



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

**“ESTUDIO Y DISEÑO DE MEJORAMIENTO Y PAVIMENTACIÓN DE
CARRETERA QUE COMUNICA EL CASERÍO PRIMERA JOYA CON LA
ALDEA PLAN GRANDE, PALENCIA, GUATEMALA”**

César Enrique González Ixcolin

Asesorado por el Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta

Guatemala, agosto de 2008

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESTUDIO Y DISEÑO DE MEJORAMIENTO Y PAVIMENTACIÓN DE
CARRETERA QUE COMUNICA EL CASERÍO PRIMERA JOYA CON LA
ALDEA PLAN GRANDE, PALENCIA, GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

CÉSAR ENRIQUE GONZÁLEZ IXCOLIN

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	Ing. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Herbert René Miranda Barrios
EXAMINADOR	Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta
EXAMINADOR	Ing. Mario Arriola Avila
EXAMINADOR	Ing. Eduardo Ramírez Saravia
SECRETARIA	Inga. Gilda Marina Castellanos de Illescas

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:

**“ESTUDIO Y DISEÑO DE MEJORAMIENTO Y PAVIMENTACIÓN DE
CARRETERA QUE COMUNICA EL CASERÍO PRIMERA JOYA CON LA
ALDEA PLAN GRANDE, PALENCIA, GUATEMALA”,**

tema que me fuera aprobado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 31 de agosto de 2005.

César Enrique González Ixcolín

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

UNIDAD DE EPS

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

Guatemala, 13 de febrero de 2008
Ref. EPS. D. 131.02.08

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, **CÉSAR ENRIQUE GONZÁLEZ IXCOLÍN**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **“ESTUDIO Y DISEÑO DE MEJORAMIENTO Y PAVIMENTACIÓN DE CARRETERA QUE COMUNICA EL CASERÍO PRIMERA JOYA CON LA ALDEA PLAN GRANDE, PALENCIA, GUATEMALA”**.

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 **Palencia**.

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

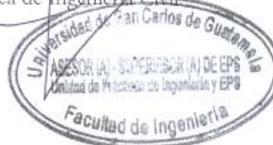
Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”


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

MAAO /jm



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA
UNIDAD DE EPS

Guatemala, 13 de febrero de 2008
Ref. EPS. D. 131.02.08

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 **"ESTUDIO Y DISEÑO DE MEJORAMIENTO Y PAVIMENTACIÓN DE CARRETERA QUE COMUNICA EL CASERÍO PRIMERA JOYA CON LA ALDEA PLAN GRANDE, PALENCIA, GUATEMALA"** que fue desarrollado por el estudiante universitario **CÉSAR ENRIQUE GONZÁLEZ IXCOLÍN**, 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
Directora Unidad de EPS

NISZ/jm



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



Guatemala,
5 de mayo de 2008

FACULTAD DE INGENIERIA

Ingeniero
Fernando Amilcar Boiton Velásquez
Director Escuela Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos

Estimado Ingeniero Boiton.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **ESTUDIO Y DISEÑO DE MEJORAMIENTO Y PAVIMENTACIÓN DE CARRETERA QUE COMUNICA EL CASERÍO PRIMERA JOYA CON LA ALDEA PLAN GRANDE, PALENCIA, GUATEMALA**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil César Enrique González Ixcolín, quien contó con la asesoría del Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
TRANSPORTES
USAC

Ing. Armando Fuentes Roca
Revisor por el Área de Topografía y Transporte

/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 César Enrique González Ixcolin, titulado ESTUDIO Y DISEÑO DE MEJORAMIENTO Y PAVIMENTACIÓN DE CARRETERA QUE COMUNICA EL CASERÍO PRIMERA JOYA CON LA ALDEA PLAN GRANDE, PALENCIA, GUATEMALA, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

Ing. Sydney Alexander Samuels Milson



Guatemala, agosto 2008.

/bbdeb.

ACTO QUE DEDICO A:

- DIOS** Por mantenerme en su camino, darme sabiduría, fé y porque siempre está conmigo en los momentos más difíciles de mi vida.
- MIS PADRES** **Felix González y Rosa de González**, por todo su amor, comprensión, paciencia, apoyo moral y económico, que me permitieron alcanzar ésta meta. Por el apoyo fundamental en mis estudios y en mi vida.
- MI ESPOSA** **Nuria Karina Mendoza**, por su amor y por apoyarme para finalizar mis estudios.
- MIS HIJOS** **Wendy Pamela y Andrés Sebastián**, por ser la inspiración en mi vida, por su amor y por ser la fuerza en la que me apoyo.
- MIS HERMANOS** **Mynor Francisco, Brenda Samara y Edwin Oswaldo**, por todos sus consejos y apoyo incondicional a lo largo de toda mi vida.
- MIS ABUELOS** **Lucas, Isabel, Pedro (Q.D.E.) y Florencia**, por sus bendiciones y cariño.
- MIS TÍOS** Por sus sabios consejos en los momentos difíciles.
- MIS AMIGOS** Por compartir alegrías y tristezas, gracias por acompañarme en éste logro.

AGRADECIMIENTOS A:

Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta, por su valiosa colaboración en la asesoría revisión y corrección del presente trabajo de graduación.

Municipalidad de Palencia y el Caserío Primera Joya, por su colaboración al permitir desarrollar mi trabajo de graduación en su localidad.

Facultad de Ingeniería, por haber participado durante toda mi formación académica.

Universidad de San Carlos de Guatemala, por haberme albergado todos estos años en tan prestigiosa casa de estudios.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	IX
LISTA DE ABREVIATURAS.....	XI
GLOSARIO.....	XIII
RESUMEN.....	XVII
OBJETIVOS.....	XIX
INTRODUCCIÓN.....	XXI

1. MONOGRAFÍA DEL LUGAR

1.1 Aspectos físicos.....	1
1.1.1 Ubicación geográfica.....	2
1.1.2 Aspectos climatológicos.....	5
1.1.3 Colindancias.....	5
1.1.4 Topografía.....	5
1.2 Demografía y situación social.....	5
1.2.1 Población.....	5
1.2.2 Tipo de vivienda.....	6
1.2.3 Vías de acceso.....	6
1.3 Servicios.....	6
1.3.1 Educación.....	7
1.3.2 Drenajes.....	7
1.3.3 Agua potable.....	8
1.3.4 Salud.....	8
1.3.5 Transporte.....	8
1.3.6 Electricidad.....	9

1.4 Actividad económica.....	9
1.4.1 Comercio.....	9
1.4.2 Producción.....	9
1.4.3 Industria y agroindustria.....	10

2. SERVICIOS TÉCNICOS PROFESIONALES

2.1 Datos preliminares.....	11
2.1.1 Levantamiento topográfico.....	12
2.1.1.1 Planimetría.....	12
2.1.1.2 Altimetría.....	13
2.1.2 Levantamiento de secciones transversales.....	13
2.1.3 Cálculo topográfico.....	14
2.2 Cálculo topográfico de camino.....	14
2.2.1 Cálculo planimétrico.....	14
2.2.2 Cálculo altimétrico.....	15
2.2.3 Cálculo de curvas de nivel.....	16
2.3 Diseño de carretera.....	17
2.3.1 Cálculo de elementos de curva horizontal.....	19
2.3.1.1 Alineación horizontal.....	20
2.3.1.2 Trazo de curva horizontal.....	21
2.3.1.3 Grado máximo de curvatura.....	22
2.3.1.4 Longitud mínima.....	23
2.3.1.5 Longitud máxima.....	24
2.3.1.6 Distancia de visibilidad de parada.....	24
2.3.1.7 Tangente.....	25
2.3.1.8 Procedimiento de cálculo de curva horizontal.....	26
2.3.2 Cálculo de elementos de curva vertical.....	26
2.3.2.1 Alineamiento vertical.....	27
2.3.2.2 Diseño de curvas verticales.....	28

2.3.2.3	Visibilidad de parada.....	28
2.3.2.4	Cálculo de curvas verticales.....	31
2.3.2.5	Tangente.....	31
2.3.2.6	Procedimiento de cálculo de curva vertical.....	32
2.4	Movimiento de Tierra.....	33
2.4.1	Diseño de sub-rasante.....	33
2.4.2	Cálculo de áreas de secciones transversales.....	35
2.4.3	Cálculo de volúmenes.....	37
2.5	Definición y objetivos de un pavimento.....	40
2.5.1.	Capas que componen el pavimento.....	42
2.5.1.1	Terreno de fundación.....	42
2.5.1.2	Sub-rasante.....	43
2.5.1.3	Sub-base.....	44
2.5.1.4	Base.....	44
2.5.2	Análisis y determinación del volumen de tránsito.....	45
2.5.2.1	Volumen de tránsito.....	45
2.5.2.1.1	Conteos manuales.....	46
2.5.2.1.2	Conteos mecánicos.....	46
2.5.2.2	Especificaciones para los ejes de camiones.....	49
2.5.2.3	Carga máxima utilizada en Guatemala.....	49
2.5.2.4	Clasificación de tránsito.....	50
2.5.2.4.1	Tránsito liviano.....	50
2.5.2.4.2	Tránsito mediano o medio.....	50
2.5.2.4.3	Tránsito pesado.....	51
2.5.3	Pavimento rígido.....	51
2.5.3.1	El cemento Pórtland.....	51
2.5.3.2	Pavimento de concreto de cemento Pórtland.....	52
2.5.3.2.1	Requisitos para los materiales del concreto.....	52

2.5.3.2.2	Calidad del concreto.....	54
2.5.3.2.3	Clases de mezcla.....	55
2.6	Diseño de pavimento.....	58
2.6.1	Datos preliminares.....	58
2.6.1.1	Ensayos para clasificación de los suelos.....	58
2.6.1.1.1	Análisis granulométrico.....	58
2.6.1.1.2	Tamizado.....	59
2.6.1.1.3	Límites de consistencia.....	60
2.6.1.1.3.1	Límite líquido.....	60
2.6.1.1.3.2	Límite plástico.....	61
2.6.1.1.3.3	Índice plástico.....	61
2.6.1.2	Ensayos para el control de la construcción.....	62
2.6.1.2.1	Determinación del contenido de humedad.....	62
2.6.1.2.1.1	Densidad máxima y humedad óptima.....	63
2.6.1.2.2	Ensayo de equivalente de arena.....	64
2.6.1.3	Ensayos para la determinación de la resistencia del suelo.....	65
2.6.1.3.1	Ensayo de valor del suelo (CBR).....	65
2.6.2	Aspecto estructural.....	66
2.6.3	Estructura final del pavimento.....	67
2.6.3.1	Diseño y dimensiones del espesor del pavimento.....	67
2.6.3.1.1	Módulo de ruptura.....	68
2.6.3.1.2	Soporte de la sub-rasante.....	68
2.6.3.1.3	Métodos para determinar espesor.....	69
2.6.3.2	Juntas.....	70
2.6.3.2.1	Juntas longitudinales.....	71
2.6.3.2.2	Juntas transversales.....	71

2.7.4.3 Comparación entre bóveda de concreto y de	
metal corrugado.....	93
2.7.4.3.1 Rellenos altos.....	93
2.7.4.3.2 Peso.....	94
2.7.4.3.3 Corrosión y deterioro del tubo.....	94
2.7.4.3.4 Sedimentación.....	94
2.7.4.3.5 Precio.....	95
2.7.4.3.6 Transporte.....	95
2.7.4.3.7 Cimentaciones deficientes.....	95
2.8 Análisis de costos.....	95
2.8.1 Cuantificación de materiales.....	95
2.8.2 Cuantificación de mano de obra.....	97
2.8.3 Cuantificación de maquinaria y equipo.....	97
2.8.4 Presupuesto Final.....	98
2.8.4.1 Integración de costos unitarios por renglones.....	98
2.8.5 Cronograma de ejecución.....	104
2.9 Impacto ambiental.....	105
2.9.1 Medio ambiente.....	105
2.9.2 Impacto ambiental.....	105
2.9.3 Estudio de impacto ambiental.....	106
2.9.3.1 Evaluación ambiental.....	108
2.9.3.2 El proceso de la evaluación ambiental.....	110
2.9.3.2.1 Identificación del proyecto.....	111
2.9.3.2.2 Diagnóstico.....	111
2.9.3.2.3 Recolección e interpretación de datos.....	112
2.9.3.2.4 Diseño de las alternativas.....	112
2.9.3.2.5 Evaluación de efectos.....	113
2.9.3.2.5.1 Efectos directos.....	113
2.9.3.2.5.2 Efectos indirectos.....	114

2.9.3.2.5.3 Efectos cumulativos.....	114
2.9.3.2.6 Comparación de las alternativas.....	114
2.9.3.2.7 Implementación y seguimiento.....	114
3 MANTENIMIENTO DE CARRETERA	
3.1 Mantenimiento del camino de acceso.....	117
3.1.1 Mantenimiento de cunetas.....	117
3.1.2 Mantenimiento de transversales.....	119
3.1.3 Mantenimiento a bóveda.....	120
3.1.3.1 Mantenimiento superficial.....	120
3.1.3.2 Mantenimiento interior.....	120
3.1.4 Mantenimiento de pavimento.....	121
3.1.5 Limpia y chapeo de derecho de vía y taludes.....	122
3.1.6 Mantenimiento de vegetación y estructuras.....	122
3.1.7 Manejo de basura.....	122
CONCLUSIONES.....	125
RECOMENDACIONES.....	127
BIBLIOGRAFÍA.....	129
APÉNDICE.....	131

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Figuras

1. Mapa del municipio de Palencia.....	4
2. Cálculo de coordenadas topográficas	15
3. Elementos de curva circular.....	21
4. Sección de una curva vertical.....	27
5. Elementos de curva vertical.....	29
6. Área de una sección transversal.....	36
7. Sección típica de volumen.....	37
8. Cálculo de volúmenes de movimiento de tierra.....	38
9. Área de corte.....	39
10. Área de relleno.....	39
11. Distancia entre estaciones.....	39
12. Partes y elementos estructurales de un pavimento.....	67

Tablas

I. Cabecera, cantones, aldeas y caseríos.....	3
II. Valores máximos de curvatura para cada velocidad.....	23
III. Visibilidad de parada.....	25
IV. Valor de k, según tipo de curva.....	29
V. Proporciones de taludes.....	36

VI.	Tabla de determinantes.....	37
VII.	Graduación de agregado para el concreto con cemento Pórtland.....	52
VIII.	Graduación de agregado grueso.....	53
IX.	Proporciones de las diferentes clases de mezclas.....	57
X.	Soportes de sub-rasante.....	69
XI.	Diseño de pavimento de concreto sobre base de suelo cemento para diferentes categorías de tráfico y capacidad soporte del suelo.....	70
XII.	Revenimientos recomendados para varios tipos de construcción.....	72
XIII.	Relación agua/cemento para distintas resistencias.....	73
XIV.	Requisitos aproximados de agua de mezclado para diferentes revenimientos y tamaño máximo de agregado.....	73
XV.	Porcentaje de agregado fino/agregado total para distintas resistencias y tamaño máximo de agregado grueso.....	74
XVI.	Algunos coeficientes de escorrentía utilizados en Guatemala.....	84
XVII.	Fórmulas intensidad de lluvia.....	85
XVIII.	Cuantificación de materiales para pavimentos de concreto.....	95
XIX.	Cuantificación de materiales para cunetas de concreto.....	96
XX.	Cuantificación de materiales para transversales.....	96
XXI.	Cuantificación de materiales para muro de contención.....	96
XXII.	Cuantificación de materiales para bóveda.....	96
XXIII.	Cuantificación de mano de obra.....	97
XXIV.	Cuantificación de maquinaria.....	97
XXV.	Cuantificación de equipo.....	97
XXVI.	Cuantificación de herramienta.....	97
XXVII.	Resumen de integración de costos.....	104
XXVIII.	Programa de ejecución.....	104

LISTA DE ABREVIATURAS

A	Área
Az	Azimut
AASHTO	<i>American Association of State Highway and Transportation</i>
C	Coeficiente de escorrentía
C1	Área de corte en la primera sección
C2	Área de corte en la segunda sección
CM	Cuerda máxima
D	Distancia horizontal
E	External
EA	Evaluación ambiental
EIA	Estudio de impacto ambiental
G	Grado de curvatura
H1	Altura en relleno
H2	Altura en corte
I	Intensidad de lluvia
INE	Instituto Nacional de Estadística
K	Módulo de reacción del suelo
Km/hora	Kilómetro por hora
LC	Longitud de curva
LCV	Longitud de curva vertical
m	Metro
msnm	Metros sobre el nivel de mar
Mr	Módulo de ruptura del concreto
MARN	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales

OM	Ordenada media
P(+)	Pendiente positiva
P(-)	Pendiente negativa
P1	Pendiente de entrada
P2	Pendiente de salida
PC	Principio de curva
PT	Principio de tangente
PIV	Punto de intersección vertical
PV	Punto de vuelta
PCA	Asociación del Cemento Pórtland
PCV	Principio de curva vertical
PTV	Principio de tangente vertical
Q	Caudal de diseño, en m ³ /s
R	Radio
R1	Área de relleno en la primera sección
R2	Área de relleno en la segunda sección
S	Pendiente
S%	Pendiente en porcentaje
ST	Subtangente
TPDC	Tráfico promedio diario de camiones
V	Volumen
X	Coordenada en el eje X
Y	Coordenada en el eje Y
Δ	Delta, ángulo de deflexión de tangente
Σ	Sumatoria

GLOSARIO

Ángulo	Es la menor o mayor abertura que forman entre sí dos líneas o dos planos que se cortan. Las líneas que forman el ángulo se llaman lados y el punto de encuentro, vértice. Su mayor o menor abertura se mide en grados.
Azimut	Ángulo horizontal referido a un norte magnético arbitrario, su rango va desde cero a 360 grados.
Altimetría	Parte de la topografía que enseña a medir las alturas.
Balasto	Es el material selecto que se coloca sobre la sub-rasante terminada de una carretera, el cual se compone de un material bien graduado, es decir, que consta de material fino y grueso con el objeto de protegerla y que sirva de superficie de rodadura.
Base	Están constituidas por una capa de material seleccionado, de granulometría y espesor determinado que se construye sobre la sub-base.
Bombeo	Pendiente dada a la corona de las tangentes del alineamiento horizontal, hacia uno y otro lado del eje,

para evitar la acumulación del agua sobre la superficie de rodamiento.

Cabezales	Muro central de entrada y salida de las tuberías, diseñado y construido para sostener y proteger los taludes y encauzar las aguas.
Compactación	Es la técnica por la cual los materiales aumentan su resistencia y disminuyen su compresibilidad.
Contracción	Reducir a menor volumen.
Coordenadas	Son líneas que sirven para determinar la posición de un punto y los ejes o planos a que se refieren aquellas líneas.
Corte	Es la excavación que se realiza en el terreno de conformidad al trazo de la carretera o camino. Se realiza a media ladera o en trinchera.
Cota	Distancia vertical desde un plano de referencia hasta un punto u objeto dado.
Cunetas	Zanja lateral paralela al eje de la carretera o del camino, construida entre los extremos de los hombros y el pie de los taludes. Su sección transversal es variable, siendo comúnmente de forma triangular, trapezoidal y cuadrada.

Curva de nivel	Línea que une puntos de una misma elevación sin pasar sobre otra.
Deflexión	Ángulo horizontal medido en la sección a partir de la prolongación de la línea anterior hasta la línea siguiente.
Distancia	Espacio o intervalo de lugar o tiempo entre dos cosas o sucesos.
Drenajes	Controlan las condiciones de flujo de agua en terracerías y mejoran las condiciones de estabilidad en cortes, terraplenes y pavimentos.
Excavaciones	Deben ser construidas cuidadosamente, ajustándose a la línea y pendiente señaladas. Las caras laterales serán verticales.
Infraestructura	Conjunto de las obras de una construcción.
Rasante	Es el nivel de la superficie de rodamiento de una carretera o camino.
Relleno	Es el material especial o de terracería uniformemente colocado y compactado en las partes laterales y superior de las cajas, así como atrás de los aletones.
Revenimiento	Hundimiento.

Sección típica	En toda la extensión de la carretera tiene una sección que permanece uniforme la mayoría de las veces. A ésta se le llama “típica”.
Señalización	Colocación y utilización de señales en los caminos.
Superficie de rodadura	Área destinada a la circulación de vehículos, o bien la capa sobre la cual se aplican directamente las cargas de tránsito.
Sub-rasante	Es el nivel del terreno sobre el que se asientan los diferentes elementos del pavimento (sub-base y carpeta) de una carretera o camino.
Terracería	Es el conjunto de operaciones de cortes, préstamos, rellenos, terraplenes y desperdicios de material que se realizan hasta alcanzar una rasante determinada, de conformidad con los niveles indicados en los planos.
Terraplén	Son los depósitos de material que se realizan sobre el terreno natural, para alcanzar el nivel de la sub-rasante.
Topografía	Conjunto de particularidades que tiene un terreno en su relieve.

RESUMEN

Uno de los factores que contribuyen al desarrollo de una sociedad, son las vías de acceso, por lo tanto, con el diseño y planificación y su pronta ejecución, las poblaciones del área rural mejoran su nivel de vida.

El presente trabajo de graduación contiene en forma detallada el procedimiento que se llevo a cabo para el desarrollo del proyecto de estudio y diseño de mejoramiento y pavimentación de carretera que comunica el Caserío Primera Joya con la Aldea Plan Grande, del municipio de Palencia del departamento de Guatemala.

Esta investigación de campo generó la siguiente información: la monografía del lugar, aspectos generales para el mejoramiento del tramo carretero existente y diseño de la pavimentación, datos de la población, vivienda, infraestructura.

Además, se describe el servicio técnico profesional, que muestra las diferentes actividades realizadas, entre las cuales se mencionan: antecedentes del proyecto, levantamiento topográfico, cálculo y diseño de la línea central de la carretera, estudio de suelos, conteo de tránsito, diseño geométrico de la carretera; así como la integración del presupuesto utilizando los costos reales del lugar, juego de planos: que incluye detalles típicos y otras especificaciones para el diseño y construcción; el presente trabajo de graduación se refiere a una pavimentación de 1949.20 m. de longitud con un ancho de 6.00 m. y 0.50 m. de cuneta en ambos lados.

OBJETIVOS

Generales

1. Contribuir al mejoramiento de la calidad de vida de las poblaciones Aldea Plan Grande y Caserío Primera Joya. Con la elaboración del proyecto, se realizará el mejor diseño, a fin de optimizar los recursos, para beneficiar a las comunidades de la mejor manera posible.
2. Ayudar a la infraestructura de la comunidad, que el crecimiento de la población no altere la movilización terrestre de los vecinos y de las comunidades cercanas al Caserío Primera Joya.

Específicos

1. Diseñar y planificar el tramo carretero que comunica la escuela del Caserío Primera Joya con el Centro de Salud de la aldea Plan Grande, para obtener los servicios de salud y educación.
2. Proponer soluciones de ingeniería para mejorar el traslado de productos agrícolas del lugar, para que las personas mejoren su calidad de vida.
3. Planificación y diseño de una bóveda, para que las comunidades no pierdan su comunicación vial en época de lluvia, diseñar la pavimentación utilizando pavimento rígido, aplicando conocimientos teóricos y prácticos, así como todas las herramientas de ingeniería.

INTRODUCCIÓN

La infraestructura es necesaria para mejorar la vida de las personas en general, la necesidad de servicios de salud y educación se minimiza cuando se obtiene una adecuada comunicación terrestre con los alrededores o con los lugares que cuentan con los anteriores servicios. El presente trabajo de graduación tiene como principio fundamental promover el desarrollo por medio del proyecto de pavimentación, para lograr que dichas comunidades tengan acceso a un mejor nivel de vida.

El Caserío Primera Joya no cuenta con una vía de acceso adecuada, sumado el crecimiento de la población es inminente el aumento del tránsito vehicular. Se vuelve indispensable contar con una buena comunicación con sus alrededores y facilitar el movimiento peatonal y vehicular.

En Guatemala, a nivel nacional, es necesario ampliar la red de infraestructura vial, tal es el caso de la aldea Plan Grande con el Caserío Primera Joya. En la mayoría de veces, esto significa mejorar o ampliar caminos existentes, adaptándolos a las especificaciones de caminos, dependiendo de la categoría de cada uno de éstos.

Específicamente ésta actividad conlleva el estudio, diseño y planificación del tramo carretero que comunica la aldea Plan Grande con el Caserío Primera Joya, apegado a las especificaciones técnicas y a los conocimientos adquiridos en el transcurso de la carrera de Ingeniería Civil, también se buscó maximizar los resultados en la relación costo beneficio del proyecto.

1. MONOGRAFÍA DEL LUGAR

1.1 Aspectos físicos

En investigación preliminar con objeto de proporcionar un diagnóstico para el proyecto de estudio y diseño de pavimentación de carretera, se deben de considerar algunos de los siguientes aspectos: Ubicación, clima, características de la población, condiciones sanitarias, sistema de abastecimiento de agua potable, servicio de electricidad, topografía y trabajos complementarios.

Historia del municipio de Palencia

Inicialmente fue a su principio una hacienda bautizada con el nombre de San José, de población escasa. Comprada en 1624 por Mathias de Palencia, a los pocos años no se le conocía sino por el nombre de "HACIENDA DE PALENCIA". Actualmente se conoce sólo por PALENCIA. Sacada a subasta pública a solicitud del ciudadano Juan José Guerra, se señaló el día 4 de septiembre de 1832 para el remate. Se mandaron a practicar medidas que verificaron José Gregorio Carrascosa y José María Orellana, encargándose de su administración Pantaleón Díaz.

Era Jefe del Estado el Doctor Mariano Gálvez cuando se emitió la disposición que incorporó al distrito de la Corte (Capital) a Palencia: pero seguía siendo la hacienda que hemos mencionado, esa era su fisonomía y su comportamiento rural continuó por muchos años más; pero algo muy importante aconteció en la Asamblea Nacional el 27 de agosto de 1836, pues a partir del Decreto correspondiente se empieza a denominar P U E B L O a Palencia, igual suceso hay en el Decreto de 9 de septiembre de 1839.

PALENCIA nació a la vida civil con ese decreto, para reconocimiento y gloria de los actuales habitantes que, disfrutaban de esta maravillosa tierra.

Fue conforme lo registra la historia y que ha quedado expuesta. El Presidente vitalicio de Guatemala, Don Rafael Carrera, fue dueño de ésta gran hacienda y en 1848, se la vendió a su gobierno para donarla a los dominicos, quienes la usufructuaron hasta que por efecto de la ley de consolidación emitida a partir de 1871 tuvieron, que entregarla al gobierno, por efecto del Acuerdo del 28 de mayo de 1872, que considera deber del Estado proporcionar los medios para que los habitantes que carezcan de tierras para sementeras, puedan subsistir y progresar, siendo a la vez conveniente formar centros de población se concedió al pueblo de Palencia la legua cuadrada de terreno.

Se amplió el ejido de Palencia, adjudicándole el excedente de los terrenos de la hacienda del mismo nombre bajo el Acuerdo Gubernativo del 19 de marzo de 1873 y; el General Justo Rufino Barrios ordenó el 2 de octubre de 1880 elevar a escritura pública el ejido de la legua legal. Finalmente, el título de ejidos de Palencia se aprobó por el Acuerdo Gubernativo del 31 de diciembre de 1891 y de ahí data el reparto de tierras que han disfrutado sus pobladores, así como la denominación de CUADRO a una extensión de tierra que se ve muy bien delimitada en la fisonomía territorial.

1.1.1 Ubicación geográfica

El Pueblo de Palencia, situado a 30 kilómetros de la capital de Guatemala, tiene una extensión de 482 caballerías, una altura de 1,430 metros sobre el nivel del mar, una población de 52,000 habitantes aprox. (de acuerdo al censo del 2003).

Este municipio se encuentra al este de la capital, y colinda al norte con San José del Golfo y San Antonio la Paz; al este con Sanarate y San José Pinula; al sur con éste último y Santa Catarina Pinula; y al oeste con Santa Rosita, Canalitos y Las Vacas.

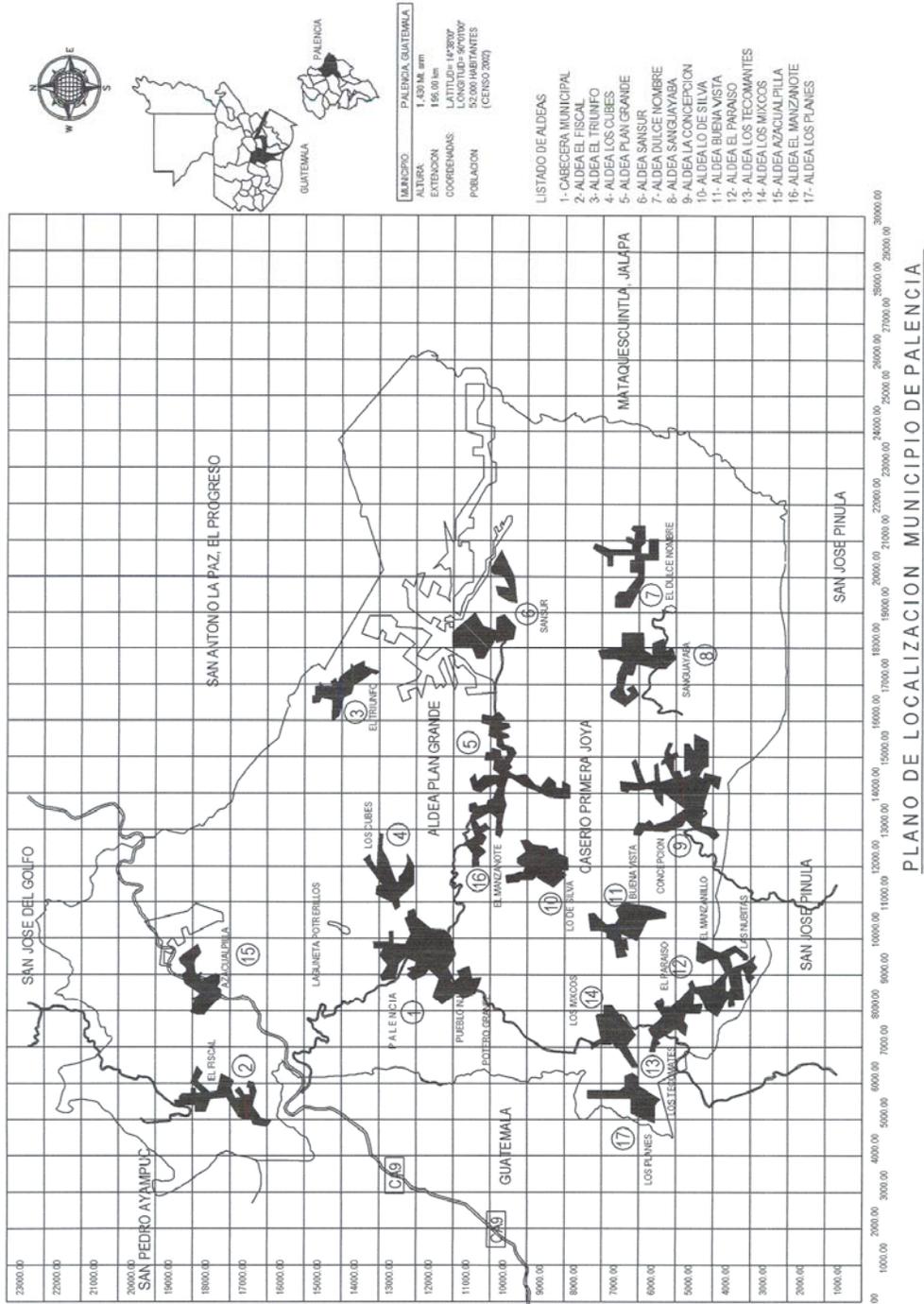
La Aldea Plan Grande se encuentra a 8 km. de la cabecera municipal, al sur de la aldea se encuentra el Caserío Primera Joya, aproximadamente a una distancia de 1.1 km. en la frontera entre éstos dos lugares se encuentra el río Vado Hondo, se determinó la ubicación geográfica y política de la población, así como las vías de comunicación.

Parte de la información anterior se muestra en el mapa adjunto, figura 1. También se muestra la tabla de aldeas del municipio de Palencia haciendo la observación del caserío Primera Joya, el cual pertenece a la aldea Plan Grande, ya que estas dos poblaciones son objeto del presente estudio.

Tabla I. Cabecera, cantones, aldeas y caseríos

No.	Cabecera y cantones	Aldeas	Caseríos	Caseríos
1	Palencia	El Fiscal	El Manantial	Pie del Cerro
2	Ojo de Agua	Lo de Silva	La Culebra	El Petencito
3	Rincón de la Piedra	El Triunfo	El Morrito	Tres Quebradas
4	Agua Tibia	Azacualpilla	Jocotales	Joya Galana
5	Pueblo Nuevo	Los Planes	Nombre de Dios	Joya Honda
6		Tecomates	El Manzanote	Potrero Grande
7		Dulce Nombre	Las Lajas	Marillanos
8		Plan Grande	El Plantón	El Hatillo
9		El Paraíso	El Bejucal	La Yerbabuena
10		Los Cubes	Las Vertientes	Los Chorrillos
11		Buena Vista	Primera Joya	Agua Caliente
12		Sanguayaba	El Sacabastal	El Volcancito
13		Concepción	Las Nubitas	El Carrizal
14		Los Mixcos	Joya Galana	
15		Sansur	Joya Verde	

Figura 1. Mapa del municipio de Palencia



1.1.2 Aspectos climatológicos

La cabecera municipal se encuentra a 1,430 msnm. Tiene una precipitación anual de 1,639.3 mm, la temperatura es de 28.8 grados centígrados máxima y 3.9 grados centígrados mínima (promedio anual), y un porcentaje de humedad de 84%.

1.1.3 Colindancias

Las colindancias de la aldea Plan Grande son: al norte la aldea Sansur, al sur colinda con el Caserío Primera Joya, al este con la aldea Sanguayaba y al oeste con la aldea El Manzanote, el Caserío Primera Joya tiene las siguientes colindancias, al norte con la aldea Plan Grande, al sur con el Caserío Joya Galana y aldea La Concepción, al este con la aldea Sanguayaba y al oeste el Caserío Las Vertientes y aldea Plan Grande.

1.1.4 Topografía

Región montañosa, con relieves escarpados, con pendientes promedios de 15% y 18% del Caserío Primera Joya y pendientes promedios de 12% y 15%, de la aldea Plan Grande, la frontera esta definida por el río Vado Hondo.

1.2 Demografía y situación social

1.2.1 Población

Se obtiene datos de 310 familias y se estima una población de 2,430 habitantes, ésta cantidad de personas son unificando las cantidades de familias beneficiadas entre las dos poblaciones con un dato aproximado de 8 habitantes

por casa, estos datos se basan en los censos del Instituto Nacional de Estadística INE.

1.2.2 Tipo de vivienda

El tipo de vivienda en su mayoría es de bajo presupuesto, básicamente de madera y lámina, o bien de estructura sencilla y de bajos recursos, pocas son las construcciones formales de mampostería y lámina o losa de concreto.

1.2.3 Vías de acceso

Para Palencia existen dos vías que conducen de la capital al municipio; por la carretera al Atlántico CA-9 hasta el km 18.8, Lavarreda, Rodriguitos, Los Talpetates; y la segunda por San José Pinula, Los Mixcos.

La vía de acceso se constituye en calle asfaltada, al llegar al municipio las calles principales de la cabecera tienen pavimento de concreto y asfalto, luego se traslada por un camino balastado de aproximadamente 8 m de ancho, al llegar a la aldea Plan Grande y comunicarse con el Caserío Primera Joya existe un camino balastado de aproximadamente 4.50 m de ancho en promedio el cual es objeto del estudio.

1.3 Servicios

De acuerdo a la cantidad de servicios que posee un municipio, éstos inciden en la calidad de vida y bienestar familiar de sus habitantes. Sobre ésta base se determina su relación con el medio ambiente y su responsabilidad en el deterioro del mismo, por lo tanto es necesario mencionarlos en éste estudio para conocer la calidad de vida de la población.

a. Correos y telégrafos

La primera oficina de telégrafos fue creada, mediante Acuerdo Gubernativo del 23 de abril de 1901. El 23 de diciembre de 1916 se crea la oficina de correos y es hasta el 23 de junio de 1949 cuando se abre la oficina de correos y telégrafos que actualmente labora en una oficina de tercera categoría, la cual está ubicada en la cabecera municipal.

b. Estación de Policía

En la cabecera municipal existe una estación de la Policía Nacional Civil, al momento de realizar el presente estudio se realizaban los trámites necesario para la autorización de colocar una estación en la Aldea Sansur la cual estará a una distancia aproximada de 4.00 km. del Caserío Primera Joya y a 2.00 Km. de la Aldea Plan Grande.

1.3.1 Educación

Existe una escuela primaria en la Aldea, sin embargo, el nivel de escolaridad en la población es muy bajo, la mayoría no concluye la primaria; con un nivel medio de 10%, sin educación superior, con un aproximado del 75 % de alfabetos, se tiene programado iniciar con la educación Pre-primaria para iniciar con la estimulación temprana.

1.3.2 Drenajes

Actualmente no existe servicio de alcantarillado, el traslado de las aguas de lluvia, grises y negra se realiza por medio de canales abiertos construidos

por medios manuales y los que existen naturalmente, la mayoría de viviendas utiliza letrinas con pozo ciego.

1.3.3 Agua potable

El agua que surte a la comunidad proviene de un nacimiento, el cual está ubicado en la parte intermedia del caserío, por lo que se realiza el 85% de las domiciliarias por gravedad y el 15% restante se realiza por bombeo. Además en el área existen dos nacimientos que proveen de agua a aldeas vecinas, cuenta con un sistema de riego que se traslada por medio de cunetas naturales, ésta agua es proveída por el río Vado Hondo.

1.3.4 Salud

Se maneja por medio de centro de salud, el cual se encuentra en la aldea Plan Grande el presente trabajo de graduación inicia en la escuela del Caserío Primera Joya y finaliza en el centro de salud.

1.3.5 Transporte

Por este acceso se traslada el transporte extra-urbano el cual cuenta con tres unidades, dos unidades que llegan al Caserío Primera Joya y uno que se traslada a la aldea Joya Galana pasando por el caserío.

El tránsito de estas unidades se realiza en diferentes horarios, por la mañana del caserío hacia la capital y por la tarde de la capital hacia el caserío.

Estos buses extra-urbanos se detienen cierta cantidad de tiempo en la cabecera municipal antes de trasladarse hacia las aldeas.

1.3.6 Electricidad

El 98% de la comunidad cuenta con servicio de electricidad domiciliar el 2% restante no cuenta con el servicio, pero no se cuenta con alumbrado público.

1.4 Actividad económica

Las actividades económicas de los habitantes de Palencia han variado con el paso de los años, hasta mediados del siglo XX los palencianos se dedicaban a la producción agropecuaria de subsistencia, además de oficios como albañilería, carpintería, herrería, comercios en pequeñas escalas, etc. Sin embargo, debido a que la demanda de empleos superó la oferta de puestos de trabajo, actualmente la principal actividad de los palencianos es emplearse en oficinas, empresas o industrias instaladas en la ciudad capital y otros lugares circunvecinos. Este diario desplazamiento, junto al de numerosos estudiantes, a convertido a Palencia en una especie de ciudad dormitorio.

1.4.1 Comercio

Se basa en comercializar los productos de agricultura, los vegetales que producen tiene muy buena calidad, por lo tanto se comercializan a nivel nacional.

1.4.2 Producción

En el municipio de Palencia, aldea Plan Grande y Caserío Primera Joya la mayor parte del territorio se dedica al cultivo, su mayor producción se basa

en la papa, el güisquil, la zanahoria, también cultivan, pero en menor escala maíz, aguacate y café.

1.4.3 Industria y agroindustria

Palencia cuenta con un total de cuatro industrias de diferentes tipos de producción, tres de textiles y uno de productos agrícolas formada por una asociación de productores de verduras de Palencia.

2. SERVICIOS TÉCNICOS PROFESIONALES

2.1 Datos preliminares

Antes de iniciar propiamente los estudios topográficos se requiere de un reconocimiento preliminar para recopilar los datos de gran utilidad en el proyecto como lo relacionado con afectaciones, características de ríos, nombres de lugares intermedios, localización de zonas bajas o inundables, niveles de agua en crecientes.

Concluida esta fase, se procederá a hacer un reconocimiento directo del camino para determinar, en general, las siguientes características:

Geológicas

Hidrológicas

Topográficas y complementarias

Así se determinará el tipo de suelo en el que se construirá el camino, su composición y características generales, ubicación de bancos de balasto, cruces apropiados para el camino sobre ríos o arroyos, existencia de escurrimientos superficiales o subterráneos que afloren a la superficie y que afecten el camino, tipo de vegetación y densidad, así como pendientes aproximadas y rutas a seguir en el terreno.

Este reconocimiento requiere del tiempo que sea necesario para conocer las características del terreno donde se construirá el camino, y para llevarlo a cabo utilizando instrumentos sencillos de medición como brújula para determinar rumbos, clinómetro para determinar pendientes y otros instrumentos sencillos.

2.1.1 Levantamiento topográfico

Se llama así a la descripción y delineación detallada de la superficie de un terreno de la línea preliminar seleccionada siguiendo las señales indicadas en el reconocimiento; el levantamiento consiste en una poligonal abierta, formada por ángulos y tangentes, donde se deberá establecer lo siguiente:

- Punto de partida
- Azimut o rumbo de salida
- Kilometraje de salida
- Cota de salida del terreno

Para el levantamiento preliminar se tomó en el campo: tránsito preliminar, niveles de preliminar, secciones transversales de preliminar y referencias. El trabajo consiste en realizar en campo utilizando el equipo necesario para la obtención de datos, para realizar en gabinete un trabajo de diseño, se basa en los siguientes aspectos:

2.1.1.1 Planimetría

Esta se define como el conjunto de trabajos necesarios para presentar gráficamente la superficie de la tierra, tomando como referencia el norte para su mejor orientación. El levantamiento planimétrico sirve para localizar accidentes geográficos y así ubicarlos en la carretera.

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, trípode, plomadas de centro, estadal y de una cinta métrica.

El levantamiento consiste en una poligonal abierta, (polígono que inicia en un vértice y no regresa al vértice inicial). Formada por ángulos orientados a un mismo norte y distancias con estaciones intermedias a cada veinte metros.

En el trabajo de Ejercicio Profesional Supervisado se realizó el levantamiento planimétrico con un teodolito, se usó el método de deflexiones, con orientación de estación a estación por vuelta de campana, se midieron distancias no mayores de 20.00 metros con la cinta colocada horizontalmente, bajando la medida exacta a trompos mediante plomada de centro a fin de no perder las medidas entre estaciones, se marcaron con clavos.

2.1.1.2 Altimetría

Es la medición de las alturas de una superficie de la tierra, con el fin de representarlas gráficamente, para que junto con la planimetría, se defina la superficie en estudio, representada en tres dimensiones. Técnicamente se recomienda el nivel por ser fabricado para tal fin.

Es el proceso para determinar las elevaciones o diferencias de elevación de dos puntos. Consiste en pasar una nivelación en todos los puntos fijados por el levantamiento planimétrico, fijando bancos de marcas a ciertas distancias se recomienda a cada quinientos metros, los que deben ser ubicados en puntos permanentes o en monumentos.

2.1.2 Levantamiento de secciones transversales

Por medio de las secciones transversales se podrá determinar las elevaciones transversales de la faja de terreno que se necesita para lograr un diseño apropiado.

En las secciones de la línea central se trazarán perpendiculares, haciendo un levantamiento de por lo menos a cuarenta metros de cada lado de la línea central, la observación anterior se utiliza en tramos completamente nuevos, en tramos existentes o en mejoramientos la longitud de las secciones depende del terreno que los vecinos estén dispuestos a otorgar para dicho mejoramiento. Dentro de estos datos debe de incluirse las orillas del camino, orillas de ríos, fondos, casa afectadas, etc. Cuando las secciones transversales topen con un obstáculo como un peñasco, una casa, un paredón, etc. No es necesario prolongarla sino que se anotará en la columna de observaciones el tipo de obstáculo y su altura y profundidad aproximada.

2.1.3 Cálculo topográfico

La topografía es la ciencia o arte de efectuar las mediciones necesarias para determinar las posiciones relativas de puntos situados arriba, en o debajo de la superficie de la tierra, o para establecer éstos puntos. El trabajo del topógrafo, que en su mayor parte consiste en efectuar tales mediciones, puede dividirse en tres partes: trabajo de campo: consiste en tomar y registrar medidas en el campo, trabajo de gabinete: consiste en hacer los cálculos necesarios para determinar posiciones, áreas y volúmenes, dibujo: consiste en dibujar a escala las medidas y dibujar planos.

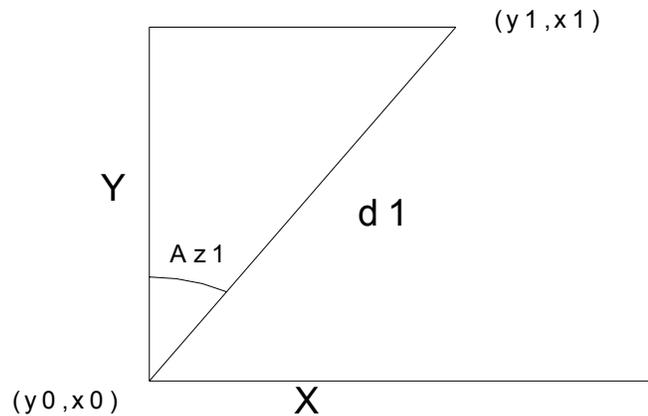
2.2 Cálculo topográfico de camino

2.2.1 Cálculo planimétrico

El cálculo de topografía se efectúa en gabinete y consiste en conocer las coordenadas parciales y totales en cada vértice que compone la poligonal abierta, con la finalidad de contar con la información suficiente para efectuar

con facilidad la localización de la ruta, los corrimientos de línea y otros que se explicarán más adelante.

Figura 2. Cálculo de coordenadas topográficas



$$Y = d_1 * \cos(Az_1)$$

$$X = d_1 * \text{sen}(Az_1)$$

$$y_1 = y_0 + Y$$

$$x_1 = x_0 + X$$

2.2.2 Cálculo altimétrico

Con los datos obtenidos en campo, se procede a calcular las cotas de cada punto marcado como máximo a 20.00 m. Sobre la línea central del levantamiento planimétrico,

Los datos que se obtuvieron en campo son: caminamiento, vista adelante, altura de instrumento, todo esto a partir de una cota conocida. Lo que

tiene que calcularse es la curva de nivel para cada punto o caminamiento. Las elevaciones se calcularon con la fórmula siguiente:

$$Cu = Ca - C$$

$$C = LE - AI$$

Donde :

Cu = cota última

Ca = Cota anterior

C = Cota

LE = Lectura del estadal

AI = Altura de instrumento

2.2.3 Cálculo de curvas de nivel

El cálculo de curvas de nivel se llevó a cabo utilizando los datos de las secciones transversales y del eje central, éstos datos se obtuvieron en campo realizando secciones a una distancia aproximada de 20.00 m. Sobre el eje central y 5.00 m. A ambos lados del eje central, estos datos también se utilizarán para determinar el volumen de material a cortar y la cantidad de material que se utilizará en el relleno, actividades que se llevarán a cabo la construcción para mejorar la carretera.

El método consiste en determinar la cota a diferentes distancias con respecto al eje central.

Lo anterior se realiza restando la lectura del estadal de la altura del instrumento del eje central, esto como si fuera una radiación.

2.3 Diseño de carretera

Un diseño geométrico óptimo de carretera, es aquel que se adapta económicamente a la topografía del terreno y cumple a la vez con las características de seguridad y comodidad del vehículo. Sin embargo la selección de un trazo y su adaptabilidad al terreno depende de los criterios del diseño geométrico adaptado, éstos criterios a su vez, dependen del tipo e intensidad del tráfico futuro, así como de la velocidad a utilizar en el diseño.

Preliminar de gabinete

Para el presente proyecto se tomó el siguiente criterio de diseño:

En la Dirección General de Caminos existen especificaciones para diferentes tipos de carreteras, habiéndose utilizado para éste caso, las normas correspondientes a una carretera tipo F.

Los parámetros que caracterizan éste tipo de carretera son los siguientes:

- Tráfico promedio diario (t.p.d.) de cero a 100 vehículos
- Velocidad de diseño: la velocidad de diseño disminuye conforme el terreno cambia de plano a ondulado y montañoso. Así, se ha seleccionado la velocidad de 20 k.p.h. debido a que el terreno es montañoso.
- Ancho mínimo de la calzada 5.50 metros. Pero en el diseño del proyecto se estableció un ancho de 6.00 m con 0.50 m de cuenta en ambos lados para un total de 7.00 m.
- Pendiente: La pendiente máxima, para una velocidad de diseño 20 k.p.h. es de 18%. La pendiente máxima permisible, debe aplicarse únicamente

en tramos cortos. Es recomendable que esos pequeños tramos no sean mayores de 100 metros, a menos que no exista otra solución. En éste caso, debe de empedrarse la superficie de rodamiento, a fin de evitar que los vehículos resbalen, sobre todo cuando la capa se encuentre húmeda y se trate de una zona en general lluviosa.

- Curvatura: El grado de curvatura tiene un valor de carácter limitativo y por lo tanto su utilización no es rutinaria, porque conduciría a proyectos de baja calidad. Si se tienen varias alternativas de trazo, se eligen aquellas que sin elevar los costos de construcción, permitan aplicar menores grados de curvatura.
- Bombeo: El bombeo es la pendiente dada a la corona de las tangentes del alineamiento horizontal, hacia uno y otro lado del eje para evitar la acumulación del agua sobre la superficie de rodamiento. El bombeo apropiado es aquel que permite un drenaje suficiente de la corona con la mínima pendiente; para ello, es necesaria una pendiente transversal de 3% como mínimo hacia ambos lados de la tangente y en un sólo sentido en las curvas o las curvas que resulte según la sobre elevación.
- Sobre elevación: la sobre elevación máxima en las curvas horizontales es de 10%.
- Curvas verticales: la longitud mínima de curva vertical es de dos estaciones de 20.00 metros. Sin embargo, como los caminos rurales son de un sólo carril y la curvatura vertical en cresta está dada en función de la visibilidad, distancia de frenado, etc. La aplicación de las normas rígidas podría encarecer el costo de los caminos, por lo que para el proyecto el diseño de curvas verticales, se debe tener en cuenta razonablemente la seguridad.
- Tránsito promedio: las especificaciones son dadas para un tránsito de hasta 100 vehículos diarios. Este camino por lo tanto estará en su capacidad, ya que tiene un tránsito menor.

2.3.1 Cálculo de elementos de curva horizontal

Consiste en el diseño de la línea final de localización en planimetría, mediante el cálculo de las curvas horizontales, las cuales definirán la ruta a seguir y constituyen la guía fundamental a la cuadrilla de topografía para el trazo de la carretera.

En el proceso de diseño y cálculo se deben de considerar varios aspectos técnicos, los cuales se enumeran a continuación:

- 1.- Todo el diseño debe ir basado en el principio de seguridad y comodidad en la carretera.
- 2.- Una carretera diseñada a seguir las ondulaciones de las curvas de nivel es preferible a una con tangentes largas, pero con repetidos cortes y rellenos, ya que esto disminuye los costos.
- 3.- Para una velocidad de diseño dada, debe evitarse, dentro de lo razonable, el uso de radios mínimos en el cálculo de las curvas horizontales.
- 4.- En carreteras del área rural es conveniente evaluar si se usa un radio menor al mínimo permitido por la velocidad de diseño a cambio de incrementar considerablemente el costo de la obra al utilizar radios mayores. En éstos casos, el criterio del Ingeniero diseñador es importante, ya que las curvas deben de ser diseñadas de tal forma que los vehículos puedan circular sin necesidad de hacer maniobras de retroceso, para poder recorrer la curva, la observación anterior es muy importante para las ampliaciones y mejoras de caminos existentes.
- 5.- Se debe aumentar la longitud de las tangentes.

- 6.- Se deben evitar curvas en donde se localicen puentes, ya que éstos deberán ubicarse preferiblemente en tangentes, pero en situaciones especiales, se ampliará la curva con un sobre ancho o diseñar un puente curvo.
- 7.- No deberán diseñarse curvas con radios mínimos previos a entrar a un puente.
- 8.- En terrenos llanos es conveniente evitar el diseño de tangentes demasiado largas, ya que la atención del conductor se pierde y pueden provocarse accidentes.
- 9.- Debe chequearse en cada cálculo la longitud de la tangente, ya que ésta no podrá ser jamás negativa, porque esto indicaría que dos curvas horizontales se están traslapando.

2.3.1.1 Alineación horizontal

Es la proyección sobre un plano horizontal del eje de una carretera. Debe de ser capaz de ofrecer seguridad y permitir asimismo uniformidad de operación a velocidad aproximadamente uniforme.

Los elementos que definen al alineamiento horizontal son los siguientes:

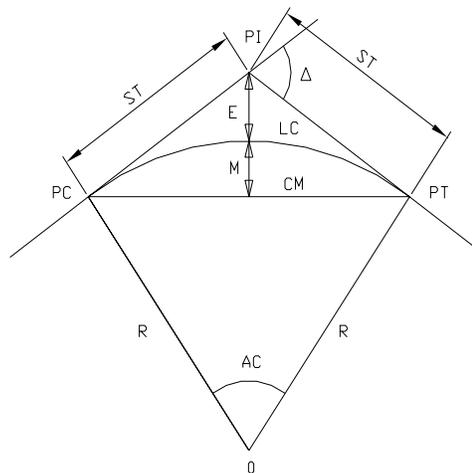
- a. Tangentes: son las proyecciones rectas sobre un plano horizontal que une a las curvas circulares.
- b. Curvas circulares: son proyecciones sobre un plano horizontal de arcos de círculo. La longitud de una curva circular esta determinada desde el principio de una curva hasta el principio de la tangente o el final de la misma curva.
- c. Curva de transición: su función es proporcionar un cambio gradual a un vehículo, en un tramo en tangente a un tramo de curva.

Este tipo de transición es muy importante, pues generalmente los estancamientos de agua de lluvia ocurren en tramos en curva, mas no en los tramos rectos (tangentes). El trazo y construcción de ésta transición debe de ser meticulosamente realizado para garantizar un drenaje adecuado.

2.3.1.2 Trazo de curva horizontal

Como la liga entre una y otra tangente requiere el empleo de curvas horizontales, es necesario estudiar el procedimiento para su realización, éstas se calculan y se proyectan, según las especificaciones del camino y requerimiento de la topografía.

Figura 3. Elementos de curva circular



- PI = Punto de intersección de la prolongación de las tangentes
- PC = Punto donde comienza la curva circular simple
- PT = Punto en donde termina la curva circular simple
- O = Centro de la curva circular
- Δ = Ángulo de deflexión de la tangente
- Ac = Ángulo central de la curva circular

- R = Radio
- ST = Subtangente
- E = Externa
- M = Ordenada media
- CM = Cuerda máxima
- LC = Longitud de cuerda

$$R = \frac{1145.9156}{G} \qquad St = R * \tan g\left(\frac{\theta}{2}\right) \qquad E = R * \left(\sec \text{ ante}\left(\frac{Ac}{2}\right) - 1\right)$$

$$Lc = 20 * \frac{\theta}{G} \qquad CM = 2 * R * \text{Sen}\left(\frac{Ac}{2}\right)$$

Para el cálculo de elementos de la curva es necesario tener las distancias entre los puntos de intersección de localización, los deltas (Δ) y el grado de curva (G) que será colocado por el diseñador. Con el grado (G) y el delta (Δ) se calculan los elementos de la curva. El radio de la curva por usar, se determina por condiciones o elementos de diseño para que los vehículos puedan transitar sin peligro de colisión, con seguridad, tratando que la maniobra de cambio de dirección se efectúe sin esfuerzos demasiado bruscos.

2.3.1.3 Grado máximo de curvatura

El valor máximo del grado de curvatura correspondiente a cada velocidad de proyecto, estará dado por la expresión:

$$G \text{ max} = 14600 * \left(\frac{U + S \text{ max}}{V^2}\right)$$

En donde:

Gmax = Grado máximo de curvatura

U = Coeficiente de fricción lateral

Smax = Sobre elevación máxima de la curva en m/m

V = Velocidad de proyecto en Km/h

En la siguiente tabla se indican los valores máximos de curvatura para cada velocidad.

Tabla II. Valores máximos de curvatura para cada velocidad

Velocidad de proyecto (km/h)	Coeficiente de fricción lateral	Sobre elevación máxima (m/m)	Grado máximo de curvatura calculado (Grados)	Grado máximo de curvatura para proyecto (Grados)
30	0.280	0.10	61.6444	60.00
40	0.230	0.10	30.1125	30.00
50	0.190	0.10	16.9360	17.00
60	0.165	0.10	10.7472	11.00
70	0.150	0.10	7.4489	7.50
80	0.140	0.10	5.4750	5.50
90	0.135	0.10	4.2358	4.25
100	0.130	0.10	3.3580	3.25
110	0.125	0.10	2.7149	2.75

2.3.1.4 Longitud mínima

La longitud mínima de una curva circular con transiciones mixtas deberá ser igual a la semisuma de las longitudes de esas transiciones.

La longitud mínima de una curva circular con espirales de transición podrá ser igual a cero.

2.3.1.5 Longitud máxima

La longitud máxima de una curva circular no tendrá límite especificado por lo tanto no existe ninguna restricción para la longitud máxima, se deja a criterio del diseñador.

2.3.1.6 Distancia de visibilidad de parada

La distancia de visibilidad de parada se obtiene con la expresión:

$$Dp = V * t = \frac{V^2}{254 * f}$$

Donde:

Dp = Distancia de visibilidad de parada en metros

V = Velocidad de marcha, en Km/h

t = tiempo de reacción, en segundos

f = Coeficiente de fricción longitudinal

La importancia de ésta distancia es porque el conductor siempre debe de observar la mayor distancia posible, esto con el fin de evitar accidentes, la visibilidad de parada es muy útil en tránsito nocturno y en doble dirección.

La siguiente tabla muestra los valores de la distancia de visibilidad de parada, que corresponden a velocidades de proyecto de treinta a ciento diez Km/h.

Tabla III. Visibilidad de parada

Velocidad de proyecto (km/h)	Velocidad de marcha (km/h)	Reacción		Coeficiente de fricción longitudinal	Distancia de Frenado (m)	Distancia de Visibilidad	
		Tiempo (seg)	Distancia (m)			Calculada (m)	Para Proyecto (m)
30	28	2.50	19.44	0.400	7.72	27.16	30
40	37	2.50	25.69	0.380	14.18	39.87	40
50	46	2.50	31.94	0.360	23.14	55.08	55
60	55	2.50	38.19	0.340	35.03	73.22	75
70	63	2.50	43.75	0.325	48.08	91.83	95
80	71	2.50	49.30	0.310	64.02	113.32	115
90	79	2.50	54.86	0.305	80.56	135.42	135
100	86	2.50	59.72	0.300	97.06	156.78	155
110	92	2.50	63.89	0.295	112.96	176.85	175

2.3.1.7 Tangente

Las tangentes horizontales estarán definidas por su longitud y su azimut datos que el diseñador debe de proponer de acuerdo con la topografía.

a.- Longitud mínima: dependiendo de la forma de las curvas circulares, la longitud mínima tiene las siguientes propiedades:

- 1.- Entre dos curvas circulares inversas con transición mixta, deberá ser igual a la semisuma de las longitudes de dichas transiciones.
- 2.- Entre dos curvas circulares inversas con espirales de transición, podrá ser igual a cero.
- 3.- 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.
- 4.- Entre dos curvas circulares del mismo sentido, la longitud mínima de tangente no tiene valor especificado.

b.- Longitud máxima: la longitud máxima de tangente no tiene límite especificado.

c.- Azimut: el azimut definirá la dirección de las tangentes.

2.3.1.8 Procedimiento de cálculo de curva horizontal (estación 0+040)

$$G = \frac{1145.9156}{R} = \frac{1145.9156}{40} = 28.65$$

$\Delta =$ Rumbo de entrada – Rumbo de salida = N 05°34'10" E – N 12°41'16" E

$\Delta = 07^{\circ}06'57''$

$$Lc = 20 * \frac{\theta}{G} Lc = 20 * \frac{7.115833}{28.65} = 4.97 \text{ m}$$

$$ST = R * \tan \frac{\theta}{2} = 40 * \tan \frac{7.115833}{2} = 2.49$$

2.3.2 Cálculo de elementos de curva vertical

Como se mencionó anteriormente, las carreteras no sólo están conformadas por curvas horizontales, sino que también por curvas verticales, lo anterior significa que se está trabajando en tres dimensiones. Para su diseño y simplificación de trabajo las carreteras se desglosan en planimetría y altimetría. En la parte de la altimetría se estudia lo que son las curvas verticales y los parámetros que la definen. Una curva vertical se da cuando en el perfil hay cambios de pendientes. Las curvas verticales pueden ser cóncavas o convexas.

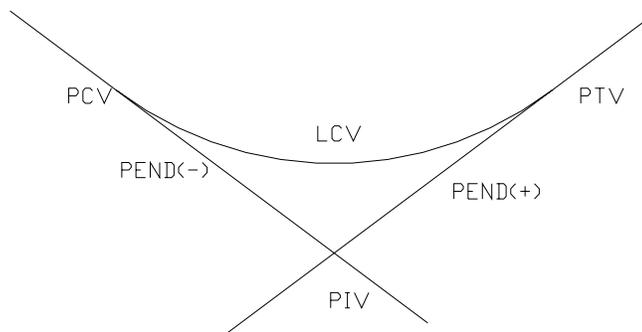
También existen curvas en ascensos con ambas pendientes positivas (convexas), y curvas en descenso con ambas pendientes negativas (cóncavas).

2.3.2.1 Alineamiento vertical

En el perfil de una carretera, la rasante es la línea de referencia que define los alineamientos verticales. Aparte de la topografía del terreno, también la determinan las características del alineamiento horizontal, la seguridad, visibilidad, velocidad del proyecto y paso de vehículos pesados en pendientes fuertes.

Un alineamiento está formado por tangentes y curvas. Las tangentes se caracterizan por su pendiente que sirve para delimitar el diseño de la sub-rasante.

Figura 4. Sección de una curva vertical



PCV = Principio de curva vertical

PEND = Pendiente

PTV = Principio de tangente vertical

PIV = Punto de intersección vertical

LCV = Longitud de curva vertical

2.3.2.2 Diseño de curvas verticales

El diseño de curvas verticales es una etapa importante desde la perspectiva de la funcionalidad para el uso de la carretera. Las curvas verticales deben cumplir ciertos requisitos de servicio, tales como la de una apariencia tal que el cambio de pendiente sea gradual y no produzca molestias al conductor del vehículo, permitiendo un cambio suave entre pendientes diferentes.

La finalidad de una curva vertical es proporcionar suavidad al cambio de una pendiente a otra; estas curvas pueden ser circulares, parabólicas simples, parabólicas cúbicas, etc.

La que se utiliza en el Departamento de Carreteras de La Dirección General de Caminos es la parabólica simple, debido a la facilidad de su cálculo a su gran adaptabilidad a las condiciones necesarias de operación.

Las especificaciones de La Dirección General de Caminos tienen tabulados valores para longitudes mínimas de curvas verticales, en función de la velocidad de diseño. Al momento de diseñar se consideraron las longitudes mínimas permisibles de curvas verticales.

2.3.2.3 Visibilidad de parada

$$L = K * a$$

L = Longitud mínima de curva vertical (cóncava o convexa para la visibilidad).

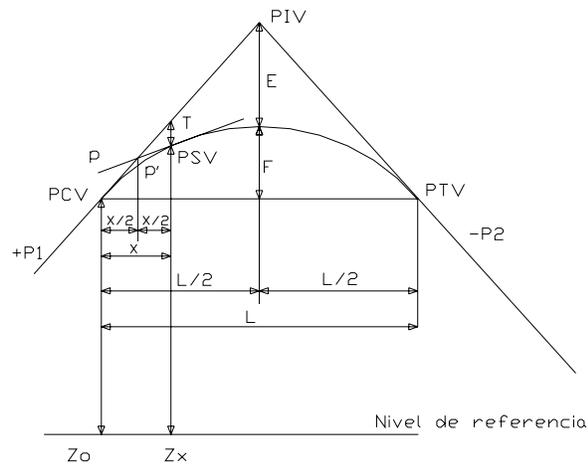
k = constante que depende de la velocidad de diseño

a = diferencia algebraica de pendientes.

Tabla IV. Valor de k, según tipo de curva

Velocidad de diseño K.P.H.	Valor de K según tipo de curva	
	CONCAVA	CONVEXA
10	1	0
20	2	1
30	4	2
40	6	4
50	9	7
60	12	12
70	17	19
80	23	29
90	29	43
100	36	60

Figura 5. Elementos de curva vertical



PIV = Punto de intersección de las tangentes verticales

PCV = Punto en donde comienza la curva vertical

PTV = Punto en donde termina la curva vertical

PSV = Punto cualquiera sobre la curva vertical

p_1 = Pendiente de la tangente de entrada, en m/m

p_2 = Pendiente de la tangente de salida, en m/m

- a = Diferencia algebraica de pendientes
- L = Longitud de la curva vertical, en metros
- k = Variación de longitud por unidad de pendiente (parámetro)
- x = Distancia del PCV a un PSV, en metros
- p = Pendiente en un PSV, en m/m
- p' = Pendiente de una cuerda, en m/m
- E = Externa, en metros
- F = Flecha, en metros
- T = Desviación de un PSV a la tangente de entrada, en metros
- Zo = Elevación del PCV, en metros
- Zx = Elevación de un PSV, en metros

a.- Curva vertical en cresta: Para que las curvas verticales en cresta cumplan con la distancia de visibilidad necesaria, su longitud deberá calcularse a partir del parámetro K, que se obtiene con la expresión:

$$K = \frac{D^2}{2 * (H^{1/2} + h^{1/2})^2}$$

Donde:

D = distancia de visibilidad, en metros

H = altura la ojo del conductor (1.14 m)

h = altura del objeto (0.15 m)

b.- Curvas verticales en columpio: Para que las curvas verticales en columpio cumplan con la distancia de visibilidad necesaria, su longitud deberá calcularse a partir del parámetro K, que se obtiene con la expresión:

$$K = \frac{D^2}{2(TD + H)}$$

Donde:

D = distancia de visibilidad, en metros

T = pendiente del haz luminoso de los faros (0.0175)

H = altura de los faros (0.64 m)

2.3.2.4 Cálculo de curvas verticales

Para el cálculo y trazo de las curvas verticales es necesario contar con un perfil del terreno, así como las longitudes y pendientes de cada segmento del camino. Es necesario también respetar las condiciones de longitud mínima de las curvas en cresta y columpio.

Las fórmulas de trazo de curvas verticales se muestran a continuación:

$L = P_o - P_1$ (2 estaciones como mínimo).

$$K = \frac{(P_o - P_1)}{(10 * L)}$$

Donde:

P_o = pendiente de entrada

P_i = pendiente de salida

L = número total de estaciones

2.3.2.5 Tangente

Las tangentes verticales estarán definidas por sus pendientes y sus longitudes.

- a. Pendiente gobernadora
- b. Pendiente máxima

- c. Pendiente mínima: la pendiente mínima en zonas de sección en corte no deberá ser menor de cero punto cinco por ciento (0.5%) y en zonas con sección de terraplén la pendiente podrá ser nula.
- d. Longitud crítica: los valores de la longitud crítica de las tangentes verticales con pendientes mayores que la gobernadora.

**2.3.2.6 Procedimiento de cálculo de curva vertical
(estación 0+060)**

La corrección máxima por curva vertical está dada por:

$$OM = \frac{(P2 - P1) * L}{800}$$

Donde:

P2 = Pendiente de salida

P1 = Pendiente de entrada

L = Longitud de curva vertical

La corrección para un punto cualquiera será:

$$Y = \frac{-OM}{\left(\frac{L}{2}\right)^2} * X^2$$

X = Distancia del PIV a la estación deseada

Tomando la longitud de curva igual a 20 m.

$$OM = \frac{((-10.11) - (-3.41))}{800} * 20 = -0.167$$

Est.	Dist.	Correcc.
0+050	0	0
0+052	2	-0.0334
0+054	4	-0.0668
0+056	6	-0.1002
0+058	8	-0.1336
0+060	10	-0.167
0+062	12	-0.1336
0+064	14	-0.1002
0+066	16	-0.0668
0+068	18	-0.0334
0+070	20	0

2.4 Movimiento de tierra

La sub-rasante es la que define el volumen de movimiento de tierra, el que a su vez se convierte en el renglón más caro en la ejecución. Un buen criterio para diseñar la carretera es obtener la sub-rasante más económica.

2.4.1 Diseño de sub-rasante

La sub-rasante es la línea trazada en perfil que define las cotas de corte o relleno que conformarán las pendientes del terreno, a lo largo de su trayectoria; la sub-rasante está ubicada por debajo de la base y la capa de rodadura en proyectos de asfalto y debajo del balasto en proyectos de terracería.

En terrenos montañosos el criterio técnico básico para definir la sub-rasante es no exceder la pendiente máxima, oscilante entre 14% al 18% en tramos de carreteras nuevos, en mejoramientos lo más práctico es chequear las

pendientes y mejorarlas solamente donde sea muy necesario tratando de mantenerse entre este rango.

Para calcular la sub-rasante es necesario disponer de los siguientes datos:

La sección típica que se utilizará.

El alineamiento horizontal del tramo.

El perfil longitudinal del mismo.

Las secciones transversales.

Las especificaciones o criterios que regirán el diseño.

Datos de la clase de material del terreno.

Datos de los puntos obligados de paso.

Los criterios para el diseño de la sub-rasante para los distintos tipos de terreno se indican a continuación:

- a. Terrenos ondulados: son aquellos que poseen pendiente que oscilan entre el 5% al 12%. La sub-rasante en éstos terrenos se debe diseñar buscando cámaras balanceadas en tramos no mayores a los 500 metros de longitud. También se debe de tener presente no exceder las pendientes mínimas y máximas permitidas por las especificaciones.
- b. Terrenos llanos: son aquellos cuyo perfil tiene pendientes longitudinales pequeñas y uniformes a la par de las pendientes transversales escasas. En éste tipo de terrenos la sub-rasante se debe de diseñar en relleno, con pendientes paralelas al terreno natural, con una elevación suficiente para dar cabida a las estructuras del drenaje transversal.

- c. Terrenos montañosos: su perfil obliga a grandes movimientos de tierra, la pendiente generalmente es máxima la cual es permitida por las especificaciones.

2.4.2 Cálculo de áreas de secciones transversales

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

Tomando en cuenta la sección topográfica transversal, se localiza el punto central de la carretera, el cual puede quedar ubicado sobre el terreno natural, marcando con ésta área de relleno y debajo del terreno natural, área de corte; a partir del cual se habrá de trazar la sección típica, contemplando el ancho de rodadura, con su pendiente de bombeo de 3% o el peralte que sea apropiado si corresponde a un caminamiento en curva horizontal; el ancho del hombro de la carretera, con su pendiente; taludes, de corte y relleno, según se presente el caso, determinando su pendiente en razón al tipo de material del terreno y la altura que precisen. Es de hacer notar que cuando es necesario se marca un espacio de remoción de capa vegetal, en el que se cortará en una profundidad aproximadamente de 30 cm. Este se considera en un renglón diferente al corte para material de préstamo, no así cuando se considere corte de material de desperdicio.

Perfil exacto de la cuneta por lo general se calcula aparte para considerarlo como excavación de canales.

Se mide o calcula el área enmarcada entre el trazo del perfil de terreno y el perfil que se desea obtener, clasificando aparte el corte y el relleno necesario.

Los taludes recomendados para el trazo de la sección típica bien sea en corte o en relleno, se muestra a continuación.

Tabla V. Proporciones de taludes

CORTE

ALTURA	H	V
0 - 3	1	1
3 - 7	1	2
> 7	1	3

RELLENO

ALTURA	H	V
0 - 3	2	1
> 3	3	2

Para medir el área en forma gráfica, se puede realizar a través de un planímetro polar. Si no se dispone de un planímetro, puede calcularse el área, asignando coordenadas totales como se considere conveniente y aplicar el método de los determinantes para encontrar el área:

$$\text{Área} = \frac{[\sum (X(1) * Y(1+1)) - \sum (Y(1) * X(1+1))]}{2}$$

Figura 6. Área de una sección transversal

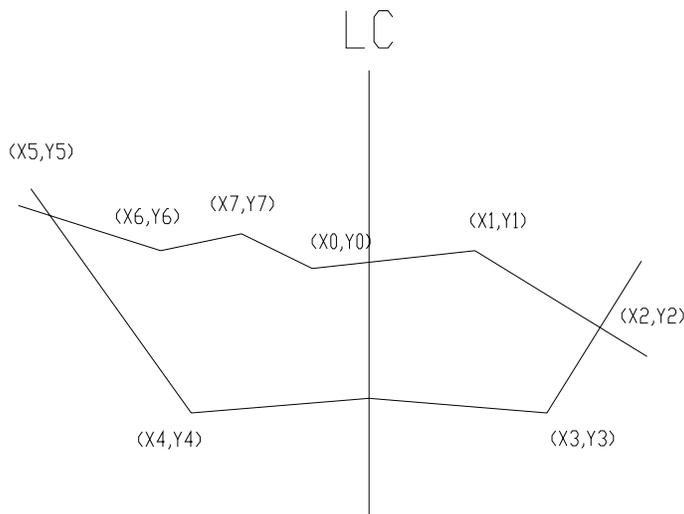
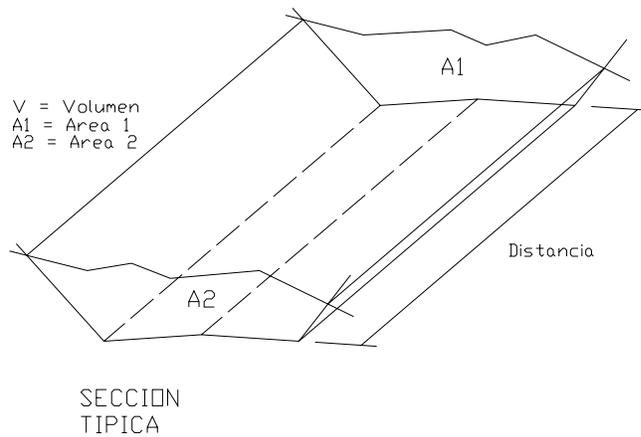


Tabla VI. Tabla de determinantes

X	Y	XY	YX
x0	y0	x0y1	Y0x1
x1	y1	x1y2	Y1x2
x2	y2	x2y3	Y2x3
x3	y3	x3y4	Y3x4
x4	y4	x4y5	Y4x5
x5	y5	x5y6	Y5x6
x6	y6	x6y7	Y6x7
x7	y7	x7y8	Y7x8
x8	y8		
		$a = \sum (x*y)$	$b = \sum (y*x)$

Figura 7. Sección típica de volumen



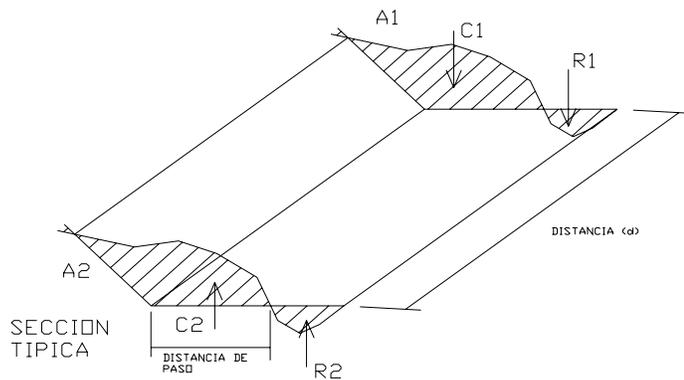
$$V = \left(\frac{A1 + A2}{2} \right) * d$$

2.4.3 Cálculo de volúmenes

Cada una de las áreas calculadas anteriormente se constituye en un lado de un prisma de terreno que debe rellenarse o cortarse. Suponiendo que el terreno se comporta de una manera uniforme entre las dos estaciones, se hace

un promedio de sus áreas y se multiplica por la distancia horizontal entre ellas, obteniendo así los volúmenes de corte y relleno en ese tramo.

Figura 8. Cálculo de volúmenes de movimiento de tierra



Cuando en un extremo la sección tenga solo área de corte y lo otra solamente área de relleno, debe calcularse una distancia de paso, donde teóricamente el área pasa a ser de corte a relleno. Este se obtiene por medio de la interpolación de las dos áreas en la distancia entre ellas. Las fórmulas que facilitan este cálculo son las siguientes:

$$Vol.corte = \frac{(C1 + C2)^2}{2 * (C1 + C2 + R1 + R2) * D} \quad Vol.relleno = \frac{(R1 + R2)^2}{2 * (C1 + C2 + R1 + R2) * D}$$

Donde:

C1 = Área de corte en la primera sección

C2 = Área de corte en la segunda sección

R1 = Área de relleno en la primera sección

R2 = Área de relleno en la segunda sección

Figura 9. Área de corte

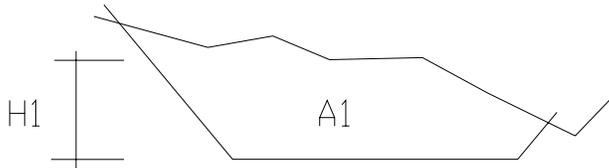


Figura 10. Área de relleno

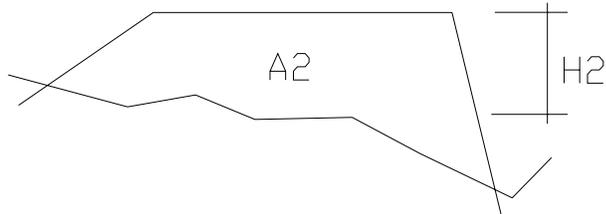
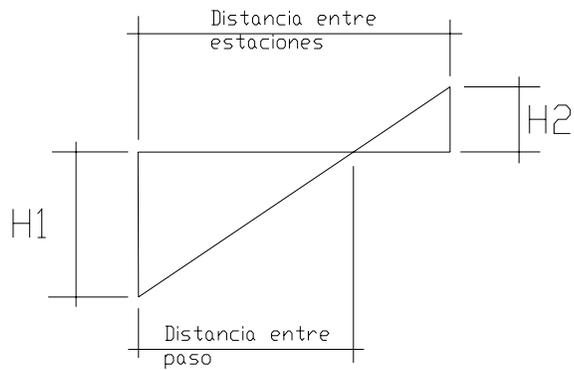


Figura 11. Distancia entre estaciones



Existen casos en que en ambas secciones aparecen áreas de corte y relleno, y con mayor razón se deben usar las fórmulas anteriores.

2.5 Definición y objetivos de un pavimento

Definición

Generalmente se denomina así a la estructura multicapa que se coloca sobre la sub-rasante de una carretera, integrada principalmente por la sub-base, la base y la carpeta de rodadura; y que provee un servicio al usuario con la debida seguridad, confort y durabilidad.

Los pavimentos pueden ser según la carpeta de rodadura: flexibles, rígidos y semirígidos. Los pavimentos de losas de concreto son pavimentos rígidos, mientras que los pavimentos de asfalto son pavimentos flexibles, los pavimentos con carpeta de rodadura de adoquín se consideran como semirígidos o semiflexibles.

El pavimento rígido, debido a su consistencia y alto módulo de elasticidad, utiliza la acción de viga para distribuir la carga en un área de suelo relativamente grande, en éste tipo de pavimentos la mayor parte de la capacidad estructural es proporcionada por la losa de concreto.

En el pavimento flexible, la carpeta produce una mínima distribución de cargas, distribuyendo éstas por el contacto de partículas en todo el espesor del pavimento.

Los pavimentos con adoquín son semiflexibles o semirígidos, ya que aunque cada adoquín es un bloque de concreto rígido, es a la vez una unidad independiente de los que los rodean, al recibir un adoquín una carga concentrada, esta se distribuye por contacto de partículas a partículas como en un pavimento flexible.

Objetivos

Soporte adecuado de las cargas de tránsito:

Naturalmente un camino ha de ser capaz de soportar las cargas que el tráfico vehicular ocasiona, sin que se produzca desplazamiento en la superficie, base o sub-base. Corrientemente se llama a esto estabilidad, otras veces resistencia mecánica, refiriéndose no sólo a la resistencia al peso directo de la rueda de tantos kilogramos por centímetro cuadrado, sino también a la capacidad de impedir la presencia de roturas internas y movimientos de partículas ocasionadas por la acción de amasadura del tráfico.

Protección de la terracería contra el agua:

El agua es uno de los elementos que más contribuye a la destrucción de una carretera, un exceso de agua produce lubricación entre las partículas. Es necesario tener un control de las aguas superficiales, como de las que se filtran en el sub-suelo.

Desgaste de los materiales por rodamiento:

El desgaste en la superficie de rodamiento producido por el paso de vehículos origina desgaste por abrasión hasta la formación de nubes de polvo, el arrancado y pérdida de elementos de mayor tamaño.

Contextura superficial adecuada:

Se hace indispensable que la capa de la rodadura sea suficiente losa para proporcionar seguridad y comodidad al usuario, pero debe de tener alguna rugosidad para no ser peligrosa.

Flexibilidad para adaptarse a las fallas de la sub-base:

Rara vez permite el tiempo y el dinero con que se dispone, una preparación total de la sub-base y terraplenes, antes de construir la capa de rodadura. Es por tanto, conveniente que esta capa de rodadura sea capaz de adaptarse a pequeños hundimientos, sin que sean necesarias costosas reparaciones.

Resistencia a la meteorización:

El sol, la lluvia, el viento, las heladas, el calor y el frío actúan continuamente sobre los materiales de la superficie. Algunos materiales o combinaciones de ellos, resisten éstas fuerzas destructoras mejor que otros, prolongando así la vida de la superficie.

2.5.1. Capas que componen el pavimento

2.5.1.1 Terreno de fundación

Es aquel que sirve de fundación al pavimento después de haber sido terminado el movimiento de tierra y que una vez compactado, tiene las secciones transversales y pendientes indicadas en los planos de diseño.

De la capacidad soporte depende en gran parte el espesor de la estructura del pavimento, por ejemplo:

Si el terreno de fundación es pésimo, debe desecharse el material que lo compone siempre que sea posible y sustituirse por un suelo de mejor calidad.

Si el terreno de fundación es malo, habría que colocar una sub-base de material seleccionado antes de poner la base.

Si el terreno de fundación es regular, podría prescindirse de la sub-base.

Si es excelente, podría prescindirse de la sub-base y base.

2.5.1.2 Sub-rasante

Es la capa de terreno de una carretera que soporta la estructura del pavimento y que se extiende hasta una profundidad en que no le afecte la carga de diseño que corresponde a la estructura prevista.

Los pavimentos de calles de sistemas de tránsito general que soportan un tráfico frecuente de camiones pesados, se asentará sobre una sub-base, con el fin de prevenir el bombeo de los suelos finos de la sub-rasante ante el fenómeno llamado bombeo de lodo que ocurre cuando la sub-rasante es de suelo arcillosos y limos arcillosos y el agua de lluvia se infiltra a la sub-rasante, especialmente a través de las juntas mal selladas y de las grietas en las losas, saturándolas y disminuyendo su capacidad soporte y en consecuencia, permitiendo que se aumenten las deformaciones. Estudios realizados a cerca de este fenómeno muestran que esto no ocurre cuando la sub-base o la base granular tiene un porcentaje de finos (para tamiz numero 200) menor del 45% y un índice de plasticidad menor de seis.

El soporte que la sub-rasante presta al pavimento se expresa con el valor del módulo de reacción "K" de la sub-rasante y puede ser determinado, mediante ensayos en el terreno o por correlación con valores soportes establecidos mediante otros ensayos. Cuando el tiempo y el equipo de laboratorio no permiten obtener el valor de K por medio del ensayo del plato, para efectos del diseño, puede considerarse la relación aproximada entre K y el C.B.R. a través de tablas.

2.5.1.3 Sub-base

Es la primera capa del pavimento y está constituida por una capa de material selecto estabilizado, de un espesor compactado, según las condiciones y características de los suelos existentes en la sub-rasante, pero en ningún caso menor de 10 centímetros ni mayor de 70 centímetros. Las principales funciones de la sub-base son:

Transmitir y distribuir las cargas provenientes de la base

Servir de material de transición entre la terracería y la base, así también como elemento aislador; previniendo la contaminación de la base cuando la terracería contenga material muy plástico.

Romper la capilaridad de la terracería y drenar el agua proveniente de la base, hacia las cunetas. Es importante que la sub-base y la base en su sección transversal sean interceptadas por las cunetas, para que éstas drenen fácilmente el agua que aquellas eliminan.

2.5.1.4 Base

Es la capa de material selecto que se coloca encima de la sub-base o sub-rasante, cuyo espesor debe ser no mayor de 35 cm. Ni menor de 10 cm. Dentro de sus principales características están las siguientes:

- a) Transmitir y distribuir las cargas provenientes de la superficie de rodadura.
- b) Servir de material de transición entre la sub-base y la carpeta de rodadura.
- c) Drenar el agua que se filtre a través de las carpetas y hombros, hacia las cunetas.

- d) Ser resistente a los cambios de temperatura, humedad, y desintegración por abrasión producidas por el tránsito.

2.5.2 Análisis y determinación del volumen de tránsito

2.5.2.1 Volumen de tránsito

Se entiende por volumen de tránsito cierta cantidad de vehículos de motor que transitan por un camino en determinado tiempo. Las unidades más comúnmente usadas en los volúmenes de tránsito son vehículos por día o vehículos por hora.

Existen diferentes vehículos de tránsito, naturalmente, esto depende del camino o del tramo de camino. Hay rutas de tipo turístico, el tipo agrícola, el tipo comercial. En fin, la variación de los volúmenes depende del tipo de la ruta, según las actividades que prevalezca en ella, en zonas agrícolas las variaciones de horario dentro de la época de cosecha son extraordinarias; puede ser que en ciertas horas de la noche no haya absolutamente ningún vehículo y sin embargo, a ciertas horas del día hay tal cantidad de vehículos que saturan la carretera, en cambio en rutas turísticas el tráfico se da en época de vacaciones.

Se han estudiado cuáles son los días de la semana que llevan los volúmenes normales de tránsito. Los máximos generalmente se registran en caminos de tipo turísticos los sábados y los domingos.

En caminos de tipo comercial o agrícola de lunes a viernes, dentro de la variación anual hay meses que llevan mayores volúmenes que otros, estos

meses coinciden con los de vacaciones en caminos de tipo turístico y los meses de producción o cosecha en caminos de tipo comercial o agrícola.

Los recuentos de volúmenes de tránsito pueden realizarse de diversas formas y existen dos métodos de conteo de tránsito, los cuales son: conteos manuales y mecánicos.

2.5.2.1.1 Conteos manuales

Para realizarlos se debe de contar con personal debidamente entrenado, a éstos conteos también se les llama conteos visuales, ya que se basan en la habilidad de las personas de ver y a la vez anotar lo visto.

2.5.2.1.2 Conteos mecánicos

Estos ponen a disposición una serie de aparatos diseñados para el registro automático de volúmenes de tránsito. Al observar un contador mecánico se nota que consta de dos unidades básicas que son: detector vehicular y el aparato registrador. Principalmente son aparatos eléctricos, que mediante detectores registran el paso de cada vehículo en puntos dados de un camino o calle. En algunos casos, el registro es realizado en una cinta donde se imprime un número acumulativo de vehículos, o en una cinta perforada, para su utilización posterior en una computadora. También hay registros gráficos de diversos tipos. Entre los detectores se tienen los siguientes:

Detector neumático: consiste en una manguera de caucho cerrada en un extremo, la cual se coloca normalmente perpendicular a la dirección de la carretera y por lo tanto del tránsito, para registrar el número de vehículos, también se observa en él una membrana que es la encargada de accionar el

contacto eléctrico del aparato registrador, el cual anota una unidad vehicular por dos ejes. Los contadores o detectores neumáticos cuentan pares de ejes, por lo tanto hay que hacer ajustes para fines comparativos.

Detectores Eléctricos: Este tipo de detector es utilizado en estaciones permanentes, los cuales consisten en una placa de acero cubierta por una capa de hule vulcanizado y moldeado, que contiene una tira de acero flexible. El espacio formado entre los contactos es llenado con un gas inerte y seco, durante el montaje del pedal y sellado como una unidad durante el proceso de vulcanización. Al pasar cada eje de un vehículo sobre este dispositivo se cierra un circuito eléctrico. Con este tipo de detectores es posible realizar recuento de vehículos por carril, un dispositivo provisional consiste de un contacto metálico separado por aire y un espaciador de goma resinosa.

De radar: un fenómeno natural que ocasiona que una señal de radio al ser reflejada por un objeto en movimiento cambie su frecuencia en relación a la señal de radio incidente, es lo que hace posible la detección de vehículos por medio de radar. Este fenómeno es conocido como el efecto doppler. El equipo electrónico que utiliza el radar compara continuamente la frecuencia de la señal recibida. Siempre que exista una diferencia de frecuencia será detectado un vehículo. Los dispositivos de radar no están sujetos a deterioro por la acción de tránsito. Los datos obtenidos son precisos y dignos de confianza.

Otros: recientemente se han desarrollado detectores bajo el principio de los rayos infrarrojos y de ultrasonido, cuya aplicación seguramente requiere pasar por cierta etapa de prueba.

Los estudios se pueden realizar por períodos cortos o bien en forma permanente. Por lo general, se realizan ambos tipos de estudios obteniendo la

correlación entre ellos. Para conocer el movimiento de vehículos de y hacia cierta zona urbana se lleva a cabo el estudio denominado “Recuento en cordón” equivalente a rodear la zona con estaciones de recuento, donde se registran las entradas y salidas de vehículos.

Otro método de estudio es el del “automóvil en movimiento”. Consiste en conducir un automóvil dentro de la corriente de tránsito, registrando los vehículos, En éste último caso se deben anotar los vehículos que lo rebasan y los que son rebasados. El tramo en estudio debe ser corregido varias veces, recomendándose que la duración del estudio sea de 20 minutos por cada kilómetro, en calles principales y de 6 minutos por cada kilómetro en calles secundarias. El vehículo debe circular a una velocidad media con respecto a los demás vehículos en la corriente del tránsito. En la hoja de campo debe anotarse por separado en número de vehículos rebasados, el número que rebasan y el número en sentido contrario, se determina el volumen horario de tránsito en la siguiente fórmula:

$$V_h = \frac{(60 * Me + (R - A)ms)}{T_c + T_{ms}}$$

Donde:

V_h = volumen horario de tránsito en sentido contrario.

Me = número de vehículos encontrados en el tramo.

$(R - A)ms$ = número de vehículos que rebasan, menos el número de vehículos rebasados, en el mismo sentido en que se viaja.

T_c = tiempo del viaje en minutos, circulando en contra del sentido del flujo en estudio.

Tms	=tiempo del viaje en minutos, circulando en el sentido del flujo en estudio.
60	=constante (min./ hora).

2.5.2.2 Especificaciones para los ejes de camiones

Un eje sencillo

Está compuesto, normalmente, de dos llantas en automóviles livianos y en camiones pesados por cuatro llantas.

Un eje en tandem.

Está compuesto por dos ejes sencillos, cada eje sencillo tiene cuatro llantas, por lo cual el eje tandem tiene ocho llantas.

2.5.2.3 Carga máxima utilizada en Guatemala

El eje simple de carga equivalente de 18,000 libras podría ser definido como el eje simple con esa carga, cuyas repeticiones causarían en la reacción del pavimento el mismo efecto que causaría la repetición de cualquier combinación de ejes con carga de diferente magnitud.

El manual serie 1 (MS-) – 1970, del instituto de asfalto norteamericano para el diseño de pavimentos flexibles, establece un método para obtener el número de ejes simples con carga equivalente a 18,000 libras, que sería el número de diseño de tránsito que se utiliza en el método de diseño de la AASHTO. También en el método de diseño de pavimentos rígidos de la Asociación del Cemento Pórtland, se utiliza un censo estandarizado o promedio

de tránsito llevado en el formulario W-4, es así como se puede establecer el número de ejes simples con ruedas duplas, con carga equivalente de 18,000 libras, que se utiliza en el método de AASHTO.

Se hace notar que en las calles y carreteras es recomendable limitar las cargas de las ruedas, por eje simple y tandem de los vehículos, de manera que estas cargas no excedan las utilizadas en el diseño.

2.5.2.4 Clasificaciones de tránsito

A continuación se enumera una de las clasificaciones con las cuales el diseño puede auxiliarse para tomar en cuenta todos los vehículos que transitan por las carreteras y calles de la república de Guatemala.

2.5.2.4.1 Tránsito liviano

En esta clasificación están incluidos aquellos vehículos livianos, automóviles, pick-ups, paneles, incluyendo algún otro camión de dos ejes sencillos, con dos llantas en cada eje, haciendo un total de 4 llantas.

La carga por eje sencillo de estos vehículos varía según el rango de dos a cinco toneladas; por consiguiente, la carga y repeticiones de los vehículos livianos no tienen efecto alguno para el diseño de un pavimento.

2.5.2.4.2 Tránsito mediano o medio

Incluye camiones de reparto, buses y camiones, camiones medianos y pequeños de carga de 6 llantas y un eje sencillo atrás de 4 llantas, cuyo rango de carga por eje varía de 5 a 8 toneladas.

2.5.2.4.3 Tránsito pesado

Está constituido, principalmente por vehículos comerciales pesados, normalmente vehículos de dos ejes y 6 llantas o más, o combinaciones de tres ejes o más. Así, los valores permisibles de tránsito promedio diario de camiones (TPDC), incluyen solamente camiones de 6 llantas y unidades simples o combinadas de tres ejes o más.

La carga por eje sencillo de dos y cuatro llantas para tránsito pesado, generalmente se encuentra en el intervalo de 14 a 30 toneladas de peso. Para el tránsito pesado no se incluyen camiones de dos ejes con dos llantas en cada eje.

2.5.3 Pavimento rígido

Es aquel en el cual la capa de rodamiento está formada por concreto de cemento Pórtland, con o sin armadura metálica. En algunos casos, estos pavimentos podrán llevar una carpeta de desgaste formada por una mezcla bituminosa; pero en el presente trabajo sólo se tendrán en cuenta aquellos pavimentos formados por concreto de cemento Pórtland.

2.5.3.1 El cemento Pórtland

Se utiliza en la fabricación de concreto hidráulico combinado con arena, agregado mineral grueso (piedra triturada o grava) y agua. Los fabricantes de cemento Pórtland en nuestro medio elaboran productos de primera calidad, el cemento es generalmente distribuido en sacos de 94 libras (42.5 kilogramos), y 0.28 m³ (un pie cúbico de volumen).

2.5.3.2 Pavimento de concreto de cemento Pórtland

Es un pavimento rígido constituido de losas de concreto de cemento Pórtland simple o reforzado. Los pavimentos de concreto varían en espesor, desde los relativamente delgados de 5 ó 6 pulgadas (13 ó 15 cm.) para tráfico de carga ligera, para estacionamientos y algunas calles residenciales; hasta losas más gruesas para calles y carreteras principales, losas para pavimento interestatales diseñadas para llevar tráfico vehicular de carga pesada, de gran intensidad y velocidad.

2.5.3.2.1 Requisitos para los materiales del concreto

Cemento Pórtland: debe ser tipo I o tipo II y III.

Agregado fino

La graduación del agregado debe estar dentro de lo indicado en la sig. Tabla.

Tabla VII. Graduación de agregado para el concreto con cemento Pórtland

TAMICES AASHTO M 92	PORCENTAJE QUE PASA	
Núm. 3	100	100
Núm. 4	95-100	95-100
Núm. 8	-----	75-95
Núm. 16	45-80	50-85
Núm. 30	-----	25-60
Núm. 50	5-30	5-30
Núm. 100	5-30	5-30
Núm. 200	00-4	00-04

El módulo de finura no debe de ser menor de 2.3 ni mayor de 3.1, ni variar en más de 0.20 del valor asumido al seleccionar las proporciones del concreto.

El módulo de finura de un agregado se determina de la suma de los porcentajes por peso acumulado retenidos en los siguientes tamices de malla cuadrada, dividida entre 100. 3", 1.5", ¾", 3/8", Núm. 4, Núm. 8, Núm. 16, Núm. 30, Núm. 50, Núm. 100.

Agregado grueso

El porcentaje de partículas planas o alargadas (longitud mayor de 5 veces el espesor promedio), no debe sobrepasar de 15 % en peso. El porcentaje de partículas finas no debe de exceder de 5 % en peso, pero el contenido de terrones de arcilla no debe ser mayor de 0.25 % en peso. La graduación del agregado grueso debe satisfacer una de las graduaciones indicadas a continuación.

Tabla VIII. Graduación de agregado grueso

Porcentaje en peso que pasa											
Num	Tamiz		3"	2.5"	2"	1.5"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Num. 4
1	0.5"	Núm. 4						100	90-100	40-70	0-15
2	¾"	Núm. 4					100	95-100		20-55	0-10
3	1"	Núm. 4				100	95-100		25-60		0-10
4	1.5"	Núm. 4			100	95-100		35-70		10-30	0-10
5	2"	Núm. 4		100	95-100		35-70		10-30		0-05
6	2.5"	Núm. 4	100	95-100		35-70		10-30			0-05

*No más del 5% debe pasar el tamiz núm. 8

El agua para mezclado, curado del concreto y lavado de agregados debe ser preferiblemente potable, limpia y libre de cantidades perjudiciales de aceite, ácido, álcalis, azúcar, sales como cloruro o sulfato, material orgánico y otras sustancias que pueden ser nocivas al concreto o al acero.

2.5.3.2.2 Calidad del concreto

Generalidades el concreto debe dosificarse y producirse para asegurar una resistencia a la compresión promedio lo suficientemente alta, para minimizar la frecuencia de resultado de prueba por debajo del valor de resistencia a la compresión especificada en los planos.

Los planos deben mostrar claramente la resistencia a la compresión del concreto, para la cual se ha diseñado cada parte de la estructura.

Los requisitos para comprobar la resistencia del concreto, deben basarse en cilindros fabricados y probados de acuerdo con los métodos AASHTO o ASTM.

Criterios de variación de las pruebas de resistencia. Las proporciones del concreto pueden establecerse con base en la experiencia de campo, con materiales semejantes a los que se emplearán en la obra propuesta, o sobre la base de pruebas de tanteo en el laboratorio.

Criterio 1: que haya una probabilidad menor de 1 en 10, de que una prueba individual de resistencia tomada al azar, sea más baja que la resistencia especificada, en cuyo caso la resistencia promedio requerida se calcula por medio de la fórmula:

$$F'_{cr} = f'_c + 1.282 * S$$

Criterio 2: que haya una probabilidad menor de 1 en 100, de que el promedio de 3 pruebas consecutivas de resistencia, sea más baja que la resistencia especificada, en cuyo caso la resistencia promedio requerida se calcula por medio de la fórmula:

$$F'_{cr} = f'_c + 1.343 * S$$

Que haya una probabilidad de 1 en 100, de que una prueba individual de resistencia sea 500 libras/pulgada cuadrada (35 kg./cm²) más baja que la resistencia especificada, en cuyo caso la resistencia promedio requerida se obtiene por las fórmulas:

$$F'_{cr} = f'_c - 500 + 2.326 * S \text{ (en Lib / pulg}^2\text{)}$$

$$F'_{cr} = f'_c - 35 + 2.326 * S \text{ (en Kg / cm}^2\text{)}$$

Donde:

F'_{cr} = Resistencia promedio requerida para la selección de proporciones de la mezcla de concreto.

f'_c = Resistencia del concreto especificada en los planos, a los 28 días.

S = desviación estándar de las pruebas individuales de resistencia.

2.5.3.2.3 Clases de mezcla

Las principales clases de concreto hidráulico utilizadas en carreteras son las siguientes:

- a. **Concreto clase "A"**: debe tener un mínimo de resistencia a la compresión de 3000 Lib / pulg², (210.9 kg./cm²), a los 28 días; un

contenido mínimo de 8 sacos de cemento de 94 libras (42.7 kg.) por m³ y 6 galones (22.7 litros) de agua por saco de cemento Pórtland. Normalmente se emplea en construcciones masivas, altamente reforzado (véase tabla IX).

- b. Concreto clase “B”:** debe tener un mínimo de resistencia a la compresión de 2500 Lib / pulg², (175.8 kg./cm²), a los 28 días; un contenido mínimo de 7.25 sacos de cemento de 94 libras (42.7 kg.) por m³ y 7 galones (26.5 litros) de agua por saco de cemento Pórtland. Al igual que el concreto clase “A” se utiliza en construcciones masivas, pero ligeramente reforzado (véase tabla IX).
- c. Concreto clase “C”:** debe tener un mínimo de resistencia a la compresión de 2000 Lib / pulg², (140.6 kg./cm²), a los 28 días; un contenido mínimo de 6 sacos de cemento de 94 libras (42.7 kg.) por m³ y 8 galones (30.0 litros) de agua por saco de cemento Pórtland. Utilizado sin refuerzo alguno (véase tabla IX).
- d. Concreto clase “D”:** se deberá utilizar en concretos hidráulicos pretensados (véase tabla IX).
- e. Concreto clase “X”:** se emplea en secciones masivas, ligeramente reforzadas y cuando se desea obtener un concreto de mejor calidad que la clase “B” (véase tabla IX).
- f. Concreto clase “Y”:** puede emplearse en secciones delgadas y reforzadas (véase tabla IX).

g. Concreto clase “S”: generalmente utilizado para trabajos bajo el agua (véase tabla IX).

Tabla IX. Proporciones de las diferentes clases de mezclas

1	Método de fabricación	2	Tamaño de agregado		3	4	Peso en kg. de los agregados			
			Normal	Alternativa			Grava		Piedra triturada	
							Finos	Gruesos	Finos	Gruesos
A	Vibrado	8.5	1.5" Núm. 4	1" Núm. 4	5.5	1-3	185	430	200	400
A	No vibrado	8.5	1.5" Núm. 4	1" Núm. 4	5.5	2-4	210	400	230	365
AA	Vibrado	8	1" Núm. 4	3/4" Núm. 4	6	1-3	230	440	250	390
AA	No vibrado	8	1" Núm. 4	3/4" Núm. 4	6	2-4	260	405	280	360
B	Vibrado	7.3	2" Núm. 4	1.5" Núm. 4	7	1-2	275	680	310	520
B	No vibrado	7.3	2" Núm. 4	1.5" Núm. 4	7	2-3	320	635	355	275
C	Vibrado	6	2.5" Núm. 4	2" Núm. 4	8.5	1-2	345	910	390	835
C	No vibrado	6	2.5" Núm. 4	2" Núm. 4	8.5	2-3	410	835	455	770
D	Vibrado	9.8	1" Núm. 4	3/4" Núm. 4	4.5	1-3	170	340	175	325
X	Vibrado	7	2" Núm. 4	1.5" Núm. 4	6	1-2	200	560	230	510
X	No vibrado	7	2" Núm. 4	1.5" Núm. 4	6	2-3	240	525	270	470
Y	Vibrado	9	1/2" Núm. 4	3/4" Núm. 4	5.5	1-3	235	285	240	270
Y	No vibrado	9	1/2" Núm. 4	3/4" Núm. 4	5.7	2-4	260	260	270	240
S	No vibrado	9	1" Núm. 4	3/4" Núm. 4	6	4-8	195	355	220	305

1 Clases de concreto

2 Bolsas de cemento de 94 libras por metro de cemento

- 3 Relación neta máxima agua/cemento en galones por bolsa de cemento
- 4 Revenimiento o slump test, en pulgadas.

2.6 Diseño de pavimento

2.6.1 Datos preliminares

2.6.1.1 Ensayos para clasificación de los suelos

Son los ensayos para clasificar el tipo de suelo que existe en el área de trabajo, son de mucha importancia para ser descritos y clasificados adecuadamente. Dentro de estos ensayos, los principales son: el análisis granulométrico y los límites de consistencia.

2.6.1.1.1 Análisis granulométrico

La granulometría es la propiedad que tiene los suelos naturales de mostrar diferentes tamaños en su composición.

Este ensayo consiste en clasificar las partículas de suelo según su tamaño, representando los datos obtenidos en forma gráfica. De ellos se calculan los siguientes coeficientes:

Coefficiente de uniformidad: que indica la variación del tamaño de las partículas de suelo.

$$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

Donde:

Cu = Coeficiente de uniformidad

D60 = Diámetro máximo del 60%

D10 = Diámetro máximo del 10%

Coeficiente de graduación: que indica una medida de la forma de la curva entre D10 y D60

$$C_g = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} * D_{60}} C_g$$

Donde:

Cg = Coeficiente de graduación

D30 = Diámetro máximo del 30%

D10 = Diámetro máximo del 10%

D60 = Diámetro máximo del 60%

Todo el análisis granulométrico deberá ser hecho por vía húmeda, según lo descrito en AASHTO T-27. Los suelos no son homogéneos presentan partículas de muy diversos tamaños, formas y componentes. Condiciona el comportamiento geotécnico del suelo y se realiza por tamizado y sedimentación.

2.6.1.1.2 Tamizado

Consiste en pasar la muestra del suelo a través de una serie de tamices con ancho de malla decreciente, pesando la cantidad contenida en cada uno de ellos. Se aplica a tamaño gruesos superiores a 0.1 mm.

Las partículas se consideran de un tamaño igual a la abertura o ancho de malla del menor tamiz que permite el paso. Es necesario secar previamente la muestra.

2.6.1.1.3 Límites de consistencia

Sirve para determinar, las propiedades plásticas de suelos arcillosos o limosos. Los límites de consistencia de los suelos, están representados por su contenido de humedad, y se conocen como: límite líquido, límite plástico e índice plástico.

2.6.1.1.3.1 Límite líquido

Es el estado del suelo cuando se comporta como una pasta fluida. Se define como el contenido de agua necesario para que, a un determinado número de golpes (normalmente 25), en la copa de Casagrande, se cierre 1.27 centímetros a lo largo de una ranura formada en un suelo remoldado, cuya consistencia es la de una pasta dentro de la copa.

El límite líquido fija la división entre el estado casi líquido y el estado plástico. El límite líquido en ocasiones puede utilizarse para estimar asentamientos en problemas de consolidación, ambos límites juntos son algunas veces útiles para predecir la máxima densidad en estudios de compactación.

El límite líquido es una medida de la resistencia al corte del suelo a un determinado contenido de humedad. Las investigaciones muestran que el límite líquido aumenta a medida que el tamaño de los granos o partículas presentes en el suelo disminuyen. El procedimiento analítico para la determinación de este

límite se basa en la norma AASHTO T-89, teniendo como obligatoriedad el hacerlo sobre muestra preparada en húmedo.

2.6.1.1.3.2 Límite plástico

El límite plástico es el contenido de humedad por debajo del cual el suelo se comporta como un material plástico. A éste nivel de contenido de humedad, el suelo está en el vértice de cambiar su comportamiento al dar un fluido viscoso. El límite plástico se define como el contenido de agua (expresado en porcentaje del peso seco), con el cual se agrieta un cilindro de material de 3 mm (1/8 de pulgada) de diámetro al rodarse con la palma de la mano o sobre una superficie lisa. El proceso analítico para este ensayo se encuentra en la norma AASHTO T-90.

2.6.1.1.3.3 Índice Plástico

El índice plástico es el más importante y el más usado; consiste simplemente en la diferencia numérica entre el límite plástico y el límite líquido. Indica el margen de humedades, dentro del cual se encuentra en estado plástico, tal como lo definen los ensayos. Si el límite plástico es mayor que el límite líquido, el índice de plasticidad se considera no plástico.

Tanto el límite líquido como el plástico, dependen de la calidad y del tipo de arcilla; sin embargo, el índice de plasticidad, depende generalmente, de la cantidad de arcilla en el suelo.

Cuando un suelo tiene un índice plástico (I.P.) igual a cero, es no plástico; cuando el índice plástico es menor de 7 el suelo es de baja plasticidad; cuando el índice plástico está comprendido entre 7 y 17 se dice que el suelo es

medianamente plástico, y cuando presenta un índice plástico mayor de 17 se dice que es altamente plástico.

2.6.1.2 Ensayos para el control de la construcción

La compactación del suelo en general es el método más barato de estabilización disponible.

La estabilización de suelos consiste en el mejoramiento de sus propiedades físicas para obtener una óptima estructura, resistencia al corte y relación de vacíos deseable.

Para determinar las características de resistencia y de esfuerzo-deformación de los materiales de apoyo, será necesario investigarlos por cualquiera de las siguientes características:

- a. Por penetración
- b. Por resistencia al esfuerzo cortante
- c. Por aplicación de cargas

2.6.1.2.1 Determinación del contenido de humedad

El contenido de humedad es la relación entre el peso del agua contenida en la muestra y el peso de la muestra después de ser secada al horno, expresada en tanto por ciento.

En otras palabras no es nada más que el porcentaje o cantidad de agua presente en el suelo. Es necesario determinar el contenido de humedad para

realizar los siguientes ensayos: de compactación Proctor, de valor soporte, límites de consistencia y las densidades de campo.

2.6.1.2.1.1 Densidad máxima y humedad óptima

Para carreteras en Guatemala se utiliza generalmente el Proctor Modificado, según AASHTO T-180; éste sirve para calcular la humedad óptima de compactación, que ocurre cuando alcanza su máxima compactación.

La masa de los suelos, está formada por partículas sólidas y vacíos; éstos pueden estar llenos de agua, de aire o de ambos a la vez. Si la masa de un suelo se encuentra suelta, tiene mayor número de vacíos, los que, conforme se sometan a compactación, van reduciéndose hasta llegar a un mínimo, que se establece cuando la masa del suelo, alcanza su menor volumen y su mayor peso; esto se conoce como **densidad máxima**. Para alcanzar la densidad máxima, es necesario que la masa del suelo tenga una humedad determinada, la que se conoce como **humedad óptima**.

Cuando el suelo alcanza su máxima densidad tendrá mejores características, tales como:

- a. Reducción de volumen de vacíos y de la capacidad de absorción.
- b. Aumento de la capacidad del suelo, para soportar mayores cargas.

El ensayo de compactación Proctor consiste en tomar una cantidad de suelo, pasarlo por el tamiz No. 4 añadirle agua y compactarlo en un molde cilíndrico en tres capas con veinticinco golpes por cada capa con un martillo de compactación. Luego de compactar la muestra, ésta es removida del molde y demolida nuevamente para obtener pequeñas porciones de suelo, que servirán

para determinar el contenido de su humedad en ese momento. Se añade más agua a la muestra, hasta obtener una muestra más húmeda y homogénea y se hace nuevamente el proceso de compactación.

Esto se repite sucesivamente para obtener datos para la curva de densidad seca, contra contenido de humedad. El Proctor Modificado, tiene ventaja sobre el estándar en los aspectos siguientes:

- a. Mejor acomodación de las partículas que forman la masa de un suelo, reduciendo su volumen y aumentando el peso unitario o densidad.
- b. Mayor economía en las operaciones de riego, al tener una humedad óptima más baja, lo que facilitará la compactación.

2.6.1.2.2 Ensayo de equivalente de arena

Esta prueba se aplica para evaluar de manera cualitativa, la cantidad y actividad de los finos presentes en los suelos por utilizar.

Consiste en ensayar los materiales que pasan la malla No. 4 en una probeta estándar parcialmente llena, de una solución que propiciará la sedimentación de los finos.

Se hace con el fin de conocer el porcentaje relativo de finos plásticos que contienen los suelos y los agregados pétreos. Este ensayo se lleva a cabo principalmente, cuando se trata de materiales que se utilizarán como base, sub-base, o como materiales de bancos de préstamo. El procedimiento analítico se rige por la norma AASHTO T-176.

2.6.1.3 Ensayos para la determinación de la resistencia del suelo

2.6.1.3.1 Ensayo de valor del suelo (CBR)

Este ensayo conocido como Californian Bearing Ratio (CBR por sus siglas en inglés), sirve para determinar la capacidad de soporte que tiene un suelo compactado a su densidad máxima, en las peores condiciones de humedad que pueda tener en el futuro. Éste se expresa en el porcentaje del esfuerzo requerido para hacer penetrar un pistón estándar en la muestra de suelo, comparado con el patrón de piedra triturada de propiedades conocidas.

Para este ensayo es necesario conocer la humedad óptima y la humedad actual del suelo, y así poder determinar la cantidad de agua que se añadirá a la muestra del suelo. Los cilindros se compactan en cinco capas, para 10, 30 y 65 golpes, por cada capa. Para cada cilindro compactado se obtendrá el porcentaje de compactación (%C), el porcentaje de expansión y el porcentaje de CBR. El procedimiento analítico se rige por la norma AASHTO T-193.

Expansión: a cada cilindro se le coloca un disco perforado, con vástago ajustable y el disco de 10 a 13 libras, sobre el vástago ajustable, se coloca el extensómetro, montado sobre un trípode, ajustando la lectura a cero. Realizado lo anterior, se sumerge en el agua durante cuatro días, tomando lecturas cada 24 horas, controlando la expansión del material. Es importante tener en cuenta que el peso de 10 a 13 libras colocado sobre el disco perforado con vástago ajustable, corresponde aproximadamente al peso de una losa de concreto. La finalidad de sumergir la muestra durante cuatro días en agua, es para someter a los materiales usados en la construcción, a las peores condiciones que puedan estar sujetos en el pavimento (como se mencionó al inicio).

Determinación de la resistencia a la penetración: luego de haber obtenido la muestra en saturación durante cuatro días se saca del agua escurriéndola durante quince minutos. Se le quita la pesa y el filtro y se mide la resistencia a la penetración.

Cuando se empieza la prueba se coloca nuevamente sobre la superficie de la muestra, se procede a hincar el pistón, a una velocidad de penetración de 1.27 cm / min. Se toma la presión, expresada en lb/pulg² necesaria para hincar a determinadas penetraciones.

2.6.2 Aspecto estructural

De los ensayos realizados, se obtuvieron las siguientes características del suelo:

Clasificación: S.C.U.: SM P.R.A.: A-4 Arena limo arcillosa color beige

Límite Líquido: Material no plástico

Índice Plástico: Material no plástico

Densidad seca máxima yd: 1508 Kg/m³ 94.11 lb/pie³

Humedad óptima = 18.5 %

CBR al 95% de compactación es de 34.4 % aproximadamente.

% de grava = 7.59

% de arena = 46.88

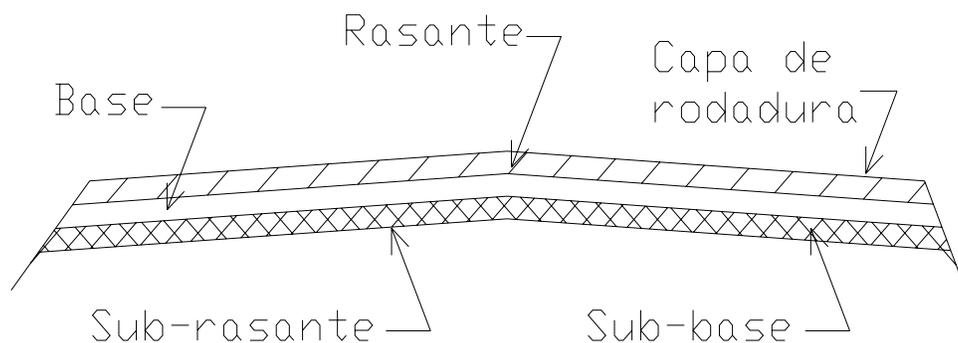
% de finos = 45.53

Como se puede apreciar éste material cumple con los requisitos de subrasante, dado que CBR al 95% es mayor que el 5%, por lo que se recomienda eliminar impurezas superficiales de mas o menos 0.2 m de profundidad y luego compactar para lograr una base adecuada.

2.6.3 Estructura final del pavimento

Es una estructura que trasmite las cargas concentradas, en las ruedas de los vehículos, al suelo de fundación, sin que éste falle. Un pavimento debe dar comodidad, con una superficie lisa no resbaladiza y resistente a los efectos climáticos como el sol, la lluvia y el hielo.

Figura 12. Partes y elementos estructurales de un pavimento



2.6.3.1 Diseño y dimensiones del espesor del pavimento

Tomando en cuenta el estudio de suelos y otros factores económicos, se selecciona el tipo de pavimento rígido, hombros y sub-base a utilizar. El espesor del pavimento se determina por los siguientes factores de diseño:

- Resistencia a la flexión del concreto (módulo de ruptura MR)
- Resistencia de la sub-rasante, o combinación de sub-rasante y sub-base (K)
- Frecuencia y tipo de carga por eje del vehículo que soportará el pavimento.
- Período de diseño, el cual es usualmente de veinte años.

2.6.3.1.1 Módulo de ruptura

Las consideraciones sobre la resistencia a la flexión del concreto son aplicables en el procedimiento de diseño para el criterio de fatiga, el cual controla el agrietamiento de pavimento bajo carga de camión respectiva.

La flexión de un pavimento de concreto bajo cargas de eje, produce tanto esfuerzo de flexión como de compresión. Sin embargo, la relación de esfuerzos compresivos a resistencia a la compresión es bastante pequeña como para influenciar el diseño del espesor de la losa.

Generalmente se utiliza el resultado de este ensayo a los 28 días.

2.6.3.1.2 Soporte de la sub-rasante

Este valor está definido por el módulo Westergar de reacción de la sub-rasante. Éste es igual a la carga en libras por pulgada entre la deflexión, en pulgadas para dicha carga.

Dado que la prueba de carga de plato es larga y costosa, este valor, usualmente se calcula por correlación simple, como el CBR a la prueba del valor K.

Puesto que las variaciones de éste valor no afectan considerablemente el espesor del pavimento no es necesaria su determinación exacta.

Este valor varía entre 50 psi, para la arcilla más plástica y 500 psi, para gravas y arenas no plásticas, la siguiente tabla muestra los valores aproximados de K para cuatro tipos de suelo.

Tabla X. Soportes de sub-rasante

Tipos de suelo	Soporte	Rango de Valores K
Suelo de grano fino en el cual el tamaño de partículas de limo y arcilla predominan	Bajo	75-120
Arena y mezclas de arenas con grava, con una cantidad considerada de limo y arcilla	Medio	130-170
Arena y mezclas de arenas con grava, relativamente libres de finos	Alto	180-220
Sub-base tratada con cemento	Muy alto	250-400

2.6.3.1.3 Métodos para determinar espesor

La asociación del Cemento Pórtland (PCA), ha desarrollado varios métodos para determinar el espesor de las diferentes capas de un pavimento que resista las cargas que ocasiona el tránsito, el método que utilizaremos está basado en la siguiente tabla, la cual se basan en el valor soporte del suelo y el tráfico de vehículos comerciales.

El ensayo de CBR es de 9.9% con 10 golpes y 40.1% con 65 golpes por lo que se utilizará un espesor de 0.18 m de concreto con una resistencia de 4000 PSI. El suelo cemento debe tener una resistencia a la compresión a los 7 días de 2; 1.7 y 1.4 Mpa Para suelos arenosos, limosos y arcillosos, respectivamente. El concreto debe de tener un módulo de rotura a los 28 días mayor que 4 Mpa. (= 40 kg/cm²).

Tabla XI. Diseño de pavimento de concreto sobre base de suelo cemento para diferentes categorías de tráfico y capacidad soporte del suelo

TIPO DE PAVIMENTO	CAPACIDAD SOPORTE DE SUELO	ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO	CLASIFICACIÓN DE LA VIA, SEGÚN SU CATEGORIA Y EL NÚMERO DE VEHÍCULOS COMERCIALES POR DÍA Y CARRIL				
		CAPA DE RODADURA BASE	SERVICIO SECUNDARIA	SERVICIO PRIMARIA	COLECTORA	ARTERIA	REGIONAL
			1-5	6-20	21-50	51-200	201-700
PAVIMENTO DE CONCRETO DE CEMENTO	BAJA CBR MENOR O IGUAL A 3	Placa de concreto	140	150	170	185	190
		Base de suelo cemento	100	100	100	100	100
	MEDIA CBR MAYOR A 3, MENOR O IGUAL A 15	Placa de concreto	125	145	160	170	180
		Base de suelo cemento	100	100	100	100	100
	BUENA CBR MAYOR A 15	Placa de concreto	120	140	155	165	170
		Base de suelo cemento	100	100	100	100	100

En las vías regionales las juntas transversales de las placas de los pavimentos de concreto pueden estar dotadas de pasadores de acero para asegurar una adecuada transferencia de cargas.

El incremento o la reducción del espesor de las placas de concreto será de 5 cm. por cada 5 años de aumento o disminución del período de diseño, respectivamente. Para períodos de diseño de 25 o más años se deben de colocar pasadores de transferencia de carga en las juntas transversales de los pavimentos.

2.6.3.2 Juntas

Las juntas tienen por objeto controlar los esfuerzos del concreto, debido a su expansión y contracción, estos esfuerzos se producen por los cambios de

temperatura en el ambiente, además de no permitir la formación de grietas irregulares de la losa de concreto. Las juntas más comunes en los pavimentos rígidos son:

2.6.3.2.1 Juntas longitudinales

Controlan el agrietamiento longitudinal. La separación máxima entre juntas longitudinales es de 6 pies (1.83 m.) es la que determina el ancho del carril.

Lo común en nuestro medio, es construir la carpeta de rodadura carril por carril, cuando se trata de pavimento rígido, por lo que las juntas longitudinales se vuelven juntas de construcción del tipo "macho-hembra". Pueden llevar barras de anclaje cuando no existe confinamiento lateral.

2.6.3.2.2 Juntas transversales

También son llamadas juntas de contracción, ya que controlan el agrietamiento transversal por contracción de concreto.

La profundidad de la ranura debe ser igual a un cuarto del espesor de la losa. La separación máxima de las juntas transversales es de 6 pies (1.83 m.) la colocación de barras de transferencia depende de las características de la subrasante y del tipo de tránsito esperado para el pavimento.

La profundidad del corte a utilizar en el proyecto será de 0.045 m. ya que ésta depende del espesor de la losa del pavimento de concreto que es de 0.18 m. Los cortes se realizaran a una distancia de 1.50 m. para que module con el ancho de la calle que es de 6.00 m de ancho.

2.6.3.2.3 Junta de expansión

Se construyen para disminuir las tensiones cuando el concreto se expande. Se colocan obligadamente frente a estructuras existentes y en intersecciones irregulares. Cuando las juntas de contracción controlan adecuadamente el agrietamiento transversal, las juntas de expansión no son necesarias. Su construcción consiste en dejar una separación de 2 cm. En todo el espesor de la losa, la cual se rellena con un sello impermeable y compresible.

2.6.3.2.4 Juntas de construcción

Se construyen cuando hay una interrupción mayor de 30 minutos en la colocación del concreto. Son del tipo trabado, es decir lleva barras de acero o material adecuado, para formar tabiques, de modo que se forme una cara vertical con una traba apropiada.

2.6.3.3 Diseño de mezcla de concreto

En el diseño de mezcla de concreto, se utilizaron tablas, que son resultado de numerosos ensayos de laboratorio y que ayudan a obtener mezclas con las características deseadas.

Tabla XII. Revenimientos recomendados para varios tipos de construcción

Tipos de construcción	Revenimiento (cm).	
	Máximo	Mínimo
Muros y zapatas de cimentación reforzados	12.50	5.00
Zapatas simples y muros para subestructuras	10.00	2.50
Losas, vigas y muros reforzados	15.00	7.50
Columnas para edificios	15.00	7.50
Pavimentos	7.50	5.00
Construcciones masivas	7.50	2.50

Tabla XIII. Relación agua/cemento para distintas resistencias

Resistencia a la compresión en kg/cm ²	Relación A/C (agua-cemento)
70	0.88
105	0.82
140	0.74
176	0.68
211	0.62
246	0.58
281	0.52
316	0.48
350	0.44

Tabla XIV. Requisitos aproximados de agua de mezclado para diferentes revenimientos y tamaño máximo de agregado

Revenimiento En cm.	Agua en Lts/m ³ de concreto para el tamaño del agregado indicado en cm y pul.							
	0.95	1.27	1.90	2.50	3.80	5.10	7.60	15.20
	3/8	1/2	3/4	1	1 1/2	2	3	6
2.50 a 5.00	207	198	183	178	163	154	144	124
7.60 a 10.00	227	217	202	193	178	168	158	138
15.20 a 17.80	242	227	213	202	188	178	168	148

Tabla XV. Porcentaje de agregado fino/agregado total para distintas resistencias y tamaño máximo de agregado grueso

Resistencia Kg/cm ²	Tamaño max Agreg. Cm	% agregado fino		
		Modulo finura 2.2 a 2.6	Modulo finura 2.6 a 2.9	Modulo finura 2.9 a 3.2
	1.91	50	51	52
105	2.54	47	48	50
	3.81	45	46	48
	1.91	48	50	32
140	2.54	45	47	49
	3.81	43	45	47
	1.91	46	48	50
175	2.54	43	45	47
	3.81	41	43	45
	1.91	45	47	49
210	2.54	42	44	46
	3.81	46	42	44
	1.91	43	45	47
246	2.54	40	42	44
	3.81	38	40	42
	1.91	41	45	45
281	2.54	38	42	42
	3.81	36	40	40
	1.91	39	43	43
316	2.54	36	40	40
	3.81	34	38	38
	1.91	36	41	42
350	2.54	34	38	39
	3.81	32	36	37

Al requerir un concreto con una resistencia a la compresión de 4,000 lb/plg² (281 kg/cm²), a los 28 días de curado, la tabla XII indica un revenimiento máximo de 7.5 cm., la tabla XIII da una relación agua-cemento de 0.52. Conociendo el revenimiento máximo de la mezcla, se obtiene de la tabla XIV, la cantidad de agua por metro cúbico de concreto, que para éste caso es de 193 lt/m³, utilizando un tamaño máximo del agregado grueso de 1 pulg. El

porcentaje de arena sobre el agregado total, se obtiene de la tabla XV, al conocer el tamaño máximo del agregado grueso. Para éste caso es de 42%.

Pasos a seguir:

a.- Calcular la cantidad de cemento, dividiendo la cantidad de agua por metro cúbico por la relación agua cemento:

$$\text{Cemento} = \frac{193 \text{ lt/m}^3}{0.52}$$

$$\text{Cemento} = 371.15 \text{ kg/m}^3$$

Tomando en consideración que un litro de agua pesa un kilogramo.

b.- Calcular la cantidad de agregado, restando el peso del agua y cemento, del peso total de un metro cúbico de concreto:

$$\text{Agregado} = 2,400.00 - 371.15 - 193.00$$

$$\text{Agregado} = 1,835.85 \text{ kg/m}^3$$

c.- La cantidad de arena se obtiene multiplicando el peso total de agregado por el porcentaje de arena correspondiente:

$$\text{Arena} = 1,835.85 \times 42\%$$

$$\text{Arena} = 771.06 \text{ kg/m}^3$$

d.- La cantidad de pedrín será el agregado total menos la cantidad de arena:

$$\text{Piedrín} = 1,835.85 - 771.06$$

$$\text{Piedrín} = 1,064.79 \text{ kg/m}^3$$

Se concluye entonces que la proporción final será:

Cemento	:	Arena	:	Piedrín
<u>371.15</u>		<u>771.06</u>		<u>1064.79</u>
371.15		371.15		371.15
1	:	2.08	:	2.87

2.7 Obras especiales para el diseño de carretera

2.7.1 Muros de contención

Los muros de contención tienen como finalidad resistir las presiones laterales producidas por el material retenido. El procedimiento a seguir en el proyecto de muros de contención consiste en:

- a. Selección tentativa de las dimensiones del muro.
- b. Análisis de la estabilidad del mismo frente a las fuerzas que lo solicitan.

En el caso de que el análisis indique que la estructura no es satisfactoria, se alteran sus dimensiones y se efectúan nuevos tanteos hasta lograr que la estructura sea capaz de resistir los esfuerzos a que se encuentra sometida.

Para llevar a cabo el análisis es necesario determinar las magnitudes de las fuerzas que actúan por encima de la base de la cimentación, tales como empuje de tierra, sobrecargas, peso propio del muro y peso de la tierra, y luego se investiga su estabilidad con respecto a:

1. Volteo
2. Deslizamiento

3. Presiones sobre el terreno
4. Resistencia como estructura.

Tipos de muros de contención:

- a. Muro de gravedad
- b. Muro en ménsula
- c. Muro con contrafuerte
- d. Muro en forma de T

Muros de gravedad: Son aquellos que resisten los empujes mediante su propio peso y son económicos para alturas menores de 4.50 m. En cuanto a los materiales, éstos pueden ser de mampostería, de ladrillo o de concreto ciclópeo. La estabilidad de este tipo de muro se logra sólo con su peso propio, por lo que se requiere grandes dimensiones dependiendo de los empujes. La dimensión de la base de estos muros oscila alrededor de 0.43 de su altura.

Muro en ménsula: Son aquellos que trabajan como viga en voladizo, empotrados en una zapata inferior. Estos muros son económicos para alturas hasta de 6.50 m. Pueden ser de diferentes formas. Estos muros son de concreto reforzado.

Muro con contrafuerte: Son aquellos que resisten los empujes trabajando como losas continuas apoyadas en los contrafuertes, es decir que el refuerzo principal en el muro lo lleva horizontalmente. Son muros de concreto, económicos para alturas mayores de 6.50 m.

Muro en forma de T: La estabilidad de este tipo de muro se logra por la anchura de su zapata y viene aumentada por la acción del prisma de tierra que

carga sobre la parte posterior de la zapata que ayuda a impedir el vuelco. La resistencia se haya encomendada a la pantalla vertical, la cual se calculará como una ménsula empotrada en su base con una carga igual al empuje de tierras y a las sobrecargas que pueda tener.

2.7.1.1 Gaviones

Definición: estructuras de contención, son obras civiles construidas con la finalidad de proveer estabilidad contra la ruptura de macizos de tierra o roca. Son estructuras que suministran soporte a dichos macizos y evitan su colapso causado por su peso propio o por cargas externas.

Características: construida por elementos metálicos confeccionados con telas de malla hexagonal de doble torsión, rellenos con piedra. Dichas estructuras son extremadamente ventajosas, del punto técnico y económico, en la construcción de estructuras de contención a gravedad, ya que posee un conjunto de características funcionales que inexisten en otros tipos de estructuras.

Ventajas: monolíticas, armadas, permeables, prácticas versátiles y económicas. Debido a su alto índice de vacíos, dispensa el uso de sistemas de drenajes. Por componerse de una estructura flexible, es posible utilizarla sobre suelos deformables. Integración con el medio ambiente, formando un medio transitorio favorable a la recuperación del ecosistema.

Características de los materiales: Se utilizan redes metálicas en malla hexagonal de doble torsión de alta durabilidad y resistencia, garantizando su comportamiento estructural. El gavión tipo caja es una estructura metálica, en forma de paralelepípedo, producida a partir de un único paño de malla

hexagonal de doble torsión, que forma la base, la tapa y las paredes frontales y traseras. A dicho paño base son unidas, durante la fabricación, paneles que forman las dos paredes de las extremidades y los diafragmas. Las piedras para llenado, no deben ser friables. Las dimensiones de las piedras deben ser mayor que la mayor dimensión de la malla, pero no muy grandes para no reducir el peso específico de la estructura. La operación de llenado puede ser ejecutada manualmente o con auxilio de equipo mecánicos.

Ejecución

Embalaje: para facilitar el manipuleo y el transporte, los gaviones son suministrados doblados y agrupados en bultos.

Montaje: se abre el bulto y se desdobra cada unidad. En el caso de los gaviones caja y colchones reno, levantar los laterales, las extremidades y los diafragmas para la posición vertical. Para los gaviones caja, costurar las aristas en contacto y los diafragmas a las paredes laterales. La costura se ejecuta con el alambre de amarre que es proporcionado con los gaviones, se debe colocar de forma continua pasándose por todas las mallas, alternadamente con vueltas simples y dobles.

Colocación: Se nivela la base donde los gaviones se colocaran hasta obtener una superficie regular. Antes del relleno se deben de coser los gaviones en contacto a lo largo de todas sus aristas, tanto horizontales como verticales. En el caso de los gaviones caja, para obtener un mejor alineamiento y acabado, éstos pueden ser traccionados antes del llenado, o como alternativa puede ser utilizado un encofrado de madera, en la cara externa.

Relleno: el relleno puede ser efectuado manualmente o con auxilio de equipo mecánico. Deberá ser usada piedra limpia, no friable y con un buen peso específico. El tamaño debe ser, en la medida de lo posible, regular y tal que las dimensiones estén comprendidas entre la mayor abertura de la malla y el doble. Puede ser aceptable un máximo de 5% en piedra con dimensiones superiores a las indicadas. El relleno debe permitir la máxima deformabilidad de la estructura, obteniendo el mínimo porcentaje de vacíos, asegurando el mayor peso específico.

Atirantamiento: para los gaviones caja. Durante el relleno, deben ser colocados tirantes de alambre de la siguiente forma: Llenar cada celda del gavión de 1.00 m de altura hasta un tercio de su capacidad. Colocar dos tirantes uniendo paredes opuestas, amarrando dos mallas de cada pared. Repetir ésta operación cuando el gavión se encuentre llenado hasta dos tercios. En casos particulares los tirantes pueden unir paredes adyacentes. Eventualmente en obras de revestimiento o plataformas, los tirantes pueden ser colocados verticalmente.

Cierre: en el caso de los gaviones caja, doblar la tapa. En ambos casos, coser la tapa a los bordes superiores de la base y de los diafragmas. Los gaviones caja colocados arriba de una camada ya ejecutada deben ser cosidos a lo largo de todas las aristas en contacto con la camada de gaviones ya llenados.

2.7.2 Diseño de drenajes transversales

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 ésta obra de drenaje transversal están comprendidos los puentes y las alcantarillas. En cuanto a las alcantarillas es recomendable construirlas cada

200.00 m como máximo y necesariamente en las curvas verticales cóncavas, utilizando tubería de 24" como mínimo en estas últimas. Como obras complementarias pueden citarse: muros, revestimientos, desarenadores y disipadores de energía. A las tuberías se les construirán muros cabezales en la entrada y salida, tragantes 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 2.00 m² se les harán muros cabezales y en lugar de tragantes de entrada se instalarán aletones rectos, a 45 grados o en "L". El colchón mínimo para protección de los tubos, deberá ser de 0.60 m. para que la carga viva se considere uniformemente distribuida.

El drenaje transversal se usa en dos casos:

- a) Para evitar que el agua de corrientes superficiales se acumule en un lado de la carretera, afectando así la base de la misma o que se estanque.
- b) Para conducir el agua pluvial de un lado al otro de la carretera reunida por las cunetas.

En el primer caso habrá que determinar el caudal máximo de la corriente (quebrada, río, etc.) por medio de mediciones de la sección de la corriente y de las velocidades del flujo en la época lluviosa del año. También debe averiguarse sobre el nivel máximo que ha alcanzado en otros años. Así mismo, deben observarse otros aspectos, como la pendiente y las condiciones del lecho de la corriente, el esviaje, los puntos de erosión y los puntos posibles de canalización.

Para la segunda opción, generalmente el drenaje se coloca en curvas horizontales para evaluar el caudal de su parte interna donde, debido a la topografía del terreno, el agua de las cunetas converge y se acumularía sin este

drenaje. También se coloca en los puntos menores de curvas verticales cóncavas y en tramos rectos donde el caudal a conducir por una cuneta excedería su capacidad y no puede desviarse hacia afuera por situaciones topográficas. Al determinar el caudal y las condiciones que tendrá la estructura a utilizar, el procedimiento para calcular las dimensiones de la alcantarilla a emplear es similar al del numeral anterior, con la diferencia de que éste puede utilizar una sección casi llena. En la entrada de un drenaje transversal para conducir el agua de corrientes superficiales fuera de carretera, debe construirse una caja que ayude a encauzar todo el caudal de la corriente hacia la tubería y un cabezal que proporcione seguridad contra la erosión a causa de la corriente en la salida de ésta. El procedimiento de diseño para una cuneta y un drenaje transversal son los mismos. Lo único que varía es la sección, ya que la cuneta generalmente es trapezoidal y en el drenaje transversal es circular.

2.7.2.1 Diámetros mínimos

Por requerimientos de flujo, siendo éste no permanente, pero elevado, y por posibilidades de limpieza el diámetro mínimo es de 12 pulgadas para tuberías de colector.

2.7.2.2 Velocidades mínimas y máximas

En dichas tuberías es recomendable que la velocidad debe ser mayor de 0.6 m/seg para evitar obstrucciones, y menor de 3 m/seg para evitar desgaste en la tubería. En el caso de las alcantarillas pluviales, para estas condiciones deberán instalarse rejillas o construirse estructuras que eviten el ingreso de material rocoso de gran tamaño.

2.7.2.3 Profundidad de la tubería

La profundidad mínima para instalar la tubería debe ser tal que el espesor del relleno evite el daño a los conductos, ocasionados por las cargas vivas y de impacto. En todo diseño de un sistema de drenaje pluvial se deben respetar las profundidades mínimas ya establecidas. La profundidad mínima se mide desde la superficie del suelo, hasta la parte superior del tubo, determinada de la siguiente manera.

Tráfico normal = 1.00 metros

Tráfico pesado = 1.20 metros

2.7.2.4 Período de diseño

El período de diseño para una estructura de disposición de agua pluvial varía dependiendo de aspectos económicos. Para éste caso se propone un período de diseño de 20 años, ya que si se propone un período de diseño muy largo podría incrementar los costos a tal punto que sea mejor económicamente construir otro dispositivo durante este tiempo.

2.7.2.5 Coeficiente de escorrentía

Es el porcentaje de agua de precipitación total tomada en consideración, pues no todo el volumen de precipitación drena por medios naturales o artificiales. Esto se debe a la infiltración, evaporación acumulación en el suelo y subsuelo, etc. Por lo que existen diferentes coeficientes para cada tipo de terreno, el cual será mayor cuanto más impermeable sea la superficie. Los coeficientes de escorrentía mas usados en carreteras se enumeran a continuación.

Tabla XVI. Algunos coeficientes de escorrentía utilizados en Guatemala

TIPO DE SUPERFICIE	C
Centro de la ciudad	0.70-0.95
Fuera del centro de la ciudad	0.50-0.70
Parques, cementerios	0.10-0.25
Áreas no urbanizadas	0.10-0.30
Asfalto	0.70-0.95
Concreto	0.80-0.95
Adoquín	0.70-0.85
Suelo Arenoso	0.15-0.20
Suelo duro	0.25-0.30
Bosques	0.20-0.25

Fuente: Ing. Joram Matías Gil Larroj. **Evaluación de Tragantes Pluviales para la ciudad de Guatemala 1984.**

2.7.2.6 Intensidad de Lluvia

La intensidad de lluvia es el espesor de lámina de agua por unidad de tiempo producida por ésta; suponiendo que el agua permanece en el sitio donde cayó, midiéndose así en milímetros por hora (mm/hrs.). La intensidad de lluvia es determinada por medio de registros pluviográficos. Este tipo de información es insuficiente en localidades muy pequeñas, por lo que se hará uso de información de localidades vecinas o de características similares. Se ha adoptado como norma general para los sistemas de alcantarillado pluvial en el interior de la República, diseñarlos para una intensidad que se vea igualada o excedida una vez cada cinco o diez años promedio.

Tabla XVII. Fórmulas intensidad de lluvia

	2 años	5 años	10 años	20 años
Ciudad de Guatemala (Zona Atlántica)	$2838/t+18$	$3706/t+22$	$4204/t+23$	$4604/t+24$
Ciudad de Guatemala (Zona Pacífica)				$6889/t+40$
Bananera, Izabal	$5771/t+48.8$	$710395/t+53.8$	$7961/t+56.63$	$36677/t+58.43$
Labor Ovalle Quetzaltenango	$977.7/t+3.8$	$11285/t+3.24$	$134554/t+3.49$	
La Fragua Zacapa	$37005/t+50$	$39905/t+41.75$	$4040/t+37.14$	
Chimaltenango	$1712/t+8.7$	$2201/t+10.17$		

Fuente: Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología INSIVUMEH.

2.7.2.7 Áreas tributarias

Esta área es las que contribuye a la esorrentía del agua de la estructura de drenaje. El área tributaria por drenar se determina sumando al área de las calles, el área de los lotes que son tributarios al ramal en estudio.

2.7.2.8 Tiempo de concentración

Es el tiempo necesario para que el agua superficial descienda desde el punto más remoto de la cuenca hasta el punto de estudio. Se divide en tiempo de entrada y tiempo de flujo dentro de la alcantarilla.

Para el diseño de sistemas de alcantarillado pluvial, se considera que los tramos iniciales tienen un tiempo de concentración de 12 minutos.

2.7.2.9 Pendiente del terreno

Adoptando el criterio general que los sistemas de alcantarillado deben de trabajar por gravedad, existe una pendiente mínima al sistema, que generalmente es de 3%, la cual nos permite que el agua sea conducida libremente. Para calcular la pendiente del terreno se utiliza la relación siguiente:

$$S \% = \frac{\text{Cota del terreno final} - \text{Cota del terreno inicial}}{\text{Longitud del tramo}} \times 100$$

2.7.2.10 Caudal de diseño

Para calcular el caudal de diseño se utilizan dos métodos, el empírico y el racional (por ejemplo una cuneta). Por la naturaleza de éste trabajo se utilizará el racional, el cual asume que el caudal máximo para un punto dado se alcanza cuando el área tributaria está contribuyendo con su escorrentía superficial, durante un período de precipitación máxima, debe prolongarse durante un período igual o mayor que el que necesita la gota de agua más lejana para llegar hasta el punto considerado. Este método está representado por la siguiente fórmula.

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

Donde :

Q = Caudal de diseño

A = Área drenada de la cuenca

I = Intensidad de lluvia

C= Coeficiente de escorrentía

2.7.2.11 Velocidad de flujo a sección llena

La velocidad del flujo se calculó con la relación de Manning.

$$V = \frac{0.003429 * (D)^{2/3} * (S)^{1/2}}{N}$$

Donde :

V = Velocidad del flujo (m/s)

D = Diámetro de la sección circular (pulgadas)

N = Coeficiente de rugosidad de Manning

Nota: Para tubería de concreto con diámetros menores de 24” N = 0.015, para diámetros mayores de 24” N = 0.013 y para tubería de PVC el valor de N = 0.009.

Ejemplo de diseño de alcantarilla transversal

Para el diseño de drenaje del trabajo de EPS se realizó en un área de bosques y también área para siembra por lo que se utilizó un coeficiente C = 0.25

Alcantarilla No. 1

Área tributaria = 4.8 Ha.

C = 0.25

Para un aguacero de 12 minutos y una frecuencia de 20 años en la zona atlántica de la ciudad de Guatemala.

$$\text{Intensidad de lluvia} = \frac{4604}{t + 24} = \frac{4604}{12 + 24}$$

I = 127.89 mm/h

Se usa la fórmula racional $Q = \frac{CIA}{360} = \frac{0.25 * 127.89 * 4.80}{360} = 0.43 \text{ m}^3/\text{seg.}$

Condiciones de diseño

S = 3%

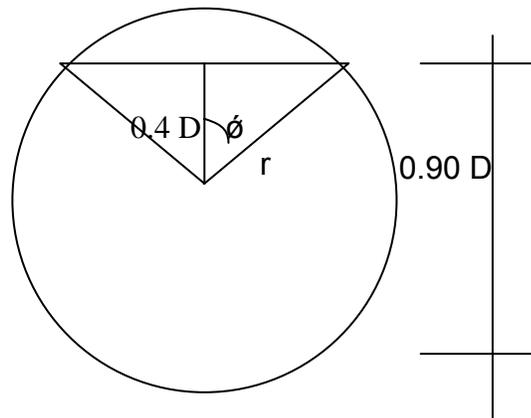
Parcialmente lleno = 90%

Q = Los caudales que contribuyan a la alcantarilla

D = ?

Fórmula de radio hidráulico

$$R = \frac{A}{P} = \frac{\text{área}}{\text{perímetro}}$$



$$\cos \theta = \frac{0.4D}{0.5D} \quad \theta = \cos^{-1}(0.4) = 36^\circ 52' 11.63'' = 0.6435 \text{ rad}$$

1. ÁREA DEL CÍRCULO = $\pi * r^2 = \pi * \left(\frac{D}{2}\right)^2 = \frac{\pi}{4} * D^2 = 0.785 D^2$

2. ÁREA DEL SECTOR CIRCULAR = $0.6435 * \left(\frac{D}{2}\right)^2 = 0.161 D^2$

3. ÁREA DEL TRIÁNGULO = $2 * \left(\frac{0.4D * 0.3D}{2}\right) = 0.12 D^2$

$$A = A_1 - A_2 + A_3 = 0.785D^2 - 0.161D^2 + 0.12D^2 = 0.744D^2$$

PERÍMETRO = Perímetro del círculo – perímetro del sector

$$\text{PERÍMETRO} = \pi * D - \left(\frac{0.6435 * D}{2} \right)$$

$$\text{PERÍMETRO} = (\pi - 0.322)D$$

$$\text{PERÍMETRO} = 2.82 D$$

$$\text{Radio hidráulico} = \frac{A}{P} = \frac{0.744D^2}{2.82D} = 0.26 D$$

USANDO LA FÓRMULA DE MANNIG

$$Q = \frac{1}{n}(A)(R)^{2/3}(S)^{1/2} \text{ donde } n = 0.013$$

$$Q = \frac{1}{0.013}(0.744D^2)(0.26D)^{2/3}(0.03)^{1/2}$$

$$Q = 3.959(D)^{8/3}$$

SE DESPEJA "D"

$$D = \left(\frac{Q}{3.959} \right)^{3/8}$$

PARA Q = 0.43 m³ / seg

$$D = \left(\frac{0.43}{3.959} \right)^{3/8}$$

$$D = 0.435 \text{ m}$$

$$D = 17.12 \text{ " } = 18 \text{ "}$$

LA VELOCIDAD DEL FLUJO SE CALCULÓ CON LA RELACIÓN DE MANNING.

$$V = \frac{0.003429 * (D)^{2/3} * (S)^{1/2}}{N}$$

Donde:

V: Velocidad del flujo (m/s)

D: Diámetro de la sección circular (pulgadas)

N: Coeficiente de rugosidad de Manning (0.015)

S: Pendiente del terreno (3%)

$$V = \frac{0.003429 * (18)^{2/3} * (3)^{2/3}}{0.015} = 2.710 \text{ m/seg.}$$

La velocidad está en el rango de 0.6 m/seg. a 3 m/seg.

2.7.3 Diseño de cunetas

Son zanjas que se hacen a ambos lados del camino, con el fin de conducir el agua que escurre desde la parte central de este, o en todo el camino, en el caso de que existan curvas. Cuando las cunetas pasan de corte a relleno se prolongan a lo largo del pie del relleno: dejando una berma entre dicho pie y el borde de la cuneta, para evitar que se moje el relleno y origine asentamientos. El diseño de cunetas se basa en los principios del flujo de canales abiertos; éstas pueden construirse de forma trapezoidal o triangular. El primer paso para diseñar una cuneta es considerar su longitud, medida que determinará el área de carretera que drenará, o del terreno aledaño, si es necesario.

Las cunetas deben protegerse en pendientes fuertes cuando su longitud sea mayor de 50.00 metros, por medio de una fosa de laminación o una alcantarilla de alivio; debido a que mientras más larga sea, más agua llevará, por lo que se erosionarán más y resultaría antieconómica la conservación.

Según las características pluviales del área se calcula el caudal que deberá conducirse en la cuneta.

Pendiente

Tipo de sección que se pondrá en el canal

Material del canal (coeficiente de rugosidad)

Con base en ésta información se calcula:

Relación entre área y tirante en el canal

Relación entre el radio hidráulico y el tirante que se tenga

Caudal que puede conducir el canal según la pendiente y el tirante (Fórmula de Manning).

Con el caudal tributario que puede conducir el canal, se determina el tirante que deberá tener. El canal para cunetas generalmente se hace de sección trapezoidal, semicircular, cuadrada e incluso triangular.

Cuando el tramo que drena la cuneta se hace muy largo, y por ende el área resulta conduciendo caudales muy altos, se hace necesario descargarlos.

En la mayoría de casos se desvía la cuneta hacia una pendiente apropiada, haciendo un canal revestido con concreto o balasto para evitar la erosión y el daño a la sub-base y base de la carretera. En caso contrario, se hace pasar por debajo de la carretera con un drenaje transversal.

2.7.3.1 Contracunetas

Son zanjas que se hacen en lugares convenientes, para evitar que llegue a las cunetas más agua que aquella para la cual fue diseñada.

Las contracunetas se construyen transversales a la pendiente del terreno, las que interceptan el paso del agua y la alejan de los cortes y rellenos. Cuando el camino sigue la dirección de la misma pendiente del terreno, no se deben de construir contracunetas.

2.7.4 Diseño de bóveda

2.7.4.1 Bóveda

Es una estructura formada por un arco metálico, de concreto o mampostería apoyada en dos muros, diseñada y construida para desaguar caudales de agua y soportar rellenos relativamente grandes.

2.7.4.2 Bóveda de estructura galvanizada corrugada

Ideal para paso de ríos, arroyos o canales de riego naturales, existen tipo círculo, arco con o sin fondo, arco simple, elíptico. Fabricadas en acero galvanizado corrugado en secciones impermeables tipo multi-planchas, para trabajar con cargas H-25 y E-80 a un 95% de proctor. Fabricado bajo las normas y especificaciones AASHTO M160, M187, ASTM A350, E40 entre otras.

2.7.4.2.1 Colocación de terraplén al rededor de la bóveda

Debe de tomarse precauciones al terraplenar las bóvedas, especialmente tratándose de las de medio punto, ya que presentan cierta tendencia a desfigurarse lateralmente o peraltarse bajo la carga del terraplén.

El procedimiento ideal consiste en cubrir la bóveda con capas concéntricas, o sea siguiendo su curvatura; si se terraplena un lado mas que otro, la bóveda se empuja hacia el lado menos cargado; y si ambos lados se terraplenan uniformemente, la clave tiende a levantarse a menos que se cargue lo suficiente para contrarrestar el empuje hacia arriba.

2.7.4.2.2 Relleno en bóveda con muros de cabecera

Al terraplenar sobre bóvedas que lleven muros lo suficientemente resistentes para mantener la forma del arco, se recomienda colocar el relleno contra uno de los muros de cabecera hasta alcanzar la parte alta; después se vacía el material en capas desde la parte alta avanzando hacia el muro opuesto.

2.7.4.2.3 Relleno en bóveda sin muros cabezales

Al terraplenar sobre bóvedas sin muros cabezales, el primer material de relleno debe depositarse equidistante de los extremos de la bóveda. Este relleno debe mantenerse en una faja tan angosta como sea posible, hasta llegar a la parte de la clave del arco; el resto del material debe depositarse desde la parte alta, partiendo del centro y avanzando en forma simétrica hacia ambos extremos; de éste modo, se desarrolla sólo una presión lateral mínima mientras se carga la parte alta.

2.7.4.3 Comparación entre bóvedas de concreto y de metal corrugado

Se pueden hacer las siguientes comparaciones del comportamiento de tuberías de concreto reforzado y de metal corrugado bajo diferentes factores.

2.7.4.3.1 Rellenos altos

En cuanto a ésta condición es innegable la mejor efectividad de la tubería de metal corrugado sobre la de concreto, en efecto es más factible una falla en las tuberías de concreto por exceso en el relleno, que en las metálicas,

ya que éstas, merced a su flexibilidad, pueden absorber mayor cantidad de peso que para el que fueron diseñadas.

2.7.4.3.2 Peso

En cuanto a peso, las tuberías metálicas resultan considerablemente más favorables que las de concreto.

2.7.4.3.3 Corrosión y deterioro del tubo

En éste aspecto es la tubería de concreto la que lleva la mejor parte, ya que fue comprobado que la que más daño sufre en el transcurso de su vida útil es la de metal corrugado, por las distintas reacciones que se llevan a cabo entre el metal y el agua que circula a través de las mismas.

Es natural que el tipo de reacción dependa del origen del agua y de los compuestos que contenga.

La corrosión puede ser disminuida aplicándole a los tubos un revestimiento asfáltico en el fondo, el cual puede ser hecho en la obra, o bien aplicándole un revestimiento total el cual se lleva a cabo en la fábrica.

2.7.4.3.4 Sedimentación

Esta es mayor en las tuberías de metal que en las de concreto debido a que las corrugaciones de las primeras facilitan el asentamiento, no deseable bajo ningún punto de vista, del material que arrastra la corriente.

2.7.4.3.5 Precio

Es más económica la tubería de concreto ya que las metálicas por su material ven incrementado su costo en los traslados hacia la fábrica y hacia el proyecto.

2.7.4.3.6 Transporte

En éste aspecto presenta mayor facilidad la tubería de metal corrugado que la de concreto, sobre todo si se trata del tipo anidable, que permite un mayor acondicionamiento en menor espacio.

2.7.4.3.7 Cimentaciones deficientes

Afecta en mayor grado a las de concreto, ya que pueden provocar una falla inmediata, en tanto que las de metal corrugado solo recibirán deflexiones en el sentido de su longitud.

2.8 Análisis de costos

2.8.1 Cuantificación de materiales

Tabla XVIII. Cuantificación de materiales para pavimento de concreto

No.	Descripción	Cantidad	Unidad
1	Arena	1011.00	m ³
2	Piedrín	1349.00	m ³
3	Cemento	23,166.00	quintales
4	Antisol	731.00	galones

Tabla XIX. Cuantificación de materiales para cunetas de concreto

No.	Descripción	Cantidad	Unidad
1	Arena	163.00	m ³
2	Piedrín	217.00	m ³
3	Cemento	3,732.00	quintales
4	Hierro diámetro de 3/8"	4,550.00	varillas
6	Alambre de amarre	700.00	lb

Tabla XX. Cuantificación de materiales para transversales

No.	Descripción	Cantidad	Unidad
1	Arena	10.00	m ³
2	Piedrín	10.00	m ³
3	Cemento	165.00	quintales
4	Hierro diámetro de 3/8"	196.00	varillas
5	Hierro diámetro de 1/4"	14.00	varillas
6	Alambre de amarre	42.00	lb
7	Tubo de concreto de 18"	126.00	unidad
8	Piedra bola	11.00	m ³
9	Tabla 1"x12"x10´	56.00	unidad
10	Reglas 2"x3"x10´	42.00	unidad
11	Clavos 3"	14.00	lb

Tabla XXI. Cuantificación de materiales para muro de contención

No.	Descripción	Cantidad	Unidad
1	Caja de gaviones 1mx1mx1m	360.00	unidades
2	Piedra bola	360.00	m ³

Tabla XXII. Cuantificación de materiales para bóveda

No.	Descripción	Cantidad	Unidad
1	Arena	4.00	m ³
2	Piedrín	6.00	m ³
3	Cemento	100.00	quintales
7	Tubo corrugado de 56"	9.00	ml
8	Piedra bola	6.00	m ³
9	Tabla 1"x12"x10´	36.00	unidad
10	Reglas 2"x3"x10´	48.00	unidad
11	Clavos 3"	14.00	lb

2.8.2 Cuantificación de mano de obra

Tabla XXIII. Cuantificación de mano de obra

No.	Descripción	Cantidad	Unidad	Albañiles	Ayudantes	Rendimiento
1	Limpia y chapeo	7,796.80	m ²		4	780 m ² /día
2	Fundición de pavimento	11,695.20	m ²	4	8	120 m ² /día
3	Fundición de cunetas	3,898.40	M	4	8	60 m/día
4	Construcción de cabezales	14.00	unidades	1	1	3 días/unidad
5	Muro de contención	90.00	M	2	4	3 m/día
6	Bóveda	1.00	Global	2	4	20 días

2.8.3 Cuantificación de maquinaria y equipo

Tabla XXIV. Cuantificación de maquinaria

No.	Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Unidad
1	Tractor D-6	1.00	425.00	Hora
2	Retroexcavadora	1.00	275.00	Hora
3	Patrol	1.00	250.00	Hora
4	Pipa de agua	1.00	850.00	Día
5	Vibrocompactadora	1.00	175.00	Hora

Tabla XXV. Cuantificación de equipo

No.	Descripción	Cantidad	Unidad
1	Concretera	2.00	unidad
2	Vibrador de gasolina	2.00	unidad
3	Cortadora para concreto	1.00	unidad
4	Bomba de fumigar	2.00	unidad

Tabla XXVI. Cuantificación de herramienta

No.	Descripción	Cantidad	Unidad
1	Carretas	8.00	unidad
2	Palas	16.00	unidad
3	Piochas	8.00	unidad
4	Escobón	4.00	unidad

2.8.4 Presupuesto final

2.8.4.1 Integración de costos unitarios por renglones

Replanteo topográfico

Cantidad **1,949.20** Unidad **m**

Precio unitario **5.20**

Sub-contratos					
No.	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Total
1	Topógrafo	2.00	km	5,067.92	10,135.84
				Total	10,135.84

Limpia y chapeo

Cantidad **7,796.80** Unidad **m²**

Precio unitario **2.40**

Mano de obra					
No.	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Total
1	Ayudantes (4 personas)	40.00	días	97.81	3,912.32
				Sub-total	3,912.32
Equipo					
No.	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Total
1	Cortadora de pita (4 unidades)	10.00	días	590.00	5,900.00
2	Equipos varios	10.00	días	15.00	150.00
				Sub-total	6,050.00
Sub-contratos					
No.	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Total
1	Fletes	25.00	viajes	350.00	8,750.00
				Sub-total	8,750.00
				Total	18,712.32

Fletes de material de capa vegetal, para transportar a basurero municipal

CorteCantidad **29,406.10** Unidad **m³**Precio unitario **17.57**

Sub-contratos					
No.	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Total
1	Retroexcavadora	352.00	hora	275.00	96,800.00
2	Tractor D-6	264.00	hora	425.40	112,305.18
3	Fletes	2,563.00	viajes	120.00	307,560.00
Total					516,665.18

Acarreo a una distancia máxima de 1.00 Km
maquinaria proporcionada por la municipalidad de Palencia

Reacondicionamiento de subrasanteCantidad **13,644.40** Unidad **m²**Precio unitario **36.15**

Sub-contratos					
No.	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Total
1	Patrol(2unidades)	1,010.00	hora	250.02	252,520.06
2	Pipa de agua	66.00	día	850.00	56,100.00
3	Vibrocompactadora(2unidades)	1,055.00	hora	175.00	184,625.00
Total					493,245.06

Acarreo de balastoCantidad **35,630.27** Unidad **m³**Precio unitario **10.00**

Sub-contratos					
No.	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Total
1	Viajes	2,969.00	fletes	120.01	356,302.70
Total					356,302.70

El banco y el material de balasto será proporcionado por la municipalidad de Palencia
acarreo a una distancia máxima de 1.00 Km.

Drenajes transversalesCantidad **14.00** Unidad **unidad**Precio unitario **6,928.85**

Mano de obra					
No.	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Total
1	Trazo y nivelación	182.00	m	5.00	910.00
2	Zanjeo	293.16	m³	100.00	29,316.00
3	Colocación de tubos de conc.	126.00	unidad	50.80	6,400.80
4	Armadura	85.40	m²	29.80	2,544.92
5	Colocar y quitar formaleta	2,016.00	m	1.50	3,024.00
6	Prep. y fundición de concreto	9.38	m³	250.00	2,345.00
7	Prep. y fundición de ciclópeo	25.20	m³	300.00	7,560.00
8	Tallado	253.40	m²	39.50	10,009.30
	Sub-total				62,110.02
Materiales					
No.	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Total
1	Arena	10.00	m³	80.36	803.57
2	Piedrín	10.00	m³	133.93	1,339.29
3	Cemento	165.00	qq	42.86	7,071.43
4	Hierro Diam.3/8	196.00	varilla	19.22	3,767.75
5	Hierro Diam.1/4	14.00	varilla	8.62	120.63
6	Alambre de amarre	42.00	lb	4.46	187.50
7	Tubo de concreto de 18"	126.00	unidad	98.21	12,375.00
8	Piedra bola	11.00	m³	107.14	1,178.57
9	Tabla 1"x12"x10'	56.00	unidad	31.25	1,750.00
10	Regla de 2"x3"x10'	42.00	unidad	17.86	750.00
11	Clavo	14.00	lb	4.46	62.50
	Sub-total				29,406.23
Equipo					
No.	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Total
1	Concreteira	18.79	m³	25.00	469.75
2	Vibrador	18.79	m³	10.00	187.90
3	Equipos Varios	42.00	días	15.00	630.00
	Sub-total				1,287.65
Sub-contratos					
No.	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Total
1	Rejilla de metal	14.00	unidad	300.00	4,200.00
	Sub-total				4,200.00
Total					97,003.90

Cunetas de concretoCantidad **3,898.40** Unidad **m**Precio unitario **93.78**

Mano de obra					
No.	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Total
1	Colocar y quitar formaleta	3,898.40	m	1.50	5,847.60
2	Colación de armadura	3,898.40	m	3.20	12,472.15
3	Prep. y fundición de concreto	2,339.04	m ²	20.00	46,780.80
	Sub-total				65,100.55
Materiales					
No.	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Total
1	Arena	163.00	m ³	80.36	13,098.21
2	Piedrín	217.00	m ³	133.93	29,062.50
3	Cemento	3,732.00	qq	42.86	159,942.86
4	Hierro Diam.3/8	4,550.00	varilla	19.22	87,465.63
5	Alambre de amarre	700.00	lb	4.46	3,125.00
	Sub-total				292,694.20
Equipo					
No.	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Total
1	Concretera	194.92	m ³	25.00	4,873.00
2	Vibrador	194.92	m ³	10.00	1,949.20
3	Equipos Varios	65.00	día	15.00	975.00
	Sub-total				7,797.20
Total					365,591.95

Rodadura de concretoCantidad **11,695.20** Unidad **m²**Precio unitario **149.34**

Mano de obra					
No.	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Total
1	Colocar y quitar formaleta	7,796.80	m	1.50	11,695.20
2	Corte y sello	20,809.20	m	7.40	153,982.35
3	Prep. y fundición de concreto	11,695.20	m ²	20.00	233,904.00
	Sub-total				399,581.55
Materiales					
No.	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Total
1	Arena	1,011.00	m ³	80.36	81,241.07
2	Piedrín	1,349.00	m ³	133.93	180,669.64
3	Cemento	23,166.00	qq	42.86	992,828.57
4	Antisol	731.00	galón	40.18	29,370.54
	Sub-total				1,284,109.82
Equipo					
No.	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Total
1	Concreteira	1,754.28	m ³	25.00	43,857.00
2	Vibrador	1,754.28	m ³	10.00	17,542.80
3	Equipos Varios	98.00	días	15.00	1,470.00
	Sub-total				62,869.80
Total					1,746,561.17

Muro de contenciónCantidad **90.00** Unidad **m**Precio unitario **1,059.57**

Mano de obra					
No.	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Total
1	Nivelación y trazo	90.00	m	5.00	449.87
2	Coloc. de piedra en gaviones	360.00	m ³	20.00	7,200.00
	Sub-total				7,649.87
Materiales					
No.	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Total
1	Caja de gaviones 1.00x1.00	360.00	m ³	136.50	49,140.00
2	Piedra bola	360.00	m ³	107.14	38,571.43
	Sub-total				87,711.43
Total					95,361.30

BóvedaCantidad **1.00** Unidad **global**Precio unitario **45,055.00**

Mano de obra					
No.	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Total
1	Nivelación y trazo	45.00	m	5.00	224.88
2	Coloc. de tubo de corrugado	9.00	m	175.00	1,575.00
3	Relleno controlado	11.00	m ³	100.00	1,100.00
4	Colocar y quitar formaleta	176.00	m	1.50	264.00
5	Prep. y fundición de concreto	0.50	m ³	250.00	125.00
6	Prep. y fundición de ciclópeo	9.90	m ³	300.00	2,970.00
	Sub-total				6,258.88
Materiales					
No.	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Total
1	Arena	4.00	m ³	80.36	321.43
2	Piedrín	6.00	m ³	133.93	803.57
3	Cemento	100.00	qq	42.86	4,285.71
4	Tubo corrugado Diam. 56 pulg	9.00	m	2,720.00	24,480.00
5	Piedra bola	6.00	m ³	107.14	642.86
6	Tabla de 1"x12"x10'	36.00	unidad	31.25	1,125.00
7	Regla de 2"x3"x10'	48.00	unidad	17.86	857.14
8	Clavo de 3"	14.00	lb	4.46	62.50
	Sub-total				32,578.21
Equipo					
No.	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Total
1	Concreteira	7.50	m ³	25.00	187.50
2	Vibrador	7.50	m ³	10.00	75.00
3	Equipos Varios	22.00	días	15.00	330.00
	Sub-total				592.50
Sub-contratos					
No.	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Total
1	Vibrocompactadora manual	22.00	días	255.70	5,625.40
	Sub-total				5,625.40
				Total	45,055.00

Tabla XXVII. Resumen de integración de costos

No.	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Precio
1	Replanteo topográfico	1,949.20	M	5.20	Q10,135.84
2	Limpia y chapeo	7,796.80	m ²	2.40	Q18,712.32
3	Corte	29,406.10	m ³	17.57	Q516,665.18
4	Reacondicionamiento de subrasante	13,644.40	m ²	36.15	Q493,245.06
5	Acarreo de balasto	35,630.27	m ³	10.00	Q356,302.70
6	Drenajes transversales	14.00	U	6,928.85	Q97,003.90
7	Cunetas de concreto	3,898.40	M	93.78	Q365,591.95
8	Rodadura de concreto	11,695.20	m ²	149.34	Q1,746,561.17
9	Muro de contención	90.00	M	1,059.57	Q95,361.30
10	Bóveda	1.00	Global	45,055.00	Q45,055.00
Costos directos					Q3,744,634.42
Gastos administrativos 15%					Q561,695.16
Utilidades 10%					Q374,463.44
Imprevistos 2%					Q74,892.69
Total					Q4,755,685.71
Total					\$609,703.30

2.8.5 Cronograma de ejecución

Tabla XXVIII. Programa de ejecución

No.	Descripción	Tiempo de trabajo																							
		1o. Mes				2º. Mes				3o. Mes				4o. Mes				5o. Mes				6o. Mes			
		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	Replanteo topográfico	■	■																						
2	Limpia y chapeo	■	■	■																					
3	Corte			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■												
4	Reacondicionamiento sub-rasante					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■								
5	Acarreo de balasto			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■												
6	Drenajes transversales					■	■	■	■																
7	Cunetas de concreto																	■	■	■	■	■	■	■	■
8	Rodadura de concreto													■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
9	Muro de contención					■	■	■	■																
10	Bóveda			■	■	■	■	■	■																

2.9 Impacto ambiental

2.9.1 Medio ambiente

El medio ambiente para todo proyecto o actividad considerado por el MARN, es el sistema de elementos bióticos, abióticos, socioeconómicos, culturales y estéticos que interactúan entre sí, en permanente modificación por la acción humana o natural y que afectan o influyen sobre las condiciones de vida de los organismos, incluyendo el ser humano. Su área de influencia es el espacio sobre el cual inciden los impactos directos e indirectos de un proyecto o actividad.

2.9.2 Impacto ambiental

Se considera que se produce un impacto ambiental cuando determinada acción, actividad o proyecto provoca una perturbación en el ambiente o en algunos de sus componentes. Sus efectos, positivos o negativos, dependerán del grado de complejidad y permanencia de tal perturbación en el tiempo y en el espacio.

La evaluación de impacto ambiental es un instrumento multidisciplinario para la toma de decisiones. El objetivo final del estudio es presentar a los ejecutivos responsables de las decisiones, información clara y concreta sobre las opciones examinadas, los cambios ambientales previsibles y las posibles combinaciones entre las ventajas y los inconvenientes de cada opción, para que éstos hagan su elección de tal forma que los proyectos causen el menor deterioro de los recursos, no reduzcan la productividad de los sistemas naturales y no impongan gastos adicionales a otras actividades de desarrollo.

Así mismo, debido al carácter multidisciplinario de la evaluación de impactos, éstos se enfocan desde el punto de vista global. Abarcan sus diferentes facetas y hacen énfasis en dos aspectos principales que son:

El ecológico, cubierto por estudios de impacto físico o geofísico.

El humano, analizado a través de estudios socio-políticos, socio-económicos y culturales.

2.9.3 Estudio de impacto ambiental

El dictamen emitido por el MARN, se basa en la Ley Nacional de Mejoramiento del Medio Ambiente, Decreto Ley 68-86 del Congreso de la República y los estudios de impacto ambiental, contenidos en el capítulo IV del reglamento de dicha institución, y que considera los siguientes aspectos:

a) Exigibilidad: todas las municipalidades, así como todos los Ministerios de Estado o dependencias del Gobierno de la República, previo a autorizar u otorgar permiso o licencia alguna de proyectos, deberán exigir al solicitante la presentación de EIA y la correspondiente resolución, antes de proceder a tomar decisión o ejercer acción alguna en cuanto al proyecto o actividad.

b) Lugar de gestión del estudio de EIA: la gestión de éste tipo de estudios deberá realizarse directamente ante las oficinas centrales o regionales del MARN.

c) Costos: todos los costos referentes a los estudios, investigaciones, medidas de mitigación, monitoreo, planes de seguridad y de contingencia, avisos públicos y demás procedimientos respecto del proceso de EIA, serán a costa del solicitante del proyecto.

d) Plazo para resolver un EIA: el plazo para resolver un EIA, por parte del Ministerio será de sesenta (60) días hábiles a partir de la presentación del estudio.

e) De quien elabora los EIA: los EIA deberán de ser elaborados por técnicos en la materia, debidamente inscritos en el Registro de Consultores que se encuentran adscrito a la Secretaría General de Planificación y Programación de la Presidencia.

f) Publicación de edictos: para efectos de que la población o cualquier institución pública o privada se entere de que se va a desarrollar un proyecto o actividad, que requiera de un EIA, se hace necesaria la publicación, por una sola vez, de un edicto en el Diario Oficial y otro en el diario de mayor circulación. Cualquier persona o institución podrá presentar sus observaciones dentro de los veinte (20) días hábiles contados a partir de la publicación del edicto, los cuales deberán ser sustentados en forma técnica y científica.

g) Procedimiento: el procedimiento para la gestión de un estudio de EIA comprende las siguientes etapas:

Elaboración del estudio

Presentación del estudio de EIA para su revisión y análisis ante el MARN

Publicación de edictos

Evaluación por las instancias técnicas del MARN

Resolución y notificación

2.9.3.1 Evaluación ambiental

Una evaluación ambiental es un estudio (o una evaluación) sistemática, multidisciplinaria utilizada para predecir los efectos potenciales y las consecuencias ambientales de una acción propuesta y las alternativas posibles en las características físicas, biológicas, culturales, y socioeconómicas en un lugar dado.

Las acciones propuestas pueden incluir, por ejemplo, la construcción de una presa hidroeléctrica o una fábrica, la introducción de riego en una cuenca, o la construcción de un camino.

La EA se enfoca en los problemas, conflictos o limitaciones de los recursos naturales que pueden afectar la viabilidad del proyecto. La misma sirve para examinar como la acción propuesta puede dañar a los pobladores, las comunidades o su subsistencia.

En base a los problemas potenciales identificados, se definen las medidas para reducir al mínimo la problemática resumiendo la manera en que se mejora la sostenibilidad del proyecto.

El objetivo de la EA es asegurar que los problemas potenciales sean identificados y tratados en la fase inicial de la planificación y diseño del proyecto. Para lograr éste fin, los hallazgos de la evaluación son distribuidos a todos los grupos quienes participan en la toma de decisiones en la ejecución del proyecto propuesto.

Estos grupos pueden constituirse de políticos, personal de la agencia, organizaciones ambientales, planificadores y por supuesto, el público

interesado. En la mayoría de los países se publica un informe con los hallazgos de la EA que se entrega a la agencia gubernamental correspondiente para su aprobación y para documentar el hecho de haber cumplido con los procedimientos de la EA. Éste estudio puede denominarse "Estudio de los Impactos Ambientales; Exposición de Efectos en el Medio Ambiente; o solamente un Reporte de Evaluación Ambiental".

El propósito de éste documento producido como resultado del estudio de la EA consiste en ayudar a las personas encargadas de la toma de decisiones para llegar a una conclusión lógica, racional en base a la información precisa, o a su vez una alternativa adecuada, o al contrario no ejecutar el proyecto. El documento también sirve para que los proponentes del proyecto logren sus objetivos con mayor éxito, como:

Un proyecto que ha sido diseñado conforme al ámbito local será muy probable que se termine en el tiempo programado y dentro de lo presupuestado, para evitar problemas en proceso.

Un proyecto que conserva los recursos naturales que lo sostiene perdurará por muchos años.

Un proyecto que alcance sus metas sin causar mayores problemas ambientales ganará méritos para sus proponentes.

Finalmente, el proceso de llevar a cabo una EA y los informes subsiguientes son herramientas para la gerencia, que los encargados de los caminos pueden y deben utilizar, para la toma de decisiones sanas y también para ganar el apoyo del público por las decisiones tomadas.

El uso adecuado del proceso de la EA puede brindar muchos beneficios a la agencia caminera, así como también a las comunidades que serán afectadas por las actividades de construcción y mantenimiento del camino.

2.9.3.2 El proceso de la evaluación ambiental

Una evaluación ambiental para un proyecto de caminos puede llevarse a cabo al nivel de Programa o de Proyecto. Una EA al nivel de Programa, que puede llamarse una EA Programática, Genérica, Estratégica o Sectorial, se hace para los proyectos cuyos asuntos son amplios en su enfoque, el sitio del proyecto es extensivo y, cuando se necesita información generalizada. Por ejemplo, se puede utilizar éste tipo de EA para:

Formular normas ambientales generalizadas para un proyecto.

Formular planes sectoriales tales como un plan estratégico para el transporte nacional o regional.

Formular conceptos y estrategias ambientales en el proceso de planificación del sistema de transporte.

Una EA al nivel Proyecto, que se llama una EA de Proyecto o Específica al Sitio, se hace cuando se necesita información más detallada sobre los impactos específicos y es necesario mitigarlos. Una EA Específica al Sitio es el tipo más comúnmente hecha por los técnicos comarcales o regionales de camino. Se debe hacer este tipo de EA por cada camino o sistema de caminos a construirse.

El proceso para llevarse a cabo una EA consiste de un determinado número de pasos, cada uno de los cuales debe de tener un determinado resultado. Alrededor del mundo se han formulado y utilizado diversos procesos

o metodologías para practicar una EA, sin embargo, ninguno es perfecto ni produce resultados exactos para una situación dada.

El proceso de siete pasos presentado en ésta sección es una de varias síntesis de varias metodologías que se pueden utilizar en la mayoría de los proyectos de caminos rurales:

2.9.3.2.1 Identificación del proyecto

Este paso es para identificar claramente el objetivo del proyecto, las necesidades y las metas. El objetivo y la necesidad del proyecto es la justificación para llevar a cabo la actividad. Un perfil preciso del objetivo y la actividad proveen la perspectiva necesaria para evaluar las diferentes alternativas. Sin contar con un objetivo y una necesidad claramente justificada y documentada, un proyecto no debe concretarse. Para definir el objetivo, necesidad y meta de un proyecto, se requiere responder a estas cinco preguntas básicas: ¿Quién? ¿Qué? ¿Cuándo? ¿Dónde? y ¿Por qué?

2.9.3.2.2 Diagnóstico

Este es uno de los pasos avanzados de la EA donde se definen los parámetros del análisis incluyendo los asuntos y oportunidades relevantes a la acción propuesta, identificando los asuntos y oportunidades más importantes a tratarse por el equipo interdisciplinario y dejando a un lado los de poca importancia. Este proceso se comienza con la identificación del público interesado, solicitando su participación en reuniones abiertas para tratar los asuntos y buscar alternativas.

2.9.3.2.3 Recolección e interpretación de datos

En ésta etapa el equipo interdisciplinario comienza a recabar información que se utiliza para formular alternativas. Antes de comenzar a recabar información directamente, se debe averiguar si ya existen datos pertinentes que pueden ser útiles. Por ejemplo, si un estudio de suelos recién hecho está disponible, se debe usar, aprovechando el tiempo para obtener información actualizada de las condiciones ambientales del área de estudio.

2.9.3.2.4 Diseño de las alternativas

Con la información acumulada en el paso anterior, el equipo comienza a interpretarla, considerando los asuntos y las oportunidades identificadas. Usando los parámetros ya definidos el equipo puede formular algunas soluciones y desarrollar planes de acción para lograr las metas, “Diseñando las Alternativas”.

Las alternativas son las diferentes maneras para alcanzar los objetivos de la acción propuesta para llenar las necesidades identificadas. La objetividad en la identificación, descripción, evaluación, y comparación de las alternativas para alcanzar las metas de la acción propuesta es crucial en el proceso de practicar una EA sin el elemento de objetividad y un análisis concienzudo, el proceso de la EA viene siendo un simple ejercicio para confirmar una decisión ya tomada y la EA pierde su valor como una herramienta para la toma de decisiones.

El equipo debe de formular y considerar una amplia gama de alternativas para cumplir con la acción propuesta. El número de alternativas generalmente depende de la complejidad de los asuntos involucrados, sin embargo, debe

haber por lo menos tres alternativas cuando sea posible. Estas alternativas deben incluir:

- 1) La alternativa de la acción propuesta
- 2) La alternativa de no acción

Para calificar, la alternativa debe cumplir con los siguientes criterios: primero, ser consistentes con el objetivo del proyecto; segundo, tratar a uno o más de los asuntos claves y; tercero, ser realista. También, en éste paso se definen y analizan las medidas de mitigación posibles para cada una de las alternativas.

2.9.3.2.5 Evaluación de efectos

En esta etapa del proceso de la EA, todavía no está claro cuál de las alternativas es la más indicada para una acción dada. Por lo tanto, se requiere que el equipo interdisciplinario estudie cada una de las alternativas para predecir, con la mayor exactitud posible, los efectos negativos y positivos que tendrán las ejecuciones de las alternativas y las medidas de mitigación.

Hay tres clases de efectos que se deben predecir y describir en el análisis: Efectos directos, Efectos indirectos y Efectos cumulativos.

2.9.3.2.5.1 Efectos directos

Son los que ocurren al mismo tiempo y en el mismo lugar de la ejecución de la alternativa.

2.9.3.2.5.2 Efectos indirectos

Son los que ocurren más tarde o a una distancia del lugar de la ejecución de la alternativa.

2.9.3.2.5.3 Efectos cumulativos

Son los que ocurren cuando un efecto directo o indirecto de la ejecución de una alternativa se combina con otros efectos, pasado, presente o futuro, incrementando su impacto global en el ambiente o comunidad.

2.9.3.2.6 Comparación de las alternativas

No existe un método fijo o definido para este paso del proceso, sin embargo, uno que se utiliza frecuentemente, consiste de que el equipo establece unos criterios objetivos para evaluar las alternativas con base de los asuntos claves y las oportunidades identificadas hasta este punto. Los datos de cada alternativa se comparan utilizando este criterio para determinar cuál de las alternativas parece mejor.

2.9.3.2.7 Implementación y seguimiento

La ejecución del proyecto comienza cuando El Tomador de Decisiones escoge la alternativa. Antes de tomar la decisión definitiva, El Tomador de Decisiones analiza la EA para seleccionar la mejor opción que reúne los objetivos del proyecto y cubre las necesidades y al mismo tiempo protege la integridad del ambiente a largo plazo. Una vez que se ha iniciado la ejecución, será necesario llevar a cabo el seguimiento de las actividades del proyecto para

asegurar que la ejecución se hace conforme con las normas y las medidas de mitigación como se definió en el proceso de la EA.

La responsabilidad de ejercer el seguimiento cae en la persona del ejecutor y en el caso de la construcción de un camino, será el constructor o una institución gubernamental. El trabajo en si debe de ser practicado por un especialista del equipo, quien posee el conocimiento técnico de los recursos y las actividades involucradas en el proyecto. Se debe formular un plan de seguimiento para guiar las actividades del especialista y para documentar lo mismo.

El objetivo del seguimiento es practicar una evaluación dinámica del desarrollo del proyecto para responder a las siguientes inquietudes:

- ¿El proyecto está logrando sus metas?
- ¿Cuáles son los efectos ambientales actuales del proyecto?
- ¿Hay algunos efectos ambientales ocurriendo en la ejecución que no fueron previstos?
- ¿Hay algunos asuntos públicos nuevos o relevantes?
- ¿Cuáles son las opciones, si ocurre un efecto negativo?

Como parte del proceso del seguimiento, el ejecutor del proyecto debe evaluar la efectividad de las medidas de mitigación. También en el transcurso de la ejecución se pueden detectar situaciones tales como una amenaza a una especie de fauna en peligro y su hábitat, a una amenaza a un recurso cultural no contemplado en el análisis original. Así, unas medidas de mitigación pueden agregarse o enmendarse para asegurar la protección de estos recursos. Un seguimiento adecuado forma una parte vital del proceso de una EA y no debe de pasar por alto.

3. MANTENIMIENTO DE CARRETERA

3.1 Mantenimiento del camino de acceso

Un buen mantenimiento con frecuencia es esencial en el manejo de caminos. Una vez que se ha ejecutado un diseño apropiado, el mantenimiento periódico es necesario para que el camino funcione de acuerdo al diseño. El mantenimiento del camino es particularmente importante para mantener los drenajes superficiales funcionando debidamente.

No existe ningún camino que no necesite mantenimiento, especialmente en época de lluvia. La necesidad de mantenimiento puede ser producida solamente con un diseño y prácticas de construcción adecuados, por ejemplo un camino construido con su pendiente hacia fuera y badenes, requerirá menos mantenimiento que un camino con pendiente hacia adentro con una serie de zanja y drenajes transversales. Se puede aprovechar el mantenimiento de los caminos para corregir o mejorar los errores u omisiones de diseño. El mantenimiento periódico de caminos involucra lo siguiente:

3.1.1 Mantenimiento de cunetas

Esta práctica es muy importante, no sólo para aumentar la vida de la carretera, sino que también para no provocar escurrimiento de agua en puntos que no sean los seleccionados y causen destrucción o erosión en laderas formando cárcavas difíciles de manejar.

Algunas actividades de mantenimiento, sin embargo, pueden ser contraproducentes si se hacen excesivamente, particularmente con respecto al control de erosión, si son realizadas con frecuencia, por ejemplo, las actividades

de limpieza de las cunetas, hombros y taludes con las cuales se remueve la cobertura vegetal de la superficie, pueden promover la erosión de suelo y degradar la calidad del agua local.

Para mantener un adecuado mantenimiento de cunetas es necesario realizar las siguientes actividades:

Limpieza y reparación de entradas y salidas de cunetas, se debe de permitir el libre corrimiento del agua, pero la superficie debería de ser reforzada con roca o una capa de concreto.

Esto para evitar un desgaste de la superficie y que se pueda cumplir con el tiempo de diseño.

Limpieza de las orillas del camino de árboles y arbustos para mantener la distancia visual y también evitar con esta actividad mantener en las cunetas material vegetal, debido a lo cercano de la vegetación.

Reposición necesaria de zampeado, revestimiento y medidas de control de erosión alrededor de las estructuras de drenajes.

Con esto se logra mantener libre las cunetas del material que se utilizó para controlar las erosiones.

Limpieza y reparación de áreas de deslaves, contrafuertes, muros de contención y otras estructuras naturales. La finalidad de éste tipo de limpieza es mantener el libre movimiento del agua y evitar que los materiales de derrumbes creen acumulaciones de agua que deterioran el revestimiento de las cunetas.

3.1.2 Mantenimiento de transversales

El mantenimiento de drenajes transversales es muy importante, para que el mantenimiento de cunetas cumpla su cometido, si no se realiza un adecuado mantenimiento en los transversales, las cunetas no cumplirán con un buen funcionamiento y su mantenimiento será una pérdida de recursos.

Para un mantenimiento adecuado se enumeran las siguientes actividades:

Los drenajes deben de ser periódicamente nivelados y limpiados, también se deben de realizar las reparaciones estructurales en las alcantarillas.

Remoción de camellones laterales y redefinición de drenajes transversales (badenes y desviadores de agua) para evitar que el agua se estanque en la superficie del camino.

Chequear que no existan deformaciones en la tubería, ya que éstas pueden provocar que los materiales de la tubería fallen y provoque filtraciones a la base y ésto provoque hundimientos.

Revisar las cajas del transversal para que no exista ninguna acumulación de materiales en ésta.

Chequear que las obras de rompe presiones no se erosiones con el paso del agua.

3.1.3 Mantenimiento a bóveda

Las bóvedas, puentes, etc. por su forma se utilizan como depósitos de basura, ésto debido a la falta de información de lo necesario y útil, que son éstas obras en los proyectos de carreteras.

Por ser una estructura de alta importancia su mantenimiento no puede ser periódico solamente, se debe de realizar siempre que exista una crecida en el río, es conveniente mencionar los siguientes aspectos:

3.1.3.1 Mantenimiento superficial

Limpieza del área cercana a la entrada y salida de la bóveda, chequear que no exista ningún material que pueda obstruir el libre corrimiento del agua,

Piedras demasiado grandes.

Troncos o árboles.

Material acumulado de arena y canto rodado en grandes cantidades.

Basura depositada y/o acumulada por la corriente.

Limpieza y reparación de la superficie de la bóveda, barandillas, bases, estribos y canal.

Señalización y pintura que advierta la existencia de la bóveda en el camino.

3.1.3.2 Mantenimiento interior

Chequear que no exista corrosión tanto en la tubería como en los tornillos de fijación.

Corroborar que no falten tornillos de fijación, en las uniones de la tubería.

Entre las uniones de tubería se debe de colocar material impermeabilizante para evitar las filtraciones de agua a la base, éste debe de revidarse para estar seguro que esta cumpliendo su cometido, de no ser así se debe de remover y colocarlo nuevamente.

Chequear que no exista ninguna clase de deformación en la tubería.

3.1.4 Mantenimiento de pavimento

El mantenimiento de un pavimento de concreto es una actividad indispensable, necesaria para que el pavimento de concreto llegue a su periodo de diseño, puede sub-dividir en dos formas:

Para un buen mantenimiento del pavimento de concreto es necesario tomar las siguientes medidas preventivas:

La superficie del camino debe de ser limpiada para eliminar material deslizante, el pavimento debe ser protegido y las grietas selladas, se debe de reducir al mínimo la pérdida de material de revestimiento.

Nivelación profunda del camino para eliminar baches y rodaduras y para reponer el material de revestimiento que se ha dispersado.

Eliminar secciones fangosas llenándolas con grava o con el material de calidad requerido. Nivelación y conformación de la superficie del camino para mantener una adecuada corona y patrones del drenaje de la superficie.

Los taludes pueden necesitar limpieza periódica para distancia visual pero la vegetación, particularmente los arbustos, son muy útiles para controlar la erosión así como para la estabilidad de los mismos.

Mantenimiento y reemplazo de la señalización.

3.1.5 Limpia y chapeo de derecho de vía y taludes

Una actividad importante en el mantenimiento de caminos rurales es la limpieza del derecho de vía taludes, una práctica muy común es realizar la limpieza de manera indiscriminada, es decir a toda la vegetación que está en la orilla de la carretera, esta limpieza debe ser selectiva con el fin de no cortar especies agradables al viajero o que tengan un valor ecológico.

En cuanto a la limpieza de taludes, debe eliminarse únicamente la vegetación que cause problemas de visibilidad al conductor, no así aquella que protege los taludes.

3.1.6 Mantenimiento de vegetación y estructuras

Es usual que durante la construcción de los proyectos y dentro de las medidas de compensación ambiental se siembre vegetación y se coloque estructuras de seguridad humana a los usuarios de los proyectos. Ambas deben de tener mantenimiento.

3.1.7 Manejo de basura

Este es un tema muy importante debido a que la población en algunos casos y las autoridades municipales suelen ubicar basureros en los caminos

rurales. Otra situación es que los usuarios de los caminos botan basura en los hombros del camino rural y al efectuar la limpieza esta se traslada a otro sitio en donde nuevamente causa problemas, las basuras debe ser llevada a un relleno sanitario o a un depósito autorizado. Si como es usual no existe ninguna de éstas posibilidades es necesario que se seleccione un sitio para tal fin y se haga uso del mismo evitando causar daños al medio ambiente.

CONCLUSIONES

1. En el Caserío Primera Joya las pendientes actuales del camino varían entre el 20% y 23%, esto debido a que es una región demasiado montañosa. Además el tránsito promedio por día varia entre 0 y 100 vehículos, por lo tanto es una carretera tipo F.
2. El costo total de los trabajos es de Q. 4,755,685.71 para mejorar una distancia de 1,949.20 m de carretera, por lo que el valor del metro lineal es de Q. 2,439.81 éste valor para la municipalidad de Palencia es una fuerte inversión para un sólo proyecto. Pero los beneficios que proporcionará el proyecto compensan el valor de la inversión.
3. El daño ambiental en el momento de la construcción de la carretera será severo en el área de construcción y en áreas aledañas, por el movimiento de tierras, desvíos de tráfico durante la construcción, explotación del banco de materiales, etc.
4. Las normas de diseño y construcción de carreteras para áreas montañosas se aplican en éste proyecto para obtener una vía de acceso adecuada que cumpla con las especificaciones del ministerio de comunicaciones.
5. Un adecuado mantenimiento alarga la vida útil de la carretera y permite una fácil movilización para los conductores que transitan en ella.

RECOMENDACIONES

1. Los datos proporcionados en el diseño de la carretera se deben de utilizar en la construcción, ya que de esto depende un buen funcionamiento de la carretera y que los costos del proyecto no se alteren.
2. Debido a que el terreno es demasiado montañoso y las pendientes finales de la carretera son bastante altas. Es muy importante la buena señalización de la carretera, para que el funcionamiento de ésta sea el adecuado.
3. El costo de proyecto es alto para la municipalidad de Palencia, por lo tanto, para que pueda ejecutarse se deben de buscar varias fuentes de inversión o que la construcción del proyecto se realice en etapas o fases. La construcción de esta vía de acceso es de mucha importancia para los habitantes de la región.
4. Se deben de realizar las medidas de mitigación necesaria para que el impacto ambiental no sea relevante o no exista ningún impacto ambiental después de la construcción del proyecto.
5. Realizar trabajos de limpieza y mantenimiento de todo el tramo carretero periódicamente, para obtener el tiempo de diseño y prolongar la vida útil de la carretera.

BIBLIOGRAFÍA

1. Merrit Frederick S. **Guía del Ingeniero Civil** Primera Edición Editorial Mc Graw Hill
2. Keller Gordon, Bauer Gerald P, Aldana Mario. **Caminos Rurales con Impactos Mínimos** Guatemala Septiembre 1995.
3. **Especificaciones generales para la construcción de carreteras y puentes.** Guatemala: Dirección General de Caminos. Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda. Noviembre 2002
4. Monge Arana, Manuel Estudio y Diseño de la pavimentación de la colonia La Libertad Aldea la Comunidad zona 10 de mixto. Trabajo de graduación de Ingeniería Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2004.
5. Escobar García, Pablo Bernabé Pavimentación de calles de la aldea la Ciénaga, calles del sector Nueva Jerusalén y calles del caserío la Comunidad y construcción de drenajes aldea la Ciénaga del municipio de San Raymundo. Trabajo de graduación de Ingeniería Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2005.
6. Ramírez Macario, Erick Nery Planificación y Diseño del tramo carretero, para el acceso del centro del Municipio de Amatitlán hacia la autopista CA-9 Guatemala-Palín, por la parte Sur. Trabajo de graduación de Ingeniería Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2004.

APÉNDICE

Libreta topográfica planimetría
Municipalidad de Palencia
Carretera Primera Joya - Plan Grande

Est.	P.O.	D.H.	Deflexión			Dirección
			Grados	Minutos	Segundos	
0	1	19.915	5	34	19	**
1	2	19.840	2	32	2	DER (+)
2	3	19.940	6	28	8	DER (+)
3	4	19.940	1	10	12	IZQ (-)
4	5	19.890	30	13	6	IZQ (-)
5	6	19.790	0	19	6	DER (+)
6	7	19.770	0	44	38	DER (+)
7	8	19.710	4	43	41	DER (+)
8	9	19.730	1	55	45	IZQ (-)
9	10	19.800	19	58	40	IZQ (-)
10	11	19.780	3	4	49	IZQ (-)
11	12	9.750	35	19	53	DER (+)
12	13	19.700	25	3	19	DER (+)
13	14	9.710	26	47	35	IZQ (-)
14	15	9.750	13	9	59	IZQ (-)
15	16	9.710	0	16	10	DER (+)
16	17	9.770	36	3	22	DER (+)
17	18	19.560	13	46	29	DER (+)
18	19	19.660	34	26	38	IZQ (-)
19	20	19.690	7	15	4	IZQ (-)
20	21	19.670	9	6	26	DER (+)
21	22	19.670	17	23	56	DER (+)
22	23	19.650	8	2	30	DER (+)
23	24	19.730	8	58	31	IZQ (-)
24	25	19.720	30	23	35	IZQ (-)
25	26	19.760	5	28	16	IZQ (-)
26	27	19.680	4	16	41	IZQ (-)
27	28	9.750	12	36	9	DER (+)
28	29	9.750	31	15	28	DER (+)
29	30	9.750	41	11	19	DER (+)
30	31	19.600	14	9	28	DER (+)
31	32	19.660	0	26	26	DER (+)
32	33	19.670	0	14	32	IZQ (-)
33	34	19.680	5	7	1	DER (+)
34	35	19.690	19	38	24	DER (+)
35	36	19.630	10	0	25	IZQ (-)
36	37	19.670	5	14	41	IZQ (-)
37	38	9.760	39	32	45	IZQ (-)

Libreta topográfica planimetría
Municipalidad de Palencia
Carretera Primera Joya - Plan Grande

Est.	P.O.	D.H.	Deflexión			Dirección
			Grados	Minutos	Segundos	
38	39	9.740	17	31	53	IZQ (-)
39	40	19.670	19	52	20	IZQ (-)
40	41	19.680	11	58	48	IZQ (-)
41	42	19.720	9	44	6	IZQ (-)
42	43	19.630	18	53	59	IZQ (-)
43	44	19.730	6	52	18	IZQ (-)
44	45	9.760	22	47	0	DER (+)
45	46	9.740	24	56	30	DER (+)
46	47	19.780	14	23	52	DER (+)
47	48	9.870	29	33	1	DER (+)
48	49	9.810	19	22	14	DER (+)
49	50	9.850	7	28	51	IZQ (-)
50	51	9.840	13	1	20	IZQ (-)
51	52	9.880	3	56	31	IZQ (-)
52	53	9.840	7	20	0	IZQ (-)
53	54	9.870	9	25	40	IZQ (-)
54	55	9.870	8	28	45	IZQ (-)
55	56	9.840	7	53	52	IZQ (-)
56	57	19.900	13	31	29	IZQ (-)
57	58	19.905	9	46	58	IZQ (-)
58	59	19.810	2	11	31	DER (+)
59	60	19.860	26	41	34	DER (+)
60	61	19.895	6	51	26	DER (+)
61	62	19.900	4	15	11	IZQ (-)
62	63	19.875	2	7	23	DER (+)
63	64	19.900	5	52	41	DER (+)
64	65	19.905	8	30	21	DER (+)
65	66	19.920	2	40	0	IZQ (-)
66	67	9.915	0	59	50	DER (+)
67	68	9.860	20	18	16	IZQ (-)
68	69	9.840	25	37	6	IZQ (-)
69	70	19.875	14	11	56	IZQ (-)
70	71	19.830	2	47	50	IZQ (-)
71	72	9.930	14	17	49	DER (+)
72	73	19.860	39	13	50	DER (+)
73	74	19.835	2	14	49	IZQ (-)
74	75	19.885	14	34	27	IZQ (-)
75	76	19.950	12	36	43	IZQ (-)
76	77	19.955	2	51	46	IZQ (-)

Libreta topográfica planimetría
Municipalidad de Palencia
Carretera Primera Joya - Plan Grande

Est.	P.O.	D.H.	Deflexión			Dirección
			Grados	Minutos	Segundos	
77	78	19.900	23	39	29	IZQ (-)
78	79	19.870	14	28	45	IZQ (-)
79	80	19.990	0	12	52	IZQ (-)
80	81	20.060	9	3	3	DER (+)
81	82	20.090	40	10	52	DER (+)
82	83	19.870	38	19	52	DER (+)
83	84	19.965	13	41	19	DER (+)
84	85	19.945	11	12	25	DER (+)
85	86	19.940	13	51	55	IZQ (-)
86	87	19.980	0	57	9	DER (+)
87	88	19.890	15	59	25	DER (+)
88	89	20.940	15	28	57	DER (+)
89	90	19.910	8	34	37	DER (+)
90	91	19.860	5	36	12	DER (+)
91	92	19.895	1	43	42	DER (+)
92	93	19.770	1	22	42	IZQ (-)
93	94	19.725	8	16	38	IZQ (-)
94	95	19.680	27	21	43	IZQ (-)
95	96	19.710	12	21	30	IZQ (-)
96	97	19.720	4	36	59	IZQ (-)
97	98	19.680	0	49	38	IZQ (-)
98	99	19.720	2	32	18	IZQ (-)
99	100	19.790	3	11	8	DER (+)
100	101	19.800	4	49	19	DER (+)
101	102	19.830	5	0	12	DER (+)
102	103	19.785	0	7	14	DER (+)
103	104	19.845	1	18	51	IZQ (-)
104	105	19.820	0	38	18	DER (+)
105	106	19.850	1	25	21	DER (+)
106	107	19.900	9	27	3	DER (+)
107	108	9.840	14	30	36	DER (+)
108	109	9.880	14	56	3	DER (+)
109	110	9.770	28	21	46	DER (+)
110	111	19.770	17	36	32	DER (+)
111	112	19.750	14	50	18	IZQ (-)
112	113	9.840	11	13	7	IZQ (-)

** Dirección desde Norte

Libreta Topográfica Secciones
Municipalidad de Palencia
Carretera Primera Joya - Plan Grande

1			5.000	1.975	0+000	1.970	5.000				1.355	
			0.100	1.675	202.585	1.770	4.450					
2			5.000	3.970	2.180	0+019.915	2.215	5.000				1.375
			0.045	0.100	1.520	202.270	1.760	4.185				
3			5.000	3.130	1.855	0+039.755	2.890	5.000				1.295 1.280
			0.100	0.000	1.215	199.290	1.260	2.775				
4			5.000	3.460	0+059.695	3.140	5.000					1.330
			1.320	1.370	197.245	1.300	0.425					
5			5.000	2.770	0+079.635	2.520	3.535					1.345
			3.370	1.385	196.565	1.250	0.140					
6			5.000	4.245	2.895	0+099.525	2.625	3.200	5.000			1.31,1.20 3.965 de DH 5.00 PO 0.575
			3.580	2.810	1.390	195.270	1.460	0.575	3.965			
7			5.000	3.660	2.630	0+119.315	1.720	2.985	5.000			1.305,1.70 2.965 de DH 5.00 PO 0.5
			3.675	2.305	1.255	192.060	1.300	0.500	2.965			
8			5.000	4.180	2.810	0+139.085	2.560	4.830	5.000			1.345,1.30 2.20 de DH 5.00 PO 0.65
			3.290	2.015	1.285	188.945	1.025	0.650	2.200			
9			5.000	2.990	2.190	0+158.795	2.305	3.700	5.000			1.355,1.175 4.00 de DH 5.00 PO 0.46
			2.775	1.260	1.295	186.420	1.400	0.460	4.000			
10			5.000	2.550	0+178.525	1.755	3.515	5.000				1.34,1.25 4.245 de DH 5.00 PO 0.34
			2.460	1.310	183.615	1.400	0.340	4.245				
11			5.000	2.210	0+198.325	1.410	2.850	5.000				1.375,1.17 4.31 de DH 5.00 PO 0.49
			2.370	1.440	180.975	1.520	0.490	4.310				
12			6.640	3.910	0+218.105	2.865	4.030	5.000				1.32,1.25 3.58 de DH 5.00 PO 1.34
			1.410	1.455	178.690	1.525	1.340	3.580				
13			5.500	4.310	0+227.855	1.860	2.950	5.000				1.29,1.30 3.46 de DH 5.00 PO 1.29
			0.930	1.205	176.770	1.445	1.290	3.460				
14					0+237.675		1.460					
					174.670		1.480					
14			5.000	3.970	2.640	0+247.555	2.160	3.820	5.000			1.33,1.15 3.60 de DH 5.00 PO 1.69
			0.000	1.340	1.610	172.570	1.980	1.690	3.600			
15	1.640 3.18 de DH 5.00 PO 0.61		5.000	3.640	2.730	0+257.265	2.400	3.095	5.000			1.240
			3.180	0.610	1.255	170.330	1.310	1.220	1.470			
16	1.530 2.78 de DH 5.00 PO 0.83		5.000	4.610	3.390	0+267.015	1.970	3.910	5.000			1.340
			2.780	0.830	1.150	167.990	1.580	1.605	1.920			
17			6.860	4.005	0+276.725	3.780	6.240				1.390	
			1.670	1.535	165.520	1.365	1.140					
18			5.000	4.620	3.060	0+286.495	3.410	4.990				1.340
			1.350	1.280	1.300	163.010	1.285	0.865				
19					0+296.855		1.490					
					160.430		1.415					
19			5.890	3.860	0+306.055	3.225	5.710				1.300	
			0.100	1.200	158.155	1.430	0.410					
19					0+315.895		1.470					
					155.760		1.420					

Libreta Topográfica Secciones
Municipalidad de Palencia
Carretera Primera Joya - Plan Grande

20			5.000	2.845	0+325.715	3.050	5.000				1.275
			1.380	1.320	153.630	1.340	3.085				
21			5.000	4.625	2.950	0+345.405	2.835	5.000			1.260
			1.295	1.220	1.245	150.035	1.280	3.005			
22			5.000	2.665	0+365.075	2.920	2.455	5.000			1.280
			0.285	1.485	146.365	1.360	4.710				
					0+375.360		1.425				
					144.125		1.405				
23		1.250	5.000	2.660	0+384.745	3.325	4.895	5.000			1.310
		4.27 de DH 5.00 PO 0.72	4.270	0.720	141.930	1.280	2.035				
					0+395.050		1.405				
					139.685		1.445				
24		1.170	5.000	2.450	0+404.395	2.630	4.100	5.000			1.280
		4.19 de DH 5.00 PO 1.31	4.190	1.310	137.780	1.390	1.835	2.060			
25			5.270	3.495	0+424.125	3.490	5.000				1.350
			1.160	1.310	134.890	1.755	2.285				
26		1.16	5.000	4.260	3.290	0+443.845	2.610	5.000			1.365
		4.185 de DH 5.00 PO 0.21	4.185	0.210	1.110	132.120	1.625	2.950			
27			5.000	2.550	2.680	0+463.605	2.790	5.000			1.350
			0.050	0.050	1.800	128.795	1.880	3.065			
					0+473.495		1.380				
					126.910		1.430				
28		1.190	5.000	3.900	2.900	0+483.285	3.480	5.000			1.360
		3.565 de DH 5.00 PO 0.05	3.565	0.050	1.475	124.865	1.560	1.560			
29			5.000	4.460	3.120	0+493.035	2.900	4.250	5.000		1.37,1.21
			0.035	0.125	1.025	122.665	1.320	0.635	2.460		2.46 de DH 5.00 PO 0.635
30		1.155	5.000	4.000	2.880	0+502.785	2.990	3.970	5.000		1.38,1.17
		2.895 de DH 5.00 PO 0.845	2.895	0.845	1.460	120.435	1.280	1.050	3.725		3.725 de DH 5.00 PO 1.05
31			5.000	4.570	2.920	0+512.535	3.010	3.550	5.000		1.455,1.21
			0.140	0.370	1.560	118.395	1.350	0.765	3.465		3.465 de DH 5.00 PO 0.765
					0+522.165		1.435				
					116.520		1.405				
32			5.000	2.270	0+532.135	2.450	3.000	5.000			1.34,1.16
			1.110	1.360	114.665	1.310	0.250	3.285			3.285 de DH 5.00 PO 0.25
					0+541.655		1.410				
					112.875		1.445				
33			5.000	3.710	2.850	0+551.795	2.500	3.265	5.000		1.375,1.20
			0.260	0.200	1.030	110.885	1.310	0.210	2.820		2.82 de DH 5.00 PO 0.21
					0+562.505		1.415				
					108.875		1.395				
34			5.000	3.910	2.400	0+571.465	1.995	3.110	5.000		1.405,1.15
			0.535	0.775	1.535	107.230	1.510	0.790	2.665		2.665 de DH 5.00 PO 0.79
35			5.000	2.980	0+591.145	2.690	5.000				1.31,1.18
			1.140	1.260	103.775	1.280	3.125				3.125 de DH 5.00 PO 1.28

Libreta Topográfica Secciones
Municipalidad de Palencia

Carretera Primera Joya - Plan Grande

50	1.125 5.795 de DH 5.00 PO 0.625		5.000	3.000	2.490	0+827.025	2.310	3.170	5.000		1.405
			5.795	0.625	1.270	64.150	1.285	1.245	1.455		
51	1.170 6.65 de DH 3.95 PO 0.400		3.950	2.850	2.235	0+836.875	2.270	2.940	3.410	5.190	1.42
			6.650	0.400	1.640	66.090	1.310	1.205	2.050	2.050	
52	1.185 5.165 de DH 3.75 PO 0.460		3.750	3.040	2.440	0+846.715	2.530	3.140	3.740	5.800	1.415
			5.165	0.460	1.495	68.065	1.385	1.230	2.680	2.680	
53	1.200 5.18 de DH 3.97 PO 0.205		3.970	3.260	2.480	0+856.595	3.110	3.580	5.360		1.41
			5.180	0.205	1.570	69.900	1.300	2.150	2.150		
54	1.155 4.47 de DH 4.08 PO 0.24		4.080	3.490	2.610	0+866.435	2.695	3.395	3.860	5.640	1.385
			4.470	0.240	1.015	71.610	1.400	1.320	2.165	2.165	
55	1.160 4.48 de DH 3.97 PO 0.585		3.970	3.380	2.660	0+876.305	3.585	5.000			1.420
			4.480	0.585	1.665	73.125	1.400	2.205			
56	1.200 2.835 de DH 4.22 PO 0.84	5.76 2.835	4.220	3.865	2.230	0+886.175	3.850	5.000			1.445
			2.835	0.840	1.175	73.850	1.610	2.660			
57	1.190 4.30 de DH 5.27 PO 0.47		5.270	4.230	3.190	0+896.015	5.000	10.000			1.410
			4.300	0.470	1.170	73.850	1.750	1.750			
58				5.000	3.210	0+915.915	3.490	5.000			1.435
				0.690	1.210	74.260	1.755	3.160			
59		4.310 0.010	3.100	2.980	2.345	0+935.820	2.530	3.560			1.420
			0.010	0.410	1.300	75.310	1.620	4.440			
60	1.180 4.98 de DH 4.00 PO 0.125		4.000	3.330	0.975	0+955.630	3.700	4.700	8.400		1.425
			4.980	0.125	2.880	77.900	1.575	3.305	3.475		
61	1.210 3.175 de DH 2.93 PO 1.10	5.270 5.150	4.930	2.930	2.580	0+975.49	2.730	4.400	6.070		1.430
			3.175	3.175	1.100	79.235	1.585	2.075	2.565		
62	1.160 3.805 de DH 4.59 PO 0.49		4.590	3.060	2.440	0+995.385	2.820	4.190			1.420
			3.805	0.490	1.270	79.425	1.760	5.520			
63	1.150 4.78 de DH 3.47 PO 1.27			3.470	2.540	1+015.285	2.890	3.570			1.425
				4.780	1.270	79.215	1.540	5.640			
64	1.190 4.19 de DH 5.08 PO 0.62	6.66 4.22	5.080	3.580	2.370	1+035.160	2.110	2.600			1.400
			4.190	0.620	1.265	79.010	1.500	5.410			
65	1.180 4.18 de DH 4.73 PO 0.70		4.730	3.230	2.470	1+055.06	3.040	3.800			1.410
			4.180	0.700	1.345	79.160	1.530	5.570			
66	1.160 4.16 de DH 5.3 PO 0.32	6.230 4.160	5.300	3.800	3.170	1+074.965	3.320	4.220			1.380
			4.160	0.320	1.300	79.620	1.415	5.000			
67	1.210 4.21 de DH 3.435 PO 1.435		4.435	3.435	2.435	1+094.885	4.240	4.640	5.640		1.350
			4.210	4.210	1.435	79.935	1.535	1.535	4.535		
68	1.170 2.77 de DH 3.36 PO 1.22		5.340	3.360	3.340	1+104.80	1.580	3.080			1.365
			2.770	2.770	1.220	79.960	1.355	3.355			
69	1.150 2.55 de DH 3.36 PO 1.40		5.320	3.360	3.320	1+114.66	2.940	6.940			1.325
			2.550	2.550	1.400	80.035	1.230	4.230			
70	1.190 2.59 de DH 2.69 PO 1.38		4.650	2.690	2.650	1+124.50	2.585	5.000			1.340
			2.590	2.590	1.380	80.250	1.400	2.410			
71				5.950	3.190	1+144.375	3.365	4.365	4.405	5.365	1.370
				0.260	1.430	81.280	1.660	1.660	4.160	4.160	

Libreta Topográfica Secciones
Municipalidad de Palencia
Carretera Primera Joya - Plan Grande

72	1.150		4.075	3.115	3.075	1+164.205	2.400	3.750	4.750			1.360
	3.65 de DH 3.115 PO 1.09		3.650	3.650	1.090	82.410	1.430	1.360	4.360			
73			3.520	2.520	2.020	1+174.135	2.850	3.000	4.000			1.320
			2.365	1.165	1.165	83.170	1.430	3.790	3.790			
74	1.220		4.240	3.740	2.450	1+193.995	2.825	3.175	3.675	5.675		1.320
	4.22 de DH 4.24 PO 0.98		4.220	0.980	1.290	84.140	1.275	1.275	3.275	3.275		
75	1.180		4.420	3.420	2.920	1+213.830	2.820	4.270	5.770			1.340
	3.68 de DH 3.42 PO 0.70		3.680	3.680	0.700	85.210	1.640	2.050	2.200			
76	1.200	4.090	3.090	2.490	2.090	1+233.715	2.290	3.030	4.530			1.320
	3.70 de DH 3.09 PO 1.475	3.700	3.700	1.475	1.475	86.615	1.250	1.015	2.365			
77	1.190		4.45	3.450	2.450	1+253.665	2.980	5.980				1.300
	2.69 de DH 3.45 PO 0.70	2.69	2.690	0.700	1.450	88.585	1.320	4.320				
78				6.580	2.600	1+273.62	2.560	5.460				1.410
				0.750	1.360	89.835	1.410	6.245				
79	1.165		3.800	3.000	2.270	1+293.52	1.975	2.900	3.500	5.000		1.385
	2.665 de DH 3.80 PO 0.58	2.665	0.580	1.360	90.210	1.305	1.455	3.115	3.115			
80	1.125	5.320	4.320	3.320	1.930	1+313.39	2.880	4.110				1.380
	6.125 de DH 4.32 PO 0.83	6.125	6.125	0.830	1.475	90.985	1.420	5.365				
81	1.170	5.16	4.160	3.660	2.460	1+333.38	3.235	5.965				1.415
	2.67 de DH 4.16 PO 0.89	2.67	2.670	0.890	1.370	91.695	1.560	6.110				
82				5.680	3.610	1+353.44	3.390	3.540	4.820			1.365
				0.355	1.190	92.470	1.380	3.230	3.450			
83				6.750	4.215	1+373.53	3.695	4.695				1.365
				0.675	1.120	92.410	1.660	4.660				
84	1.200	4.42	3.460	3.420	2.265	1+393.40	3.110	4.110				1.460
	2.85 de DH 3.46 PO 0.61	2.85	2.850	0.610	1.525	93.600	1.560	4.060				
85				5.620	4.260	1+413.365	3.120	6.120				1.530
				0.730	1.000	91.880	1.805	3.305				
86	1.180		4.315	3.315	2.615	1+433.31	2.780	3.280	5.280			1.480
	3.08 de DH 3.315 PO 1.42	3.080	3.080	1.420	91.410	1.550	1.550	4.550				
87	1.170		3.470	2.510	2.470	1+453.25	2.800	4.300				1.465
	3.07 de DH 2.51 PO 1.45	3.070	3.070	1.450	90.615	1.435	4.435					
88	1.300		3.720	3.120	2.495	1+473.23	2.660	3.690				1.455
	2.3 de DH 3.72 PO 0.57	2.300	0.570	1.350	90.100	1.485	2.485					
89	1.180		3.635	2.135	1+493.12	2.515	4.015					1.455
	3.68 de DH 3.635 PO 1.48	3.680	1.480	89.640	1.480	2.980						
90	1.155		4.120	3.320	2.445	1+514.06	3.300	4.300				1.445
	2.655 de DH 4.12 PO 1.07	2.655	1.070	1.590	88.975	1.490	3.990					
91	1.180		4.650	3.150	2.400	1+533.97	3.060	3.960	4.860			1.450
	3.12 de DH 4.65 PO 0.54	3.120	0.540	1.510	87.620	1.575	2.065	2.555				
92	1.190	4.100	3.140	3.100	1.960	1+553.83	3.090	3.690	4.890			1.450
	3.19 de DH 3.14 PO 0.78	3.190	3.190	0.780	1.385	85.710	1.395	1.605	4.105			
93	1.500	5.170	4.170	3.170	2.000	1+573.725	3.220	3.690	5.190			1.410
	4.00 de DH 4.17 PO 1.30	4.000	4.000	1.300	1.300	83.140	1.365	1.290	2.790			

Libreta Topográfica Secciones
Municipalidad de Palencia
Carretera Primera Joya - Plan Grande

94	3.22 de DH 3.88 PO 0.685	1.220	4.880	3.880	3.680	2.560	1+583.34 81.335	3.155	3.850	4.850	6.000	1.425
		1.593.495	3.155	3.850	4.850	6.000	1.400					
95	3.16 de DH 4.15 PO 0.385	1.160	5.150	4.150	3.350	2.850	1+603.34 77.230	8.150				1.360
		1.613.22	8.150				1.385					
96	2.68 de DH 3.00 PO 0.51	1.180	4.000	3.000	2.845	2.230	1+632.90	2.555	3.250	5.250	5.945	1.310
		2.680	2.680	0.510	1.370	72.835	1.260	1.260	4.260	4.260		
97	2.66 de DH 3.43 PO 0.29	1.160	4.430	3.430	3.230	2.590	1+652.61	3.090	3.820	4.220	4.720	1.335
		2.660	2.660	0.290	1.320	70.285	1.340	1.870	2.120	4.120		
98	2.92 de DH 4.81 PO 0.54	1.200	5.810	4.810	3.550	2.920	1+661.805 68.645	3.150	3.630	4.530	5.530	1.35
		2.920	2.920	0.540	1.400	66.610	1.120	1.170	3.420	3.420	1.320	
99	2.73 de DH 3.85 PO 0.37	1.230	4.810	3.850	3.810	3.400	1+682.46 64.605	3.390	5.300	8.300		1.315
		2.730	2.730	0.370	1.540	62.710	1.440	1.120	4.120		1.430	
100	2.97 de DH 3.90 PO 0.42	1.230	4.810	3.850	3.810	3.400	1+692.01	3.390	5.300	8.300		1.405
		2.730	2.730	0.370	1.540	62.710	1.440	1.120	4.120		1.430	
101	2.69 de DH 5.07 PO 0.53	1.170	4.900	3.900	3.470	3.080	1+702.62 60.520	3.350	3.550	3.950		1.405
		2.970	2.970	0.420	1.140	58.460	1.290	1.290	2.790		1.500	
102	3.175 de DH 3.55 PO 0.61	1.190	6.070	5.070	3.250	2.420	1+711.73	3.350	3.550	3.950		1.415
		2.690	2.690	0.530	1.190	54.505	1.250	1.250			1.410	
103	4.15 de DH 3.96 PO 1.53	1.190	6.070	5.070	3.250	2.420	1+721.735 56.500	4.450	6.450			1.410
		2.690	2.690	0.530	1.190	54.505	1.250	1.250			1.410	
104	3.18 de DH 3.77 PO 0.80	1.175	4.550	3.550	3.250	2.230	1+731.52	4.450	6.450			1.360
		3.175	3.175	0.610	1.100	50.825	1.270	1.270			1.310	
105	3.16 de DH 3.85 PO 0.705	1.175	4.550	3.550	3.250	2.230	1+741.42 52.580	3.330	5.330			1.475
		3.175	3.175	0.610	1.100	50.825	1.270	1.270			1.310	
106	3.675 de DH 3.78 PO 0.56	1.150	4.960	3.960	2.960	1+751.32	3.330	5.330				1.310
		4.150	4.150	1.530	47.225	1.375	1.310	1.110	1.110		1.455	
107	4.215 de DH 5.50 PO 1.14	1.180	4.770	3.770	3.270	2.320	1+761.37 48.950	2.845	3.520	3.720	5.720	1.455
		3.180	3.180	0.800	1.430	43.955	1.375	1.370	1.370		1.440	
108	3.16 de DH 3.85 PO 0.705	1.160	4.900	3.850	3.350	2.380	1+771.15	2.845	3.520	3.720	5.720	1.455
		3.160	3.160	0.705	1.370	40.645	1.370	1.350	1.520		1.375	
109	3.675 de DH 3.78 PO 0.56	1.175	4.780	3.780	3.280	2.230	1+790.935	2.350	3.060	5.060		1.440
		3.675	3.675	0.560	1.290	37.800	1.460	1.165	1.335		1.380	
110	4.215 de DH 5.50 PO 1.14	1.215	6.500	5.500	3.500	2.510	1+810.78	2.400	3.330	5.330		1.375
		4.215	4.215	1.140	1.440	34.950	1.420	0.660	0.660	1.660	1.660	1.395

Libreta Topográfica Secciones
Municipalidad de Palencia
Carretera Primera Joya - Plan Grande

108	1.750	4.570	3.560	3.110	1.890	1+870.35	2.510	3.510	3.610	3.910	5.060	1.505
	3.115 de DH 3.56 PO 1.00	3.115	3.115	1.000	1.540	32.360	1.500	0.635	0.635	1.650	1.650	
109	1.250		3.730	2.770	2.730	1+880.19	2.210	3.030	3.600	4.100	5.100	1.44,1.17
	3.25 de DH 2.77 PO 1.39		3.250	3.250	1.390	30.940	1.520	0.820	2.070	1.420	1.420	2.07 de DH 3.60 PO 0.82
110	1.200	5.000	3.600	3.560	2.490	1+890.07	2.690	4.040	6.000			1.43,1.16
	1.50 de DH 3.60 PO 1.04	1.300	1.500	1.040	1.300	29.250	1.420	0.530	2.160			2.16 de DH 6.00 PO 0.53
111	1.200	5.000	3.300	3.260	1.910	1+899.84	2.490	3.330	3.830	5.000		1.445,1.18
	1.70 de DH 3.30 PO 0.43	1.700	1.700	0.430	1.405	27.290	1.615	0.530	3.180	3.180		3.18 de DH 3.83 PO 0.53
112	1.175	5.000	4.250	3.250	2.215	1+919.61	2.410	3.600	4.600	5.350		1.41,1.30
	3.175 de DH 4.25 PO 0.625	3.175	3.175	0.625	1.480	23.335	1.400	0.630	3.300	3.300		3.30 de DH 4.60 PO 0.63
113					7.240	1+939.36	4.550	8.420				1.400
					1.960	19.545	1.470	1.815				
114					9.660	1+949.20	13.475					1.350
					2.345	18.065	0.770					



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



INFORME No. 408 S.S. O.T. No.: 20,423
Interesado: César Enrique Gonzales Ixcolin
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: Palencia, Guatemala
Fecha: 28 de septiembre de 2006



Muestra No.: 1
Descripción del suelo: Arena pómez limosa color beige
Densidad seca máxima γ_d : 1,508 Kg/m³ 94,11 lb/ft³
Humedad óptima Hop.: 18,5 %
Observaciones: Muestra proporcionada por el interesado.

Atentamente,

Vo. Bo.:

Ing. Cesar Alfonso Garcia Guerra
DIRECTOR CII/USAC

Omar E. Medrano Mendez
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. 410 S.S.

O.T. No. 20,423

Interesado: César Enrique Gonzales Ixcolín
Proyecto: Trabajo de graduación - EPS

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

Ubicación: Palencia, Guatemala

FECHA: 28 de septiembre de 2006

RESULTADOS:

ENSAYO No.	MUESTRA No.	L.L. (%)	I.P. (%)	C.S.U. *	DESCRIPCION DEL SUELO
1	1	Material no plástico		SM	Arena pómez limosa color beige

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

Observaciones: Muestra tomada por los interesados.

Atentamente,

Vo. Bo.


Ing. César Alfonso García Guerra
DIRECTOR CII/USAC




Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos



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



INFORME No. 411 S.S.

O.T. No. 20,423

Interesado: César Enrique Gonzales Ixcolín

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: Palencia, Guatemala

Fecha: 28 de septiembre de 2006

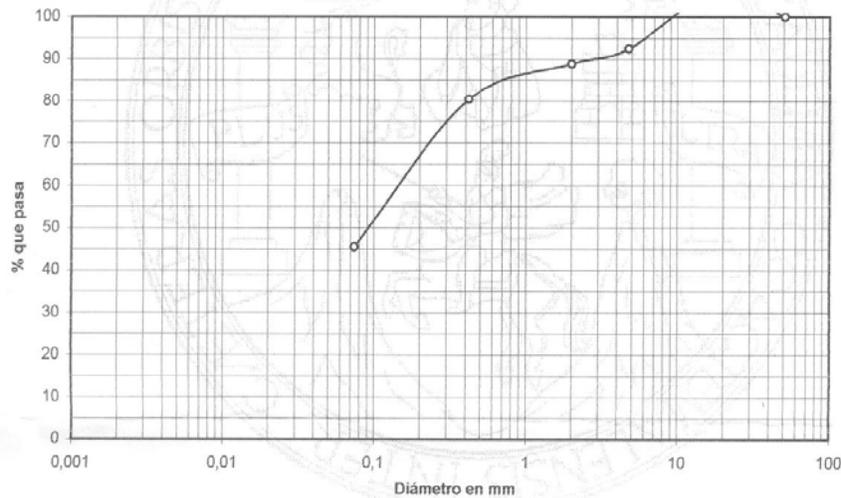
Muestra No. 1

Análisis con Tamices:		
Tamiz	Abertura (mm)	% que pasa
2"	50,8	100,00
3/4"	19,00	106,78
4	4,76	92,41
10	2,00	88,89
40	0,42	80,35
200	0,074	45,53

% de Grava: 7,59

% de Arena: 46,88

% de Finos: 45,53



Descripción del suelo: Arena limosa color beige

Clasificación: S.C.U.: SM P.R.A.: A-4

Observaciones: Muestra tomada por el interesado.

Atentamente,

Vo. Bo.

Ing. César Alfonso García Guerra
DIRECTOR CIVUSAC.



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



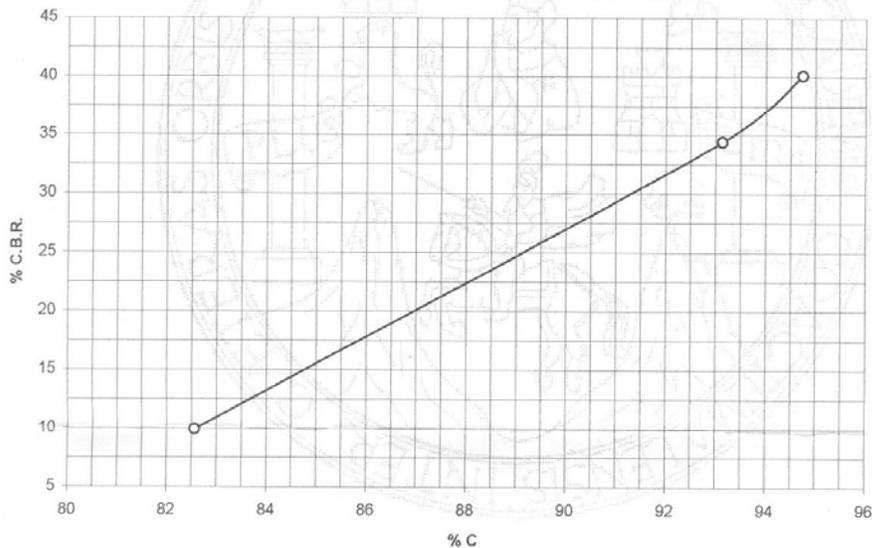
CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



INFORME No.: 409 S.S. O.T. No.: 20,423
Interesado: César Enrique Gonzales Ixcolin
Asunto: Ensayo de Razón Soporte California (C.B.R.) Norma: A.A.S.H.T.O. T-193
Proyecto: Trabajo de graduación - EPS
Ubicación: Palencia, Guatemala
Descripción del suelo: Arena pómez limosa color beige
Muestra No.: 1
Fecha: 28 de septiembre de 2006

PROBETA No.	GOLPES No.	A LA COMPACTACION		C (%)	EXPANSION (%)	C.B.R. (%)
		H (%)	γ_d kg/m ³			
1	10	16,88	1244,7	82,56	0,0	9,9
2	30	16,88	1404,2	93,14	0,0	34,4
3	65	16,88	1428,3	94,74	0,0	40,1

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



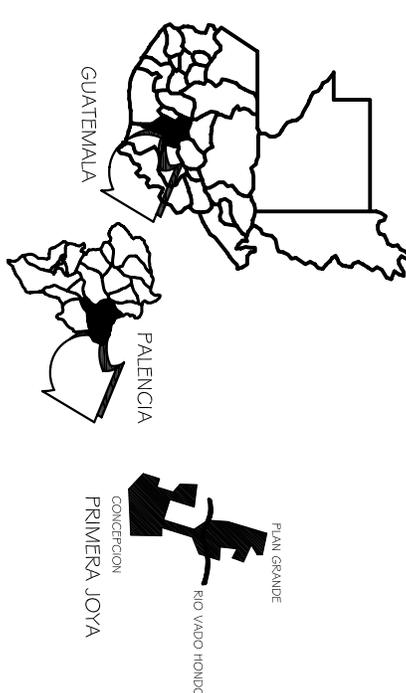
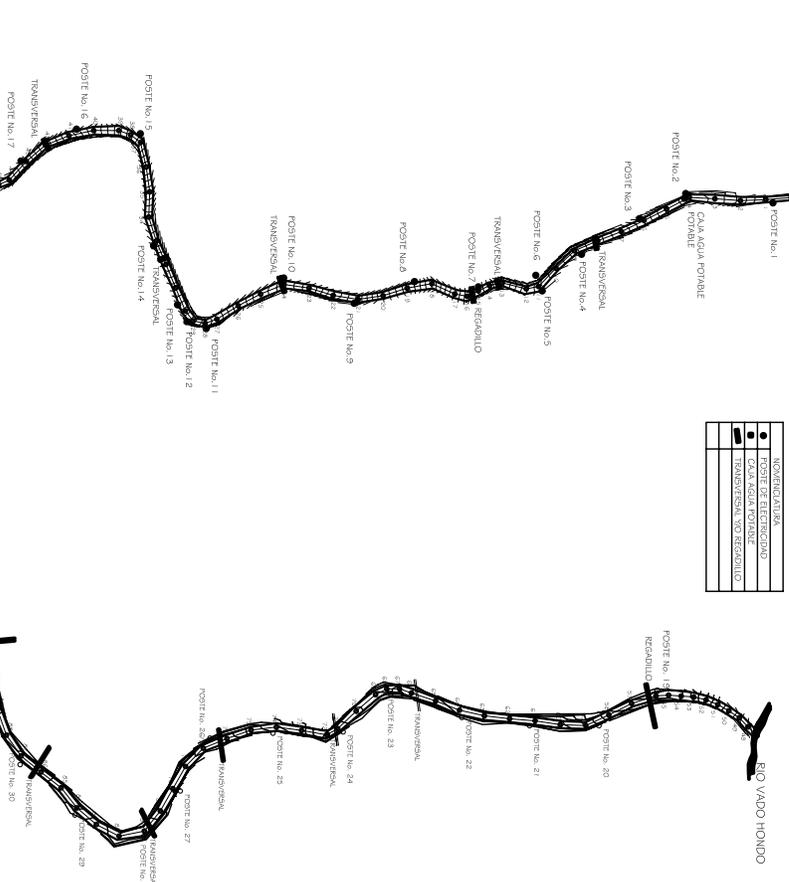
Atentamente,

Vo. Bo.:

Ing. Cesar Alfonso García Guerra
DIRECTOR CII/USAC

Ing. Omar Enrique Medrano Mendez
Jefe Sección Mecánica de Suelos

LIBRETA TOPOGRAFICA			LIBRETA TOPOGRAFICA		
EST.	COORDENADA	ALTIMETRIA	EST.	COORDENADA	ALTIMETRIA
0	13.96	05.34	1	13.90	3.53
1	2	13.84	2	13.84	0.0
2	3	13.84	3	13.84	0.0
3	4	13.84	4	13.84	0.0
4	5	13.84	5	13.84	0.0
5	6	13.79	6	13.79	3.44
6	7	13.72	7	13.72	3.44
7	8	13.71	8	13.71	3.46
8	9	13.62	9	13.62	3.27
9	10	13.62	10	13.62	3.27
10	11	13.78	11	13.78	3.24
11	12	13.79	12	13.79	3.59
12	13	13.7	13	13.7	2.4
13	14	13.71	14	13.71	2.2
14	15	13.71	15	13.71	2.2
15	16	13.71	16	13.71	2.2
16	17	13.72	17	13.72	2.0
17	18	13.56	18	13.56	3.3
18	19	13.61	19	13.61	3.2
19	20	13.62	20	13.62	3.1
20	21	13.62	21	13.62	3.1
21	22	13.62	22	13.62	3.1
22	23	13.62	23	13.62	3.1
23	24	13.72	24	13.72	2.3
24	25	13.72	25	13.72	2.3
25	26	13.72	26	13.72	2.3
26	27	13.68	27	13.68	3.0
27	28	13.78	28	13.78	3.50
28	29	13.78	29	13.78	3.50
29	30	13.78	30	13.78	3.50
30	31	13.62	31	13.62	2.7
31	32	13.62	32	13.62	2.7
32	33	13.62	33	13.62	2.7
33	34	13.62	34	13.62	2.7
34	35	13.62	35	13.62	2.7
35	36	13.62	36	13.62	2.7
36	37	13.62	37	13.62	2.7
37	38	13.72	38	13.72	4.4
38	39	13.72	39	13.72	4.4
39	40	13.62	40	13.62	3.0
40	41	13.62	41	13.62	3.0
41	42	13.72	42	13.72	3.4
42	43	13.68	43	13.68	3.3
43	44	13.78	44	13.78	3.2
44	45	13.78	45	13.78	3.2
45	46	13.78	46	13.78	3.2
46	47	13.78	47	13.78	3.2
47	48	13.78	48	13.78	3.2
48	49	13.78	49	13.78	3.2
49	50	13.62	50	13.62	2.7
50	51	13.62	51	13.62	2.7
51	52	13.62	52	13.62	2.7
52	53	13.62	53	13.62	2.7
53	54	13.62	54	13.62	2.7
54	55	13.62	55	13.62	2.7
55	56	13.62	56	13.62	2.7
56	57	13.62	57	13.62	2.7



PLANTA DE LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO EN CAMINAMIENTO ESCUELA, RIO VADO HONDO

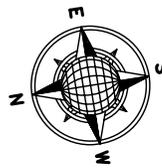
PLANTA DE LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO EN CAMINAMIENTO CENTRO DE SALUD, RIO VADO HONDO

MEJORAMIENTO DE CAMINO

CASERIO PRIMERA JOYA, ALDEA PLANGRANDE
MUNICIPIO: PALENCIA
LONGITUD DEL TRAMO 1949.20 ML

ESCALA 1/2.500

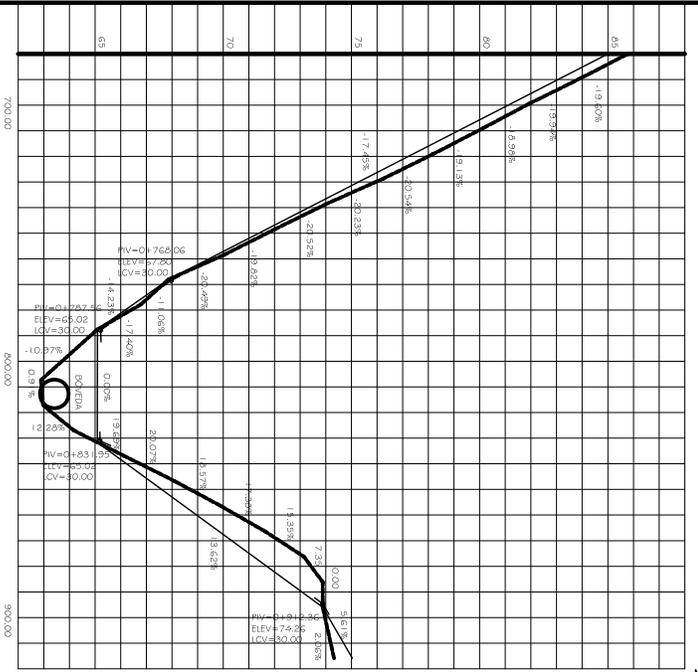
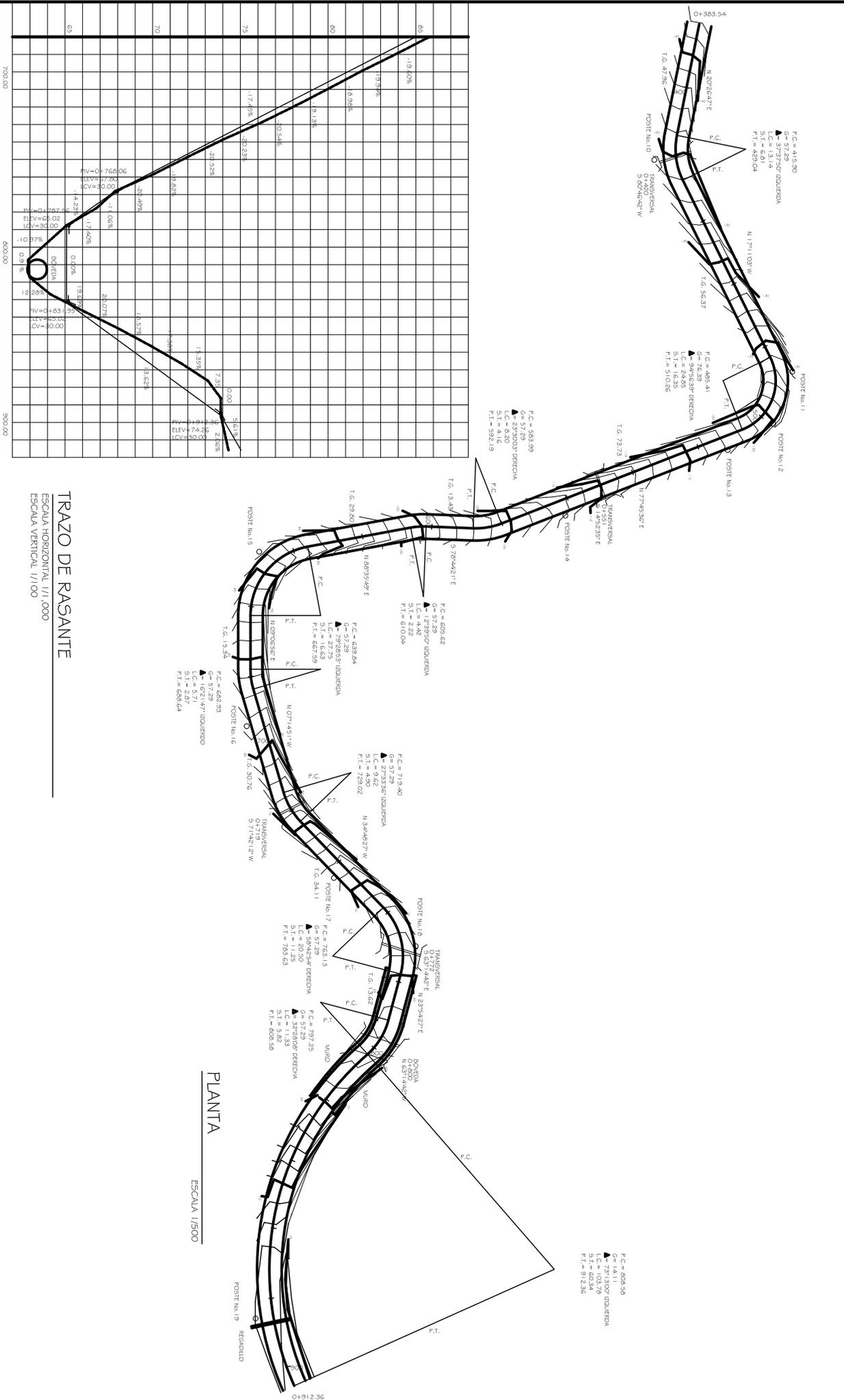
CASERIO: PRIMERA JOYA
ALDEA: PLAN GRANDE
MUNICIPIO: PALENCIA
DEPARTAMENTO: GUATEMALA
POBLACION: 1,325 HABITANTES



<p>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA</p>	<p>USAC</p> <p>ESPECIALIDAD DE INGENIERIA</p> <p>MUNICIPALIDAD DE PALENCIA</p> <p>DEPARTAMENTO DE ESCUELA</p>	<p>Palencia</p>
<p>PROYECTO: MEJORAMIENTO Y PAVIMENTACION DE CARRTERIA</p>	<p>CLIENTE: MUNICIPALIDAD DE PALENCIA</p>	<p>PROYECTO: MEJORAMIENTO DE CAMINO</p>
<p>PROYECTO: MEJORAMIENTO DE CAMINO</p>	<p>CLIENTE: MUNICIPALIDAD DE PALENCIA</p>	<p>PROYECTO: MEJORAMIENTO DE CAMINO</p>
<p>PROYECTO: MEJORAMIENTO DE CAMINO</p>	<p>CLIENTE: MUNICIPALIDAD DE PALENCIA</p>	<p>PROYECTO: MEJORAMIENTO DE CAMINO</p>



			
USAC ERS.FACULTAD DE INGENIERIA MUNICIPALIDAD DE PALENCIA DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ANEXO SUBSECCION DE PALENCIA GUATEMALA		PALENCIA DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ERS.FACULTAD DE INGENIERIA MUNICIPALIDAD DE PALENCIA DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ANEXO SUBSECCION DE PALENCIA GUATEMALA	
DIRECTOR GENERAL DR. J. J. GONZALEZ	DIRECTOR DE INGENIERIA DR. J. J. GONZALEZ	DIRECTOR DE OBRAS DR. J. J. GONZALEZ	DIRECTOR DE ADMINISTRACION DR. J. J. GONZALEZ
INGENIERO EN CARRETERAS ALVARO ALVARO DE PALENCIA		INGENIERO EN CARRETERAS ALVARO ALVARO DE PALENCIA	

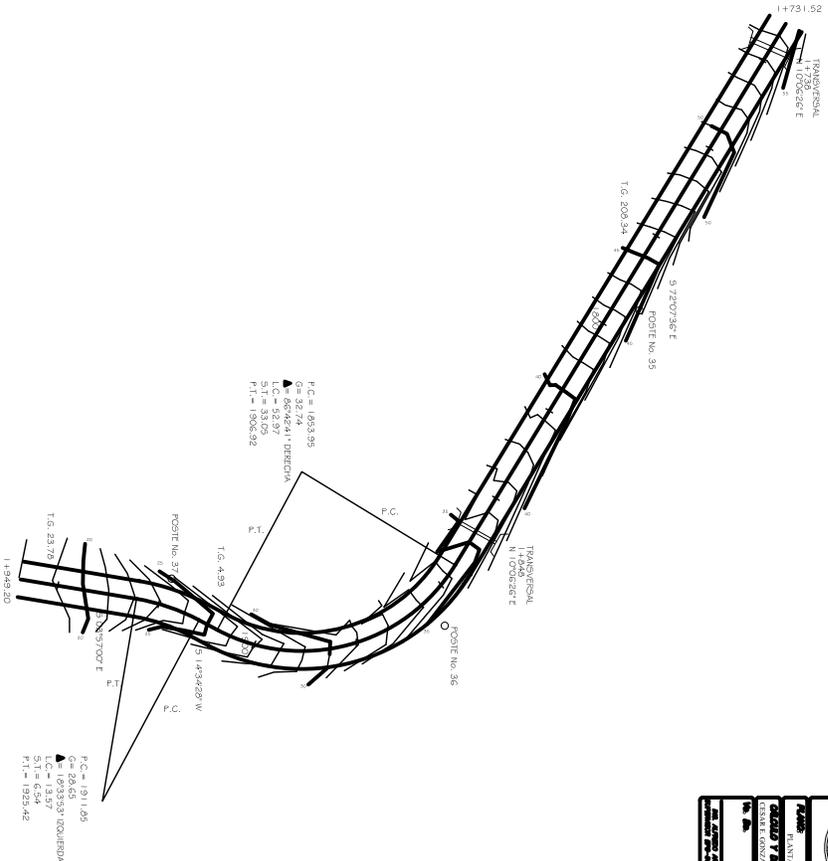
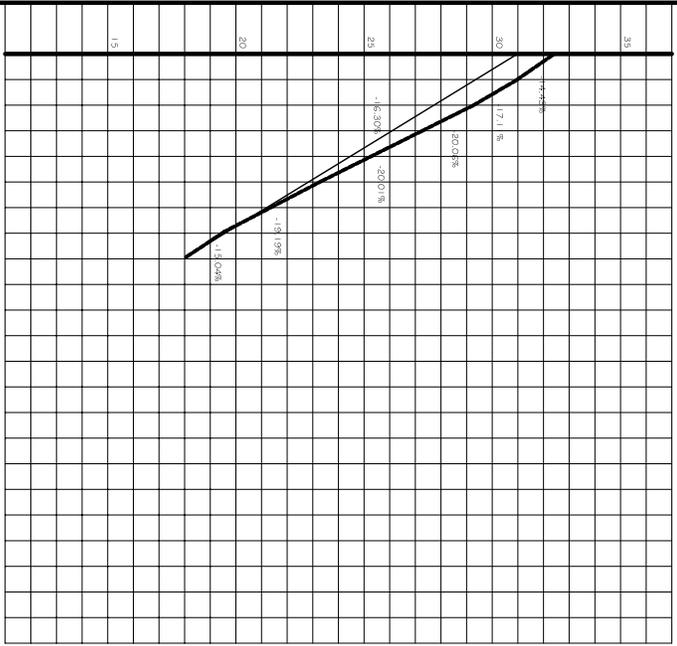


TRAZO DE RASANTE
 ESCALA HORIZONTAL 1/1.000
 ESCALA VERTICAL 1/100

PLANTA

ESCALA 1/500

REGOLLO

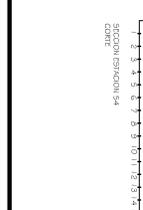
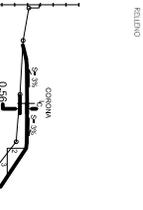
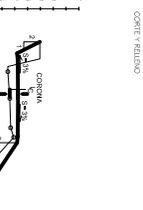
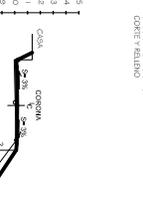
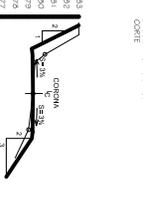
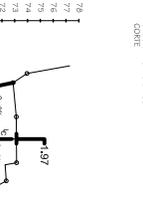
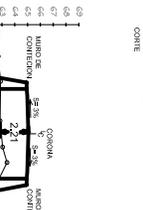
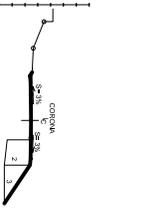
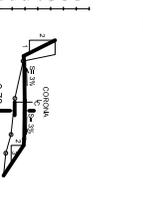
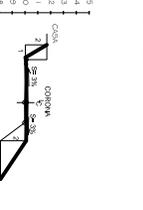
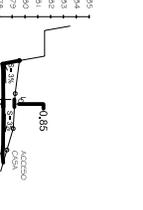
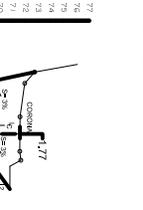
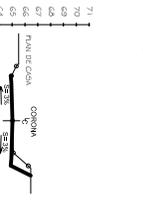
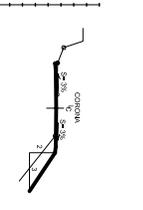
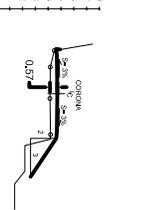
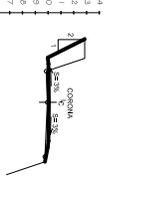
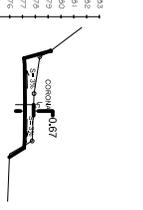
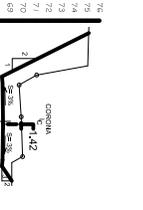
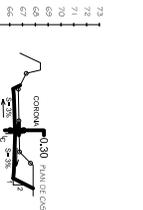
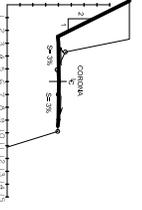
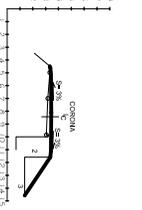
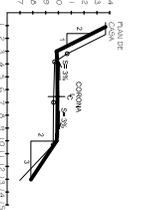
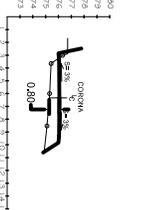
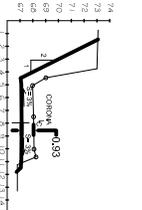
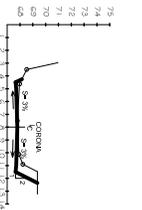
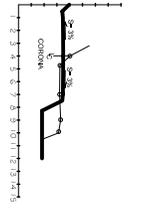
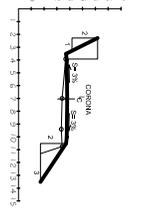
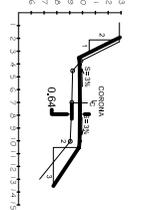
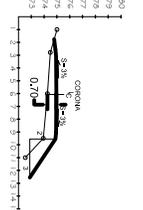
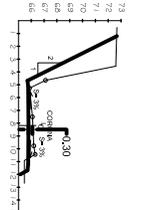
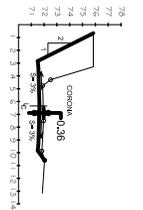
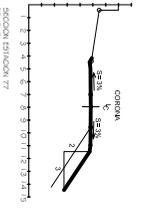
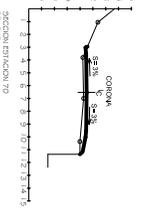
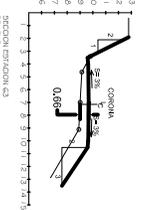
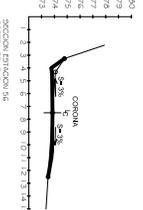
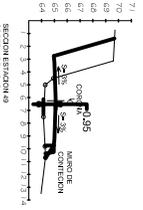
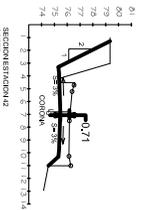
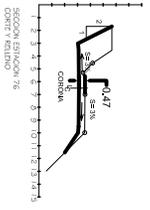
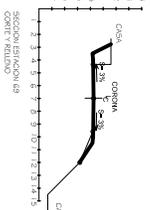
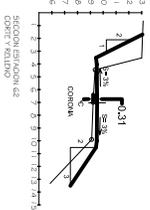
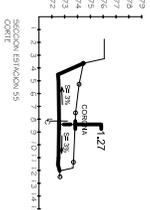
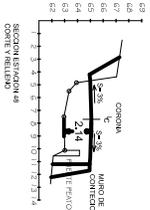
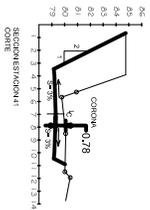


PLANTA

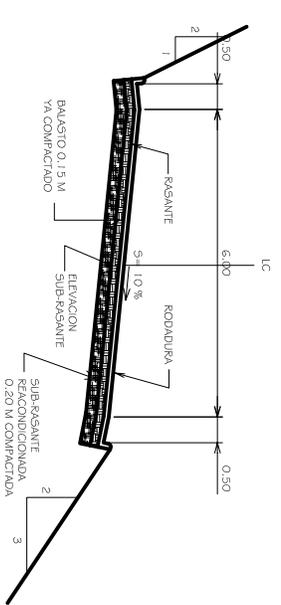
ESCALA 1/500

TRAZO DE RASANTE
 ESCALA HORIZONTAL 1/1.000
 ESCALA VERTICAL 1/100

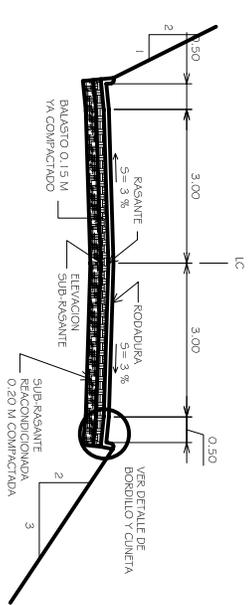
U.S.A.C. UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA		paletencia PALENCIA	
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DE CARRETERAS Y OBRAS DE BARRIO		DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DE CARRETERAS Y OBRAS DE BARRIO	
PROFESOR TITULAR D. ALONSO SERRANO GONZALEZ		PROFESOR TITULAR D. ALONSO SERRANO GONZALEZ	
ALUMNO D. ALONSO SERRANO GONZALEZ		ALUMNO D. ALONSO SERRANO GONZALEZ	



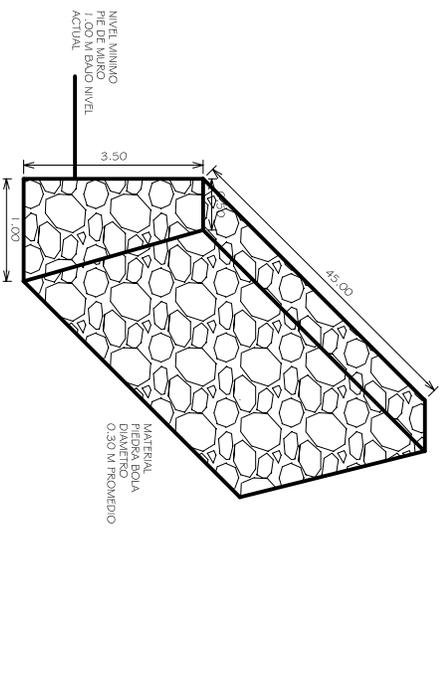

USAC
 EMPRESA DE INGENIERIA
 MUNICIPALIDAD DE PALANGIA
 PROYECTO: RECONSTRUCCION Y PAVIMENTACION DE CARRERA
 ASERBARRERA EN LA ZONA URBANA DE PALANGIA
 PLAN DE SECCIONES DE EST. 41 A EST. 62
 ESCALA: 1:500
 FECHA: MARZO 2006
 DISEÑADOR: CESAR INQUIE GONZALEZ
 DIBUJANTE: CESAR INQUIE GONZALEZ
 APROBADO: CESAR INQUIE GONZALEZ
 INGENIERO EN CARRETERAS



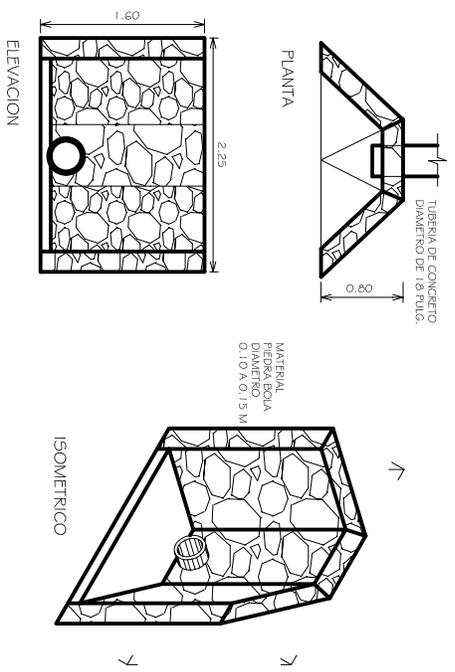
ALINEACION EN CURVA DERECHA
ESCALA 1/50



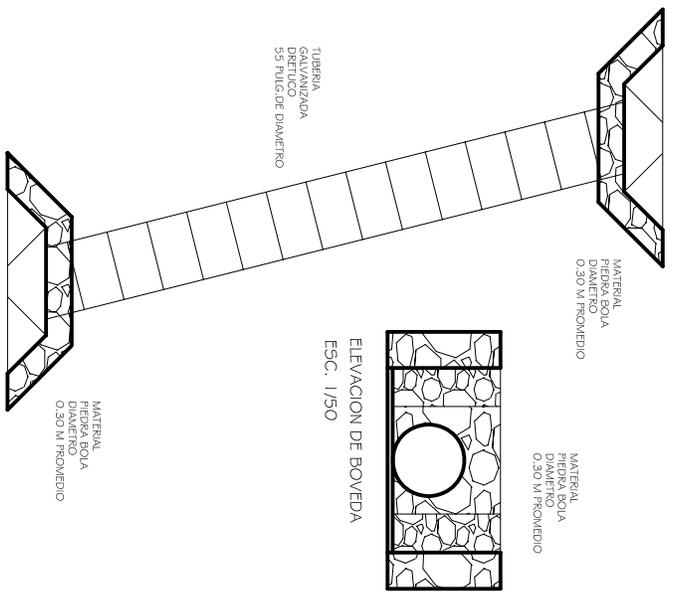
ALINEACION RECTA
ESCALA 1/50



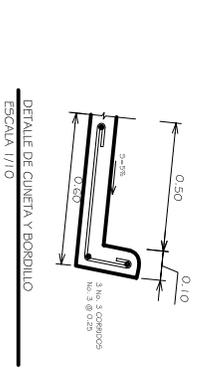
OBILCUO MURO DE CONTRACCION
SIN ESCALA



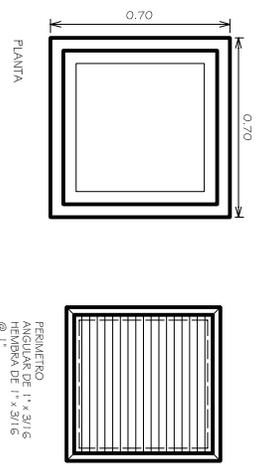
DETALLE DE CABEZAL DE DESCARGA
ESCALA 1/25



PLANTA BOVEDA
ESCALA 1/50



DETALLE DE CUNETIA Y BORDILLO
ESCALA 1/10



DETALLE DE CALA TRANSVERSAL
ESCALA 1/10

		USAC UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS FACULTAD DE INGENIERIA DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DE OBRAS DE FERROVIA		Palencia
PROFESOR OSCAR YANIZ INGENIERO EN OBRAS DE FERROVIA	ASISTENTE OSCAR YANIZ INGENIERO EN OBRAS DE FERROVIA	ESTUDIANTE OSCAR YANIZ INGENIERO EN OBRAS DE FERROVIA	TITULO OSCAR YANIZ INGENIERO EN OBRAS DE FERROVIA	FECHA OSCAR YANIZ INGENIERO EN OBRAS DE FERROVIA