



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

**DISEÑO Y PLANIFICACIÓN DE LA AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL
TRAMO CARRETERO DE 4 Km. QUE UNE LA ALDEA EL CERRITO CON LA
ALDEA LOS VERDES, EN EL MUNICIPIO DE FRAIJANES,
DEPARTAMENTO DE GUATEMALA**

Christian Alexis Chenal Alonzo

Asesorado por el Ing. Oscar Argueta Hernández

Guatemala, septiembre de 2006

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO Y PLANIFICACIÓN DE LA AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL
TRAMO CARRETERO DE 4 Km. QUE UNE LA ALDEA EL CERRITO CON LA
ALDEA LOS VERDES, EN EL MUNICIPIO DE FRAIJANES,
DEPARTAMENTO DE GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

CHRISTIAN ALEXIS CHENAL ALONZO

ASESORADO POR ING. OSCAR ARGUETA HERNÁNDEZ

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2006

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia garcía Soria
VOCAL II	Lic. Amaham Sánchez Álvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Veliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

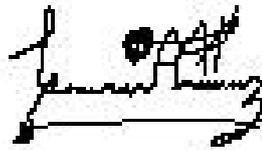
DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Oswaldo Romero Escobar Álvarez
EXAMINADOR	Ing. Oscar Argueta Hernández
EXAMINADOR	Ing. Edgar Enrique Gramajo Barrios
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Veliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

DISEÑO Y PLANIFICACIÓN DE LA AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL TRAMO CARRETERO DE 4 Km. QUE UNE LA ALDEA EL CERRITO CON LA ALDEA LOS VERDES, EN EL MUNICIPIO DE FRAIJANES, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA,

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 4 de junio de 2003.



Christian Alexis Chenal Alonzo

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE EPS

Tel. 24423509

Ing. Ángel Roberto Sic García
Coordinador Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

"Todo por ti Carolingia Mía"

Dr. Carlos Martínez Durán

2006: Centenario de su Nacimiento

Guatemala, 22 de mayo de 2006

Ref. EPS. C. 207.05.06

Estimado Ingeniero Sic García.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor y Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) del estudiante universitario de la Carrera de Ingeniería Civil, **CHRISTIAN ALEXIS CHENAL ALONZO**, procedí a revisar el informe final de la práctica de EPS, cuyo título es **"DISEÑO Y PLANIFICACIÓN DE LA AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL TRAMO CARRETERO DE 4 Km. QUE UNE LA ALDEA EL CERRITO CON LA ALDEA LOS VERDES, EN EL MUNICIPIO DE FRAIJANES, DEPARTAMENTO DE 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 Fraijanes**.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"D y Enseñad a Todas"

Ing. Oscar Argueta Hernández
Asesor – Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Civil



OAH/jm

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE EPS
Tel. 24423509

"Todo por ti Carolingia Ma"
Dr. Carlos Martínez Durán
2006: Centenario de su Nacimiento

Guatemala, 22 de mayo de 2006
Ref. EPS. C. 207.05.06

Ing. Oswaldo Romeo Escobar Álvarez
Director Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Escobar Álvarez.

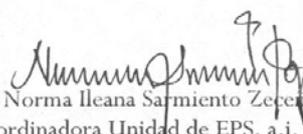
Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"DISEÑO Y PLANIFICACIÓN DE LA AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL TRAMO CARRETERO DE 4 Km. QUE UNE LA ALDEA EL CERRITO CON LA ALDEA LOS VERDES, EN EL MUNICIPIO DE FRAIJANES, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA"** que fue desarrollado por el estudiante universitario **CHRISTIAN ALEXIS CHENAL ALONZO**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Oscar Argueta Hernández.

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 y supervisor, en mi calidad de coordinador 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 Zecena
Coordinadora Unidad de EPS, a.i.



NISZ/jm

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



Guatemala, 3 de agosto de 2006

FACULTAD DE INGENIERIA

Ingeniero
Oswaldo Romeo Escobar Álvarez
Director de la Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ing. Escobar Álvarez.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO Y PLANIFICACIÓN DE LA AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL TRAMO CARRETERO DE 4 Km. QUE UNE LA ALDEA EL CERRITO CON LA ALDEA LOS VERDES, EN EL MUNICIPIO DE FRAIJANES, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Christian Alexis Chenal Alonzo, quien contó con la asesoría del Ing. Oscar Argueta Hernández.

Tomado en cuenta lo expresado por el Ing. Amando Fuentes Roca, Revisor por el Área de Topografía y Transporte, doy mi aprobación al mismo.

Atentamente,

ED Y ENSEÑAD A TODOS
FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
TRANSPORTES
USAC
Ing. Fernando Amílcar Bónafina Masquez
Coordinador del Área de Topografía y Transporte

"TODO POR TI CAROLINGIA MIA"
Dr. Carlos Martínez Durán, 2006 centenario de su nacimiento

/bbdeb.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

El Director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Oscar Argueta Hernández y del Coordinador de E.P.S., Ing. Ángel Roberto Sic García, al trabajo de graduación del estudiante Christian Alexis Chenal Alonzo, titulado DISEÑO Y PLANIFICACIÓN DE LA AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL TRAMO CARRETERO DE 4 Km. QUE UNE LA ALDEA EL CERRITO CON LA ALDEA LOS VERDES, EN EL MUNICIPIO DE FRAIJANES, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.


Ing. Oswaldo Romeo Escobar Alvarez



Guatemala, septiembre 2006.

/bbdeb.

"TODO POR TI CAROLINGIA MÍA"
Dr. Carlos Martínez Durán, 2006 centenario de su nacimiento

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Bienaventurado el hombre que puso en Jehová su confianza. Salmo 40:4
Mis padres	Hugo Rolando Chenal Yat Gloria Antonieta Alonzo García de Chenal
Mi hermano	Hugo Rolando Chenal Alonzo
Mis abuelos	Damian Chenal Yat Magda Elena Yat de Chenal Q.P.D Marco Aurelio Alonzo Ageda de Jesús García de Alonzo Q.P.D
Las familias	Chenal y Alonzo
Hasel Galvez Guerra	
Mis amigos	
A la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala	

AGRADECIMIENTOS A:

Dios todo poderoso	Por darme la sabiduría y fortaleza en cada momento de mi vida y especialmente esta meta que me permite alcanzar.
Mis padres	Porque sin su apoyo y amor no podría haber alcanzado este triunfo.
Mi hermano	Por su ayuda, consejo y cariño en cada momento.
Mis abuelos	Por sus consejos sabios que me han brindado.
Toda mi familia	Por animarme, en todo el ciclo de mi vida para culminar mi carrera.
Hasel Galvez Guerra	Por su amistad, cariño, apoyo y ser muy especial para mí.
Ing. Oscar Argueta Hernández	Por su gran valiosa asesoría en este trabajo de graduación
Iglesia Nazareno Central en Coban	Por sus oraciones y apoyo espiritual.
Iglesia Asamblea de Dios Elim, Jutiapa	Por sus oraciones y apoyo espiritual.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
LISTA DE ABREVIATURAS	XI
GLOSARIO	XIII
RESUMEN	XVII
OBJETIVOS	XIX
INTRODUCCIÓN	XXI
1. MONOGRAFÍA DE LAS ALDEAS EL CERRITO Y LOS VERDES FRAIJANES	
1.1. Ubicación y localización	1
1.2. Vías de acceso	1
1.3. Información geográfica y meteorológica	2
1.3.1. Topografía	2
1.3.2. Clima	4
1.4. Información socioeconómica y de servicios	4
1.4.1. Viviendas	4
1.4.2. Servicios	5
1.4.3. Comunicación	5
1.4.4. Transporte	6
1.4.5. Áreas de recreación	6
1.4.6. Educación	6
1.4.7. Salubridad	7
1.4.8. Actividades productivas	8
1.4.9. Aspectos económicos	8

1.5.	Estudio poblacional y pronóstico de crecimiento	10
1.5.1.	Características sociales y población objetivo	10
1.5.1.	Población Futura	11
2.	ESTUDIO PRELIMINAR DE CAMPO	
2.1.	Levantamiento topográfico	13
2.1.1.	Planimetría	13
2.1.2.	Altimetría	14
2.1.3.	Secciones transversales	14
2.2.	Evaluación Vehicular	14
3.	CÁLCULO TOPOGRÁFICO DE PRELIMINAR	
3.1.	Criterios de diseño	15
3.2.	Cálculo planimétrico	15
3.2.1.	Línea Preliminar	15
3.2.1.1.	Cálculo de la distancia entre coordenadas	15
3.2.1.2.	Cálculo de coordenadas parciales	16
3.2.1.3.	Cálculo de coordenadas totales	17
3.3.	Cálculo altimétrico	18
3.4.	Cálculo de secciones transversales	19
3.5.	Cálculo de curvas de nivel	20

4.	DIBUJO DE PRELIMINAR	
4.1.	Planimétrico	23
4.2.	Altimétrico	24
4.3.	Curvas de nivel	24
4.4.	Secciones transversales	25
5.	DISEÑO DE LOCALIZACIÓN	
5.1.	Diseño de línea de localización	27
5.1.1.	Cálculo de rumbos y azimut	27
5.1.2.	Cálculo de la distancia de la línea de trazo	28
5.1.3.	La intersección del PI	29
5.1.3.1.	Cálculo de las distancias (d1 y d2)	29
5.1.3.2.	Cálculo de las coordenadas del PI	31
5.2.	Cálculo de elementos de curvas horizontales	32
5.2.1.	Grado de curva (G)	32
5.2.2.	Longitud de curva (Lc)	32
5.2.3.	Subtangente (St)	32
5.2.4.	Cuerda máxima (Cm)	32
5.2.5.	External (E)	32
5.2.6.	Ordenada media (OM)	33
6.	MOVIMIENTO DE TIERRAS	
6.1.	Cálculo de peralte y sobre ancho	35
6.2.	Determinar el corrimiento	38
6.3.	Cálculo de subrasante	39
6.4.	Determinar las curvas verticales	41
6.5.	Cálculo de correcciones de curvas verticales simétricas	42

6.6.	Cálculo de áreas de secciones transversales	42
6.7.	Coeficiente de contracción	46
6.8.	Cálculo de volumen de movimiento de tierras	47
6.9.	Cálculo de balance	49
7.	DRENAJE	
7.1.	Cálculo de área de descarga	56
	7.1.1. Método de inspección de estructuras existentes	56
8.	SUELOS	
8.1.	Pruebas de laboratorio	57
	8.1.1. Ensayo de la granulometría	57
	8.1.2. Ensayo del proctor modificado	59
	8.1.3. Ensayo de razón de soporte de suelos compactados "C.B.R"	60
	8.1.4. Ensayo de límites de Atteberg	61
9.	DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE	
9.1.	Número estructural requerido	65
9.2.	Número estructural aportado	66
9.3.	Determinación de los coeficientes de capa	66
	9.3.1. Capa de sub base	66
	9.3.2. Capa de base granular	67
	9.3.3. Capa de concreto asfáltico	68
9.4.	Espesores propuestos	68
9.5.	Cálculo de número estructural aportado	69

10. PRESUPUESTO

10.1. Cuantificación de materiales y manos de obra	71
10.2. Cuadro de cantidades estimadas de trabajo y precios unitarios	73
10.3. Integración de precios unitarios	74
10.3. Cronograma	76
10.3.1. Ejecución	76
10.3.2. Financiero	77

11. MANTENIMIENTO DEL TRAMO CARRETERO

Mantenimiento del tramo carretero	79
-----------------------------------	----

12. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

12.1. Consideraciones preliminares sobre el monitoreo ambiental	81
12.2. Proceso de monitoreo ambiental	82
12.2.1. Movimiento de tierras y material de desperdicio	82
12.2.2. Efectos y contaminación en el aire y ruido	82
12.2.3. Efectos y contaminación del agua	82
12.2.4. Vibraciones	83
12.2.5. Seguridad vial	83

CONCLUSIONES	85
RECOMENDACIONES	87
BIBLIOGRAFÍA	89
APÉNDICES	91
ANEXOS	123

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Mapa del municipio de Fraijanes	3
2	Cálculo de la ubicación de las cotas de nivel	20
3	Cálculo de la distancia de una estación al PI	30
4	Curva horizontal con sus elementos	33
5	Peralte y sobreechancho	35
6	Gráfica de corrimiento según velocidad y grados impares	38
7	Gráfica para establecer el análisis de las elevaciones	39
8	Sección transversal en tangente	46
9	Distancia de paso	47
10	Volumen de movimiento de tierras	48
11	Cálculo de distancia de paso	48
12	Diagrama de masas	51
13	Representación de información granulométrica	58
14	Pavimento asfáltico con sus capas. Sección típica "E"	70
15	Plano de línea de localización 1	102
16	Plano de línea de localización 2	103
17	Plano de planta-perfil 1	104
18	Plano de planta-perfil 2	105
19	Plano de planta-perfil 3	106
20	Plano de planta-perfil 4	107
21	Plano de planta-perfil 5	108
22	Plano de planta-perfil 6	109

23	Plano de secciones transversales 1	110
24	Plano de secciones transversales 2	111
25	Plano de secciones transversales 3	112
26	Plano de secciones transversales 4	113
27	Plano de secciones transversales 5	114
28	Plano de secciones transversales 6	115
29	Plano de secciones transversales 7	116
30	Plano de detalles 1	117
31	Plano de detalles 2	118
32	Plano de detalles 3	119
33	Plano de detalles 4	120
34	Plano de detalles 5	121
35	Plano de detalles 6	122
36	Longitud mínima de curva vertical cóncava	123
37	Longitud mínima de curva vertical convexa	124
38	Coefficiente a3 capa de sub base	125
39	Coefficiente a2 capa de base	126
39	Coefficiente a1 capa de concreto asfáltico	127

TABLAS

I	Centros poblados, según área de Influencia	4
II	Centros poblados en educación, según área de Influencia	6
III	Población año 2003, según nivel de escolaridad	7
IV	Centros poblados área de Influencia directa	9
V	Población 2003, según su género	10
VI	Población 2003, según su edad	10
VII	Población Alfabeta y analfabeta de área de Influencia	11
VIII	Libreta de nivelación	19
IX	Conversiones de azimut a rumbo y rumbo a azimut	27
X	Cálculo del peralte y sobreechancho	38
XI	Valores de "K", según velocidad de diseño	41
XII	Relaciones para dibujo de taludes	44
XIII	Cálculo de balance	51
XIV	Propiedades del diagrama de masas	52
XV	Clasificación de drenajes en carreteras	55
XVI	Conteos vehiculares en aldea el Cerrito	64
XVII	Presupuesto del proyecto	73
XVIII	Integración del precio unitario	74
XIX	Cronograma de ejecución	76
XX	Cronograma financiero	77
XXI	Tabla de datos de la planimetría	91
XXII	Tabla de datos de diseño de localización	92
XXIII	Tabla de datos de curvas horizontales	93
XXIV	Tabla de datos de la altimetría	94
XXV	Tabla de datos de curvas verticales	95
XXVI	Tabla de datos de movimiento de tierras	96
XXVII	Tabla de cantidades de movimiento de tierras (resumen)	97

XXVIII	Tabla de señalización de la carretera	98
XXIX	Tabla de conteo vehicular 1	100
XXX	Tabla de conteo vehicular 2	101
XXXI	Resultados del suelo 1	128
XXXII	Resultados del suelo 2	129
XXXIII	Resultados del suelo 3	130
XXXIV	Resultados del suelo 4	131
XXXV	Tabla de características geométricas	132
XXXVI	Tabla de peralte, longitud de espiral y sobreebanco de 20 KPH	133
XXXVII	Tabla de peralte, longitud de espiral y sobreebanco de 30 KPH	135

LISTA DE ABREVIATURAS

K.P.H.	Kilómetros por hora
$\bar{\tau}$	Altura de instrumento
AZ	Azimut
R	Rumbo
$\sqrt{\quad}$	Raíz cuadrada
A°	Delta de la curva horizontal
Tang	Tangente
P C	Punto en donde comienza la curva circular simple
P T	Punto en donde termina la curva circular simple
DGC	Dirección General de Caminos
CS	Punto de cambio de círculo a espiral
ST	Punto de espiral a tangente
e máx.	Peralte máximo
Sa máx.	Sobre ancho máximo
Ls	Longitud de espiral
PIV	Punto de intersección vertical
ELV	Elevación
Est i	Estación a calcular
O M	Ordenada media
P U	Precio unitario
DGA	Departamento de Gestión Ambiental de la Dirección General de Caminos

GLOSARIO

Alineamiento horizontal	Proyección del eje de proyecto de una carretera.
Área de influencia	Es el área donde se presentan o tienen influencia los impactos adversos o beneficios de un proyecto.
Banco de préstamo	El lugar aprobado para la extracción de materiales de préstamo para el relleno o la terracería.
Carretera	Vía de tránsito público dentro de los derechos de vía.
Calzada	La parte de una carretera dentro de los límites de construcción.
Cuneta	Canal que ubica en los cortes, en uno o en ambos lados de la carretera, contiguo a la línea de los hombros, para drenar el agua que escurre por la carretera.
Curva vertical	Arco de parábola de eje que une dos tangentes del alineamiento vertical.
Concreto Asfáltico	Es el sistema de construcción asfáltica, que consiste en la elaboración en planta, en caliente, de una mezcla de proporciones estrictamente controladas de materiales pétreos, polvo mineral, cemento asfáltico y aditivos, para obtener un producto de alta resistencia y duración, con características de calidad

uniformes, los cuales se puede tender y compactar de inmediato en la carretera, en una o en varias capas, de ser requerido, para proporcionar las características de resistencia y textura a las capas de soporte o de superficie, según se establezca en los planos y en las Disposiciones Especiales.

Derecho de vía	El área de terreno que el Estado suministra para ser usada en la construcción de las carreteras, sus estructuras, trabajos complementarios y futuras ampliaciones.
Impacto ambiental	Consecuencia, efectos o cambios en el ambiente, derivados de la ejecución de un proyecto en particular. Su influencia puede ser a corto plazo, directa o indirecta, positiva o negativa; y, su acción temporal o permanente.
Pendiente	Relación entre el desnivel y la distancia horizontal que hay entre dos puntos.
Pendiente máxima	Es la mayor pendiente que se permite en un proyecto y queda determinadas por el volumen, la composición del tránsito y topografía.
Pendiente mínima	Es la pendiente que se coloca para permitir la funcionalidad del drenaje.
Preservar	Mantener el estado actual de un área o categoría de seres vivientes.

Tráfico promedio diario

Número de vehículos que pasan al día por un punto determinado de estudio.

Rasante

El trazo vertical que determina el nivel superior, sobre la línea central, que se proyecta construir a lo largo de la carretera. Muestra la elevación y la pendiente del trazo proyectado.

Riego de Imprimación

Es la aplicación de un asfalto líquido, por medio de riego a presión, sobre la superficie de la sub-base a temperatura controlada o sobre la base y hombros de una carretera, para protegerla, impermeabilizarla, unir entre sí las partículas minerales existentes en la superficie y endurecer la misma, favoreciendo la adherencia entre la superficie imprimada y la capa inmediata superior.

Riego de Liga

Es la aplicación de producto asfáltico diluida por medio de riego a presión, sobre una superficie bituminosa existente, la cual debe ser cubierta con la capa de material asfáltico inmediato superior. Este riego tiene por objeto mejorar las condiciones de adherencia entre las dos superficies y prevenir deslizamientos.

Sección típica	Es la representación grafica transversal y acotada, que muestra las partes componentes de una carretera.
Sección transversal	Corte vertical normal al alineamiento de la carretera.
Superficie de rodadura	Área destinada a la circulación de vehículos, o bien la capa sobre la cual se aplican directamente las cargas de transito.
Talud	Inclinación de la superficie de los cortes o de los terraplenes.
Velocidad de diseño	Es la velocidad máxima a que un vehículo puede transitar con seguridad, en una carretera trazada con determinadas características.

RESUMEN

El presente trabajo de graduación, contiene la información respecto de las actividades realizadas durante el periodo del Ejercicio Profesional Supervisado, en el Municipio de Fraijanes del Departamento de Guatemala, en respuesta a la solicitud de apoyo técnico-profesional, efectuada por parte de la Municipalidad a la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Desarrollándose el diseño y planificación de la ampliación y mejoramiento del tramo carretero de 4 Km. que une la Aldea el Cerrito con la Aldea los Verdes. El cual tendrá un desarrollo socioeconómico de beneficio entre las aldeas.

En el informe se establecieron criterios y procedimientos para el diseño y ampliación de la carretera, cumpliendo con las especificaciones de la Dirección General de Caminos y, sobre todo, que se ajuste al terreno donde se ubican, siendo esta la causa principal por la que se diseño una carretera tipo "E" con diseño de pavimento flexible.

Se indicaron propuestas de mantenimiento específicas para este tipo de carretera tomando en cuenta su ubicación monográfica. También, se realizaron observaciones para minimizar el impacto ambiental que puede tener la construcción de la carretera sobre su entorno.

OBJETIVOS

General

- Diseñar la ampliación y mejoramiento del tramo carretero de 4 Km. que une la aldea el Cerrito con la aldea los Verdes, Municipio de Fraijanes, departamento Guatemala.

Específicos

1. Proporcionar la información recopilada sobre el diseño y utilizarla en el mismo.
2. Otorgar a la Municipalidad el presupuesto del proyecto para su ejecución.
3. Desarrollar una investigación de la monografía del lugar y una investigación diagnóstica, sobre las necesidades de servicios básicos.

INTRODUCCIÓN

El trabajo de graduación que a continuación se presenta, se basa en el diseño y ampliación de 3.886724 kilómetros de carretera. Es la vía de comunicación entre las aldeas del Cerrito y los Verdes, encontrándose, actualmente, en mal estado.

Contiene la información monografía del lugar, se realizó un estudio preliminar de campo para obtener la información de una forma adecuada, indicando el desarrollo de los cálculos topográficos que se deben realizar para el dibujo del tramo carretero. En el movimiento de tierras se incluyen los cálculos para el perfil de la carretera, las secciones transversales y las cantidades de volúmenes de tierras con ejemplos claros.

El drenaje se evaluó por el método de inspección de estructuras existentes, en el diseño del pavimento flexible se tomaron los criterios de acuerdo a los espesores necesarios al pavimento. Es importante el estudio del impacto ambiental, desde su planificación y construcción, para conocer las medidas a mitigar, ya finalizada la construcción se debe de tomar en cuenta el mantenimiento para su buen funcionamiento y, así, prolongar su vida útil.

1. MONOGRAFÍA DE LAS ALDEAS EL CERRITO Y LOS VERDES, FRAIJANES

1.1. Ubicación y localización

Fraijanes se encuentra localizada a 20 kilómetros en la carretera CA-1 que conduce de la ciudad de Guatemala hacia El Salvador, al entroncarse con la ruta nacional 2, se encuentra a 9 kilómetros al sur y en su kilómetro 28.11 pasa por el centro de la cabecera municipal de Fraijanes. Cuenta con un área aproximada de 91 Km.² de extensión territorial. Está a una altura de 1,630.00 metros sobre el nivel del mar. La comunidad El Cerrito, se localizada al sur de la cabecera municipal de Fraijanes, y la comunidad Los Verdes se localiza a 4 kilómetros de la aldea El Cerrito

1.2. Vías de acceso

La comunidad El Cerrito, se localizada a una distancia de 5 kilómetros de Fraijanes, sobre la Ruta Nacional 2. Los Verdes se localiza a 4 kilómetros de la aldea El Cerrito siempre por la misma ruta nacional, jurisdicción del municipio de Fraijanes. La ruta nacional 2 se vuelve a entroncar con la ruta CA – 1 en la aldea el Cerinal jurisdicción del departamento de Santa Rosa.

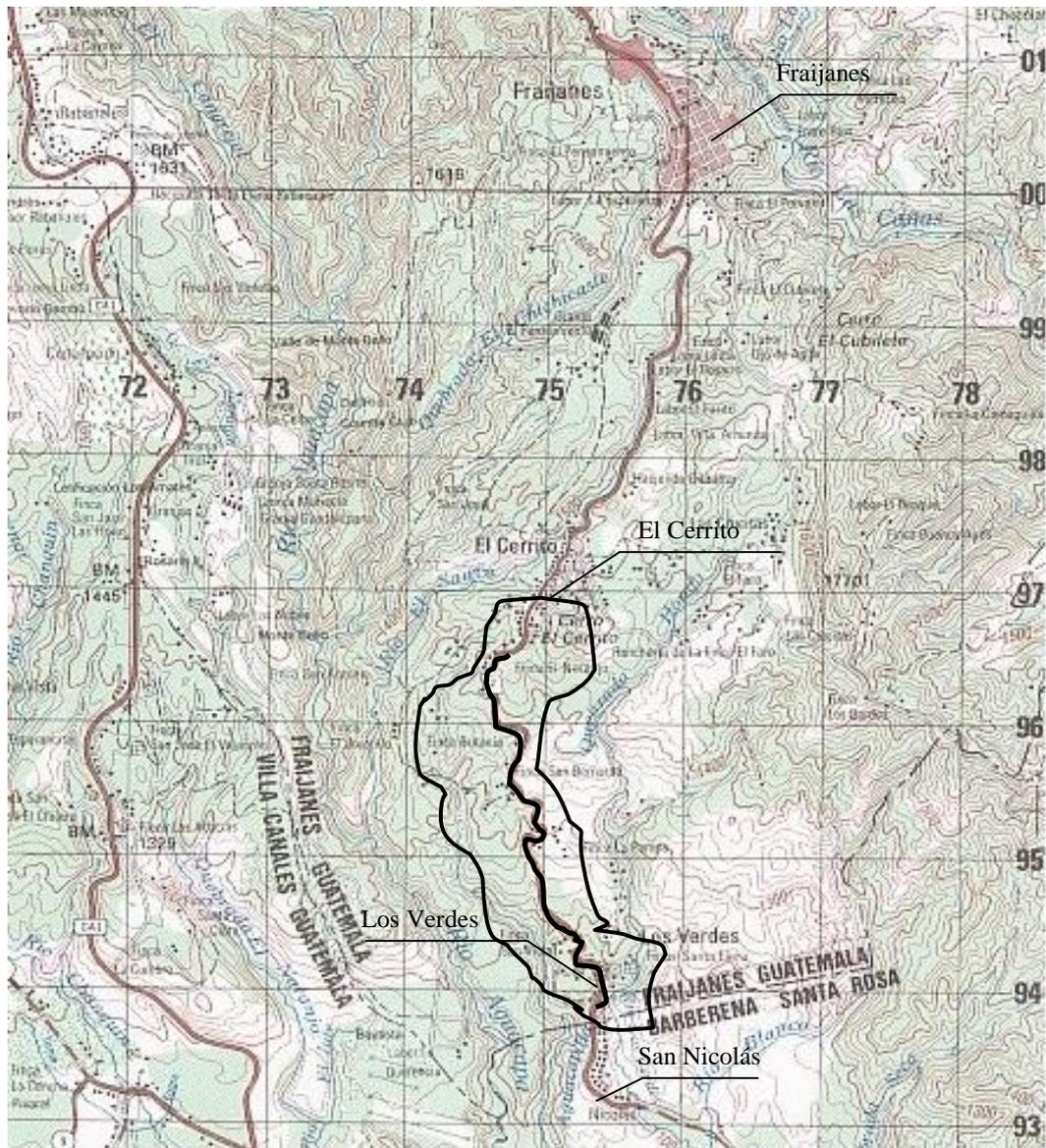
1.3. Información geográfica y meteorológica

1.3.1. Topografía

La aldea el Cerrito se encuentra entre la quebrada Honda y el río El Sauce, con una latitud sobre el nivel del mar de 14° 25' 47'' y una longitud de 90° 26' 55'', La aldea Los Verdes se encuentra entre los ríos Verde y Aguacapita, con una latitud sobre el nivel del mar de 14° 24' 18'', y una longitud de 90° 26' 45'', la extensión territorial de la aldea es de 7.5 Km.² De acuerdo al mapa geológico de Guatemala, edición de noviembre de 1980 del Instituto Geográfico Nacional, el substrato del municipio de Fraijanes corresponde a rocas de origen volcánico, específicamente pómez y aluvión.

Los suelos que se han conformado sobre este tipo de substrato corresponden a la serie de suelos Morán, definidos por C.S. Simmons en su libro Clasificación de Suelos de la República de Guatemala como sigue: “Los suelos Morán son bien profundos, bien drenados, desarrollados sobre ceniza volcánica pomácea en un clima húmedo – seco. Ocupan relieves de inclinados a altitudes medianas en la parte central de Guatemala. No es una unidad definida de suelo sino un tipo de terreno, pues comprende áreas profundamente seccionadas.

Figura 1. Mapa del municipio de Fraijanes



Escala 1:50,000

Fuente: Instituto Geográfico Nacional, hoja número 2159.

1.3.2. Clima

La estación meteorológica más cercana según datos obtenidos del Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología, es la estación La Pampa, ubicada a 14° 24' 53" de latitud y 90° 26' 55" de longitud, a 1300.00 metros sobre el nivel del mar. De acuerdo al Mapa Climatológico de la Republica de Guatemala según el Sistema Thornhnwaite, en el área prevalece un clima templado en toda el área de la zona. Sus altitudes varían desde 1,200 a 1,800 metros sobre el nivel del mar, con una temperatura promedio de 18.3° centígrado y una precipitación media anual de 1,400 mm. Los meses en que el clima se torna frío son noviembre a enero, los meses más calurosos son marzo y abril.

1.4. Información socioeconómica y de servicios

1.4.1. Vivienda

El tipo de construcción de las viviendas en el área de influencia se caracteriza por sus métodos constructivos tradicionales, con levantado de block, el techo de lámina de zinc y losa reforzada, etc. Sin embargo se observan en menor proporción adobe y techo de teja de barro la distribución de las viviendas por tipo se presenta en el cuadro siguiente.

Tabla I. Centros poblados, según área de Influencia

CENTRO POBLADO	TOTAL DE CASAS	TIPO		
		FORMAL	RANCHO	IMPROVISADA
Aldea El Cerrito	425	420	0	5
Aldea Los Verdes	206	203	1	3
Caserío San Nicolás	305	291	0	12
TOTAL	936	914	1	20

FUENTE: Estimación en base a estadísticas del INE.

En base al área de influencia se incluyó en el cuadro anterior el caserío San Nicolás, que pertenece al municipio de Barberena, departamento de Santa Rosa. Las viviendas son típicas del área urbana y rural. En algunas viviendas se desarrollan actividades comerciales y venta de algunos bienes de consumo diario.

1.4.1.1. Servicios.

Las comunidades el Cerrito y Los Verdes cuentan con los siguientes servicios:

- Agua potable: el sistema que se utiliza actualmente es por excavación de pozos mecánicos.
- Calles y callejones: en un 70% es de terracería, y las condiciones en que se encuentran son aceptables ya que la municipalidad les ha dado mantenimiento en verano y en invierno. El 30 % restante son calles adoquinadas.
- Drenajes: carece en un 40% de un buen sistema de drenaje tanto para aguas negras como para pluviales, utilizando pozos ciegos y en algunas viviendas pozos de absorción y fosas sépticas.
- Alumbrado público: En el área de influencia cuenta con acometida de energía eléctrica. Del total del servicio de energía es de un 70% en la comunidad.
- Cementerio, Iglesia Católica y templos evangélicos.

1.4.1.2. Comunicación

Servicios de comunicación, la radio presenta una forma de comunicación importante, pues dadas las condiciones económicas y el nivel de

analfabetismo es un medio accesible y de mucha aceptación por parte de los habitantes. En cuanto al servicio telefónico, cuenta con teléfonos privados y comunitarios. Por ultimo cuenta con correos.

1.4.1.3. Transporte

Por su cercanía con el área urbana de Fraijanes la aldea El Cerrito y Los Verdes cuentan con servicio de transporte colectivo, en un horario de 5:00 AM. a 19:00 PM, con una periodicidad de cada media hora. El valor del pasaje es Q. 2.50 quetzales.

1.4.1.4. Áreas de recreación

En el área de influencia solo en el casco urbano de Fraijanes existen salones comunales, sitios turístico, en la aldeas El Cerrito y Los Verdes solo cuentan con un campo de Foot-bool. Y cancha polideportiva en cada escuela.

1.4.2. Educación

En el área de influencia existe servicio de educación pre – primaria y primaria. A continuación se detalla la cobertura de las escuelas.

Tabla II. **Centros poblados en educación, según área de Influencia**

CENTRO POBLADO	GRADOS	No. DE ESCUELAS	No. DE ALUMNOS	No. DE MAESTROS
Aldea El Cerrito	1 - 6	2	534	16
Aldea Los Verdes	1 - 6	2	332	10
TOTAL		4	866	26

FUENTE: En base a investigación propia.

En el cuadro anterior no se anoto al caserío San Nicolás, por no contar con centros educativos.

El horario de clases es de 7:30 A.M. a 12:30 PM. En época de invierno se ve afectado el proceso de enseñanza – aprendizaje, pues por el mal estado de la carretera algunas veces se les dificulta a los docentes llegar a las escuelas. Con relación al nivel de escolaridad, se puede afirmar que la población en un 25 % no posee ningún nivel de escolaridad, un 2 % curso el nivel pre-primario, un 62 % solo ha cursado el nivel primario y muchas veces no completo. Aproximadamente el 10 % de la población ha cursado el nivel básico. En el siguiente cuadro se aprecia el nivel de escolaridad de la población en el área de influencia.

Tabla III. Población año 2003, según nivel de escolaridad

CENTRO POBLADO	TOTAL	NIVEL DE ESCOLARIDAD				
		NINGUNO	PRE-PRIMARIA	PRIMARIA	SECUNDARIA	SUPERIOR
Aldea El Cerrito	2,031	497	47	1,251	213	23
Aldea Los Verdes	970	238	22	597	102	12
TOTAL	3,001	735	69	1,848	315	35
PORCENTAJE %	100	24,49	2,30	61,60	10,47	1,14

FUENTE: Estimación en base a estadísticas del INE.

1.4.3. Salubridad

Actualmente se cuenta con un centro de salud tipo A en la cabecera municipal de Fraijanes. En la aldea Los Verdes cuenta con un Centro de Salud tipo B, en la aldea El Cerrito cuenta solamente con puestos de salud. En caso de gravedad tienen que desplazarse hacia el casco urbano de Fraijanes. Entre las causas mas comunes de morbilidad según el centro de salud de Fraijanes

se pueden mencionar: EDAS (Infecciones Diarreicas Agudas), Infecciones Respiratorias Agudas y gripe.

1.4.4. Actividades productivas

Sus habitantes encuentran ocupaciones de trabajo en industrias alimenticias ubicadas en el municipio y en obras de infraestructura en urbanizaciones aledañas y en las realizadas por la administración municipal en todo el municipio.

1.4.5. Aspectos económicos

El sector más importante desde el punto de vista económico es el agropecuario. Siendo el café la mayor producción. La segunda actividad principal del municipio es la ganadería de ganado criollo, razas finas, en menor demanda los productos provenientes del ganado vacuno, pequeñas industrias de avicultura y crianza de cerdos.

- **Ocupación.**

Su ocupación predominante es la de agricultor y en segundo de los servicios, la industria, servicios personales y administración pública y el comercio. Estas actividades son propias del hombre, aunque en el caso particular la mujer labora en primer orden en los cortes de labores agrícolas. Los meses de mayor ocupación son noviembre, diciembre y enero.

- **Población económicamente activa (PEA).**

La fuerza laboral representa el 40.92 % de la población en edad de trabajar. Es decir la comprendida entre los 7 años y más de edad. De esta el 44 % son actividades agrícolas, un 19 % en la construcción, un 17 % servicios y el 9 % en la industria y el 8 % restante en actividades comerciales. De la PEA un 80.25 % son hombres y el 19.75 % son mujeres.

1.5. Estudio poblacional y pronóstico de crecimiento

1.5.1. Características Sociales y población objetivo

En el área de influencia del proyecto se localizan dos centros poblados que serán beneficiados directamente, estos se muestran en el siguiente cuadro:

Tabla IV. Centros poblados área de Influencia directa

Centro poblado	Categoría	Jurisdicción
El Cerrito	Aldea	Fraijanes
Los Verdes	Aldea	Fraijanes
San Nicolás	Caserío	Barberena

FUENTE: Visita a las comunidades.

En el censo realizado por el I.N.E. (Instituto Nacional de Estadística) en el año 2002, el municipio de Fraijanes, contabilizó una población aproximada de 31,701 habitantes, con un 37% de habitantes de edad adulta y 63% jóvenes y niños. En la actualidad el número de personas que habitan en los Verdes, El Cerrito, y San Nicolás, se describen en el cuadro siguiente.

Tabla V. Población 2003, según su género

CENTRO POBLADO	TOTAL	GENERO	
		HOMBRES	MUJERES
Aldea El Cerrito	2,031	996	1,035
Aldea Los Verdes	970	476	494
Caserío San Nicolás	405	199	206
TOTAL	3,406	1671	1,735
Porcentaje %	100	49,04	50,96

FUENTE: Estimaciones en base a estadísticas del INE:

Con relación a la edad de la población se observaron distintos grupos etéreos, sin embargo, la población del área de influencia se caracteriza por ser joven, ya que el 40.98 % esta comprendida entre cero a catorce años de edad y el 55 % entre los quince y sesenta y cuatro años, solo el 4 % es mayor de 65 años, la estructura por edad de la población se presenta en el siguiente cuadro.

Tabla VI. Población 2003, según su edad

CENTRO POBLADO	EDAD				
	TOTAL	(00-06)	(07-14)	(15 - 64)	(65 Y MAS)
Aldea El Cerrito	2,031	430	402	112	79
Aldea Los Verdes	970	206	192	534	38
Caserío San Nicolás	405	85	76	223	21
TOTAL	3,406	721	670	869	138
Porcentaje %	100	21,21	19,77	55,15	3,87

FUENTE: Estimaciones en base a estadísticas del INE:

En lo relativo al nivel de alfabetismo, con base a los resultados obtenidos del Censo de Población de 1994, se estimo que actualmente el 74.90 % de la población de 15 y mas años de edad es alfabeto. El 25.10 % restante de la

población es analfabeta. El analfabetismo se manifiesta en mayor porcentaje entre las mujeres.

Tabla VII. Población Alfabetada y analfabeta de área de Influencia

CENTRO POBLADO	TOTAL	POBLACIÓN	
		ALFABETA	ANALFABETA
Aldea El Cerrito	1,753	1,313	440
Aldea Los Verdes	810	607	203
San Nicolás	405	233	172
Total	2,968	2,153	815
Porcentaje %	100,00	73,32	26,68

FUENTE: Estimación en base a estadísticas del INE.

1.5.2. Población Futura

El método a utilizar para el pronóstico de crecimiento poblacional, partirá de los censos realizados por el Instituto Nacional de Estadística en años anteriores, se observa que la curva de crecimiento poblacional presenta una forma parabólica, por lo que para la proyección de la población futura, se decidió utilizar el método de incremento geométrico, el cual se define a través de la siguiente fórmula:

$$P_n = P_o (1 + R)^n$$

P_n = Población buscada. P_o = Población del último censo.

R = Tasa de crecimiento. N = Diferencia en años.

La población futura se estimara por medio de métodos y se tomara como base los censos de población de años anteriores, la población de la Aldea El Cerrito, los Verdes y San Nicolás, en su totalidad es de 2,868 habitantes en el año 2003. La tasa de crecimiento anual es del 4.56 %, por lo que para el año a diseñar 2025 la población futura será de 7,649 habitantes.

2. ESTUDIO PRELIMINAR DE CAMPO

2.1. Levantamiento topográfico

El topógrafo debe de llevar todos los datos claros en una libreta y debe indicar el procedimiento que empleo para hacer el levantamiento. Se tiene que dejar indicado en la libreta donde existen transversales, quebradas, puentes o algún elemento que intervenga en la carretera.

De preferencia como es rediseño en todas las curvas el topógrafo debe incluir mayor información para replantear un mejor trazo horizontal de la carretera y también correspondería cuando en el terreno tenga mucha pendiente, no tomando lecturas a distancias mayores de 20 metros para definir más exacto el perfil del tramo carretero.

El diseñador debe recorrer el levantamiento antes de proceder al rediseño de la carretera, constatando la naturaleza del terreno y flujo vehicular para determinar qué tipo de carretera se cataloga.

2.2. Planimetría

Son mediciones topográficas, con las que obtenemos la representación gráfica de un terreno proyectado en un plano horizontal. Para el levantamiento topográfico, se utilizó el método de conservación de azimut, dado que es el más adecuado para la medición en poligonales abiertas.

2.3. Altimetría

Son mediciones topográficas, con las que obtenemos la representación gráfica del terreno, generalmente se le llama trabajo de nivelación. Se utilizó en el proyecto el método de nivelación diferencial. La unión de trabajos de planimetría y altimetría proyecta en un plano toda la información requerida del terreno para luego tomarlos como base para el diseño del sistema a ejecutar posteriormente.

2.4. Secciones transversales

Se obtienen conjuntamente con las mediciones topográficas de altimetría en donde se obtiene la información medida en ambos lados del centro de la carretera, para poder generar la gráfica de curvas de nivel del tramo carretero y sus secciones.

2.5. Evaluación Vehicular

Siempre que se desea conocer el número de vehículos que pasan por un punto dado, se realizan estudios de volúmenes de tránsito. Estos estudios varían desde los más amplios en un sistema de caminos, hasta recuentos en lugares específicos tales como, puentes y túneles. Los aforos se realizan para determinar la composición y volumen de tránsito en un sistema de carreteras; para determinar el número de vehículos que viajan en cierta zona o que circulan dentro de ella. Para la estimación del tránsito futuro se analizó el comportamiento del mismo en un periodo de tiempo determinado, utilizando para ello la información obtenida de los conteos vehiculares efectuados en campo. Se realizaron conteos vehiculares en la Aldea Cerritos y la Aldea Los Verdes, para tener datos de flujo vehicular que circula actualmente.

3. CÁLCULO TOPOGRÁFICO DE PRELIMINAR

3.1. Criterios de diseño

Tráfico promedio diario	De 100 a 500 vehículos
Carretera	Tipo "E"
Topografía de terreno	Montañoso
Velocidad de diseño	30 K.P.H.
Ancho de calzada	5.50 Metros
Radio mínimo	30 Metros
Pendiente máxima	10 %

3.2. Cálculo Planimétrico

3.2.1. Línea Preliminar

Es la línea actual del terreno que se obtiene en base a los datos topográficos que muestra las hondonadas y accidentes del terreno. Con los siguientes cálculos la obtuvimos:

3.2.1.1. Cálculo de la distancia entre coordenadas

El cálculo se efectuó a medida que no se pudo obtener la distancia por medio de una cinta métrica por la pendiente del terreno. Se utilizó la siguiente fórmula:

$$D = \text{Sen} (\text{AVT}) \times (\text{HS} - \text{HI}) \times 100$$

En esta ecuación:

D = Distancia

AVT = Angulo vertical

HS = Hilo superior

HI = Hilo inferior

Ejemplo: Se realizara el calculo de la estación 0 al punto observado 1.

Datos: AVT = 102.9472 °, HI = 0.100 y HS = 0.201

$$D = \text{Sen} (102.9472^\circ) \times (0.201 - 0.100) \times 100$$

$$D = 0.975 \times 0.101 \times 100$$

$$D = 9.84 \text{ mts.}$$

3.2.1.2. Cálculo de coordenadas parciales

Se utilizo la siguiente fórmula:

$$Y_p = \text{Cos} (\text{Az}) \times (D)$$

$$X_p = \text{Sen} (\text{Az}) \times (D)$$

En esta ecuación:

Y_p = Coordenada parcial en Y

X_p = Coordenada parcial en X

D = Distancia

Az = Azimut

Ejemplo: Se realizara el cálculo de la estación 1.

Datos: Az = 174.008° y D = 9.84 m.

$$Y_p = \text{Cos} (174.008^\circ) \times (9.84)$$

$$Y_p = -0.995 \times 9.84$$

$$Y_p = -9.789$$

$$X_p = \text{Sen} (174.008^\circ) \times (9.84)$$

$$X_p = 0.104 \times 9.84$$

$$X_p = 1.027$$

3.2.1.3. Cálculo de coordenadas totales

Se utilizo la siguiente fórmula:

$$Y = Y_p + C_{oy}$$

$$X = X_p + C_{ox}$$

En esta ecuación:

Y_p = Coordenada parcial en Y

X_p = Coordenada parcial en X

Y = Coordenada en Y

X = Coordenada en X

C_{ox} = Coordenada de referencia de donde se tomo la radiación en el sentido x

C_{oy} = Coordenada de referencia de donde se tomo la radiación en el sentido y

Ejemplo: Se realizara el cálculo de la estación 1. En este caso se toman las coordenadas de inicio de la estación 0.

Datos: $Y_p = -9.789$, $X_p = 1.027$, $Coy = 5000$ y $Cox = 5000$.

$$Y = -9.789 + 5000$$

$$Y = 4990.211$$

$$X = 1.027 + 5000$$

$$X = 5001.027$$

3.3. Cálculo altimétrico

El método de nivelación diferencial en el cual se calcula de la siguiente manera:

- a) Se propone una cota de inicio o un BM si esta cercano
- b) La cota de inicio se suma con la primera lectura obtenida para obtener la altura del instrumento
- c) Con la altura del instrumento se le resta la lectura para obtener la cota del terreno
- d) En donde se cambia el aparato para seguir tomando lecturas se toma primero el punto de vuelta a la última lectura anotada
- e) Otro cálculo que se da repetidas veces dependiendo del terreno es el cálculo de la altura del instrumento que se efectúa con la suma de la cota del terreno y el punto de vuelta

Ejemplo: Se realizara el cálculo de la libreta de nivelación

Datos: La cota de inicio = 500, primera lectura = 1.631, segunda lectura = 1.725, tercera lectura = 2.351, punto de vuelta = 0.697 y cuarta lectura = 2.508.

Al inicio se efectúa la siguiente operación para obtener la altura del instrumento:

$$\bar{\tau} = \text{la cota de inicio} + \text{la primera lectura}$$

$$\bar{\tau} = 500 + 1.631 = 501.631$$

Para el cálculo de las cotas:

$$\text{Cota} = \bar{\eta} - \text{segunda lectura}$$

$$\text{Cota} = 501.631 - 1.725 = 499.906$$

$$\text{Cota} = \bar{\eta} - \text{tercera lectura}$$

$$\text{Cota} = 501.631 - 2.351 = 499.280$$

Para el cálculo de la altura del instrumento cuando hay un punto de vuelta:

$$\bar{\eta} = \text{la cota} + \text{el punto de vuelta (PV)}$$

$$\bar{\eta} = 499.280 + 0.697 = 499.977$$

Para el cálculo de las cotas:

$$\text{Cota} = \bar{\eta} - \text{Cuarta lectura}$$

$$\text{Cota} = 499.977 - 2.503 = 497.474$$

Tabla VIII. Libreta de nivelación

ESTACIÓN	LECTURA	$\bar{\eta}$	PV	COTA
I O	1.631	501.631		500
C O	1.725			499.906
I 1	2.351	499.977	0.697	499.280
C 2	2.503			497.474

Fuente: Elaboración propia.

3.4. Cálculo de secciones transversales

Para el cálculo se realizó el método de nivelación diferencial con los mismos pasos del cálculo altimétrico, pero en diferencia que interviene que se realizan a cada lado de la estación observada para formar los datos que den forma a las secciones del terreno.

3.5. Cálculo de curvas de nivel

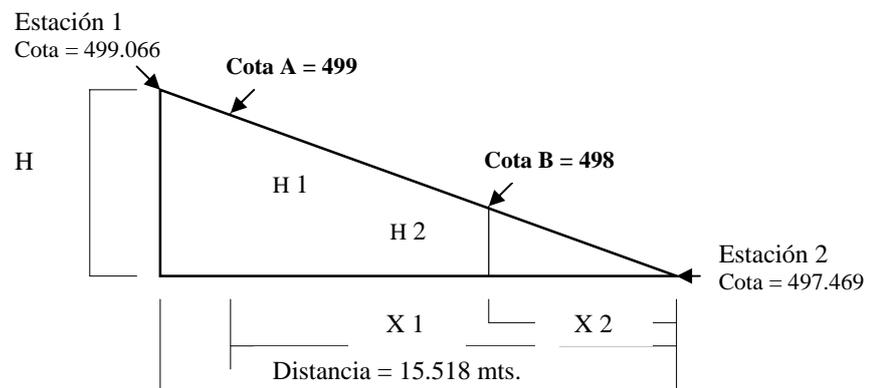
Con los cálculos realizados de la altimetría y las secciones transversales se procede a calcular las curvas de la siguiente forma:

- Se colocan las cotas en las secciones transversales del tramo carretero
- Se mide la distancia que hay entre las cotas que estén a la misma distancia de separación del centro a un lado del tramo carretero
- Se realiza el cálculo a la cual se encuentra la cota deseada por medio de la relación de triángulos

Ejemplo: Se calculara en la línea del terreno de la estación 1 a la estación 2 las cotas a cada metro que pasen entre ellas y se muestran en la figura 2.

Datos: Estación 1 cota = 499.066, Estación 2 cota = 497.469 y la distancia = 15.518 mts.

Figura 2. Cálculo de la ubicación de las cotas de nivel



Fuente: Elaboración propia.

$$\begin{aligned}
 H &= \text{cota estación 1} - \text{cota estación 2} & H1 &= \text{cota A} - \text{cota estación 2} \\
 H &= 499.066 - 497.469 & H1 &= 499.00 - 497.469 \\
 H &= 1.597 & H1 &= 1.531
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H2 &= \text{cota B} - \text{cota estación 2} \\
 H2 &= 498.00 - 497.469 \\
 H2 &= 0.531
 \end{aligned}$$

Se utiliza la relación de triángulos para calcular la distancia a la que esta la cota que se quiere:

Primera distancia (X1) de la cota 499.00

La fórmula es la siguiente:

$$\frac{D}{H} = \frac{X1}{H1}$$

$$X1 = \frac{D * H1}{H} \qquad X1 = \frac{15.518 * 1.531}{1.597}$$

$$X1 = 14.876 \text{ mts.}$$

Segunda distancia (X2) de la cota 498.00

La fórmula es la siguiente:

$$\frac{D}{H} = \frac{X2}{H2}$$

$$X2 = \frac{D * H2}{H} \qquad X2 = \frac{15.518 * 0.531}{1.597}$$

$$X2 = 5.159 \text{ mts.}$$

4. DIBUJO DE PRELIMINAR

Con la información recabada por las mediciones topográficas y cálculos realizados se puede dibujar.

4.1. Planimétrico

Se dibujo la planta del tramo carretero por medio del programa de auto cad en donde se tiene opciones de cometer menos errores de trazo y el nos permite generar el dibujo necesitando los datos siguientes:

- a) Contar con las distancias de estaciones a estaciones o a la estación la cual de realizo a radiación.
- b) Contar con el azimut o rumbo de la estación que se desea dibujar
- c) También se puede realizar por medio de las coordenadas totales de la poligonal abierta

Teniendo los datos anteriores se ingresan al programa de auto cad, primero se coloca la distancia, después se coloca el azimut. En una sola operación se genera la línea de la estación al punto observado. Con la poligonal abierta dibujada se puede hacer el trazo de la línea de localización, después de dibujada se puede hacer las curvas horizontales en las que se necesita el radio de cada curva.

4.2. Altimétrico

Se dibujo el perfil del tramo carretero por medio del programa de auto cad en donde se tiene opciones de cometer menos errores de trazo y el nos permite generar el dibujo el cual necesita los datos siguientes:

- a) Contar con las distancias que hay entre estaciones
- b) Contar con las cotas de cada estación

Teniendo los datos anteriores se ingresan al programa de auto cad en la hoja cuadriculada donde se colocara primero la distancia en la escala horizontal requerida y segundo se coloca en la distancia de la estación para poder saber se realiza una resta entre la cota de inicio menos la cota requerida en donde el resultado nos da una altura la que se indica con la escala vertical requerida. Teniendo las alturas y distancias entre estaciones se unen todas las cotas por medio de una línea la que forma el perfil del tramo carretero. Se realizan los trazos de la sub.-rasante para ver cual es el trazo que se acomoda mejor según las normas de diseño y poder dibujar por ultimo las curvas verticales que correspondan al trazo efectuado.

4.3. Curvas de nivel

Con la poligonal abierta del tramo carretero dibujada en el programa de auto cad se requieren los datos siguientes:

- a) Contar con las cotas y distancias del perfil
- b) Contar con las cotas y distancias que se tienen de ambos lados de las estaciones

- c) Contar con los datos de las distancias a las cuales se encuentran las cotas exactas entre las cotas de las estaciones y las cotas que se tienen ambos lados de la estaciones

Teniendo todo lo anterior en el programa de auto cad se procede a ubicarse en la cota que se toma para poder darle la distancia a la línea donde se encuentra la cota exacta del terreno. El procedimiento es el mismo para tener todas las cotas. Dibujada todas las líneas se unen por medio de una línea para ir dando forma a la curvas del terreno.

4.4. Secciones transversales

Para dibujar las secciones en el programa de auto cad se necesitan los datos siguientes:

- a) Contar con la cota central que es la del perfil o de la línea de localización
- b) Contar con las cotas y las distancias de ambos lados de la secciones de la carretera.
- c) Contar con las cotas de la sub.-rasante ya corregida

Para dibujar las secciones en el programa se toma en un punto deseado la cota central para luego con las distancias que se tienen de ambos lados poder colocar la cota la cual se obtienen de la resta de la cota central menos la cota de un lado la cual da como resultado una altura la que interesa para graficar y por ultimo se realizan los trazos con una línea partiendo del punto donde se ubico la cota central hacia ambos lados donde termina la línea de la altura para general la línea de la sección.

5. DISEÑO DE LOCALIZACIÓN

5.1. Diseño línea de localización

Es el nuevo alineamiento horizontal de la carretera en el cual se realizan los cálculos de la línea con su rumbo, azimut, distancia, intersecciones y los elementos de las curvas horizontales.

5.1.1. Cálculo de rumbos y azimut

Se calcula el rumbo de la línea con las coordenadas totales que se tienen para luego saber de que cuadrante pertenece el rumbo y obtener el azimut de la línea. Se cuenta con el cuadro donde indica en los cuadrantes cuales son las formulas de cada uno.

Tabla IX. Conversiones de azimut a rumbo y rumbo a azimut

CUADRANTE CONVERSIÓN	I		II		III		IV	
	N	E	S	E	S	W	N	W
AZIMUT (AZ) A RUMBO (R)	R		R		R		R	
DEFLEXION A RUMBO	D = + I = --		D = -- I = +		D = + I = --		D = -- I = +	
RUMBO (R) A AZIMUT (AZ)	R = AZ		180° - R		R + 180°		360° - R	
SUMA DE RUMBOS	N = + S = -- E = + W = --	N = -- S = + E = + W = --	N = -- S = + E = + W = --	N = -- S = + E = -- W = +	N = -- S = + E = -- W = +	N = -- S = + E = -- W = +	N = + S = -- E = -- W = +	

Fuente: Tesis Guía de calculo para carreteras. Ing. Byrón Rene Paiz Morales, Usac. 1980. pagina 10

La fórmula es: $R = \text{Tan}^{-1} \{(X_f - X_i) / (Y_f - Y_i)\}$

X_f = coordenada final en el sentido X Y_f = coordenada final en el sentido y
 X_i = coordenada inicial en el sentido X Y_i = coordenada inicial en el sentido y

Ejemplo: Se realizara el cálculo de la línea que va de la estación 0 a la estación 3. Datos:

$$Y_0 = 5000.00, X_0 = 5000.00 \text{ y } Y_3 = 4937.031, X_3 = 5005.417$$

La fórmula es:

$$R = \text{Tan}^{-1} \{(X_3 - X_0) / (Y_3 - Y_0)\} \quad R = \text{Tan}^{-1} \{(5005.417 - 5000.00) / (4937.031 - 5000.00)\}$$

$$R = \text{Tan}^{-1} \{5.417 / -62.997\} \quad R = \text{Tan}^{-1} \{-0.085988\} \quad R = S \quad -4.914^\circ \quad E$$

El rumbo es negativo se encuentra en el II cuadrante se utilizara la siguiente fórmula:

$$AZ = 180^\circ + \text{rumbo} \quad AZ = 180^\circ - 4.914^\circ \quad AZ = 175.083^\circ$$

5.1.2. Cálculo de la distancia de la línea de trazo

Es la que distancia entre las dos coordenadas que forman la línea de trazo.

La fórmula es:

$$D = \sqrt{(Y_f - Y_i)^2 + (X_f - X_i)^2}$$

Ejemplo: Se realizara el cálculo de la distancia de la línea que va de la estación 0 a la estación 3. Datos:

$$Y_0 = 5000.00, X_0 = 5000.00 \text{ y } Y_3 = 4937.031, X_3 = 5005.417$$

$$D = \sqrt{(Y_3 - Y_0)^2 + (X_3 - X_0)^2}$$

$$D = \sqrt{(4937.031 - 5000.00)^2 + (5005.417 - 5000.00)^2}$$

$$D = \sqrt{(-62.997)^2 + (5.417)^2} \quad D = \sqrt{3968.622 + 29.343}$$

$$D = \sqrt{3997.9656} \quad D = 63.2 \text{ mts.}$$

5.1.3. La intersección del PI

El cálculo de la intersección de dos líneas en dos direcciones diferentes nos lleva a encontrar el PI que conforma la curva horizontal.

5.1.3.1. Cálculo de las distancias (d1 y d2)

En donde tenemos que encontrar dos distancias, la primera es la que llega al punto de intersección (d1) y la segunda parte del punto de intersección que llega a la distancia de salida (d2).

$$d1 = \frac{AX \times \cos AZ_2 - AY \times \sin AZ_2}{\sin A}$$

$$d2 = \frac{AX \times \cos AZ_1 - AY \times \sin AZ_1}{\sin A}$$

Az = Azimut de la línea

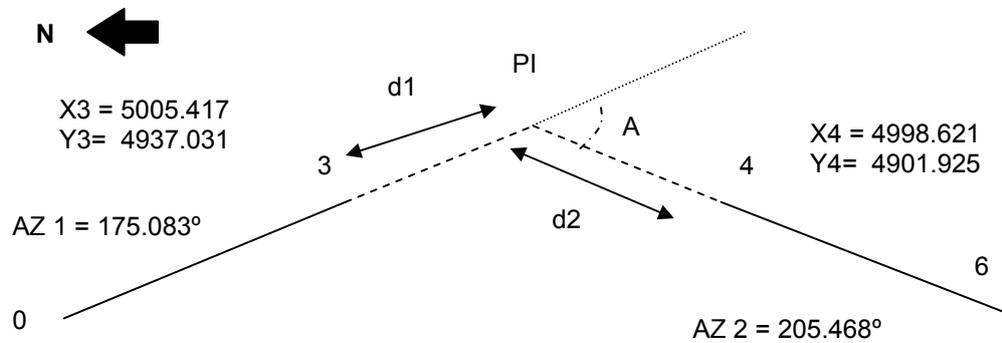
AX = Diferencia algebraica entre longitudes ($X_2 - X_1$)

AY = Diferencia algebraica entre latitudes ($Y_2 - Y_1$)

A = La deflexión entre ambas líneas

Ejemplo: Se realizara el cálculo de las distancia de la línea que va de la estación 3 a la del PI y del PI a la estación 4. Los datos se muestran en la figura 3.

Figura 3. Cálculo de la distancia de una estación al PI



Fuente: Elaboración propia.

$$AX = (X4 - X3) = (4998.621 - 5005.417) = -6.796$$

$$AY = (Y4 - Y3) = (4901.925 - 4937.031) = -35.106$$

$$A = (AZ 2 - AZ 1) = (205.468^\circ - 175.083^\circ) = 30.385^\circ$$

$$d1 = - \frac{AX \times \cos AZ 2 - AY \times \sin AZ 2}{\sin A}$$

$$d1 = - \frac{\{(-6.796) \times \cos (205.468^\circ)\} - \{(-35.106) \times \sin (205.468^\circ)\}}{\sin (30.385^\circ)}$$

$$d1 = - \frac{\{(-6.796) \times (-0.902825)\} - \{(-35.106) \times (-0.430006)\}}{0.505807}$$

$$d1 = - \frac{\{6.1356\} - \{15.0958\}}{0.505807} \quad d1 = - \frac{\{-8.9602\}}{0.505807}$$

$$d1 = - \{-17.714\} = 17.714 \text{ mts.}$$

$$d2 = \frac{AX \times \cos AZ 1 - AY \times \sin AZ 1}{\sin A}$$

$$d2 = \frac{\{(-6.796) \times \cos (175.083^\circ)\} - \{(-35.106) \times \sin (175.083^\circ)\}}{\sin (30.385^\circ)}$$

$$d2 = \frac{\{(-6.796) \times (-0.996319)\} - \{(-35.106) \times (0.085712)\}}{0.505807}$$

$$d2 = \frac{\{6.7709\} - \{-3.0090\}}{0.505807} \quad d2 = \frac{\{9.7810\}}{0.505807} \quad d2 = 19.336 \text{ mts.}$$

5.1.3.2. Cálculo de las coordenadas del PI

Con los cálculos realizados de las distancias d_1 y d_2 se puede ya obtener las coordenadas del PI con cualquiera de las dos distancias. Las siguientes fórmulas son:

Con las coordenadas que están antes del PI

$$X_{PI} = X_1 + d_1 \times \text{Sen } AZ_1$$

$$Y_{PI} = Y_1 + d_1 \times \text{Cos } AZ_1$$

Con las coordenadas que están después del PI

$$X_{PI} = X_2 - d_2 \times \text{Sen } AZ_2$$

$$Y_{PI} = Y_2 - d_2 \times \text{Cos } AZ_2$$

Ejemplo: Se realizara el cálculo de las coordenadas del PI con las dos distancias calculadas. Datos $d_1 = 17.714$ mts. y $d_2 = 19.336$ mts.

Para $d_1 = 17.714$

$$X_{PI} = 5005.417 + 17.714 \times \text{Sen } 175.083^\circ = 5005.417 + 1.518$$

$$X_{PI} = 5006.935$$

$$Y_{PI} = 4937.031 + 17.714 \times \text{Cos } 175.083^\circ = 4937.031 + (-17.649)$$

$$Y_{PI} = 4919.382$$

Para $d_2 = 19.336$

$$X_{PI} = 4998.621 - 19.336 \times \text{Sen } 205.468^\circ = 4998.621 - (-8.314)$$

$$X_{PI} = 5006.935$$

$$Y_{PI} = 4901.925 - 19.336 \times \text{Cos } 205.468^\circ = 4901.925 - (-17.457)$$

$$Y_{PI} = 4919.382$$

5.2. Cálculo de elementos de curvas horizontales

El cálculo comprende de varios elementos geométricos de las curvas circulares simples que a continuación se describen cada uno de ellos con sus respectivas formulas:

5.2.1. Grado de curva (G)

Es el ángulo central que subtiende un arco.

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

5.2.2. Longitud de curva (Lc)

Es la distancia que sigue la curva que va del PC hasta el PT.

$$Lc = \frac{A^\circ \times 20}{G^\circ}$$

5.2.3. Subtangente (St)

Es la distancia entre el PC hasta el PI y la que hay entre el PI hasta el PT.

$$St = R \times \tan (A^\circ/2)$$

5.2.4. Cuerda máxima (Cm)

Es la distancia en la línea desde el PC hasta el PT.

$$Cm = 2 \times R \times \sin (A^\circ/2)$$

5.2.5. External (E)

Es la distancia desde el PI hasta el punto medio de la curva.

$$E = R \times \frac{[1 - \cos (A^\circ/2)]}{\cos (A^\circ/2)}$$

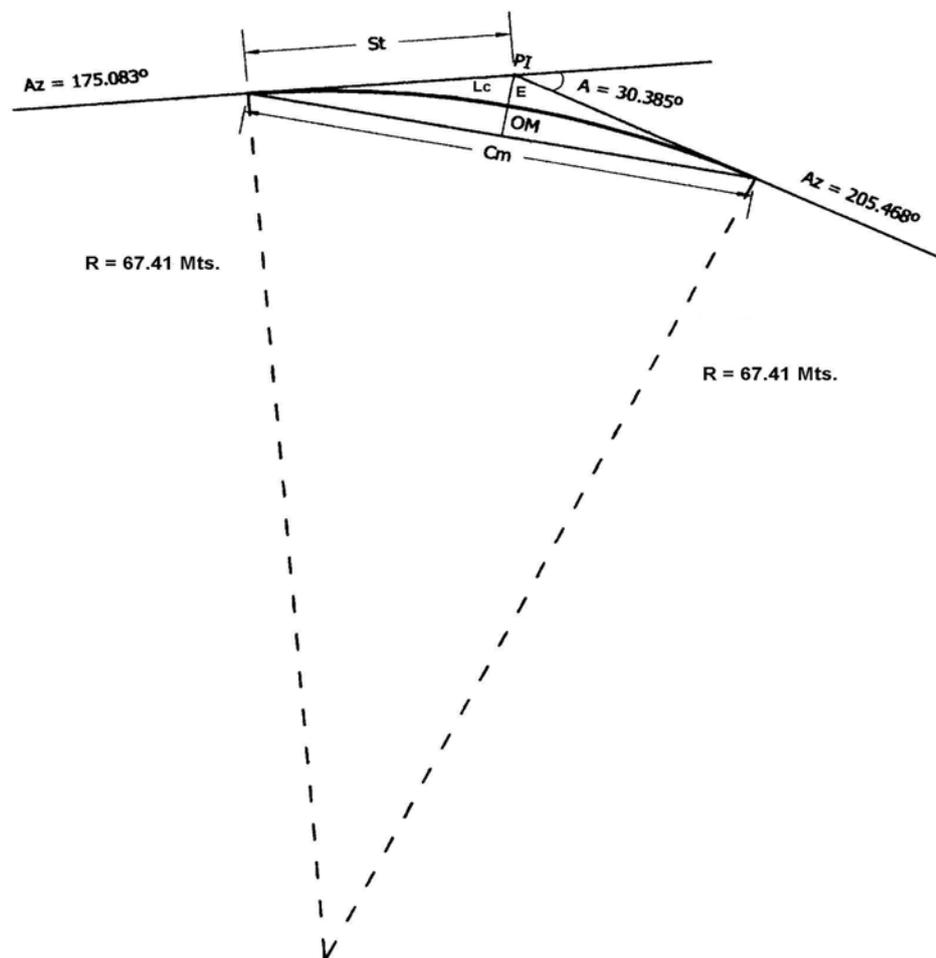
5.2.6. Ordenada media (OM)

Es la distancia desde el punto medio de la cuerda máxima hasta el punto medio de la curva.

$$OM = R \times [1 - \cos(A^\circ/2)]$$

Ejemplo: Se realizara el cálculo de los elementos geométricos de la primera curva circular simple que se tiene en el tramo carretero y la que tiene los datos mostrados en la figura 4.

Figura 4. Curva horizontal con sus elementos



Fuente: Elaboración propia.

Cálculos:

$$G = \frac{1145.9156}{67.41} \quad G = 17.00^\circ$$

$$Lc = \frac{30.385^\circ \times 20}{17.00^\circ} \quad Lc = \frac{607.7}{17.00} \quad Lc = 35.747 \text{ mts.}$$

$$St = 67.41 \times \tan (30.385^\circ/2) \quad t = 67.41 \times \tan (15.192^\circ)$$

$$St = 67.41 \times 0.27155 \quad St = 18.305 \text{ mts.}$$

$$Cm = 2 \times 67.41 \times \sin (30.385^\circ/2) \quad Cm = 2 \times 67.41 \times \sin (15.192^\circ)$$

$$Cm = 2 \times 67.41 \times 0.262054 \quad Cm = 35.747 \text{ mts.}$$

$$E = 67.41 \times \left[\frac{1 - \cos (30.385^\circ/2)}{\cos (30.385^\circ/2)} \right] \quad E = 67.41 \times \left[\frac{1 - \cos (15.192^\circ)}{\cos (15.192^\circ)} \right]$$

$$E = 67.41 \times \left[\frac{1 - 0.965053}{0.965053} \right] \quad E = 67.41 \times \left[\frac{0.034946}{0.965053} \right]$$

$$E = 67.41 \times [0.036212] \quad E = 2.441 \text{ mts.}$$

$$OM = 67.41 \times [1 - \cos (30.385^\circ/2)] \quad OM = 67.41 \times [1 - \cos (15.192^\circ)]$$

$$OM = 67.41 \times [1 - 0.965053] \quad OM = 67.41 \times [0.034946]$$

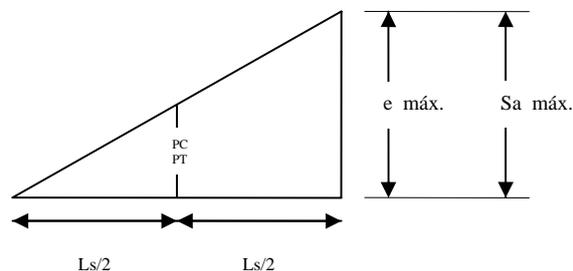
$$OM = 2.356 \text{ mts.}$$

6. MOVIMIENTO DE TIERRAS

6.1. Cálculo de peralte y sobre ancho

Para el cálculo se tienen que tomar en cuenta las especificaciones del diseño geométrico donde están los peraltes máximos y sobre anchos máximos. Se toman los datos de las tablas establecidas por D.C.G. Por el tipo de carretera considerado en este caso es tipo "E" con 30 K.P.H.

Figura 5. Peralte y sobreancho



Fuente: Elaboración propia.

Se necesita establecer los valores de CS y ST. Se calculan con las formulas siguientes:

$$CS = PC - Ls/2 \quad ST = PT + Ls/2$$

Para el cálculo del peralte y sobre ancho se utilizan las siguientes formulas:

Desde CS hasta la mitad de la curva horizontal se toma esta distancia

$$D = Est i - CS$$

Desde la mitad de la curva horizontal hasta ST se toma esta distancia

$$D = ST - Est i$$

$$\text{Peralte} = e$$

$$\text{Sobre ancho} = Sa$$

$$e = D \times \frac{e \text{ máx.}}{Ls}$$

$$Sa = D \times \frac{Sa \text{ máx.}}{Ls}$$

Ejemplo: Se realizara el cálculo de peralte y sobreancho de la curva ubicada entre las estaciones del PC = 0 + 62.39 y PT = 0 + 98.56.

Datos:

Datos de tabla:

$$G = 16.80^\circ$$

$$e \text{ máx} = 5.76 \%$$

$$\text{Velocidad} = 30 \text{ K.P.H}$$

$$Sa \text{ máx} = 0.6 \text{ mts.}$$

Carretera tipo "E"

$$Ls = 26.6 \text{ mts.}$$

$$CS = 62.39 - (26.6/2)$$

$$ST = 98.56 + (26.6/2)$$

$$CS = 49.090$$

$$ST = 111.860$$

$$e = D \times (5.76/26.6)$$

$$Sa = D \times (0.6/26.6)$$

$$e = D \times 0.22$$

$$Sa = D \times 0.02$$

Para calcular en la estación 0 + 62.390

$$e = (\text{Est } i - CS) \times 0.22$$

$$Sa = (\text{Est } i - CS) \times 0.02$$

$$e = (62.390 - 49.090) \times 0.22$$

$$Sa = (62.390 - 49.090) \times 0.02$$

$$e = 13.30 \times 0.22$$

$$Sa = 13.30 \times 0.02$$

$$e = 2.88 \%$$

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

Para calcular en la estación 0 + 63.202

$$e = (\text{Est } i - CS) \times 0.22$$

$$Sa = (\text{Est } i - CS) \times 0.02$$

$$e = (63.202 - 49.090) \times 0.22$$

$$Sa = (63.202 - 49.090) \times 0.02$$

$$e = 14.11 \times 0.22$$

$$Sa = 14.11 \times 0.02$$

$$e = 3.056 \%$$

$$Sa = 0.318 \text{ mts.}$$

Para calcular en la estación 0 + 77.620

$$\begin{aligned} e &= (\text{Est } i - \text{CS}) \times 0.22 & \text{Sa} &= (\text{Est } i - \text{CS}) \times 0.02 \\ e &= (77.620 - 49.090) \times 0.22 & \text{Sa} &= (77.620 - 49.090) \times 0.02 \\ e &= 28.53 \times 0.22 & \text{Sa} &= 28.53 \times 0.02 \\ e &= 6.28 \% \text{ no se utilizara} & \text{Sa} &= 0.64 \text{ m no se utilizara} \\ e \text{ máx.} &= 5.76 \% & \text{Sa máx.} &= 0.60 \text{ mts.} \end{aligned}$$

Cuando los valores calculados sean mayores se tomaran los valores máximos para el peralte y sobre ancho.

Para calcular en la estación 0 + 89.926

$$\begin{aligned} e &= (\text{ST} - \text{Est } i) \times 0.22 & \text{Sa} &= (\text{ST} - \text{Est } i) \times 0.02 \\ e &= (111.860 - 89.926) \times 0.22 & \text{Sa} &= (111.860 - 89.926) \times 0.02 \\ e &= 14.11 \times 0.22 & \text{Sa} &= 14.11 \times 0.02 \\ e &= 4.75 \% & \text{Sa} &= 0.495 \text{ mts.} \end{aligned}$$

Para calcular en la estación 0 + 98.560

$$\begin{aligned} e &= (\text{ST} - \text{Est } i) \times 0.22 & \text{Sa} &= (\text{ST} - \text{Est } i) \times 0.02 \\ e &= (111.860 - 98.560) \times 0.22 & \text{Sa} &= (111.860 - 98.560) \times 0.02 \\ e &= 13.30 \times 0.22 & \text{Sa} &= 13.30 \times 0.02 \\ e &= 4.75 \% & \text{Sa} &= 0.495 \text{ mts.} \end{aligned}$$

Tabla X. Cálculo del peralte y sobreechancho

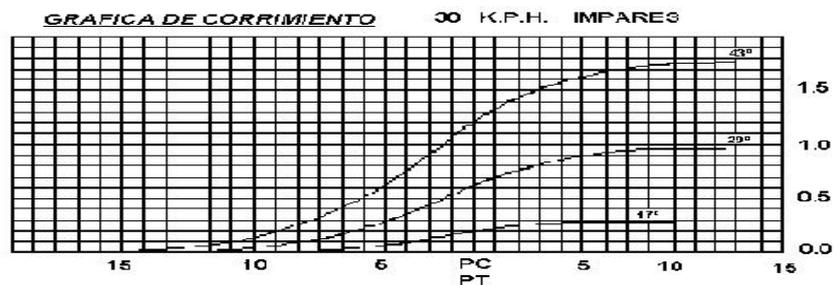
ESTACIÓN	Vel. K.P.K	e %	Sa (mts.)
0+ 45.405	"	0.000	0.000
CS 0+ 49.090	"	0.000	0.000
PC 0+ 62.390	"	2.880	0.300
0+ 63.202	"	3.056	0.318
0+ 77.620	30	5.760	0.600
0+ 89.926	"	4.750	0.495
PT 0+ 98.560	"	2.880	0.300
ST 0+ 111.860	"	0.000	0.000
0+ 119.376	"	0.000	0.000

Fuente: Elaboración propia.

6.2. Determinar el corrimiento

Se determina por medio de graficas según la velocidad de diseño y el grado de curva si es par o impar. En la gráfica los valores de corrimiento que se encuentra dentro de la curva se obtienen donde esta el PC y PT del lado derecho de la gráfica. Los valores de corrimiento que están antes del PC y después del PT están del lado izquierdo de la gráfica.

Figura 6. Gráfica de corrimiento según velocidad y grados impares



Fuente: Elaboración propia.

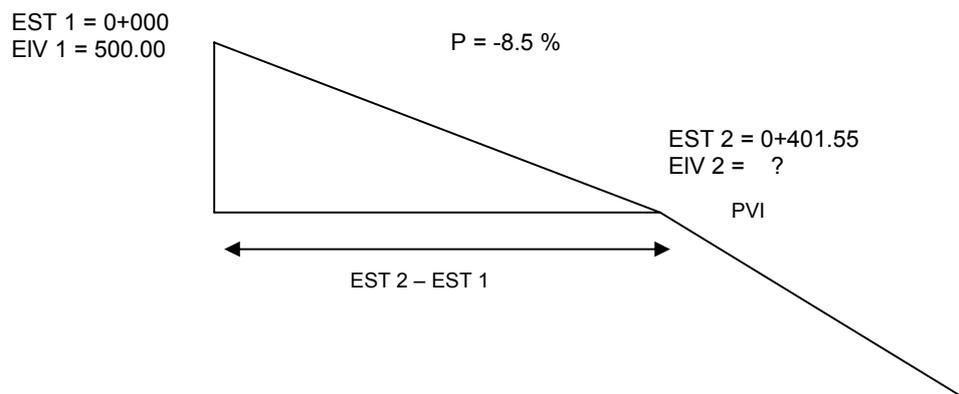
6.3. Cálculo de subrasante

Es el cálculo que se realiza en base al trazo de la pendiente la que tiene relación con el tipo de carretera que se diseñe, en este caso el tipo de carretera es el "E" con una pendiente mínima 0.5% y una pendiente máxima de 10%. En el tramo carretero es necesario utilizar una pendiente mayor que la máxima la cual no debe pasar de 15% y una distancia de 100 mts. Esto es diseñado para que el movimiento de tierras se mantenga en el costo aceptable y no eleve el presupuesto. Con la que calculamos los puntos de intersecciones verticales (PIV). La fórmula es la siguiente:

$$ELV\ 2 = \frac{\{(EST\ 2 - EST\ 1) \times P\}}{100} + ELV\ 1$$

Ejemplo: Se realizara el cálculo del PIV y las elevaciones de las estaciones siguientes:

Figura 7. Gráfica para establecer el análisis de las elevaciones



Fuente: Elaboración propia.

La del PIV es la siguiente:

$$\text{ELV 2} = \frac{\{(401.549 - 000.00) \times (-8.5)\}}{100} + 500.000$$

$$\text{ELV 2} = \frac{\{-3413.165\}}{100} + 500.000 \quad \text{ELV 2} = \{-34.132\} + 500.000$$

$$\text{ELV 2} = 465.87$$

Los cálculos de las elevaciones en la pendiente -8.5% se realizaran en las estaciones siguientes: EST 2 = 0+009.845, 0+205.212 y 0+307.186

$$\text{ELV 2} = \frac{\{(009.845 - 000.00) \times (-8.5)\}}{100} + 500.000$$

$$\text{ELV 2} = \frac{\{-83.682\}}{100} + 500.000 \quad \text{LV 2} = \{-0.8368\} + 500.000$$

$$\text{ELV 2} = 499.16$$

$$\text{ELV 2} = \frac{\{(205.212 - 000.00) \times (-8.5)\}}{100} + 500.000$$

$$\text{ELV 2} = \frac{\{-1744.302\}}{100} + 500.000 \quad \text{ELV 2} = \{-17.443\} + 500.000$$

$$\text{ELV 2} = 482.56$$

$$\text{ELV 2} = \frac{\{(307.186 - 000.00) \times (-8.5)\}}{100} + 500.000$$

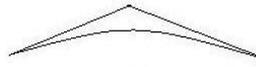
$$\text{ELV 2} = \frac{\{-2611.081\}}{100} + 500.000 \quad \text{ELV 2} = \{-26.111\} + 500.000$$

$$\text{ELV 2} = 473.89$$

6.4. Determinar las curvas verticales

Se terminan las curvas en base a la velocidad de diseño y están en función de la siguiente tabla:

Tabla XI. Valores de "K", según velocidad de diseño

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

Fuente: Tesis Guía de calculo para carreteras. Ing. Byrón Rene Paiz Morales, Usac. 1980. pagina 62

Con los datos de la tabla se puede calcular la longitud mínima de curva vertical.

$$LCV = K \times \bar{A}$$

K = Es el valor que depende de la curva y velocidad

\bar{A} = Diferencia algebraica de pendientes

\bar{A} = (Pendiente de salida (P S) – Pendiente de entrada (P E))

Ejemplo: Calculara longitud de curva vertical para 30 K.P.H. tipo de curva es convexa, K = 2, P E = -8.5 % y P S = -10.00 %

$$LCV = 2 \times (-10.00 - (-8.5)) \quad LCV = 2 \times -1.50$$

$$LCV = -3.00 \text{ mts.}$$

Cuando el valor calculado de LCV es menor que el mínimo se utilizará el mínimo. Las LCV mínima se obtuvieron de las graficas ya establecidas por la Dirección General de Caminos en el departamento técnico de ingeniería.

6.5. Cálculo de correcciones de curvas verticales simétricas

Con la longitud de curva vertical, teniendo establecido punto de intersección de las tangentes verticales (PIV) del punto se suma o resta la mitad de la longitud de curva vertical para encontrado el punto de comienzo de la curva vertical (PCV) y punto de terminación de la curva vertical (PTV), en este rango se calculan las correcciones para dar forma a la curva vertical. Con las siguientes fórmulas:

$$O M = \frac{P S - P E}{800} \times LCV$$

$$K = \frac{O M}{[LCV/2]^2}$$

$$Y_c = K \times D^2$$

K = Valor constante calculado

D = (Est PI – Est i) – (LCV/2) esta distancia siempre será positiva

Yc = Corrección para un punto cualquiera

Ejemplo: La primera curva vertical que se tiene en el tramo tiene una LCV = 60 metros, P E = -8.50 % y P S = -10.00 %

$$O M = \frac{(-10.00 - (-8.50))}{800} \times 60 \quad O M = \frac{(-1.50)}{800} \times 60$$

$$O M = \frac{-90.00}{800} \quad O M = -0.113$$

$$K = \frac{-0.113}{[60/2]^2} \quad K = \frac{-0.113}{[30]^2} \quad K = \frac{-0.113}{900} \quad K = -0.000125$$

$$Y_c = -0.000125 \times D^2$$

La estación del PIV es 401.639

$$\text{Para la estación del PCV} = 401.639 - (60/2) = 371.639$$

$$\text{Para la estación del PTV} = 401.639 + (60/2) = 431.639$$

Las estaciones que se encuentran entré el PCV y el PIV para calcular las correcciones que generen la curva. 0+ 381.639

$$D = (401.639 - 381.639) - (60/2) \quad D = (20)-(30) \quad D = -10$$

$$Y_c = -0.000125 \times (-10)^2 \quad Y_c = -0.000125 \times 100$$

$$Y_c = -0.0125$$

Las estaciones que se encuentran entré el PIV y el PTV para calcular las correcciones que generen la curva.

$$0+ 410.488, 0+413.110 \text{ y } 0+423.032$$

$$D = (410.488 - 401.639) - (60/2) \quad D = (8.849)-(30) \quad D = -21.151$$

$$Y_c = -0.000125 \times (-21.151)^2 \quad Y_c = -0.000125 \times 447.365$$

$$Y_c = -0.0559$$

$$D = (413.110 - 401.639) - (60/2) \quad D = (11.471)-(30) \quad D = -18.529$$

$$Y_c = -0.000125 \times (-18.529)^2 \quad Y_c = -0.000125 \times 343.324$$

$$Y_c = -0.0429$$

$$D = (423.032 - 401.639) - (60/2) \quad D = (21.393)-(30) \quad D = -8.607$$

$$Y_c = -0.000125 \times (-8.607)^2 \quad Y_c = -0.000125 \times 74.080$$

$$Y_c = -0.0093$$

6.6. Cálculo de áreas de secciones transversales

Las secciones típicas se consideran en tangente y en curva. La sección en tangente lleva en ambos lados de la carretera, el bombeo de 3 %. La sección en curva tiene un peralte el que indica la inclinación de la sección si es a la derecha o izquierdo cuando es mayor del 3 % y cuando el peralte es menor del 3% el lado de la carretera que va dentro de la curva lleva el 3 %, el otro extremo lleva el calculado. Es importante mencionar que taludes se utilizaran según la altura y si es corte o relleno.

Tabla XII. Relaciones para dibujo de taludes

CORTE		RELLENO	
ALTURA	Horizontal -Vertical	ALTURA	Horizontal -Vertical
0 - 3	1 - 1	0 - 3	2 - 1
3 - 7	1 - 2	> 3	3 - 2
> 7	1 - 3		

Fuente: Tesis Metodología de actividades para el diseño de carreteras. Ing. Augusto Pérez, Pagina 62

El método analítico es el que se utiliza coordenadas para los puntos que determinan el área, referidas a la línea central y luego, por método de las determinantes se obtiene el área. En auto cad se calcularon las áreas en donde utiliza el método analítico.

Ejemplo: Se realizara el cálculo del área en corte y en relleno del caminamiento 0+0.000 por el método analítico. Los datos son los siguientes:

Las coordenadas del corte

	X	Y
0	-1.7570	499.9473
1	-3.3164	499.9839
2	-3.2500	499.9175
3	-2.7500	499.9175
0	-1.7570	499.9473

Las coordenadas del relleno

	X	Y
0	-1.7570	499.9473
4	0.0000	500.0000
5	2.7500	499.9175
6	3.2500	499.9175
7	3.5888	499.7481
8	0.0000	499.9060
0	-1.7570	499.9473

Calculando el área de corte

$$\begin{aligned}
 X_0 \times Y_1 &= -878.4717 \\
 X_1 \times Y_2 &= -1657.9264 \\
 X_2 \times Y_3 &= -1624.7319 \\
 \underline{X_3 \times Y_0} &= \underline{-1374.8551} \\
 \Sigma (X \times Y) &= -5535.9851
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Y_0 \times X_1 &= -1658.0252 \\
 Y_1 \times X_2 &= -1624.9477 \\
 Y_2 \times X_3 &= -1374.7731 \\
 \underline{Y_3 \times X_0} &= \underline{-878.3550} \\
 \Sigma (Y \times X) &= -5536.1010
 \end{aligned}$$

$$\text{ÁREA} = \left| \frac{\Sigma (X \times Y) - \Sigma (Y \times X)}{2} \right| = \left| \frac{(-5535.9851) - (-5536.1010)}{2} \right| = \left| \frac{0.1159}{2} \right|$$

$$\text{ÁREA} = 0.0580 \text{ mts.}^2$$

Calculando el área de relleno

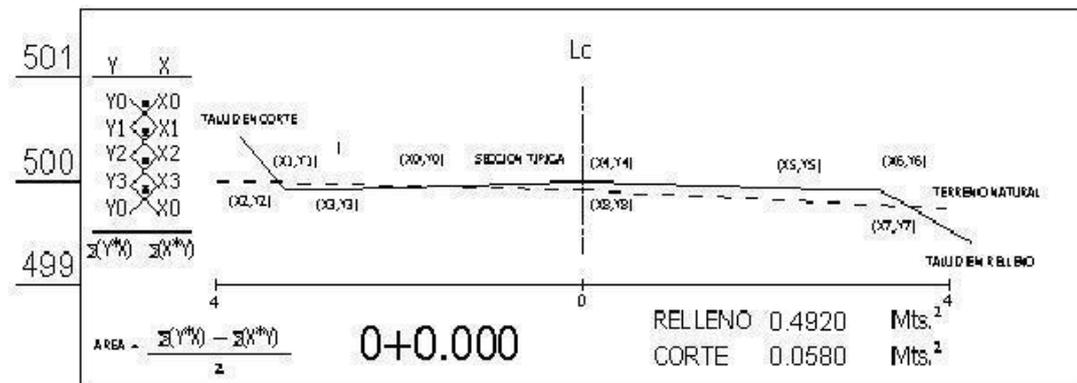
$$\begin{aligned}
 X_0 \times Y_4 &= -878.5000 \\
 X_4 \times Y_5 &= 0.0000 \\
 X_5 \times Y_6 &= 1374.7731 \\
 X_6 \times Y_7 &= 1624.1813 \\
 X_7 \times Y_8 &= 1793.6627 \\
 \underline{X_8 \times Y_0} &= \underline{0.0000} \\
 \Sigma (X \times Y) &= 3914.1171
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Y_0 \times X_4 &= 0.0000 \\
 Y_4 \times X_5 &= 1375.0000 \\
 Y_5 \times X_6 &= 1624.7319 \\
 Y_6 \times X_7 &= 1793.7040 \\
 Y_7 \times X_8 &= 0.0000 \\
 \underline{Y_8 \times X_0} &= \underline{-878.3348} \\
 \Sigma (Y \times X) &= 3915.1011
 \end{aligned}$$

$$\text{ÁREA} = \left| \frac{\sum (X \times Y)}{2} - \frac{\sum (Y \times X)}{2} \right| = \left| \frac{(3914.1171)}{2} - \frac{(3915.1011)}{2} \right| = \left| \frac{(-0.984)}{2} \right|$$

$$\text{ÁREA} = 0.4920 \text{ mts.}^2$$

Figura 8. Sección transversal en tangente



Fuente: Elaboración propia.

6.7. Coeficiente de contracción

En el balance entre el corte y relleno, se tiene que tomar en cuenta que se necesita más material de corte para un relleno, por cambios volumétricos sufridos por los suelos, esto debido a sus propiedades, humedad tipo de compactación, etc.

Con el coeficiente de contracción se determina el relleno con la siguiente fórmula:

$$R = \frac{C}{(1 - \text{Coef.})}$$

R = Relleno

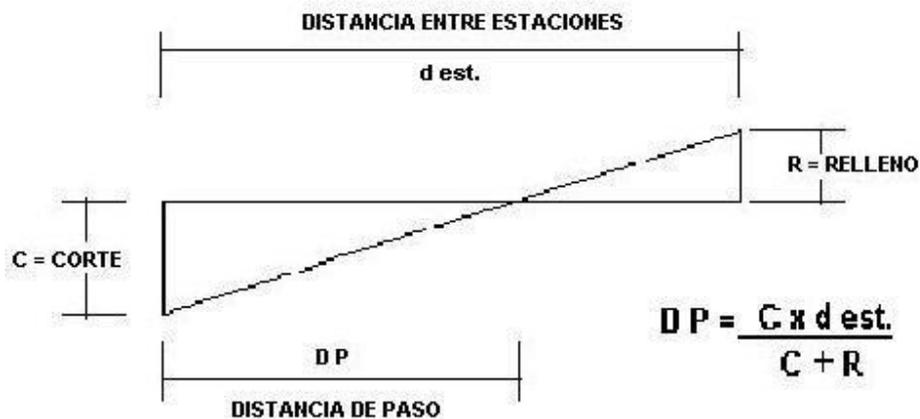
C = Corte

Coef. = Coeficiente de contracción

6.8. Cálculo de volúmenes de movimiento de tierras

Se genera el volumen de un prisma irregular, cuando hay dos áreas entre estaciones y una distancia que las separa. Las áreas son calculadas de cada sección y la altura del prisma es igual a la diferencia de estaciones. En donde existe el cambio de corte a relleno en las secciones lo que varia es la altura del prisma la que se calcula por medio de la relación de triángulos la distancia de paso ya sea para el corte y relleno.

Figura 9. Distancia de paso



Fuente: Elaboración propia.

$$V = \left| \frac{(As1 + As2)}{2} \right| \times d \text{ est.}$$

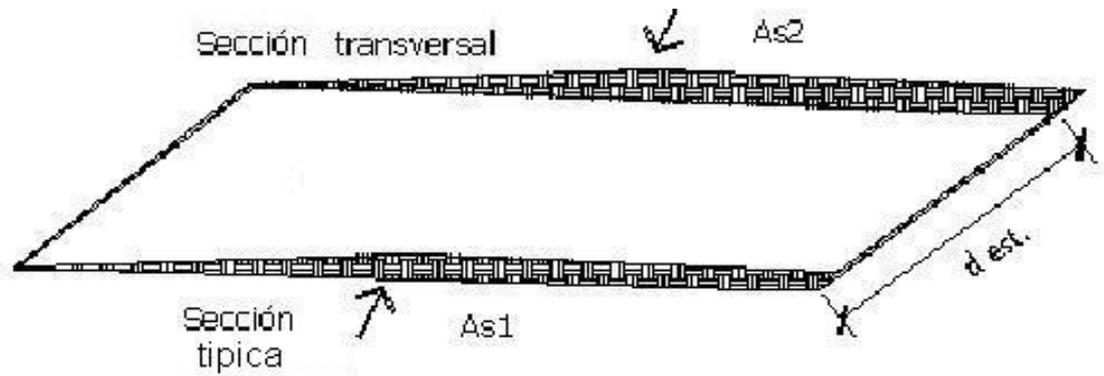
V = Volumen de tierra

As1 = Área de sección uno

As2 = Área de sección dos

d est. = Distancia entre estaciones

Figura 10. Volumen de movimiento de tierras

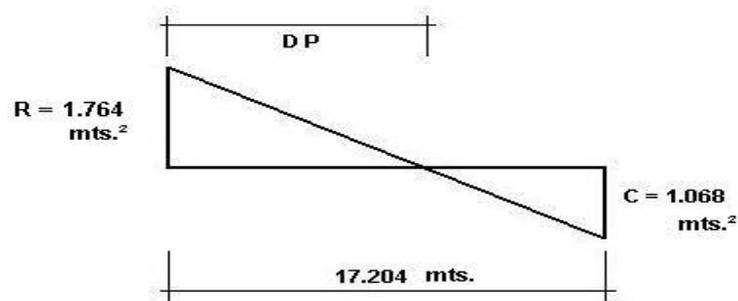


Fuente: Elaboración propia.

Ejemplo: Se realizara el cálculo de volúmenes en las estaciones 0+045.405 con área de relleno 1.764 mts.² y PC 0+062.609 con área de corte 1.068 mts.² Se calcula la distancia de paso por el cambio que hay de relleno a corte.

$$d \text{ est.} = (0+062.609 - 0+045.405) = 17.204 \text{ mts.}$$

Figura 11. Cálculo de distancia de paso



Fuente: Elaboración propia.

La distancia de paso para el relleno es:

$$D P = \frac{17.204}{1.764 + (1.764 + 1.068)} \quad D P = \frac{(17.204 \times 1.764)}{2.832} \quad D P = \frac{30.3479}{2.832}$$

D P = 10.716 mts.

La distancia de paso para el corte es:

$$D P = 17.204 - 10.716 = 6.488 \text{ mts.}$$

Volumen de relleno

$$= 1.764 \text{ mts.}^2$$

$$As2 = 0.000 \text{ mts.}^2$$

$$D P = 10.716 \text{ mts.}$$

$$V = \left| \frac{(1.764 + 0.000)}{2} \right| \times 10.716$$

$$V = \left| \frac{1.764}{2} \right| \times 10.716$$

$$V = 0.882 \times 10.716$$

$$V = 9.452 \text{ mts.}^3$$

Volumen de corte

$$As1 = 0.000 \text{ mts.}^2$$

$$As2 = 1.068 \text{ mts.}^2$$

$$D P = 6.488 \text{ mts.}$$

$$V = \left| \frac{(0.000 + 1.068)}{2} \right| \times 6.488$$

$$V = \left| \frac{1.068}{2} \right| \times 6.488$$

$$V = 0.534 \times 6.488$$

$$V = 3.464 \text{ mts.}^3$$

As1

6.9. Cálculo de balance

Con los volúmenes obtenidos se puede calcular los valores del balance y con los cuales se forma la curva de Bruckner conjuntamente con el diseño de la línea de balance podemos obtener el cálculo de cantidades finales de movimiento de tierras.

$$BL = Ban + [C \times (1 - \text{Coef.}) - R]$$

Ban = Balance anterior

R = Relleno

BL = Balance en cualquier estación

C = Corte

Coef. = Coeficiente de contracción

Para el ploteo del balance se toma una cota inicial de balance se basa al terreno y la longitud de la carretera en donde se sugiere un valor inicial de 100,000 metros cúbicos para no tener datos negativos. Los valores verticales de la gráfica son los balances y los valores horizontales están relacionados con el caminamiento del perfil. Al formar la gráfica generamos el diagrama de masas.

Ejemplo: Se realizara el cálculo de balance en las estaciones siguientes:

El balance de la estación 0+9.845 y Ban = 100,000.00 mts.³

$$BL = 100,000.00 + [1.203 \times (1-0.35) - 4.032]$$

$$BL = 100,000.00 + [0.7819 - 4.032]$$

$$BL = 100,000.00 - 3.2501$$

$$BL = 99,996.75 \text{ mts.}^3$$

El balance de la estación 0+25.845 y Ban = 99,996.75 mts.³

$$BL = 99,996.75 + [0.092 \times (1-0.35) - 23.932]$$

$$BL = 99,996.75 + [0.0598 - 23.932]$$

$$BL = 99,996.75 - 23.8722$$

$$BL = 99,972.88 \text{ mts.}^3$$

El balance de la estación 0+45.405 y Ban = 99,972.88 mts.³

$$BL = 99,972.88 + [0.00 \times (1-0.35) - 45.133]$$

$$BL = 99,996.75 + [0.000 - 45.133]$$

$$BL = 99,996.75 - 45.133$$

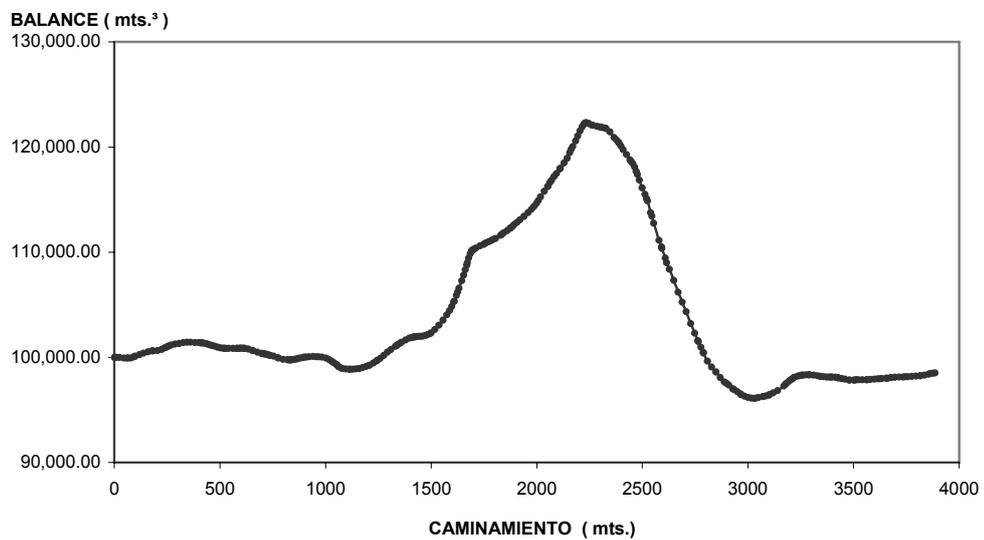
$$BL = 99,927.75 \text{ mts.}^3$$

Tabla XIII. Cálculo de balance

ESTACION	VOLUMENES mts. ³		Coef.	BALANCE mts. ³
	RELLENO	CORTE		
0+ 0.000	0.000	0.000	0.35	100,000.00
0+ 9.845	4.032	1.203	0.35	99,996.75
0+25.405	23.932	0.092	0.35	99,972.88
0+45.405	45.133		0.35	99,927.75

Fuente: Elaboración propia.

Figura 12. Diagrama de masas



Fuente: Elaboración propia.

Teniendo el diagrama de masas definido las propiedades son las siguientes:

Tabla XIV. Propiedades del diagrama de masas

1	El diagrama es ascendente cuando predominan los volúmenes de corte sobre los de relleno y descendente en caso contrario, es decir cuando predominan los volúmenes de relleno sobre los de corte
2	Si en la curva del diagrama, se diseña una línea que la corte en dos puntos consecutivos, estos tendrán la misma ordenada (el mismo valor de balance) y forman un tramo balanceado ya que los volúmenes de corte y relleno comprendidos en este tramo serán iguales.
3	Si en un tramo balanceado, la curva del diagrama queda arriba de la línea de balance, el sentido del acarreo es hacia delante; si la curva del diagrama queda debajo de la línea de balance, el sentido del acarreo es hacia atrás.
4	Si dos líneas de balance cortan la curva del diagrama en dos puntos con distinta coordenada, el tramo comprendido entre dichos puntos no está balanceado. Si la línea de balance de adelante tiene una ordenada mayor que la de atrás, se trata de un desperdicio es decir que hay un exceso de volumen de corte.
5	Cuando la línea de balance de adelante es menor que la línea de atrás, esto define un préstamo, es decir un exceso de volumen de relleno.

Fuente: Tesis Metodología de actividades para el diseño de carreteras. Ing. Augusto Pérez,
Pagina 71 y 72.

Con el diseño de la línea de balance establecida podemos definir los diversos costos del region de movimiento de tierras y en la Dirección General de Caminos los costos unitarios son los siguientes:

Excavación no clasificada: Es el material que se encuentra dentro del proyecto y se puede utilizar en los rellenos.

Excavación no clasificada de material de desperdicio: Es el material que se obtiene de cortes el cual no se utiliza para relleno y el cual no es material adecuado en el proyecto.

Excavación no clasificada de material de préstamo: Es el material que se obtiene de un banco de préstamo para utilizarlo en relleno y el cual se encuentre en los límites del proyecto.

Acarreo libre: Es el traslado de materiales no clasificados a una distancia no mayor a los 500 metros, la cual no tiene costo unitario por aparte.

Sobré acarreo: Es el traslado de material no clasificado de préstamo o también puede ser el desperdicio en una distancia que comprenda entre los 500 metros y 1 kilómetro.

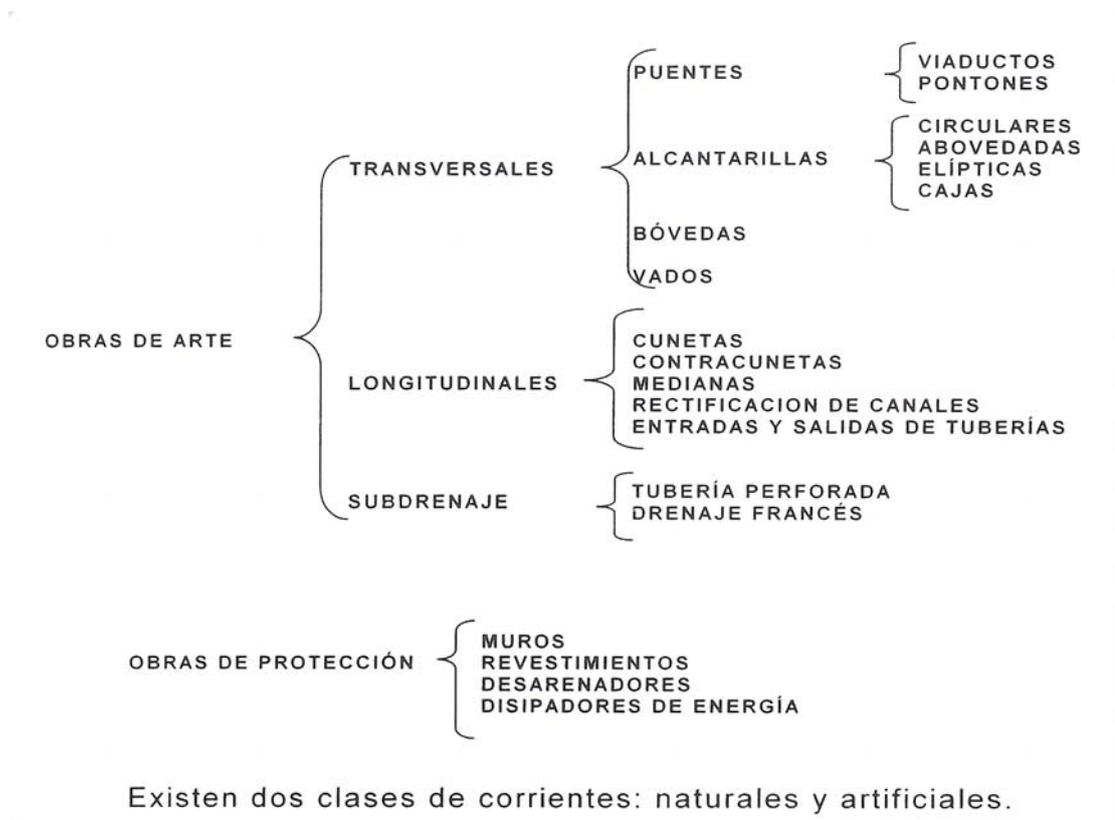
Acarreo: Es el traslado de material no clasificado de préstamo o también puede ser el desperdicio en una distancia mayor al 1 kilómetro.

Conociendo el renglón de movimiento de tierras se pueden establecer los puntos de balance. Son los puntos que en la línea de balance corta a la curva de Brucknerl. Hay puntos obligados los cuales están desde el inicio hasta el final del proyecto, esto se da cuando no se encuentran entradas y salidas de un o varios puentes que se construyan. El repartimiento y totales del movimiento de tierras se da con tramos con balance, tramos con balance y desperdicio, tramo con balance y préstamo y tramo con sobre acarreo.

7. DRENAJE

La función principal es la de evacuar el agua o la humedad para no dañar el tramo carretero. La importancia de las obras de drenajes no solo está en los pasos de ríos sino también en las obras pequeñas de drenaje que mantienen la vida útil del tramo carretero. Los drenajes reciben el nombre de obras de arte las cuales son:

Tabla XV. Clasificación de drenajes en carreteras



Fuente: Tesis Metodología de actividades para el diseño de carreteras. Ing. Augusto Pérez, Páginas 96 y 97

7.1. Cálculo de ares de descarga

7.1.1. Método de inspección de estructuras existentes

El cual se base en determinar el tamaño de una tubería con investigar el área de descarga en donde este su ubicación de estudio, tomando en cuenta las aguas arriba y aguas abajo. Se recomienda hacer entrevistas a los pobladores del área para obtener información sobre el comportamiento de las estructuras existentes.

En el análisis de los drenajes transversales existentes del tramo carretero el área de descarga para la tubería existente es la adecuada y la ubicación de los drenajes transversales. En algunos drenajes transversales se modifica según la subrasante.

8. SUELOS

8.1. Pruebas de laboratorio

Se realizó dos pruebas de laboratorio, una al inicio y otra al final del proyecto, En el tramo carretero se realizaron los ensayos que a continuación se describen:

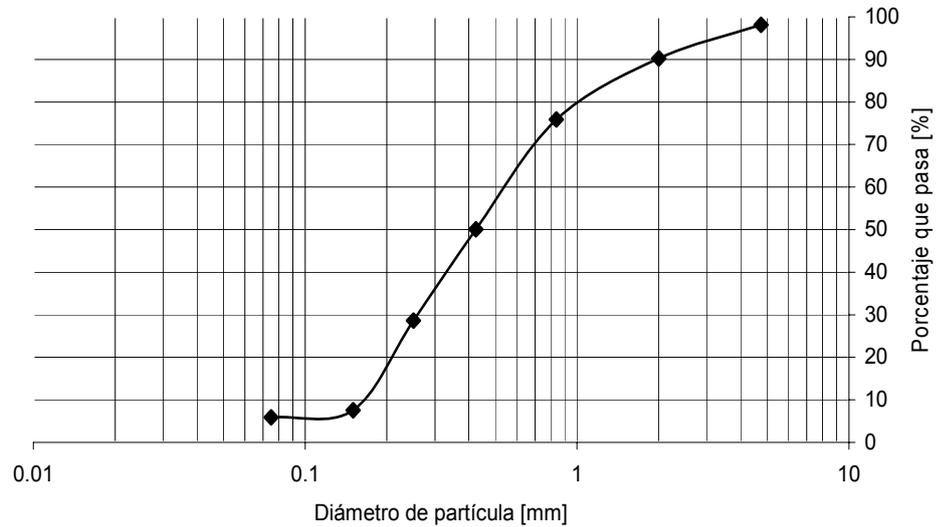
8.1.1. Ensayo de la granulometría

El análisis granulométrico consiste en determinar la proporción relativa en peso de los diferentes tamaños de granos presentes en una muestra de suelo. En la práctica, se trabaja con rangos de tamaños.

El análisis granulométrico permitió obtener la cantidad de suelo que pasa en una serie de mallas o tamices normalizados. La información obtenida del análisis granulométrico se presenta en forma de curva, graficando los diámetros de partículas en función del porcentaje que pasa (en peso) o también llamado porcentaje más fino.

Dado que por lo general una masa de suelos contiene una gran variedad de tamaños, es conveniente recurrir a una representación logarítmica para los tamaños de partículas.

Figura 13. Representación de información granulométrica



Fuente: Elaboración propia.

A partir de la curva de distribución granulométrica, se pueden obtener diámetros característicos tales como el D10, D85, D60. El diámetro D se refiere al tamaño del grano o diámetro aparente de una partícula de suelo y el sub-índice denota el porcentaje de material más fino. Por ejemplo D10 = 0.15 mm significa que el 10 % de los granos de la muestra son menores en diámetro que 0.15 mm. El diámetro D10 es también llamado tamaño efectivo de un suelo. El sistema internacional USCS (Unified Soil Classification System) nos permite clasificar el suelo de acuerdo a los parámetros determinados en el análisis granulométrico.

Los resultados obtenidos en las graficas de los dos ensayos definen una gran diferencia, conteniendo mayores partículas finas en el inicio del tramo y al final se encuentran diversos tamaños de partículas.

8.1.2. Ensayo del proctor modificado

Actualmente existen muchos métodos para reproducir, al menos teóricamente, en laboratorio las condiciones dadas de compactación en terreno. Históricamente, el primer método, respecto a la técnica que se utiliza actualmente, es el debido R.R. Proctor y que es conocido como Prueba Proctor estándar. El más empleado, actualmente, es denominado prueba Proctor modificado en el que se aplica mayor energía de compactación que el estándar siendo el que está más de acuerdo con las solicitaciones que las modernas estructuras imponen al suelo.

También para algunas condiciones se utiliza el que se conoce como Proctor de 15 golpes.

Con este procedimiento de compactación, Proctor estudió la influencia que ejercía en el proceso el contenido inicial de agua de suelo. Observó que a contenidos de humedad crecientes, a partir de valores bajos, se obtenían más altos pesos específicos secos y, por lo tanto, mejores compactaciones de suelo, pero que esa tendencia no se mantenía indefinidamente, sino que al pasar la humedad de un cierto valor, los pesos específicos secos obtenidos disminuían, resultando peores compactaciones en la muestra. Es decir, que existe una humedad inicial denominada humedad óptima, que produce el máximo peso específico seco que puede lograrse con este procedimiento de compactación y, por consiguiente, la mejor compactación del suelo.

Los resultados de las pruebas de compactación se grafican en curvas que relacionan el peso unitario específico seco versus el contenido de agua. El ensayo realizado al inicio da una densidad menor con respecto al del final y al inicio la humedad óptima es mayor con respecto del final.

8.1.3. Ensayo de razón de soporte de suelos compactados "C.B.R."

El ensayo de C.B.R. mide la resistencia al corte (esfuerzo cortante) de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas, la ASTM denomina a este ensayo, simplemente como "Relación de soporte" y esta normado con el número ASTM D 1883-73. Se aplica para evaluación de la calidad relativa de suelos de subrasante, algunos materiales de sub-bases y bases granulares, que contengan solamente una pequeña cantidad de material que pasa por el tamiz de 50 mm, y que es retenido en el tamiz de 20 mm. Se recomienda que la fracción no exceda del 20%. Este ensayo puede realizarse tanto en laboratorio como en terreno, aunque este último no es muy practicado. Ensayo de C.B.R. (Valor Soporte California): El número CBR se obtiene como la relación de la carga unitaria en Kilos/cm² (libras por pulgadas cuadrada, (PSI)) necesaria para lograr una cierta profundidad de penetración del pistón (con un área de 19.4 centímetros cuadrados) dentro de la muestra compactada de suelo a un contenido de humedad y densidad dadas con respecto a la carga unitaria patrón requerida para obtener la misma profundidad de penetración en una muestra estándar de material triturado, en ecuación, esto se expresa:

$$\text{CBR} = \frac{\text{Carga unitaria de ensayo} \times 100}{\text{Carga unitaria patrón}}$$

Los ensayos de CBR se hacen usualmente sobre muestras compactadas al contenido de humedad óptimo para el suelo, determinando el ensayo a utilizar en la compactación estándar. El ensayo de CBR se utiliza para establecer una relación entre el comportamiento de los suelos principalmente utilizados como bases y sub rasantes bajo el pavimento de carreteras y aéreo pistas.

En base a los resultados anteriormente indicados en los ensayos de laboratorio notamos la diferencia del porcentaje del CBR más alto al inicio del proyecto, teniendo relación con la humedad óptima del suelo compactado. Al final del tramo carretero se obtuvo un porcentaje del CBR mas bajo estando relacionado con la humedad óptima del suelo. Dando un mejor valor soporte al inicio del tramo.

8.1.4. Ensayo de límites de Atteberg

Los límites de Atterberg son ensayos de laboratorio normalizados que permiten obtener los límites del rango de humedad dentro del cual el suelo se mantiene en estado plástico. Una descripción del suelo en sus condiciones naturales es absolutamente necesaria ya que la muestra de suelo al ser ensayada se encuentra con su estructura original destruida por la acción de remoldeo.

Contenido de humedad (w): Razón entre peso del agua y peso del suelo seco de una muestra. Se expresa en porcentaje:

$$w = \frac{W_w}{W_s} \cdot 100$$

Donde:

Ww = peso agua

Ws = peso suelo seco

Límite Líquido (wL ó LL): contenido de humedad del suelo en el límite entre el estado semi-líquido y plástico.

Límite Plástico (w_p ó LP): es el contenido de humedad del suelo en el límite entre los estados semi-sólidos y plástico.

Índice de Plasticidad (IP): es la diferencia entre los límites líquido y plástico:

$$IP = w_L - w_P$$

Concluyendo que el índice plástico casi se mantienen constantes, según los resultados realizados al inicio y al final del tramo carretero. Teniendo resultados diferentes en el límite líquido y límite plástico.

9. DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE

La metodología utilizada en el presente diseño, es la propuesta por AASHTO '93, la cual para definir el número estructural requerido se basa de una forma general en las cualidades físico mecánicas de los suelos de fundación del proyecto (subrasante) o sea que considera de una forma fundamental el valor soporte de los materiales de sub-rasante del proyecto obtenidos mediante el ensayo de CBR. Para definir el CBR de diseño del proyecto, se considera el obtenido al 85 percentil del número total de muestras ensayadas. Otro de los factores principales que considera la metodología AASHTO para definir el número estructural requerido es la cantidad de vehículos que circularán durante el período de diseño asignado, los cuales son transformados en ejes equivalentes a 18,000 libras. Ahora bien, en el caso del número estructural aportado se considerará el coeficiente de cada una de las capas que compondrán a la estructura del pavimento, de acuerdo a las características mínimas aceptadas en el libro de especificaciones generales definiéndolos en los diferentes nomogramas presentados por AASHTO; así mismo el número estructural aportado estará directamente ligado a los espesores de capa y el factor de drenaje utilizado para cada una de ellas. El número estructural requerido deberá de ser menor o igual al número estructural aportado para cumplir con las exigencias del proyecto. La tasa de crecimiento vehicular utilizada es del 3% para todos los tipos de vehículos, la cual es también utilizada por la Dirección General de Caminos para realizar sus proyecciones en rutas departamentales sin un historial de tránsito. Para el cálculo de los ejes equivalentes se tomó en cuenta el tipo de vehículo obtenido de los conteos vehiculares y los pesos sugeridos para cada uno de éstos por

AASHTO. La anterior consideración se hizo debido a que no se cuenta para el análisis vehicular, una estación de conteo con báscula que permita el pesaje de los mismos y que determine el factor camión para la conversión a ejes equivalentes. El período de diseño utilizado para el presente estudio es de 20 años, por lo que se tomó en cuenta los ejes equivalentes hasta el año 2,024, considerando que el proyecto entrará en servicio en el año 2,005. Además de lo anterior, el periodo de diseño comunemente exigidos por la Dirección General de Caminos es de 20 años.

Tabla XVI. Conteos vehiculares en aldea el Cerrito

Fecha de conteos: abril 2003. Tiempo de Conteo: 12 horas

Para la conversión a 24 horas se tomará cómo factor 1.4

DIA/ 12 h/ 24 h	TPDA	CLASIFICACIÓN							VEHÍCULOS PESADOS	
		1	2	3	4	5	6	7	TOTAL	%
1/12 h		51	132	23	3	30	104	0		
4/24 h	466	57	185	32	4	42	146	0	182	39.06
2/12 h		24	81	2	14	11	28	0		
4/24 h	62	34	113	3	20	15	39	0	62	27.68

Fuente: Elaboración propia

Para efectos de cálculo de ESAL se consideró como TPDA el conteo con mayor flujo Gesticular que corresponde a la Aldea Cerrito. Con los datos obtenidos de la proyección del tránsito se calculó el número de ejes simples de carga equivalente (ESAL) para un período de Diseño del pavimento de 20 años (2,005-2,024), utilizando el método AASHTO '93.

ESAL (Para un periodo de diseño de 20 años): 3,261,749

CBR de diseño del tramo una vez concluido los trabajos del muestreo de campo, se procedió a realizar la ejecución de los ensayos de laboratorio para

los materiales de las sub-rasante encontrados, con el fin de determinar su valor soporte y CBR de diseño con lo que se establecerá el Módulo de resiliencia de la Sub-rasante.

C.B.R. DE DISEÑO = 5.5 %

9.1. Número estructural requerido

Para la determinación del número estructural requerido se tomó como base las cargas impuestas por el tránsito, el Módulo de resiliencia obtenido del material de Sub-rasante del proyecto y las consideraciones propuestas por el Modelo Matemático sugeridas en AASHTO. La Metodología para el cálculo del número estructural requerido, es la propuesta en la Guía para el Diseño de Estructuras de Pavimento, AASHTO. El procedimiento para el cálculo del número estructural requerido se efectuó sobre la base del valor de CBR de diseño y la cantidad de ejes simples de carga equivalente de 18,000 libras estimadas para el período de diseño. El período de diseño asignado para el presente diseño es de 20 años. Los niveles de serviciabilidad utilizados fueron, para el Inicial de 4.2 y para el Final de 2.5. El cálculo se efectuó para un nivel de confiabilidad del 85%, que se encuentra entre el rango utilizado para rutas rurales principales. Para determinar el factor de drenaje, se considera que el proyecto se desarrolla en áreas con pendientes moderadas, y dadas las características topográficas y climatológicas de la región se optó por utilizar un factor de drenaje 0.90 para las capas de base y sub-base, el cual considera una cualidad de drenaje regular y con grados de exposición a la saturación de entre 5 y 25%. La Desviación standard utilizada fue de 0.44 y el factor para el Módulo de resiliencia de la Sub-rasante fue de $1,500 \times \text{C.B.R.}$ A continuación se presenta el resumen de los parámetros de diseño y el número estructural requerido:

- Esal de diseño	3,261.749
- Confiabilidad	85.0%
- Desviación standard	0.44
- Serviciabilidad inicial	4.20
- Serviciabilidad final	2.5
- CBR diseño	5.5%
- Módulo de resiliencia S.R.	8,250

Basados en las consideraciones de diseño y utilizando el modelo matemático propuesto por AASHTO, se obtiene:

Número estructural requerido requerido SNREQ = 3.00

9.2. Número estructural aportado

El número estructural aportado se puede decir que es la resistencia del conjunto de capas que compone a la estructura de pavimento y debe de ser equivalente o superior al número estructural requerido con el objeto de compensar las cargas impuestas por los vehículos y la calidad del tipo de suelo de sub-rasante. El cálculo de número estructural aportado se hará de acuerdo al coeficiente de capa estimado, espesor de la misma y cualidad del drenaje por capa.

9.3. Determinación de los coeficientes de capa

9.3.1. Capa de Sub-base

Para la determinación del coeficiente estructural de la capa de Sub-base, se aplicó la fórmula propuesta por AASHTO, y se considerará que el material deberá cumplir cómo mínimo las características físico - mecánicas propuestas

en el libro de Especificaciones Generales para construcción de Carreteras y Puentes, proponiéndose la siguiente fórmula:

$$a_3 = 0.227 * (\log. 10 EsB) - 0.839$$

$$a_3 = 0.227 * (\log. 10 (4.2)) - 0.839$$

El Módulo de Elasticidad de la capa se tomará por los parámetros de laboratorio obtenidos de los ensayos efectuados. Sugiriendo las siguientes características: Material granular, índice Plástico menor a 6, C.B.R. mínimo 35. Basados en la figura 2.7 de la sección II-21 de la Guía Interina de la AASHTO, los parámetros proporcionan un Módulo de Elasticidad aproximado a los 15,500 (En anexo se adjunta la grafica del coeficiente a_3 en la figura 38). De lo anterior y aplicando la fórmula se obtiene:

$$\text{Coeficiente de capa de sub-base} = a_3 = 0.11$$

9.3.2. Capa de Base Granular

Para la determinación del coeficiente estructural de la capa de base, se aplicó el mismo criterio utilizado para evaluar la sub-base, y su Módulo de Elasticidad se determinó de la siguiente forma:

Material de piedra granular, de acuerdo a la sección 304 del Libro de Especificaciones Generales para Construcción de Carreteras y Puentes edición mayo 1975. Basados en la figura 2.6 de la sección II-19 de la Guía Interina de la AASHTO, (En anexo se adjunta la grafica del coeficiente a_2 en la figura 39). De lo anterior y aplicando la siguiente fórmula se obtiene:

$$a_2 = 0.249 * (\log. 10 EsB) - 0.977$$

$$\text{Coeficiente de capa de base} = a_2 = 0.12$$

9.3.3. Capa de Concreto Asfáltico

Basados en la figura 2.5, de la sección 11-18 de la guía Interina de la AASHTO, se obtiene un coeficiente de capa variable de acuerdo al Módulo de Elasticidad del Concreto Asfáltico (Módulo de Elasticidad entre 250,000 y 500,000). Para el cálculo del Módulo de Elasticidad se utilizará la siguiente fórmula:

$$EAC = 860 * (p/f) * 10^{0.035 (30-T)}$$

Donde:

EAC en MPa

p = Estabilidad Marshall en KN

f = Fluencia en mm

T = Temperatura (para el cálculo se hará con T = 25° C)

Nota: Los valores utilizados para desarrollar la fórmula se encuentran dentro de los parámetros establecidos, de acuerdo a la sección 401 del Libro de Especificaciones Generales para Construcción de Carreteras y Puentes edición mayo 1975. . Basados en la figura 2.5 de la sección II-18 de la Guía Interina de la AASHTO, (En anexo se adjunta la grafica del coeficiente a1 en base al módulo elástico en la figura 40). De lo anterior:

Coeficiente de capa de concreto asfáltico = a1 = 0.40

9.4. Espesores propuestos

Opción rodadura de concreto asfáltico y base granular.

Capa de rodadura de Concreto Asfáltico 5.0 cm.

Capa de Base Granular 20.0 cm.

Capa de Sub-base 20.0 cm.

Reacondicionamiento de Sub-rasante 20.0 cm.

9.5. Cálculo del número estructural aportado

Una vez obtenidos los coeficientes estructurales de cada una de las capas y los espesores propuestos, se aplicó la fórmula presentada por la Guía Interina de la AASHTO'93, en la cual el número estructural proporcionado por la estructura está basado a los tipos de material y espesores de cada una de las capas, siendo este:

$$SN = (a_1) \cdot (D_1) \cdot (C_d) \dots + (a_n) \cdot (D_n) \cdot (C_n)$$

Donde:

a1 = Coeficiente de Diseño capa de Rodadura.

D1 = Espesor en pulgadas de la capa de Rodadura. = 5 cms. = 1.97"

C1 = Coeficiente de drenaje capa Rodadura.

a2 = Coeficiente de Diseño capa de Base Granular.

D2 = Espesor en pulgadas de la capa de Base Granular. = 20 cms. = 7.87"

C2 = Coeficiente de drenaje capa de Base Granular.

a3 = Coeficiente de Diseño capa de Sub-Base.

D3 = Espesor en pulgadas de la capa de Sub-Base. = 20 cms. = 7.87"

C3 = Coeficiente de drenaje capa de Sub-Base.

a4 = Coeficiente de Diseño capa reacondicionamiento de sub-rasante.

D4 = Espesor en pulgadas de la capa reacondicionamiento de sub-rasante.

D4 = 20 cms. = 7.87"

C4 = Coeficiente de drenaje capa reacondicionamiento de sub-rasante.

Al evaluar la ecuación con los espesores propuestos tenemos.

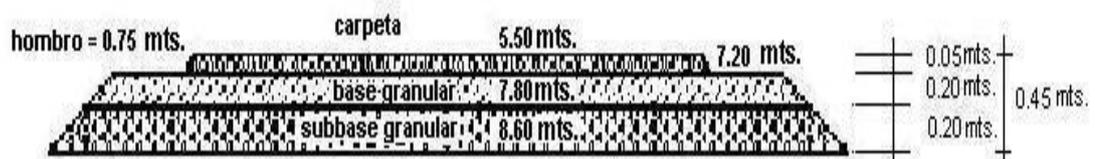
Cálculo del número estructural aportado, la opción rodadura de concreto asfáltico y base triturada.

$$SN = (0.40) * (1.97") * (1.0) + (0.12) * (7.87") * (0.9) + (0.11) * (7.87") * (0.9) + (0.09) * (7.87") * (0.9)$$

$$SN \text{ (Aportado)} = 3.05$$

Nota: El SN aportado es superior al SN requerido, por lo que el diseño cumple estructuralmente, lo cual nos indica que satisface los requerimientos establecidos por el tránsito y la calidad del tipo de suelo de fundación del proyecto.

Figura 14. Pavimento asfáltico con sus capas. Sección típica "E"



Fuente: Elaboración propia.

10. PRESUPUESTO

10.1. Cuantificación de materiales y mano de obra

Para las cantidades de trabajo estimadas se consideró la sección típica "E", la cual posee dos carriles de 2.75 mts. Cada uno, lo que da un total de 5.50 mts. de ancho de superficie de rodadura.

Longitud del proyecto:	3.886724 Kilómetros
Ancho de superficie de rodadura:	5.50 Metros

Se presenta el calculo de las capas del diseño de la sección típica "E":
Colocación de la capa de Sub-base granular de 0.20 mts. de espesor (C.c.Subb.g.)

$$\begin{aligned} \text{C.c.Subb.g.} &= \text{longitud} \times \text{espesor} \times \text{ancho promedio} \\ \text{C.c.Subb.g.} &= 3,886.724 \text{ mts.} \times 0.20 \text{ mts.} \times 8.20 \text{ mts.} \\ \text{C.c.Subb.g.} &= 6,374.227 \text{ mts.}^3 \end{aligned}$$

Colocación de capa de base granular de 0.20 mts. de espesor (C.c.b.g.)

$$\begin{aligned} \text{C.c.b.g.} &= \text{longitud} \times \text{espesor} \times \text{ancho promedio} \\ \text{C.c.b.g.} &= 3,886.724 \text{ mts.} \times 0.20 \text{ mts.} \times 7.50 \text{ mts.} \\ \text{C.c.b.g.} &= 5,830.086 \text{ mts.}^3 \end{aligned}$$

Riego de imprimación (R.IM.)

R.IM. = longitud x ancho x aplicación

R.IM. = 3,886.724 mts. x 7.20 mts. x 0.3 gal/mts.²

R.IM. = 8,395.324 galones

Concreto asfáltico en caliente (Co.As.C.) tiene que ver con la carpeta

Co.As.C. = longitud x ancho x espesor x factor para ton de 2,000 lbs.

Co.As.C. = 3,886.724 mts. x 5.60mts. x 0.08mts. x 2.40ton 2,000 lb/mts.³

Co.As.C. = 4,179 ton 2,000 lbs.

La mano de obra se cuantificara en los precios unitarios.

10.2. Cuadro de cantidades estimadas de trabajo y precios unitarios

Tabla XVII. Presupuesto del proyecto

PROYECTO

Diseño y planificación de la ampliación y mejoramiento del tramo carretero de 4 Km. que une la aldea el cerrito con la aldea los Verdes, en el municipio de Fraijanes, departamento de Guatemala

LONGITUD

3,886.724 metros lineales

RENLÓN	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	MONTO TOTAL
TRABAJOS INICIALES					
90	Instalación del campamento	global	1.00	Q. 20,000.00	Q. 20,000.00
TERRACERIA					
100.02	Replanteo y levantamiento topográfico	ml.	3,886.72	Q. 7.00	Q. 27,207.07
203.04 (a)	Excavación no clasificada	m³	40,809.71	Q. 22.39	Q. 913,729.30
203.04 (c)	Excavación no clasificada de préstamo	m³	629.20	Q. 25.04	Q. 15,755.17
205.05	Excavación estructural para cabezales y cajas	m³	15.00	Q. 62.54	Q. 938.10
205.06	Excavación estructural para alcantarillas	m³	50.00	Q. 72.66	Q. 3,633.00
206.02	Relleno estructural para alcantarillas	m³	67.50	Q. 13.65	Q. 921.38
206.01	Relleno Estructural	m³	29,068.85	Q. 24.90	Q. 723,814.27
207.06 (a)	Sobre acarreo	m³-Km.	800.00	Q. 149.23	Q. 119,380.00
207.06 (b)	Acarreo	m³-Km.	2,000.00	Q. 338.45	Q. 676,900.00
					Q. 2,482,278.28
ALCANTARILLAS					
603 (30")	Alcantarilla anidable de metal de 30" de diámetro	ml	86.00	Q. 1,230.15	Q. 105,792.90
					Q. 105,792.90
REGLONES VARIOS					
606.06	Cajas y Cabezales de Alcantarillas de Concreto Ciclópeo	m³	14.56	Q. 678.82	Q. 9,883.62
607.04	Cunetas de Concreto Fundidas in situ	m²	7,007.28	Q. 83.25	Q. 583,356.06
					Q. 593,239.68
PAVIMENTO					
301.01	Reacondicionamiento de la subrasante	Km.	3.89	Q. 37,687.27	Q. 146,480.02
302	Capa de subbase	m³	6,734.23	Q. 97.44	Q. 656,183.08
304	Capa de base	m³	5,830.09	Q. 127.03	Q. 740,596.33
402	Riego de imprimación	gal	8,395.32	Q. 24.50	Q. 205,685.44
407.02	Concreto asfáltico	Ton	4,179.00	Q. 227.79	Q. 951,934.41
					Q. 2,700,879.28
SEÑALIZACIÓN					
704.02	Monumentos de kilometraje	unidad	10.00	Q. 209.42	Q. 2,094.20
705.02	Delineadores de pvc	unidad	232.00	Q. 171.70	Q. 39,834.40
ETE-07 (a)	Pintura temoplastica para línea longitudinal central	Km.	3.89	Q. 13,367.63	Q. 51,946.61
ETE-07 (b)	Pintura temoplastica para línea longitudinal no central	Km.	7.77	Q. 15,111.75	Q. 117,448.52
ETE-09 (a)	Señales restrictivas y preventivas de metal	unidad	75.00	Q. 1,595.86	Q. 119,689.50
ETE-09 (b)	Señales de trafico informativas 1 tablero	unidad	8.00	Q. 1,727.34	Q. 13,818.72
ETE-10	Señales de trafico de identificación del proyecto	unidad	2.00	Q. 12,381.53	Q. 24,763.06
ETE-08	Dispositivos de señalización nocturna (vialetas)	unidad	260.00	Q. 73.90	Q. 19,214.00
					Q. 388,809.01
COSTO TOTAL					Q. 6,290,999.15

10.3. Integración de precios unitarios

Tabla XVIII. Integración del precio unitario

Diseño y planificación de la ampliación y mejoramiento del tramo carretero de 4 Km. que une la aldea el cerrito con la aldea los verdes, en el municipio de Fraijanes, departamento de Guatemala

Renglon: 203.04 (Excavación no clasificada)
 Cantidad a ejecutar: 40809.7 m³
 Rendimiento: 600.00 m³/día
 Tiempo de ejecución: 68.02 días

MAQUINARIA Y EQUIPO
MESES-MAQUINA
 544.13

Tiempo de ejecución del renglón por hora: 544.13

A	B	C	D	E	A x B x D	A x C x E
NUMERO DE UNIDADES	No. MES-MAQUINA EJECUTADO POR LA UNIDAD	No. HORAS EJECUTADAS POR LA UNIDAD	COSTO MES-MAQUINARIA/ UNIDAD	MANT. POR HORA EJECT./UNIDAD	MANT. POR HORA EJECT./UNIDAD	MANT. POR HORA EJECT./UNIDAD
1	0.86	544.13	28922.40	94.48	24873.26	51407.99
1	0.86	544.13	35698.87	112.35	30873.03	61130.22
4	0.86	544.13	17169.75	45.02	59063.94	97990.31
1	0.86	544.13	29988.27	76.90	25789.91	41845.78
1	0.86	544.13	19798.74	58.07	17026.92	31596.02
1	0.86	544.13	26325.00	55.87	22639.50	30399.15

SUMATORIA DE

NUMERO DE UNIDADES (A) x No. MES-MAQUINA EJECUTADO/UNIDAD (B) x COSTO MES-MAQUINA/UNIDAD (D) Q. 180266.56

SUMATORIA DE

NUMERO DE UNIDADES (A) x No. HORAS EJECUTADAS/UNIDAD (C) x MANT. POR HORA EJECT./UNIDAD (E) Q. 314369.46

COSTO TOTAL MAQUINARIA POR RENGLON

Q. 494636.02

MANO DE OBRA					
NUMERO DE TRABAJADORES	CLASE TRABAJADOR	NUMERO DIAS TRABAJADOS	COSTO UNIT./DIA, SIN PRESTACIONES	COSTO TOTAL SIN PRESTACIONES	
5	Ayudantes	68.02	40	13603.24	
1	Cargador 918-F	68.02	112.35	7641.62	
1	Tractor oruga D4	68.02	116.35	7913.68	
4	Camión de volteo	68.02	78.35	21316.27	
1	Motoniveladora	68.02	136.95	9314.82	
1	Camión cisterna	68.02	78.95	5369.88	
1	Rodillo dynapac	68.02	105.75	7192.71	
COSTO TOTAL MANO DE OBRA SIN PRESTACIONES:				72352.21	Q.

72352.21

33282.02
105634.22

COEFICIENTE USADO PARA PRESTACIONES: 46 %
COSTO TOTAL MANO DE OBRA POR RENGLON:

MATERIALES			
CLASE DE MATERIALES	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO TOTAL
Herramienta	global	1.00	1000.00
TOTAL MATERIALES:			Q. 1000.00

COSTO DIRECTO DEL RENGLON: Q. 601270.24

COSTO UNITARIO DIRECTO DEL ENGLON: Q. 14.73

FACTOR INDIRECTO 40%
(Imprevistos + indirectos + utilidad) Q. 5.89

IMPUESTO DEL VALOR AGREGADO IVA 12% Q. 1.77

PRECIO UNITARIO DEL RENGLON: Q. 22.39

10.4. Cronograma

10.4.1. Ejecución

Tabla XXII. Cronograma de ejecución

PROYECTO: Diseño y planificación de la ampliación y mejoramiento del tramo carretero de 4 Km. que une la aldea el cerrito con la aldea los verdes, en el municipio de Fraijanes, departamento de Guatemala

LONGITUD: 3.886724 Km

Reglón	Actividades Principales	Mensual				
		1	2	3	4	5
30	TRABAJOS INICIALES Instalación de campamento TERRACERIA					
100.02	Replanteo y levantamiento topográfico					
203.04 (a)	Excavación no clasificada					
203.04 (b)	Excavación no clasificada de préstamo					
205.05	Excavación estructural para cabezales y cajas					
205.06	Excavación estructural para alcantarillas					
206.02	Relleno estructural para alcantarillas					
206.01	Relleno estructural					
207.06 (a)	Sobre acarreo					
207.06 (b)	Acarreo					
	ALCANTARILLAS					
603 (30")	Alcantarilla anidable de metal de 30" de diámetro					
	REMLONES Y APISOS					
606.06	Cajas y Cabezales de Alcantarillas de Concreto Ciclópeo					
607.04	Cunetas de Concreto Fundidas in situ					
	PAVIMENTO					
301.01	Reacondicionamiento de la subrasante					
302	Capa de subbase					
304	Capa de base					
402	Riego de imprimación					
403 (b)	Riego asfáltico tratamiento superficial simple					
403 (a)	Agregados tratamiento superficial simple					
407.02	Concreto asfáltico					
407.03 (a)	Cemento asfáltico					
408	Riego de liga					
	SEÑALIZACIÓN					
704.02	Monumentos de kilometraje					
706.02	Delimitadores de pvc					
ETE-07 (a)	Pintura termoplástica para línea longitudinal central					
ETE-07 (b)	Pintura termoplástica para línea longitudinal no central					
ETE-08 (a)	Señales restrictivas y preventivas de metal					
ETE-08 (b)	Señales de tráfico informativas 1 tablero					
ETE-08 (c)	Señales de tráfico informativas 2 tablero					
ETE-10	Señales de tráfico de identificación del proyecto					
ETE-08	Dispositivos de señalización nocturna (violetas)					

10.4.2. Financiero

Tabla XXIII. Cronograma financiero

PROYECTO

Diseño y planificación de la ampliación y mejoramiento del tramo carretero de 4 Km. que une la aldea el Cerro con la aldea los Verdes, en el municipio de Fraijanes, departamento de Guatemala

EJECUCIÓN FINANCIERA

Renglón	Actividades Principales	1 mes		2 mes		3 mes		4 mes		5 mes		6 mes		TOTAL	
		Cantidad	Monto (G.)	Cantidad	Monto (G.)	Cantidad	Monto (G.)	Cantidad	Monto (G.)	Cantidad	Monto (G.)	Cantidad	Monto (G.)	Cantidad	Monto (G.)
30	TRABAJO INICIALES														
	Instalación de campamento	1	20,000.00											1	20,000.00
	TERRACERIA														
100.02	Replanteo y levantamiento topográfico	2,395.04	26,406.30	971.68	6,901.77	0.00								3,366.72	27,207.97
203.04 (a)	Excavación no clasificada	5,623.86	130,532.76	2,075	52,318.83	8,300	205,132.93	4,950	126,261.00	1,275	32,380.00	14,524	363,904.71	46,898.71	912,233.30
203.04 (b)	Excavación clasificada de préstamo	83.89	2,260.74	0.08	2,260.74	0.00								83.90	4,521.48
205.05	Excavación estructural para calzadas y cunetas	2.94	134.01	0.02	8.57	0.00								5.90	142.58
205.06	Excavación estructural para alcantarillas	7.94	518.00	0.08	28.57	0.00								50.00	3,632.00
206.02	Relevo estructural para alcantarillas	4,162.69	103,402.04	1,644	41,617.77	6,576	165,369.66	3,287	82,024.51	1,000	25,000.00	11,506	293,396.98	67,590	1,728,314.27
206.01	Relevo estructural	194.29	17,064.28	0.271	457.14	1,084	68,217.84	2,837	114,338.56	9,149	34,096.57	1,542	89,008.08	89,008	199,396.00
207.06 (a)	Sotera sacro	285.71	96,700.00	1,537	143,358	6,149	398,600.00	6,149	571,415					2,000.00	676,900.00
207.06 (b)	Acero														
803 (307)	ALCANTARILLAS														
	Alcantarilla anillada de metal de 30" de diámetro			49.94	80,453.09	0.981	38.86	ml.	46,338.81					88.00	106,791.90
806.06	REÑOLONES VARIOS														
	Cunetas y Chalesales de Alcantarillas de Concreto Colúpeo			832	5,647.78	0.090	6.24	m ²	4,236.84	0.887				14.56	9,884.62
807.04	Cunetas de Concreto Fundidas in situ													7,097.28	852,356.08
	PAVIMENTO														
301.01	Recondicionamiento de la subbase					0.78	3.76	Km.	25,248.00	0.468				3.89	144,480.02
302	Capa de base					5,307.38	54,346.46	8,344	131,248.62	2,096				6,774.23	656,825.08
304	Capa de base					3,489.05	44,527.60	7,063	232,048.00	1,709				6,600.09	740,956.33
402	Riego de imprimación					5,077.91	123,411.36	1,962	3,399.00					8,395.32	206,656.44
407.02	Concreto estriado					895.80	190,398.88	3,026	3,243.20	12.905				4,179.00	961,934.41
	SEÑALIZACIÓN														
704.02	Monumentos de kilometraje														
705.02	Delimitadores de PVC														
ETE-07 (a)	Pintura termoplástica para línea longitudinal central													10.00	2,094.20
ETE-07 (b)	Pintura termoplástica para línea longitudinal no central													232.00	38,624.40
ETE-09 (a)	Señales restrictivas y preventivas de metal													3.88	61,946.81
ETE-09 (b)	Señales de tráfico informativas de metal													7.77	117,448.52
ETE-10	Señales de tráfico informativas 1. tablero													75.00	18,689.90
ETE-10	Señales de tráfico informativas 2. tablero													8.00	13,897.72
ETE-10	Señales de tráfico informativas 3. tablero													2.00	24,783.06
ETE-10	Señales de tráfico informativas 4. tablero													2.00	24,783.06
ETE-10	Señales de tráfico informativas 5. tablero													2.00	24,783.06
ETE-08	Dispositivos de señalización nocturna (chaletes)													280.00	15,214.00
	TOTAL		390,988.14	6,216	1,476,600.46	23,459	1,888,788.61	28,574	4,241,893.26	17,429	1,594,738.44	25,330	1,682,208.81	28,330	6,230,988.15
	TOTAL ACUMULADO		390,988.14	6,216	1,476,600.46	23,459	1,888,788.61	28,574	4,241,893.26	17,429	1,594,738.44	25,330	1,682,208.81	28,330	6,230,988.15

11. MANTENIMIENTO DEL TRAMO CARRETERO

En el mantenimiento de la carretera es necesario realizar inspecciones periódicas para evaluar sus condiciones, paulatinamente por el tránsito vehicular y la lluvia se ve afectada su vida útil.

Las autoridades que tienen la responsabilidad para el mantenimiento de la carretera son la municipalidad, el comité de las aldeas y la Dirección General de Caminos a través de Civial.

Entre las actividades que se generan en la carretera están:

En drenajes transversales, se pueden tener obstrucciones de vegetación o de la erosión del suelo. Se deben de llevar a cabo limpiezas internas en la tubería, para lograr un funcionamiento optimo.

Es importante hacer una supervisión de campo, para coordinar trabajos de limpieza o de reconstrucción, en las cunetas y en las contra cunetas, evitando que se erosionen y se encuentren azolvadas, etc.

Teniendo en consideración que cuando en la carretera se realice la reparación de baches, el procedimiento es excavar en forma rectangular, no dejando residuos, para que se adhiera perfectamente al asfalto existente. Cuando tenga imperfecciones de grietas, se trataran con mezcla asfáltica, sellándolas para evitar que se formen baches o se filtre el agua.

12. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

Es una herramienta que permite llevar a cabo un seguimiento planificado y ordenado de las actividades ambientales por parte del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales MARN, el departamento de Gestión Ambiental DGA, de la Dirección General de Caminos.

12.1. Consideraciones preliminares sobre el monitoreo ambiental, en la carretera

En el monitoreo implementaremos la prevención de impactos potenciales, como los siguientes:

- Calidad del agua e hidrológica
- Estabilidad de suelos y riesgos de erosión
- Vegetación y vida silvestre
- Impacto visual
- Explotación de bancos de materiales
- Aspectos ambientales vinculados al movimiento de equipos y materiales.

12.2. Proceso de monitoreo ambiental

12.2.1. Movimiento de tierras y material de desperdicios

Se debe de tomar en cuenta que al realizar la explotación de materiales estas no perjudiquen las condiciones naturales existentes. En donde se corte y formen taludes tratar de estabilizar el suelo con árboles, grama, etc.

12.2.2. Efectos y contaminación en el aire y ruido

Por la utilización de combustibles fósiles como fuente de energía motriz, la circulación de vehículos produce un cambio físico químico a la biosfera, indicando que este impacto es de carácter temporal.

Las medidas de mitigación, ha tomar son que los trabajadores desarrollen su horario diurno, utilizar maquinaria en buen estado, generando lo mínimo de ruido y emisiones atmosféricas. Si el proyecto se llegara a realizar en época seca, se deberá de mantener un riego constante en las áreas de trabajo.

12.2.3. Efectos y contaminación del agua

Las fuentes de contaminación del agua que se deben de evitar para la construcción de la carretera son:

- Residuos sólidos, hidrocarburos, en transversales de la carretera, donde fluye el agua.

- Instalaciones a lo largo de la carretera con derrames de aguas residuales, grasas, etc.

Para mitigar estas fuentes contaminantes, se debe de tener un control en el tratamiento de sólidos y tubería instalada.

12.2.4. Vibraciones

El rodaje de un vehículo genera vibraciones, que son transmitidas al aire y al suelo, se generan por las irregularidades del pavimento, o el mal estado del vehículo por el funcionamiento del motor, como medidas de mitigación se puede indicar que pavimentos asfálticos bien conservados, generan menores vibraciones.

12.2.5. Seguridad vial

Es un aspecto prioritario por razones humanitarias, salud pública y económica la inseguridad vial representa en general la principal causa de mortandad en los accidentes viales.

Para implementar mejoras en la seguridad vial de la carretera, se debe de realizar una participación conjunta de organizaciones privadas y gubernamentales. En caso de los peatones se debe de tomar en consideración, frecuencia de travesía y flujo del tráfico composición y velocidad.

CONCLUSIONES

1. Con el presente trabajo de graduación se tendrá un mejor concepto de los pasos que se deben efectuar para el diseño de una carretera, dando a conocer criterios indispensables, para los profesionales.
2. El diseño del tramo carretero se mejoró al adaptarlo a las especificaciones requeridas por la Dirección General de Caminos. Por ejemplo, las utilizadas en la pendiente máxima aumentaron el relleno en un tramo de la carretera, influyendo en el movimiento de tierras y el presupuesto. En el estudio preliminar de la carretera, se decidió optar un nuevo trazó eliminando curvas de 180 grados.
3. La planificación y diseño del tramo carretero deja a las aldeas con mayores beneficios como un mejor acceso que impulsa el desarrollo económico, social, salud, agrícola y en educación.
4. Existen elementos que influyen en la selección del tipo de una carretera, considerando varios aspectos, como el terreno montañoso, costo del proyecto, transito promedio diario, pendientes, etc.
5. Basados en los estudios de suelos obtenidos, según laboratorio, da una diferencia de resultados en los ensayos, no originándose por el tipo de material, sino por la clasificación en que se encuentra cada uno.

RECOMENDACIONES

1. Al diseñar la subrasante es importante que este equilibrada en los cortes y el relleno donde lo permita, para que nos de un resultado óptimo en el movimiento de tierras y presupuesto.
2. Con el control de mantenimiento de drenajes transversales y cunetas del tramo carretero, se evitan que se produzcan daños en época de invierno, fluyendo el agua sin obstrucciones
3. Es de importancia la realización de un estudio que presente los aspectos y procedimientos básicos para la realización del monitoreo ambiental en la carretera en las etapas de construcción y operación. Monitoreando que no se contamine la calidad del agua, no dañar la estabilidad de suelos y riesgos de erosión, vegetación, vida silvestre, impacto visual, explotación de bancos de materiales, aspectos ambientales vinculados al movimiento de equipos y materiales.
4. Es importante que las instituciones correspondientes, garanticen la supervisión técnica, durante la ejecución del tramo diseñado y contribuir en el plan de mantenimiento de carreteras.

BIBLIOGRAFÍA

1. Pérez Méndez, Augusto René. Metodología de actividades para el diseño geométrico de carreteras. Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1989.
2. Hernández Andrade, José Alfredo. Mantenimiento de carreteras pavimentadas aplicando la contratación por estándares y resultados. Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1990.
3. Paiz Morales, Byrón Rene, Guía de calculo para carreteras. Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1980.
4. Dirección General de Caminos. Especificaciones generales para construcción de carreteras y puentes. Ministerio de Comunicaciones Infraestructura y Vivienda, Gobierno de Guatemala. Edición septiembre 2001.
6. Castro Valladares, Nery. Método para el cálculo de costos unitarios para caminos rurales. Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1979.

7. Santos Argueta, Víctor Hugo. Consideraciones generales para el monitoreo ambiental en proyectos de carreteras. Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2003.

8. Arreca España, Héctor Amilcar. Manual de normas para el diseño geométrico de carreteras. Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1996.

9. Instituto Nacional de Estadística. INE. Encuesta nacional demográfica 1994.

APÉNDICES

Tabla XXI. Tabla de datos de la planimetría

TOPOGRAFÍA

PLANIMETRÍA

EST.	PO.	AZIMUTH HOR.	Ang. Ver.	HI	HS	Distancia	Xp	Yp	X	Y
0									5000	5000
0	1	174.0083	102.9472	0.100	0.201	9.84	1.027	-9.789	5001.027	4990.211
0	2	172.3653	97.9417	0.200	0.456	25.35	3.369	-25.130	5003.369	4974.870
0	3	175.0831	95.5556	0.200	0.835	63.20	5.417	-62.969	5005.417	4937.031
3	3.1	181.7556	99.5556	0.100	0.246	14.40	-0.441	-14.391	5004.976	4922.640
3	3.2	186.2444	97.2736	0.100	0.368	26.58	-2.892	-26.427	5002.526	4910.604
3	4	190.9569	96.6556	0.100	0.460	35.76	-6.796	-35.106	4998.621	4901.925
3	5	200.5958	95.8611	0.100	1.315	120.86	-42.517	-113.140	4962.900	4823.891
5	6	206.8347	96.1944	0.300	0.851	54.78	-24.728	-48.879	4938.172	4775.012
5	6.1	206.4514	96.0972	0.100	0.783	67.91	-30.251	-60.804	4932.649	4763.087
5	6.2	203.9292	95.7208	0.200	1.055	85.07	-34.507	-77.762	4928.393	4746.129
5	7	200.9639	94.6861	1.800	2.825	102.16	-36.550	-95.395	4926.350	4728.496
7	8	198.1556	96.9556	0.200	0.588	38.51	-12.001	-36.597	4914.349	4691.899
7	9	195.9611	96.5778	0.200	0.940	73.51	-20.215	-70.679	4906.135	4657.817
7	10	194.9875	95.9653	0.200	1.430	122.33	-31.637	-118.172	4894.714	4610.323
10	TG (1) 1	157.2877	104.1222	0.100	0.187	8.44	3.258	-7.783	4897.971	4602.541
10	TG (1) 2	164.3014	101.2889	0.200	0.317	11.47	3.105	-11.046	4897.818	4599.278
10	TG (1) 3	158.1847	97.9847	0.400	0.515	11.39	4.232	-10.573	4898.946	4599.751
10	TG (1) 4	155.1986	103.9997	0.200	0.287	8.44	3.541	-7.663	4898.255	4602.660
10	TG (2) 5	241.4903	106.5181	0.100	0.162	5.94	-5.223	-2.837	4889.490	4607.486
10	TG (2) 6	226.1542	102.3500	0.200	0.284	8.21	-5.918	-5.684	4888.796	4604.639
10	TG (2) 7	216.4778	100.9583	0.100	0.204	10.21	-6.070	-8.210	4888.644	4602.113
10	TG (2) 8	222.0486	100.9417	0.000	0.112	11.00	-7.365	-8.166	4887.349	4602.158
10	10.1	189.0375	102.0333	0.100	0.228	12.52	-1.966	-12.363	4892.747	4597.960
10	10.2	186.4361	99.2236	0.100	0.369	26.55	-2.976	-26.385	4891.737	4583.939

Tabla XXII. Tabla de datos de diseño de localización

DATOS DE DISEÑO DE LOCALIZACION

EST.	X	Y	RUMBO	AZIMUTH HOR.	Distancia	DELTA A	d1 EST. al PI	d2 EST. al PI	PI X	PI Y
0	5000.00	5000.00	S 4.92 E	175.08	63.20					
3	5005.42	4937.03								
PI						30.39	17.71	19.34	5006.94	4919.38
4	4998.62	4901.93	S 25.47 W	205.47	140.57					
6	4938.17	4775.01								
PI						-11.54	12.69	17.95	4929.67	4757.17
6.2	4928.39	4746.13	S 13.93 W	193.93	139.92					
10	4894.71	4610.32								
PI						-70.74	65.20	67.31	4889.96	4591.14
10.10	4935.35	4510.19	S 56.81 E	123.19	53.22					
12	4979.89	4481.06								
PI						55.38	21.01	16.83	4997.46	4469.57
16	4997.89	4452.74	S 1.44 E	178.56	87.56					
18	5000.08	4365.22								
PI						-22.05	20.45	12.39	5000.60	4344.77
22	5005.53	4333.41	S 23.48 E	156.52	109.14					
26	5049.02	4233.31								
PI						-69.77	29.61	44.29	5060.83	4206.15
32	5105.04	4208.66	N 86.75 E	86.75	121.25					
40	5226.10	4215.53								
PI						79.31	30.78	25.98	5256.83	4217.28
45	5263.08	4192.07	S 13.94 E	166.06	34.73					
47	5271.45	4158.36								
PI						41.72	24.56	24.52	5277.36	4134.53
50	5265.94	4112.83	S 27.78 W	207.78	49.83					
53	5242.71	4068.74								

Tabla XXIII. Tabla de datos de curvas horizontales

CÁLCULO DE ELEMENTOS DE CURVAS HORIZONTALES

La ubicación Est.A. al Est.B	G	R	Deflexión (A)	Lado	St	Lc	Cm	E	O M
3 a 4	17	67.41	30.3853	Derecho	18.305	35.747	35.330	2.441	2.356
6 a 6.2	19	60.31	11.5400	Izquierdo	6.094	12.147	12.127	0.307	0.306
10 a 10.10	13	88.15	70.7418	Izquierdo	62.576	108.834	102.051	19.953	16.270
12 a 16	30	38.20	55.3755	Derecho	20.0435	36.917	35.497	4.939	4.374
18 a 23	13	88.147	22.0451	Izquierdo	17.1701	33.915	33.707	1.657	1.626
25 a 32	21	54.5674	69.7672	Izquierdo	38.0436	66.445	62.415	11.953	9.805
40 a 45	38	30.1557	79.3120	Derecho	24.9966	41.743	38.489	9.013	6.939
46 a 51	20	57.2958	41.7182	Derecho	21.8323	41.718	40.803	4.019	3.755
53 a 55	7	163.702	13.2778	Izquierdo	19.0536	37.937	37.852	1.105	1.098
59 a 62	6	190.986	6.5937	Derecho	11.0017	21.979	21.967	0.317	0.316
66 a 73	24	47.746	89.3000	Izquierdo	47.1667	74.417	67.110	19.368	13.779
78 a 82	42	27.284	38.1646	Derecho	9.4384	18.174	17.840	1.586	1.499
83 a 97	43	26.649	60.7535	Izquierdo	15.6205	28.257	26.952	4.241	3.658
99 a 105	30	38.197	122.4708	Derecho	69.5823	81.647	66.968	41.180	19.816
107 a 116	15	76.394	97.3884	Derecho	86.9401	129.851	114.774	39.341	25.968
120 a 125	41	27.949	121.3446	Izquierdo	49.7485	59.192	48.734	29.113	14.260
127 a 129	32	35.810	0.0000	Derecho	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000
131 a 142	34	33.703	80.0927	Derecho	28.3270	47.113	43.370	10.323	7.903
144 a 145	19	60.311	21.5650	Izquierdo	11.4859	22.700	22.566	1.084	1.065
147 a 148	38	30.156	23.5421	Izquierdo	6.2839	12.391	12.304	0.648	0.634
152 a 155	43	26.649	66.3112	Derecho	17.4093	30.842	29.150	5.183	4.339
159 a 162	30	38.197	35.8433	Izquierdo	12.3533	23.896	23.508	1.948	1.853
163 a 166	11	104.174	13.7843	Derecho	12.5920	25.062	25.002	0.758	0.753
172 a 175	38	30.156	47.3327	Izquierdo	13.2163	24.912	24.210	2.769	2.536
179 a 181	8	143.239	14.7375	Izquierdo	18.5241	36.844	36.742	1.193	1.183
183 a 187	15	76.394	54.9301	Derecho	39.7091	73.240	70.467	9.704	8.610

Tabla XXIV. Tabla de datos de la altimetría

TOPOGRAFÍA

**ALTIMETRÍA
LIBRETA DE NIVELACIÓN**

DIST. mts.	EST.	LECTURA		PV	COTA
4.00	I 0	1.631	501.631		500.000
4.73	T I 0	0.831			500.800
0	C 0	1.725			499.906
4	D 0	1.901			499.730
5	T D 0	2.151			499.480
5	T D 1	2.781			498.850
4	D 1	2.653			498.978
0	C 1	2.565			499.066
4.7	T I 1	1.781			499.850
4	I 1	2.351	499.977	0.697	499.280
4.7	T I 2	2.107			497.870
4	I 2	2.420			497.557
0	C 2	2.508			497.469
4	D 2	2.787	498.178	0.988	497.190
5	T D 2	1.268			496.910
5	T D 2.1	2.028			496.150
4	D 2.1	2.421			495.757
0	C 2.1	2.316			495.862
4	I 2.1	2.320			495.858
4.7	T I 2.1	2.858			495.320
5	T D 3	3.328			494.850
4	D 3	3.500			494.678
0	C 3	3.310			494.868
4.72	T I 3	3.058			495.120
4	I 3	3.459	495.778	1.059	494.719
5	T D 3.1	1.628			494.150
4	D 3.1	2.184			493.594
0	C 3.1	1.871			493.907
4	I 3.1	1.999			493.779
4.7	T I 3.1	1.798			493.980
5	T D 3.2	1.260			494.518

Tabla XXV. Tabla de datos de curvas verticales

CÁLCULO DE CURVAS VERTICALES

P %	Diferencia de (A)	Vel. De diseño max K. P. H.	Curva Vertical	valor k	L C V mínima calculada	L C V mínima Según grafica	Ordenada Media O. M.	K PCV al PIV
-8.50						30.00		
	-1.500	30	convexa	2	-3.00	Se utilizará	-0.113	-0.000125
-10.00						30.00		
	6.655	30	concava	4	26.62	Se utilizará	0.499	0.000554583
-3.345						30.00		
	-6.175	30	convexa	2	-12.35	Se utilizará	-0.463	-0.000514583
-9.52						30.00		
	0.620	30	concava	4	2.48	Se utilizará	0.046	5.16667E-05
-8.9						30.00		
	-1.100	30	convexa	2	-2.20	Se utilizará	-0.083	-9.16667E-05
-10.00						30.00		
	1.000	30	concava	4	4.00	Se utilizará	0.075	8.33333E-05
-9.000						30.00		
	0.600	30	concava	2	1.20	Se utilizará	0.045	5.0000E-05
-8.4						20.00		
	7.800	20	concava	1	7.80	Se utilizará	0.585	0.00065
-0.60						20.00		
						Se utilizará		

Tabla XXVI. Tabla de datos de movimiento de tierras

MOVIMIENTO DE TIERRAS

ESTACION	Linea	Velocidad	e %	Sa	Cmax	P %	COTAS			AREAS		DISTANCIA DE PASO			VOLUMENES		BALANCE m ³	
							SUB RASANTE	CORREG. C.V.	RASANTE CORREG.	Relleño m ²	Corte m ²	R	C	Relleño m ³	Corte m ³	Coef.		
0+ 0.000						-8.5	500.00		500.00	0.492	0.058			0.000	0.00	0.00	0.35	100000.00
0+ 9.845						-8.5	499.16		499.16	0.327	0.166			9.845	4.032	1.203	0.35	98996.75
0+ 25.405						-8.5	497.84		497.84	2.749		0.99	15.560	23.932	0.092		0.35	99972.88
0+ 45.405						-8.5	496.14		496.14	1.764			20.000	45.133			0.35	99927.75
PC 0+ 62.609			2.954	0.300	1.800	-8.5	494.68		494.68		1.068	10.72	6.49	17.204	9.454	3.464	0.35	99920.54
0+ 69.202			3.084	0.313	1.750	-8.5	494.63		494.63		1.337			0.593		0.713	0.35	99921.01
0+ 77.618			5.820	0.600	3.000	-8.5	493.40		493.40		2.799			14.416		29.814	0.35	99940.39
0+ 89.938			4.725	0.487	3.000	-8.5	492.36		492.36		14.402			12.320		105.957	0.35	100009.26
PT 0+ 98.356			2.910	0.300	1.800	-8.5	491.64		491.64		12.930			8.418		115.039	0.35	100084.03
0+ 99.386			2.688	0.277	1.200	-8.5	491.55		491.55		13.877			1.030		13.806	0.35	100093.01
0+ 119.386						-8.5	489.85		489.85		12.480			20.000		263.569	0.35	100264.33
0+ 139.386						-8.5	488.15		488.15		10.076			20.000		225.555	0.35	100410.94
0+ 159.386						-8.5	486.45		486.45		7.212			20.000		172.884	0.35	100523.31
0+ 179.386						-8.5	484.75		484.75		3.715			20.000		109.278	0.35	100594.34
0+ 185.222						-8.5	484.26		484.26		3.049			5.836		19.739	0.35	100607.17
0+ 205.222						-8.5	482.56		482.56		2.589			20.000		56.381	0.35	100643.82
0+ 225.222						-8.5	480.86		480.86		15.851			20.000		184.402	0.35	100763.68
0+ 239.965			1.798	0.176	0.020	-8.5	479.60		479.60		13.391			14.743		215.561	0.35	100903.80
PC 0+ 246.563			3.210	0.315	0.200	-8.5	479.04		479.04		14.791			6.598		92.973	0.35	100964.23
0+ 253.116			4.612	0.453	0.370	-8.5	478.49		478.49		13.298			6.553		92.033	0.35	101024.05
PT 0+ 258.710			3.210	0.315	0.200	-8.5	478.01		478.01		13.585			5.594		75.191	0.35	101072.92
0+ 270.568			0.672	0.066	0.000	-8.5	477.00		477.00		8.108			11.858		128.622	0.35	101156.53

Tabla XXVII. Tabla de cantidades de movimiento de tierras (resumen)

CANTIDADES DE MOVIMIENTO DE TIERRAS (RESUMEN)

No. LINEA DE BALANCE	PUNTO DE BALANCE	EN CORTE	EN RELLENO	EN DESPERDICIO	EN PRESTAMO	PUNTO DE BALANCE
L.B.1	0+000.00	127.009	82.51	2172.588		0+088.287
	0+088.287					0+336.954
L.B.2	0+336.954	30.105	19.571			0+370.042
	0+370.042				548.804	0+519.086
L.B.3	0+519.086	51.486	33.466			0+598.804
	0+598.804				805.075	0+759.496
L.B.4	0+759.496	482.0024	313.234			0+951.367
	0+951.367				1188.961	1+115.148
L.B.5	1+115.148	36074.391	23448.467			2+837.715
	2+837.715			532.618		2+9859.406
L.B.6	2+9859.406	3459.892	2248.624			3+284.308
	3+284.308			134.532		3+340.200
L.B.7	3+340.200	584.82	380.134			3+789.537
	3+789.537			104.532		3+886.724
TOTALES		40809.7054	26526.006	2944.27	2542.840	

Acarreo libre se da en las estaciones de 0+088.287 a la 0+519.086 con la cantidad de desperdicio de 844.50 m³ para compensar la cantidad de préstamo de 548.804 m³.

Sobrecarreo se da en las estaciones de 0+088.287 a la 0+759.496 con la cantidad de desperdicio de 1238.60 m³ para compensar la cantidad de préstamo de 805.075 m³.

Acarreo se da en las estaciones de 0+088.287 a la 1+115.148 con la cantidad de desperdicio de 89.488 m³ y 0+951.367 a la 3+886.724 con la cantidad de desperdicio de 771.682 m³ para compensar la cantidad de préstamo de 559.76 m³.

Teniendo un préstamo de 629.20 m³

Tabla XXVIII. Tabla de señalización de la carretera

DIMENSIONAMIENTO DE LA SEÑALIZACIÓN

No.	ESTACION	SSENTIDO	TIPO DE SEÑAL	TIPO DE TABLERO	OBSERVACIONES
1	0+000	A	SD-9	G	Lado derecho (un tablero) indicando hacia aldea los Verdes
2	0+060	A	SP-6	A	sobre ruta en estudio, lado derecho (un tablero)
3	0+060	B	SP-6	A	Lado derecho: Zona urbana
4	0+100	B	SP-6B	A	sobre ruta en estudio, lado derecho (un tablero)
5	0+240	A	SP-6B	A	sobre ruta en estudio, lado derecho (un tablero)
6	0+260	B	SP-6	A	sobre ruta en estudio, lado derecho (un tablero)
7	0+350	A	Sp-29	A	Lado derecho: Pendiente peligrosa
8	0+410	A	SP-6B	A	sobre ruta en estudio, lado derecho (un tablero)
9	0+500	A	SR-9	A	Lado derecho: velocidad máxima: 30 km/h
10	0+501	B	SR-9	A	Lado derecho: velocidad máxima: 30 km/h
11	0+525	B	SP-6	A	sobre ruta en estudio, lado derecho (un tablero)
12	0+575	A	SP-6	A	sobre ruta en estudio, lado derecho (un tablero)
13	0+620	B	SP-6B	A	sobre ruta en estudio, lado derecho (un tablero)
14	0+700	A	SP-6B	A	sobre ruta en estudio, lado derecho (un tablero)
15	0+745	B	SP-6	A	sobre ruta en estudio, lado derecho (un tablero)
16	0+830	A	SP-6B	A	sobre ruta en estudio, lado derecho (un tablero)
17	0+905	B	SP-6	A	sobre ruta en estudio, lado derecho (un tablero)
18	1+030	A	SP-6	A	sobre ruta en estudio, lado derecho (un tablero)
19	1+080	B	SP-6B	A	sobre ruta en estudio, lado derecho (un tablero)
20	1+110	A	SP-6	A	sobre ruta en estudio, lado derecho (un tablero)
21	1+160	B	SP-6B	A	sobre ruta en estudio, lado derecho (un tablero)
22	1+200	A	SP-6B	A	sobre ruta en estudio, lado derecho (un tablero)
23	1+245	B	SP-6	A	sobre ruta en estudio, lado derecho (un tablero)
24	1+330	A	SP-6	A	sobre ruta en estudio, lado derecho (un tablero)
25	1+350	A	Sp-29	G	Lado derecho: Pendiente peligrosa
26	1+360	B	SP-6B	A	sobre ruta en estudio, lado derecho (un tablero)
27	1+420	A	SP-6B	A	sobre ruta en estudio, lado derecho (un tablero)
28	1+500	B	SP-6	A	sobre ruta en estudio, lado derecho (un tablero)
29	1+500	A	SR-9	A	Lado derecho: velocidad máxima: 30 km/h
30	1+500	B	SR-9	A	Lado derecho: velocidad máxima: 30 km/h
31	1+600	A	SP-6	A	sobre ruta en estudio, lado derecho (un tablero)
32	1+630	B	SP-6B	A	sobre ruta en estudio, lado derecho (un tablero)
33	1+665	A	SP-6B	A	sobre ruta en estudio, lado derecho (un tablero)
34	1+705	B	SP-6	A	sobre ruta en estudio, lado derecho (un tablero)
35	1+745	A	SP-6	A	sobre ruta en estudio, lado derecho (un tablero)
36	1+845	B	SP-6B	A	sobre ruta en estudio, lado derecho (un tablero)
37	1+870	A	SP-6B	A	sobre ruta en estudio, lado derecho (un tablero)
38	2+000	A	Sp-29	G	Lado derecho: Pendiente peligrosa
39	2+015	B	SP-6	A	sobre ruta en estudio, lado derecho (un tablero)
40	2+045	A	SP-6	A	sobre ruta en estudio, lado derecho (un tablero)
41	2+120	B	SP-6B	A	sobre ruta en estudio, lado derecho (un tablero)
42	2+150	A	SP-6	A	sobre ruta en estudio, lado derecho (un tablero)
43	2+175	B	SP-6B	A	sobre ruta en estudio, lado derecho (un tablero)
44	2+210	A	SP-6B	A	sobre ruta en estudio, lado derecho (un tablero)

DIMENSIONAMIENTO DE LA SEÑALIZACIÓN

No.	ESTACION	SENTIDO	TIPO DE SEÑAL	TIPO DE TABLERO	OBSERVACIONES
45	2+265	B	SP-6	A	sobre ruta en estudio, lado derecho (un tablero)
46	2+295	A	SP-6B	A	sobre ruta en estudio, lado derecho (un tablero)
47	2+330	B	SP-6	A	sobre ruta en estudio, lado derecho (un tablero)
48	2+360	A	SP-6B	A	sobre ruta en estudio, lado derecho (un tablero)
49	2+395	B	SP-6	A	sobre ruta en estudio, lado derecho (un tablero)
50	2+440	A	SP-6	A	sobre ruta en estudio, lado derecho (un tablero)
51	2+480	B	SP-6B	A	sobre ruta en estudio, lado derecho (un tablero)
52	2+500	A	SR-9	A	Lado derecho: velocidad máxima: 30 km/h
53	2+500	B	SR-9	A	Lado derecho: velocidad máxima: 30 km/h
54	2+515	A	SP-6B	A	sobre ruta en estudio, lado derecho (un tablero)
55	2+550	B	SP-6	A	sobre ruta en estudio, lado derecho (un tablero)
56	2+585	A	SP-6	A	sobre ruta en estudio, lado derecho (un tablero)
57	2+620	B	SP-6B	A	sobre ruta en estudio, lado derecho (un tablero)
58	2+760	A	SP-6B	A	sobre ruta en estudio, lado derecho (un tablero)
59	2+795	B	SP-6	A	sobre ruta en estudio lado derecho (un tablero)
60	2+890	A	SP-6B	A	sobre ruta en estudio, lado derecho (un tablero)
61	2+940	B	SP-6	A	sobre ruta en estudio, lado derecho (un tablero)
62	2+960	A	SP-6	A	sobre ruta en estudio, lado derecho (un tablero)
63	3+045	B	SP-6B	A	sobre ruta en estudio, lado derecho (un tablero)
64	3+065	A	SP-6B	A	sobre ruta en estudio, lado derecho (un tablero)
65	3+115	B	SP-6	A	sobre ruta en estudio, lado derecho (un tablero)
66	3+125	A	SP-6	A	Lado derecho: Zona urbana
67	3+170	A	SP-6	A	sobre ruta en estudio, lado derecho (un tablero)
68	3+220	B	SP-6B	A	sobre ruta en estudio, lado derecho (un tablero)
69	3+250	A	SP-6B	A	sobre ruta en estudio, lado derecho (un tablero)
70	3+295	B	SP-6	A	sobre ruta en estudio, lado derecho (un tablero)
71	3+340	A	SP-6B	A	sobre ruta en estudio, lado derecho (un tablero)
72	3+405	B	SP-6	A	sobre ruta en estudio, lado derecho (un tablero)
73	3+420	A	SP-6	A	sobre ruta en estudio, lado derecho (un tablero)
74	3+485	B	SP-6B	A	sobre ruta en estudio, lado derecho (un tablero)
75	3+500	A	SP-6B	A	sobre ruta en estudio, lado derecho (un tablero)
76	2+500	A	SR-9	A	Lado derecho: velocidad máxima: 30 km/h
77	2+500	B	SR-9	A	Lado derecho: velocidad máxima: 30 km/h
78	3+520	B	SP-6	A	sobre ruta en estudio, lado derecho (un tablero)
79	3+555	A	SP-6	A	sobre ruta en estudio, lado derecho (un tablero)
80	3+630	B	SP-6B	A	sobre ruta en estudio, lado derecho (un tablero)
81	3+655	A	SP-6	A	sobre ruta en estudio, lado derecho (un tablero)
82	3+750	B	SP-6B	A	sobre ruta en estudio, lado derecho (un tablero)
83	3+810	A	SP-6B	A	sobre ruta en estudio, lado derecho (un tablero)
84	3+870	B	SP-6	A	sobre ruta en estudio, lado derecho (un tablero)
85	3+886.724	B	SD-9	G	Lado derecho (un tablero) indicando hacia aldea el Cerrito y Fraijanes

NOTA: Sentido A: De aldea el Cerrito a aldea los Verdes
Sentido B: De aldea los Verdes a aldea el Cerrito

Tabla XXIX. Tabla de conteo vehicular 1

CONTEO VEHICULAR

PROYECTO: EL CERRITO - ALDEA LOS VERDES
 LONGITUD: 4 Kilometros
 ESTACION DE CONTEO: Aldea El Cerrito
 FECHA: abril del 2001

** Para el volumen a las 24 horas se tomó como factor 1.4

Clasif.	HORA	Conteo Vehicular							TPDA	Vehículos Pesados		
		6-8	8-10	10-12	12-14	14-16	16-18	12 Horas		24 Horas	cantidad	%
1		12	9	7	3	3	7	41	57	466	182	39.06%
2		28	22	27	21	16	18	132	185			
3		1	2	4	5	4	7	23	32			
4		0	0	2	1	0	0	3	4			
5		1	6	2	4	6	11	30	42			
6		25	20	14	18	13	14	104	146			
7		0	0	0	0	0	0	0	0			

Clasificación:

- 1 Automoviles, paneles y jeep
- 2 Pick-ups
- 3 Camiones medianos (2 ejes)
- 4 Vehiculos de 3 ejes
- 5 Microbuses
- 6 Buses
- 7 Vehiculos de 4 ejes o más

Tabla XXX. Tabla de conteo vehicular 2

CONTEO VEHICULAR

PROYECTO: EL CERRITO - ALDEA LOS VERDES
 LONGITUD: 4 Kilometros
 ESTACION DE CONTEO: Aldea Los Verdes
 FECHA: abril del 2001

** Para el volumen a las 24 horas se tomó como factor 1.4

Clasif.	HORA	CONTEO VEHICULAR							Vehículos Pesados		
		6-8	8-10	10-12	12-14	14-16	16-18	12 Horas	24 Horas	cantidad	%
1		8	2	4	1	2	7	24	34		
2		15	12	11	15	12	16	81	113		
3		0	0	2	0	0	0	2	3		
4		0	2	6	3	1	2	14	20	224	27.68%
5		1	3	1	3	2	1	11	15		
6		7	3	5	4	4	5	28	39		
7		0	0	0	0	0	0	0	0		

Clasificación:

- 1 Automoviles, paneles y jeep
- 2 Pick-ups
- 3 Camiones medianos (2 ejes)
- 4 Vehiculos de 3 ejes
- 5 Microbuses
- 6 Buses
- 7 Vehiculos de 4 ejes o más

Figura 15. Plano de línea de localización 1

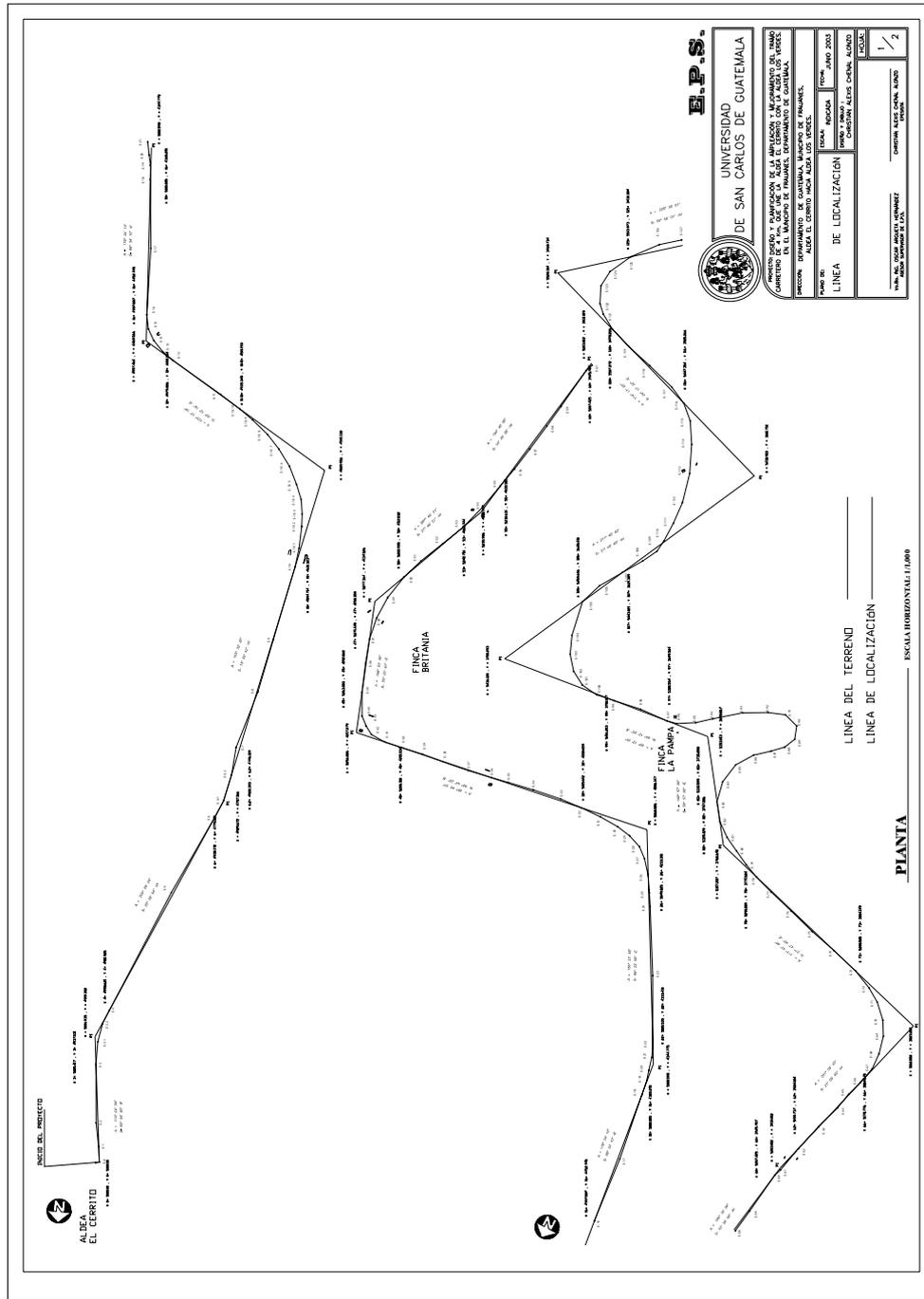


Figura 16. Plano de línea de localización 2

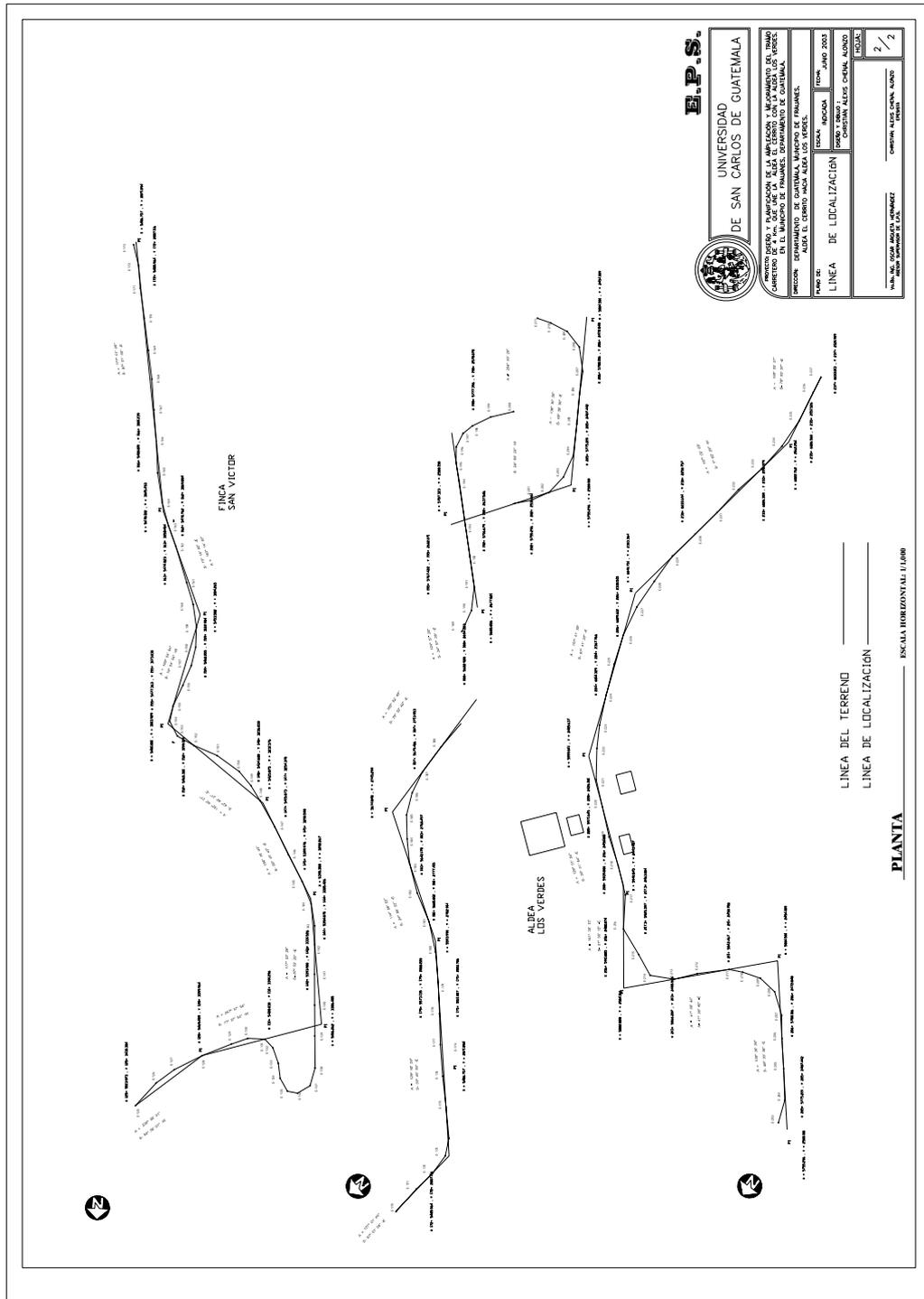


Figura 21. Plano de planta-perfil 5

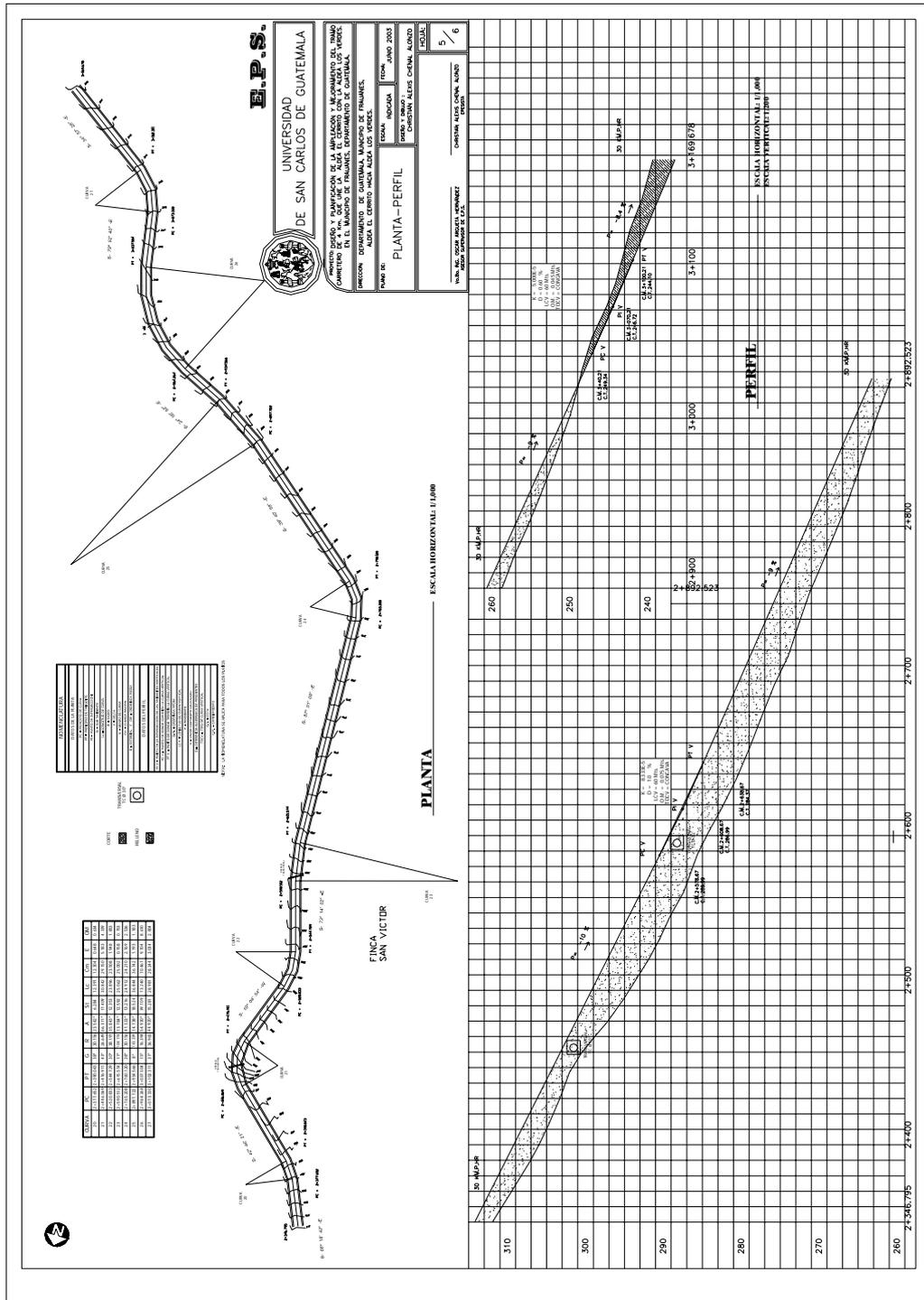


Figura 23. Plano de secciones transversales 1

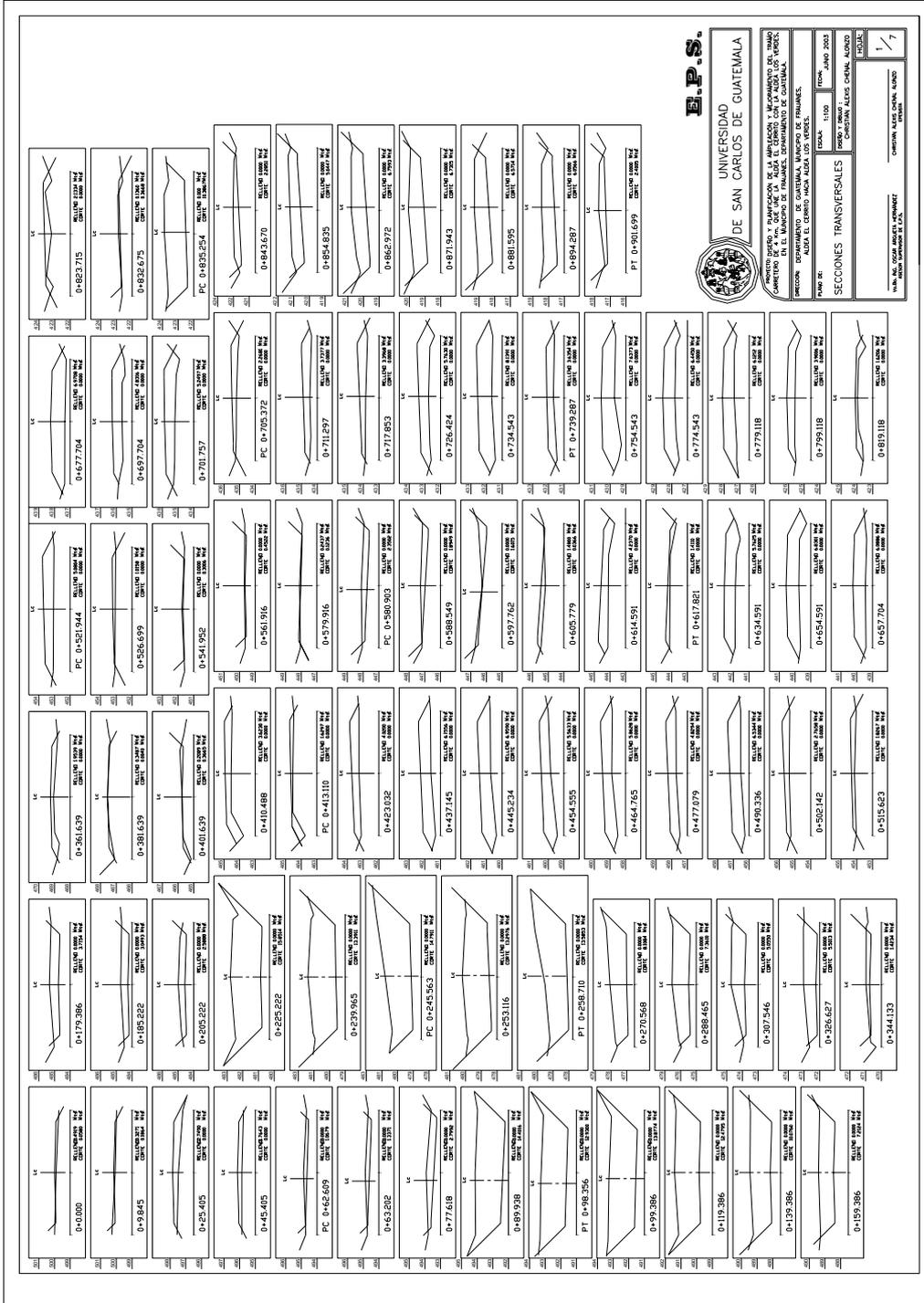


Figura 24. Plano de secciones transversales 2

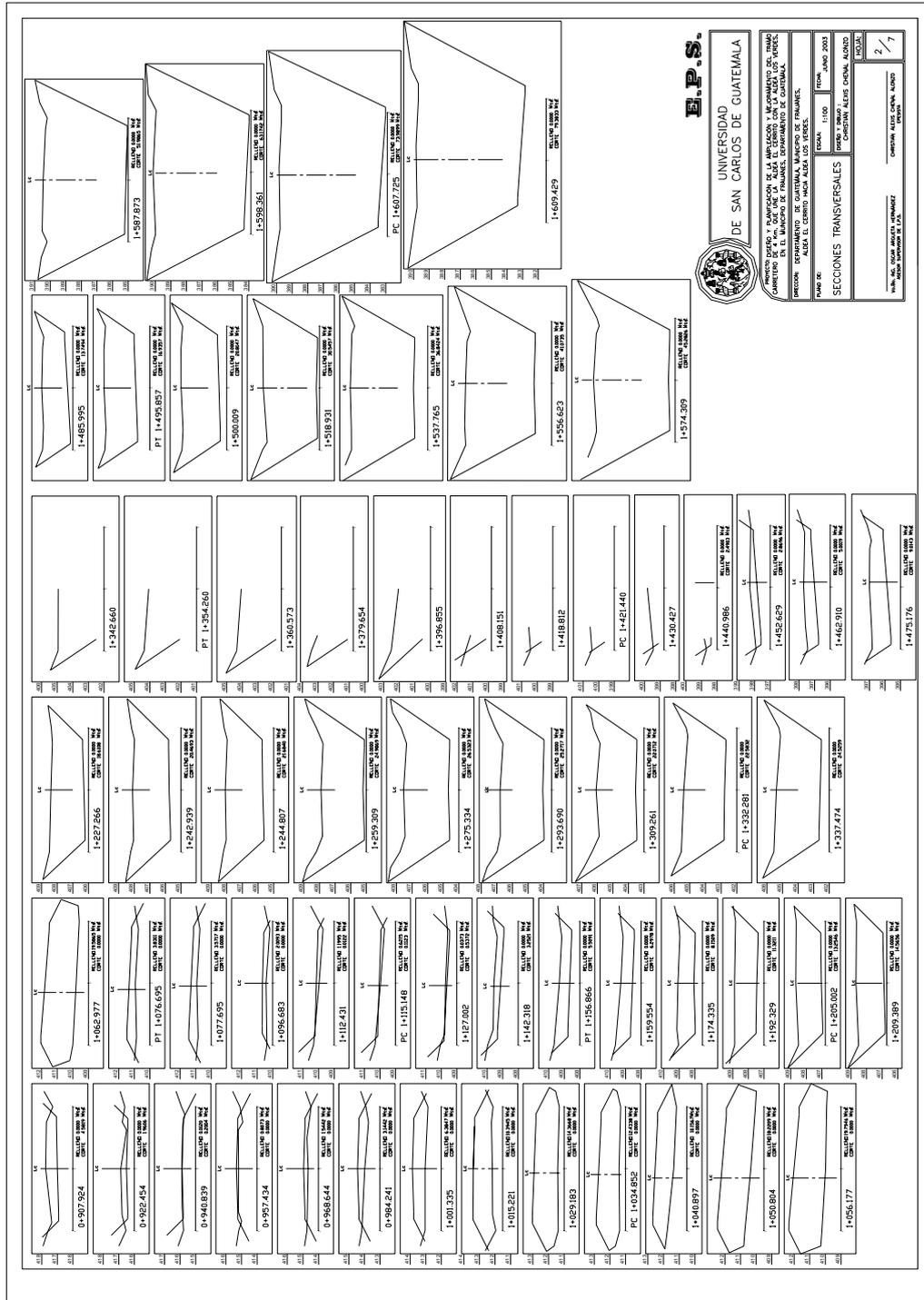


Figura 26. Plano de secciones transversales 4

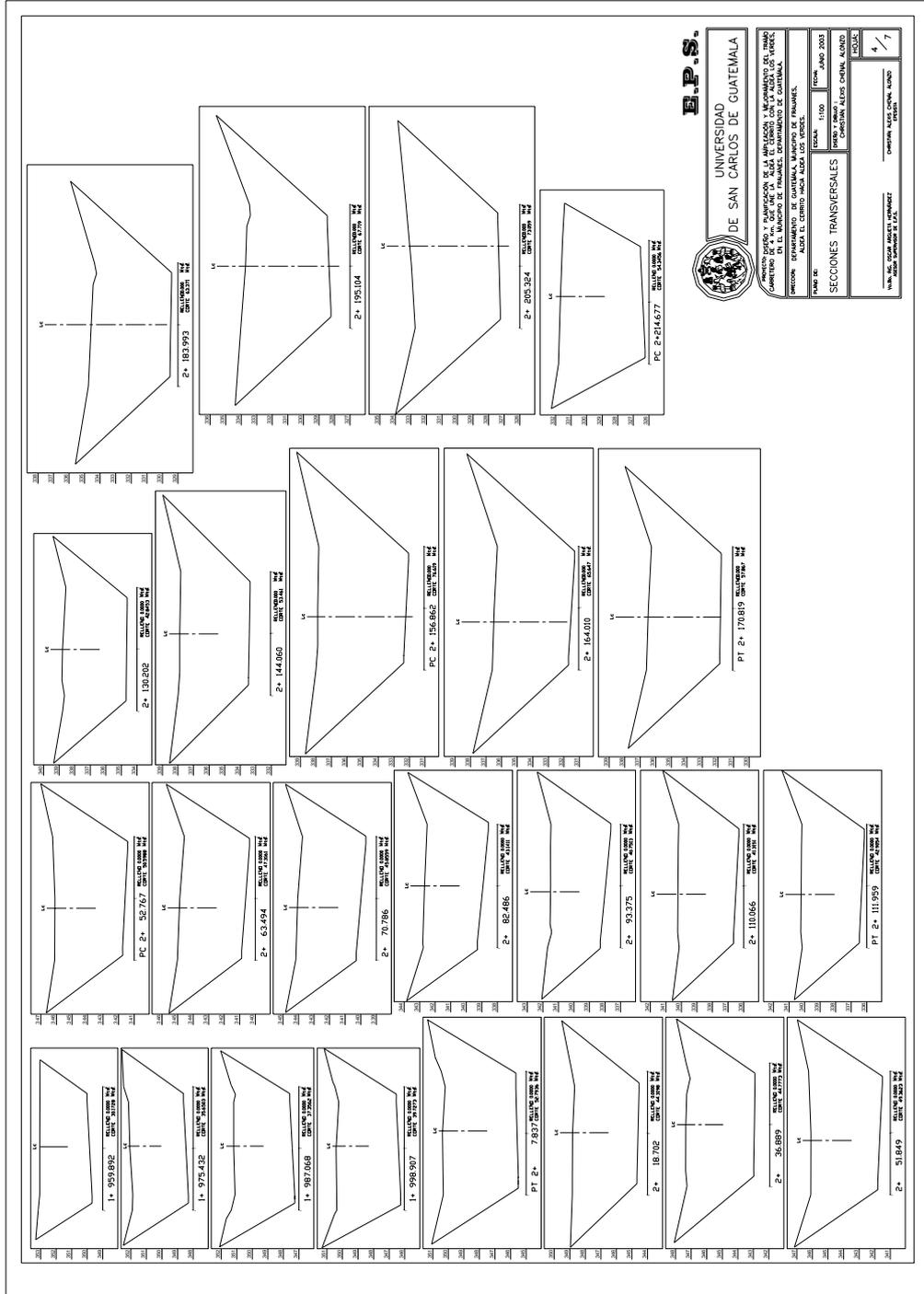


Figura 27. Plano de secciones transversales 5

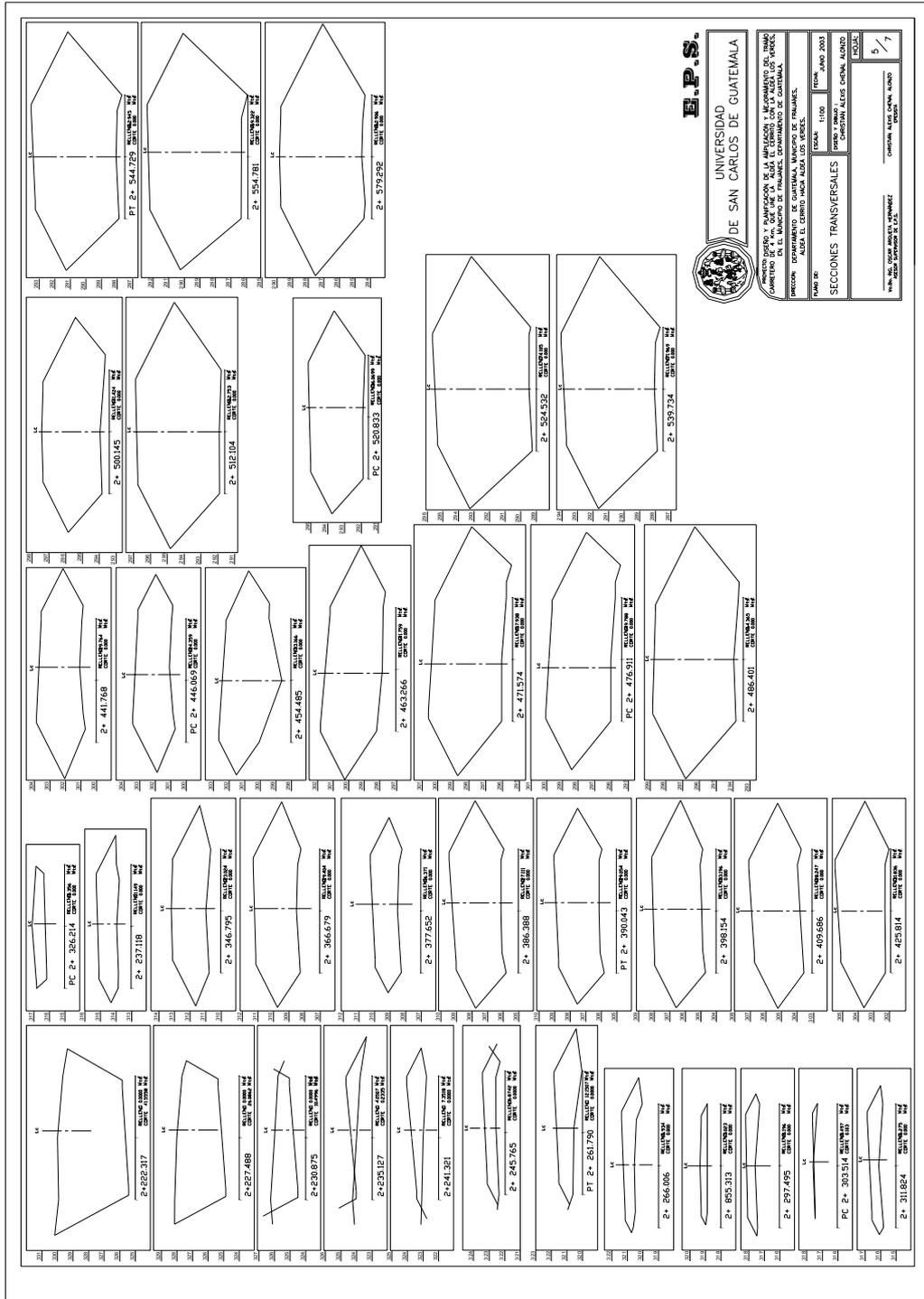


Figura 28. Plano de secciones transversales 6

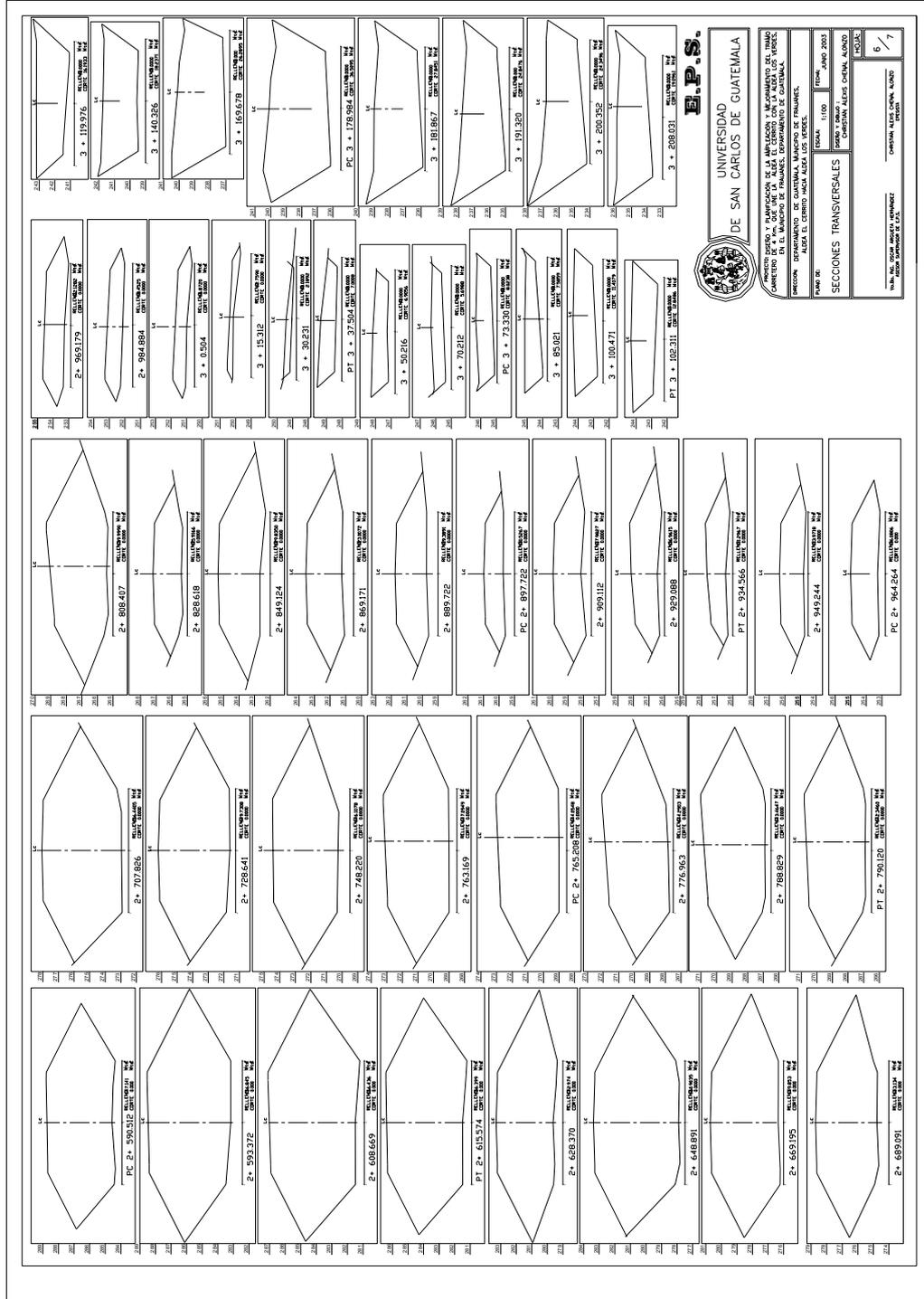


Figura 29. Plano de secciones transversales 7

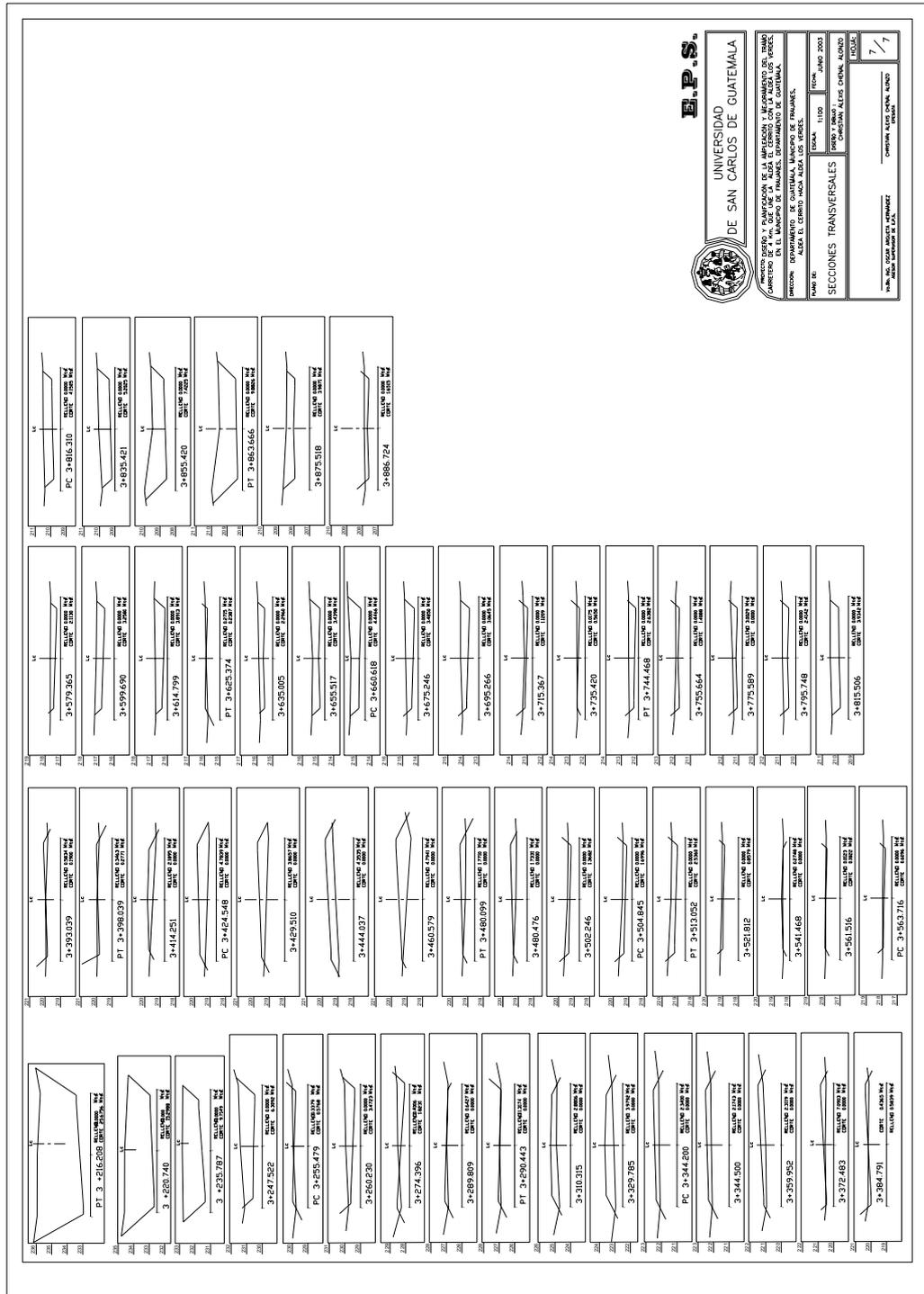


Figura 30. Plano de detalles 1

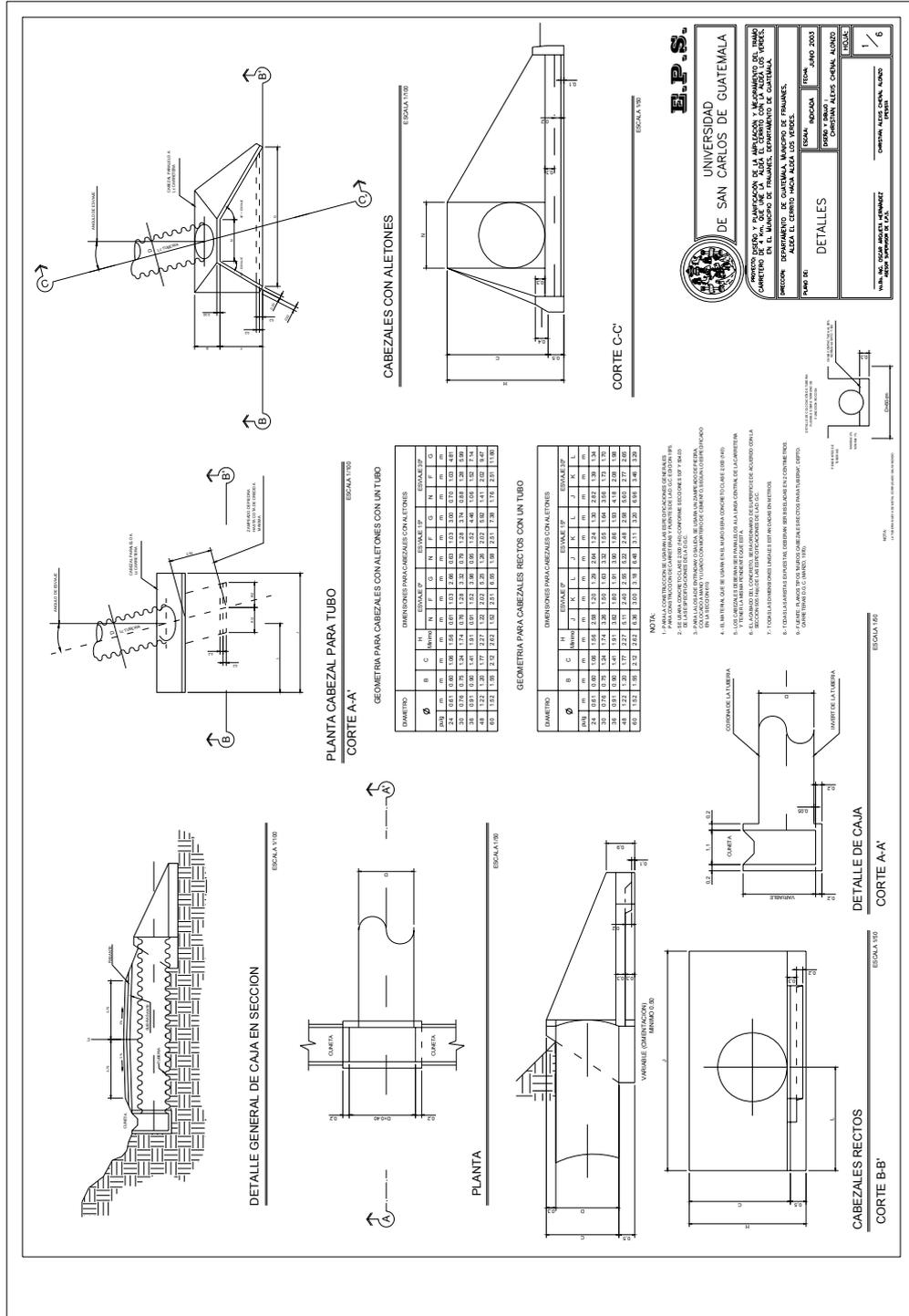
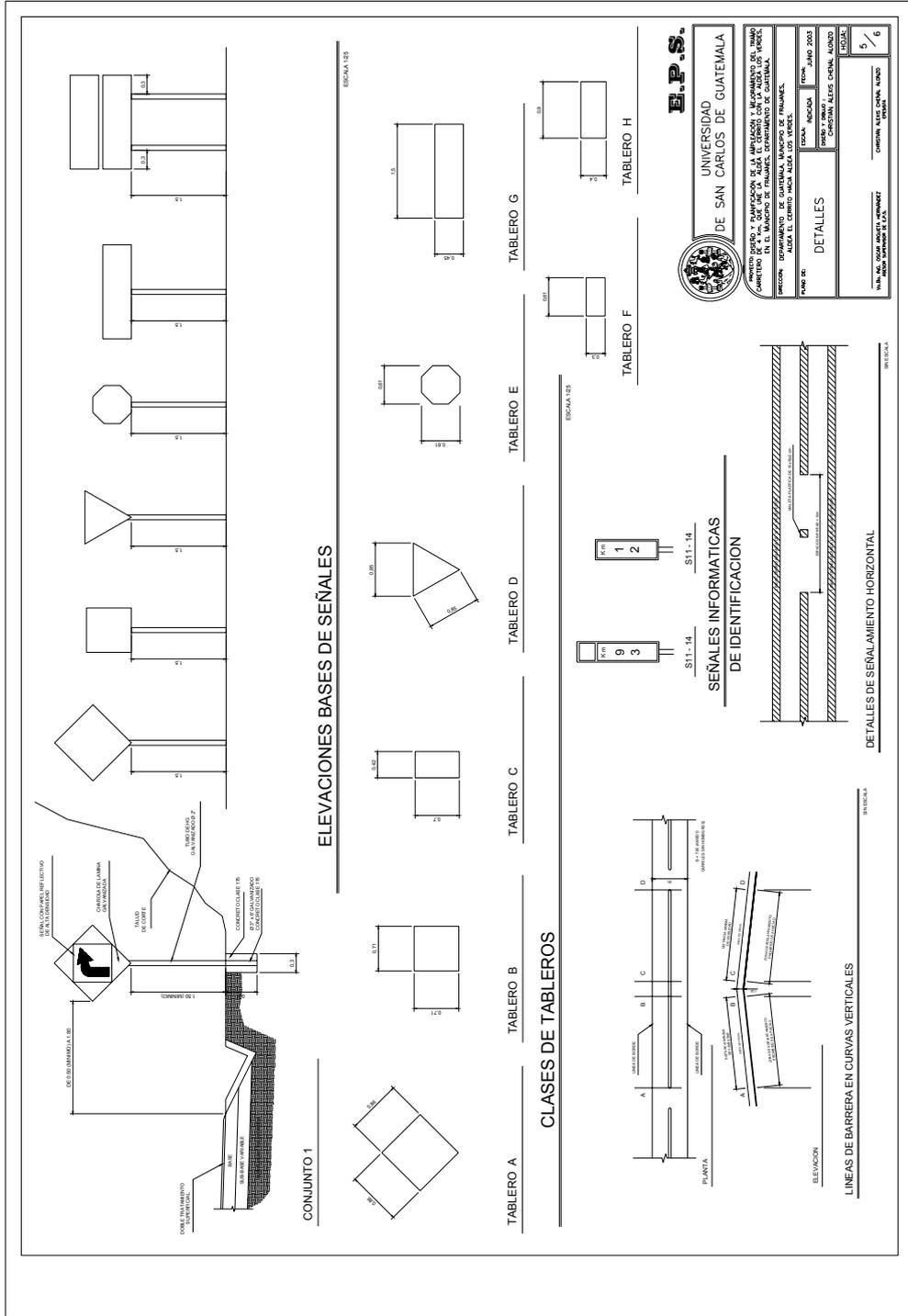


Figura 34. Plano de detalles 5



ANEXO

Figura 36. Longitud mínima de curva vertical cóncava

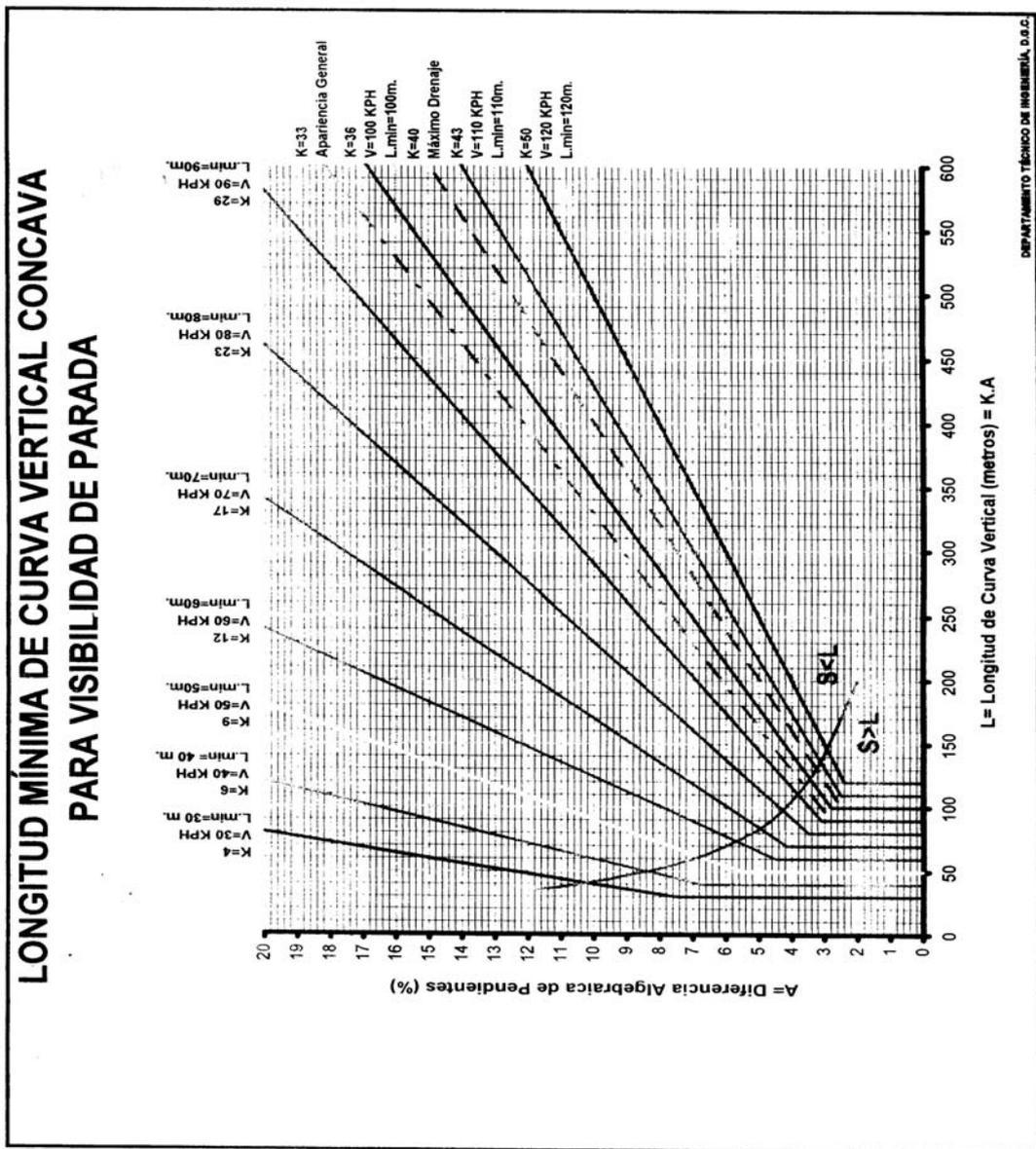


Figura 37. Longitud mínima de curva vertical convexa

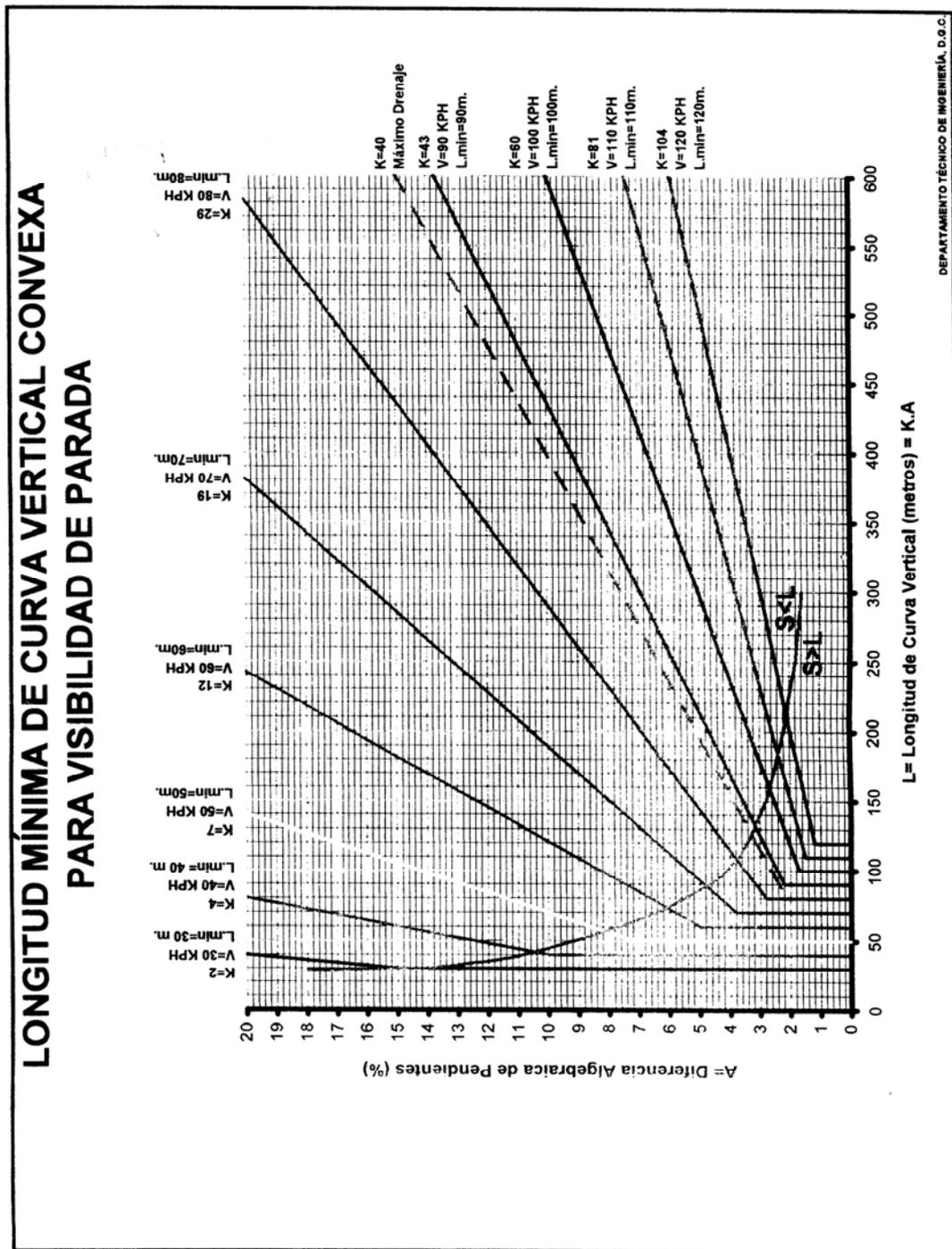
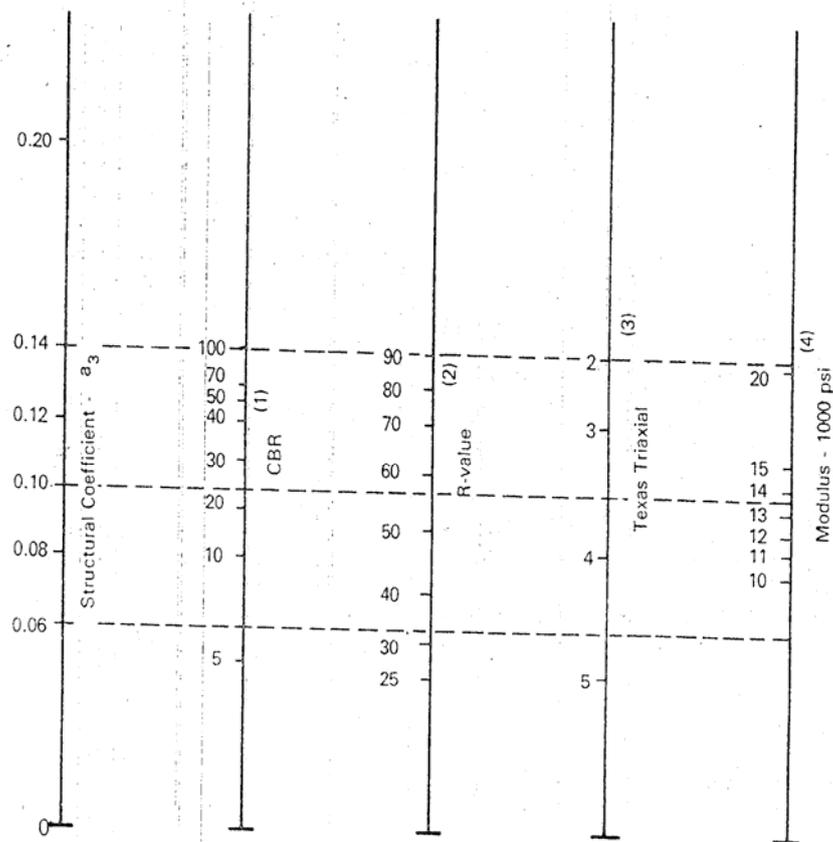


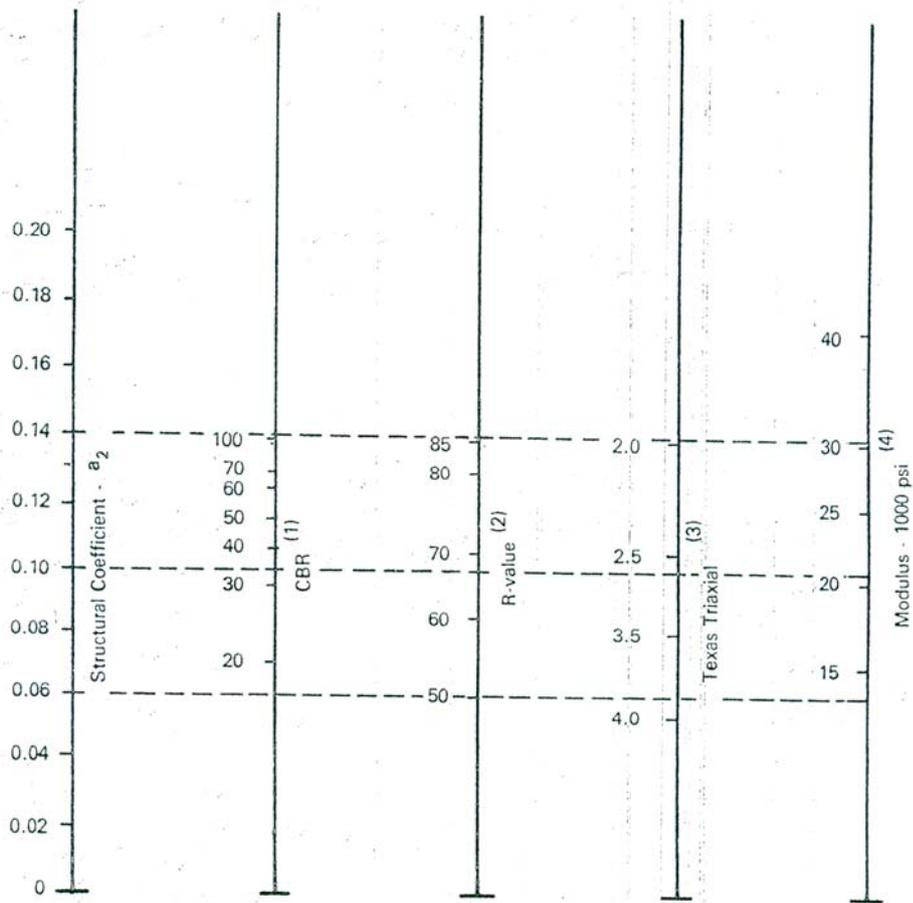
Figura 38. Coeficiente a_3 capa de sub base.



- (1) Escala derivada de correlaciones que se obtuvieron de Illinois.
- (2) Escala derivada de correlaciones que se obtuvieron del Instituto de Asfalto, California, Nuevo Mexico y Wyoming.
- (3) Escala derivada de correlaciones que se obtuvieron de Texas.
- (4) Escala que se derivó en el proyecto (3) de NCHRP.

FIGURA 2.7. La variación en el Coeficiente a_3 de capa de sub base granular con varios parámetros (3) de fuerza de sub base.

Figura 39. Coeficiente a2 capa de base.



- (1) Escala derivada promediando las correlaciones que se obtuvieron de Illinois.
- (2) Escala derivada promediando las correlaciones que se obtuvieron de California, Nuevo Mexico y Wyoming.
- (3) Escala derivada promediando las correlaciones que se obtuvieron de Texas.
- (4) Escala que se derivó en el proyecto (3) de NCHRP.

FIGURA 2.6. La variación en el Coeficiente a₂ de la Capa de Base Granular con varios Parámetros de fuerza Despreciable (3).

Figura 40. Coeficiente a1 capa concreto asfáltico.

II-18

Design of Pavement Structures

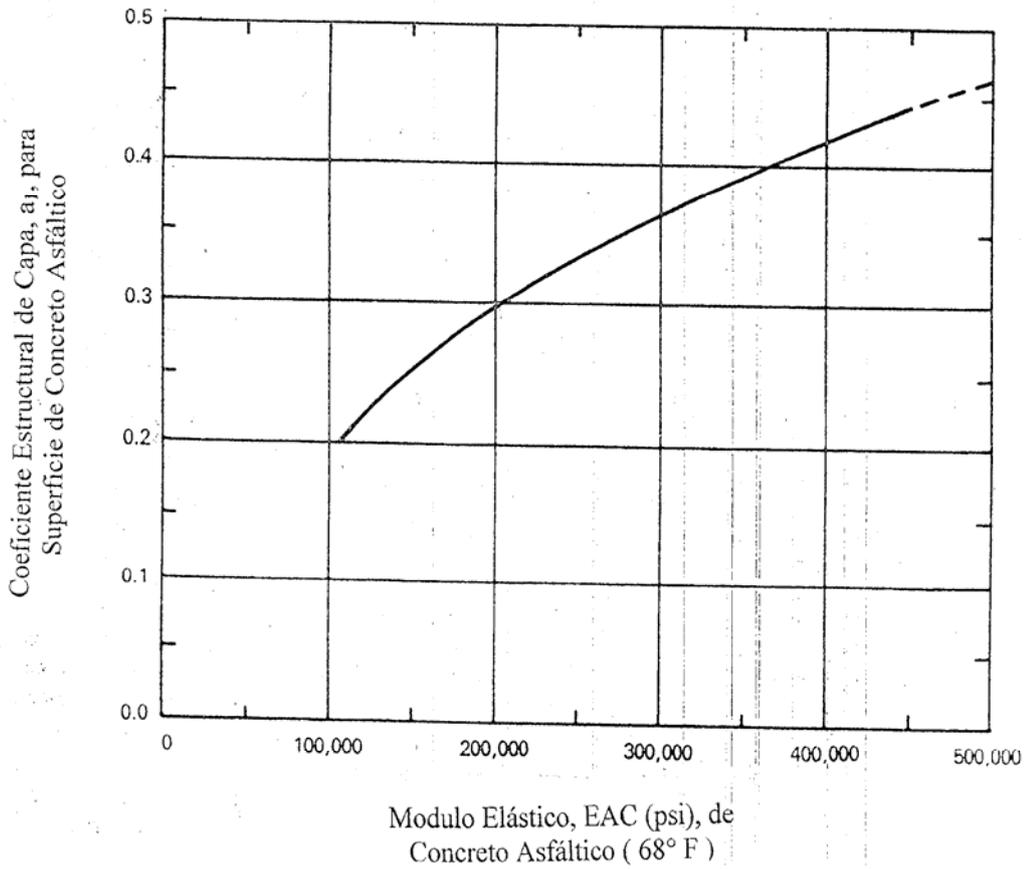


FIGURA 2.5. Gráfico para Estimar Coeficiente Estructural de Capa de Graduación Densa de Concreto Asfáltico Basado en el Módulo Elástico (Resiliencia)

Tabla XXXI. Resultados del suelo 1



CONTROL DE CALIDAD
ENSAYOS DE LABORATORIO, ANALISIS Y DISEÑO

RESULTADOS DE LABORATORIO

INTERESADO: MUNICIPALIDAD DE FRAIJANES

PROYECTO: Aldea Cerritos - Los Verdes

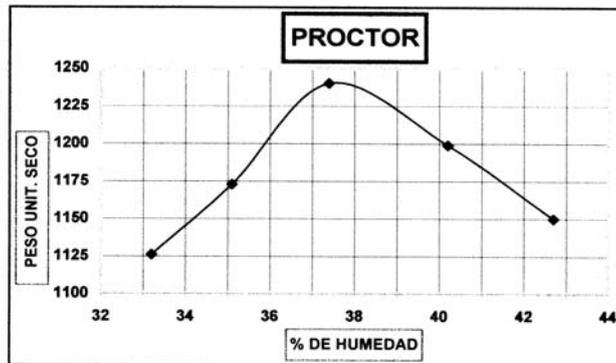
Estación: 0+000 L.D

TIPO DE MATERIAL: Limo Arcilloso
CLASIFICACION: A - 5
FECHA: abril del 2,001

PESO UNITARIO SECO MAXIMO

DENS. MAX.:
77.3 LB/P³
1240 KG/M³

HUMEDAD OPTIMA :
37.4 %



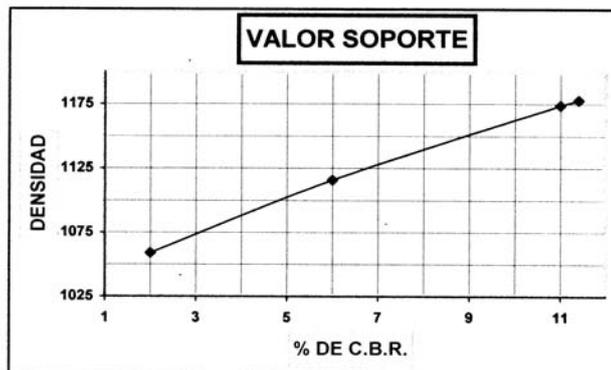
VALOR SOPORTE

CBR AL 95 % DE COMPACTACION

11.4

% DE HINCHAMIENTO MAXIMO

0.4



OBSERVACIONES: _____

Tabla XXXII. Resultados del suelo 2



CONTROL DE CALIDAD
ENSAYOS DE LABORATORIO, ANALISIS Y DISEÑO

RESULTADOS DE LABORATORIO

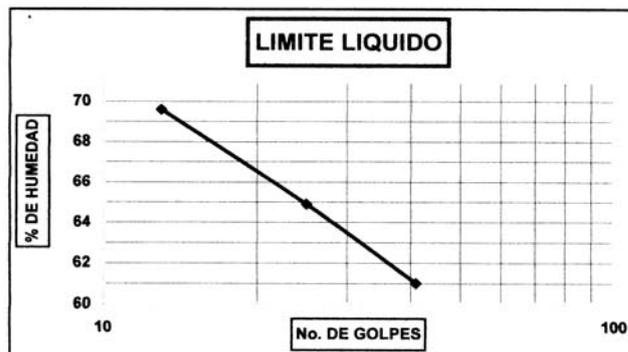
INTERESADO: MUNICIPALIDAD DE FRAIJANES

PROYECTO: Aldea Cerritos - Los Verdes

Estación: 0+000 L.D

TIPO DE MATERIAL: Limo Arcilloso
CLASIFICACION: A - 5
FECHA: abril del 2,001

LIMITES DE CONSISTENCIA	
LIMITE LIQUIDO:	64.9 %
LIMITE PLASTICO:	54.9 %
INDICE PLASTICO:	10.0



GRADUACION	
TAMIZ	% QUE PASA
2 1/2"	100.0
2"	100.0
1 1/2"	100.0
1"	100.0
3/4"	100.0
3/8"	100.0
No. 4	100.0
No. 10	99.5
No. 40	97.8
No. 100	94.0
No. 200	92.2

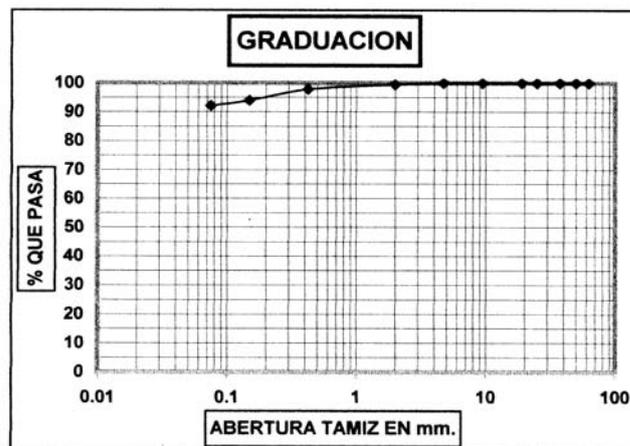


Tabla XXXIII. Resultados del suelo 3



CONTROL DE CALIDAD
 ENSAYOS DE LABORATORIO, ANALISIS Y DISEÑO

RESULTADOS DE LABORATORIO

INTERESADO: MUNICIPALIDAD DE FRAIJANES

PROYECTO: Fraijanes- Aldea Los Verdes. Est. 4+000 L.D. Sub-Rasante

TIPO DE MATERIAL: Arcilla Limosa Café c/p Frang. Consolidados de Lesnables

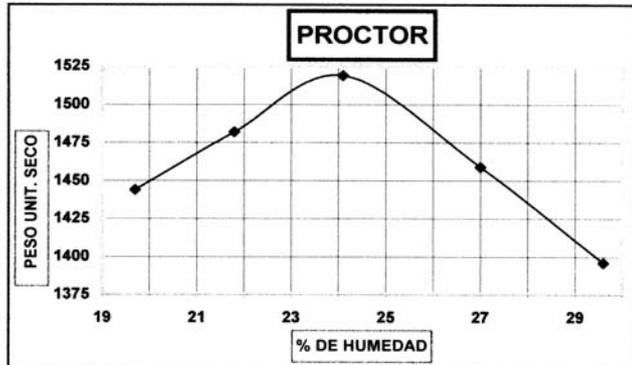
CLASIFICACION: A - 6

FECHA: abril del 2,001

PESO UNITARIO SECO MAXIMO

DENS. MAX.:
 94.7 LB/P³
 1519 KG/M³

HUMEDAD OPTIMA :
 24.1 %



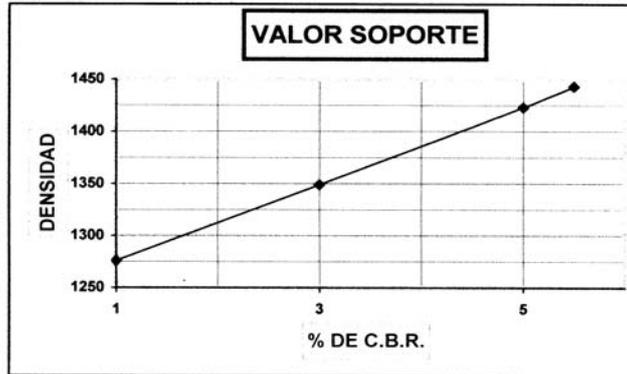
VALOR SOPORTE

CBR AL 95 % DE COMPACTACION

5.5

% DE HINCHAMIENTO MAXIMO

1.5



OBSERVACIONES: _____

Tabla XXXIV. Resultados del suelo 4



CONTROL DE CALIDAD
 ENSAYOS DE LABORATORIO, ANALISIS Y DISEÑO

RESULTADOS DE LABORATORIO

INTERESADO: MUNICIPALIDAD DE FRAIJANES

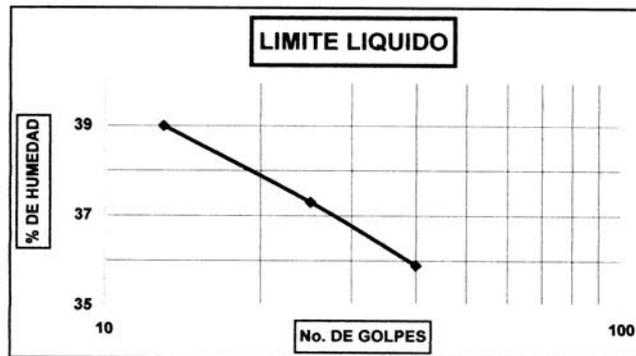
PROYECTO: Fraijanes- Aldea Los Verdes. Est. 4+000 L.D. Sub-Rasante

TIPO DE MATERIAL: Arcilla Limosa Café c/p Frang. Consolidados de Lesnables

CLASIFICACION: A - 6

FECHA: abril del 2,001

LIMITES DE CONSISTENCIA	
LIMITE LIQUIDO:	37.3 %
LIMITE PLASTICO:	26.2 %
INDICE PLASTICO:	11.1



GRADUACION	
TAMIZ	% QUE PASA
2 1/2"	100.0
2"	87.1
1 1/2"	85.3
1"	83.2
3/4"	82.1
3/8"	80.4
No. 4	79.4
No. 10	72.8
No. 40	59.7
No. 100	50.7
No. 200	46.6

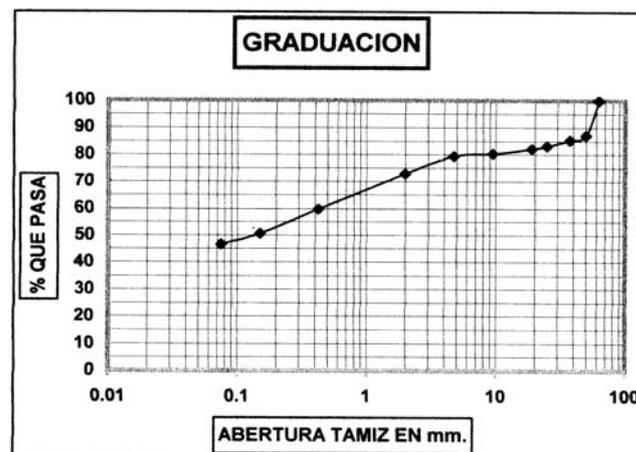


Tabla XXXV. Tabla de características geométricas

CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS

VALORES LÍMITES RECOMENDADOS PARA LAS CARACTERÍSTICAS DE LA CARRETERA EN ESTADO FINAL

T.P.D. de	CARRETERA	VELOCIDAD DE DISEÑO (K.P.H.)	ANCHO CALZADA (Mts.)	ANCHO DE TERRACERIA		DERECHO DE VIA (Mts.)	RADIO MÍNIMO (Mts.)	PENDIENTE MÁXIMA (Mts.)	DISTANCIA VISIBILIDAD PARADA RECOMENDADA		DISTANCIA VISIBILIDAD PASO RECOMENDADA	
				CORTE (Mts.)	RELLENO (Mts.)				MÍNIMA (Mts.)	MÁXIMA (Mts.)	MÍNIMA (Mts.)	MÁXIMA (Mts.)
3.000 A 5.000 6.112425	TIPO "A"		2 x 7.20	25	24	50						
	REGIONES											
	LLANAS	100				375	3	160	200	700	750	
	ONDULADAS	80				225	4	110	150	520	550	
1.500 A 3.000	TIPO "B"		7.20	13	12	25						
	REGIONES											
	LLANAS	80				225	6	110	150	520	550	
	ONDULADAS	60				110	7	70	100	350	400	
900 A 1.500	TIPO "C"		6.50	12	11	25						
	REGIONES											
	LLANAS	80				225	6	110	150	520	550	
	ONDULADAS	60				110	7	70	100	350	400	
500 A 900	TIPO "D"		6.00	11	10	25						
	REGIONES											
	LLANAS	80				225	6	110	150	520	550	
	ONDULADAS	60				110	7	70	100	350	400	
100 A 500	TIPO "E"		5.50	9.50	8.50	25						
	REGIONES											
	LLANAS	50				75	8	55	70	260	300	
	ONDULADAS	40				47	9	40	50	180	200	
10 A 100	TIPO "F"		5.50	9.50	8.50	15						
	REGIONES											
	LLANAS	40				47	10	40	50	180	200	
	ONDULADAS	30				30	12	30	35	110	150	

ESTRUCTURAS:

CARGA: H-15-S-12
ALTURA LIBRE: 4.75 mts
ANCHO RODADURA: 7.90 mts

ESFUERZOS UNITARIOS:
 Concreto Clase "A": 3.000.000 Libras / Pulgada cuadrada
 Acero de Refuerzo: 18.000.000 Libras / Pulgada cuadrada
 Acero Estructural: 33.000.000 Libras / Pulgada cuadrada

(*) Distancia de Visibilidad de Parada = Longitud mínima de Curva Vertical

NOTAS:

- 1.- T.P.D.: Promedio de Tráfico Diario.
- 2.- La Sección Típica para Carreteras Tipo "A", incluye isla central de 1,50 mts. de Ancho
- 3.- Las Características de las Estructuras son generales para todos los tipos de la Carretera, con excepción de la Típica "A", en donde el ancho es Doble
- 4.- La calidad de la Capa de recubrimiento de la Calzada podrá ser para Carreteras Tipo "A": Hormigón, Concreto Asfáltico (Filo o Caliente) o Tratamiento Superficial Múltiple; para Tipo "B", "C", "D", "E", "F": Concreto Asfáltico (Filo o Caliente) o Tratamiento Superficial Doble; para Tipo "D": Tratamiento Superficial Doble; para Tipo "E": Tratamiento Superficial Simple y para Tipo "F": Recubrimiento de Material Selecto. Los Recubrimientos para las Carreteras, desde el Tipo "A" al "F", dependerán de las características mecánicas del suelo y de las propiedades de los materiales de construcción de la zona.

Tabla XXXVI. Tabla de peralte, longitud de espiral y sobreechanco de 20 KPH

G	Radio	20 KPH				DB=25
		e	LS	SA	Cr. Max.	Dmin
1	1145.92	3.00	13	0.00	0.01	0g39m
2	572.96	3.00	13	0.00	0.01	1g18m
3	381.97	3.00	13	0.00	0.02	1g57m
4	286.48	3.00	13	0.00	0.02	2g36m
5	229.18	3.00	13	0.00	0.03	3g15m
6	190.99	3.00	13	0.00	0.04	3g54m
7	163.70	3.00	13	0.00	0.04	4g33m
8	143.24	3.00	13	0.00	0.05	5g12m
9	127.32	3.00	13	0.00	0.05	5g51m
10	114.59	3.00	13	0.00	0.06	6g30m
11	104.17	3.00	13	0.00	0.07	7g09m
12	95.49	3.00	13	0.00	0.07	7g48m
13	88.15	3.00	13	0.00	0.08	8g27m
14	81.85	3.00	13	0.00	0.09	9g06m
15	76.39	3.00	13	0.60	0.09	9g45m
16	71.62	3.00	13	0.60	0.10	10g24m
17	67.41	3.00	13	0.60	0.10	11g03m
18	63.66	3.00	13	0.60	0.11	11g42m
19	60.31	3.00	13	0.60	0.12	12g21m
20	57.30	3.00	13	0.60	0.12	13g00m
21	54.57	3.15	13	0.63	0.13	13g39m
22	52.09	3.32	14	0.67	0.16	15g24m
23	49.82	3.49	15	0.72	0.19	17g15m
24	47.75	3.66	15	0.77	0.20	18g00m
25	45.84	3.82	16	0.81	0.24	20g00m
26	44.07	3.98	17	0.86	0.28	22g06m
27	42.44	4.14	18	0.90	0.33	24g18m
28	40.93	4.30	18	0.95	0.34	25g12m
29	39.51	4.45	19	1.00	0.40	27g33m

DEPARTAMENTO TÉCNICO DE INGENIERÍA, D.G.C.

G	Radio	20 KPH				DB=25
		e	LS	SA	Cr. Max.	Dmin
30	38.20	4.61	20	1.04	0.46	30g00m
31	36.97	4.76	20	1.09	0.48	31g00m
32	35.81	4.91	21	1.13	0.55	33g36m
33	34.72	5.05	21	1.18	0.57	34g39m
34	33.70	5.20	22	1.22	0.65	37g24m
35	32.74	5.34	23	1.27	0.74	40g15m
36	31.83	5.48	23	1.32	0.77	41g24m
37	30.97	5.62	24	1.36	0.87	44g24m
38	30.16	5.75	24	1.41	0.90	45g35m36s
39	29.38	5.89	25	1.45	1.02	48g45m15s
40	28.65	6.02	26	1.50	1.15	51g59m46s
41	27.95	6.15	26	1.54	1.19	53g17m54s
42	27.28	6.28	27	1.34	1.34	56g42m28s
43	26.65	6.40	27	1.63	1.38	58g02m54s
44	26.04	6.52	28	1.68	1.55	61g36m30s
45	25.46	6.65	28	1.73	1.60	63g00m43s
46	24.91	6.76	29	1.77	1.79	66g42m12s
47	24.38	6.88	29	1.82	1.84	68g09m12s
48	23.87	7.00	30	1.86	2.06	72g00m35s
49	23.39	7.11	30	1.91	2.12	73g29m15s
50	22.92	7.22	31	1.95	2.37	77g29m39s
51	22.47	7.33	31	2.00	2.44	79g02m46s
52	22.04	7.43	31	2.04	2.50	80g35m18s
53	21.62	7.54	32	2.09	2.79	84g48m15s
54	21.22	7.64	32	2.14	2.86	86g24m10s
55	20.83	7.74	33	2.18	3.17	90g46m16s
56	20.46	7.84	33	2.23	3.26	92g24m45s
57	20.10	7.93	34	2.27	3.60	96g55m06s
58	19.76	8.03	34	2.32	3.69	98g35m09s
59	19.42	8.12	34	2.37	3.78	100g18m43s
60	19.10	8.21	35	2.41	4.16	104g59m32s
65	17.63	8.62	35	2.64	5.27	120g14m47s
70	16.37	8.98	38	2.88	6.01	133g00m07s

DEPARTAMENTO TÉCNICO DE INGENIERÍA, D.G.C.

**Tabla XXXVII. Tabla de peralte, longitud de espiral y sobreebanco de
30 KPH**

G	Radio	30 KPH				DB=28
		e	LS	SA	Cr. Max.	Dmin
1	1145.92	3.00	17	0.00	0.01	0g51m
2	572.96	3.00	17	0.00	0.02	1g42m
3	381.97	3.00	17	0.00	0.03	2g33m
4	286.48	3.00	17	0.00	0.04	3g24m
5	229.18	3.00	17	0.00	0.05	4g15m
6	190.99	3.00	17	0.00	0.06	5g06m
7	163.70	3.00	17	0.00	0.07	5g57m
8	143.24	3.00	17	0.00	0.08	6g48m
9	127.32	3.00	17	0.00	0.09	7g39m
10	114.59	3.37	17	0.00	0.10	8g30m
11	104.17	3.75	17	0.00	0.11	9g21m
12	95.49	4.12	19	0.60	0.16	11g24m
13	88.15	4.49	21	0.60	0.21	13g39m
14	81.85	4.84	22	0.60	0.25	15g24m
15	76.39	5.18	24	0.60	0.32	18g00m
16	71.62	5.51	25	0.60	0.37	20g00m
17	67.41	5.82	27	0.60	0.46	22g57m
18	63.66	6.13	28	0.62	0.53	25g12m
19	60.31	6.42	30	0.67	0.63	28g30m
20	57.30	6.70	31	0.72	0.74	31g00m
21	54.57	6.97	32	0.77	0.83	33g36m
22	52.09	7.23	33	0.82	0.94	36g18m
23	49.82	7.48	34	0.87	1.06	39g06m
24	47.75	7.71	36	0.92	1.26	43g12m
25	45.84	7.94	37	0.96	1.41	46g14m48s
26	44.07	8.15	38	1.01	1.57	49g24m15s
27	42.44	8.35	38	1.06	1.65	51g18m06s
28	40.93	8.54	39	1.11	1.84	54g35m39s
29	39.51	8.72	40	1.16	2.04	58g00m23s
30	38.20	8.89	41	1.21	2.26	61g29m44s
31	36.97	9.04	42	1.26	2.51	65g05m28s
32	35.81	9.19	42	1.31	2.62	67g12m
33	34.72	9.32	43	1.35	2.90	70g27m35s
34	33.70	9.44	43	1.40	3.02	73g06m27s
35	32.74	9.55	44	1.45	3.33	77g00m
36	31.83	9.65	44	1.50	3.47	79g12m09s
37	30.97	9.73	45	1.55	3.81	83g15m07s
38	30.16	9.81	45	1.60	3.96	85g29m16s
39	29.38	9.87	45	1.64	4.12	87g45m26s
40	28.65	9.92	46	1.69	4.51	91g59m36s
41	27.95	9.96	46	1.74	4.68	94g17m50s
42	27.28	9.99	46	1.79	4.85	96g36m47s
43	26.65	10.00	46	1.84	5.01	98g53m49s

DEPARTAMENTO TÉCNICO DE INGENIERÍA, D.G.C.

