_T	Corte total
R_1	Reacción en el punto "1"
S	Fuerza de Sismo
M_U	Momento último
Kip	Mil libras fuerza
W	Peso
Lbf	Libra fuerza
V_{MAX}	Corte máximo
Σ	Sumatoria
\$	Dólares

GLOSARIO

Alcantarillas	Son los conductos que se construyen por debajo de la subrasante de una carretera u otras obras viales, con el objeto de evacuar las aguas superficiales.
Aletón o ala	Muro lateral colocado en la entrada y salida de los puentes, diseñado y construido para sostener y proteger los taludes.
Barandales de puente	Son la parte de la estructura que tiene por objeto servir de protección a los peatones y vehículos que transitan sobre el puente.
Cabezales para alcantarillas	Son las estructuras de concreto ciclópeo, concreto estructural, mampostería de piedra, mampostería de ladrillo o bloque, colocadas en los extremos de las alcantarillas -entrada y salida- para estabilizar la tubería y sostener el terraplén.
Concreto ciclópeo	Es una combinación de concreto estructural y de piedra canto rodado o triturada, libres de arcillas o vegetación de tamaño no mayor de 300 mm.

Cunetas	Zanjas a los lados de un camino para recibir las aguas llovedizas, también, son constituidas al pie de un talud o en la corona del mismo.
Derecho de vía	Es el área que el estado reserva, para ser usada en la construcción de una carretera, anexos y futuras ampliaciones.
Diafragmas	Elemento estructural perpendicular a las vigas principales de un puente, sirven para estabilizar y evitar esfuerzos por torsión de las vigas principales, éstos pueden ser interiores y exteriores.
Especificaciones	Normas que rigen el diseño geométrico de las carreteras, la cual son función del tipo de carretera requerido para llenar la finalidad previamente establecida.
Estribo	Muro de apoyo de la superestructura de un puente, construido de concreto ciclópeo, concreto armado o mampostería.
Grado máximo de curvatura	De acuerdo con el tipo de carretera, se fija un grado máximo de curva a usar, el cual llene las condiciones de seguridad para el tránsito a la velocidad de diseño.

Hidrología	Es la ciencia que estudia el ciclo del agua y la evolución de ella en la superficie de la tierra bajo sus tres estados.
Limpia, chapeo y destronque	Son las operaciones previas a la iniciación de los trabajos de terracería y otros, con el objeto de eliminar toda clase de vegetación existente.
Mampostería	Son los elementos construidos a base de piedra, ladrillo, blocks, etc. Simplemente acomodado con mortero.
Mortero	Es la mezcla de aglomerantes, arena y agua, que sirven para unir las piedras ladrillos etc.
Obra Falsa	Parte de la formaleta que sostiene a los moldes en su lugar.
PVC	Son las siglas en ingles de Poli Vinil Chloride, adoptadas internacionalmente para denominar a los productos fabricados con cloruro de polivinilo.
Talud	Son los planos inclinados de la Terracería, los cuales delimitan los volúmenes de corte o terraplén.

Terracería	Es el prisma en corte o terraplén, en el cual se constituye las partes de la carretera mostrada en la sección típica.
Terraplén	Estructura elevada, comprendida entre el suelo y la superficie sub-rasante, la cual esta constituida por suelos apropiados, debidamente compactados.
Velocidad de diseño	Es la velocidad máxima a que un vehículo puede transitar con seguridad por una carretera trazada con determinadas características.

RESUMEN

El caserío el Zapote está ubicado en el municipio de Sayaxché, en el departamento de Petén, a una distancia de 150 kilómetros de la cabecera departamental. En la investigación realizada, para efectos del presente trabajo de graduación, se logró determinar que uno de los problemas prioritarios en esta comunidad es la falta de vías de acceso a ella.

Este documento está dividido en tres capítulos: en el primero se muestra el estudio monográfico realizado para el municipio de Sayaxché; el cual nos dio la pauta de cuáles eran las necesidades reales del lugar, el estudio monográfico se enfoca directamente hacia el caserío el Zapote, ubicado al sur de la cabecera municipal del municipio.

En el capítulo dos y tres se inclina por la parte de diseño, detalles constructivos, especificaciones de diseño, cronogramas de actividades, planos, cálculos, etc.

Este trabajo de graduación se espera que beneficie a la comunidad del Zapote, y que fomente el desarrollo vial del municipio de Sayaxché.

OBJETIVOS

General:

- Diseñar el tramo carretero que conduce del caserío el Zapote hacia el caserío Santa Isabel más el tramo que conduce del caserío el Zapote hacia Sitio Arqueológico Cancuén, y puente vehicular del Arroyo Concordia, municipio de Sayaxché, departamento de Petén.

Específicos:

1. Hacer un balance de los costos constructivos de los proyectos de tramo carretero y puente vehicular; y obtener su precio unitario.
2. Establecer los impactos negativos que puedan provocar los proyectos durante y después de su construcción, y proponer planes de contingencia para evitarlos.
3. Establecer los parámetros iniciales para la construcción del sistema vial que comunica las distintas comunidades del municipio de Sayaxché, basándose en estudios topográficos y sociales.
4. Establecer las dimensiones más aconsejables para el tramo carretero y el puente vehicular; de tal manera que se acoplen a las necesidades de la región en la que se realiza.

5. Contribuir al mejoramiento del sistema vial de el municipio de Sayaxché.

6. Apoyar a la municipalidad de Sayaxché, Petén; con asesorías, diseños, supervisiones, etc., orientándose hacia el mejor desarrollo de la región.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de graduación, es el resultado de la labor realizada dentro del programa de Ejercicio Profesional Supervisado(EPS) de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, en la municipalidad de Sayaxché del departamento de Petén, dentro de las actividades desarrolladas se encuentra la investigación de tipo monográfica y el diagnóstico de las necesidades de servicios básicos e infraestructura de la comunidad que permitió detectar los diferentes problemas que afronta la misma. Una vez determinados los problemas y necesidades comunales, se logró establecer el orden de prioridad de cada uno de dichos problemas y sus posibles soluciones.

El primer problema que se debía solucionar era la falta de vías de acceso al caserío el Zapote, por ello se planteó la idea de construir una carretera que logrará el acceso tan añorado por vía terrestre a la comunidad.

El segundo problema a solucionar consistió en construir un puente vehicular para el tramo antes mencionado, ya que existe un arroyo en el transcurso del tramo.

Es importante mencionar que para el diseño de éstos proyectos se utilizaron normas aceptadas y utilizadas en el medio nacional. Al final se presentan los planos y presupuestos para los dos proyectos.

1. MONOGRAFÍA DE SAYAXCHÉ, PETÉN

1.1 Antecedentes Históricos

Caserío El Zapote:

Según los vecinos de la comunidad el nombre de ésta, se deriva de la especie de árbol que da la fruta denominada Zapote, que existía en abundancia en el momento de la llegada de los primeros habitantes a esas tierras en los años 1930 a 1940.

Las familias iniciaron habitar el lugar debido a que existía tierras baldías para trabajar, recursos para construcción de sus viviendas y animales silvestres para el consumo humano como, coches de monte, jabalí, venados, tepezcuintles, pajuiles, pavos, etc. Los primeros productos que cosecharon en las tierras nuevas fueron: maíz, frijol, achiote y naranja; cerca del lugar donde construyeron sus viviendas, se ubica el río La Pasión, del cual se abastecen actualmente.

Actualmente llevan 70 años de haber fundado la comunidad y gracias al apoyo de organizaciones estatales cuentan con servicios como: escuelas del nivel primario, iglesia católica (en construcción), tiendas y teléfonos comunitarios, aunque no cuentan con servicios de salud y se les dificulta el acceso a éstos fuera del caserío.

Sitio Arqueológico Cancuén:

Ubicado en las márgenes del río La Pasión en Sayaxché, Petén, el sitio arqueológico Cancuén fue un importante centro comercial en tiempos prehispánicos entre las tierras altas de Guatemala y las tierras bajas de Petén y México. Este sitio cuenta con infraestructura turística como ningún otro en Guatemala.

Durante su época de mayor esplendor, éste sitio fue uno de los centros de comercio Maya más importantes. Gracias a su estratégica ubicación, Cancuén controlaba el tráfico de valioso jade, plumas de quetzal y materiales de obsidiana entre las tierras altas de Guatemala y las tierras bajas de Petén y México. La ciudad semi-restaurada cuenta con uno de los palacios más grandes y elaborados encontrados en sitios de la cultura Maya.

Descubrimientos recientes en el sitio incluyen talleres de jade y otros materiales líticos, entierros reales, relieves en estuco, uno de los paneles mejor preservados y tres marcadores de juego de pelota. El proyecto pionero de arqueología en Cancuén te permite observar y compartir experiencias con los arqueólogos (dependiendo de la temporada) y comprender la importancia de la restauración y conservación del patrimonio cultural. Además, podrás disfrutar de bellos paisajes y contribuir al desarrollo de las comunidades locales aledañas.

El sitio cuenta con excelente infraestructura turística como un Centro de Visitantes con interesante información histórica y arqueológica, senderos elevados de madera y rótulos interpretativos, área de camping, servicios sanitarios con duchas y un pequeño restaurante.

El acceso al sitio es por lancha desde la comunidad de La Unión (Chisec) a través de su Asociación de Desarrollo y Turismo, quienes proveen éste servicio todos los días. La comunidad también ofrece estacionamiento techado y una pequeña tienda donde se venden modelos tallados de arte Maya. Guías comunitarios de las comunidades de El Zapote, Santa Isabel y La Unión proveen servicios profesionales en el sitio.

1.2 Características geográficas

1.2.1 Localización y extensión territorial

El proyecto se localiza en la zona sur del municipio de Sayaxché. Para llegar al área donde se ubica el proyecto se tiene que conducir hacia Raxruha, carretera asfaltada que conduce hacia Cobán Alta Verapaz, luego ingresar a través de una carretera de terracería hacia la Aldea La Unión, luego cruzar el río La Pasión en lancha hasta llegar al caserío el Zapote de donde inicia el proyecto hasta que intercepta con la carretera que va de El Rosal a Santa Isabel.

La extensión territorial del municipio de Sayaxché la información más actualizada con que se cuenta, es de 3,752 kilómetros cuadrados, el 10.89% del Departamento de Petén que antes pertenecían al Municipio de La Libertad. La mayor del territorio se encuentra entre 100 y 250 msnm. El territorio lo constituye una vasta llanura pantanosa y plana, apenas interrumpida por algunas montañas que se levantan en la zona del Petexbatún y en las colindancias con Alta Verapaz, que ha estado cubierto por siglos de bosques naturales típicos de las zonas, de vida clasificadas como muy húmedo y húmedo subtropical cálido.

1.2.2 Ubicación geográfica y colindancias

El Municipio de Sayaxché se encuentra ubicado al sur oeste de Petén, colinda al norte con el municipio de La Libertad, al sur con el municipio de Chisec Alta Verapaz, al este con los municipios de San Francisco, Poptún y San Luis y al oeste con la república de México. Ubicado a 125 msnm, latitud 16°31'46", longitud 90°11'23.

El Proyecto se ubica a aproximadamente 140 kilómetros al sur de la cabecera Municipal, Sayaxché, Petén. Aproximadamente 90 kilómetros son de asfalto y 50 de terracería. Entre El Caserío el Zapote y la carretera que comunica el Caserío El Rosal con Santa Isabel micro región El Coyo, hay una longitud de 3,478 kilómetros. El proyecto se inicia en El Zapote hacia la carretera que comunica el Caserío el Rosal con Santa Isabel, pasando por la entrada al sitio arqueológico Cancuén a una distancia de 2,571 kilómetros.

Por otra parte, nueve comunidades que conforman la microrregión El Coyo, desde su ubicación en la zona en los años 60ª y 70ª han venido gestionando que se construya una vía que les permita acceder fácilmente hasta la cabecera municipal de Sayaxché, ya que durante todo el tiempo de habitar el área han ingresado por la vía de Raxuha y Fray Bartolomé de las Casas; situación que ha desgastado económicamente a la población y que ha limitado que éstas comunidades sean mejor atendidas por el gobierno municipal. La vía que conduce a éstas comunidades, está construida dentro de terrenos de Alta Verapaz y el municipio de San Luis Peten; por lo que a las comunidades es difícil la gestión para que dicho tramo carretero se le de el mantenimiento adecuado. Sin embargo, ésto ha sido una lucha de gestión durante toda la vida que las comunidades han mantenido con los alcaldes de San Luis, Sayaxché, Petén y Fray Bartolomé de las Casas Cobán Alta Verapaz.

En el año 2006, vecinos de los Caseríos el Zapote, Santa Isabel, El Rosal, La Concordia, La Unión, convocaron a reunión al Alcalde Municipal, manifestándole la problemática que atraviesan éstas comunidades al no contar con vía de acceso que conduzca el caserío El Zapote; y al importante sitio arqueológico Cancuén, al cual sólo se puede acceder por lancha. Así mismo, solicitaron la construcción del camino vecinal del caserío el Zapote hasta caserío Santa Isabel – El Rosal y la construcción del tramo hacia el sitio arqueológico Cancuén. Por lo que en respuestas a dicha petición la municipalidad de Sayaxché, en nombre de sus comunidades; solicita al Consejo Departamental de Desarrollo CODEDE, los fondos para dicho proyecto sea ejecutado en el siguiente año 2007.

Tomando en cuenta la gestión y la necesidad de contar con el estudio técnico y diseño del proyecto, la municipalidad de Sayaxché, realizó el estudio de preinversión del proyecto del proyecto. La ejecución de éste proyecto beneficiará indirectamente a las siguientes comunidades.

Tabla I. Beneficiados con el proyecto

COMUNIDAD	BENEFICIARIOS			
	DIRECTOS		INDIRECTOS	
	Familias	Habitantes	Familias	Habitantes
El Zapote	85	381		
Santa Isabel			100	551
El Rosal			65	348
La Concordia			45	320
	85	381	210	1219

1.2.4 Clima e hidrografía

El clima del municipio es de tipo tropical cálido y húmedo, típico de éstas latitudes. Se caracteriza como tropical variable - húmedo con época larga de lluvia y con época seca desarrollada pero de duración variable entre diciembre y mayo. Según la clasificación de Thornthwaite se encuentran los climas A'b'Br en gran parte del municipio y A'b'Ar en la parte sur.

La temperatura media mensual varía entre 23 grados en los meses de diciembre y enero y 32 en el mes más seco (mayo). La temperaturas máximas medias varían entre 30 y 45 grados, y las mínimas entre 17 y 23 grados. Aunque no se han presentado heladas, en algunas ocasiones se han registrado las precipitaciones de granizo en ciertas partes del municipio.

Desafortunadamente el Municipio de Sayaxché no cuenta con una estación meteorológica que proporcione los datos de precipitación. No obstante se estima que la precipitación anual se encuentra entre los 1,200 y 3,000, al igual que otros municipios de Petén. La fuente de humedad más importante la constituye la relativa cercanía al mar Caribe, que da lugar a flujos de humedad asociados con ciclones y tormentas tropicales, que forman lluvias de origen ciclónico. La humedad relativa del aire es en la mayor parte del año muy alta, y baja solamente en el medio día de los 85-95 por ciento hasta 55-60 por ciento.

Los vientos predominantes son alisios que se desplazan del noroeste y sureste, con velocidades medias mensuales bajas. Durante la época lluviosa, debido a la influencia del Mar Caribe en el Golfo de México y el Océano Pacífico en las costas de Chiapas, aparecen lluvias torrenciales y vientos de 75 Km/h y más, que repercuten en inundaciones por desbordamientos de los ríos La Pasión y Salinas, ya que en el municipio no existen obstáculos orográficos significativos

Además de una estación seca principal relativamente bien definida, que dura de diciembre o enero hasta abril o mayo, ocurre regularmente una "canícula" (temporada seca de varias semanas) en el mes de agosto. Los meses con menor precipitación son los de febrero, marzo y abril y los de mayor precipitación pluvial son septiembre, octubre y noviembre.

1.3 Características económicas

Las actividades económicas principales del municipio de Sayaxché se dividen en tres:

- Producción agrícola
- Producción pecuaria
- Producción forestal

Producción agrícola: El área de mayor potencial agrícola se encuentra a largo de la planicie aluvial de los ríos Salinas y La Pasión, y Laguna Petexbatún, en donde se ha observado el rendimiento en la producción de maíz de 50 y 70 quintales por hectárea sin aplicar nutrientes al suelo; por el contrario en la parte central del municipio, donde se encuentran los suelos más pobres, se han registrado rendimientos de 20 hasta 30 quintales por hectárea, el arroz entre 15 y 35 quintales por hectárea, y la pepitoria entre 15 y 25 quintales por hectárea. La economía del municipio se basa principalmente en la agricultura. Como se mencionó anteriormente los principales cultivos que se cosechan en el municipio son: maíz, frijol, arroz y pepitoria. En menor escala se cultiva Chile jalapeño, plátano, naranja, cocos, limón, nance y otros frutales.

Producción pecuaria: La crianza de ganado bovino es la segunda actividad económica más importante de Sayaxché. En los últimos años se ha observado un cambio ascendente de actividades agrícolas a la crianza de ganado están ubicadas a lo largo de los ríos La Pasión y Salinas, que facilitan el crecimiento de pasto y el acceso a las fuentes de agua. Las especies bovinas que se maneja son las de engorde para carne. Los campesinos que se dedican a esta actividad lo hacen sin ningún control técnico del ganado y del pasto, lo cual resulta en bajos rendimientos.

Por otro lado, existen fincas con un alto manejo técnico del hato y del pasto, y en algunas, inclusive, se crían búfalos en pequeña escala.

Gran parte del ganado producido se comercializa en México, también se traslada hacia otros departamentos de Guatemala, e inclusive se lleva hasta Honduras y El Salvador. El consumo local es muy poco, aproximadamente entre 200 y 300 animales que se destazan en las carnicerías locales anualmente.

Asimismo, la crianza de cerdos es otra actividad que se realiza mayoritariamente en las comunidades rurales, quienes venden su producción a intermediarios que llegan directamente a las comunidades para llevarlos a las carnicerías locales y los mercados del área central de Petén (San Benito y Santa Elena, Flores). Esta actividad se realiza sin ningún control técnico, ni siquiera se construyen cochiqueras por lo que los animales deambulan por las calles.

Por último, en un gran número de comunidades se realiza la crianza de especies avícolas como pollos y pavos (comúnmente llamados chompipe), principalmente para consumo de carne y huevos de las familias.

Producción forestal: La mayor parte del territorio del municipio es de vocación forestal, que desafortunadamente ha sufrido un cambio paulatino para actividades agropecuarias. La cobertura boscosa actual es de aproximadamente 130,000 hectáreas de bosques naturales, dentro de los cuales se encuentran especies latifoliadas y bosque secundario.

Los suelos con mayor potencial para ésta actividad están ubicados en la parte central, norte y este del municipio, que cuentan con pendientes mayores de 4% y un profundidad del suelo entre 15 y 20 cm. Donde se podrían establecer plantaciones forestales, agro forestales y agrasilvopastoriles.

1.4 Características socioculturales

1.4.1 Población

Se desconoce a ciencia cierta quienes fueron los primeros pobladores del municipio de Sayaxché, pero se cree que fueron los últimos trabajadores de la montería y corte de madera de la empresa maderera Jamet Sastré entre los años 1874-80, en las áreas de los ríos Lacantún, Usumacinta y La Pasión, trabajadores oriundos en su mayoría de Tenosique, Tabasco, Belice y España, dando a Sayaxché un origen Cosmopolita.

1.4.2 Servicios básicos existentes

El municipio de Sayaxché es uno de los municipios con menos infraestructura social en Petén, iniciando por carreteras o caminos vecinales, escuelas, agua potable y saneamiento, infraestructura de salud, sistemas de producción, etc., los cuales obstaculizan el desarrollo integral de la población.

De las 159 comunidades del municipio 60 tiene acceso por vía terrestre, lo cual hace el 37.7% de las comunidades. De las comunidades contabilizadas únicamente Sayaxché es la comunidad urbana.

Cuenta con el puerto fluvial más importante del municipio, en la cual embarcan botes de hasta 200 y 300 quintales de capacidad, los cuales traen granos básicos, frutos y ganado de las comunidades ubicadas sobre el río La Pasión.

Además cuenta con edificios comunales, escuelas e institutos educativos, canchas polideportivas, parques, cementerios, etc.

2. DISEÑO DE TRAMO CARRETERO DE TERRACERÍA

2.1 Descripción del proyecto

2.1.1 Alcances del proyecto

El proyecto tiene como fin primordial comunicar el caserío el Zapote con los siguientes caseríos: Santa Isabel, El Rosal, Concordia; y con el Sitio Arqueológico Cancuén, con la apertura de carretera que tendrá una longitud de 6000 metros lineales y se diseñó como una típica E, con una pendiente máxima de 14%, una mínima de 2%, y un bombeo de 3%; su ancho de calzada será de 5.50 m, con hombros de 0.75 m, cunetas de 0.50 m, y de terracería con espesor mínimo de 10 centímetros.

2.1.2 Levantamiento topográfico

Para el trazo de la línea preliminar se generan curvas de nivel del modelo digital y se ubican en el plano los puntos obligados de paso, dos puntos obligados son el inicio y el final del camino, los cuales ya fueron ubicados y referenciados en el reconocimiento preliminar de campo, luego de aquellos pasos que en el preliminar de campo se chequearon y permiten el paso evitando pendientes altas, una buena combinación entre alineamiento horizontal y vertical, pasos por quebradas, estructuras existentes o suelos difíciles de trabajar. Cuando se realiza un levantamiento topográfico tradicional de campo se anotan tres libretas: libreta de tránsito, libreta de niveles de línea central y libreta de secciones transversales, en el caso de utilizar una estación total, se plotean puntos x, y, z de la ruta. El objetivo es tener una superficie del mayor ancho posible sobre toda la longitud de la ruta seleccionada.

Con un modelo fotogramétrico se cuenta con un área lo suficientemente grande que permite realizar variados intentos de trazo. El trabajar con un modelo digital también permite realizar variados intentos de trazo. El trabajar con un modelo digital permite construir perfiles, secciones transversales, calcular cortes y rellenos; como también chequear taludes para cada intento de línea, prácticamente construir un modelo completo con cada intento de ruta. Y así llegamos a la línea de localización que es la línea definitiva del proyecto, es la que cumple de mejor forma con las condiciones de seguridad, economía y comodidad para el tipo de tránsito y período de tiempo para el que será diseñada.

2.1.3 Planimetría y altimetría

2.1.3.1 Planimetría

La información topográfica necesaria para el diseño de una carretera consiste en tomar en campo los ángulos y distancias horizontales que definen la ruta preliminar, haciendo uso de un teodolito y de una cinta métrica, con los cuales definiremos los valores de: estación, punto observado, azimut o ángulo horizontal y distancia horizontal.

El levantamiento consiste en una poligonal abierta, formada por ángulos orientados a un mismo norte el cual es planteado desde el principio si será real o uno arbitrario que después se corregirá; y se proseguirá tomando las distancias entre las estaciones intermedias a cada 20 metros como máximo.

2.1.3.2 Altimetría

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 más de 1000 metros para no encontrarse ninguna cota negativa al final del levantamiento.

Se recomienda dibujar el perfil que se ha levantado durante el día, con el objeto de apreciar se tiene una forma congruente con la realidad y si cumple con las especificaciones máximas permisibles, lo anterior permite que los errores se encuentren a tiempo y no hasta realizar el plano en gabinete.

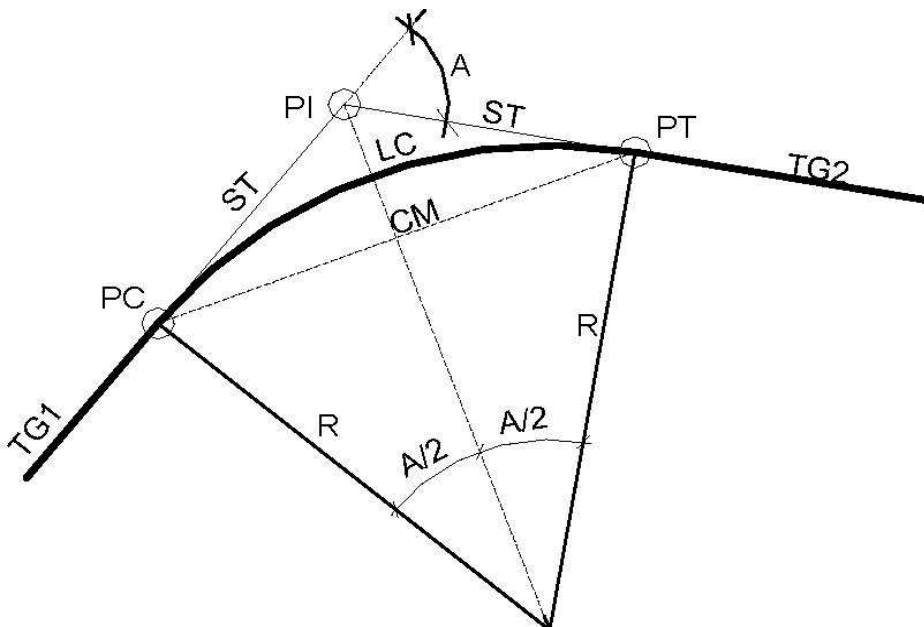
2.2 Componentes de una carretera

2.2.1 Curva circular

Las curvas circulares son arcos de círculo que forman la proyección horizontal de las curvas empleadas para unir dos tangentes consecutivas. Las curvas circulares pueden ser simples y compuestas según se trate de un sólo arco de círculo o de dos o más sucesivos, de diferente radio. La curva simple existe cuando dos tangentes están unidas entre sí por una sola curva circular, en el sentido del caminamiento puede ser hacia la izquierda o hacia la derecha. Las curvas compuestas son aquellas que están formadas por dos o más curvas circulares simples con un mismo sentido de tangencia; es común entre dos consecutivas, cuando son del mismo sentido se llaman compuestas directas y cuando son de sentido contrario se llaman compuestas inversas.

En caminos rurales deben evitarse éstas últimas, porque producen cambios de curvatura peligrosos; sin embargo, en intersecciones pueden emplearse, siempre y cuando la relación entre los dos radios consecutivos no sobrepase de dos y se resuelva satisfactoriamente la tracción sobre la elevación.

Figura 2. Componentes de una curva horizontal



Donde:

$$R = \frac{1145.9456}{G}$$

$$LC = \frac{20 * A}{G}$$

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

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

Donde:

- PC = Punto donde inicia la curva horizontal
- PT = Punto donde termina la curva horizontal
- PI = Punto de unión entre dos sub-tangentes
- ST = Sub-tangente (distancia de PI hasta PT, o PC hasta PI)
- CM = Cuerda máxima
- R = Radio
- TG1 = Tangente de entrada a la curva
- TG2 = Tangente de salida a la curva
- LC = Longitud de curva horizontal
- A = Ángulo entre dos tangentes
- G = Grado de Curvatura

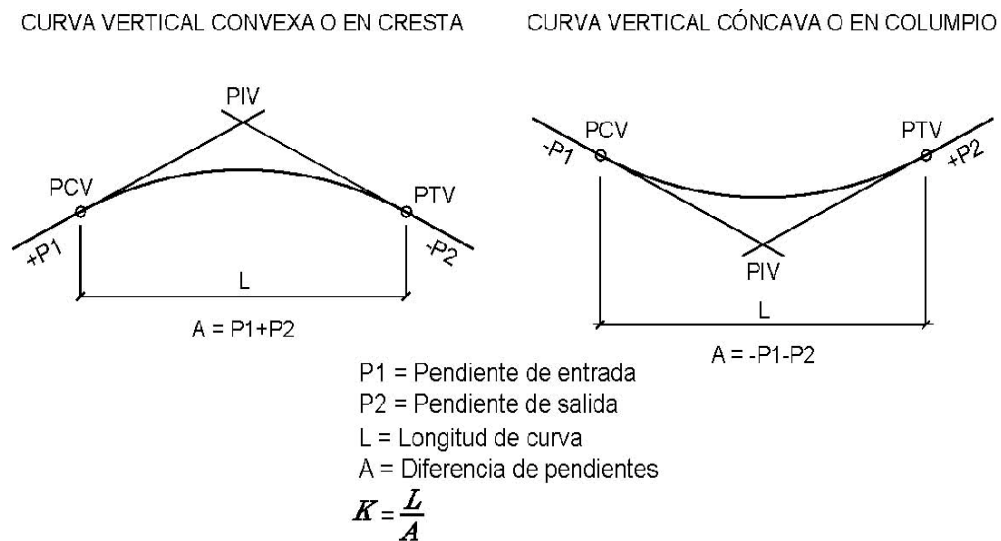
2.2.2 Curva de transición

Cuando un vehículo pasa por un tramo en tangente a otro en curva circular, requiere hacerlo en forma gradual, tanto por lo que se requiere al cambio de dirección como a la sobre elevación. Para lograrlo se usan éstas curvas y su definición será la curva que une la tangente con una curva circular simple, teniendo como característica la variación continua en el valor del radio de curvatura a través de su longitud, desde infinito en la tangente al correspondiente para la curva circular.

2.2.3 Curva vertical

Las curvas verticales son las que enlazan tangentes consecutivas del alineamiento vertical, para que en su longitud se efectúe el paso gradual de la pendiente de la tangente de entrada a la pendiente de la tangente de salida o sea que deben dar por resultado un camino seguro y confortable, de apariencia agradable y con características adecuadas de drenajes. El tipo de curvas cóncavas hacia arriba o hacia abajo, llamándose, de acuerdo a su concavidad curva en columpio o en cresta, respectivamente.

Figura 3. Componentes de curva vertical



Donde:

$$Y = \frac{P * X^2}{8}$$

$$L_{MÍNIMA} = K * P$$

$$P = P_1 - P_2$$

Donde:

- PIV = Punto de intersección de las tangentes verticales
- PCV = Punto donde comienza la curva vertical
- PTV = Punto donde termina la curva vertical
- P1 = Pendiente de la tangente de entrada
- P2 = Pendiente de la tangente de salida
- P = Diferencia algebraica de
- L = Longitud de curva vertical
- Y = Ordenada media de la parábola
- X = Abscisas a contar de los extremos de la curva en metros
- K = Sirve para obtener L mínima

2.3 Especificaciones de construcción para carreteras

Según el libro azul de la Dirección General de Caminos se menciona un resumen de dichas especificaciones para carreteras:

2.3.1 Limpia, chapeo y destronque

Al efectuar la tala de árboles, éstos se deben botar hacia el centro del área que deba limpiarse, de tal manera que no se dañen las propiedades adyacentes o los árboles que deban permanecer en su lugar. En áreas pantanosas o cenagosas que estén dentro de los límites de construcción, los árboles se deben cortar a ras del nivel del terreno o del agua.

Con el objeto de evitar la erosión, el supervisor ordenará, qué vegetación debe permanecer en su lugar, de la que esté dentro de los límites del derecho de vía pero fuera del área de construcción; así mismo, puede ordenar la preservación de árboles ú otra vegetación que estén fuera del área de construcción.

Las ramas de los árboles que se extiendan sobre la carretera, se deben cortar o podar para dejar un claro de 6 metros a partir de la superficie de la misma. En áreas donde se deba efectuar la excavación no clasificada, todos los troncos, raíces y otros materiales inconvenientes, deben ser removidos hasta una profundidad no menor de 600 milímetros debajo de la superficie de la subrasante; y el área total debe ser limpiada de matorrales, troncos carcomidos, raíces y otras materias vegetales ú orgánicas susceptibles de descomposición.

Las áreas que se deban cubrir con terraplenes, se deben desraizar a una profundidad no menor de 300 milímetros o a 600 milímetros en las áreas donde existan troncos. Todos los troncos que estén fuera del área de excavación o de terraplenes, deben ser desraizados a una profundidad no menor de 300 milímetros debajo de la superficie del terreno original.

2.3.2 Terraplenes

Los terraplenes de suelo deben ser construidos en capas sucesivas, a todo lo ancho de la sección típica, y en longitudes tales, que sea posible el riego de agua y compactación por medio de los métodos establecidos. Los espesores de las capas a ser compactadas deben ser determinados por el Contratista, de conformidad con la capacidad de la maquinaria y equipo que se va a utilizar, debiendo efectuar, para tal efecto, pruebas para determinar el espesor máximo en cada caso, siempre y cuando se llenen los requisitos de compactación que

se indican en los planos. Como resultado de las pruebas, el supervisor aprobará el espesor de capa máxima a compactar. En ningún caso, el espesor podrá ser menor de 100 milímetros compactados ni mayor de 300 milímetros compactados. Las cantidades pequeñas de roca que se encuentren al construir un terraplén de suelo, deben de incorporarse a las capas del mismo o colocarse en los rellenos más profundos, dentro de los límites de acarreo mostrados en los planos, siempre que dicha colocación no sea inmediatamente adyacente a estructuras.

Cuando se empalmen capas de materiales diferentes, cada capa debe formar una cuña de por lo menos 35 metros de longitud o mezclar los materiales de tal manera que se eviten cambios bruscos en el terreno. Los materiales apilados o en camellones, deben ser removidos y esparcidos con moto-niveladora u otros medios similares.

Los terrones y pedruscos se deben quebrar y mezclar con el material del terraplén, con el propósito de obtener un material de densidad uniforme en cada capa. Se debe aplicar el agua requerida, a efecto de que el material tenga su contenido de humedad necesario para lograr la máxima compactación. Será responsabilidad del Contratista, el asegurar un contenido de humedad uniforme en la totalidad de cada capa, por los medios que sean necesarios. Cuando se construya un terraplén a media ladera, al llegar tanto el relleno como el corte a la elevación de la sub-rasante, la parte de la sub-rasante que quedó en corte se debe de escarificar a una profundidad uniforme de por lo menos 300 milímetros a partir de dicha elevación; el material debe ser mezclado y conformado con motoniveladora, aplicándole enseguida agua y compactándolo de acuerdo con los requisitos indicados anteriormente y a la misma densidad del terraplén adyacente.

2.3.3 Compactación de terraplenes

Los terraplenes se deben compactar como mínimo al 90 % de la densidad máxima, determinada por el método AASHTO T 180 y los últimos 300 milímetros se deben compactar como mínimo, al 95% de la densidad máxima determinada por el método citado.

En secciones de corte, la sub-rasante debe ser escarificada hasta una profundidad de 300 milímetros inmediatamente debajo del nivel de diseño de la sub-rasante; a continuación debe ser compactada hasta el 95% de la densidad máxima determinada como se indica en el párrafo anterior.

En ambos casos, la compactación se comprobará en el campo, de preferencia mediante el método AASHTO T 191 (ASTM D 1556). Con la aprobación escrita del supervisor, se pueden utilizar otros métodos técnicos, incluyendo los no destructivos.

2.3.4 Cunetas

Las cunetas que drenen el agua de los cortes a los terraplenes, se deben construir en tal forma, que se evite cualquier daño a dichos terraplenes, debido a la erosión y darles una pendiente adecuada, removiendo todas las raíces, rocas o materias similares salientes que obstruyan el libre corrimiento de las aguas, para evitar el rebalse de la misma sobre el terraplén. Todo el material excavado de las cunetas se debe depositar fuera de los límites de la carretera, salvo que se indique de otra manera en los planos o lo autorice por escrito el supervisor; y no se debe dejar apilado en montones que tengan mal aspecto, sino que se debe esparcir en capas uniformemente conformadas.

2.3.5 Alcantarillas

Para este proyecto se utilizará tubería de concreto con diámetros de 30" (750 mm) y 36" (900 mm).

Tabla II. Dimensiones de alcantarillas

DIMENSIONES DE LAS ALCANTARILLAS			
Diámetro nominal	Espesor Mínimo de la pared	Rigidez Mínima de la alcantarilla	Masa Unitaria mínima
(mm)	(mm)	(kPa)	(Kg./m)
600	2.92	165	15.2
750	3.43	130	22
900	3.94	110	29.9

Fuente: Libro Azul de la Dirección General de Caminos. Sección 604.04, tabla 604-4

2.3.6 Mampostería de piedra y mortero para cabezales

La piedra puede ser canto rodado o material de cantera labrado o no labrado. La piedra debe ser dura, sana, libre de grietas u otros defectos que tiendan a reducir su resistencia a la intemperie. Las superficies de las piedras deben estar exentas de tierra, arcilla o cualquier materia extraña, que pueda obstaculizar la perfecta adherencia del mortero. Las piedras pueden ser de forma cualquiera y sus dimensiones pueden variar la menor de 50 mm - 75mm y la mayor de 150 a 175 mm. Las piedras deben ser de materiales que tengan un peso mínimo de 1,390 Kg/m³.

El mortero debe estar formado por una parte de cemento hidráulico y por dos partes de agregado fino, proporción en volumen.

Las superficies de las piedras se deben humedecer antes de colocarlas, deben ser rechazadas las piedras cuyos defectos no se pueden remover por medio de agua y cepillo. Las piedras limpias se deben ir colocando cuidadosamente en su lugar de tal manera de formar en lo posible hiladas regulares. Las separaciones entre piedra y piedra no deben ser menores de 15 mm ni mayores de 30 mm.

Se deben colocar las piedras de mayores dimensiones, en la base o parte inferior y una selección de ellas en las esquinas, de cualquier estructura.

Incluyendo la primera hilada, las piedras se deben colocar de tal manera que las caras de mayores dimensiones queden en un plano horizontal. Los lechos de cada hilada y la nivelación de sus uniones, se deben llenar y conformar totalmente con mortero. Cuando las piedras sean de origen sedimentario, se deben colocar de manera que los planos de estratificación queden en lo posible normales a la dirección de los esfuerzos. Excepto en las superficies visibles, cada piedra debe ir completamente recubierta por el mortero.

Las piedras se deben manipular en tal forma, que no golpeen a las ya colocadas para que no alteren su posición. Se debe usar el equipo adecuado para la colocación de las piedras grandes que no puedan ser manejadas por medios manuales. No se debe permitir rodar o dar vuelta a las piedras sobre el muro, ni golpearlas o martillarlas una vez colocadas. Si una piedra se afloja después de que el mortero haya alcanzado el fraguado inicial, se debe remover la piedra y el mortero circulante y colocarla de nuevo.

2.3.7 Limpieza final

Después de que hayan sido completamente terminados los trabajos de terracería, se deben limpiar las áreas comprendidas a ambos lados de la carretera, de toda madera de construcción, escombros, maleza, trozas, rocas sueltas, piedras grandes, material regado y demás residuos o desechos; incluyendo una limpieza general de cunetas, alcantarillas y canales en una longitud de 10 metros a la entrada y salida de las alcantarillas, a efecto de que los lugares citados, queden despejados y acordes con el paisaje natural.

2.4 Movimientos de tierras

Con el área de cada una de las secciones se integran los volúmenes por el método del promedio de áreas extremas sumando dos áreas de sección contiguas, promediándolas y multiplicándolas por la mitad de la distancia entre ambas. Las secciones se calculan según la topografía del terreno a distancias no mayores de 30 m. El movimiento de tierra está fundamentado en los volúmenes a mover en relación a las distancias de acarreo, para ello interviene diferentes conceptos de los cuales dependerá la economía del proyecto.

Acarreo libre:

Es la distancia a la que se hace el movimiento de un volumen si requerir de trabajos elaborados o en el caso de contratos sin llegar a un pago adicional, y está fijado para una longitud no mayor de 500 metros.

Sobre acarreo:

Es el transporte de los materiales a una distancia de cero a quinientos metros, y se obtiene multiplicando el volumen a mover por la distancia que hay del centro de gravedad del corte al centro de gravedad del terraplén; de acuerdo a la distancia que se tenga que mover se puede hacer con camión o maquinaria.

Préstamo lateral:

La diferencia que se necesite para formar un terraplén al no compensarlo con un corte requerirá de un volumen adicional, denominado préstamo que se obtendrá de la parte lateral del camino.

Préstamo de banco:

Se presenta en las mismas condiciones que el anterior sólo que por la calidad del material o por no encontrarlo sobre el camino se utilizará de un lugar especial según convenga, por lo general éste acarreo se realiza con camiones.

Diagrama de masas:

La curva masa busca el equilibrio para la calidad y economía de los movimientos de tierras; además, es un método que indica el sentido del movimiento de los volúmenes excavados, la cantidad y la localización de cada uno de ellos.

Las ordenadas de la curva resultan de sumar algebraicamente a una cota arbitraria inicial el valor del volumen de un corte con signo positivo y el valor del terraplén con signo negativo; como abscisas se toma el mismo caminamiento utilizado en el perfil. Los volúmenes se corrigen aplicando un coeficiente de abundamiento a los cortes o aplicando un coeficiente de reducción para el terraplén.

El procedimiento para el proyecto de la curva masa

- Se proyecta la sub-rasante sobre el dibujo del perfil del terreno.
- Se determina en cada estación, o en los puntos que lo ameriten, los espesores de corte o terraplén.
- Se dibujan las secciones transversales topográficas (secciones de construcción)
- Se dibuja la plantilla del corte o del terraplén con los taludes escogidos según el tipo de material, sobre la sección topográfica correspondiente, quedando así dibujadas las secciones transversales del camino.
- Se calculan las áreas de las secciones transversales del camino.
- Se calculan los volúmenes abundando los cortes o haciendo la reducción de los terraplenes, según el tipo de material y método promedio de áreas extremas.
- Se dibuja la curva con los valores anteriores.

Dibujo de la curva masa:

Se dibuja la curva masa con las ordenadas en el sentido vertical y las abscisas en el sentido horizontal utilizando el mismo dibujo del perfil.

Cuando está dibujada la curva se traza la compensadora que es una línea horizontal que corta la curva en varios puntos.

Podrán dibujarse diferentes alternativas de línea compensadora para mejorar los movimientos, teniendo en cuenta que se compensan más los volúmenes cuando la misma línea compensadora corta más veces la curva, pero algunas veces el querer compensar demasiado los volúmenes, provoca acarreo muy largos que resultan más costosos que otras alternativas.

Determinación del desperdicio:

Cuando la línea compensadora no se puede continuar y existe la necesidad de iniciar otra, habrá una diferencia de ordenadas.

Si la curva masa se presenta en el sentido del cadenamamiento en forma ascendente la diferencia indicará el volumen de material que tendrá que desperdiciarse lateralmente al momento de la construcción.

Determinación de los préstamos:

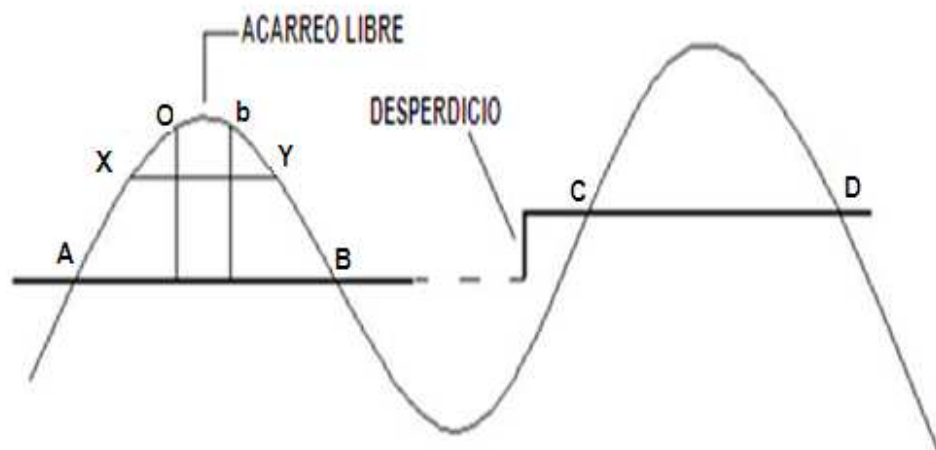
Se trata del mismo caso anterior, sólo que la curva masa se presentará en forma descendente, la decisión de considerarlo como préstamo de un banco cercano al camino o de un préstamo de la parte lateral del mismo, dependerá de la calidad de los materiales y del aspecto económico, ya que los acarreos largos por lo regular resultan muy costosos.

**Figura 4. a) Curva de masa con material de préstamo y desperdicio
b) Acarreo libre**

a)



b)



Determinación del acarreo libre:

Se corre horizontalmente la distancia de acarreo libre 500 metros, de tal manera que toque dos puntos de la curva, la diferencia de la ordenada de la horizontal al punto más alto o más bajo de la curva, es el volumen.

Determinación del sobre acarreo:

Se traza una línea en la parte media de la línea horizontal compensadora y la línea horizontal de acarreo libre.

La diferencia de abscisas $X - B$ será la distancia a la que hay que restarle el acarreo libre para obtener la distancia media de sobre acarreo convertida en estaciones y aproximada al décimo. El volumen se obtendrá restando la ordenada de la línea compensadora $A - B$ a la de la línea de acarreo libre $a-b$.

Propiedades de la curva masa:

- a) La curva crece en el sentido del cadenamiento cuando se trata de cortes y decrece cuando predomina el terraplén.

- b) En las estaciones donde se presenta un cambio de ascendente a descendente o viceversa se presentará un máximo y un mínimo respectivamente.

- c) Cualquier línea horizontal que corta a la curva en dos extremos marcará dos puntos con la misma ordenada de corte y terraplén indicando así la compensación en éste tramo, por lo que serán iguales los volúmenes de corte y terraplén. Esta línea se denomina compensadora y es la distancia máxima para compensar un terraplén con un corte.

- d) La diferencia de ordenada entre dos puntos indicara la diferencia de volumen entre ellos.

- e) El área comprendida entre la curva y una horizontal cualquiera, representa el volumen por la longitud media de acarreo.

- f) Cuando la curva se encuentra arriba de la horizontal el sentido del acarreo de material es hacia delante, y cuando la curva se encuentra abajo el sentido es hacia atrás, teniendo cuidado que la pendiente del camino lo permita.

2.5 Maquinaria a utilizar

Selección de equipo básico:

El tipo de material que se va a excavar puede determinar el equipo a utilizar, ahora bien se debe tener en cuenta la distancia y el tipo de acarreo, para las rocas es recomendable utilizar un cargador frontal o una pala, para excavar tierra, si se puede construir un camino para transporte, es preferible utilizar escrepas. Pero si hay que mover la tierra a varios kilómetros en calles o caminos existentes, la selección sería un cargador frontal, una pala mecánica, o una pala de arrastre o cuchara de arrastre para cargar camiones de volteo. Por lo tanto al seleccionar el equipo básico se debe tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Tipo de material que se va a excavar
- Tipo y tamaño de equipo para transporte
- Volumen de material excavado que se va a mover
- Volumen que se va mover por unidad de tiempo
- Longitud de acarreo
- Tipo de camino para el acarreo
- Equipo básico para excavación

Un tractor es la máquina de mayor uso para excavaciones. Es una unidad motriz con ruedas o con carriles (orugas). El tractor equipado con una cuchilla frontal o “bulldozer” que se desplaza verticalmente, puede empujar la tierra de un lugar a otro y conformar la superficie. Si se engancha una escrepa (traílla) en la barra de tiro y se provee un mecanismo para elevar, descender y descargar, se tiene una escrepa arrastrada por tractor.

Las zanjadoras, que se utilizan para abrir zanjas y cepas, pueden ser del tipo de escaleras o de rueda. Sirven para abrir zanjas para tubería en la tierra.

El tipo de escalera tiene cadenas con cangilones que recogen la tierra cuando se muevan las cadenas; es adaptable para zanjas profundas.

Para desmonte o arranque de raíces se puede utilizar un tractor con bulldozer puede derribar árboles y desarraigar troncos. El rastrillo para raíces las apilas para incinerarlas y produce una pila mas limpia. Para maleza ligera, se puede necesitar cortador de maleza.

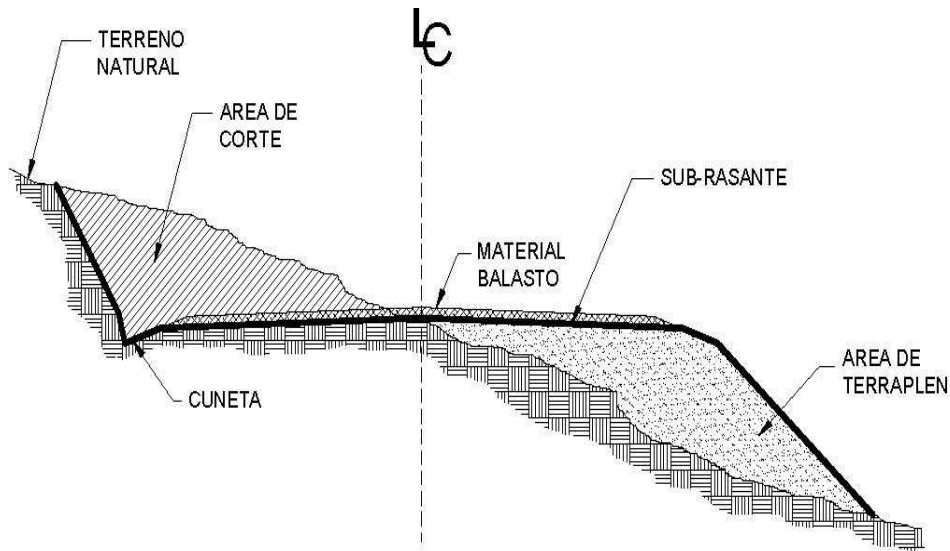
Para despirme los bulldozers están limitados por la distancia de empuje o de acarreo, pero son útiles en terrenos pantanosos o inundados. Las escrapas están limitadas por el tipo de terreno y la capacidad soporte del suelo.

2.6 Elementos de un tramo carretero

2.6.1 Secciones típicas

Es la representación gráfica transversal y acotada mostrada en los planos, que indica las partes componentes de una carretera. Los elementos de sección transversal de un camino incluyen la superficie de rodamiento (Terracería), los acotamientos, la pendiente transversal (bombeo), los taludes, y donde son aplicables las fajas centrales, barreras, barras de protección y las cunetas. Además el área de corte, área de terraplén, la sub-rasante.

Figura 5. Componentes de una sección típica



2.6.2 Pendientes

Las pendientes que se deben mantener son las siguientes:

Para terrenos llanos el 10 %, para terreno ondulado el 12 % y para terrenos montañosos el 14 %. La pendiente mínima recomendada es de 2.0 % para drenaje longitudinal.

2.6.3 Ancho de rodadura

El ancho de rodadura está en función del tipo de carretera, llamada también ancho de calzada, a continuación se presentan los tipos de carretera más utilizados.

Tabla III. Anchos de rodadura para diferentes tipos de carretera

TIPO DE CARRETERA	T.P.D.	ANCHO DE CALZADA
Tipo A	3,000 a 5,000	2 x 7.20 m
Tipo B	1,500 a 3,000	7.20 m
Tipo C	900 a 1,500	6.50 m
Tipo D	500 a 900	6.00 m
Tipo E	100 a 500	5.50 m
Tipo F	10 a 100	5.50 m

Fuente: Secciones típicas. Departamento de carreteras. Dirección General de Caminos

2.6.4 Tangentes

Tangente Horizontal:

Son la proyección sobre un plano horizontal de las rectas que unen las curvas, así la tangente es la longitud comprendida entre el fin de una curva anterior (PT) y el principio de la siguiente (PC), a cualquier punto preciso del alineamiento horizontal localizado en el terreno sobre una tangente, se le denomina: punto de observación en tangente (POT). Las tangentes horizontales estarán definidas por su longitud y su azimut, las tangentes tienen su longitud mínima y se debe tomar en cuenta las siguientes condiciones:

- a) Entre dos curvas circulares inversas con transición mixta deberá ser igual a la semisuma de las longitudes de dichas transiciones.
- b) Entre dos curvas circulares inversas con espirales de transición, podrá ser igual a cero.
- c) Entre dos curvas circulares inversas cuando una de ellas tiene espiral de transición y la otra tiene transición mixta, deberá ser igual a la mitad de la longitud de la transición mixta.

- d) Entre dos curvas circulares del mismo sentido, la longitud mínima de tangente no tiene valor especificado.

La longitud máxima de tangentes no tiene límite especificado y el azimut definirá la dirección.

Tangente vertical:

Se caracteriza por su longitud y su pendiente y las limitantes de dos curvas sucesivas en la cual su longitud y su distancia medida entre el fin de la curva anterior y el principio de la siguiente; su pendiente es la relación entre el desnivel y la distancia entre dos puntos de la misma. Existen pendientes mínimas, máximas y gobernadora. La pendiente máxima es la mayor pendiente que se permite en el proyecto y queda determinada por el volumen y la composición del tránsito y la topografía del terreno. La pendiente mínima se fija para permitir el drenaje, en los terraplenes pueden ser nulas (0 %), dado que en ese caso actúa el drenaje transversal, en los corte se recomienda el 2% como mínimo, para garantizar el buen funcionamiento de las cunetas. La pendiente gobernadora es la pendiente media que teóricamente puede darse a la línea de sub-rasante para dominar un desnivel determinado en función de las características del tránsito y de la topografía del terreno y la pendiente máxima para terrenos montañosas se puede utilizar de 14 %.

2.6.5 Drenajes

Las obras de drenaje son elementos estructurales que eliminan la inaccesibilidad de un camino, provocada por el agua o la humedad.

Los objetivos primordiales de las obras de drenaje son:

- a) Dar salida al agua que se llegue a acumular en el camino.
- b) Reducir o eliminar la cantidad de agua que se dirija hacia el camino.
- c) Evitar que el agua provoque daños estructurales.

De la construcción de las obras de drenaje, dependerá en gran parte la vida útil y facilidad de acceso del camino.

Tipos de drenaje:

Para llevar a cabo lo anteriormente citado, se utiliza el drenaje superficial y el drenaje subterráneo.

Drenaje Superficial:

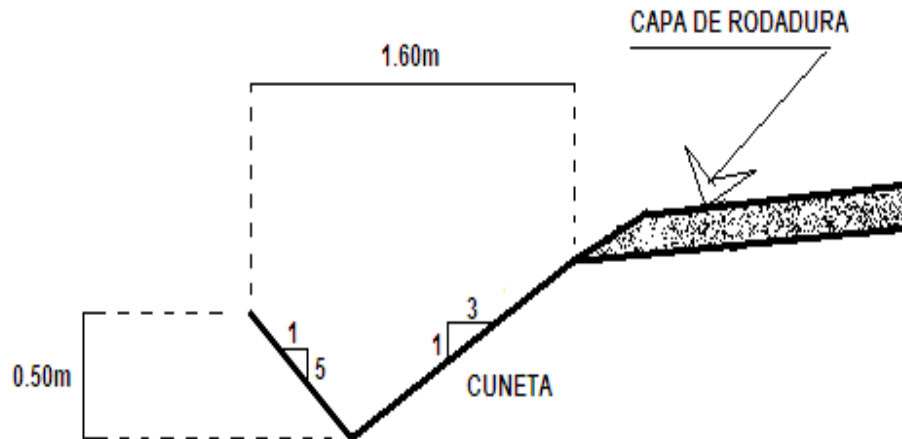
Se construye sobre la superficie del camino o terreno, con funciones de captación, salida, defensa y cruce, algunas obras cumplen con varias funciones al mismo tiempo.

En el drenaje superficial encontramos: cunetas, contra cunetas, bombeo, lavaderos, zampeados, y el drenaje transversal.

Cunetas:

Las cunetas son zanjas que se hacen en uno o ambos lados del camino, con el propósito de conducir las aguas provenientes de la corona y lugares adyacentes hacia un lugar determinado, donde no provoque daños, su diseño se basa en los principios de los canales abiertos. Existen diversas formas para construir las cunetas; en la actualidad las más comunes son las triangulares.

Figura 6. Detalles de cunetas



Bombeo:

Es la inclinación que se da ha ambos lados del camino, para drenar la superficie del mismo, evitando que el agua se encharque provocando reblandecimientos o que corra por el centro del camino causando daños debido a la erosión.

El bombeo depende del camino y tipo de superficie, se mide su inclinación en porcentaje y es usual un 2 a 4 por ciento en caminos revestidos.

Drenaje transversal:

Su finalidad es permitir el paso transversal del agua sobre un camino, sin obstaculizar el paso. En éste tipo de drenajes, algunas veces será necesario construir grandes obras u obras pequeñas denominadas obras de drenaje mayor y obras de drenaje menor, respectivamente.

El objetivo del drenaje transversal es dar paso rápido al agua que no pueda desviarse de otra forma y tenga que cruzar de un lado a otro del camino. En éstas obras de drenaje transversal están comprendidos los puentes y las alcantarillas.

En cuanto a las alcantarillas es recomendable construirlas cada 300 metros como máximo, y necesariamente en las curvas verticales cóncavas, utilizando tubería de 30" como mínimo. En el caso del proyecto de la aldea El Zapote se localizaron 18 drenajes transversales.

Como obras de protección pueden citarse: muros, revestimientos, desarenadores y disipadores de energía. A las tuberías se les construirán muros cabezales en la entrada y salida, y tragante en la entrada cuando se trate de alcantarillas que servirán para aliviar cunetas o de corrientes muy pequeñas. Cuando se trate de corrientes que su área de descarga no pase de 2 metros cuadrados se les hará muros cabezales y en lugar de tragante de entrada se instalarán aletones rectos, a 45° o en "L".

El colchón mínimo para protección de los tubos, deberá ser de 0.60 metros para que la carga viva se considere uniformemente distribuida.

Consideraciones hidráulicas:

Para determinar si una alcantarilla o drenaje transversal es adecuado, es importante los siguientes factores: el alineamiento, la pendiente y los métodos de instalación. Si una alcantarilla se obstruye, se disloca o se socava, es señal que no tiene capacidad adecuada, ni presta el servicio que se espera de ella.

Una alcantarilla reduce siempre el caudal de la corriente, ocasionando embalse a la entrada, un aumento de la velocidad por dentro y salida.

Se puede necesitar alguna protección contra la socavación y la erosión que siempre existe.

Corriente de agua:

Existen dos tipos diferentes de flujo: laminar y turbulento; generalmente es éste último que predomina.

En el caso de flujo turbulento la resistencia del agua se drena a través del conductor y depende de la viscosidad, densidad y velocidad; además de la longitud, rugosidad y sección transversal de la alcantarilla.

La altura de presión necesaria para vencer ésta resistencia se conoce como pérdida de carga por fricción. Esta pérdida de carga en canales, que es el caso de las alcantarillas, está dada por la diferencia de elevación de la superficie de agua entre los puntos considerados. En algunos casos es necesario considerar otras pérdidas llamadas: menores, entre las cuales están las pérdidas a la entrada y salida de la alcantarilla.

Gradiente hidráulico:

Es una línea imaginaria que uno los puntos hasta donde llega el agua en una serie de tubos piezométricos acoplados a las tuberías a presión o a los canales.

El gradiente hidráulico representa entonces la presión a lo largo del tubo, pues en un punto cualquiera, la distancia vertical medida desde el conducto hasta el gradiente hidráulico, es la columna de presión en éste punto. En canales, es evidente que el gradiente coincide con la superficie del agua.

Diseño hidráulico:

El diseño hidráulico de una obra, consiste en calcular el área necesaria para dar paso al volumen de agua que se concentra en su entrada, para ello se requiere de un estudio previo que abarca, entre otros, los siguientes aspectos:

- Precipitación pluvial
- Área, pendiente y formación geológica de la cuenca
- Uso del terreno aguas arriba de la estructura del drenaje

Los métodos para un correcto diseño hidráulico requieren de cierta información básica que incluye: el coeficiente de escorrentía para el área local, el área de cuenca y datos de intensidad de precipitación. Es necesario conocer la cantidad de agua o descarga que correrá en un área determinada.

Las estructuras de drenaje menor deberán tener la suficiente capacidad para acomodar ésta cantidad de agua.

Al diseñar las estructuras de drenaje se busca saber, entre otras cosas: el tamaño de dichas estructuras, el diámetro de un tubo de alcantarilla y la distancia a que deben quedar las cunetas. Si se conoce el volumen de agua que pasará a través de una estructura se sabrá exactamente como calcular los parámetros anteriormente mencionados.

Si una estructura no puede acomodar toda la descarga, entonces el agua se fuerza a ir sobre ella, alrededor de ella, o se acumula, esto da como resultado el asolvamiento, socavación o daño de la misma.

La capacidad total para cualquier estructura deberá determinarse en base a una combinación de factores, además de la descarga calculada.

Estos incluyen aumentos posibles en la descarga, debido a cambios en el uso de la tierra de la cuenca, como: desarrollo, deforestación o cambios en intensidades y modelos de precipitación. También, se debe prevenir la capacidad extra para arrastrarse, particularmente río debajo de las áreas que han sido taladas o destinadas a la agricultura.

Dependiendo del riesgo y costo de la estructura, puede hacerse una previsión para capacidad extra debido a la inexactitud en el proceso de diseño hidrológico.

La descarga puede determinarse por varios métodos hidrológicos:

- Por medio de fórmulas

Todas las fórmulas toman en cuenta la cantidad de lluvia, el tamaño de la cuenca, la pendiente y condiciones de vegetación de la misma.

Las fórmulas más conocidas son:

Fórmula de Talbot: Proporciona directamente el diámetro de la tubería o el área de descarga.

Fórmula Racional: Esta fórmula expresa que el caudal es igual a un porcentaje de la cantidad de lluvia que cae, multiplicado por el área de la cuenca.

- Por medio de observación de estructuras próximas

Puede ser una tubería o alcantarilla de los alrededores, ubicada sobre la misma corriente. En éste caso bastará tomar las medidas del área de descarga de ellas se parte para deducir el diámetro necesario.

- Por medio de marcas de aguas o creciente máximas

La descarga puede ser determinada por las marcas que deja el agua al haber una correntada. Cuando una corriente alcanza su máximo nivel, siempre deja señas de todo lo que arrastró a su paso. En éste caso pueden tomarse medidas del cauce al cortar la línea central de la carretera. Se debe obtener el perfil transversal ha dicho cauce perpendicular a dicha línea; en el perfil deben anotarse los datos de corriente máxima, creciente normal, la cual puede aumentarse en un 10 por ciento para tener un margen de seguridad aceptable y también las corrientes extra-máximas, información que por lo general es proporcionada por los vecinos del lugar.

Otra manera para calcular la descarga es por medio de registros históricos de correntadas, utilizando información tabulada de ríos y riachuelos específicos de la zona.

También puede utilizarse información general de la intensidad pluvial de la región, análisis regresivo de una región específica para determinar las corrientes en función de la cuenca y sus características.

El método racional:

Es un método muy utilizado para medir descargas de pequeños drenajes, consiste en una fórmula para calcular la escorrentía superficial de una cuenca hidrográfica. Se adapta muy bien para la determinación de la escorrentía para drenaje superficial de carreteras y descargas para alcantarillas o tuberías de pequeñas cuencas. Por lo general, se obtienen resultados con éste método, para cuencas menores de 120 hectáreas, pero puede utilizarse para estimar cuencas mucho mayores, aunque con menos precisión, siempre y cuando no pueda aplicarse algún otro método por falta de información o datos para llevar a cabo un cálculo exhaustivo.

En el método racional se asume que la intensidad de lluvia sobre el área de drenaje es uniforme para un tiempo considerado.

La fórmula racional es la siguiente:

Donde:

Q = Caudal de escorrentía, en metros cúbicos por segundo ($m^3 / \text{seg.}$)

C = Coeficiente de escorrentía (adimensional)

i = Intensidad de lluvia, en milímetros por hora (mm / hr)

A = Área de la cuenca en hectáreas (Ha) (1 Ha = 10,000 m^2)

Parámetros de la fórmula racional:

Coeficiente de escorrentía (C): Es el porcentaje de agua total llovida tomada en consideración, puesto que no todo el volumen de precipitación pluvial drena por medio de alcantarilla natural o artificial.

Esto se debe a la evaporación, infiltración, detención en el suelo, etc. Por lo que existirá diferente coeficiente para cada tipo de terreno, el cual será mayor cuanto más impermeable sea la superficie.

El coeficiente de escorrentía promedio se calculará así:

Donde:

c = Coeficiente de escorrentía de cada una de las áreas parciales

A = Áreas parciales (Hectáreas)

C = Coeficiente de escorrentía promedio del área drenada

Intensidad de lluvia (i): Es uno de los factores más difíciles de obtener y está expresado como el promedio de intensidad de lluvia en milímetros por hora para una selección de frecuencia de recurrencia y una duración igual al tiempo de concentración de la cuenca. Al inicio de la tormenta, la escorrentía parte desde la distancia más lejana de la cuenca, que no alcanza el punto de descarga, y cuando el agua alcanza el punto de descarga, se encuentra el tiempo de concentración, entonces, puede suceder un paso de corriente permanente. Este período inicial es el tiempo de concentración (T_c). Para cuencas pequeñas, un tiempo de concentración recomendado es de cinco minutos, para encontrar la intensidad utilizando una determinada descarga de diseño.

Área (A): Es la que contribuye a la escorrentía del agua de la estructura de drenaje. Los límites van desde la divisoria de aguas a los pies de talud de la alcantarilla, cuando se trata de cuencas. En la carretera el “área de drenaje” es la parte alta del talud de corte y la superficie de rodadura; área que está entre las cuestas.

El área de una cuenca natural se puede determinar utilizando un mapa topográfico de la región y determinar los puntos más altos o límites de la divisoria de aguas.

2.6.6 Material balasto

Es un material clasificado que se coloca sobre la sub-rasante terminada de una carretera, con el objeto de protegerla y de que sirva de superficie de rodadura.

Debe ser de calidad uniforme y estar exento de residuos de madera, raíces o cualquier material perjudicial o extraño. El material de balasto debe tener un peso unitario suelto, no menor de 1,450 Kg/metro³ (90 lb/pie³) determinado por el método AASHTO T 19. El tamaño máximo del agregado grueso del balasto, no debe exceder de $\frac{2}{3}$ del espesor de la capa y en ningún caso debe ser mayor de 100 milímetros. El que sea mayor, debe ser separado ya sea por tamizado en el banco de material.

Conforme se vaya terminando de construir la sub-rasante, se debe colocar la capa de balasto. No se debe dejar sin cubrir la sub-rasante, en una longitud mayor de 2 kilómetros. 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 determinada por el método AASHTO T 180.

2.7 Conceptos de estudios de suelos

Los ensayos de laboratorio de suelos son de gran importancia para el inicio de cualquier tipo de construcción, tomando en cuenta la importancia y el valor de la misma. Por que dichos ensayos darán a conocer las características más importantes de la estructura del suelo en donde se apoyará la estructura.

2.7.1 Límites de Atterberg

Las propiedades plásticas de los suelos limosos y arcillosos pueden ser analizados a través de pruebas empíricas o bien por el ensayo de límites de atterberg o límites de consistencia como también se le conoce. Dentro de los primeros, se pueden citar los análisis de identificación preliminar de suelos finos; dilatación, resistencia en seco, tenacidad y sedimentación.

Los límites de Atterberg son:

- Límite líquido
- Límite plástico
- Límite de retracción

Un suelo arcilloso con un alto contenido de humedad, posee una consistencia semilíquida; al perder agua por evaporación va aumentando su resistencia hasta alcanzar una consistencia plástica. Al continuar el secado llega a adquirir un estado semisólido y se agrieta o se deforma al ser deformado.

Al intervalo de contenido de humedad en el cual un suelo posee consistencia plástica se le denomina intervalo plástico.

El límite líquido es el contenido de humedad de un suelo en el límite inferior del intervalo plástico.

La transición de un estado a otro del suelo, en la realidad es gradual y por lo tanto resulta difícil fijarle límites al intervalo plástico, sin embargo a través de los trabajos de atterberg se logró establecer procedimientos estandarizados que permiten estimar dichas fronteras del estado plástico del suelo.

El índice de plasticidad es la relación que existe al restar el límite plástico al límite líquido, y representa la variación de humedad que puede tener un suelo que se conserva en estado plástico. El índice de plasticidad, depende, generalmente, de la cantidad de arcilla en el suelo.

Con los datos anteriores los suelos pueden ser clasificados mediante los sistemas: Unificado (SCU) y de la administración de carreteras estatales (PRA). No es más que la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico.

$$I.P. = L.L. - L.P.$$

Representa la variación de humedad que puede tener un suelo que se conserva en estado plástico. Tanto el límite líquido como el límite plástico dependen de la calidad y del tipo de arcilla; sin embargo, el índice de plasticidad, depende, generalmente, de la cantidad de arcilla del suelo.

Según Atterberg:

I.P. = 0 suelo no plástico

I.P. = 7 suelo tiene baja plasticidad

$7 \leq I.P. \leq 17$ suelo medianamente plástico

2.7.2 Granulometría

El conocimiento de la composición granulométrica de un suelo grueso sirve para discernir sobre la influencia que puede tener en la densidad del material compactado. El análisis granulométrico se refiere a la determinación de la cantidad, en por ciento, de los diversos tamaños de las partículas que constituye el suelo.

Para el conocimiento de la composición granulométrica de un determinado suelo existen diferentes procedimientos. Para clasificar por tamaños las partículas, el procedimiento más expedito es el de tamizado. Sin embargo, al aumentar la finura de los granos, el tamizado se hace cada vez más difícil, teniéndose entonces que recurrir a procedimientos por sedimentación. Conocida la composición granulométrica del material, se le representa gráficamente para formar la llamada curva granulométrica del mismo. Como tamaño de las partículas se puede considerar el diámetro de ellas, cuando es indivisible bajo la acción de una fuerza moderada, como la producida por un mazo de madera golpeando ligeramente.

Normado por la A.A.S.H.T.O. T-27. El conocimiento de la composición granulométrica de un suelo grueso sirve para discernir sobre la influencia que puede tener en la densidad del material compactado. El análisis granulométrico se refiere a la determinación de la cantidad en porcentaje de los diversos tamaños de las partículas que constituyen el suelo. Los resultados de este análisis son luego representados en forma gráfica, obteniéndose con ello una curva de distribución granulométrica.

Con la curva obtenida, se calculan los siguientes coeficientes.

$$C_u = D_{60}/D_{10}$$

Donde:

C_u = coeficiente de uniformidad

D_{60} = tamaño correspondiente al 60%, obtenido de la curva

D_{10} = tamaño correspondiente al 10%, obtenido de la curva

El coeficiente de uniformidad indica la variación del tamaño de los granos.

$$C_u = (D_{60})^2 / D_{10} * D_{60}$$

Donde:

C_u = coeficiente de graduación

D_{60} = tamaño correspondiente al 60%, obtenido de la curva

El coeficiente de graduación indica una medida de la forma de la curva entre D_{60} y D_{10} .

Los valores del coeficiente de uniformidad y el de graduación indican si se tiene un suelo bien graduado para que las partículas pequeñas llenen los espacios vacíos entre los granos de mayor tamaño durante la compactación.

2.7.3 Proctor

El ensayo de compactación se entiende como el incremento artificial de su peso específico seco, por medios mecánicos.

El ingeniero debe fijar los detalles del proceso de compactación para obtener la combinación óptima de propiedades ingenieriles deseables para el problema con el mínimo costo. Para hacer esta selección necesita conocer las relaciones entre el comportamiento del suelo y los detalles de puesta en obra del suelo que se trate. Esta información se deduce de los principios de la compactación, de pruebas de laboratorio y pruebas de campo.

Históricamente, el primer método, en el sentido de la técnica actual, es el debido a R. R. Proctor y es conocido hoy en día como la prueba de Proctor estándar. La prueba consiste en compactar el suelo en cuestión de tres capas, dentro de un molde de dimensiones y forma especificadas, por medio de golpes de un pisón, también especificado, que se deja caer libremente desde una altura prefijada, con lo cual se puede determinar la energía específica de la prueba, bajo condiciones dadas de humedad del suelo, y determinar así los pesos específicos secos, que graficados, proporcionarán las condiciones óptimas para la compactación del suelo.

Debido al rápido desenvolvimiento del equipo de compactación de campo comercialmente disponible, la energía específica de compactación en la prueba de Proctor estándar empezó a no representar en forma adecuada las compactaciones mayores que podían lograrse con el equipo. Este condujo a una modificación de la prueba, aumentando la energía de compactación, conservando el número de golpes por capa, se elevó el número de éstas de 3 a 5, y modificando los pesos del pisón y de la altura de caída libre, llamando a esta nueva prueba Proctor modificado.

Normado por la A.A.S.H.T.O. T-180. La densidad que se puede obtener en un suelo por medio de un método de compactación dado depende de su contenido de humedad. Al contenido que da el más alto peso unitario en seco (densidad) se le llama "Contenido óptimo de Humedad" para aquel método de compactación. En general, ésta humedad es menor que la del límite plástico y decrece al aumentar la compactación.

Antes de la realización de este ensayo, el material debe ser triturado, secado y pasado por el tamiz No. 4. Se entiende por triturado únicamente el espolvorear terrones, no así las gravas si las hubiere.

La prueba de proctor reproduce en el laboratorio el tipo de compactación uniforme de la parte inferior hacia la superficie de la capa compactada.

En éste ensayo se utilizó un pisón de 10 libras y una altura de caída de 18 pulgadas, compactando en 5 capas, usando para ello 25 golpes.

2.7.3 CBR

Normado por la A.A.S.H.T.O. T-193. Este ensayo sirve para determinar el valor soporte del suelo compactado a la densidad máxima y humedad óptima, simulando las peores condiciones probables en el terreno, para lo cual las probetas obtenidas se sumergen completamente en una pila llena de agua.

El C.B.R. se expresa como un porcentaje del esfuerzo requerido para hacer penetrar un pistón en el suelo que se ensaya, en relación con el esfuerzo requerido para hacer penetrar el mismo pistón, hasta la misma profundidad, de una muestra de suelo patrón de piedra triturada de propiedades conocidas.

Los valores de C.B.R. que se utilizan son:

0.1 pulgadas de penetración para un esfuerzo de 3,000 libras

0.2 pulgadas de penetración para un esfuerzo de 4,500 libras

2.8 Cálculos numéricos para tramo carretero

2.8.1 De diseño

Para el cálculo se determina el delta (diferencia de ángulos entre dos tangentes) y utilizar "G" (grado de curvatura) en la tabla correspondiente y con ello obtener el resto de componentes del tramo carretero. Se utilizarán las siguientes expresiones:

$$R = \frac{1145.9456}{G}$$

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

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

$$CM = 2 * R * \text{sen}\left(\frac{\Delta}{2}\right)$$

Donde:

ST = Sub-tangente (distancia de PI hasta PT, ó PC hasta PI)

CM = Cuerda máxima

R = Radio

LC = Longitud de curva horizontal

Δ = Ángulo entre dos tangentes

G = Grado de Curvatura

Se sustituyen datos:

$$R = \frac{1145.9456}{10} = 114.94m$$

$$LC = \frac{20 * (13^{\circ}7'33'')}{10} = 26.25m$$

$$ST = 114.94 * \tan\left(\frac{13^{\circ}7'33''}{2}\right) = 13.22$$

$$CM = 2 * 114.94 * \text{sen}\left(\frac{10}{2}\right) = 20.035m$$

Tabla IV. Puntos de intersección (PI) para tramo carretero

PI	Norte	Este	L	Rumbo
0+000	0.197	-7.317		
			206.825	S 88-16-26 E
0+206.825	-6.033	199.413		
			67.946	N 78-36-01 E
0+274.655	7.396	266.019		
			116.061	N 88-50-12 E
0+390.656	9.753	382.056		
			86.143	S 83-16-37 E
0+476.768	-0.332	467.607		
			169.089	N 85-49-01 E
0+645.790	12.001	636.245		
			105.945	S 01-08-21 E
0+733.199	-93.923	638.351		
			310.626	N 86-33-37 E
1+027.467	-75.286	948.418		
			126.856	S 06-22-49 E
1+139.791	-201.357	962.515		
			58.510	S 16-17-43 W
1+197.966	-257.516	946.098		
			101.862	S 10-08-03 E
1+299.296	-357.789	964.021		
			202.405	S 02-29-58 W
1+501.615	-560.002	955.194		
			169.921	S 78-49-10 E
1+657.851	-592.950	1121.890		
			106.142	S 69-00-40 E
1+763.953	-630.968	1220.989		
			197.270	S 79-26-36 E
1+961.175	-667.110	1414.920		
			245.446	S 76-37-16 E

PI	Norte	Este	L	Rumbo
2+206.619	-723.904	1653.705	120.386	S 17-46-47 W
2+300.328	-838.540	1616.944	194.486	S 25-53-44 W
2+494.814	-1013.498	1532.006	142.514	S 33-40-16 E
2+630.648	-1132.102	1611.019	77.943	S 27-50-20 E
2+708.574	-1201.025	1647.417	86.999	S 24-59-02 E
2+795.571	-1279.883	1684.163	115.689	S 13-50-13 E
2+911.172	-1392.215	1711.831	78.837	S 07-59-59 E
2+989.997	-1470.285	1722.803	87.937	S 01-32-40 E
3+077.922	-1558.190	1725.173	155.108	S 02-44-01 E
3+233.030	-1713.121	1732.570	91.166	S 01-25-01 W
3+324.190	-1804.259	1730.316	99.503	S 03-13-42 E
3+423.688	-1903.605	1735.919	78.948	S 01-19-24 E
3+502.636	-1982.532	1737.742	41.789	S 37-05-15 E
3+543.083	-2015.868	1762.942		

PI	Norte	Este	L	Rumbo
0+991.179	-77.464	912.195	811.529	N 87-00-29 E
1+802.708	-35.105	1722.619	299.521	N 85-41-28 E
2+102.228	-12.600	2021.292	241.144	N 86-04-42 E
2+343.372	3.893	2261.872	286.921	S 89-22-40 E
2+630.277	0.776	2548.776	228.008	N 82-00-26 E
2+858.245	32.480	2774.569	487.835	N 85-54-33 E
3+346.068	67.281	3261.162		

Tabla V. Datos de curvas horizontales para tramo carretero

REPORTE DE ALINEAMIENTO DE CURVAS HORIZONTALES			
ALINEAMIENTO HACIA SITIO ARQ. CANCUÉN			
Spiral/Curve Data			

Tangent Data			
Length:		193.641	Course: S 88-16-26 E

Circular Curve Data			
Delta:	13-07-33	Type:	LEFT
Radius:	114.590	DOC:	50-00-02
Length:	26.251	Tangent:	13.183
Mid-Ord:	0.751	External:	0.756
Chord:	26.194	Course:	N 85-09-48 E
Es:	0.756		

Tangent Data			
Length:		43.359	Course: N 78-36-01 E

Circular Curve Data			
Delta:	10-14-11	Type:	RIGHT
Radius:	127.320	DOC:	45-00-05
Length:	22.747	Tangent:	11.404
Mid-Ord:	0.508	External:	0.510
Chord:	22.717	Course:	N 83-43-06 E
Es:	0.510		

Tangent Data			
Length:		94.784	Course: N 88-50-12 E

Circular Curve Data			
Delta:	07-53-11	Type:	RIGHT
Radius:	143.240	DOC:	39-59-59
Length:	19.716	Tangent:	9.874
Mid-Ord:	0.339	External:	0.340
Chord:	19.701	Course:	S 87-13-12 E
Es:	0.340		

Tangent Data			
Length:		65.330	Course: S 83-16-37 E

Circular Curve Data			
Delta:	10-54-22	Type:	LEFT
Radius:	114.590	DOC:	50-00-02
Length:	21.812	Tangent:	10.939
Mid-Ord:	0.519	External:	0.521
Chord:	21.779	Course:	S 88-43-48 E
Es:	0.521		

Tangent Data			
Length:	117.864	Course:	N 85-49-01 E

Circular Curve Data			
Delta:	93-02-38	Type:	RIGHT
Radius:	38.200	DOC:	149-59-20
Length:	62.034	Tangent:	40.285
Mid-Ord:	11.915	External:	17.317
Chord:	55.439	Course:	S 47-39-40 E
Es:	17.317		

Tangent Data			
Length:	29.507	Course:	S 01-08-21 E

Circular Curve Data			
Delta:	92-18-02	Type:	LEFT
Radius:	34.730	DOC:	164-58-30
Length:	55.948	Tangent:	36.153
Mid-Ord:	10.670	External:	15.402
Chord:	50.092	Course:	S 47-17-22 E
Es:	15.402		

Tangent Data			
Length:	238.185	Course:	N 86-33-37 E

Circular Curve Data			
Delta:	87-03-34	Type:	RIGHT
Radius:	38.200	DOC:	149-59-20
Length:	58.044	Tangent:	36.288
Mid-Ord:	10.504	External:	14.488
Chord:	52.619	Course:	S 49-54-36 E
Es:	14.488		

Tangent Data			
Length:	77.772	Course:	S 06-22-49 E

Circular Curve Data			
Delta:	22-40-33	Type:	RIGHT
Radius:	63.820	DOC:	89-46-38
Length:	25.258	Tangent:	12.796
Mid-Ord:	1.245	External:	1.270
Chord:	25.093	Course:	S 04-57-27 W
Es:	1.270		

Tangent Data			
Length:	30.774	Course:	S 16-17-43 W

Circular Curve Data			
Delta:	26-25-46	Type:	LEFT
Radius:	63.620	DOC:	90-03-34
Length:	29.347	Tangent:	14.939
Mid-Ord:	1.685	External:	1.730
Chord:	29.087	Course:	S 03-04-50 W
Es:	1.730		

Tangent Data			
Length:	76.352	Course:	S 10-08-03 E

Circular Curve Data			
Delta:	12-38-01	Type:	RIGHT
Radius:	95.490	DOC:	60-00-07
Length:	21.055	Tangent:	10.570
Mid-Ord:	0.580	External:	0.583
Chord:	21.013	Course:	S 03-49-02 E
Es:	0.583		

Tangent Data			
Length:	152.462	Course:	S 02-29-58 W

Circular Curve Data			
Delta:	81-19-08	Type:	LEFT
Radius:	45.840	DOC:	124-59-27
Length:	65.060	Tangent:	39.372
Mid-Ord:	11.066	External:	14.587
Chord:	59.735	Course:	S 38-09-36 E
Es:	14.587		

Tangent Data		
Length:	122.355	Course: S 78-49-10 E

Circular Curve Data		
Delta:	09-48-30	Type: RIGHT
Radius:	95.490	DOC: 60-00-07
Length:	16.347	Tangent: 8.193
Mid-Ord:	0.350	External: 0.351
Chord:	16.327	Course: S 73-54-55 E
Es:	0.351	

Tangent Data		
Length:	89.231	Course: S 69-00-40 E

Circular Curve Data		
Delta:	10-25-56	Type: LEFT
Radius:	95.490	DOC: 60-00-07
Length:	17.387	Tangent: 8.717
Mid-Ord:	0.395	External: 0.397
Chord:	17.363	Course: S 74-13-38 E
Es:	0.397	

Tangent Data		
Length:	183.848	Course: S 79-26-36 E

Circular Curve Data		
Delta:	02-49-20	Type: RIGHT
Radius:	190.990	DOC: 29-59-58
Length:	9.408	Tangent: 4.705
Mid-Ord:	0.058	External: 0.058
Chord:	9.407	Course: S 78-01-56 E
Es:	0.058	

Tangent Data		
Length:	184.499	Course: S 76-37-16 E

Circular Curve Data		
Delta:	94-24-02	Type: RIGHT
Radius:	52.080	DOC: 110-00-54
Length:	85.807	Tangent: 56.242
Mid-Ord:	16.695	External: 24.572
Chord:	76.426	Course: S 29-25-14 E
Es:	24.572	

Tangent Data		
Length:	64.144	Course: S 17-46-47 W

Tangent Data		
Length:	158.075	Course: S 25-53-44 W

Circular Curve Data		
Delta:	59-34-00	Type: LEFT
Radius:	63.620	DOC: 90-03-34
Length:	66.142	Tangent: 36.411
Mid-Ord:	8.404	External: 9.683
Chord:	63.203	Course: S 03-53-16 E
Es:	9.683	

Tangent Data		
Length:	96.374	Course: S 33-40-16 E

Circular Curve Data		
Delta:	05-49-56	Type: RIGHT
Radius:	190.990	DOC: 29-59-58
Length:	19.441	Tangent: 9.729
Mid-Ord:	0.247	External: 0.248
Chord:	19.433	Course: S 30-45-18 E
Es:	0.248	

Tangent Data		
Length:	63.455	Course: S 27-50-20 E

Circular Curve Data		
Delta:	02-51-18	Type: RIGHT
Radius:	190.990	DOC: 29-59-58
Length:	9.516	Tangent: 4.759
Mid-Ord:	0.059	External: 0.059
Chord:	9.516	Course: S 26-24-41 E
Es:	0.059	

Tangent Data		
Length:	68.262	Course: S 24-59-02 E

Circular Curve Data		
Delta:	11-08-50	Type: RIGHT
Radius:	143.240	DOC: 39-59-59
Length:	27.868	Tangent: 13.978
Mid-Ord:	0.677	External: 0.680
Chord:	27.824	Course: S 19-24-38 E
Es:	0.680	

Tangent Data		
Length:	94.408	Course: S 13-50-13 E

Circular Curve Data		
Delta:	05-50-13	Type: RIGHT
Radius:	143.240	DOC: 39-59-59
Length:	14.593	Tangent: 7.303
Mid-Ord:	0.186	External: 0.186
Chord:	14.586	Course: S 10-55-06 E
Es:	0.186	

Tangent Data		
Length:	66.150	Course: S 07-59-59 E

Circular Curve Data		
Delta:	06-27-19	Type: RIGHT
Radius:	95.490	DOC: 60-00-07
Length:	10.759	Tangent: 5.385
Mid-Ord:	0.151	External: 0.152
Chord:	10.753	Course: S 04-46-20 E
Es:	0.152	

Tangent Data		
Length:	82.552	Course: S 01-32-40 E

Tangent Data		
Length:	148.187	Course: S 02-44-01 E

Circular Curve Data		
Delta:	04-09-02	Type: RIGHT
Radius:	190.990	DOC: 29-59-58
Length:	13.836	Tangent: 6.921
Mid-Ord:	0.125	External: 0.125
Chord:	13.833	Course: S 00-39-30 E
Es:	0.125	

Tangent Data		
Length:	79.081	Course: S 01-25-01 W

Circular Curve Data		
Delta:	04-38-43	Type: LEFT
Radius:	127.320	DOC: 45-00-05
Length:	10.323	Tangent: 5.164
Mid-Ord:	0.105	External: 0.105
Chord:	10.320	Course: S 00-54-20 E
Es:	0.105	

Tangent Data		
Length:	94.339	Course: S 03-13-42 E

Tangent Data		
Length:	58.421	Course: S 01-19-24 E

Circular Curve Data		
Delta:	35-45-51	Type: LEFT
Radius:	63.620	DOC: 90-03-34
Length:	39.712	Tangent: 20.527
Mid-Ord:	3.073	External: 3.229
Chord:	39.070	Course: S 19-12-19 E
Es:	3.229	

Tangent Data		
Length:	21.262	Course: S 37-05-15 E

REPORTE DE ALINEAMIENTO DE CURVAS HORIZONTALES			
ALINEAMIENTO HACIA CRUCE SANTA ISABEL - EL ROSAL			
Spiral/Curve Data			

Tangent Data			
Length:	798.363	Course:	N 87-00-29 E

Circular Curve Data			
Delta:	01-19-01	Type:	LEFT
Radius:	1145.560	DOC:	05-00-06
Length:	26.331	Tangent:	13.166
Mid-Ord:	0.076	External:	0.076
Chord:	26.331	Course:	N 86-20-58 E
Es:	0.076		

Tangent Data			
Length:	271.354	Course:	N 85-41-28 E

Circular Curve Data			
Delta:	00-23-14	Type:	RIGHT
Radius:	4438.449	DOC:	01-17-27
Length:	30.000	Tangent:	15.000
Mid-Ord:	0.025	External:	0.025
Chord:	30.000	Course:	N 85-53-05 E
Es:	0.025		

Tangent Data			
Length:	211.132	Course:	N 86-04-42 E

Circular Curve Data			
Delta:	04-32-38	Type:	RIGHT
Radius:	378.371	DOC:	15-08-34
Length:	30.008	Tangent:	15.012
Mid-Ord:	0.297	External:	0.298
Chord:	30.000	Course:	N 88-21-01 E
Es:	0.298		

Tangent Data			
Length:	261.124	Course:	S 89-22-40 E

Circular Curve Data			
Delta:	08-36-54	Type:	LEFT
Radius:	143.190	DOC:	40-00-50
Length:	21.530	Tangent:	10.786
Mid-Ord:	0.404	External:	0.406
Chord:	21.510	Course:	N 86-18-53 E
Es:	0.406		

Tangent Data			
Length:	202.214	Course:	N 82-00-26 E

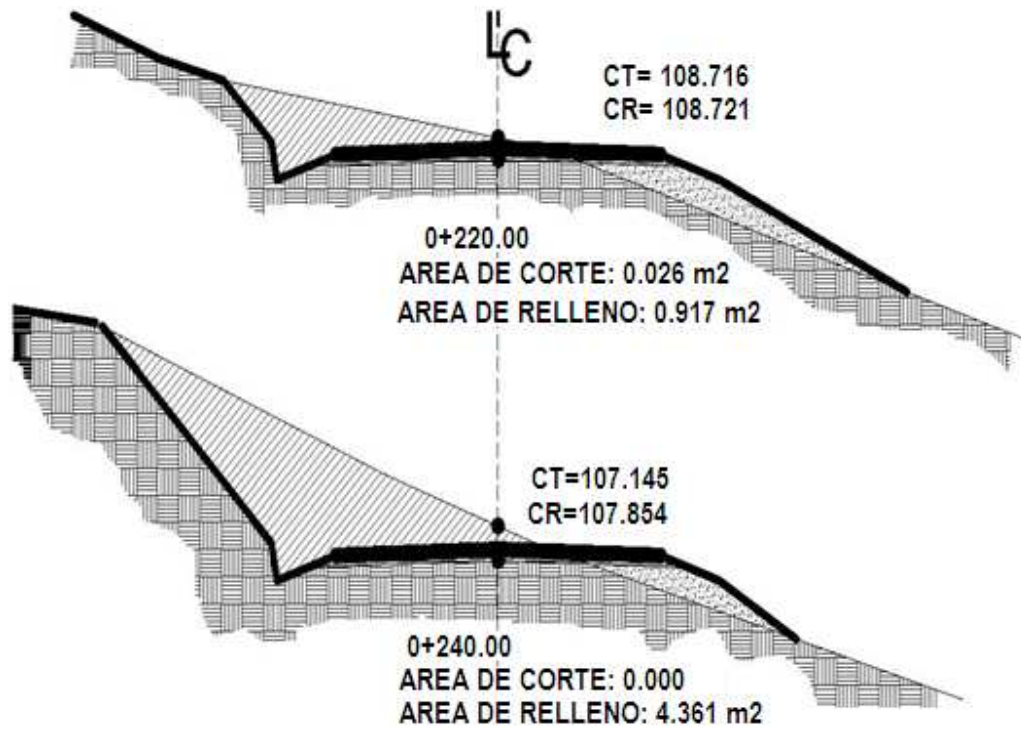
Circular Curve Data			
Delta:	03-54-07	Type:	RIGHT
Radius:	440.594	DOC:	13-00-15
Length:	30.006	Tangent:	15.009
Mid-Ord:	0.255	External:	0.256
Chord:	30.000	Course:	N 83-57-30 E
Es:	0.256		

Tangent Data			
Length:	472.826	Course:	N 85-54-33 E

2.8.2 Movimientos de tierra

Para este cálculo del proyecto se trazaron secciones transversales a 20 m, 10 m, o según la topografía del terreno, para encontrar el área de cada una de ellas y para cada tramo se promedió el área (A1) con el área (A2) y multiplicándola por su longitud encontramos los volúmenes de corte y terraplén, a continuación se explica el procedimiento, utilizando un factor 1.30 de abundamiento para el corte y de 0.95 de reducción en los terraplenes, para material arenoso.

Figura 7. Secciones



Distancia entre las dos secciones transversales

$$D = 240.00 - 220.00 = 20.00m; \quad \frac{D}{2} = 10.00m$$

Suma de áreas de corte de terraplén

$$A_{CORTE} = 0.026 + 0.00 = 0.026m^2$$

$$A_{TERRAPLEN} = 0.917 + 4.361 = 5.28m^2$$

Determinación de volúmenes de corte de terraplén

$$V_{CORTE} = 10 * 0.026 = 0.26m^3$$

$$V_{TERRAPLEN} = (10 * 5.28) * 0.90 = 47.52m^3$$

Volumen reducido o incrementado

$$V_{CORTE} = 0.26 * 0.95 = 0.247m^3$$

$$V_{TERRAPLEN} = 47.52 * 0.90 = 42.77m^3$$

Suma algebraica

Utilizando el volumen de corte con signo negativo (-) y el volumen de terraplén con signo positivo (+); tenemos:

$$+42.77 - 0.247 = +42.53m^3$$

El volumen de relleno deberá de ser de 42.53 m³.

2.9 Presupuesto

Para el cálculo de los costos para el proyecto del tramo carretero de terracería, se tomó en cuenta los precios que se manejan en la Oficina Municipal de Planificación del municipio de Sayaxché, Petén. Desglosando por actividad, queda de la siguiente forma:

Tabla VI. Presupuesto del proyecto del tramo carretero

CÁLCULO DE COSTOS PARA PROYECTO TRAMO CARRETERO							
No.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	P.U.	TOTAL		
1	TRAZO Y NIVELACIÓN	5870.00	m ²	Q 4.24	Q 24,874.86	\$	3,243.14
2	MOVIMIENTO DE TIERRA	10321.00	m ³	Q 92.86	Q 958,408.06	\$	124,955.42
3	SUB-BASE (0.10 m DE ESPESOR)	14350.00	m ²	Q 41.07	Q 589,344.53	\$	76,837.62
4	CUNETAS	5870.00	ml	Q 25.44	Q 149,332.80	\$	19,469.73
5	DRENAJES TRANSVERSALES	126.00	ml	Q 4,000.94	Q 504,118.31	\$	65,725.99
6	TRANSPORTE DE MAQUINARIA	1.00	global	Q 23,925.00	Q 23,925.00	\$	3,119.30
COSTO TOTAL DEL PROYECTO					Q 2,250,003.55	\$	293,351.18

2.10 Cronograma de ejecución

Tabla VII. Cronograma de ejecución de proyecto de tramo carretero

CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN																	
No.	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	%	AVANCE FÍSICO	MES											
						MES 1				MES 2				MES 3			
						1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	TRAZO Y NIVELACIÓN	5870.00	m ²	1.11	Q 24,874.86	■	■										
2	MOVIMIENTO DE TIERRA	10321.00	m ³	42.60	Q 958,408.06		■	■	■	■	■	■	■				
3	SUB-BASE (0.10m DE ESPESOR)	14350.00	m ²	26.19	Q 589,344.53					■	■	■	■	■	■	■	■
4	CUNETA	5870.00	ml	6.64	Q 149,332.80					■	■	■	■	■	■	■	■
5	DRENAJES TRANSVERSALES	126.00	ml	22.41	Q 504,118.31					■	■	■	■	■	■	■	■
6	TRANSPORTE DE MAQUINARIA	1.00	global	1.06	Q 23,925.00	■											
				100.00	Q 2,250,003.55												

2.11 Estudio inicial de impacto ambiental del proyecto de tramo carretero

Impacto ambiental:

El objetivo principal del estudio de impacto ambiental es identificar y evaluar los impactos positivos y negativos en los factores ambientales fisicoquímicos, ecológicos, biológicos, estéticos y socioeconómicos del tramo donde se realiza el proyecto, incluyendo las recomendaciones necesarias para mitigar los impactos negativos que se produzcan durante cada fase del proyecto, prestando especial atención a la situación actual del área para tomar medidas estructurales encaminadas a la reducción de la vulnerabilidad de la ruta.

Identificación de Impactos:

La identificación de impactos se realizó en función de las actividades que se desarrollan en la ejecución del proyecto, como sigue:

Pre-construcción:

- Limpia, chapeo y destronque
- Campamento
- Plantas trituradora y de asfalto

Construcción:

- Excavación y nivelación del terreno
- Aprovechamiento del banco de material de préstamo
- Habilitación de botadero de material de desperdicio
- Operación de gasolinera
- Uso de maquinaria y equipo
- Acarreo de material
- Obras de drenaje

- Diseminación de material pétreo y bituminoso
- Manejo de desechos sólidos y líquidos
- Capacitación del personal
- Señalización
- Reconformación y revegetación de áreas intervenidas
- Control de emisiones atmosféricas
- Dotación de equipo de protección personal
- Prevención de accidentes

Postconstrucción:

- Alteración de los patrones de tránsito
- Mantenimiento preventivo y correctivo
- Desarrollo económico y rural

Factores Ambientales y Socioeconómicos

Agua superficial:

- Características de drenaje
- Variación de flujo
- Calidad de agua

Agua subterránea:

- Alteraciones del flujo
- Calidad de agua

Suelo:

- Erosión
- Uso potencial del suelo

- Asentamiento y compactación
- Estabilidad
- Características Geomorfológicas

Atmósfera:

- Calidad del aire
- Clima
- Ruido

Especies y poblaciones terrestres:

- Vegetación terrestre
- Fauna de interés ecológico
- Hábitats terrestres
- Migración de especies

Relieve y características topográficas (Paisaje)

Aspectos socioeconómicos:

- Economía regional
- Empleo y mano de obra
- Calidad de vida
- Seguridad e higiene

En cuanto a las interacciones benéficas es importante mencionar que estas se presentan principalmente en los aspectos socioeconómicos y la ejecución de actividades contempladas dentro del proyecto como medidas de mitigación ambiental, utilizando técnicas de ingeniería adecuadas tanto en la realización del proyecto como en el uso del mismo.

Debido a que el proyecto se divide en tres fases, preconstrucción, construcción y Postconstrucción, se ha determinado que los impactos benéficos tienden a incrementarse conforme el avance de cada fase y los mitigables se reducen, mientras que los adversos se mantienen dentro del mismo rango. Según la matriz de identificación de impactos, las acciones que producen un impacto adverso son la limpieza y excavación del área de trabajo, así como la habilitación del área para la construcción a lo largo del trayecto de la carretera, estas acciones deben seguir las medidas de mitigación recomendadas para disminuir su impacto, especialmente en cuanto a conservación del medio biótico al que pudieran afectar.

Los impactos mitigables están representados por la habilitación de maquinaria y su funcionamiento, así como las actividades de construcción que contempla el proyecto. Es necesario poner en acción los planes de contingencia para seguridad humana.

Los impactos benéficos principalmente se deben al empleo de mano de obra y contratación de personal, lo que ayudará a que la economía regional mejore conforme el proyecto avance.

Evaluación de impacto social:

La generación de empleo local causa un impacto positivo, ya que se emplearan trabajadores locales para la construcción de la carretera, así como para el despacho y control, durante el tiempo que duren las actividades de construcción. La construcción permite el empleo de mano de obra y trabajo especializado, lo que mejora la economía local y consiguientemente aumentan los requerimientos de bienes y servicios. A largo plazo se estima que el nivel de vida mejore en calidad.

Impacto Sobre la Salud y la Educación:

Sobre la salud de la población el proyecto no tendrá influencia, esto será sobre la salud de los trabajadores que se involucran directamente en las labores de la operación del área de construcción y operación de la maquinaria pesada, debido a la producción de partículas en suspensión producto del corte de materiales, operación de plantas, etc., que pueden producir afecciones de las vías respiratorias, irritación de ojos y piel.

Con relación a la maquinaria y vehículos que se van a utilizar, los accidentes potenciales que puedan suceder con el uso de maquinaria son variados y pueden afectar a las personas, por lo que se recomienda que todos los trabajadores utilicen cascos de seguridad y no lleven puesto accesorios que puedan ahorcar o lastimar al trabajador.

Las charlas inductivas sobre seguridad en operaciones de construcción de carreteras, seguridad industrial y salud humana contribuirán con la educación general y específica de los trabajadores.

Se proponen medidas de mitigación considerando las diferentes interacciones que generen impacto mitigable o adverso a los factores físico-químicos, ecológicos y sociales al ambiente y se define a un responsable de ejecutar estas medidas quien será un profesional con el conocimiento básico en materia ambiental y experiencia en proyectos de construcción.

Plan de contingencia:

Se presentan los elementos afectados, el impacto y la medida de mitigación propuesta.

Se da en la limpia, chapeo y destronque, durante los trabajos de excavación y nivelación, en el aprovechamiento de los bancos de material. Se propone la revegetación de las áreas afectadas con gramíneas o arbustos y en el caso de taludes se utilizará hidrosiembra. Cuando sea posible, almacenar la capa vegetal para su uso posterior durante la reconfiguración del terreno.

Estabilidad:

Cortes de talud y rellenos mal compactados pueden provocar derrumbes. Se propone un buen diseño en el corte del talud, teniendo en cuenta el ángulo de reposo del material respectivo, y compactación conforme a las especificaciones generales para construcción de carreteras y puentes de la Dirección General de Caminos.

Características geomorfológicas:

Cuando la topografía original del terreno se altera provoca la pérdida de capas de suelo y genera inestabilidad y un aspecto visual negativo, especialmente cuando el banco se encuentra a orillas de la carretera. Se propone revegetar o reforestar con especies similares a las que se encontraban en el terreno previo al aprovechamiento del material.

Botadero de material:

La descarga de material sin control provoca inestabilidad y provoca un aspecto visual negativo. Se propone la compactación del material para proveer estabilidad al botadero. Revegetar o reforestar con especies nativas y cercar al terminar su utilización.

Ruido:

Durante la instalación de las plantas, la operación de las mismas, el movimiento y operación de maquinaria y equipo, operación de talleres, se producirá ruido que excederá los 80 decibeles. Se propone que el personal utilice protección auditiva, que los generadores de electricidad sean aislados con paredes de material reductor de ruido.

Aire:

Existe desprendimiento de partículas durante la excavación, carga y transporte de material. Se propone el riego de las vías de acceso y el uso obligatorio de lonas para todos los camiones de acarreo.

La operación de las plantas trituradora y asfalto, y la circulación de vehículos generan gases producidos por la combustión, los que provocan mala calidad del aire. Se propondrá un plan de mantenimiento del sistema de filtración de las plantas, maquinaria y equipo.

Clima:

Existirán emanaciones de dióxido de carbono considerado como uno de los principales gases que causan el efecto invernadero. Se propone reforestar las orillas de la carretera a más de 2 metros de la cuneta. Los árboles absorben el CO₂.

Paisaje:

Con la limpia chapeo y destronque, las excavaciones, los rellenos y nivelaciones del terreno el paisaje se ve afectado. Se propone reforestar con especies nativas que se adapten a la eco-región terrestre a la que pertenecen de manera de reparar el paisaje dañado.

Agua:

Variación del flujo, el corte de taludes y rellenos afecta el flujo de la escorrentía superficial, o el bloqueo de cauces o micro-cuencas por material en el botadero de material de desperdicio. Se propone que las excavaciones y rellenos mantengan una pendiente que permita el flujo y el agua no se estanque, y que el pie del talud este a más de 5 metros de los cauces y de ser necesario se construyan muros de gaviones.

Calidad del agua:

Debido a la operación de las plantas y maquinaria pesada se puede provocar la filtración de combustibles y lubricantes al subsuelo o en las aguas superficiales de ríos debido a derrames y fugas. Se propone realizar un plan de mantenimiento de maquinaria y equipo, la revisión periódica de las mangueras de combustibles y lubricantes y la utilización de repuestos de buena calidad. Contar con el equipo adecuado para coleccionar los lubricantes o combustibles que se puedan derramar.

Aplicar enzimas o bacterias que remuevan la parte contaminante del suelo cuando el impacto sea grave. Lavar el suelo con detergente biodegradable cuando el impacto sea menor. La planta de asfalto generará residuos líquidos contaminados, por lo que su inadecuada descarga contaminará los mantos freáticos y los cuerpos de agua cuando la planta se instale cerca de éstos. Se propone construir un sistema de tratamiento que no afecte en forma negativa el suelo, agua o aire. La filtración de aguas residuales por la basura contaminará el manto freático. Se propone la utilización de baños portátiles en las áreas de trabajo de campo y letrinas en el campamento. Instalar toneles para desechos en cada área de trabajo y designar un vehículo que los recolecte diariamente.

Aspectos ecológicos:

Vegetación, hábitats y migración de especies, el chapeo y destronque, las excavaciones, el riego de imprimación y la colocación de la carpeta asfáltica dañará la vegetación aledaña al tramo, provocará la migración de especies debido a la pérdida de su hábitat. Se propone reforestar las orillas del tramo con especies nativas que se adapten a la eco-región a la que pertenecen, de manera que exista migración de especies hacia las áreas reforestadas.

Aspectos sociales:

Calidad de vida, si existen viviendas a menos de 200 metros de las plantas trituradora y de asfalto, los habitantes de éstas residencias se verán afectados directamente por su operación.

No podrá instalarse una planta de trituración o asfalto a menos de cien metros de una vivienda o comercio. Se les informará a los propietarios de los terrenos aledaños sobre la instalación de la planta y el tiempo que durará la producción. Se propone la siembra de barreras vegetativas alrededor del terreno donde se instalarán las plantas.

Seguridad:

Daño a la salud de los trabajadores por accidentes. Se propone el uso de equipo de protección personal como botas con punta de acero, guantes largos resistentes al calor, casco, protección visual, auditiva y respiratoria, y capacitar al personal sobre uso del equipo, la utilización de extinguidores, botones de emergencia para el corte de suministro de combustibles o energía, como acciones en caso de emergencia, y la implementación de planes de contingencia. Contar con un botiquín implementado para emergencias.

Seguimiento y vigilancia ambiental:

Para dar seguimiento de manera adecuada a las medidas de mitigación y afrontar las consecuencias que desde el punto de vista ambiental generará la instalación del proyecto, se propondrá un programa de monitoreo con el fin de reajustar aquellas medidas de prevención, mitigación y/o corrección que no estén dando los resultados previstos. Por tanto, el monitoreo consistirá en la verificación periódica requerida de las medidas de mitigación y/o corrección, orientadas a vigilar el adecuado funcionamiento del proyecto y su compatibilidad ambiental con el entorno natural.

3. DISEÑO DE PUENTE VEHICULAR

3.1 Conceptos básicos de elementos de un puente

3.1.1 Definición técnica de puentes

El puente es una estructura de madera, piedra, ladrillo, concreto simple, concreto armado o hierro estructural que se utiliza para que una vía de comunicación pueda salvar un río, una depresión de terreno u otra vía de comunicación.

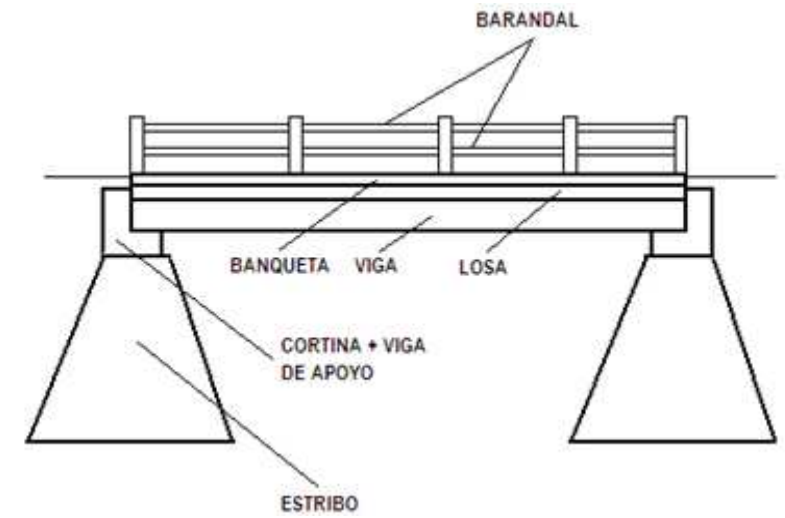
3.1.2 Componentes de la estructura de un puente:

La estructura de un puente se divide en dos partes principales: la superestructura y la subestructura.

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

La subestructura recibe la carga de la superestructura y la lleva hasta la cimentación. Está compuesta de los apoyos y estribos. La cimentación recibe la carga de la superestructura y la subestructura y la transmite al suelo.

Figura 8. Componentes de la estructura de un puente



3.1.2.1 Estribos

Los estribos de un puente son estructuras en los extremos de un puente usados con el propósito de transmitir cargas de la superestructura a la cimentación y dar además, un soporte lateral al terraplén.

El estribo sirve como pila y como muro de contención y en la mayoría de los casos consiste en una pared frontal y dos paredes en forma de ala.

Formas y dimensiones:

Ordinariamente es independiente de la superestructura pero en algunos casos forma parte de un marco rígido y transmite además fuerzas y momentos de ella. Entre los diferentes tipos de estribos se tiene:

- Estribos de gravedad
- Estribos en voladizo
- Estribos con contrafuertes
- Caballete con pilotes
- Marco rígido

3.1.2.2 Clasificación de los puentes

Los puentes generalmente se clasifican según su función, el material del cual están contruidos, la sección transversal del tablero, la estructura longitudinal, su longitud, la posición del piso, el ángulo entre la superestructura y los estribos.

Pueden ser para uso vehicular, se diseñará para las cargas especificadas por la AASHTO, según el tipo de carretera donde se sitúe. Para trenes se diseñará para un tren de cargas con el peso especificado por el código correspondiente. Y para peatones tomando la carga especificada para peatones por la AASHTO, y que funciona como una pasarela.

Según el material usado pueden ser de:

- Madera.
- Mampostería de piedra o mampostería de ladrillo.
- Acero
- Mixto (concreto y acero)
- Híbrido

Según su sección transversal pueden ser de:

- Losa
- Viga y losa
- Cajón

Finalmente, según la estructura longitudinal pueden ser de:

- Luz simple
- Luz múltiple
- Luz compensada
- Luz continua
- Marco sencillo
- Voladizos compensados
- Marco múltiple
- Arco
- Armadura
- Puente colgante

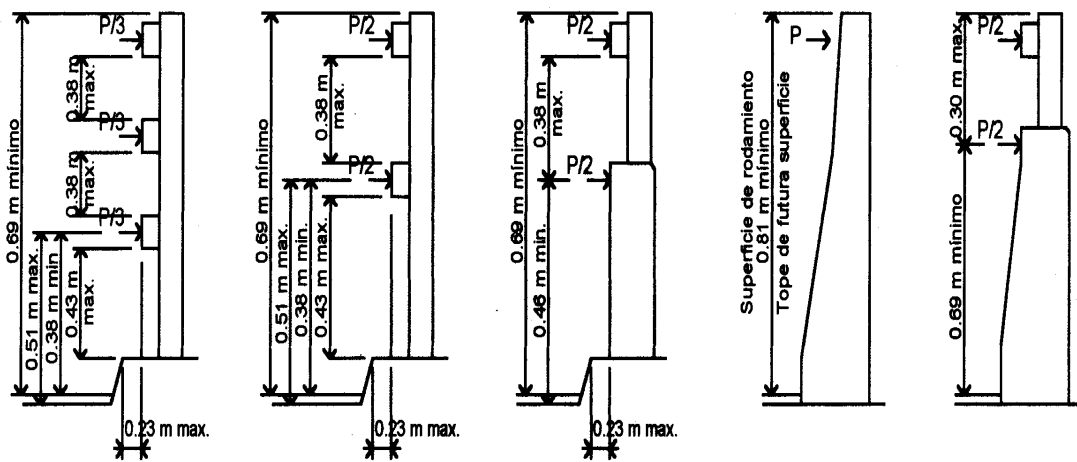
3.1.2.3 Banquetas peatonales

Se calcularán con una carga de no menos de 100 lb/pie^2 , es decir, 488 kg/m^2 , también aplicable a puentes de bicicletas y peatones.

3.1.2.4 Barandas

Las figuras muestran diferentes tipos de barandas, la geometría, las cargas, para el empleo en los puentes, según las condiciones de los accesos. Los diagramas indicados en la figura 11 son los que describe 2.7 de AASHTO

Figura 9. Barandas de tráfico y peatonal



Nomenclatura y carga: (para las figuras de las barandas).

P = 12,000 lbs. (4 postes Max. p/diseño, cada poste ¼ P)

W = carga peatonal = 50 lb/pie

3.2 Especificaciones de construcción para puentes

Para el diseño de los elementos se utilizaron las normas AASHTO y del ACI. Teniendo en cuenta que el ancho del camino es de aproximadamente 5.50m, la accesibilidad al sitio no es buena, el tipo de carga esperada será de un camión de dos ejes H 15-44 DE LA AASHTO.

3.2.1 Especificaciones de diseño

3.2.1.1 Recubrimientos

De acuerdo a las especificaciones de la AASHTO y las normas ASTM se usará el siguiente recubrimiento:

Para losa en superficie de rodadura es de 2.5 cm.

Para vigas en cualquier sentido es de 2.5 cm.

Para elementos expuestos al suelo y al agua es de 7.5 cm.

3.2.1.2 Acero de refuerzo

Se usará acero de grado 40, es decir 40,000 PSI, en forma de barras corrugadas.

3.2.1.3 Ganchos

Los ganchos se doblarán en frío, para doblar de 180° una extensión de 4 veces el diámetro de la varilla, y en doblar de 90° una extensión de 12 veces el diámetro de la varilla. Según ACI en su sección 7.1.

3.2.1.4 Empalmes

Se harán empalmes de 20 diámetros de la barra de acero, pero no menor a 300mm. En barras en un manojo deben terminar en puntos diferentes escalonados a 40 diámetros de la barra como mínimo, según ACI en su sección 12.2.

3.2.1.5 Formaletas

Las formaletas ya sea de madera, metal, plástica, fibra de vidrio u otros materiales apropiados deben ser lisas y herméticas al mortero, diseñadas y construidas sólidamente, con rigidez suficiente para evitar distorsión debidas a la presión del concreto.

3.2.1.6 Concreto

En todos los elementos se utilizará concreto con un $f'c=3000$ PSI a los 28 días. La proporción del concreto será de 1:2:2.5 y un agregado grueso de $\frac{1}{2}$ pulgada como mínimo y un máximo de $\frac{3}{4}$ pulgada, con un agregado fino lavado y libre de material orgánico.

3.2.1.7 Agregados para concreto

Los agregados se deben manejar y almacenar, tratando en lo posible de mantener la uniformidad de su graduación granulométrica y su grado de humedad y de evitar su segregación y contaminación con materiales extraños.

3.2.1.8 Concreto ciclópeo

Utilizar piedra partida o canto rodado con diámetros no mayores de 300mm. De preferencia en su estado natural de buena calidad y limpia, concreto de 3000 PSI, su proporción en volumen para un metro cúbico es de 5 sacos de cemento, 0.54 m³ de agregado fino, 0.65 m³ de agregado grueso y 0.60 m³ de piedra canto rodado. Dicha piedra se deberá colocar a mano sin dejar caer para no dañar las formaletas.

3.2.1.9 Agua

El agua para mezclado y curado del concreto o lavado de agregados finos debe ser limpia y libre de cantidades perjudiciales de aceites, ácidos, materiales orgánicos y otras sustancias que puedan ser nocivas al concreto o acero de refuerzo.

3.2.1.10 Preparación de concreto

Toda preparación de concreto deberá hacerse con concretora y debidamente controlada por el supervisor, para que la mezcla sea uniforme y trabajable, en cada elemento estructural.

3.2.1.1.11 Relleno

Los rellenos deben colocarse en capas no mayores de 30 cm., para su debida conformación, como mínimo al 90% de su densidad máxima, determinada con el método de la AASHTO T 180.

3.3 Conceptos de estudios de suelos

La elección del tipo de subestructura y cimentación que se va a utilizar en el proyecto de un puente depende, en buena medida, de los resultados del estudio de suelos. Generalmente se plantea el eje del puente y se realizan las exploraciones correspondientes para determinar las características de los estratos de apoyo. Estas exploraciones pueden realizarse de diferentes maneras, algunas son perforaciones con barrenos, pozos a cielo abierto, penetrómetros (para penetración estática o dinámica).

3.3.1 Valor soporte del suelo

También llamado capacidad de carga o apoyo de los cimientos, es una característica de cada sistema de suelo-cimentación. Los distintos tipos de suelos difieren en capacidad de carga, pero también ocurre que en un suelo específico dicha capacidad varía con el tipo, forma, tamaño y profundidad. La resistencia de los suelos depende sobre todo de su resistencia a la fuerza cortante.

Cuando los perfiles del suelo son muy variables o hay capas alternas de arenas y arcillas, es necesario calcular la capacidad de cargas de cada capa. Esto se debe realizar a partir de la suposición de que el cimiento se apoya sucesivamente en cada capa, pero con la presión de contacto correspondiente a la profundidad que está por debajo de la base y por encima de la capa.

3.3.2 Ensayo triaxial

El ensayo triaxial es una prueba de compresión que se realiza envolviendo en una membrana impermeable un espécimen cilíndrico del suelo que se desea probar, cuyas bases quedan en contacto con cabezas sólidas provistas de piedras porosas que sirven de filtro; los filtros están conectados a tubos delgados provistos de válvulas que permiten gobernar la salida o entrada del agua al espécimen. Dichos tubos de drenaje están conectados a una bureta graduada mediante la cual se puede conocer el volumen de agua expulsado o absorbido por el suelo. La unión entre la membrana y las cabezas se ata con una banda de hule para garantizar un sello hermético.

Todo el conjunto queda encerrado en una cámara y es atravesado por un vástago delgado que pasa por un depósito de grasa a presión, el que evita las fugas de agua a lo largo de la pared del vástago y reduce a un mínimo de fricción de ésta contra la tapa.

Para este proyecto en particular se logró obtener la calidad del suelo por medio del ensayo de compresión triaxial y diagrama de Mohr, mediante el ensayo no consolidado y no drenado, para obtener los parámetros de corte de la muestra inalterada de 1 pie cúbico, que se extrajo del lugar correspondiente a una cota de cimentación de 4.50m y para el diseño se utilizará 1.80m.

Por los resultados obtenidos se dedujo que el suelo es limo arcilloso color café oscuro, en base a esto y a cálculos realizados con el método propuesto por el Dr. Karl Terzaghi se logró un valor soporte de 28,670 kg/m².

3.4 Metodología usada para el diseño

3.4.1 Conceptos básicos de topografía

La topografía es la ciencia y el arte de efectuar las mediciones necesarias para determinar las posiciones relativas de los puntos, ya sea arriba, sobre o debajo de la superficie de la tierra, o para establecer tales puntos. La topografía plana desprecia la curvatura y es adecuada para áreas pequeñas. La topografía geodésica toma en cuenta la curvatura de la tierra. Es aplicable para áreas grandes, líneas largas y la localización de puntos básicos apropiados para controlar otros tipos de topografía.

La topografía es un procedimiento importante para el diseño de un proyecto de puente vehicular, pues demuestra cuál es la luz real del puente y cuáles son sus cotas exactas.

Al rendir un Informe sobre los estudios topográficos llevados a cabo para la construcción de un puente, además de dar el nombre del río o barranca, camino correspondiente, tramos del camino en el cual se encuentra, etc., es imprescindible se rindan los siguientes datos:

3.4.1.1 Alineamiento horizontal

Para el diseño de un puente se debe de hacer un estudio topográfico preliminar, en el cual es muy importante el alineamiento horizontal; ya que éste nos brinda cual es la ubicación que tendrá el puente en el plano horizontal.

El alineamiento horizontal se realiza con el método de conservación del azimut, y la libreta de éste también se incluye las distancias horizontales que existen entre estaciones a puntos observados.

3.4.1.2 Alineamiento vertical:

Se deberá también hacer un levantamiento topográfico en el sentido vertical. Este nos indicará la cota real del terreno sobre el cual se diseñará el puente; en éste alineamiento la libreta nos brindará el ángulo vertical, lectura de hilos y altura del instrumento.

3.5 Conceptos de estudios hidrológicos para puente vehicular

3.5.1 Crecidas máximas

Las crecientes en un río pueden dividirse en tres tipos los se muestran a continuación:

Crecida normal: la que mantiene el río y varía muy poco.

Crecida máxima: es la que ocurre casi anualmente en invierno.

Crecida máxima extraordinaria: ocurre cuando se da un fenómeno natural (lluvias muy intensas).

En el diseño de un puente se debe considerar la creciente máxima.

3.5.2 Caudales máximos

Para el cálculo de los caudales que puedan tener los ríos; existen varios métodos entre los cuales tenemos: aforo directo con molinete, vertederos, volumétrico, aforo químico, sección-pendiente, etc.

3.5.3 Tirante

El tirante en un río es la altura de la columna de agua, esta varía de acuerdo a la época del año en que este; se encuentra en su máxima cota cuando ocurre la época de estiaje.

3.5.4 Método racional

Este es un método que permite determinar la crecida máxima, analizando datos de frecuencia de lluvias intensas. Para el cálculo de la precipitación máxima se hace uso de la fórmula siguiente:

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

Donde:

Q= caudal en m³/seg.

C= coeficiente de escorrentía (0.09 área boscosa)

I = intensidad de lluvia en mm/hora (60 mm/hora), según INSIVUMEH, para la región de Sayaxché, Petén.

A = área de la cuenca 450 ha

Sustituyendo datos en la fórmula anterior:

$$Q = \frac{0.09 * 60 * 620}{360} = 9.30 \frac{m^3}{seg}$$

El caudal obtenido servirá para determinar la altura máxima y altura mínima del puente y áreas de descarga, teniendo la cantidad de agua que puede pasar en momentos críticos, así como para determinar la geometría y materiales a utilizar para la construcción de superestructura. La altura del puente será de 4.60m y la luz de 11 metros.

3.6 Distintas cargas para el diseño

3.6.1 Cargas vivas

La carga viva es debida al paso de vehículos y de peatones.

3.6.1.1 Cargas de camión

Son cargas concentradas, originadas por los camiones estándar, para su análisis deberá buscarse la condición más crítica.

Las cargas vivas ocasionadas por los vehículos serán conforme a la clasificación de éstos, la cual considera principalmente tres tipos de camiones con dos ejes y con cargas totales de $W = 20, 15$ Y 10 toneladas inglesas, que son representados por H-20, H-15 y H-10. Ese peso se reparte en un 80% en las ruedas traseras y un 20% en las delanteras.

Figura 10. Carga viva estándar de camiones H

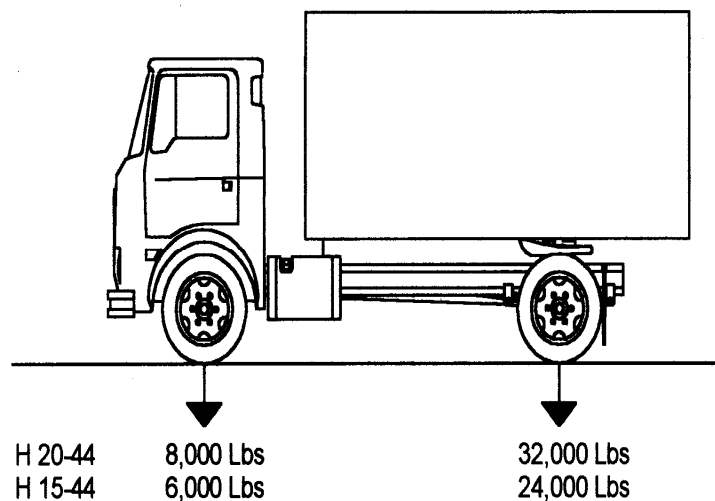


Figura 11. Aplicación de carga para camiones H

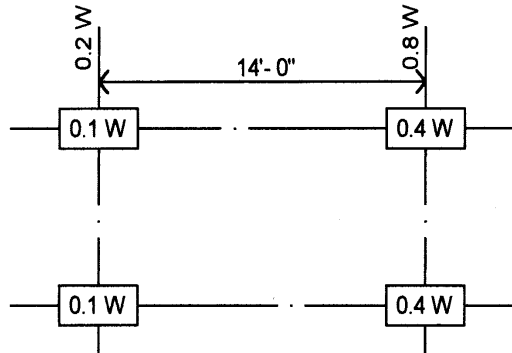
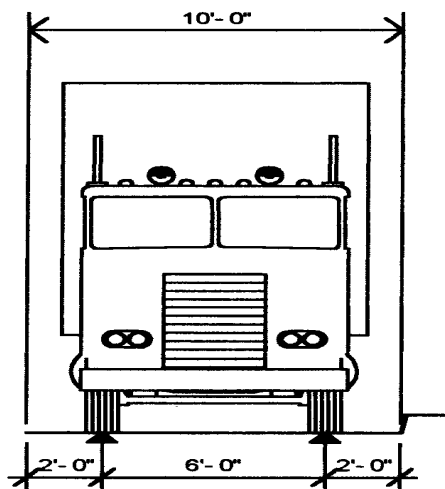


Figura 12. Ancho del gálibo y del carril estándar



Otra clasificación corresponde a un camión con un semirremolque, y que se representa con H-20 S-16 (por ejemplo), para un camión en el cual la carga en el eje del semirremolque es igual a la carga del eje posterior del camión, en éste caso de 16 ton con una carga en el eje delantero de 4 ton.

Figura 13. Carga viva estándar de camiones HS

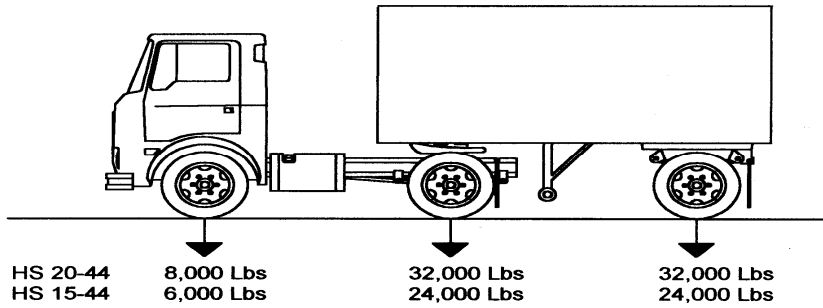


Figura 14. Aplicación de carga para camiones HS

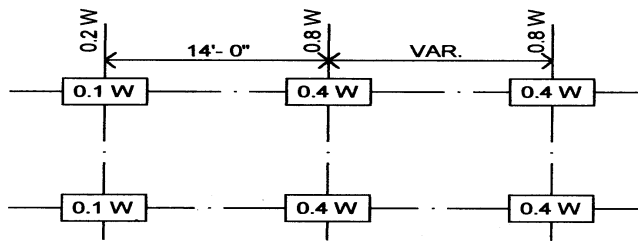
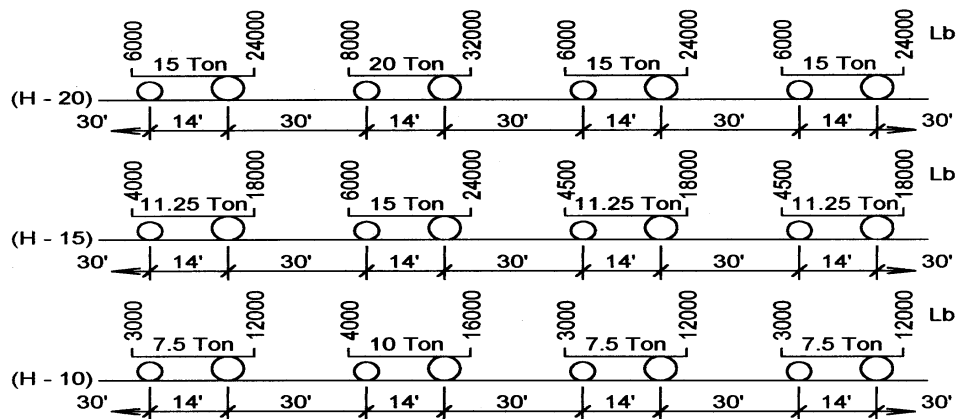
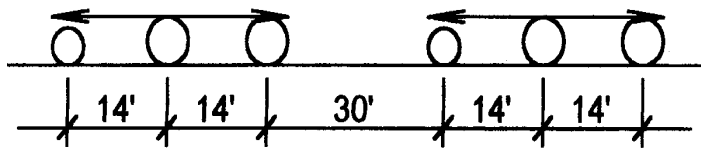


Figura 15. Tren de cargas para los camiones H



Para camiones con semirremolque (tipo HS), se considera una carga igual a la del eje posterior del camión, a 14 pies de éste y con la misma separación entre camiones, ejemplo:

Figura 16. Tren de cargas para los camiones HS



La carga viva de camión esperada estará definida de acuerdo con la ubicación y tipo de la carretera, así como la importancia que ésta tenga comercialmente.

3.6.2 Cargas muertas

Será sencillamente el peso propio de la estructura, el cual se puede suponer con base en experiencias previas, y según la magnitud de la estructura.

- Elementos estructurales
- Carpeta de rodadura
- Banquetas
- Barandales
- Topes
- Tuberías

3.6.3 Fuerzas actuantes:

3.6.3.1 Fuerzas laterales

La fuerza del viento en la estructura debe asumirse como una carga horizontal móvil de 30 lb/pie² en 1 ½ veces el área de la estructura vista en elevación, incluyendo barandales.

Las fuerzas laterales debidas a las cargas vivas móviles y la fuerza del viento contra ésta carga se deben considerar actuando 6 pies arriba del piso con una fuerza de 200 lb/pie.

La fuerza total del viento no debe ser menos que 300 lb/pie en la cara expuesta al viento, y 150 lb/pie en la cara posterior o en las vigas que sigan a la de enfrente.

3.6.3.2 Fuerzas longitudinales

Algunos autores consideran una fuerza longitudinal del 10% de la carga viva, actuando a 4 pies arriba del piso (1.20 m) como fuerza de frenado. Según AASHTO 3.9 se estima la fuerza de frenado en un 5% de la carga viva en todos los carriles que llevan tránsito en la misma dirección. La carga viva equivale a la carga de tráfico más la concentrada para flexión. Su centro de gravedad se sitúa a 6 pies arriba del piso de la superestructura.

3.6.3.3 Efectos dinámicos o de impacto sobre la carga viva

Los esfuerzos debidos a cargas vivas, exceptuando las cargas centrífugas, longitudinales y de viento, deben incrementarse debido a efectos dinámicos vibratorios y de impacto. Este incremento es expresado como una fracción del esfuerzo debido a la carga viva y se determina con la fórmula:

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

Donde:

I = Incremento en los esfuerzos debidos a la carga viva.

L = Longitud en pies, de la parte del claro cargado para producir el esfuerzo máximo.

Este incremento en la carga viva en las estructuras para los efectos dinámicos vibratorios y de impacto será aplicado a ciertas partes del puente y no será aplicado en todas ellas.

1. Partes del puente que aplica fracción de impacto
 - Superestructura, incluye elementos de marcos rígidos.
 - Los pilotes que sobresalgan del terreno, y estén rígidamente conectados a la superestructura y formen marcos rígidos o como parte de la estructura misma.
 - Las porciones que sobresalgan del terreno de las pilas de concreto o acero que soporten la superestructura.

2. Partes del puente que no aplica fracción de impacto
- Estribos, muros de contención, pilas, pilotes, excepto como se indicó en inciso 2 del grupo que si aplica incremento de carga viva por impacto.
 - Cimentación y presiones en las cimentaciones.
 - Estructuras de madera.
 - Carga de aceras
 - Alcantarillas y otras estructuras que tengan un relleno de tierra de 0.914 m de altura o mayor.

3.7 Cálculos numéricos para puente vehicular

3.7.1 Datos de diseño

Luz eficaz	11.00 m
Ancho total	6.00 m
Ancho útil	4.40 m
Esfuerzo máximo del concreto	$f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$
Esfuerzo de fluencia del acero	$f_y =2810 \text{ kg/cm}^2$
Peso volumétrico del concreto ciclópeo	$W_{cc}=2500 \text{ kg/m}^3$
Peso volumétrico del concreto armado	$W_c=2400 \text{ kg/m}^3$
Peso volumétrico del suelo	$W_s=1900 \text{ kg/m}^3$
Capacidad soporte del suelo	$V_s=28,670 \text{ kg/m}^2$
Profundidad de cimentación	$h=1.80 \text{ m}$
Sobre carga	H15-44 = 12,000 lb

3.7.2 Diseño de la super-estructura

La superestructura es la parte superior del puente, formada por losa, vigas, diafragmas, acera y pasamanos.

3.7.2.1 Diseño de la losa

Según especificación AASHTO 8.9.2, para losas con refuerzo principal perpendicular a la dirección del tránsito se recomienda:

$$T = 1.2 * \frac{L + 3.05}{30} \geq 0.17m$$

Donde:

T= espesor de losa

L= luz entre vigas

$$T = 1.2 * \frac{1.65 + 3.05}{30} \geq 0.19m$$

Por criterio se utilizará espesor de losa de 20 cm.

3.7.2.1.1 Cálculo de momento

Los momentos que se analizarán son: momento por carga muerta, sobrecarga e impacto; obteniendo con ello el momento total con el cual se procederá al cálculo del refuerzo. A continuación se describirán cada uno de ellos:

- **Momento debido al peso muerto:**

El momento debido a la carga muerta se obtiene de la siguiente manera:

$$M_{cm}^{+} = \frac{W_{cmu} * S^2}{10}, \text{ ó } M_{cm}^{-} = \frac{W_{cmu} * L^2}{2}$$

Donde:

S= luz entre vigas (1.65m)

L= luz de voladizo a eje (0.95m)

$$W_{cmu} = 2400 * 0.20 * 1 = 480 \frac{kg}{m}$$

$$W_{barandal} = 9.60 \frac{kg}{m}$$

$$W_{barandal} = 480 + 9.60 = 489.60 \frac{kg}{m}$$

$$M_{cm}^{+} = \frac{489.60 * 1.65^2}{10} = 133.29 \text{ kg} - m$$

$$M_{cm}^{-} = \frac{489.60 * 0.95^2}{2} = 220.93 \text{ kg} - m$$

- **Momento debido a la sobrecarga:**

Según especificación AASHTO 3.24.3 caso A, para refuerzo perpendicular a la dirección del tránsito, el momento por carga viva esta dado por:

$$M_{cv} = \left[\frac{0.8 * (s + 2)}{32} \right] * P15$$

Donde:

S= luz entre vigas (1.65 m=5.41 pies)

P15= peso de eje más crítico= 12,000lb

$$M_{cv} = \left[\frac{0.8 * (5.41 + 2)}{32} \right] * 12000 = 2223 \text{ lb} - \text{pie} \\ = 306.81 \text{ kg} - m$$

- **Momento debido al impacto:**

El momento debido al impacto está especificado como una fracción de la carga viva y puede ser menor o igual al 30% de la misma, según AASHTO 3.8.2.1.

$$I = \frac{15}{L + 38}$$

Donde:

I = fracción de impacto

L = longitud del tramo

$$I = \frac{15}{1.65 + 38} = 0.38$$

Como 38% > Imáx entonces utilizar Imáx = 30%

- **Momento último:**

Según la AASHTO 1.2.22; la fórmula se integra de la siguiente manera:

$$Mu = 1.3 * \left[M_{cm} + \frac{5}{3} * (M_{cv} * I) \right]$$

Entonces:

$$Mu = 1.3 * \left[220.93 + \frac{5}{3} * (306.81 * 1.3) \right] = 1203.70 \text{ kg} - m$$

3.7.2.1.2 Cálculo de peralte

El cálculo de peralte se determina de la siguiente manera:

$$d = t - rec. - \frac{1}{2} * \emptyset$$

Donde:

\emptyset = Diámetro de la varilla a utilizar

t = espesor de la losa

rec.= recubrimiento mínimo

*Se utilizará varilla No.4

$$d = 20 - 2.5 - \frac{1}{2} * 1.27 = 16.87cm$$

3.7.2.1.3 Cálculo del refuerzo

Para calcular el área de acero de refuerzo se utilizará la siguiente expresión:

$$As = \left[b * d - \sqrt{\left((b * d)^2 - \frac{(Mu * b)}{0.003825 * f'c} \right)} \right] * \frac{0.85 * f'c}{fy}$$

Donde:

$$M_u = 1203.70 \text{ kg} - m$$

$$d = 16.87 \text{ cm}$$

$$b = 100 \text{ cm (franja unitaria)}$$

$$f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_y = 2810 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_s = \left[100 * 16.86 - \sqrt{\left((100 * 16.86)^2 - \frac{(1203.70 * 100)}{0.003825 * 210} \right)} \right] * \frac{0.85 * 210}{2810}$$

$$A_s = 2.88 \text{ cm}^2$$

Al determinar el área de acero mínimo y el área de acero máximo se verificará si el A_s está en el rango, según norma ACI.

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

Donde:

$$\rho_{min} = \frac{14.1}{f_y}$$

$$A_{s_{min}} = \frac{14.1}{2810} * 100 * 16.87 = 8.43 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{max}} = 0.5 * \rho_{bal} * b * d$$

Donde:

$$\rho_{bal} = \frac{\beta_1 * 0.85 * f'c}{fy} * \frac{6090}{fy + 6090}$$

$$\rho_{bal} = \frac{0.85 * 0.85 * 210}{2810} * \frac{6090}{2810 + 6090} = 0.037$$

$$As_{min} = 0.5 * 0.037 * 100 * 16.87 = 31.20 \text{ cm}^2$$

Se usará el área de acero mínimo, por ser mayor del área de acero requerido.

- **Cálculo del refuerzo transversal cama inferior:**

Acero a utilizar $As_{min} = 8.43 \text{ cm}^2$

Utilizando refuerzo No.4, el armado quedará distribuido de la siguiente manera
No.4 @ 15 cm perpendicular al tránsito.

- **Cálculo del refuerzo transversal cama superior:**

Se calcula el refuerzo por temperatura:

$$As_{temp} = 0.002 * b * t$$

$$As_{temp} = 0.002 * b * t = 4 \text{ cm}^2$$

Utilizando refuerzo No. 4, el armado quedará distribuido de la siguiente manera: No.4 @ 30cm perpendicular al tránsito.

- **Cálculo del refuerzo longitudinal cama superior e inferior:**

La AASHTO 3.24.10.2 recomienda que el refuerzo deba ser el 67% como máximo del refuerzo transversal.

$$A_s = 0.67 * A_{s_{trans}}$$

$$A_s = 0.67 * 8.43 = 5.65 \text{ cm}^2$$

Entonces se propone un armado No.4 @ 20 cm

3.7.2.2 Diseño de banqueta

El diseño de la banqueta, en éste caso, se tomará como base en el diseño de la losa, ya que el refuerzo transversal de ésta, se prolongará hasta cubrir el área transversal de la acera, de la misma manera el refuerzo longitudinal seguirá el mismo patrón, al momento de armar la banqueta se coloca de forma paralela al tránsito y una separación igual al de una de las camas de la losa, quedando el armado de la banqueta de la siguiente manera:

En la cama inferior No.4 @ 15 cm transversal

En la cama inferior No.4 @ 20 cm transversal

En ambas camas No.4 @ 20 cm longitudinal

3.7.2.3 Diseño de diafragmas

La especificación de la AASHTO 8.12.2. indica, serán colocados diafragmas en los extremos de las vigas T y de las vigas rectangulares, a menos que otros medios sean suministrados, para resistir cargas laterales y mantener la geometría de la sección.

Por especificaciones de la AASHTO el predimensionamiento de la sección se hará con la siguiente fórmula:

- **Diafragmas:**

$$**H = 0.5 * h_{viga} = 0.5 * .80 = 0.40m**$$

$$**B = 0.5 * b_{viga} = 0.5 * .40 = 0.25m**$$

El ancho para los diafragmas es generalmente 0.30 m, por lo que se utilizará altura 50cm y base 30cm.

Según especificaciones de la AASHTO, el refuerzo será equivalente al acero mínimo requerido por la sección, tanto en cama inferior como cama superior.

El espaciamiento requerido entre estribos es de $0.5*d$

$$S = 0.5 * 50 = 25\text{cm}$$

$$A_{s_{min}} = \frac{14.1}{2810} * 30 * 50 = 7.53 \text{ cm}^2$$

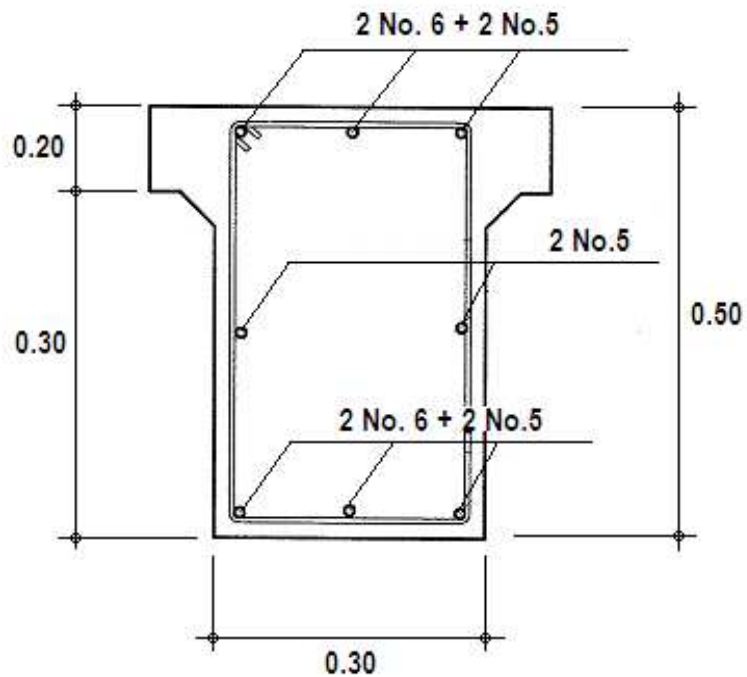
Proponiendo armado:

2 No.6 y 2No.5 + estribos No.3 @ 0.25m

Por razones de seguridad se utilizará acero adicional al equivalente de $1.6129 \times 3.28 \times (\text{peralte de diafragma} / 100)$.

$A_s = 2.65 \text{ cm}^2$; para el cuál se propone armado 2 No.5 y estribos No.3 @ 0.25 m.

Figura 17. Detalle de armado de diafragma



3.7.2.4 Diseño de vigas

Debido al predimensionamiento de la sección de viga, se establecieron dimensiones basándose en la luz de las mismas; se recomienda un peralte no

menor a L/16 y la base no deberá ser menor que el peralte sobre 3.5, de acuerdo a este criterio, se establecieron las dimensiones siguientes:

Base= 0.40m y altura= 0.80m

3.7.2.4.1 Cálculo de momento por sobrecarga

Según especificación AASHTO, puesto que la separación entre ejes de vigas, $S = 2\text{m} > 1.80\text{m}$, entonces la carga sobre cada viva será la reacción de carga por rueda.

La fracción de carga de la rueda que absorbe carga viva es:

$S/1.75$; en donde S es la separación máxima entre vigas, que para el caso es 1.65m

$$\text{fracción de carga} = \frac{S}{1.75} = \frac{1.65}{1.75} = 0.94$$

La carga por rueda se obtiene de la siguiente manera:

$$\text{Carga}_{\text{rueda trasera}} = P * \text{fracción de carga} * \text{factor de carga.}$$

$$P = 12,000 \text{ lb} = 5443.11 \text{ kg (eje más pesado).}$$

$$\text{Carga}_{\text{rueda trasera}} = 5443.11 * 0.94 * 1.7 = 8,698.09 \text{ kg}$$

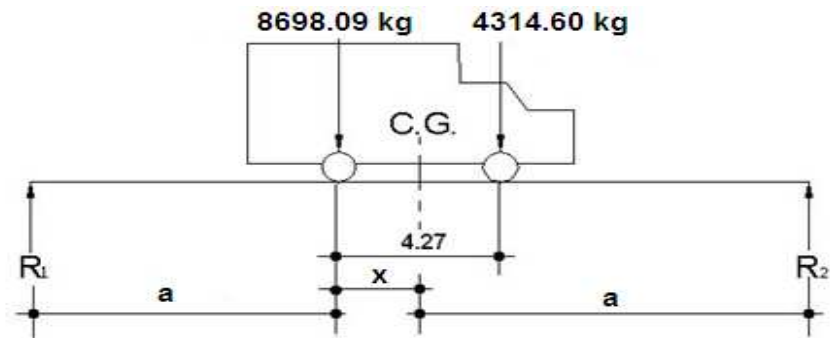
$$\text{Carga}_{\text{rueda delantera}} = P * \text{fracción carga} * \text{factor de carga.}$$

$$P = 6,000 \text{ lb} = 2,700 \text{ kg} .$$

$$\text{Carga}_{\text{rueda delantera}} = 2,700 * 0.94 * 1.7 = 4,314.60 \text{ kg}$$

Los momentos máximos debido a la sobrecarga se calculan respecto al siguiente diagrama de carga, para el lugar crítico.

Figura 18. Diagrama de sobrecarga



Por el cual se encuentra el valor de $x=b$, es necesario hacer una sumatoria de momento, y de esa manera identificar a que distancia se localiza el centro de gravedad.

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

$$8,698.09x - 4,314.60(4.27 - x) = 0$$

$$x = 1.42m$$

De esta manera se determina el valor de a , despejando la siguiente igualdad:

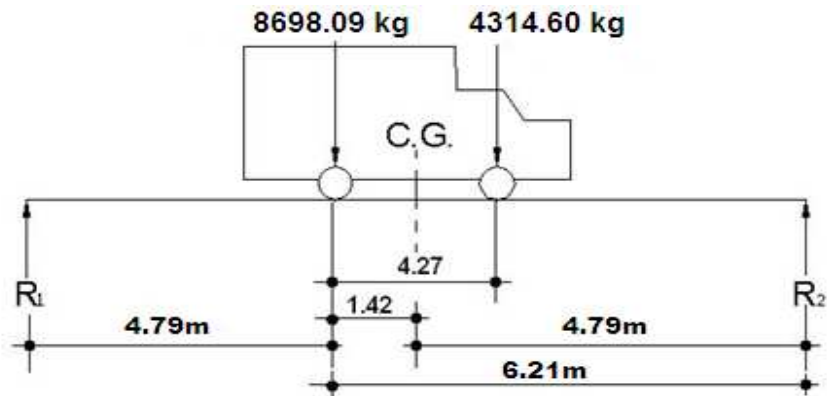
$$2a + x = 11$$

$$2a + 1.42 = 11$$

$$a = 4.79m$$

Teniendo la distancia de "a" se hace el diagrama de cuerpo libre:

Figura 19. Diagrama de carga viva



Contando con las distancias se procede a analizar por estática el diagrama de cargas de la figura, para obtener la reacción que existe en el apoyo 2.

$$\sum M_{R2} = 0$$

$$11R_1 = 6.21(8698.09) + 1.94(4314.60)$$

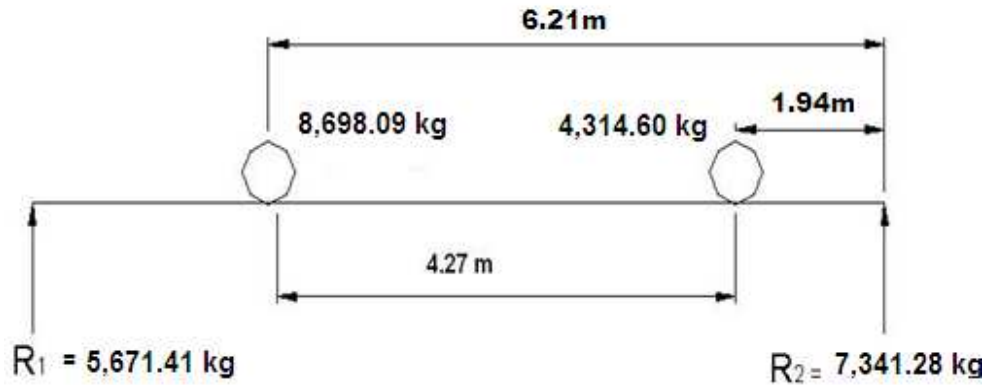
$$R_1 = 5671.41 \text{ kg}$$

$$R_2 = 8,698.09 + 4,314.60 - 4344.05$$

$$R_2 = 7341.28 \text{ kg}$$

Para el momento máximo, se hace un corte en la sección donde se aplica la carga mayor y se hace el análisis del momento.

Figura 20. Diagrama de reacciones carga viva



$$M_{max} = 7,341.28 * (6.21) - 4,314.60(1.94)$$

$$M_{max} = 37,219.02 \text{ kg} - m$$

3.7.2.4.2 Cálculo de momento por carga muerta

El momento debido a la carga muerta es la sumatoria de los momentos que actúan en la viga.

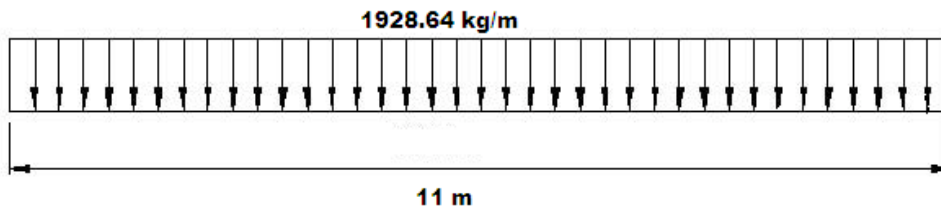
$$W_{losa} = 489.60 \text{ kg/m}$$

$$W_{viga} = b * h * \gamma_{cr} = 0.40 * 0.80 * 2400 = 768 \text{ kg/m}$$

$$W_{dlafragma} = \frac{b * h * \gamma_{cr}}{N_{vigas}} = \frac{0.30 * 0.50 * 2400}{3} = 120 \text{ kg/m}$$

$$P_{total \ sobre \ vigas} = \frac{1377.60 \text{ kg}}{m} * 1.4 = 1928.64 \text{ kg/m}$$

Figura 21. Diagrama de carga muerta



$$M_{max} = \frac{W_{cmu} * L^2}{8}$$

$$M_{max} = \frac{1928.64 * 11^2}{8}$$

$$M_{max} = 29,170.68 \text{ kg} - m$$

3.7.2.4.3 Cálculo de momento debido al impacto

Del concepto de impacto que se mencionó con anterioridad en el diseño de la losa se logra obtener:

$$I = \frac{15}{L + 38}$$

Donde:

I = fracción de impacto

L = longitud del tramo

$$I = \frac{15}{11 + 38} = 0.30$$

Como 30% = Imáx entonces utilizar I = 30%

3.7.2.4.4 Cálculo de momento total

El momento se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$M_{total} = 1.3 * \left[M_{CM} + \frac{5}{3} * (M_{CV} * I * Fd) \right]$$

Donde:

Fd= factor de distribución o factor de carga = 0.72

I= impacto

$$M_{total} = 1.3 * \left[29170.68 + \frac{5}{3} * (37,219.02 * 1.3 * 0.94) \right]$$

$$M_{total} = 136,465.44 \text{ kg} - \text{m}$$

3.7.2.4.5 Cálculo de refuerzo

Para el refuerzo en el centro de la viga se tiene.

$$M = 136,465.44 \text{ kg} - \text{m}$$

$$b = 40 \text{ cm}$$

$$f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$$

$$d = 75 \text{ cm}$$

$$fy = 2810 \text{ kg/cm}^2$$

$$As = \left[b * d - \sqrt{\left((b * d)^2 - \frac{(Mu * b)}{0.003825 * f'c} \right)} \right] * \frac{0.85 * f'c}{fy}$$

$$As = \left[40 * 75 - \sqrt{\left((40 * 75)^2 - \frac{(136,465.44 * 40)}{0.003825 * 210} \right)} \right] * \frac{0.85 * 210}{2810}$$

Se obtiene:

$$As_r = 96.26 \text{ cm}^2$$

$$As_{min} = 15.05 \text{ cm}^2$$

$$As_{max} = 111.00 \text{ cm}^2$$

Como $As_{max} > As_r > As_{min}$, si chequea, usar As_r .

El armado quedará de la siguiente manera:

Cama inferior: 8 No. 8 + 7 No. 6

Cama intermedia: tomar 0.61 cm² por cada pie de alto que tenga la viga.

Entonces la cama intermedia tendrá: 2 No.6

Cama superior: 33% $As_r = 0.33 * 74.25 = 24.50 \text{ cm}^2$; 4 No. 8 y 6 N0.6

Figura 22. Detalle de elevación de vigas

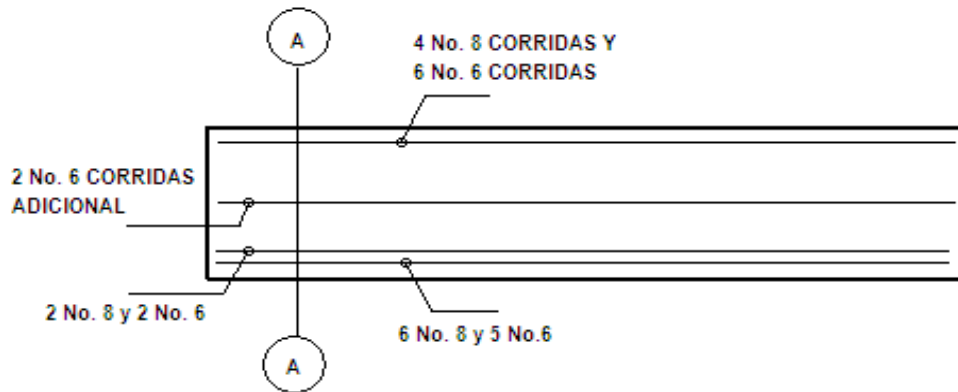
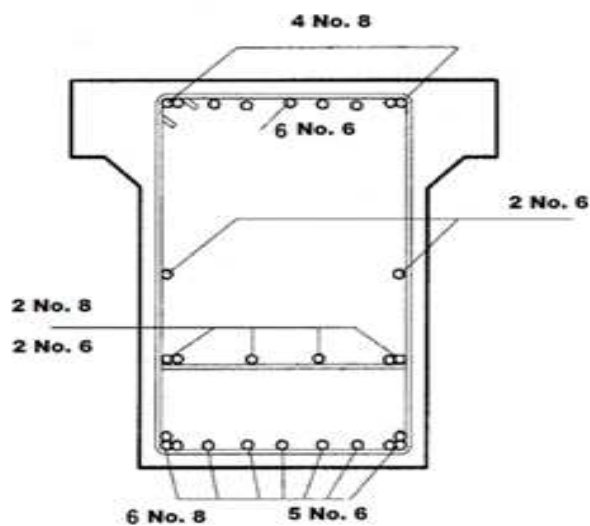


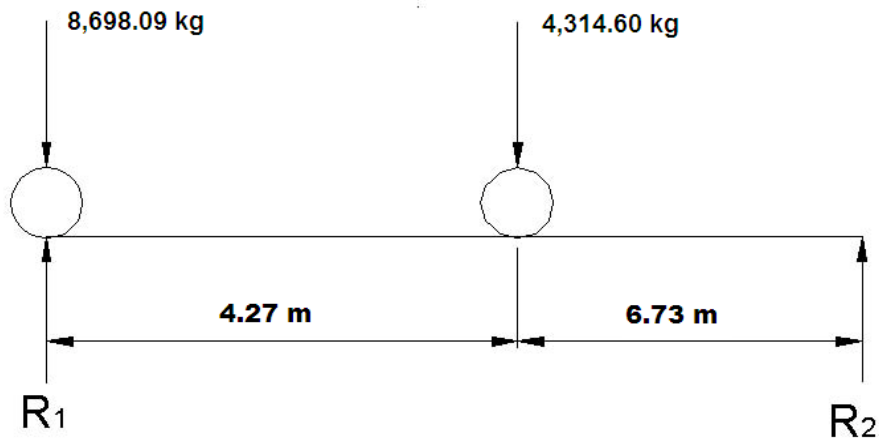
Figura 23. Detalle de sección de vigas



3.7.2.4.6 Diseño a corte

El esfuerzo por sobrecarga se calcula por medio de la reacción que la estructura tiene cuando el camión está ingresando al puente.

Figura 24. Diagrama de reacciones diseño a corte



Realizando sumatoria de momentos en R2 igual a cero; se obtiene la reacción, que a su vez es $V_{m\acute{a}x}$.

$$\sum M_{R2} = 0$$

$$11R_1 = 11(8698.09) + 6.73(4314.60)$$

$$R_1 = 11,337.84 \text{ kg} = V_{MAX}$$

- Esfuerzos cortantes totales:

$$V_{total \ max} = 1.3 * \left[V_{cm} + \frac{5}{3} * (V_{cv} * I) \right]$$

$$V_{total \ max} = 1.3 * \left[21,215.04 + \frac{5}{3} * (11,337.84 * 1.3) \right]$$

$$V_{total \ max} = 59,514.47 \text{ kg}$$

- Cálculo de refuerzo:

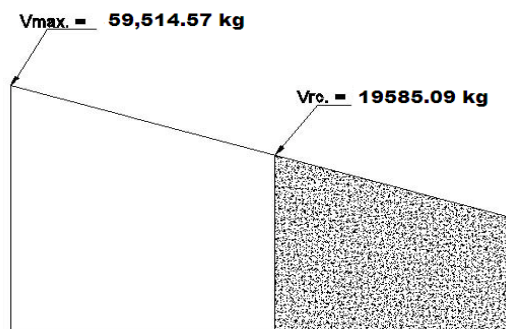
Con base al diagrama de corte real y con la siguiente fórmula, se calcula fuerza última de resistencia del concreto a corte:

$$V_{CR} = 0.85 * 0.53 * \sqrt{f'c} * (b * d)$$

$$V_{CR} = 0.85 * 0.53 * \sqrt{210} * (40 * 75)$$

$$V_{CR} = 19,585.09 \text{ kg}$$

Figura 25. Diagrama de corte de diseño



Por medio de un diagrama de corte de diseño se obtiene el corte máximo (Vmax). Una vez determinados éstos esfuerzos Vrc y Vmax; se calcula el esfuerzo cortante que será absorbido por el acero, el cual se obtiene por medio de la siguiente fórmula:

$$V_s = V_{max} - V_{rc}$$

$$V_s = 59,514.46 - 19585.09 = 39,929.38 \text{ kg}$$

Comprobando límites de espaciamiento:

$$\text{Si } \emptyset * 1.1 * \sqrt{f'c} * (b * d) < V_s < 2.1 * \sqrt{f'c} * (b * d)$$

Entonces tenemos S_{max} es $d/4$

$$\text{Si } V_s < 1.1 * \sqrt{f'c} * (b * d)$$

Entonces tenemos S_{max} es $d/2$

Calculando:

$$\emptyset * 1.1 * \sqrt{f'c} * (b * d)$$

$$0.85 * 1.1 * \sqrt{210} * (40 * 75) = 40,684.31 \text{ kg}$$

$$1.1 * \sqrt{f'c} * (b * d)$$

$$2.1 * \sqrt{210} * (40 * 75) = 91,295.67 \text{ kg}$$

$$\text{Como } V_s = 39,929.38 < 40,684.31$$

Entonces tenemos S_{max} es $d/2$

$$S_{max} = \frac{d}{2} = \frac{75}{2} = 37.5 \text{ cm por criterio se usará } 0.30 \text{ m}$$

- **Cálculo de espaciamiento:**

Para su cálculo se utiliza la siguiente fórmula:

$$S = \frac{A_V * f_y * d}{V_s}$$

Utilizando refuerzo No. 3:

$$S = \frac{2 * 0.71 * 2810 * 75}{32455.21} = 8.0 \text{ cm}$$

$$S = 8 \text{ cm}$$

Para determinar la longitud que cubre el espaciamiento en los extremos se realiza de la siguiente manera:

$$\frac{V_{max}}{4} = \frac{V_{rc}}{x}$$

$$\frac{59,514.46}{4} = \frac{19,585.09}{x}$$

$$x = 1.32m$$

17 estribos No. 3 @ 8 cm y la parte restante No.3 @ 30 cm

Según especificaciones del ACI, el primer estribo debe de colocarse a S/2 y posteriormente colocarlos a un espaciamiento de S.

3.7.3 Diseño de la subestructura

Estará compuesta por lo elementos siguientes: cortina, viga de apoyo y estribos.

3.7.3.1 Diseño de la cortina

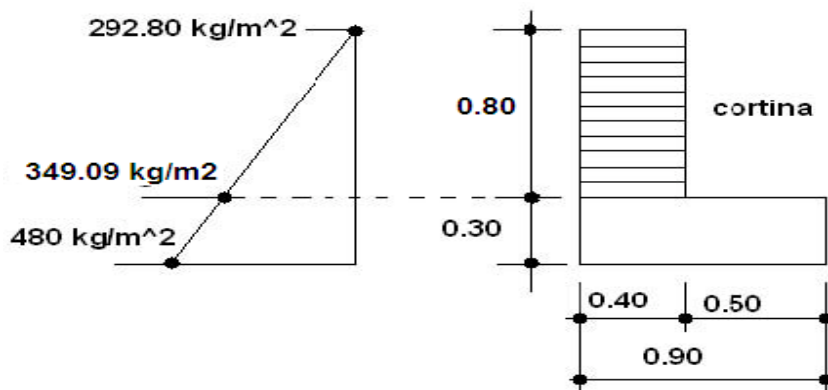
Esta sirve para detener el relleno en sentido longitudinal, se considera empotrada a la viga de apoyo y de alto depende de la viga principal del puente.

En ellas actúan las fuerzas de: empuje de la tierra (E), fuerza longitudinal (FL), y la fuerza de sismo (EQ), según AASHTO 1.2.22.

La estructura no debe diseñarse para menos de un equivalente líquido a 480kg/m³, según AASHTO 1.1.19.

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

Figura 26. Geometría de la cortina y viga de apoyo



3.7.3.1.1 Empuje de tierra

Se debe de incrementar la altura de relleno en 0.61 m.

$$E = 292.8 * 0.80 + 349.09 * \left(\frac{0.80}{2}\right) = 373.88 \text{ kg/m}$$

3.7.3.1.2 Fuerza longitudinal (FL)

Según AASHTO 1.2.13, la fuerza longitudinal será el 5% de la carga viva y su centro de gravedad a 1.8 sobre la superficie de rodadura.

$$C_v = 5\% * P_{15}$$

$$C_v = 0.05 * 15000 = 750 \text{ kg/m}$$

$$FL = \frac{C_v}{L}$$

$$FL = \frac{750}{1.8} = 417 \text{ kg}$$

$$b = 1.00 \text{ m}$$

3.7.3.1.3 Fuerza de sismo (EQ)

Según criterio de la sección de puentes de la Dirección General de Caminos de Guatemala, se utiliza el 8%. El punto de aplicación se localiza en el centro de gravedad, actuando horizontalmente.

3.7.3.1.4 Grupos de cargas

$$W_{cortina} = \gamma_{cr} * b * h$$

$$W_{cortina} = 2400 * 0.40 * 0.80$$

$$W_{cortina} = 768 \text{ kg/m}$$

$$EQ = 0.08 * 768 = 61.44 \text{ kg}$$

El punto de aplicación se localiza en $b = 1/2 * 1.00 = 0.50$ m al centro de gravedad.

Según AASHTO 1.2.22, para calcular el momento de diseño se utilizan los siguientes grupos de cargas.

Grupo I : esfuerzo 100% $M = E*b + FL*b$

Grupo III : esfuerzo 125% $M = E*b + FL*b$

Grupo VII : esfuerzo 133% $M = E*b + EQ*b$

Grupo I : esfuerzo 100%

$$M_I = \frac{1}{2} * 292.80 + \frac{1}{3} * 349.09$$

$$M_I = 262.76 \text{ kg} - m$$

Grupo III : esfuerzo 125%

$$M_{III} = 1.3 * (E + FL)$$

$$M_I = E = 262.76 \text{ kg} - m$$

$$FL = 417 * 1.00 = 417 \text{ kg} - m$$

$$M_{III} = 1.3 * (262.76 + 417) = 883.68 \text{ kg} - m$$

Grupo VII : esfuerzo 133%

$$M_{VII} = 1.3 * (E + EQ * b)$$

$$M_{VII} = 1.3 * (262.76 + 61.44 * 0.50) = 373.54 \text{ kg} - m$$

El grupo III es el momento máximo

$$M_{max} = 883.68 \text{ kg} - m$$

3.7.3.1.5 Cálculo del refuerzo

Datos:

$$M_{max} = 883.68 \text{ kg} - m$$

$$b = 40.0 \text{ cm}$$

$$d = 77.5 \text{ cm}$$

$$f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$$

$$fy = 2810 \text{ kg/cm}^2$$

$$As = \left[b * d - \sqrt{\left((b * d)^2 - \frac{(Mu * b)}{0.003825 * f'c} \right)} \right] * \frac{0.85 * f'c}{fy}$$

$$As = \left[\frac{40 * 77.5 - \sqrt{\left((40 * 77.5)^2 - \frac{(883.68 * 40)}{0.003825 * 210} \right)}}{0.85 * 210} \right]$$

Se obtiene:

$$As_r = 0.45 \text{ cm}^2$$

$$As_{min} = 15.56 \text{ cm}^2$$

$$As_{max} = 57.27 \text{ cm}^2$$

Como $As_{max} < As_{min}$, se utilizará $As_{min} = 15.56 \text{ cm}^2$

Se propone armado; 6 No. 6 y 2 No. 5

3.7.3.1.6 Refuerzo a corte

Grupo III

$$V = 1.3 * (E + FL)$$

$$V = 1.3 * (373.88 + 417) = 1028.14 \text{ kg}$$

Grupo VII

$$V = 1.3 * (E + EQ)$$

$$V = 1.3 * (373.88 + 61.44) = 565.92 \text{ kg}$$

La mayor de las cargas corresponde al grupo III.

$$V_{max} = 1028.14 \text{ kg}$$

$$V_{rc} = 0.85 * 0.53 * \sqrt{210} * 40 * 77.5$$

$$V_{rc} = 20,237.93 \text{ kg}$$

Debido a que $V_{rc} > V_{max}$, el concreto resiste

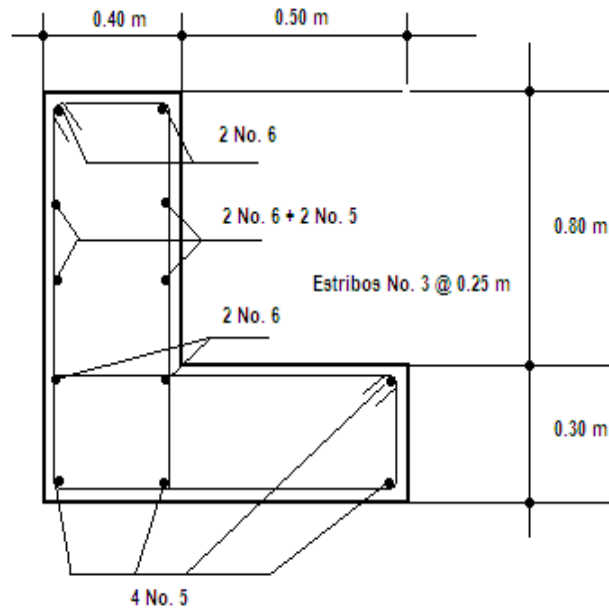
$$S_{max} = \frac{d}{2} = \frac{77.5}{2} = 38.75 \text{ cm, por criterio se usará varilla No. 3 @ 0.25 m}$$

Para el refuerzo transversal se colocan estribos de acero corrugado, a una distancia no menor de $h/2$.

$$S = \frac{h}{2} = \frac{30}{2} = 15 \text{ cm}$$

Proponiendo armado No. 3 @ 20cm

Figura 27. Esquema de armado de cortina y viga de apoyo



3.7.3.2 Diseño de asiento o base de neopreno

Es una especie de caucho, el cual permite una homogeneidad en la unión de la viga principal, con la viga de apoyo, permitiendo un equilibrio de esfuerzos, no es necesario colocar neopreno en toda la superficie de contacto de la viga de la superestructura con la viga de apoyo.

Se calcula de la siguiente manera:

$$A_p = \frac{P}{\phi * f_{rc}}$$

Donde:

A_p = Área de aplastamiento

P = Corte máximo

$$A_p = \frac{2 * 59,514.57}{0.71 * 210} = 798.31 \text{ cm}^2$$

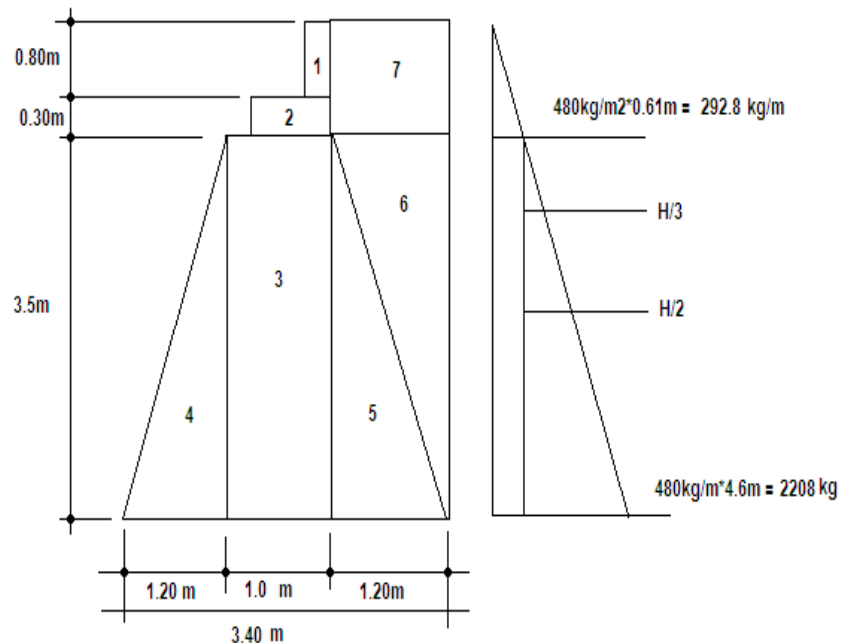
$$b = \sqrt{798.31} = 28.25 \text{ cm}$$

Utilizar una base de neopreno de 30 x 30 cms, con un espesor de $\frac{3}{4}$, dureza 60.

3.7.3.3 Diseño del estribo

En este caso el estribo a diseñar será de concreto ciclópeo, obteniendo con esto la ventaja de que su diseño es más simple, ya que consiste en asumir su sección y luego verificar tres condiciones: deslizamiento, volteo y presiones.

Figura 28. Geometría del estribo



3.7.3.3.1 Cálculo de momento de volteo

El momento de volteo es producto del empuje de la tierra sobre el estribo y se determina de la siguiente manera:

Sección I:

$$E = \text{Presión} * h$$

$$E = 292.8 * 4.6 = 1346.88 \text{ kg}$$

$$Bp = \frac{h}{2} = \frac{4.6}{2} = 2.3 \text{ m}$$

$$\text{Momento} = E * Bp$$

$$M = 1346.88 * 2.3 = 3097.82$$

Para la sección II se tiene:

Tabla VIII. Cálculo de empujes y momentos

Sección	Altura (m)	Presión	Empuje (Kg/m)	Brazo (m2)	Momento (Kg-m)
I	4.60	292.80	1346.88	2.30	3097.82
II	2.30	2208.00	5078.4	1.53	7786.88
E =		2500.80	6425.28	MV =	10884.704

3.7.3.3.2 Cálculo de estabilizante

Es producido por el peso de la estructura y el relleno.

Sección I:

$$A_1 = b * h$$

$$A_1 = 0.8 * 0.4 = 0.32 \text{ cm}^2$$

$$W = b * h * \gamma_{cr,cc,s}$$

$$W_1 = 0.40 * 0.80 * 2400 * 1.00 = 768 \text{ kg}$$

$$Bp_1 = 1.2 + 1.00 - \frac{0.40}{2} = 2.00 \text{ m}$$

$$\text{Momento} = W_1 * Bp_1$$

$$M = 768 * 2.00 = 1536 \text{ kg} - \text{m}$$

Tabla IX. Momentos estabilizantes

Sección	Peso E. (kg/m³)	Área (m²)	Peso (Kg/m)	Brazo (m)	Momento (Kg-m)
1	2400.00	0.32	768	2.00	1536
2	2400.00	0.27	648	1.75	1134
3	2700.00	3.5	9450	1.70	16065
4	2700.00	2.275	6142.5	0.80	4914
5	2700.00	2.275	6142.5	2.60	15970.5
6	1700.00	2.275	3867.5	3.00	11602.5
7	1700.00	1.43	2431	2.80	6806.8
			W = 29449.5	M.E. =	58028.8

kg-m

3.7.3.3.3 Revisión del muro sin superestructura

Las verificaciones se harán para un muro de contención por gravedad.

$$\text{volteo} = \frac{ME}{MV} > 1.5$$

$$\text{deslizamiento} = 0.5 * \frac{W}{E} > 1.5$$

$$P = \frac{W}{A} * \left[1 \pm \left(\frac{6 * e}{b} \right) \right] > 0 < V_s$$

En donde:

M = momento de volteo

ME = momento estabilizante

W = peso propio de la estructura

E = empuje

A = área = B*b

e = excentricidad = b/2

a = (ME – MV)/W

b = base

B = módulo de sección por metro lineal

P = presiones

- **Revisión de volteo**

$$v = \frac{ME}{MV} = \frac{58028.80}{10884.70} = 5.33 > 1.5$$

- **Revisión de deslizamiento**

$$d = 0.5 * \frac{W}{E} = 0.5 * \frac{29449.5}{6425.28} = 2.29 > 1.5$$

La estructura resistirá por si sola el volteo y el deslizamiento ya que ambos chequeos son mayores a 1.5

- **Revisión de presiones**

$$a = \frac{ME - MV}{W} = \frac{58028.80 - 10884.70}{29449.5} = 1.60 \text{ m}$$

3a>b; significa que no existen presiones negativas

3a = 4.8 m > 3.40 m si chequea.

$$e = \frac{b}{2} - a = \frac{3.4}{2} - 1.6 = 0.1 \text{ m}$$

$$P = \frac{29449.5}{3.4 * 1} * \left[1 \pm \left(\frac{6 * 0.1}{3.4} \right) \right]$$

P máxima = 10, 190.138 kg/m² < Vs (valor soporte del suelo), si chequea

P mínima = 7,133.10 kg/m² > no hay presiones negativas

3.7.3.3.4 Revisión del muro con superestructura y carga viva

Este chequeo se realiza para verificar si el muro resiste al agregarle el peso de las estructuras que deberá soportar.

- **Revisión de presiones**

La carga muerta y viva es la misma que se calculó para la viga de apoyo:

$$CM_u = CM * 1.4$$

$$CV_u = CV * 1.7$$

$$CM_u = 12,434.40 * 1.4 = 17,408.16 \text{ kg}$$

$$CV_u = 5432.32 * 1.7 = 9,234.95 \text{ kg}$$

$$CV + CM = 26,643.11 \text{ kg}$$

Brazo= 1.70 m (punto medio de la base)

$$ME_1 = (CM + CV) * brazo$$

$$ME_1 = (26,643.11) * 1.7$$

$$ME_1 = 45,293.29 \text{ kg} - m$$

$$ME_T = ME_1 + ME$$

$$ME_T = 45,293.29 + 58028.80 = 103,322.09 \text{ kg} - m$$

Revisión de presiones:

$$a = \frac{ME_T - MV}{(CM + CV) + WE} = \frac{103,322.09 - 10884.70}{26,643.11 + 29449.5} = 1.65 \text{ m}$$

$$e = \frac{b}{2} - a = \frac{3.4}{2} - 1.65 = 0.05 \text{ m}$$

$$P = \frac{WE + (CM + CV)}{A} * \left[1 \pm \left(\frac{6 * e}{b} \right) \right]$$

$$P = \frac{29449.5 + 26,643.11}{3.4 * 1} * \left[1 \pm \left(\frac{6 * 0.05}{3.4} \right) \right]$$

$$P_{m\acute{a}x} = \frac{29449.5 + 26,643.11}{3.4 * 1} * \left[1 + \left(\frac{6 * 0.05}{3.4} \right) \right]$$

$$P_{m\acute{a}x} = 17,953.52 \frac{kg^2}{m} < V_s, \text{ si chequea}$$

$$P_{m\acute{i}n} = \frac{29449.5 + 26,643.11}{3.4 * 1} * \left[1 - \left(\frac{6 * 0.05}{3.4} \right) \right]$$

$$P_{m\acute{i}n} = 15,042.14 \frac{kg^2}{m} > 0, \quad \text{si chequea}$$

Como la presión máxima es menor que la capacidad de soporte de suelo y la presión mínima es mayor que cero, el muro resistirá las presiones.

3.8 Presupuesto

En la integración de costos del puente vehicular del Arroyo Concordia se consideraron los siguientes aspectos:

1. Costos directos: la mano de obra calificada, no calificada, las prestaciones laborales aplicando un promedio de salarios que se pagan en la región.
2. Costos indirectos: la supervisión técnica, costos de administración y la utilidad.
3. Materiales: para el efecto se cotizaron de acuerdo al lugar y la fecha en la que se realizó el estudio.

Tabla X. Resumen de costos de puente vehicular

PUENTE VEHICULAR ARROYO CONCORDIA

No.	Renglón	Cantidad	U	Precio Unitario	Total	Cambio a \$
1	Trabajos preliminares	1	global	Q 14,564.35	Q 14,564.35	\$ 1,893.93
2	Estribos con alas	324	m ³	Q 1,024.50	Q 331,938.00	\$ 43,164.89
3	Viga de apoyo+ cortinas	12	ml	Q 1,132.45	Q 13,589.40	\$ 1,767.15
4	Vigas principales	33	ml	Q 1,788.90	Q 59,033.70	\$ 7,676.68
5	Diafragmas	12	ml	Q 635.70	Q 7,628.40	\$ 991.99
6	Losa de rodadura	50.6	m ²	Q 1,018.45	Q 51,533.57	\$ 6,701.37
7	Banqueta	22	ml	Q 724.60	Q 15,941.20	\$ 2,072.98
8	Barandal + drenaje	22	ml	Q 514.54	Q 11,319.88	\$ 1,472.03
				total	Q 505,548.50	\$ 65,741.03

Tipo de cambio utilizado: 1\$
americano a Q 7.69

3.9 Cronograma de ejecución

Cronograma de ejecución del puente vehicular del Arroyo Concordia, Caserío El Zapote, Sayaxché, Petén.

Tabla XI. Cronograma de ejecución de puente vehicular

TIEMPO EN SEMANAS	1 MES				2 MESES				3 MESES				4 MESES				5 MESES				6 MESES				7 MESES				AVANCE FÍSICO Y FINANCIERO		
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	%	COSTO	
Trabajos preliminares	■	■	■																									2.88090065	Q 14,564.35		
	\$ 1,893.93																														
Estribo con alas				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	65.6589823	Q 331,938.00	
	\$ 43,164.89																														
Viga de apoyo + cortina													■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	2.6880507	Q 13,589.40	
	\$ 1,767.15																														
Vigas principales																													11.6771586	Q 59,033.70	
	\$ 7,676.68																														
Diafragmas																													1.50893534	Q 7,628.40	
	\$ 991.99																														
Losa de rodadura																													10.1935957	Q 51,533.57	
	\$ 6,701.37																														
Banqueta																													3.1532484	Q 15,941.20	
	\$ 2,072.98																														
Barandal + drenaje																													2.23912839	Q 11,319.88	
	\$ 1,472.03																														
																													TOTAL	100	Q 505,548.50

3.9.1 Estudio inicial de impacto ambiental para puente vehicular

3.10.1 Impacto ambiental

La construcción de puentes, al igual que todas las actividades realizadas por el hombre en 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.

3.10.2 Principios de evaluación

De acuerdo con las leyes actuales, se pueden realizar dos tipos de estudios de impacto ambiental: impacto ambiental no significativo o evaluación rápida e impacto ambiental significativo o evaluación general.

3.10.2.1 Impacto ambiental no significativo

Es un estudio que se realizará por medio de una visita de observación al sitio propuesto, por parte de técnicos en la materia aprobados por el Ministerio de Ambiente y por cuenta del interesado, para determinar si la acción propuesta no afecta significativamente el ambiente. El criterio debe basarse en proyectos similares según tamaño, localización e indicadores que se crean pertinentes.

3.10.2.2 Impacto ambiental significativo

Estas evaluaciones se podrán desarrollar en dos fases:

Fase preliminar o de factibilidad que debe contar con:

- Datos de la persona interesada, individual o jurídica.

- Descripción del proyecto y escenario ambiental (natural, social y humano).
- Principales impactos y medidas de mitigación.
- Sistemas de disposición de desechos.
- Plan de contingencia.
- Plan de seguridad humana.
- Otros datos que se consideren necesarios.

Fase completa: generalmente, se aplica a proyectos con grandes impactos y debe ser un estudio, lo más completo posible que, además de lo establecido en la fase preliminar, deberá responder a las siguientes interrogantes.

- a. ¿Qué sucederá al medio ambiente como resultado de la ejecución del proyecto?
- b. ¿Cuál es el alcance de los cambios que sucedan?
- c. ¿Qué importancia tienen los cambios?
- d. ¿Qué puede hacerse para prevenirlos o mitigarlos?
- e. ¿Qué opciones o posibilidades son factibles?
- f. ¿Qué piensa la comunidad del proyecto?

Toda autorización derivada de un estudio de evaluación de impacto ambiental significativo, deberá garantizar su cumplimiento por parte de la persona interesada, individual o jurídica, por medio de una fianza que será determinada por el Ministerio de Ambiente.

3.10.3 Impactos y medidas de mitigación

Para la construcción de un puente, los impactos generados se consideran poco significativos por lo que se puede realizar una evaluación rápida. Esta evaluación debe contener información básica, establecer con suficiente nivel de detalle los impactos negativos previstos y sus medidas de mitigación propuestas con su respectivo costo.

3.10.4 Evaluación rápida

- **Información sobre el proyecto**

a) Nombre de la comunidad: Caserío El Zapote

b) Municipio: Sayaxché

c) Departamento: Petén

- **Tipo de proyecto**

Puente vehicular de una vía de concreto armado en camino rural.

- **Consideraciones especiales**

Consideraciones identificadas en oficina o durante visita de campo.

- **Consideraciones sobre áreas protegidas**

Las áreas que se encuentran incluidas dentro del Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas (SIGAP).

a. ¿Se ubica el proyecto dentro de un área protegida legalmente establecida?

no

b. Nombre del área protegida: no aplica.

c. Categoría de manejo del área protegida: no aplica.

d. Base legal de la declaratoria del área protegida: no aplica.

e. Ente administrador del área protegida: no aplica.

f. Ubicación del proyecto dentro de la zonificación del área protegida: no se encuentra dentro de zonas protegidas.

g. Por la ubicación del proyecto dentro de áreas del SIGAP: El proyecto no requiere un estudio de impacto ambiental.

- **Consideraciones sobre ecosistemas naturales**

a. ¿Cruza el proyecto un ecosistema terrestre natural? no

b. ¿Estado actual del ecosistema? no aplica.

- **Otras consideraciones**

Cruza el proyecto alguna de las siguientes zonas:

a. Zona de alto valor escénico: no

b. Área turística: no

c. Sitio ceremonial: no

d. Sitio arqueológico: no

e. Área de protección agrícola: no

f. Área de asentamiento humano: no

g. Área de producción forestal: no

h. Área de producción pecuaria: no

3.10.5 Recomendaciones de la evaluación, viabilidad ambiental del proyecto

Al observar los impactos generados, los no significativos y las medidas de mitigación requeridas se considera el proyecto ambientalmente viable, pues aún en costos, la mayoría están incluidos dentro de los renglones principales de trabajo. Se prevé que habrá impactos sociales de carácter positivo, al mejorar la comunicación entre las comunidades y su municipio. Se agregan también algunas recomendaciones específicas de las medidas:

- 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.
- 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.

3.11 Análisis económico

3.11.1 Valor presente neto (VPN)

Es una alternativa para toma de decisiones de inversión, lo cual permite determinar de ante mano si una inversión vale la pena o no, y no hacer así malas inversiones que provoquen en un futuro pérdidas, es muy utilizado por dos razones: la primera porque es de muy fácil aplicación y la segunda porque todos los ingresos y egresos futuros se transforman al presente y así puede verse fácilmente, si los ingresos son mayores que los egresos.

El valor presente neto puede desplegar tres posibles respuestas, las cuales pueden ser:

$$\text{VPN} < 0 \quad ; \quad \text{VPN} = 0 \quad ; \quad \text{VPN} > 0$$

Cuando el $\text{VPN} < 0$, y el resultado es una valor negativo muy grande alejado de cero, nos está alertando que el proyecto no es rentable. Cuando el $\text{VPN} = 0$ nos está indicando que exactamente se esta generando el porcentaje de utilidad que se desea, y cuando el $\text{VPN} > 0$, está indicando que la opción es rentable y que inclusive podría incrementarse el porcentaje de utilidad.

Las fórmulas del VPN son:

$$P = F \left[\frac{1}{(1+i)^n - 1} \right]$$

$$P = A \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right]$$

P = Valor de pago único en el valor inicial a la operación, o valor presente.

F = Valor de pago único al final del período de la operación, o valor de pago futuro.

A = Valor de pago uniforme en un período determinado o valor de pago constante o renta, de ingreso o egreso.

i = Tasa de interés de cobro por la operación, o tasa de utilidad por la inversión a una solución.

n = Período de tiempo que pretende la duración de la operación.

Los costos provenientes del sistema de transporte por carretera se comparan con los beneficios que un buen nivel de servicio pueda dar la inversión que se estimará. Tales beneficios pueden considerarse los siguientes:

- Seguridad Nacional
- Mejor distribución de ingresos
- Prestigio del país
- Facilitar la obtención de servicios básicos; como salud, educación, mejor calidad de vida.
- Desarrollar el comercio en la zona
- Mejorar el uso de la tierra
- Facilitar la llegada de insumos agrícolas.

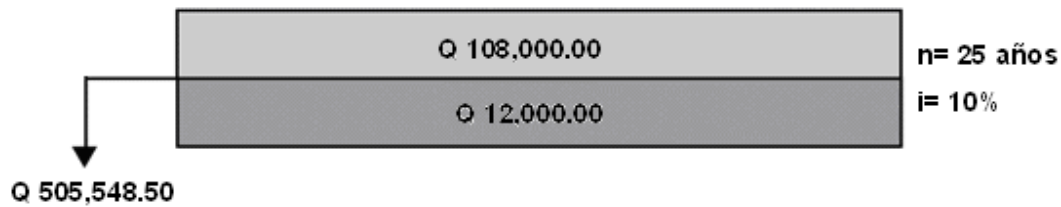
- Disminuir los costos de operación vehicular
- Estimular el desarrollo económico
- Ahorro en el tiempo de viaje de pasajeros y carga
- Disminuye los accidentes
- Mejor comodidad y conveniencia
- Integración Nacional más efectiva

Relación Costo-Beneficio

	Operación	Resultado
Costo inicial	Q 505,548.50	Q 505,548.50
Costos anuales de mantenimiento	(Q 1000 Q/mes)(12 mes)	Q 12,000.00
Ingresos anuales por beneficios de la red vial (Recuperación)		
- Desarrollo económico		
- Facilidad de llegada de Insumos agrícolas		
- Disminución de costos de Operación vehicular	(Q 9,000.00 mes) (12 mes)	Q 108,000.00
Vida útil, en años		25 años

Una forma de analizar este proyecto es situar en una línea de tiempo los ingresos y egresos y trasladarlos posteriormente al valor presente, utilizando una tasa de interés del 10%.

Figura 29. Gráfica de VPN



$$VPN = -Q505,548.50 - Q12,000.00(1 + 0.10)^{25} + Q108,000.00(1 + 0.10)^{25}$$

$$VPN = Q534,583.27$$

Como el Valor Presente Neto calculado es mayor que cero, lo más recomendable sería aceptar el proyecto, pero se debe tener en cuenta que este es solo el análisis matemático y que también existen otros factores que pueden influir en la decisión como el riesgo inherente al proyecto, el entorno social, político o a la misma naturaleza que circunda el proyecto, es por ello que la decisión debe tomarse con mucho tacto.

CONCLUSIONES

1. El diseño del tramo carretero y puente vehicular fueron diseñado exitosamente y tendrán costos de construcción de: El proyecto del tramo carretero tendrá un costo de US\$ 586,637.16, por lo cual tendrá un costo unitario por metro lineal de US\$ 99.46/ml. Y el proyecto del puente vehicular tendrá un costo de US\$ 65,741.03, por lo cual tendrá un costo unitario por metro cuadrado de US\$ 1,086.62/m². Los precios de los materiales fueron obtenidos de listados obtenidos en el mercado local.
2. Tanto el proyecto de diseño carretero, como el puente vehicular no genera ningún impacto negativo de consideración al medio ambiente, durante la operación de los mismos.
3. Que el movimiento de tierra es un cálculo fundamental para presupuestar un proyecto de carretera, ya que, los costos dependen de la cantidad de material a mover.
4. El proyecto de tramo carretero, beneficiará a la población del caserío el Zapote, en el traslado de productos agrícolas, y el de los propios pobladores. La falta de un tramo carretero ha ocasionado el poco desarrollo a dicha comunidad; por lo que la construcción de éste vendrá a elevar el nivel de vida de la población.
5. Para el diseño del proyecto de tramo carretero se usó una típica E, con ancho de rodadura de 5.50m; esto debido que era la que más se adecuaba física y económicamente al área donde se lleva acabo el proyecto, la cual es un área montañosa y de bajo volumen vehicular.

6. El puente vehicular se diseñó con estribos por gravedad de concreto ciclópeo, ya que era la opción más viable, tanto económica como funcionalmente, muros en voladizo o semi-gravedad aumentaban considerablemente el costo.
7. Los conteos vehiculares de tráfico inducido actualmente son bajos, pero se espera que con la construcción del camino éstos aumentarán, lo cual justifica la planificación del tramo carretero, a mediano plazo.
8. La única alternativa encontrada para el diseño de la carretera, luego del reconocimiento de campo y de varios trazos sobre el modelo fotogramétrico fue sobre terreno montañoso, el cual hizo que el costo de construcción estimado fuera alto.
9. Es muy importante la implementación de aletones para encausar la corriente del río que se atravesará, a modo de evitar que el agua tenga desvíos en la dirección de la corriente y que pueda perjudicar en la estabilidad de la estructura de apoyo provocada por la socavación que se pueda generar.

RECOMENDACIONES

1. Se sugiere que la Municipalidad realice una operación de mantenimiento al proyecto del tramo carretero en el caserío el Zapote, como mínimo a cada seis meses.
2. Que los proyectos se lleven a cabo de inmediato, pues los precios de mano de obra y materiales aumenta considerablemente.
3. Para obtener resultados excelentes en la ejecución de estos proyectos es importante que la Municipalidad de Sayaxché, garantice la supervisión técnica, por parte de un profesional de ingeniería civil, para la construcción de tan importantes obras y que sigan estrictamente las especificaciones técnicas para los dos proyectos descritos en los planos.
4. Para la construcción de la cimentación del puente es aconsejable realizarla durante época de estiaje, la cual esta comprendida entre los meses de noviembre 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.
5. Es muy importante que las municipalidades, promuevan programas de educación acerca de desastres como medida de mitigación de éstos.
6. Para la construcción y el paso de la carretera se hace indispensable el derecho de vía, por lo que se recomienda a la Municipalidad iniciar la concientización de las comunidades sobre el beneficio de la obra y la conveniencia de ceder el derecho de vía.

7. Las personas responsables de la ejecución de la obra, se deben de apegar a las especificaciones dadas, de lo contrario mermaría la seguridad y la funcionalidad de la obra.

BIBLIOGRAFÍA

1. American Association of State Highways and Transportation Officials (AASHTO). Standard Specifications for highways and bridges, 16a edición, Estados Unidos 1,996.
2. Baiza Santos Walter Oswaldo, Criterios para la proyección de carreteras adaptándose al paisaje y a la ecología del lugar. Tesis de graduación ingeniero civil, Facultad de ingeniería, USAC, Guatemala, 1998.
3. Cabrera Seis, Jadenon Vinicio. Guía teórica y práctica del curso de cimentaciones 1. Tesis Ing. Civil: Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1,994. 178 pp.
4. Canahui Portillo, Jepsse Marcelino. Proyecto carretero de Beleju, comunidad del municipio de Chicaman del departamento de el Quiche. Tesis de Ing. Civil, Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. Agosto de 1997.
5. Crespo Villalaz, Carlos. Mecánica de suelos y cimentaciones. 4a edición, México: Editorial Limusa, 1,999. 640 pp.
6. Dirección General de Caminos. Especificaciones generales para construcción de carreteras y puentes. Primera Edición. Litografía Guatemalteca, 2001.
7. Ernesto Salvador Guzmán Escobar; Diseño de Puentes; Tesis de Ing. Civil Guatemala 1997, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.

8. Escobar García Pablo Bernabé, Pavimentación de calles de la aldea la Ciénega, calles del sector Nueva Jerusalén y calles del caserío la comunidad, y construcción de drenajes aldea la Ciénega del municipio de San Raymundo Departamento de Guatemala. Trabajo de graduación ingeniero civil, Facultad de Ingeniería, USAC, Guatemala. 2005.
9. Fernández Motta Rodolfo Arturo, Diseño de carretera aldea el Rodeo-Plan Redondo, municipio San José la Arada, departamento Chiquimula. Trabajo de graduación ingeniero civil, Facultad de Ingeniería, USAC, Guatemala. 2006.
10. Frederick. Merritt. Manual del Ingeniero Civil, Editorial McGRAW-HILL, primera edición en español, México, 1983.
11. González Palacios Renato Eduardo, Diseño de tramo carretero Cefemero Choqui de la ciudad de Quetzaltenango. Trabajo de graduación ingeniero civil, Facultad de Ingeniería, USAC, Guatemala. 1995.
12. Marroquín Navarro Leonel Alfredo, Diseño de dos puentes: uno que comunica la cabecera municipal con el municipio de San Martín Jilotepeque; y el otro que comunica el centro de la aldea Simajuleu con el caserío Varituc del Carmen, municipio de San Juan Comalapa, Departamento de Chimaltenango. Trabajo de graduación ingeniero civil, Facultad de Ingeniería, USAC, Guatemala. 2005.
13. Nilson, Arthur H. Diseño de estructuras de concreto. 12ª edición, Colombia: McGraw–Hill Interamericana S.A., 2,001. 722 pp.

14. Sequen Esquite José Roberto, Diseño de tramo carretero de terracería caserío el Retiro hacia aldea Aroche y Diseño de Puente vehicular del barrio el Ilanito, Cuilapa, Santa Rosa. Trabajo de graduación ingeniero civil, Facultad de Ingeniería, USAC, Guatemala. 2006.

APÉNDICE

1 RESULTADOS DE ENSAYOS DE SUELOS EN EL LABORATORIO



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



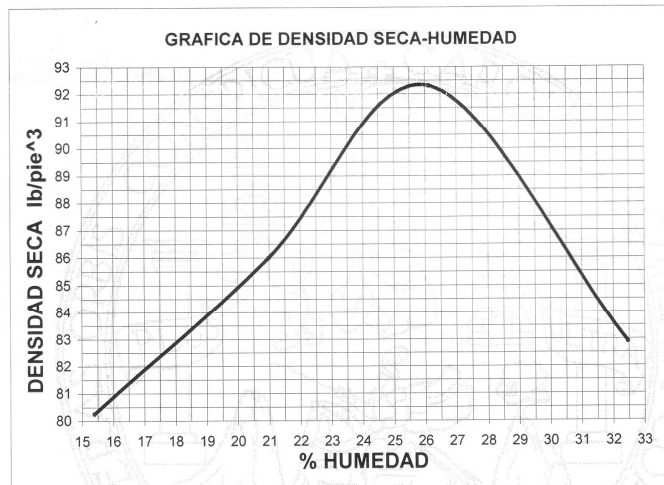
INFORME No. 550 S.S. O.T.: 22,432

Interesado: Manuel Salvador Bolaños del Villar
Asunto: ENSAYO DE COMPACTACIÓN.

Proctor Estándar: () Norma:
Proctor Modificado: (X) Norma: A.A.S.T.H.O. T-180

Proyecto: Trabajo de Graduación - EPS

Ubicación: Caserío El Zapote hacia Caserío Santa Isabel, Sayaxché, Petén.
Fecha: 28 de noviembre de 2007



Banco No. 1
Descripción del suelo: Limo arcilloso color café oscuro
Densidad seca máxima γ_d : 1479 Kg/m³ 92,3 lb/ft³
Humedad óptima Hop.: 26,1 %
Observaciones: Muestra tomada por el interesado

Atentamente,

Vo. Bo.:

Ing. Oswaldo Romeo Escobar Alvarez
DIRECTOR CII/USAC



Ing. Omar Enrique Meltrano Mendez
Jefe Sección Mecánica de Suelos



FACULTAD DE INGENIERIA -USAC
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo 2476-3992. Planta 2443-9500 Ext. 1502. FAX: 2476-3993
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



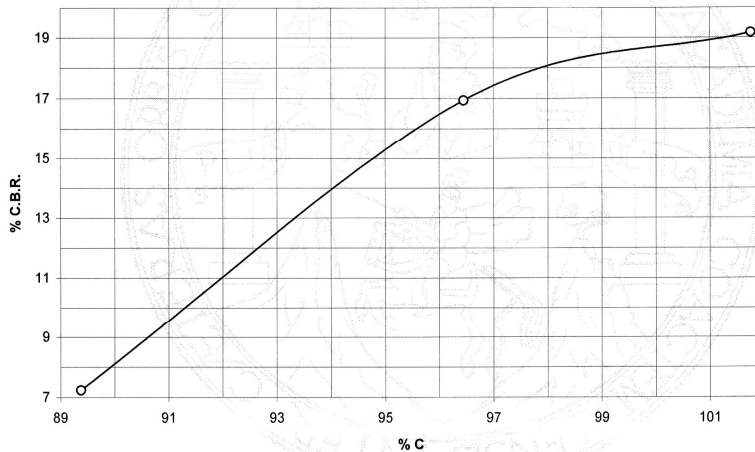
INFORME No.: 551 S.S. O.T.: 22,432

Interesado: Manuel Salvador Bolaños del Villar
 Asunto: Ensayo de Razón Soporte California (C.B.R.) Norma: A.A.S.H.T.O. T-193
 Proyecto: Trabajo de Graduación - EPS

Ubicación: Caserío El Zapote hacia Caserío Santa Isabel, Sayaxché, Petén.
 Descripción del suelo: Limo arcilloso color café oscuro
 Banco No.: 1
 Fecha: 28 de noviembre de 2007

PRÓBETA	GOLPES	A LA COMPACTACION		C	EXPANSION	C.B.R.
		H (%)	γ_d (Lb/pie ³)			
1	10	26,10	82,5	89,4	1,52	7,2
2	30	26,10	89,0	96,5	1,26	16,9
3	65	26,10	93,9	101,8	1,52	19,2

GRAFICA DE % C.B.R.-% DE COMPACTACION



Atentamente,

Vo. Bo.:

Ing. Oswaldo Romeo Escobar Alvarez
 DIRECTOR CI/USAC

Ing. Omar Enrique Medrano Mendez
 Jefe Sección Mecánica de Suelos



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



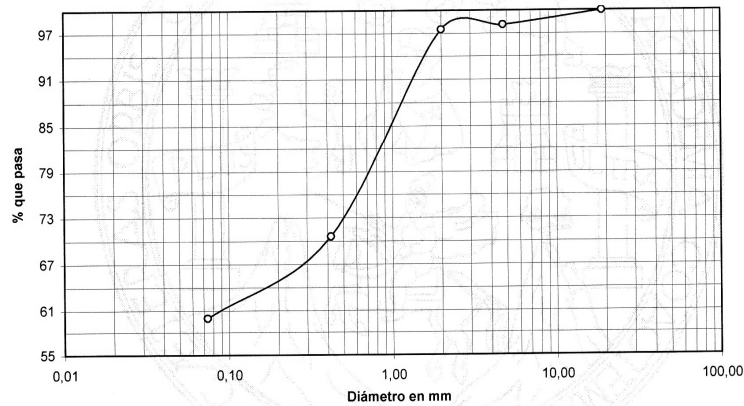
INFORME No. 552 S.S. O.T.: 22,432

Interesado: Manuel Salvador Bolaños del Villar
 Tipo de Ensayo: Análisis Granulométrico, con tamices y lavado previo.
 Norma: A.A.S.H.T.O. T-27, T-11
 Proyecto: Trabajo de Graduación - EPS

Procedencia: Caserío El Zapote hacia Caserío Santa Isabel, Sayaxché, Petén.
 Fecha: 28 de noviembre de 2007
 Banco No. 1

Tamiz	Abertura (mm)	% que pasa
2"	50,8	100,00
3/4"	19,00	100,00
4	4,76	98,10
10	2,00	97,50
40	0,42	70,58
200	0,074	60,00

% de Grava: 1,90
 % de Arena: 38,10
 % de Finos: 60,00



Descripción del suelo: Limo arcilloso color café claro
 Clasificación: S.C.U.: ML P.R.A.: A-4
 Observaciones: Muestra tomada por el interesado

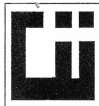
Atentamente,

Vo. Bo.
 Ing. Oswaldo Romeo Escobar Álvarez
 DIRECTOR-CII/USAC



Omar E. Medraño Méndez
 Ing. Omar Enrique Medraño Méndez
 Jefe Sección Mecánica de Suelos

FACULTAD DE INGENIERIA -USAC
 Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
 Teléfono directo 2476-3992. Planta 2443-9500 Ext. 1502. FAX: 2476-3993
 Página web: <http://cii.usac.edu.gt>



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



INFORME No. 553 S S O.T.: 22,432

Interesado: Manuel Salvador Bolaños del Villar
Proyecto: Trabajo de Graduación - EPS

Asunto: ENSAYO DE LIMITES DE ATTERBERG
Norma: AASHTO T-89 Y T-90

Banco No: 1
Ubicación: Caserío El Zapote hacia Caserío Santa Isabel, Sayaxché, Petén.

FECHA: 28 de noviembre de 2007

RESULTADOS:

ENSAYO No.	MUESTRA No.	L.L. (%)	I.P. (%)	C.S.U. *	DESCRIPCION DEL SUELO
1	1	34,6	4,2	ML	Limo arcilloso color café oscuro

(*) C.S.U. = CLASIFICACION SISTEMA UNIFICADO

Observaciones: Muestra tomada por el interesado

Atentamente,

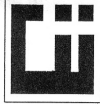
Vo. Bo.

Ing. Oswaldo Remed Escobar Álvarez
DIRECTOR CI/USAC



Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos





ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL, DIAGRAMA DE MOHR

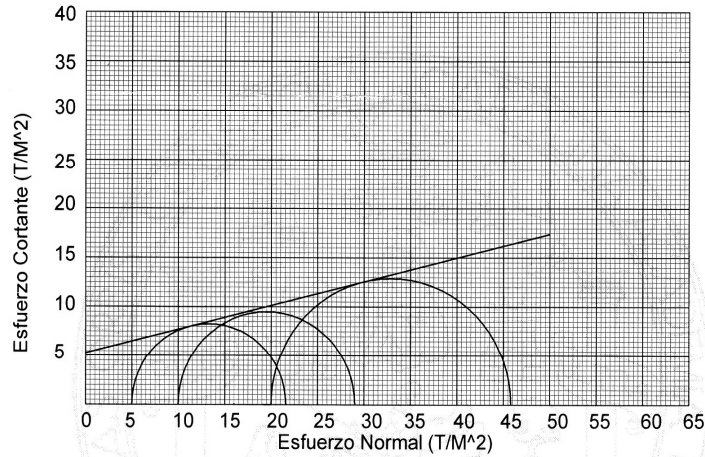
INFORME No.: 554 S.S. O.T.No.: 22,432

INTERESADO: Manuel Salvador Bolaños del Villar

PROYECTO: Trabajo de Graduación - EPS

UBICACION: Caserío El Zapote hacia Caserío Santa Isabel, Sayaxché, Petén.

pozo: 1 Profundidad: 4,50 m FECHA: . 28 de noviembre de 2007



PARAMETROS DE CORTE:

ANGULO DE FRICCION INTERNA : $\phi = 15,23^\circ$ COHESIÓN: $C_u = 5,30 \text{ T/m}^2$

TIPO DE ENSAYO: No consolidado y no drenado.

DESCRIPCION DEL SUELO: Arcilla color café claro con partículas de grava

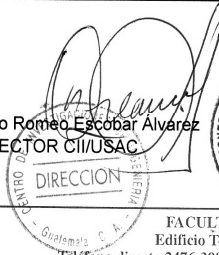
DIMENSION Y TIPO DE LA PROBETA: 2.5" X 5.0"

OBSERVACIONES: Muestra proporcionada por el interesado.

PROBETA No.	1	1	1
PRESION LATERAL (T/m ²)	5	10	20
DESVIADOR EN ROTURA q(T/m ²)	16,06	19,00	25,70
PRESION INTERSTICIAL u(T/m ²)	x	x	x
DEFORMACION EN ROTURA Er (%)	2,0	3,0	4,5
DENSIDAD SECA (T/m ³)	1,93	1,93	1,93
DENSIDAD HUMEDA (T/m ³)	2,30	2,30	2,30
HUMEDAD (%H)	19,6	19,6	19,6

Vo. Bo.

Ing. Oswaldo Romeo Escobar Álvarez
DIRECTOR CII/USAC



Atentamente,

Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos



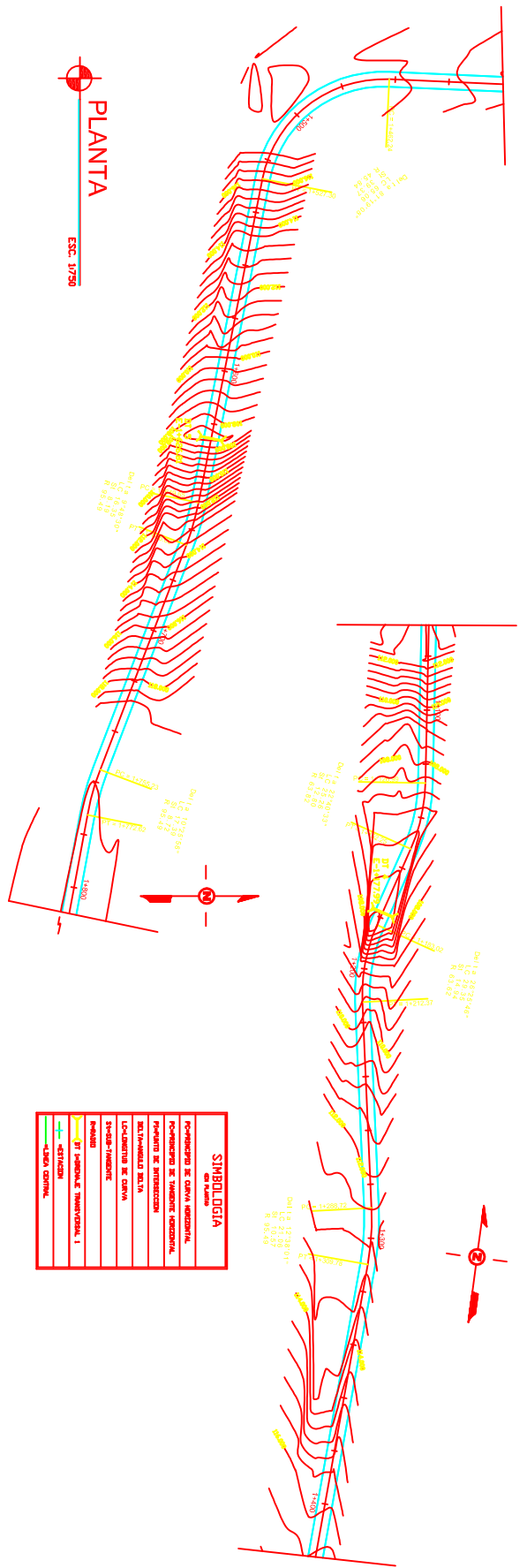
FACULTAD DE INGENIERIA -USAC

Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12

Teléfono directo 2476-3992. Planta 2443-9500 Ext. 1502. FAX: 2476-3993

Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

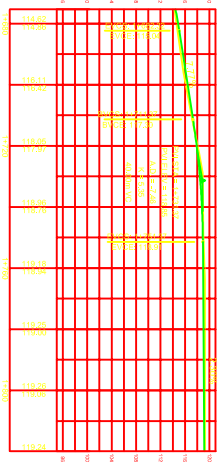
2 PLANOS



PLANTA
ESC. 1/750



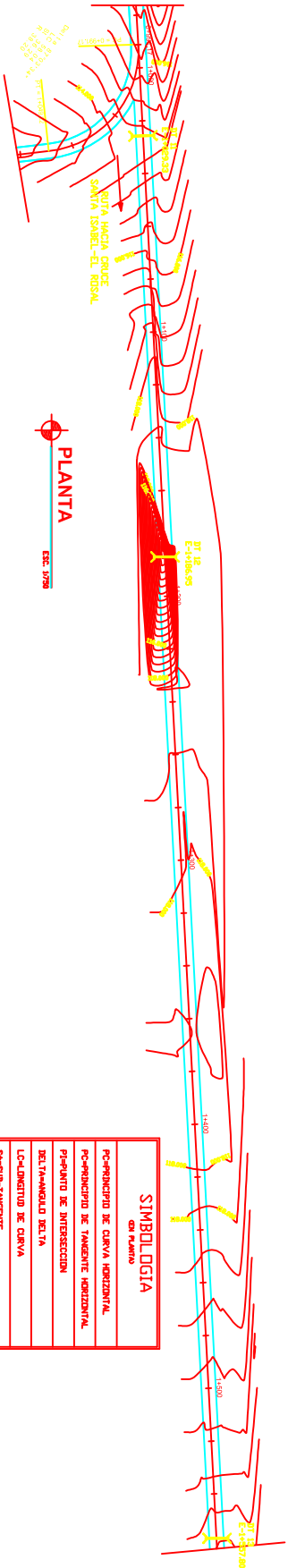
PERFIL LONGITUDINAL
ESC. 1/250
VER. 1/275



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
E INGENIERIA DE TRANSPORTACION

INSTITUCION: UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CARRERA: INGENIERIA DE TRANSPORTACION
MATERIA: DISEÑO DE CARRETERAS
AUTOR: ALVARO A. GONZALEZ
FECHA: 2023

34

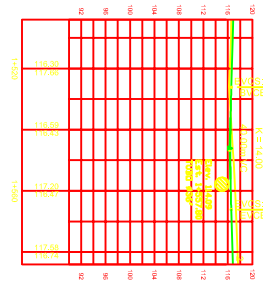


PLANTA
ESC. 1/200


SIMBOLOGIA	
CON PLANO	
PC-PRINCIPIO DE CURVA HORIZONTAL	
PT-PRINCIPIO DE TANGENTE HORIZONTAL	
PI-PIUNTO DE INTERSECCION	
DELTA/ANGULO DELTA	
LC-LONGITUD DE CURVA	
S+SQ+P-TANGENTE	
Radio	
OT-TANGENTE TRANSVERSAL 1	
ESTACION	
LINEA CENTRAL	



PERFIL LONGITUDINAL
ESC. 1/20, 1/50
ESC. V.C. 1/200

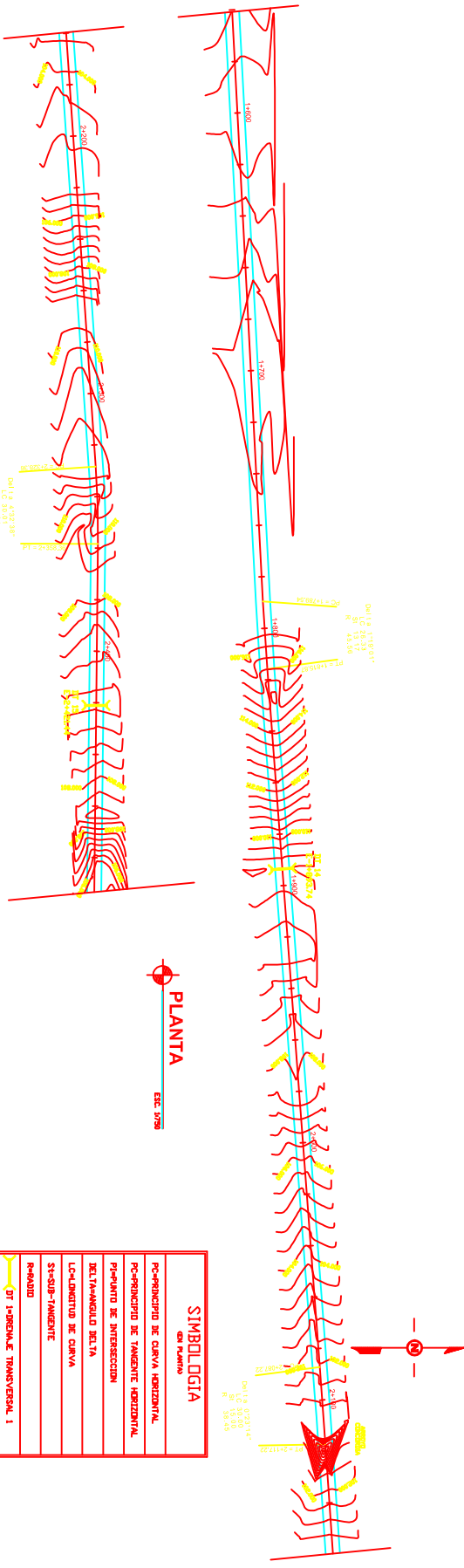


SIMBOLOGIA	
CON PERFIL	
PI-PIUNTO DE INTERSECCION VERTICAL	
IVC-PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL	
EVC-PRINCIPIO DE TANGENTE VERTICAL	
DELTA/ANGULO DELTA	
VCL-LONGITUD DE CURVA VERTICAL EN C/O	
K=CONSTANTE DE VEREBILIDAD PARABOL	
CT-COTA DE TERRENO	
OT-TANGENTE TRANSVERSAL	
PIUNTO DE INTERSECCION VERTICAL	
COTA DE TERRENO	
LINEA DE DISEÑO	



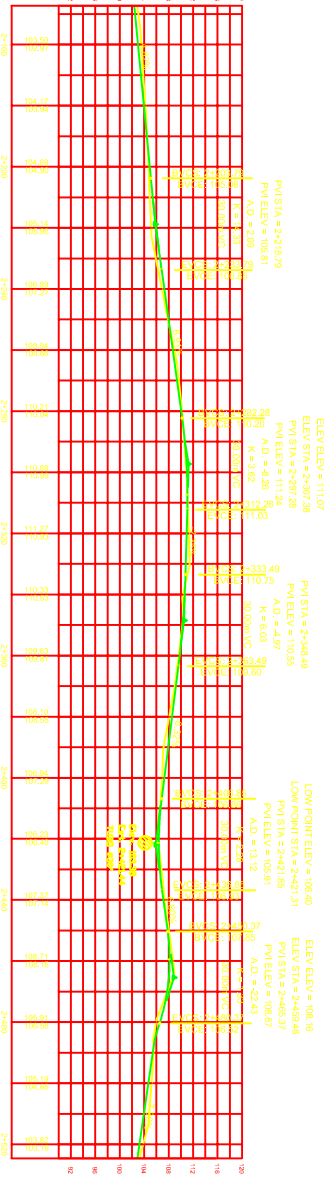
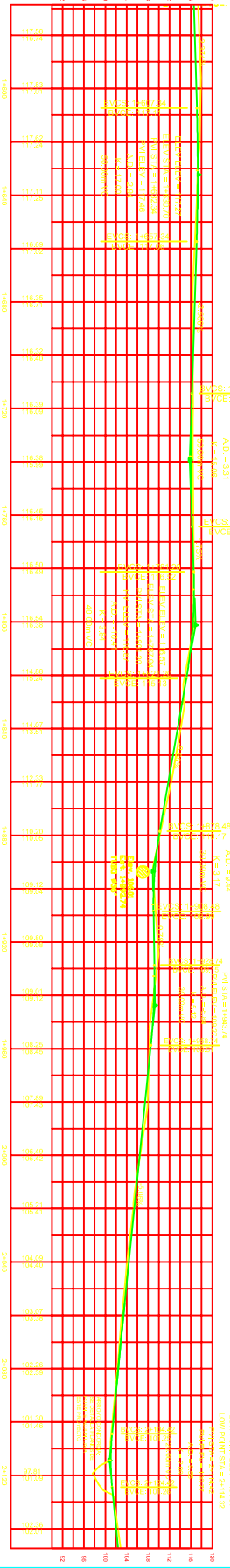
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
E INGENIERIA DE ENCAMARQUE DEPARTAMENTO DE PTECN

INSTITUCION: TOPOGRAFIA Y DISEÑO DE OBRAS DE INGENIERIA DE SAN CARLOS DE GUATEMALA AREA: ALUMNOS DE GRUPO COMPROBADO POR: PLANILLA PERIFERICA NOMBRE DEL ALUMNO: BRUNO GONZALEZ VILLAS CARRERA: INGENIERIA DE ENCAMARQUE GRUPO: 14 FECHA: 14/04/2018	INSTITUCION: TOPOGRAFIA Y DISEÑO DE OBRAS DE INGENIERIA DE SAN CARLOS DE GUATEMALA AREA: ALUMNOS DE GRUPO COMPROBADO POR: PLANILLA PERIFERICA NOMBRE DEL ALUMNO: BRUNO GONZALEZ VILLAS CARRERA: INGENIERIA DE ENCAMARQUE GRUPO: 14 FECHA: 14/04/2018
--	--



PLANTA
ESC. 1/750

SIMBOLÓGICA del Plano	
	PC-PRINCIPIO DE CURVA HORIZONTAL
	PT-PRINCIPIO DE TANGENTE HORIZONTAL
	PI-PUNTO DE INTERSECCION
	BETA=ANGULO BETA
	LC=LONGITUD DE CURVA
	ST=SUB-TANGENTE
	R=RAIDIO
	DT=1=ORDENAL E TRANSVERSAL, 1
	+ ESTACION
	+ LINEA CENTRAL



SIMBOLÓGICA del Perfil	
	PI-PUNTO DE INTERSECCION VERTICAL
	BVC-PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL
	EVC-PRINCIPIO DE TANGENTE VERTICAL
	ELEV=ELEVACION
	VC=LONGITUD DE CURVA VERTICAL EN C/O
	CT=CONSTANTE DE VISIBILIDAD PARADA
	+ORDENAL TRANSVERSAL
	+PUNTO DE INTERSECCION VERTICAL
	-COTA DE TERRENO
	+LINEA DE MISURA

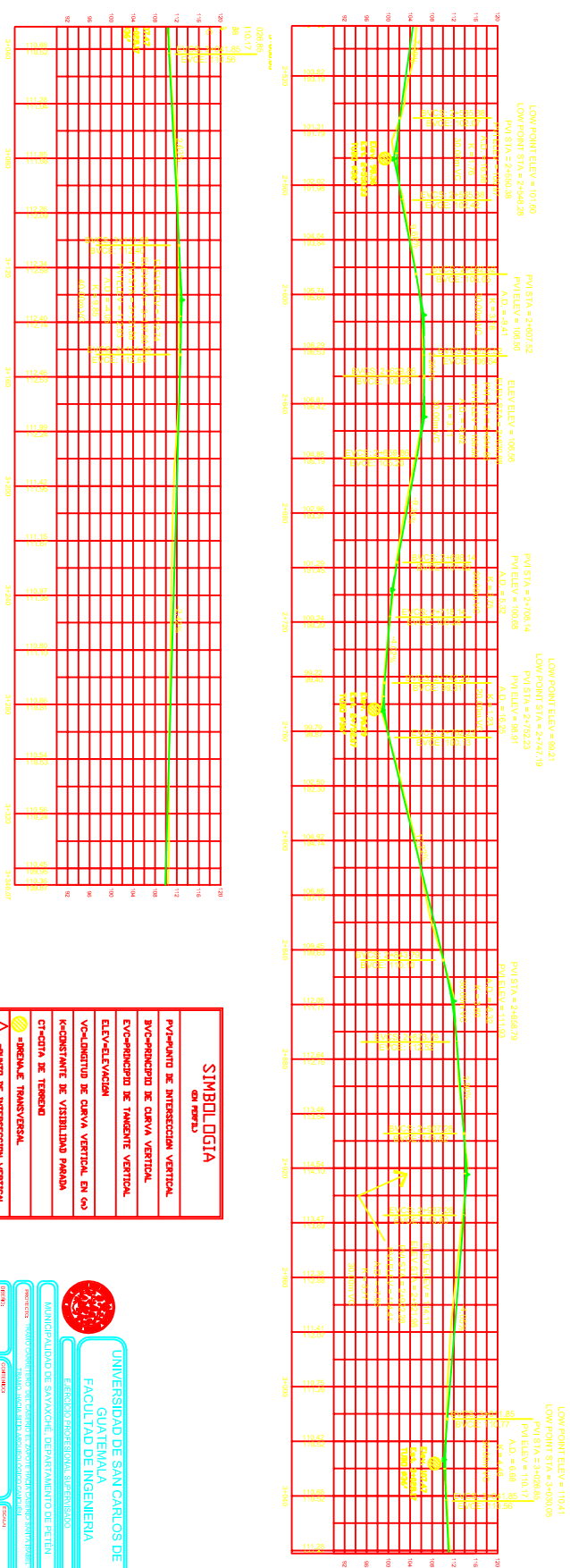
PERFIL LONGITUDINAL
ESC. 1/500 1/750

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
E INGENIERIA DE SISTEMAS DE TRANSPORTACION

INFORMACION GENERAL DEL PROYECTO: PLANETA - PERELA
CALLE 12, ZONA 13, GUATEMALA

FECHA: ABRIL DE 2008

PROYECTO: 74



PERFIL LONGITUDINAL

ESC. 1:500
VER. 1075

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
E INGENIERIA DE TRANSPORTACION

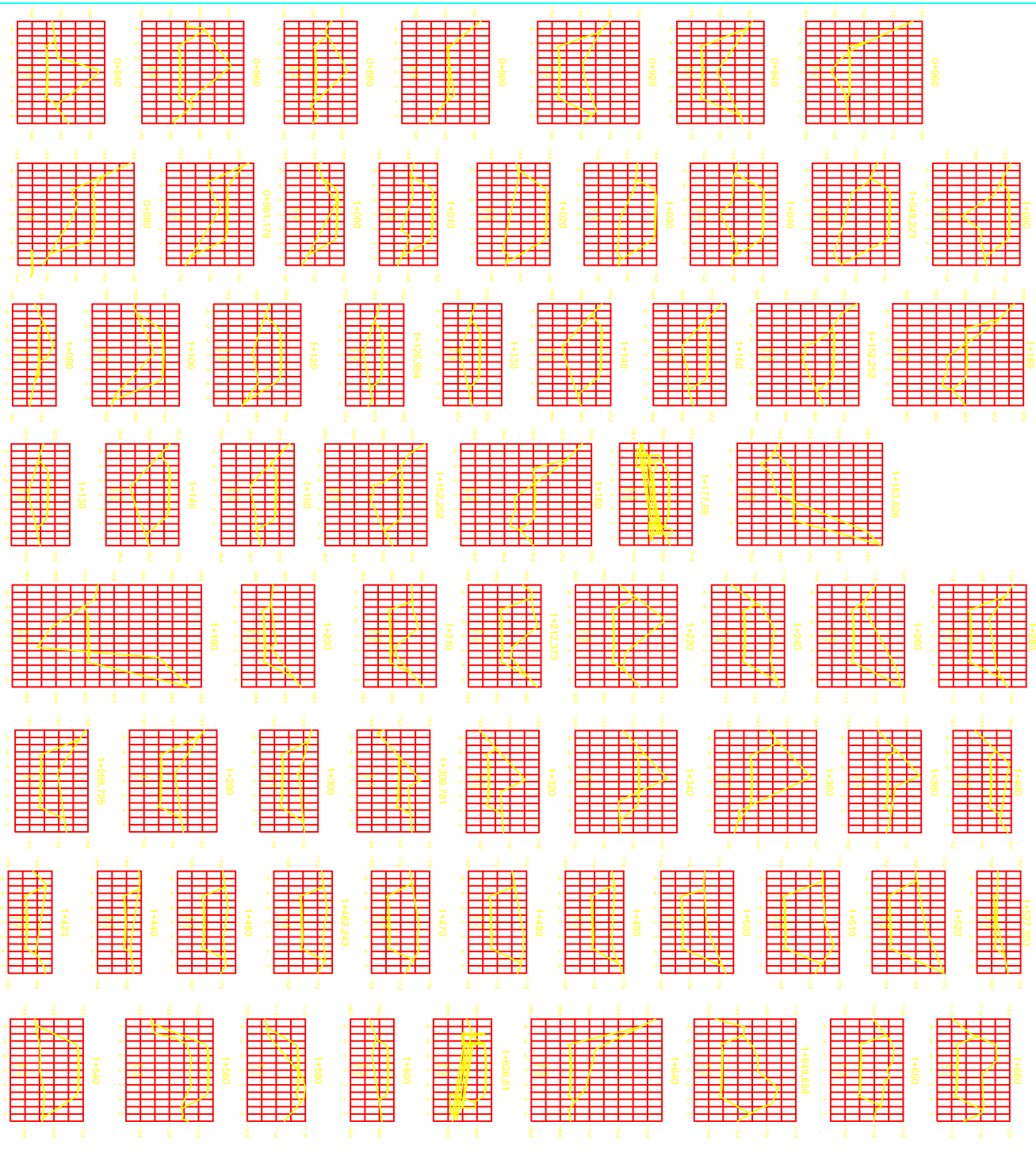
INFORME DE PROYECTO DE INGENIERIA DE TRANSPORTACION
TITULO: "DISEÑO DE LA CARRETERA DE ENLACE ENTRE LA CARRETERA NACIONAL PRIMARIA Y LA CARRETERA LOCAL EN EL CANTON DE SANTA ISABEL, DEPARTAMENTO DE SAN CARLOS"


GRUPO: 8/4

FECHA: 02 DE ABRIL DE 2008

PROFESOR: M.S. B.D.V. DR. JOSE ANTONIO GONZALEZ

ALUMNOS: M.S. B.D.V. DR. JOSE ANTONIO GONZALEZ

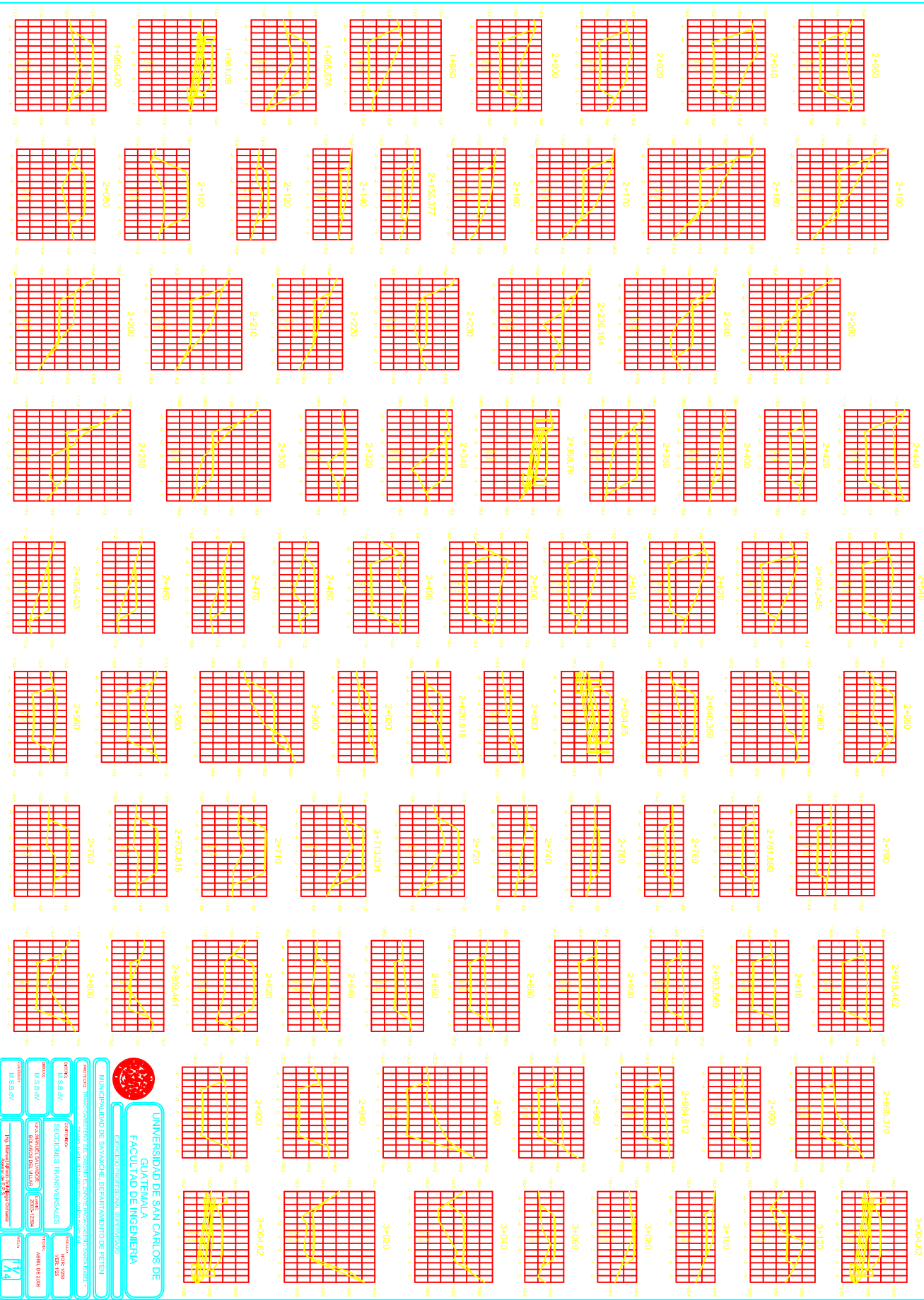




UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FAACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA EN SISTEMAS DE TELECOMUNICACIONES

171

<p>INFORMACION GENERAL</p> <p>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA</p> <p>FAACULTAD DE INGENIERIA</p> <p>ESCUELA DE INGENIERIA EN SISTEMAS DE TELECOMUNICACIONES</p>	<p>INFORMACION DE LA ASIGNATURA</p> <p>INFORMACION DE LA ASIGNATURA</p> <p>INFORMACION DE LA ASIGNATURA</p> <p>INFORMACION DE LA ASIGNATURA</p>	<p>INFORMACION DE LA ASIGNATURA</p> <p>INFORMACION DE LA ASIGNATURA</p> <p>INFORMACION DE LA ASIGNATURA</p> <p>INFORMACION DE LA ASIGNATURA</p>	<p>INFORMACION DE LA ASIGNATURA</p> <p>INFORMACION DE LA ASIGNATURA</p> <p>INFORMACION DE LA ASIGNATURA</p> <p>INFORMACION DE LA ASIGNATURA</p>
--	---	---	---



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA EN SISTEMAS DE COMPUTACION

<p>INFORMACION GENERAL</p> <p>INSTITUTO TECNOLÓGICO DE GUATEMALA</p> <p>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA</p>	<p>INFORMACION GENERAL</p> <p>INSTITUTO TECNOLÓGICO DE GUATEMALA</p> <p>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA</p>	<p>INFORMACION GENERAL</p> <p>INSTITUTO TECNOLÓGICO DE GUATEMALA</p> <p>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA</p>	<p>INFORMACION GENERAL</p> <p>INSTITUTO TECNOLÓGICO DE GUATEMALA</p> <p>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA</p>
--	--	--	--

