



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

**“DISEÑO DE PAVIMENTACIÓN DEL TRAMO CARRETERO QUE CONDUCE
DESDE LA CABECERA MUNICIPAL DE FRAIJANES HACIA LA ALDEA EL
CERRITO EN EL MUNICIPIO DE FRAIJANES, DEPARTAMENTO DE
GUATEMALA”**

MARIO GUSTAVO AGUILAR ALEMÁN
ASESORADO POR ING. LUIS GREGORIO ALFARO VÉLIZ

GUATEMALA, AGOSTO DE 2005

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIRIA

**DISEÑO DE PAVIMENTACIÓN DEL TRAMO CARRETERO QUE CONDUCE
DESDE LA CABECERA MUNICIPAL DE FRAIJANES HACIA LA ALDEA EL
CERRITO EN EL MUNICIPIO DE FRAIJANES, DEPARTAMENTO DE
GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA

FACULTAD DE INGENIERIA

POR

MARIO GUSTAVO AGUILAR ALEMAN

ASESORADO POR ING. LUIS GREGORIO ALFARO VÉLIZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, AGOSTO DE 2005

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO:	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I:	
VOCAL II:	Lic. Amahán 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 Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO:	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR:	Ing. Carlos Salvador Gordillo
EXAMINADOR:	Ing. Luis Gregorio Alfaro Veliz
EXAMINADOR:	Ing. Ángel Roberto Sic García
SECRETARIA:	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

“DISEÑO DE PAVIMENTACIÓN DEL TRAMO CARRETERO QUE CONDUCE DESDE LA CABECERA MUNICIPAL DE FRAIJANES HACIA LA ALDEA EL CERRITO EN EL MUNICIPIO DE FRAIJANES, DEPARTAMENTO DE GUATEMAL”,

tema que me fuera asignado por la dirección de Escuela de Ingeniería Civil con fecha 28 de abril de 2005.

MARIO GUSTAVO AGUILAR ALEMÁN

AGRADECIMIENTO A:

- DIOS** Ser supremo que me ha dado la gracia de vivir, sabiduría y jamás abandonarme en los momentos de tensión y alegría. También, por darme las fuerzas para perseverar y alcanzar mis metas.
- Mis Padres** Rigoberto Gustavo Aguilar Solís (†) y Olga Marina Alemán Soberanis, por su apoyo, por su ejemplo y por su esfuerzo que ha servido como fuente de inspiración y ayuda para obtener el éxito en mi carrera profesional. Que Dios les bendiga
- Mis Hermanos** Gerber Estuardo Aguilar Alemán y Boris Ronaldo Aguilar Alemán por el cariño, apoyo moral y económico a lo largo del camino para alcanzar este triunfo que también les pertenece a ustedes. Que Dios los bendiga
- Ing. Oscar Argueta** Por brindarme su valiosa ayuda y compartirme sus conocimientos y experiencias que me sirvieron de apoyo para culminar esta carrera.
- Ing. Luis Alfaro** Por la colaboración y disponibilidad de su tiempo para la elaboración de este trabajo de graduación.
- Ing. Naáman Herrera** Por el apoyo brindado y colaboración en la realización del EPS, en la municipalidad de Fraijanes.
- Familia Argueta Mayorga** Por que con su cariño y aprecio me hicieron sentir parte de su familia. Que Dios los bendiga, gracias.
- Mis Amigos** A todos aquellos que me han brindarme su amistad sincera en especial a; José Luis Argueta, Pablo Bernabé Escobar, Freddy Paolo Gómez, Leonel Alfredo Marroquin, Coralia Larissa Vásquez, Boris Iván Ortiz, Juan Pablo García y Jorge Mario Rosales.

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por ser mi guía en todo lo que me propongo y por darme la vida, salud y sabiduría para alcanzar mis metas.
Mis padres	<p>Mi Madre Olga Marina Alemán Soberanis Incomparable ser engendrado por Dios, para darme el perpetuo apoyo a las aspiraciones de mi vida y que jamás abandonó por dura incertidumbre, su consejo sabio a los pasos de mis aspiraciones, hasta dejarme al final de esta carrera que honrará su nombre hasta el fin de mi existencia. Dios te Bendiga mamita.</p> <p>Mi Padre Rigoberto Gustavo Aguilar Solís (†) Quien ahora descansa en los brazos del Señor y sigue en el silencio dándome fuerzas para enfrentar las adversidades y compartir conmigo los éxitos profesionales. Descansa hoy y siempre en el refugio de la paz celestial.</p>
Mis Hermanos	Gerber Estuardo Aguilar Alemán y Boris Ronaldo Aguilar Alemán por brindarme su apoyo incondicional y consejos en todo momento. Gracias
Mis Sobrinitos	Allan Gustavo Aguilar Santos y Maria Jose Aguilar Quiroa
Mi Familia	Por todo el amor que me han dado.
Mis Abuelitos	Por su cariño y apoyo
Mi Novia	Fabiola Gómez Sagastume por su amor, apoyo incondicional y estar ahí en los momentos de alegría y tristeza, y permitirme ser parte de su vida.
Mis Amigos	Por su amistad sincera y ayuda en el transcurso de mi carrera. Gracias.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
ÍNDICE ILUSTRATIVO	V
GLOSARIO	VII
RESUMEN	XI
INTRODUCCIÓN	XIII
OBJETIVOS	XV
1. DISEÑO DE PAVIMENTACIÓN DEL TRAMO CARRETERO QUE CONDUCE DESDE LA CABECERA MUNICIPAL DE FRAIJANES HACIA LA ALDEA EL CERRITO EN EL MUNICIPIO DE FRAIJANES, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA	
1.1. Monografía del lugar	1
1.1.1. Ubicación geográfica	1
1.1.2. Límites y colindancias	3
1.1.3. Área de influencia	3
1.2. Topografía	4
1.2.1. Características físicas del área de influencia	4
1.3. Situación socio-económica	6
1.3.1. Características sociales	6
1.3.2. Características económicas	8
1.4. Servicios públicos	10
1.4.1. Educación	11
1.4.2. Servicios de comunicación	13
1.4.3. Salud	13
1.4.4. Agua potable	13
1.4.5. Drenajes	14

1.4.6. Energía eléctrica	14
1.4.7. Transporte	15
2. FASE DE SERVICIO PROFESIONAL	
2.1. Estudio Topográfico	17
2.1.1. Necesidades para la realización del diseño de la carretera	17
2.1.2. Estudio de la comunidad	18
2.1.2.1. Topografía del terreno	18
2.1.2.2. Localización del terreno	19
2.1.2.3. Normas para el diseño de carreteras	20
2.1.2.4. Criterios generales de diseño de carretera	20
3. DISEÑO DEL TRAMO CARRETERO QUE COMUNICARÁ A LA ALDEA EL CERRITO CON LA CABECERA MUNICIPAL, FRAIJANES DEPARTAMENTO DE GUATEMALA	
3.1. Descripción del proyecto	21
3.1.1. Levantamiento topográfico	21
3.1.1.1. Planimetría	21
3.1.1.2. Altimetría	22
3.1.2. Estudio de suelos	22
3.1.2.1. Ensayo para la clasificación del suelo	23
3.1.2.1.1. Análisis granulométrico	23
3.1.2.1.2. Límites de consistencia	24
3.1.2.2. Ensayos para la clasificación de la construcción	26
3.1.2.2.1. Determinación del contenido de humedad	26
3.1.2.2.2. Densidad máxima y humedad óptima	26
3.1.2.2.3. Ensayo de equivalente de arena.	26

3.1.2.3.	Ensayo para determinar la resistencia del suelo	27
3.1.2.3.1.	Ensayo del valor soporte del suelo (CBR).	27
3.1.3.	Diseño geométrico de la carretera	30
3.1.3.1.	Elementos geométricos del alineamiento transversal	31
3.1.3.1.1.	Ancho de corona	31
3.1.3.1.2.	Rasante	32
3.1.3.1.3.	Ancho de carril	32
3.1.3.1.4.	Hombros	32
3.1.3.1.5.	Pendiente transversal	33
3.1.3.1.6.	Bombeo	33
3.1.3.1.7.	Drenajes transversales	34
3.1.3.1.8.	Cunetas	34
3.1.3.2.	Alineamiento horizontal y vertical	35
3.1.3.2.1.	Alineamiento horizontal	36
3.1.3.2.2.	Alineamiento vertical	36
3.2.	Diseño geométrico de la carretera	37
3.2.1.	Curvas horizontales	37
3.2.1.1.	Elementos de curvas horizontales	38
3.2.1.1.1.	Ejemplo de cálculo de curva horizontal	39
3.2.2.	Curvas verticales	40
3.2.2.1.	Elementos de curvas verticales	41
3.2.2.1.1.	Ejemplo de cálculo de curva vertical	42
3.3.	Movimiento de tierras	42
3.3.1.	Subrasante.	43
3.3.2.	Sub-base	46
3.3.3.	Base	48
3.3.4.	Cálculo de áreas de las secciones transversales.	50
3.3.5.	Cálculo de volúmenes de tierra, volúmenes por estación	51
3.4.	Diseño de la estructura del pavimento	53
3.4.1.	Evaluación vehicular	54

3.4.2. Determinación de los coeficientes de capas.	59
3.4.2.1. Capa de balasto existente	59
3.4.2.2. Capa de sub-base	59
3.4.2.3. Capa de base triturada	60
3.4.3. Número estructural requerido	60
3.4.4. Número estructural aportado SN	61
3.4.5. Riego de Imprimación.	63
3.4.6. Tratamientos asfálticos superficiales	64
3.5. Diseño de pavimento flexible	66
3.5.1. Capa de rodadura de doble tratamiento superficial	66
3.6. Maquinaria	69
3.6.1. Maquinaria para excavación	70
3.6.2. Maquinaria para compactación	71
3.6.3. Maquinaria especial	72

4. PRESUPUESTO DEL DISEÑO DEL TRAMO CARRETERO

4.1. Presupuesto general del proyecto	75
4.1.1. Costos indirectos	75
4.1.2. Costos directos	75

CONCLUSIONES 79

RECOMENDACIONES 81

BIBLIOGRAFÍA 83

ANEXOS 85

PLANOS 92

ÍNDICE ILUSTRATIVO

FIGURAS

	Pág.
1 Mapa de macrolocalización	1
2 Mapa de área de influencia	4
3 Mapa de localización geográfica del proyecto	19
4 Detalle de sección típica "E"	30
5 Elementos de una curva horizontal	37
6 Elementos de una curva vertical	40
7 Diagrama de masas, movimiento de tierras	43
8 Determinación de volúmenes de tierra	52
9 Detalle de estructura de pavimento	67

TABLAS

	Pág.
I Población 2005 según género	7
II Clasificación de los centros poblados	8
III Población económicamente activa año 2005	10
IV Escuelas según centro poblado	11
V Población año 2005 según alfabetismo	12
VI Viviendas año 2005 y tipos de servicio según centros poblados	14
VII Clasificación del CBR	28
VIII Análisis de resultados	29
IX Cantidades de movimiento de tierra del tramo carretero	53
X Conteo vehicular	54
XI Determinación del T.P.D.A.	56
XII Carga por tipo de vehículo y eje	57
XIII Proyección vehicular 2005-2025	58
XIV Bitumen para riego de imprimación	64
XV Resumen de los parámetros de diseño a utilizar	69
XVI Integración de costos	76
XVII Cantidades estimadas de trabajo y costos unitarios	77

GLOSARIO

AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials.
Abrasión	Desgaste de los materiales por medio de fricción.
Acarreo	Es el transporte de materiales no clasificados, provenientes del corte y de préstamo, así como el transporte del material de desperdicio a cualquier distancia que exceda de 1 km menos la distancia de acarreo libre, en este caso, no se considera sobre-acarreo.
Agregados pétreos	Materiales inertes resultantes de la desintegración natural de rocas o que se obtienen de la trituración de las mismas o de otros materiales inertes suficientemente duros.
Alcantarilla de metal corrugado	Son conductos que se construyen debajo de la subrasante de una carretera u obras viales con el objeto de evacuar las aguas superficiales .
Alquitrán	Líquido viscoso, de olor característicos, obtenido por destilación seca de productos diversos, hulla, lignito, turba, madera.
Área de influencia	Es el área donde se presentarán y/o tendrán influencia los impactos adversos o benéficos de un proyecto.
ASTM	American Society for Testing and Materials

Balasto	Es el material selecto que se coloca sobre la subrasante terminada de una carretera con el objeto de protegerla y que sirva de superficie de rodadura.
Banco de materiales	Lugar aprobado para la extracción de materiales de estructuras y capas del balasto.
Bituminoso	Es el material que contiene mineral natural rico en carbono e hidrógeno.
Cajas y cabezales	Son las estructuras de concreto ciclópeo, colocadas en los extremos de las alcantarillas, para encausar el agua y proteger la carretera.
Contracunetas	Son los canales que se construyen en uno o ambos lados de una carretera, paralelamente a ellas y fuera de los límites de construcción, con el objeto de drenar el agua de lluvia que cae sobre las áreas contiguas a dichos límites.
Contratista	Es la persona individual o jurídica con quien el Gobierno celebra un contrato para la ejecución de una obra.
Corte	Es la excavación que se realiza en el terreno de conformidad al trazo de la carretera o camino; los cortes pueden efectuarse a media ladera.
Cuneta	Zanja lateral, generalmente, paralela al eje de la carretera o del camino.

Excavación	Es la operación de extraer y remover cualquier clase de material dentro de los límites de construcción, para incorporarlo al camino.
Excavación de canales	Es la construcción de conductos abiertos para la conducción de agua.
Excavación no clasificada	Es la operación de cortar y rellenar cualquier tipo de material dentro o fuera de los límites de construcción.
Grado de curvatura máximo	De acuerdo con el tipo de carretera, se fija un grado máximo de curva por usarse que llene las condiciones de seguridad para el tránsito a la velocidad de diseño.
INE	Instituto Nacional de Estadística
Pendiente máxima	Es la mayor pendiente que se permite utilizar en un proyecto, la cual dependerá de la topografía del terreno
Pendiente mínima	Es la pendiente que se utiliza para permitir la funcionalidad del drenaje.
P.E.A.	Población Económicamente Activa

Rasante	Es trazo vertical que determina el nivel superior sobre la línea central que se proyecta construir a lo largo de la carretera.
Sección típica	Es la representación gráfica transversal y acotada, que muestra las partes y componentes de una carretera.
Superficie de rodadura	Área destinada a la circulación de vehículos, o bien la capa sobre la cual se aplican directamente las cargas de tránsito.
Taludes	Son los planos inclinados de la terracería que delimitan los volúmenes de corte o terraplén; están contenidos entre la cuneta y el terreno natural.
Terracería	Prisma de corte o terraplén, en el cual se construyen las partes de la carretera.
T.P.D.A.	Tránsito promedio diario anual
Viga Benkelman	Es el instrumento de medición que se utiliza para verificar la deflexión de la estructura del pavimento y de la capa de rodadura, prácticamente, con una peso y longitud determinadas.

RESUMEN

El presente trabajo de graduación consiste en la realización del estudio y diseño de la pavimentación del tramo carretero que conduce desde la cabecera municipal de Fraijanes hacia la aldea El Cerrito en el municipio de Fraijanes, departamento de Guatemala”

Las diferentes aldeas y caseríos que se ubican en el trayecto del tramo, se encuentran, actualmente, con un camino deficiente y en mal estado, por lo que el desarrollo de una ampliación y mejoramiento del tramo carretero solucionará en gran medida las carencias del transporte colectivo. El reacondicionamiento y mejoramiento involucra una sub-base y base de material granular con espesores de 30 y 20 centímetros, correspondientemente, y una superficie de rodadura de doble tratamiento asfáltico superficial con un espesor de 2.54 centímetros, cunetas, contracunetas, drenajes transversales, longitudinales, formación de taludes. El diseño de las curvas horizontales, verticales y las pendientes máximas y mínimas del terreno, velocidades mínimas de diseño, se ejecutó con base en normas y especificaciones establecidas por la Dirección General de Caminos.

Con la realización de este proyecto se persigue que las comunidades mejoren las condiciones de vida de sus pobladores y tengan una vía alterna de acceso con adecuadas condiciones.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, la cabecera municipal de Fraijanes, el caserío Las Crucitas y la aldea El Cerrito están intercomunicados por una carretera de terracería en malas condiciones; especialmente del caserío Las Crucitas hacia la aldea El Cerrito, en donde la rodadura es de tierra arcillosa, lo que dificulta la circulación de vehículos; afortunadamente, la topografía es plana y ondulada, con una longitud de 4.82 km. En este mismo trayecto existen dos quebradas que en el invierno, con las crecidas de los ríos, no permite la circulación de vehículos y se interrumpe el flujo de personas hacia la aldea El Cerrito

Con este trabajo se pretende desarrollar técnicas de diseño en el área de pavimentos, implementando criterios y herramientas correspondientes a la rama de la Ingeniería Civil, así también mostrar detalles de importancia para mejorar las condiciones de vida de las aldeas anteriormente mencionadas.

La pavimentación del tramo carretero proporcionará a las cinco comunidades una vía de acceso con adecuadas especificaciones que permitirá el acceso de vehículos de todo tipo en cualquier época del año con lo cual se estará contribuyendo a apoyar el desarrollo y bienestar de la población que habita en dicha aldea y comunidades aledañas.

Paralelamente, con la ejecución de este proyecto se estará brindando la oportunidad a la cabecera municipal de Fraijanes, de tener una ruta alterna para intercomunicarse con la aldea El Cerrito y la aldea los Verdes, en el caso fortuito de que se obstaculizara la carretera RN-2.

OBJETIVOS

➤ General

Mejorar las condiciones de acceso de los cinco centros poblados que se encuentran dentro del área de influencia del proyecto, a través de la pavimentación de la carretera que los intercomunicará; pues permitirá su integración social, productiva y facilitará el intercambio de bienes y servicios.

➤ Específicos

1. Permitir la intercomunicación entre los distintos centros poblados, así como el fácil acceso a la cabecera municipal de Fraijanes, mediante la pavimentación del tramo de la carretera de dichas comunidades.
2. Optimizar la utilidad, mejoramiento y comercialización de los excedentes de producción agrícola, principalmente, aquella de exportación, aumentando la inversión en el área de influencia, con el propósito de diversificar las oportunidades de empleo y aumentar el nivel de ingresos de sus habitantes.
3. Facilitar el acceso en condiciones apropiadas, del transporte colectivo a las comunidades y de esta manera, disminuir el tiempo de viajes de los usuarios de la carretera.

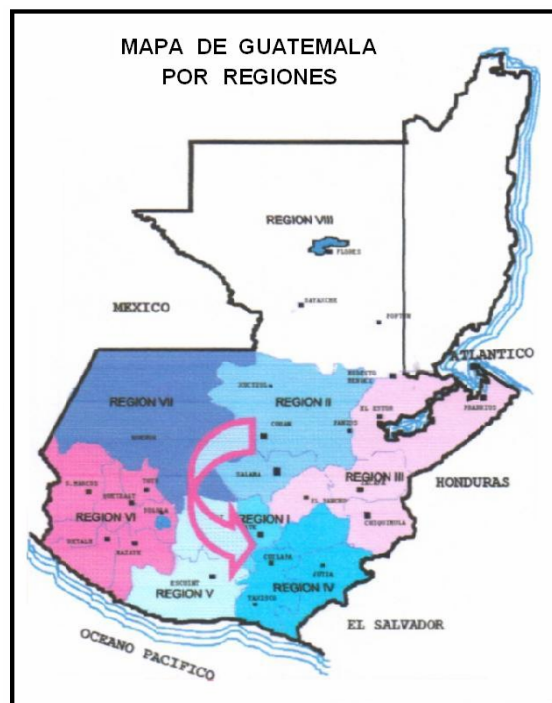
1. DISEÑO DE PAVIMENTACIÓN DEL TRAMO CARRETERO QUE CONDUCE DESDE LA CABECERA MUNICIPAL DE FRAIJANES HACIA LA ALDEA EL CERRITO EN EL MUNICIPIO DE FRAIJANES, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA

4.2. Monografía del lugar

4.2.1. Ubicación geográfica

En términos de macrolocalización, el proyecto se enmarca en la región 1 metropolitana, que comprende el departamento de Guatemala. Para mayor detalle ver figura 1.

Figura 1. Mapa de macrolocalización



El municipio de Fraijanes, está situado en la parte sur del departamento de Guatemala, en la Región 1 o Región Metropolitana. Se localiza en la latitud 14° 27' 45" y en la longitud 90° 26' 25". Limitada al norte con el municipio de Santa Catarina Pinula (Guatemala); al sur con los municipios de Barberena y Santa Cruz Naranjo (Santa Rosa) y San José Pinula (Guatemala), y al oeste con los municipios de Villa Canales y Santa Catarina Pinula (Guatemala), cuenta con una extensión territorial de 91 Km², y se encuentra a una altura de 1630 metros sobre el nivel del mar, su clima es templado. Está ubicado a una distancia de 28 Kms de la cabecera departamental de Guatemala.

El municipio cuenta con 1 pueblo que es la cabecera: Fraijanes, así como con 4 aldeas y 11 caseríos:

Las aldeas son:

El Cerrito, con los caseríos:

Concepción

Las Crucitas

Rabanales

Lo de Diéguez, con los caseríos:

Arrazola

Don Justo

La Morena

Los Verdes, Puerta del Señor, con los caseríos:

Colombia

Los Guajes

Rustrián

Santa Isabel

Santa Lucía

Parajes, con los caseríos:

El Ciprés

El Manzanillo

El Naranjo

Joya de Los Muertos

Su economía se basa en la producción agrícola de: maíz, frijol y café en gran escala; su producción pecuaria, es la crianza de cerdos y la avicultura. La única artesanía que se le conoce es la elaboración de candelas y tejas de barro. Con base en el XI Censo de Población de 2,002, dicho municipio tiene una población de 30,701 habitantes.

4.2.2. Límites y colindancias

A nivel de microlocalización el proyecto se ubica en jurisdicción del municipio de Fraijanes. Inicia en la cabecera municipal de Fraijanes con rumbo hacia el caserío Las Crucitas y la Aldea El Cerrito.

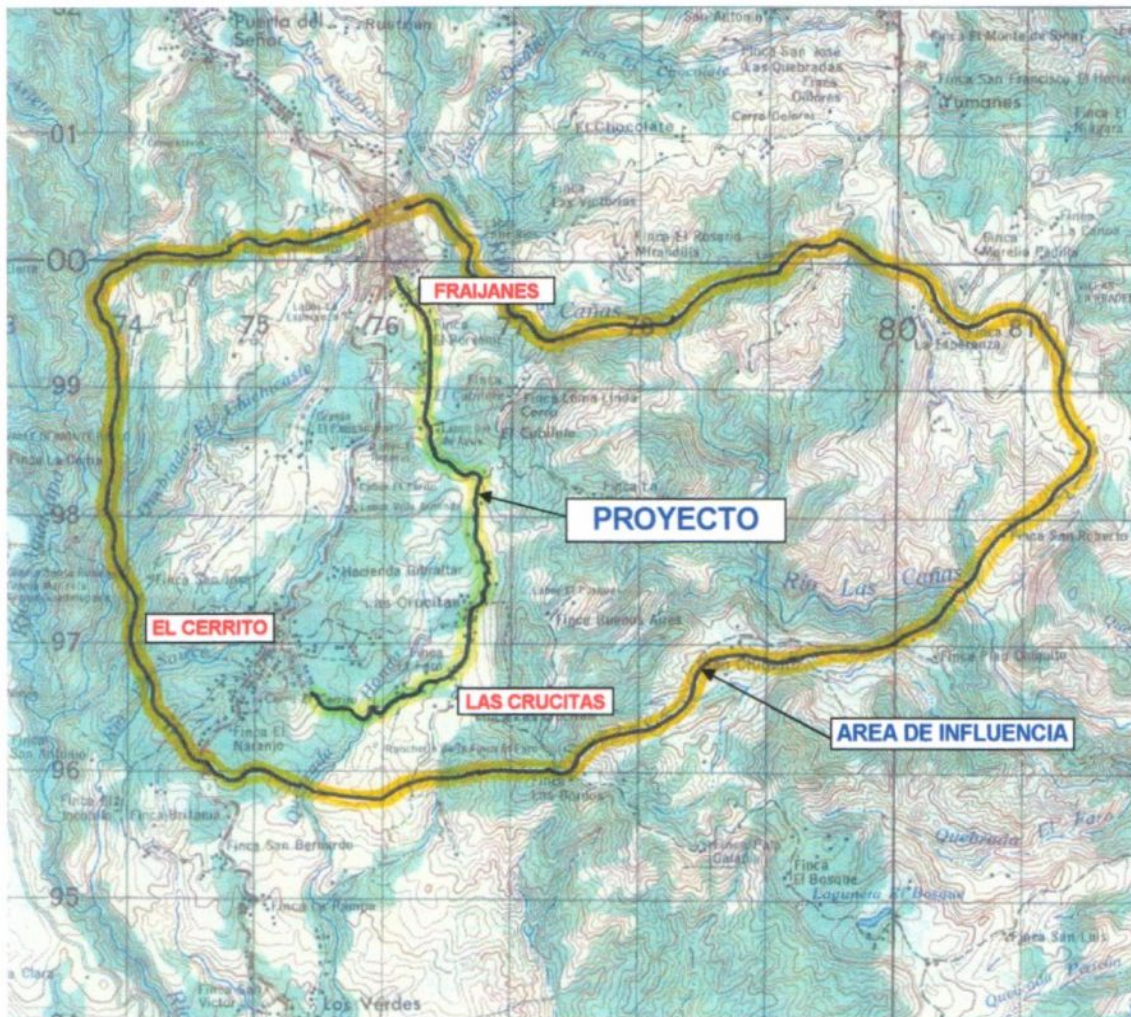
4.2.3. Área de influencia

La zona de influencia del proyecto fue delimitada, tomando como referencia el análisis de información de gabinete y mapas cartográficos. El área de influencia económica se delimitó tomando en primer lugar el acceso que la carretera induce a la población para transportarse y transportar, así mismo sus productos agrícolas.

El proyecto se localiza hacia el sur de la cabecera municipal del municipio de Fraijanes, en el departamento de Guatemala; la zona limita hacia el norte con la cabecera municipal de Fraijanes, finca El Pensamiento y el río Las Cañas; hacia el sur con fincas El Naranjo y Los Bordos; hacia el este con fincas San Roberto y Plan Chiquito; y hacia el oeste a inmediaciones del río

Aguacapa y fincas Monte Bello y La Ceiba. Se estima el área de influencia en 21.5 km² equivalente a 2,150 hectáreas

Figura 2. Mapa del área de influencia



4.3. Topografía

4.3.1. Características físicas del área de influencia

Suelos

Los suelos predominantes en el área son los de la altiplanicie central, caracterizados por pendientes escarpadas con pequeñas áreas casi planas o valles ondulados. Se encuentran clasificados en el subgrupo D, los cuales son poco profundos, sobre materiales volcánicos. Los suelos de Fraijanes son de poco a moderadamente profundos, bien drenados, desarrollados sobre toba volcánica en un clima húmedo-seco.

El suelo superficial, tiene una profundidad de 25 centímetros, siendo franco arcilloso o franco café muy oscuro. Presenta un contenido de materia orgánica alrededor del 4%, la estructura es granular fina poco desarrollada. El suelo es suave cuando está húmedo y friable cuando está seco. La reacción es de mediana a ligeramente ácida, con un pH alrededor de 6.0, parte de estos suelos es utilizada para el cultivo de café, obteniéndose aproximadamente un 20% de la producción. Es recomendable mantenerlos con cubierta vegetal y técnicas de conservación de suelos como el cultivo con curvas de nivel, para evitar problemas de erosión.

Geología

Tomando como referencia el mapa geológico de la República de Guatemala, así como las visitas de campo realizadas, se identificó que la zona de estudio tuvo su origen a partir de rocas volcánicas. Predominantemente coladas de lava y sedimentos volcánicos. Toda el área es parte de la zona volcánica del país, correspondiente al vulcanismo terciario.

Hidrología

De acuerdo con el mapa hidrológico de la República de Guatemala, en el recorrido del proyecto, se ubicaron 2 pequeñas quebradas: Niño Chico y La Asunción; estos cuerpos de agua pertenecen a la cuenca Los Esclavos en la vertiente del Pacífico

Clima

En el área prevalece un clima templado; temperatura oscila entre 15 a 21 grados centígrados; las horas sol se estiman en 180 mensuales y la humedad relativa corresponde al 80%.

4.4. Situación socio-económica

4.4.1. Características sociales

Población

La población en el año 2,005 en los 5 centros poblados del área de influencia, es de 11,612 habitantes aproximadamente. En las visitas y la información obtenida se observó que cada familia de los centros poblados está compuesta por un promedio de seis miembros.

Por otro lado, la población mostró una tasa de crecimiento de 4.56%, según la información registrada en el Censo de Población 1994. Con esa base, se estimó que la población crecerá a un ritmo de 4.56 % anual; por lo que puede preverse que para el año 2,025 vivirán en el área de influencia 28,366 habitantes.

En la tabla I se muestra la proyección realizada. De los centros poblados ubicados en el área de influencia, la mayor cantidad de población está en el casco urbano de Fraijanes con 7,822 habitantes, seguido por la aldea el Cerrito con 2,975 habitantes. Luego, los menos poblados son en su orden: las fincas El Cubilete y El Porvenir con 15 y 270 habitantes respectivamente. Con base en la población existente en el área de influencia, se determinó una densidad de población de 541 habitantes por km².

Aspectos poblacionales

La estimación de la población en los centros poblados, se hizo con base en la información del Censo de Población de 1994 y su proyección al año 2,005, de acuerdo con las tasas de crecimiento Inter-censales. Así también, en la visita al proyecto se obtuvo información de los alcaldes auxiliares de los centros poblados ubicados en el área de influencia y de la Oficina Municipal de Planificación de la Municipalidad de Fraijanes, quien suministró la información correspondiente al año 2,005.

Tabla I. Población 2005 según género

CENTRO POBLADO	TOTAL	GÉNERO	
		HOMBRES	MUJERES
Pueblo de Fraijanes	7822	3803	4019
Aldea El Cerrito	2975	1493	1482
Finca El Cubilete	15	10	5
Finca El Porvenir	270	125	145
Caserío Las Crucitas	530	264	266
TOTAL	11612	5695	5917
%	100	49,04	50,96

FUENTE: Estimación, con base en estadísticas del INE, e información en campo

Centros poblados

En el área de influencia del proyecto definida en 21.5 km², se localizan cinco poblados que serán beneficiados directamente. Estos se muestran en el siguiente cuadro:

Tabla II. Clarificación de los centros poblados.

Centro Poblado	Categoría	Jurisdicción
Fraijanes	Pueblo	Fraijanes
El Cerrito	Aldea	Fraijanes
El Cubilete	Finca	Fraijanes
El Porvenir	Finca	Fraijanes
Las Crucitas	Caserío	Fraijanes

FUENTE: Estimación, con base en la información tomada en el lugar del proyecto.

Organizaciones sociales

En el área de influencia existen formas de organización social de carácter religioso y de organización comunal. En torno a las primeras se observaron iglesias cristianas en las que se profesan las religiones católica y evangélica. En cuanto a las segundas, constituidas por Comités Pro-mejoramiento de las aldeas y caseríos, cabe citar, las Juntas Escolares, Comités de Padres de Familia, y Comité de Desarrollo.

4.4.2. Características económicas

Tenencia de la tierra

En la investigación realizada y las entrevistas con habitantes de los 5 centros poblados, se determinó que la mayoría de las familias ahí asentadas

son propietarias de la tierra. El tamaño promedio de las propiedades varía, pues hay que tomar en consideración que los habitantes de la cabecera municipal de Fraijanes utilizan de distinta manera el recurso suelo. Ésta por lo general es para fines de vivienda particular por lo que los lotes son de distintas medidas.

En un esfuerzo por encontrar un promedio, se puede afirmar que está en el orden de 20 x 25 metros. En el área rural las fincas tienen un área de entre 4 y 6 caballerías lo que les permite hacer un uso eficiente de tan importante factor de la producción.

Sectores económicos

El sector más importante desde el punto de vista económico es el agropecuario. En efecto, el área del proyecto se caracteriza por su vocación cafetalera por lo que el Sub sector agrícola está orientado al cultivo de café.

Debe hacerse hincapié en los rendimientos por unidad de superficie son altos, pues los propietarios de las fincas disponen de asesoría y asistencia técnica. Lo anterior obedece a que las técnicas de producción se adecuan al uso del suelo para obtener altos rendimientos. Sin embargo, actualmente el precio del café ha mostrado una tendencia a la baja, lo que está incidiendo en el empleo de mano de obra.

Población económicamente activa

Con base en los datos de la población existente en los centros poblados del área de influencia y las entrevistas realizadas a los habitantes, se estimó que la Población Económicamente Activa -PEA- es del orden de 3,744 personas, que representan la fuerza laboral, equivalentes al 40.92% de la Población en Edad de Trabajar PET-3, es decir, la comprendida entre los 7 años y más de edad. Dicho porcentaje está ligeramente por debajo de la media

del departamento de Guatemala que es de 41.5%. De esta PEA, la ocupada corresponde en términos absolutos aproximadamente a 3,613 personas; de las cuales, el 44% está inserta en actividades agrícolas, un 19% en la construcción, un 17% en servicios personales, el 9% en la industria y un 8% en actividades comerciales u hoteles. De la PEA, un 80.25% son hombres y el 19.75% mujeres.

Lo anterior ilustra el desempleo y la subocupación de la mano de obra en el área de influencia, pues debido al mal estado de la carretera, impide la posibilidad de movilizar insumos y complementar programas productivos. En la tabla III se muestra la PEA de los centros poblados del área de influencia.

Tabla III. Población económicamente activa año 2005

CENTRO POBLADO	POBLACIÓN 1/	PEA		
		TOTAL	HOMBRES	MUJERES
Pueblo de Fraijanes	6178	2534	1991	543
Aldea El Cerrito	2342	942	797	145
Finca El Cubilete	12	8	8	0
Finca El Porvenir	214	90	61	29
Caserío Las Crucitas	403	170	147	23
TOTAL	9149	3744	3004	740
%	100	40,92	32,83	8,09

1/ Población de 7 años y mas edad

FUENTE: Estimación, con base en estadísticas del INE, e información obtenida en visitas de campo.

4.5. Servicios públicos

Dentro de las instituciones del sector público que tienen presencia en el área de influencia del proyecto, se pueden citar las siguientes:

Sector Educación:

Escuelas

Sector Salud:

Puesto de Salud

Sector Administración:

Alcaldías auxiliares

Sector Energía:

Empresa Eléctrica S.A.

Sector Telecomunicaciones:

TELGUA

4.5.1. Educación

En el área de influencia existe servicio de educación pre-primaria y primaria. Es de hacer notar que la población en edad escolar que vive en las fincas, asiste a clases en los niveles pre-primario y primario, a las escuelas del caserío Las Crucitas y la aldea El Cerrito. A continuación se detalla la cobertura de las escuelas.

Tabla IV. Escuelas según centros poblados

CENTRO POBLADO	GRADOS	No. Escuelas	No. Alumnos	No. Maestros
Pueblo de Fraijanes	(1 - 6) a/	1	435	13
Caserío Las Crucitas	(1 - 6) a/	1	120	2
Aldea El Cerrito	(1 - 6) a/	2	534	16
TOTAL		4	1089	31

a/ Incluye Pre-primaria

FUENTE: Estimación, base en visitas de campo

El horario de clases es de 7:30 A.M. a 12:30 P.M. En la época de invierno se ve afectado el proceso de enseñanza-aprendizaje, pues por el mal estado de las carreteras, algunas veces se les dificulta a los docentes llegar a las escuelas.

Cada docente atiende un promedio de 36 alumnos, con la desventaja de que no todos son del mismo grado, pues en la misma jornada cubre los distintos grados.

En cuanto al nivel de alfabetismo, con base en los resultados obtenidos del Censo de Población de 1994, se estimó que actualmente un 74.90% de la población de 15 y más años de edad es alfabeto. El 25.10% restante de la población es analfabeta. El analfabetismo se manifiesta en mayor porcentaje entre las mujeres. Lo anterior es de vital interés tomarlo en consideración al planificar proyectos educativos con enfoque de género.

Tabla V. Población año 2005 según alfabetismo 1/

CENTRO POBLADO	TOTAL	POBLACIÓN	
		ALFABETA	ANALFABETA
Pueblo de Fraijanes	4637	3501	1136
Aldea El Cerrito	1753	1350	403
Finca El Cubilete	10	5	5
Finca El Porvenir	155	129	26
Caserío Las Crucitas	299	149	150
TOTAL	6854	5134	1720
%	100	74,91	25,09

1/ Se consideró a la población de 15 años y más

FUENTE: Estimación, con base en estadísticas del INE, e información del Censo de Población de 1994

4.5.2. Servicios de comunicación

Tomando en cuenta el aislamiento de los distintos centros poblados, los medios de comunicación como el correo y telégrafo, juegan un papel importante para sus habitantes; quienes si cuenta con dichos servicios; los alcaldes auxiliares velan por el cumplimiento de éstos. En cuanto al servicio telefónico, cuentan con teléfono privado, tipo celular.

4.5.3. Salud

De los 5 centros poblados ubicados en el área de influencia, únicamente en la cabecera municipal de Fraijanes existe centro de salud tipo "A" y una clínica del IGSS. En la aldea El Cerrito existe puesto de salud. En casos de gravedad tienden a desplazarse hacia el casco urbano de Fraijanes. Los habitantes del caserío Las Crucitas se dirigen bien a la aldea El Cerrito o a Fraijanes.

4.5.4. Agua potable

Del total de viviendas existentes en el área de influencia, 2,029 equivalentes al 98%, cuentan con servicio de agua potable. La mayor proporción de viviendas con este servicio, se observó en la cabecera municipal de Fraijanes, la aldea El Cerrito y el caserío Las Crucitas. En el caso particular de las viviendas ubicadas en las fincas, pudo observarse que se surten del vital líquido a través de pilas públicas propiedad de los dueños de las fincas o pozos.

En el caso particular del casco urbano de Fraijanes y de la aldea El Cerrito, el servicio de agua potable se presta durante las 24 horas del día. Sin embargo, en el caserío Las Crucitas únicamente 6 horas diarias. En este centro poblado existen chorros públicos.

4.5.5. Drenajes

En lo que respecta al servicio de drenaje; 1,994 viviendas localizadas en el área de influencia, equivalentes al 96% del total, disponen del citado servicio; especialmente en los centros poblados con mayor cobertura de agua potable, como es el caso de Fraijanes, la aldea El Cerrito y el caserío Las Crucitas. En el resto de los casos existe pozo ciego o letrinas aboneras.

4.5.6. Energía eléctrica

En el área de influencia cuentan con acometida de energía eléctrica. Del total de viviendas 2,027, equivalentes al 98% están conectados a la acometida. En las viviendas que no poseen energía eléctrica, correspondiente al 2%, sus habitantes utilizan candiles o candelas para iluminación, éstas se ubican dentro de las fincas particulares.

Tabla VI. Viviendas año 2005 y tipos de servicio según centros poblados.

CENTRO POBLADO	TOTAL VIVIENDAS	SERVICIOS		
		AGUA	DRENAJE 1/	ELECTRICIDAD
Pueblo de Fraijanes	1479	1479	1479	1479
Aldea El Cerrito	425	400	415	402
Finca El Cubilete	3	2	1	2
Finca El Porvenir	54	42	15	38
Caserío Las Crucitas	106	106	84	106
TOTAL	2067	2029	1994	2027
%	100	98,16	96,47	98,06

1/ Pozo ciego o letrina abonera en fincas

FUENTE: Estimación, con base a las visitas de campo e información otorgada por la municipalidad

4.5.7. Transporte

Por su cercanía con el área urbana de Fraijanes, la aldea El Cerrito cuenta con servicio de transporte colectivo, en un horario de 5:00 AM a 7:00 PM, con una periodicidad de cada media hora. El valor del pasaje es de Q 1.00 y si transportan bultos mayores de un quintal cobran Q 1.00. En el caso particular del caserío Las Crucitas solo una vez al día; la tarifa es de Q 1.00.

5. FASE DE SERVICIO PROFESIONAL

5.1. Estudio Topográfico

5.1.1. Necesidades para la realización del diseño de la carretera

Una de las principales funciones de la municipalidad de Fraijanes, departamento de Guatemala, es realizar las acciones necesarias para llevar a todo el municipio mejoras sustanciales en su infraestructura, lo cual generará un mejor desarrollo, sobre todo en las áreas que registran menor nivel de vida entre sus habitantes.

Las condiciones socio-económicas de los habitantes del área de influencia de 21.5 Km² especialmente los que viven en el área rural, se califican de pobreza y extrema pobreza, debido a que presentan problemas para satisfacer las más elementales necesidades básicas. El total de habitantes asentados es de 11,612, distribuidos en 5 centros poblados (un pueblo, una aldea, un caserío y dos fincas).

La falta de carretera con adecuadas especificaciones técnicas, no estimula a realizar mejores prácticas productivas en el área de influencia de 21.5 km² lo cual incide en la mala utilización del factor tierra. En este sentido, se considera que con la pavimentación de la carretera, se propiciará un mejor uso de este importante factor de producción. En efecto, se prevé que con la construcción de la carretera aumentará la superficie para la producción de café y se elevará la productividad, con los consiguientes beneficios para los habitantes de los centros poblados ubicados dentro del área de influencia, en especial de los jornaleros.

Por otro lado la falta de una carretera en buen estado contribuye a que la población tenga que invertir mucho tiempo para trasladarse de un lugar a otro. EL tramo carretero originalmente de terracería, se encuentra en condiciones regulares de transitabilidad.

Con la pavimentación de este tramo, se contará con un acceso adicional a la aldea El cerrito, el cual será de mucho beneficio a la comunidad, además de los beneficios que traerá para las poblaciones circundantes. La mayoría de los habitantes que viven en la zona de influencia del proyecto se dedican a las faenas agrícolas como el café, cosechándose maíz y frijol. Por tal motivo era necesario llevar a cabo la realización del estudio de factibilidad y diseño final para asfalto del tramo carretero FRAIJANES - EL CERRITO, del municipio de Fraijanes, Departamento de Guatemala.

5.1.2. Estudio de la comunidad

5.1.2.1. Topografía del terreno

En la actualidad la superficie de rodadura del camino existente está constituida por una sub-rasante deformada con balasto y sin ninguna compactación, con un ancho promedio de 4.00 metros, y con pendientes no mayores al 20%, en un 40% el camino se encuentra fuera de especificaciones, por lo que se ratificaran curvas colocándoles radios mayores o iguales a 16.37 metros (grado 700) como mínimo. Dicho camino cuenta con pocas obras de drenaje menor y su rodadura, con una capa de balasto.

El tramo se desarrolla sobre una zona cárstica donde la orografía es ondulada, el drenaje no es definido y cuenta con zonas inundables. La pendiente en general va del 8% al 20% en parte de la ruta.

5.1.2.2. Localización del terreno

El tramo en estudio inicia al sureste del Municipio de Fraijanes, pasando por el caserío Las Crucitas y finaliza al sur de la aldea el cerrito, del municipio de Fraijanes. El tramo posee una longitud aproximada de 4.826 kilómetros, longitud de diseño. La riqueza del municipio radica en los productos de sus fincas, haciendas y labores. Antaño, el fríjol de este lugar competía en calidad y fama entre el mejor del país. En poca escala se elabora teja de barro.

Ubicación geográfica del proyecto

El proyecto, objeto del presente estudio se localiza en el municipio de Fraijanes, específicamente en el Caserío las Crucitas, departamento de Guatemala, cuyas coordenadas geográficas son las siguientes: Latitud $14^{\circ}26'04''$ y longitud $90^{\circ} 26'00''$ (ver figura 3). El proyecto inicia en la 3era. Avenida zona 1 del municipio de Fraijanes y finaliza en la Aldea El Cerrito pasando por el Caserío Las Crucitas.

Figura 3. Mapa de localización geográfica



5.1.2.3. Normas para el diseño de carreteras

Los Términos de Referencia establecían que la municipalidad de Fraijanes debe observar cuidadosamente las normas de diseño del Departamento Técnico de la División de Planificación y Estudios, de la DGC, sin embargo existen varios sub-tramos en que el camino existente no llena tales requisitos, debiendo forzar el diseño a situaciones extremas por la falta de disponibilidad de áreas para el desarrollo de la línea central del alineamiento vertical.

Los trabajos que se solicitan se regirán por las especificaciones generales para la construcción de carreteras y puentes (edición diciembre de 2001) de la dirección general de caminos. Sección Típica “E”, con 2 carriles de 2.75 metros de ancho con hombros de 0.75 metros a cada lado.

5.1.2.4. Criterios generales de diseño de carretera

De conformidad con los Términos de Referencia el diseño geométrico debía basarse principalmente en el alineamiento existente, limitando a un mínimo las modificaciones recomendadas, debido a la falta de derecho de vía. El trabajo se realizó de conformidad con lo establecido en los Términos de Referencia.

En un afán de asumirse criterios flexibles en cuanto a la factibilidad del proyecto, se ha tenido el cuidado de minimizar el movimiento de tierras y la afectación al medio ambiente. Dentro de la flexibilidad de los estándares, para minimizar el movimiento de tierras, será conveniente emplear pendientes longitudinales mayores al 15% pero menores al 17%, minimizando el movimiento de tierras.

6. DISEÑO DEL TRAMO CARRETERO QUE COMUNICARÁ LA ALDEA EL CERRITO CON LA CABECERA MUNICIPAL, FRAIJANES DEPARTAMENTO DE GUATEMALA

6.1. Descripción del proyecto

La municipalidad de Fraijanes en la propuesta presentada y de acuerdo con los Términos de Referencia, hacía la indicación que el Diseño Geométrico seguiría al máximo el alineamiento existente y que se observarían cuidadosamente las normas de diseño Geométrico de la Dirección General de Caminos las cuales están basadas en las normas de la AASHTO.

6.1.1. Levantamiento topográfico

El levantamiento topográfico lo constituye la altimetría y la planimetría, las que son fundamentales para el diseño de cualquier proyecto su aplicación es determinante para obtener las libretas de campo y planos que reflejen la conformación real del lugar de ejecución de un proyecto.

6.1.1.1. Planimetría

Esta se define como el conjunto de trabajos necesarios para representar gráficamente la superficie de la tierra, tomando como referencia el norte para su mejor orientación.

Este trabajo se realizó para obtener la representación gráfica en planta del terreno. Así, de esta forma localizar la línea central, secciones

transversales y la ubicación de los servicios existentes en la vía principal del municipio.

6.1.1.2. Altimetría

Es la medición de las alturas de una superficie de la tierra, con el fin de representar gráficamente, para que conjuntamente con la planimetría, se defina la superficie en estudio, representada en tres dimensiones.

El trabajo de nivelación consistió en obtener información altimétrica de la línea central, en la que se colocaron estaciones a cada 20 metros. Después de la nivelación del eje central, se trabajaron las secciones transversales seccionando a cada 20 metros, sobre el eje central y 10 metros en ambos lados del eje. Esto, con el propósito de determinar el volumen de corte y relleno. Otro de los elementos por considerar, fue la colocación de bancos de marca (BM), éstos son muy importantes para el replanteo de los trabajos, se colocaron en rocas y puntos considerados como permanentes, con una separación de 500 a 1000 metros, entre bancos de marca (BM).

6.1.2. Estudio de suelos

En todo trabajo de pavimentación, es necesario conocer las características del suelo. El diseño del pavimento, se basa en los resultados de los ensayos de laboratorio, que se realizan a las muestras del suelo, las cuales se extraen del lugar donde se construirá el pavimento.

6.1.2.1. Ensayo para la clasificación del suelo

Esta evaluación consiste específicamente, con pruebas normalizadas por la AASHTO y la ASTM. Las pruebas más comunes que se realizan a los suelos que soportaran un pavimento son:

Granulometría, límites de consistencia, proctor o compactación, CBR valor soporte y equivalente de arena.

6.1.2.1.1. Análisis granulométrico

El análisis granulométrico de un suelo consiste en separar y clasificar por tamaños los granos que lo componen.

Para el análisis granulométrico se toman unos 7 kilogramos de muestra aproximadamente, se somete a una temperatura constante de 110 grados centígrados durante 24 horas, para eliminar toda la humedad. La muestra, libre de humedad, se pesa y se obtiene el peso bruto seco (PBS). Luego, sumergir la muestra seca en agua durante 24 horas, calculando que en este tiempo esté totalmente saturada. Se lava el material, pasándolo por el tamiz 200, hasta que el agua salga clara. Todo el material con diámetro mayor al tamiz 200, se mete al horno hasta que esté seco, es decir, cuando presente peso constante. Luego se pasa la muestra por el juego de tamices, que generalmente son: 11/2", 3/4" No-4, No.10, No.40, No.80 y No.200.

Lo que pasa el tamiz 200 debe desecharse, entonces se procede a calcular los porcentajes que pasan los tamices en forma acumulada. El porcentaje de finos es igual a lo que paso en el tamiz 200. El porcentaje de arena es igual al porcentaje que pasa la malla 10 menos el porcentaje que pasa

la malla 200. El porcentaje de grava es igual al 100% menos el porcentaje que pasa la malla 10.

6.1.2.1.2. Límites de consistencia

Para este ensayo se utilizan aproximadamente unos 3 kg. de material, los cuales deben ponerse en saturación durante 24 horas. El propósito de hacer este ensayo, con material lavado, es para que todas las partículas finas, que están adheridas a las grandes, se desprendan de ellas. Después de las 24 horas de saturación, se lava el material, se pasa por el tamiz 40, desechando el retenido. Lo que pasa el tamiz 40 se deja sedimentar, se elimina el agua cuidadosamente, hasta que quede una pasta, con lo cual se calcularan los límites.

Límite líquido (LL)

El límite líquido es el porcentaje de humedad de una muestra, colocada en la copa de casagrande, la cual después de hacerse pasar el ranurador al centro, debe cerrarse la ranura aproximadamente con 25 golpes. Si el número de golpes es diferente de 25, el límite líquido se calcula con la siguiente fórmula:

$$LL = \%H(N/25)^{0.121}$$

Donde:

LL = Límite Líquido

%H = Porcentaje de humedad

N = Número de golpes

Límite plástico (LP)

El límite plástico se calcula rodando una muestra de forma cilíndrica de 2 cm. de diámetro sobre una superficie lisa (vidrio preferentemente) hasta que alcance un diámetro aproximado de 3 mm. La muestra se sigue amasando hasta que empiece a agrietarse. El límite plástico es el contenido de humedad expresado en % de su peso secado al horno, que tiene el material en el momento que empieza a agrietarse.

Índice de plasticidad (IP)

El índice de plasticidad (IP) es la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico.

$$\text{I.P.} = \text{LL} - \text{LP}$$

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

Según Atterberg, la plasticidad de los suelos se clasifica de la siguiente forma:

I.P = 0 = Suelo no plástico

I.P entre 0 y 7, es un suelo que tiene una baja plasticidad

I.P entre 7 y 17, es un suelo de mediana plasticidad

I.P mayor de 17, es un suelo altamente plástico

Un suelo como base de un pavimento, debe tener un I.P menor de 6, siendo el máximo permitido de 9.

6.1.2.2. Ensayos para la clasificación de la construcción

6.1.2.2.1. Determinación del contenido de humedad

Estos ensayos se usan para asegurar que los suelos se compacten adecuadamente durante la construcción y que se cumplan las condiciones impuestas en el proyecto.

Entre los ensayos de control de la construcción se tiene lo siguiente:

- a) Determinación del contenido de humedad
- b) Densidad máxima y humedad óptima
- c) Ensayo de equivalente de arena

6.1.2.2.2. Densidad máxima y humedad óptima

El método usado es el dinámico, conocido como método "proctor, del cual se utilizó el proctor modificado.

6.1.2.2.3. Ensayo de equivalente de arena.

Se hace con el fin de conocer el porcentaje relativo de finos plásticos que contienen los suelos y los agregados pétreos.

Este ensayo consiste, esencialmente, en una serie de mediciones en la suspensión del suelo, mediante una solución básica de agua con cloruro de calcio mezclado con formaldehído y glicerina. El ensayo se realiza, principalmente, cuando se trata de materiales que se usarán como base, sub-base y bancos de préstamo.

6.1.2.3. Ensayo para determinar la resistencia del suelo

Estos ensayos se usan para determinar la capacidad de carga de los suelos, y con base en estos, determinar si son adecuados para usarlos en construcción.

6.1.2.3.1. Ensayo del valor soporte del suelo (CBR)

El ensayo de CBR (ASTM lo denomina simplemente como un ensayo de relación de soporte) mide la resistencia al corte de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas. El ensayo permite tener un número de la relación de soporte, sin embargo, por las condiciones de humedad y densidad, es evidente que este número no es constante para un suelo dado, sino que se aplica solo al estado en el cual se encontraba el suelo durante el ensayo.

El número CBR (o simplemente CBR) se obtiene como la relación de la carga unitaria (en libras por pulgadas cuadradas) necesaria para lograr una cierta profundidad de penetración del pistón (de un área de 19.4 cm²) entre la densidad, respecto de una carga patrón requerida para obtener la misma profundidad de penetración en una muestra standard de material triturado. Lo anterior se resume en la siguiente ecuación:

$$\text{CBR} = \frac{\text{carga unitaria del ensayo} * 100(\%)}{\text{carga unitaria patrón}}$$

De esta ecuación se puede ver que el número CBR es un % de la carga unitaria patrón, En la práctica, el símbolo de % se obvia y la relación se presenta por el número entero, por ejemplo como 2, 45, ó 98.

El número CBR usualmente se basa en la relación de carga para una penetración de 0.10 pulg. Sin embargo, si el valor de CBR a una penetración de 0.20 pulg, es mayor, el ensayo debería repetirse (ordinariamente), si un segundo ensayo produce nuevamente un valor de CBR mayor de 0.20 pulg. de penetración dicho valor debe aceptarse como valor final del ensayo.

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

El ensayo de CBR comprende, además, la determinación de las propiedades expansivas del material (porcentaje de hinchamiento). El valor final del CBR se utiliza para establecer una relación entre el comportamiento de los suelos; principalmente, con fines de utilización de bases y subrasante bajo pavimentos de carreteras o aeropistas.

Tabla VII. Clasificación del CBR

Número de CBR	Clasificación general	Usos
(0 - 3)	Muy pobre	subrasante
(3 - 7)	Pobre a regular	subrasante
(3 - 20)	Regular	Sub-base
(20 - 50)	Bueno	Sub--base, base
(50 o más)	Excelente	Base

FUENTE: Mecánica de suelos, Juárez Badillo, Rico Rodriguez

Finalmente, el CBR es el factor que determinará el diseño de espesores de capas de pavimento. Usualmente, el valor de CBR se convierte en modulo

Tabla VIII. Análisis de resultados

ENSAYOS DE LABORATORIO																
Estación	Análisis Granulométrico						H	Proctor		Valor Soporte		Límites de consistencia			Clasificación	Observación
	3/8"	4	10	40	100	200		DM	%H	%CBR	%HI	%LL	%LP	IP		
0+000	100	99,6	83,2	74,5	56	81	1442	29	13,6	1,2	57,4	40	17,4	A-7-5	Arcilla limosa	
0+500	100	98,6	90,1	85,2	70,3	78	1414	35,5	11	1,6	58,3	43,7	14,6	A-7-5	Arcilla limosa	
1+000	100	99,7	96,1	93,3	82,9	97	1368	36,8	3,8	2,7	59,2	44,1	15,1	A-7-5	Arcilla limosa	
1+500	93,7	86,6	79,1	59,3	45,4	83	1523	28,6	14,5	0,8	40,6	31,9	8,7	A-2	Arcilla	
2+000	83,7	75,8	65,8	49,6	36,5	75	1692	15,8	25	0,6	42,2	35,7	6,5	A-2-4	Arcilla	
2+500	90,3	86,4	81,6	65,7	53,1	85	1653	21,8	15,5	0,9	35,2	26,3	8,9	A-4	Arcilla limosa	
3+000	89,9	86,4	82,8	67,2	55,3	70	1667	22,5	15	1	36,7	27	9,7	A-4	Arcilla	
3+500	92,9	89,3	85	69	53,4	76	1610	21,8	14,2	0,9	34,8	27,2	7,6	A-4	Arcilla	
4+000	100	96,4	83,3	74,2	61,9	80	1490	28,2	12	1,2	50,3	34,9	15,4	A-7-5	Arcilla limosa	
4+500	100	99,6	95,8	85,3	72,7	77	1422	30,4	8,6	1,2	61,1	44,4	16,7	A-7-5	Arcilla limosa	
5+000	100	96,2	87,6	77,3	64,2	82	1371	34	7	1,8	57,3	41,3	16	A-7-5	Arcilla limosa	

FUENTE: Datos de laboratorio proporcionados por la municipalidad de Fraijanes

H: Profundidad en cm,

DM: Densidad máxima en kg/m³

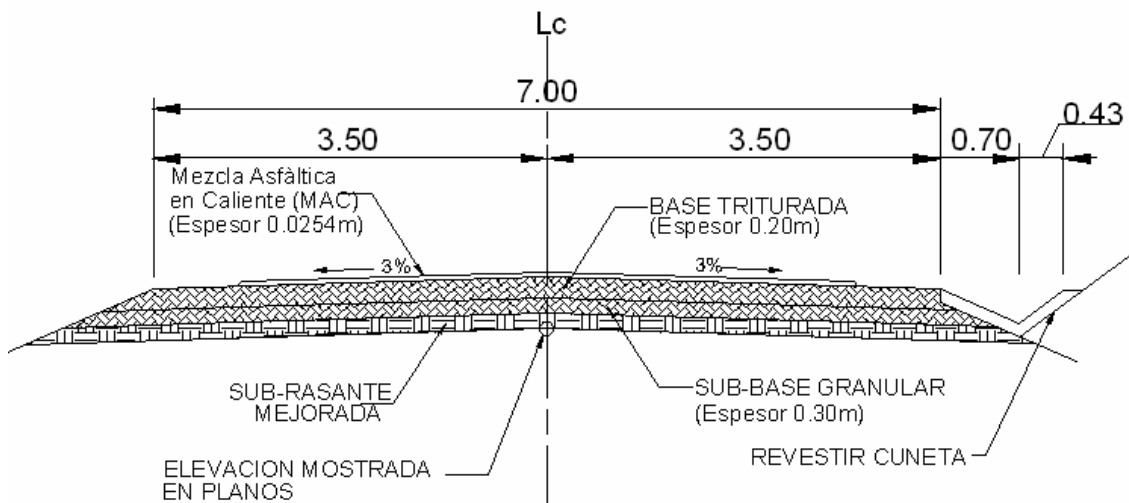
%H: Porcentaje de humedad óptima

%HI: Porcentaje de hinchamiento máximo

6.1.3. Diseño geométrico de la carretera

Se determinó utilizar la Sección Típica E de la Dirección General de Caminos. Dicha Sección cuenta con un ancho de calzada de 5.50 m (incluye cunetas y el talud de caída del espesor de la capa de balasto en ambos lados), usa radios mínimos de 16.37 m ($G=70^\circ$), pendiente longitudinal máxima del 12% (en casos especiales hasta un 17% en distancias no mayores a los 200 m), pendiente mínima del 0.5% para el drenaje superficial y una distancia de visibilidad de paso de 150 m, con el objeto de mantener un costo del proyecto acorde con el volumen de tránsito existente y proyectado. Ver detalle de sección típica en la figura 4.

Figura 4. Detalle de sección típica final



Carretera típica "E"

Ancho de calzada:	5.50 m
Ancho de corte:	9.50 m
Ancho de relleno	8.50 m
Derecho de vía:	25.00 m

FUENTE: Diseño del tramo carretero (ver planos)

Un diseño geométrico de carreteras, óptimo, es aquel que se adapta económicamente a la topografía del terreno y cumple a la vez con las características de seguridad y comodidad del vehículo. Sin embargo la selección de un trazado y su adaptabilidad al terreno depende de los criterios del diseño geométrico seleccionado. Estos criterios a su vez dependen del tipo e intensidad del tráfico futuro, así como de la velocidad del proyecto.

Se realizó un levantamiento topográfico utilizando una poligonal localizada y nivelada con secciones transversales a cada 20 metros. En cada sección transversal se levantó información hasta una distancia de 30 metros a ambos lados de la línea central como mínimo y reduciendo la distancia longitudinal entre secciones a 10 m en las curvas; sin embargo en casos en donde los habitantes no daban el respectivo permiso para seccionar, se levantaba hasta el cerco o lindero existente; esto se hizo para evitar malestar en la población.

6.1.3.1. Elementos geométricos del alineamiento transversal

Los elementos geométricos del alineamiento transversal son aquellos que definen el perfil del terreno en dirección normal al eje del alineamiento horizontal.

Sobre la sección transversal es posible definir disposición y dimensiones de los elementos que forman la carretera en el punto correspondiente a cada sección.

6.1.3.1.1. Ancho de corona

Es la superficie de la carretera que queda comprendida entre las aristas del terreno y los interiores de las cunetas. Esta superficie es el espacio

fundamental del diseño transversal del pavimento; pues, en ella se sitúan los elementos mas importantes para la construcción de una carretera en el sentido transversal. Los elementos que definen el ancho de corona son: la rasante, ancho de calzada, pendiente transversal y los hombros.

6.1.3.1.2. Rasante

Es la línea que se obtiene al proyectar sobre un plano vertical el desarrollo de la corona en la parte superior del pavimento. Este elemento es fundamental para el diseño que indica el nivel final de la carretera. La diferencia fundamental de la rasante respecto de la subrasante, es que esta última es el lecho de apoyo de las diferentes capas de pavimento, aunque todo diseño final siempre debe estar de acuerdo con el nivel de la rasante.

6.1.3.1.3. Ancho de carril

El ancho de carril es parte del ancho de corona, destinada a la circulación de vehículos. Están constituidos por uno o más carriles, entiéndase por carril a la superficie de rodamiento que tiene el ancho suficiente para permitir la circulación de una hilera de vehículos. Para este proyecto cada carril tendrá un ancho de 2.50 metros.

6.1.3.1.4. Hombros

El hombro es el área o superficie adyacente a ambos lados del carril el cual se diseña para obtener ventajas tales como la protección del pavimento, la protección de humedad y posibles erosiones en el carril, proporcionando al mismo tiempo seguridad al usuario, al disponer de un espacio adicional fuera del carril y así, evitar accidentes al detener la marcha en un determinado momento. El proyecto que se diseña en este estudio no contará con hombro a

ambos lados de la calle porque el ancho del carril ocupará el total del área transversal del terreno.

6.1.3.1.5. Pendiente transversal

Es la pendiente que se le da a la corona del eje perpendicular al de la carretera. Según su relación con los hombros y alineación horizontal se describe a continuación el tipo de bombeo utilizado en este diseño:

Pendiente por bombeo: es la pendiente transversal que se da a la corona, en las tangentes de alineamiento horizontal, con el objetivo de facilitar el escurrimiento superficial del agua.

Pendiente por peralte. Es la inclinación dada a la corona sobre una curva, para contrarrestar parcialmente el efecto de la fuerza centrífuga que ejerce el peso del vehículo en movimiento.

Pendiente por transición. Es el bombeo dado para el cambio gradual de la pendiente por peralte hacia la pendiente por bombeo.

6.1.3.1.6. Bombeo

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

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

Un bombeo apropiado permite un drenaje correcto de la corona con la mínima pendiente, para que el conductor no experimente incomodidad o inseguridad en condiciones normales de operación.

6.1.3.1.7. Drenajes transversales

Su finalidad es permitir el paso transversal del agua sobre un camino, sin obstaculizar el paso.

En este tipo de drenajes, algunas veces será necesario construir grandes obras u obras pequeñas denominadas de drenaje mayor y de drenaje menor, respectivamente.

6.1.3.2. Cunetas

Son obras de drenaje que pertenecen a la sección típica. Consiste en canales o conductos abiertos para la conducción del agua, construidas paralelamente al eje de la carretera para drenar el agua de lluvia.

Contra cuneta

La función de las contra cunetas es prevenir que llegue al camino un exceso de agua o humedad, aunque la práctica ha demostrado que en muchos casos no es conveniente usarlas debido a que, como se construyen en la parte aguas arriba de los taludes, provocan reblandecimientos y derrumbes.

Si son necesarias, deberá estudiarse muy bien la naturaleza geológica del lugar donde se van a construir, alejándolas lo más posible de los taludes y zampeándolas en algunos casos para evitar filtraciones.

Obras de drenaje

En la estimación de cantidades de estructuras de drenaje se tabulará donde se requieren tuberías, con su diámetro correspondiente, la cota invert, la pendiente y el esviaje correspondiente. Se determinará la excavación estimada de canales, si se trata en la entrada o en la salida y la longitud correspondiente.

Se determinará la excavación estructural para alcantarillas ya sea que se trate de la requerida para tuberías o para cabezales. Así también la construcción de derramaderos, con su caída, longitud, ancho y volumen correspondiente. Se ha estimado el volumen de concreto para los tragantes y alas, según el tipo recomendado. Para el presente caso se sugirieron las longitudes de cunetas, muros de gaviones, longitud de subdrenaje.

Por conveniencia de transporte y construcción se recomienda el uso de tubería corrugada de diversos diámetros, calibre 16 como mínimo. En las tuberías se usará tubería de 30" como diámetro mínimo, salvo si se indica en forma diferente en el resumen de estructuras de drenaje.

6.1.3.3. Alineamiento horizontal y vertical

El alineamiento horizontal y vertical permite hacer diseños donde se conjuguen a un mismo tiempo el recorrido de vía tanto en su longitud como en su elevación. El proceso geométrico implica el uso de tangentes y curvaturas, en diversas combinaciones para establecer el trazo horizontal o alineación de la ruta y de niveles pendientes verticales para desarrollar el perfil de la misma en el plano vertical.

6.1.3.3.1. Alineamiento horizontal

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

Los elementos que definen al alineamiento horizontal son los siguientes.

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

6.1.3.3.2. Alineamiento vertical

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

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

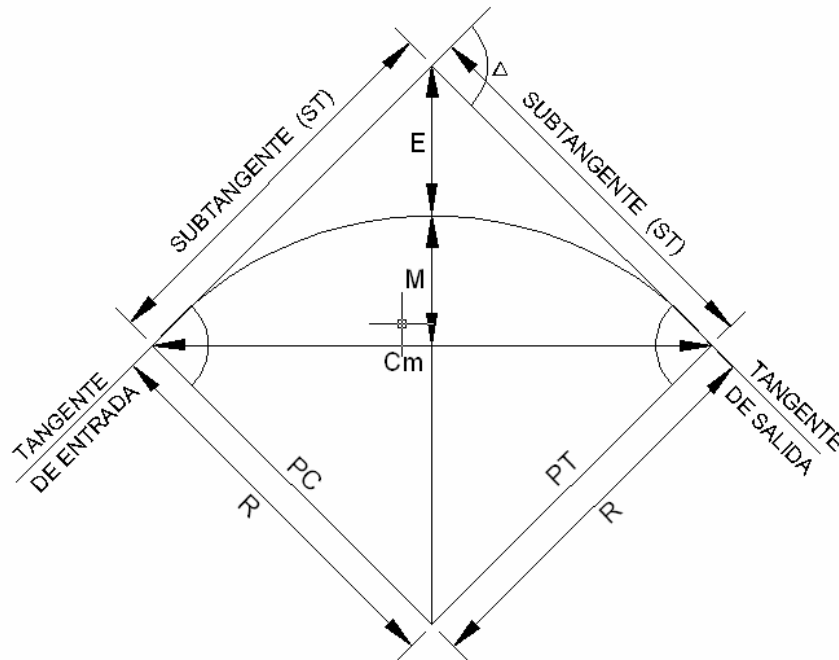
6.2. Diseño geométrico de la carretera

6.2.1. Curvas horizontales

Se le llama curva circular horizontal, al arco de circunferencia del alineamiento horizontal que une dos tangentes consecutivas, en los caminos vecinales de cualquier tipo se usarán únicamente curvas circulares simples, sin curvas de transición en los extremos de estas tangentes.

Para el cálculo de elementos de curva, es necesario tener las distancias entre los PI de localización, los deltas calculados en el inciso anterior y el grado de curva (G) que será colocado por el diseñador. Con el grado (G) y el delta (A) se calculan los elementos de la curva. En el país se define un grado de curva (G) como el ángulo central, subtendido por un arco de 20 metros.

Figura 5. Elementos de una curva horizontal



Fuente: Metodología de actividades para el diseño geométrico de carreteras

6.2.1.1. Elementos de curvas horizontales

PI	Punto de intersección de la prolongación de las tangentes
PC	Punto donde comienza la curva simple
PT	Punto donde termina la curva circular simple
Δ	Ángulo de deflexión de las tangentes
G	Grado de curvatura de la curva circular
R	Radio de curva
ST	Subtangente
E	External
M	Ordenada media
Cm	Cuerda máxima
Lc	Longitud de curva

- **Grado de curvatura.** Es el ángulo central que subtiende un arco de circunferencia de 20 metros de longitud.

$$G/360 = 20/2\pi R = G = 20 \cdot 360 / 2\pi R = 1145.9156/R$$

- **Longitud de curva.** Es la longitud del arco, comprendida entre el PC y PT, cuyo ángulo central es (Δ) (deflexión).

$$Lc = (20 \cdot \Delta) / G$$

- **Subtangente.** Es la distancia entre el PC y el PI o entre el PI y el PT.

$$Stg. = R \cdot \tan(\Delta/2)$$

- **Cuerda máxima.** Es la distancia en línea recta desde el PC al PT.

$$C_{\max.} = 2R \cdot \text{Sen}(\Delta/2)$$

- **External.** Es la distancia desde el PI al punto medio de la curva.

$$E = R \cdot \text{Sec}(\Delta/2)$$

- **Ordenada media.** Es la distancia dentro del punto medio de la curva y el punto medio de la cuerda máxima.

$$M = R \cdot (1 - \cos(\Delta/2))$$

6.2.1.1.1. Ejemplo de cálculo de curva horizontal

Criterios considerados:

Si $\Delta > 90^\circ$ se fija un radio

Si $\Delta < 90^\circ$ se fija sub-tangente

Para la curva a calcular $\Delta = 60^\circ 28' 25''$

$$R = St/\text{tg}(\Delta/2) = 31.00/\text{Tg}(60^\circ 25' 25''/12) = 31.00/0.5822 = 53.24 \text{ metros}$$

$$G = 1145.9156/R = 1145.9156/53.24 = 21^\circ 31' 24'' = 21^\circ$$

$$L_c = (\Delta/G) \cdot 20 = (60.42361/21.523) \cdot 20 = 56.14 \text{ metros}$$

$$C_{\max} = 2R \cdot \text{sen}(\Delta/2) = 2 \cdot 53.24 \cdot \text{sen}(60^\circ 25' 25''/2) = 53.58 \text{ metros}$$

Cálculo de caminamiento.

$$PC = PI - Stg = 0+176.44 - 31.00 = 0+145.44$$

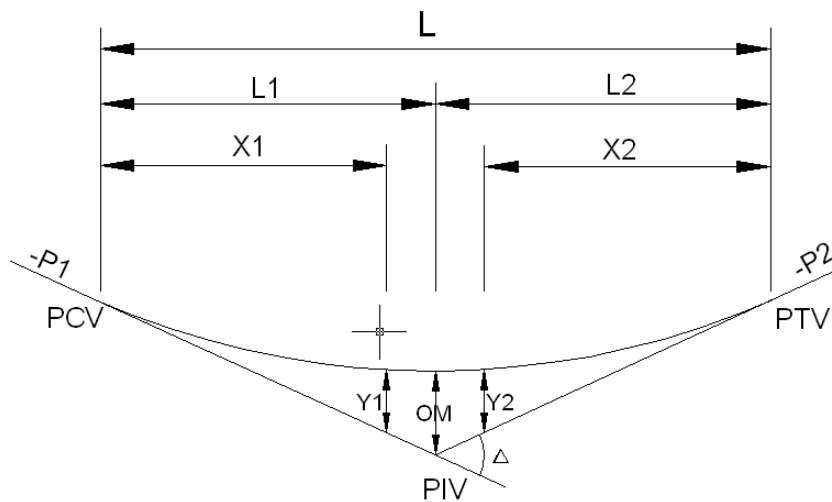
$$PT = PI + Lc = 0+145.44 + 56.14 = 0+201.58$$

6.2.2. Curvas verticales

La finalidad de una curva vertical es proporcionar suavidad al cambio de una pendiente a otra, estas curvas pueden ser circulares, parabólicas simples, parabólicas cúbicas, etc. La que se utiliza en el Departamento de Carreteras de D.G.C. es la parabólica simple, debido a la facilidad de su cálculo y a su gran adaptabilidad a las condiciones necesarias de operación.

Las especificaciones de la D.G.C. tienen tabulados valores para longitudes mínimas de curvas verticales, en función de la diferencia algebraica de pendientes y de la velocidad de diseño. En algunas oportunidades, los requerimientos de drenaje podrán determinar la longitud mínima de una curva vertical.

Figura 6. Elementos de una curva vertical



Fuente: Metodología de actividades para el diseño geométrico de carreteras

6.2.2.1. Elementos de curvas verticales

PIV	Punto de intersección de las tangentes
PCV	Punto en donde comienza la curva vertical
PTV	Punto en donde termina la curva vertical
Δ	Angulo de deflexión de las tangentes
P1	Pendiente de la tangente de entrada en por ciento
P2	Pendiente de la tangente de salida en por ciento
LCV	Longitud de curva vertical
L1	Longitud de curva vertical 1
L2	Longitud de curva vertical 2
OM	Ordenada media
K	Variación de longitud por unidad de pendiente, $K = L/A$
X1	Distancia del PCV a un punto cualquiera de la curva
X2	Distancia del Piv a un punto cualquiera de la curva
Y1	Elevación en una distancia x1
Y2	Elevación en una distancia X2

Al momento de diseñar, se deben considerar las longitudes mínimas permisibles de curvas, con el objeto de evitar el traslape de las mismas, dejando también la mejor visibilidad posible a los conductores. Estas curvas pueden ser calculadas de la siguiente forma.

$$L=K*A$$

Donde:

- L: Longitud mínima de curva vertical (cóncava o convexa para la visibilidad).
- K: Constante que depende de la velocidad de diseño.
- A: Diferencia algebraica de pendientes.

6.2.2.1.1. Ejemplo de cálculo de curva vertical

LCV = K * Diferencia algebraica de pendientes

Velocidad de diseño 40 K.P.H, curva convexa

K = 4, según tablas

Diferencia algebraica de pendientes 8.20 %

Longitud mínima de curva vertical = $4 * (14.28 - 6.08) = 32.8$ metros

Aproximando LCV = 40.00 metros

EST. 0+240.00 = PIV ELV. 987.15 metros

Pendiente de entrada = 6.08 %

Pendiente de salida = 14.28 %

Dif. de pendientes A = 14.28% - 6.08% = 8.20%

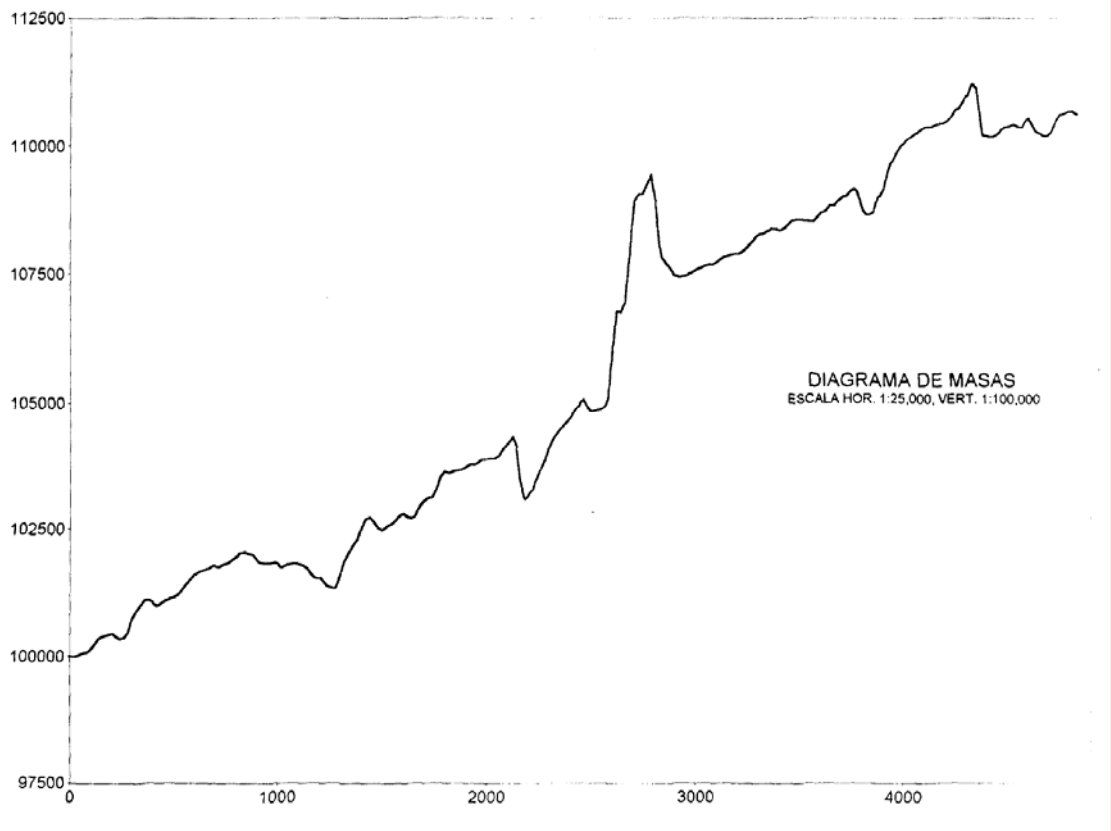
Ordenada media OM = $L_c * A/800 = 40*8.20/800 = 0.41038$

$K = OM/(L_c/2)^2 = 0.00102595.$

6.3. Movimiento de tierras

El movimiento de tierras es el corte, remoción, utilización o disposición de los materiales extraídos en los cortes, incluyendo el de préstamo o desperdicio; comprende también, la construcción de terraplenes, conformación, compactación y acabado de todo el trabajo de terracería.

Figura 7. Diagrama de masas



FUENTE: Diseño del tramo carretero (ver planos)

El movimiento de tierras depende directamente, del diseño de la subrasante de la carretera, e influye, en el costo de la misma; puede variar de volúmenes de cientos de metros cúbicos a mover en terrenos planos, a miles de metros cúbicos en terrenos montañosos.

6.3.1. Subrasante.

La subrasante es el perfil de la terracería del camino, compuesta por líneas rectas con pendientes determinadas y unidas por arcos de curvas parabólicas verticales.

Según el sentido del caminamiento, las pendientes ascendentes son positivas y las descendentes negativas; estas se proyectan con aproximación de centésimos.

La subrasante que se proyecte debe compensar cortes y rellenos, pero no siempre es posible, pues algunas veces, existen puntos obligados. Para el diseño de la subrasante del camino se consideraron los siguientes elementos: pendientes máximas, que están en función del tipo de carretera y de terreno, y las pendientes mínimas, que se usan para establecer el drenaje en las carreteras. Otro elemento importante por considerar es el movimiento de tierras, tratando de compensar los cortes con los rellenos.

Los suelos clasificados como A-8, según la especificación AASTHO M145, que son altamente orgánicos, están constituidos por materiales vegetales, parcialmente carbonizados o fangosos; éstos son inapropiados.

Para identificar este tipo de suelo, no se necesitan pruebas de laboratorio; solamente una inspección visual servirá para observar la materia orgánica parcialmente podrida; que presenta las siguientes características: generalmente su textura es fibrosa; tiene color café oscuro o negro; son altamente compresibles y de muy baja resistencia y contienen basura o impurezas, que son perjudiciales para el cimiento del pavimento.

Las rocas mayores de 10 centímetros, que se encuentran 30 centímetros superiores de la capa de suelo de subrasante, también son inapropiadas.

Los suelos apropiados, de preferencia deben ser granulares con menos de 3% de hinchamiento, según ensayo AASHTO T-193 y no deben tener características inferiores a la de los suelos de los tramos que se están reacondicionando.

Para realizar los trabajos de reacondicionamiento de la subrasante, se deben atender a las siguientes operaciones:

- ✓ Limpiar toda la vegetación existente sobre toda la superficie a reacondicionar.
- ✓ Delimitar los tramos indicando claramente la estación inicial y final del tramo.
- ✓ Reemplazar el material inapropiado, y proceder a señalar las áreas, excavar y reemplazarlo con material apropiado de préstamo o de sub-base, que llene las especificaciones técnicas para cada uno, y luego compactarlo.
- ✓ Escarificar el área hasta una profundidad de 20 centímetros, eliminando las rocas mayores de 10 centímetros, y acondicionándolas fuera del camino; después ajustar y conformar la superficie efectuando cortes y rellenos no mayores de 20 centímetros de espesor. El suelo a reacondicionar, previo a compactarse, se debe humedecer adecuadamente, chequeando la humedad óptima del material y secar el material.
- ✓ Al presentarse casos donde es necesario realizar cortes mayores de 20 centímetros, para poder dejar los niveles de acuerdo con lo indicado en los planos, se aceptan los cortes o deben completarse rellenos con material de préstamo apropiado; dichos excedentes se trabajarán como trabajos suplementarios. Es aceptable una superficie reacondicionada de 3 centímetros en más o menos, respecto del nivel de conformación de superficie indicada en los planos.

- ✓ Debe compactarse hasta lograr el 95% (de compactación) respecto a su densidad máxima, según el método AASHTO T 180.
- ✓ La compactación en campo se debe comprobar de preferencia, según AASHTO T 191, con la aprobación del supervisor residente. Se puede aceptar una tolerancia en menos del 2%, respecto al porcentaje de compactación del 95% especificado. Los ensayos se deben efectuar como mínimo, a cada 400 metros cuadrados de subrasante reacondicionada.

6.3.2. Sub-base

El material de sub-base que se va a utilizar debe ser obtenido de bancos seleccionados por el contratista y que cumplan con los requisitos establecidos, acompañados por los respectivos resultados de los ensayos de laboratorio practicados.

El espesor compactado puede ser variable por tramos, lo cual dependerá de las condiciones y características de los suelos existentes en la sub-rasante; pero no se debe construir a menos de 10 centímetros ni mayor de 70 centímetros. Para este diseño la capa de material de sub-base será de 30 centímetros.

Los espesores requeridos deben ser los indicados en los planos y/o disposiciones especiales, o en los resultantes del diseño de pavimento para el tramo correspondiente. En situaciones especiales, donde se requiera espesores de base mayores de 70 centímetros, debido a baches o mejoras en la subrasante, se debe trabajar la subrasante, efectuando cortes y rellenos con material de préstamo que cumpla con las especificaciones técnicas de los materiales apropiados para subrasante.

El diseño del espesor compactado adecuado, debe ser determinado por medio de un método técnico de diseño de pavimentos reconocido profesionalmente, en donde se deben considerar las características y condiciones del tránsito probable con las de la subrasante y así establecer el espesor total del pavimento. Al restar los espesores de las capas superiores especificadas, se deduce el espesor requerido de la sub-base.

De preferencia, el método de diseño que debe utilizar el delegado residente es el que establece el Instituto de Asfalto, MS-1, a no ser que se indique de otra forma en las disposiciones especiales.

La capa de sub-base, debe estar constituida por suelos de tipo granular en su estado natural, que llene los requisitos siguientes:

- ✓ El material debe tener un valor soporte CBR, AASHTO T-193 mínimo de 35, efectuado sobre muestra saturada a 95% de compactación, AASHTO T-180.
- ✓ El índice de plasticidad AASHTO T-90, no deberá de ser mayor a 6, y de preferencia un límite líquido, AASHTO T-89, menor de 25. En el caso de que el límite líquido sea mayor de 25, el contratista deberá comprobar fehacientemente que el porcentaje de hinchamiento no exceda al 1.5% y que el C.B.R. esté sobre el mínimo requerido.
- ✓ El equivalente de arena mayor al 25 %, determinado por AASHTO T126.
- ✓ La compactación deberá alcanzar el 100% de la densidad determinada por el método AASHTO T-180 y se deberá comprobar de preferencia por el método AASHTO T-191.

- ✓ El control de calidad, tolerancias y aceptación, se tomarán de acuerdo con la sección 303.11 del libro de Especificaciones Generales para la construcción de Carreteras y Puentes edición septiembre del 2001.
- ✓ El material de sub-base no debe de tener materias vegetales, basura, terrones de arcilla y ningún material extraño que pueda ser perjudicial.
- ✓ La deflexión máxima permisible para esta capa será de 0.05" (1.27 mm.) medida por medio de la Viga Benkelman u otro método aceptado internacionalmente y aprobado por el Delegado Residente de la obra.

6.3.3. Base

Para construcción del material de base con grava, granular o base negra, los materiales deben cumplir con los siguientes requisitos para cada caso:

Base de grava o piedra triturada

Requisitos de los materiales

El material debe consistir en piedra o grava de buena calidad, triturada y mezclada con material de relleno, de tal manera que el material resultante corresponda a los tipos de graduación especificados y que cumpla con los siguientes requisitos:

- ✓ Capa de base triturada de 20 centímetros de espesor.
- ✓ Valor de soporte. Debe tener un CBR mínimo de 90%, efectuado sobre muestra saturada a 95% de compactación o bien un valor R mayor de 85.

- ✓ Abrasión. La porción de agregado, que pasa el tamiz No. 4 (4.75 milímetros), no debe tener un porcentaje de desgaste por abrasión mayor de 50 a 500 revoluciones, según AASHTO T 196.
- ✓ Caras fracturadas y partículas planas o alargadas. No menos del 50% en peso de las partículas retenidas en el tamiz No. 4 deben tener por lo menos una cara fracturada, ni más del 20% en peso; pueden ser partículas planas o alargadas, con una longitud mayor de cinco veces el espesor promedio de dichas partículas.
- ✓ El material debe estar razonablemente exento de materias vegetales, basura, terrones de arcilla o sustancias mezcladas dentro de la capa de base.
- ✓ El material debe llenar los requisitos de graduación determinados por AASHTO T-27 y T-11 según las especificaciones técnicas indicadas. Debe estar dentro de los tipos establecidos. La curva de graduación del material de base de grava o piedra triturada, debe ser uniforme, y de preferencia paralela a la curva de valores medidos en los tamices especificados.
- ✓ Plasticidad y cohesión. Lo que pasa el tamiz No. 40 no debe tener un índice de plasticidad mayor de 3, ni un límite líquido mayor de 25, determinados por muestras preparadas en húmedo. Esto es, si en las disposiciones especiales indica un índice mayor, pero que no sobrepase 6.
- ✓ Finos. El porcentaje que pasa el tamiz No. 200 debe ser menor que la mitad del porcentaje que pasa el tamiz No. 40.

- ✓ Equivalente de arena. No debe ser menor de 40.

- ✓ Material de relleno. Cuando se necesite mejorar las características de granulometría y cohesión con material de relleno, éste debe estar libre de impurezas y consistir en un suelo arenoso, limo inorgánico, polvo de roca, u otro material con un alto porcentaje de partículas que pasen el tamiz No. 10.

6.3.4. Cálculo de áreas de las secciones transversales.

Luego de haber dibujado el perfil de las secciones transversales del terreno, en ambos lados de la línea central, se procede al cálculo de las áreas.

Las áreas se pueden determinar de varias formas, sin embargo, el método más sencillo y práctico es el del planímetro, ya que las secciones se dibujan a la misma escala vertical y horizontal, obteniéndose rápidamente, el área, en corte o relleno.

Otro procedimiento empleado para determinar las áreas de las secciones transversales, consiste en dividir la superficie en fajas del mismo ancho, mediante líneas verticales, con separación constante C entre todas. Mientras más pequeñas sean las separaciones verticales, mayor será la aproximación que se logre al utilizar este método.

El área se obtiene de la siguiente fórmula:

$$A=C*L$$

Donde:

A = Área de la sección transversal en m²

C = Separación constante entre líneas verticales.

L = Suma de las longitudes de las líneas verticales en centímetros.

Se encuentra en estos métodos un resultado rápido de las áreas de las secciones transversales, con ellos una aplicación eficiente y exacta para la obtención de los volúmenes de corte y relleno.

6.3.5. Cálculo de volúmenes de tierra, volúmenes por estación

El volumen de material, ya sea en corte o en relleno, comprendido entre dos secciones, se calculará tomando el promedio de las áreas de dichas secciones y multiplicándolo por la distancia entre ellas.

Como la distancia entre dos secciones es de 20 metros regularmente, es decir, una estación, el volumen en este caso será:

$$V = ((A_1+A_2)/2)*20 = 10 * (A_1+A_2)$$

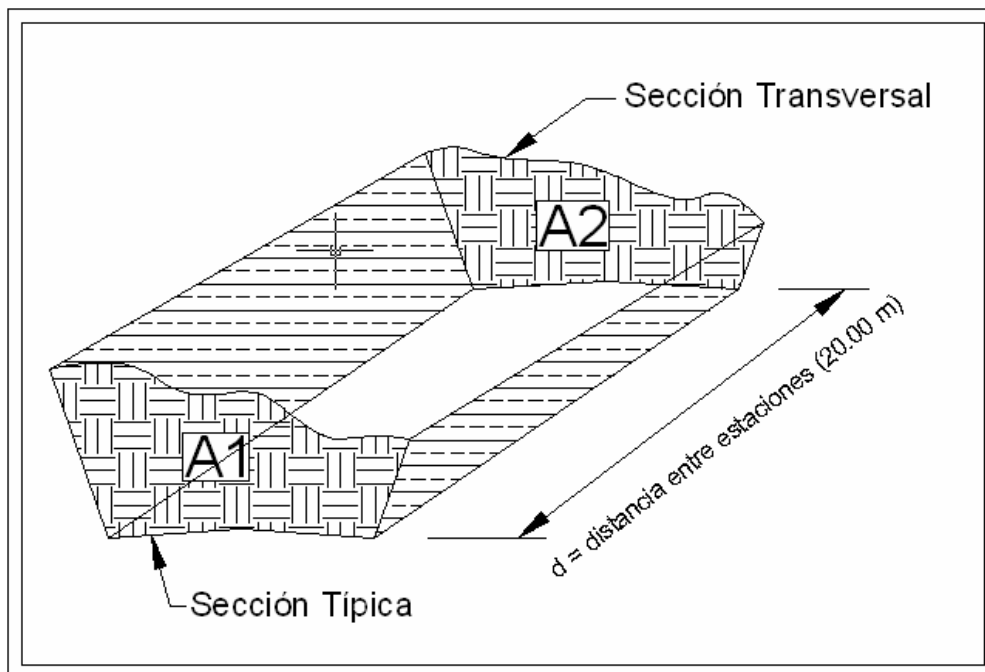
En que A_1 y A_2 son las áreas de las secciones extremas. Cuando se trate de áreas en secciones intermedias, motivadas por accidentes notables de la topografía, se empleará la fórmula.

$$V = ((A_1 + A_2) / 2) * d$$

Donde d es la distancia entre las secciones.

Cuando una de las áreas sea igual a cero, como es el caso de los puntos en que cambia de corte a terraplén o viceversa, se promediará con el área restante; o sea que ésta se dividirá entre dos; el resultado se multiplicará por la distancia entre las secciones.

Figura 8. Determinación de volúmenes en secciones transversales



Fuente: Augusto Rene Pérez Méndez. Metodología de actividades para el diseño geométrico de carreteras. Página 65

Tabla IX. Cantidad de movimiento de tierra del tramo carretero

PO	ENC	RELLENO	ENCD	PF
0			2362	681
681	102	76		724
724	556	417		1012
1012	279	209		1128
1128	733	550		1312
1312			1100	1409
1409	252	189		1458
1458	229	172		1540
1540			1581	1935
1935	873	655		2151
2151	1026	769		2271
2271			1520	2435
2435	232	174		2480
2480	185	139		2561
2561			4259	2685
2685	2092	1569		2820
2820	1084	813		3261
3261			1012	3670
3670	492	369		3790
3790	321	241		3862
3862			2329	4228
4228	1120	840		4357
4357	1625	1219		4738
4738	168	126		4826,218
TOTALES	11370	8528	14164	

FUENTE: Diseño del tramo carretero (ver planos)

6.4. Diseño de la estructura del pavimento

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); es decir, se considera de una forma fundamental el valor soporte de los materiales de subrasante del proyecto, obtenidos mediante el ensayo de CBR. Estos ensayos fueron proporcionados por el Departamento de Ingeniería de la Municipalidad de Fraijanes.

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 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. al 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.

6.4.1. 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, túneles o intersecciones con semáforos.

Tabla X. Conteo Vehicular

Clasificación	Hora						Conteo Vehicular	
	(6-8)	(8-10)	(10-12)	(12-14)	(14-16)	(16-18)	12 Hrs.	24 Hrs.
1	7	4	0	3	1	2	17	22
2	14	10	7	9	3	4	47	61
3	2	3	2	0	0	0	7	9
4	0	1	0	0	0	0	1	1
5	2	0	3	0	0	0	5	7
6	1	0	2	0	0	0	3	4
7	0	0	0	0	0	0	0	0

FUETE: Estimación con base en la información tomada en el lugar del proyecto

Los aforos se realizan para determinar:

La composición y volumen de tránsito en un sistema de carreteras,
Determinar el número de vehículos que viajan en cierta zona o que circulan dentro de ella;

Evaluar índices de accidentes;

Servir como base en la clasificación de caminos, o como datos útiles para la planeación de rutas y determinación de proyectos geométricos;

Proyectar sistemas de control de tránsito;

Elaborar programas de mantenimiento;

Establecer prioridad y técnicas de construcción, y

Determinar el tránsito futuro y muchas otras aplicaciones.

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 periodo de diseño utilizado para el presente estudio es de 20 años, por lo que se tomaron en cuenta los ejes equivalentes hasta el año 2,024, considerando que el proyecto entrará en servicio en el año 2,005.

La decisión de utilizar un periodo de diseño de 20 años, es debido a que los programas de mantenimiento vial del país no están formulados de manera que se pueda asegurar el buen estado de las carreteras por largos periodos de diseño

Además de lo anterior, el periodo de diseño comúnmente exigido por la Dirección General de Caminos es de 20 años. Un último aspecto a mencionar con relación al periodo de diseño de la carretera, es que los espesores de la capa deben diseñarse directamente en función del número de vehículos que circule por la carretera; por lo que al prolongar el periodo de diseño mas allá de 20 años, los espesores requeridos se incrementarán de una manera considerable, encareciendo el costo total del proyecto.

Tabla XI. Determinación del T.P.D.A.

DIA/12h-24h	T.P.D.A.	TIPO DE VEHÍCULO							VEHÍCULOS PESADOS	
		1	2	3	4	5	6	7	TOTAL	%
1/12 h	104	17	47	7	1	5	3	0	14	13,46
1/24 h		22	61	9	1	7	4	0		

FUETE: Estimación con base en la información tomada en el lugar del proyecto

Localización: Cementerio El Cerrito (inicio del proyecto), fecha de conteos: abril del 2005, con un tiempo de conteo de 12 horas y para la conversión a 24 horas se tomo un factor de 1.3.

Tabla XII. Carga por tipo de vehículo y eje

TIPO	CLASE DE VEHÍCULO	EJES		
		Parte	Carga	Tipo
1	Automóvil, paneles y jeep	F	2,0	SIMPLE
		R	2,0	SIMPLE
2	Pick-ups	F	2,0	SIMPLE
		R	5,0	SIMPLE
3	Camiones medianos (2 ejes)	F	10,0	SIMPLE
		R	24,0	SIMPLE
4	Vehículos de 3 ejes	F	12,0	SIMPLE
		R	34,0	TANDEM
5	Microbuses	F	10,0	SIMPLE
		R	10,0	SIMPLE
6	Buses	F	12,0	SIMPLE
		R	24,0	TANDEM
7	Vehículos de 4 ejes o más	F	12,0	SIMPLE
		M	34,0	TANDEM
		R	34,0	TANDEM

FUETE: Especificaciones generales para construcción de carreteras y puentes

Debido a que no existe una estación de conteo de la Dirección General de Caminos cercana al proyecto que se pueden utilizar, se considera una tasa de crecimiento de 3% para todos los tipos de vehículos. Este porcentaje es el propuesto por la Dirección General de Caminos como tasa de crecimiento para rutas departamentales sin un historial de tránsito.

Tabla XIII. Proyección vehicular 2005 - 2025

AÑO	T.P.D.A.	TIPO DE VEHÍCULO							VEHÍCULOS PESADOS	
		1	2	3	4	5	6	7	TOTAL	%
2005	104	22	61	9	1	7	4	C	14	13,46
2006	107	23	63	9	1	7	4	0	14	13,46
2007	110	23	65	9	1	7	4	0	15	13,46
2008	114	24	67	10	1	7	4	0	15	13,46
2009	117	25	69	10	1	8	4	0	16	13,46
2010	121	26	71	10	1	8	5	0	16	13,46
2011	124	26	73	10	1	8	5	0	17	13,46
2012	128	27	75	11	1	8	5	0	17	13,46
2013	132	28	77	11	1	9	5	0	18	13,46
2014	136	29	80	11	1	9	5	0	18	13,46
2015	140	30	82	12	1	9	5	0	19	13,46
2016	144	30	84	12	1	9	5	0	19	13,46
2017	148	31	87	12	1	10	5	0	20	13,46
2018	153	32	90	13	1	10	5	0	21	13,46
2019	157	33	92	13	2	10	6	0	21	13,46
2020	162	34	95	14	2	11	6	0	22	13,46
2021	167	35	98	14	2	11	6	0	22	13,46
2022	172	36	101	14	2	11	6	0	23	13,46
2023	162	37	104	15	2	12	6	0	24	13,46
2024	167	39	107	15	2	12	6	0	25	13,46
2025	172	40	110	16	2	12	7	0	25	13,46

FUETE: Estimación con base en la información tomada en el lugar del proyecto

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 (2005 - 2025), utilizando el método AASHTO 93. (Ver anexos, figura 1)

ESAL TOTAL PARA 20 AÑOS: 376341

6.4.2. Determinación de los coeficientes de capas.

6.4.2.1. Capa de balasto existente

El proyecto posee una capa de balasto de espesor irregular, llegando en algunos casos a no presentarla; por lo cual se decidió no tomarla en cuenta dentro del aporte estructural del pavimento.

6.4.2.2. Capa de sub-base

Para la determinación del coeficiente estructural de la capa de Sub-base, se aplicó la fórmula propuesta por AASHTO, considerándose que el material deberá cumplir como mínimo con las características físico - mecánicas propuestas en el libro de especificaciones generales para la construcción de carreteras y puentes, se aplica la siguiente fórmula:

$$a_3 = 0.227 \times (\log_{10} E_{SB}) - 0.839$$

donde:

a_3 = coeficiente de capa de sub-base

E_{SB} = modulo de elasticidad de la capa

El módulo de elasticidad de la capa se tomará por los parámetros de laboratorio obtenidos de los ensayos efectuados. EL material a utilizar debe ser de acuerdo a la sección 303 del libro de especificaciones generales para construcción de carreteras y puentes edición septiembre 2001, sugiriendo las siguientes características: Material granular, Índice Plástico = menor a 6, C.B.R. mínimo 35; los parámetros proporcionan un módulo de elasticidad aproximado a los 15,500 (ver en anexo, figura 2). De lo anterior y aplicando la fórmula se obtiene:

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

6.4.2.3. Capa de base triturada

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 de la siguiente forma:

Material de piedra triturada, de acuerdo con la sección 305 del libro de Especificaciones Generales para Construcción de Carreteras y Puentes edición septiembre 2001. Sugiriendo las condiciones siguientes: Base Tipo B, Índice de Plasticidad máximo de 3, CBR mínimo del 90%. Los parámetros proporcionan un Módulo de Elasticidad aproximado a los 30,000. (ver en anexo, figura 3). De lo anterior y aplicando la siguiente fórmula se obtiene:

$$a_2 = 0.249 \times (\log_{10} E_{BS}) - 0.977$$

$$\text{Coeficiente de capa de base triturada} = a_2 = 0.14$$

Espesores propuestos

Carpeta de rodadura de doble tratamiento superficial y base triturada

Capa de doble tratamiento superficial: 2.54 cm.

Capa de Base Triturada: 20.00 cm.

Capa de Sub-base: 30.00 cm.

6.4.3. Número estructural requerido

Para la determinación del número estructural requerido, se tomaron 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.

Factores de drenaje

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 la capas de sub-base y 1.00 para la capa de base; el cual considera una cualidad de drenaje regular y con grados de exposición a la saturación de entre 5 y 25%, y el factor para el módulo de resiliencia de la sub-rasante fue de 1,500 x CBR.

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

$$\text{Numero Estructural Requerido } SN_{REQ} = 2.29$$

6.4.4. Número estructural aportado SN

El número estructural aportado se puede decir que es la resistencia del conjunto de capas que conforman 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 del número estructural aportado se hará de acuerdo al coeficiente de capa estimado, espesor de la misma y cualidad del drenaje por capa.

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 éste:

$$\mathbf{SN = (a_1)(D_1)(C_d) + + (a_n)(D_n)(C_n)}$$

Donde:

a_1 = Coeficiente de Diseño capa de Rodadura.

D_1 = Espesor en pulgadas de la capa de Rodadura.

C_1 = Coeficiente de drenaje capa Rodadura.

a_2 = Coeficiente de Diseño capa de Base Triturada.

D_2 = Espesor en pulgadas de la capa de Base Triturada.

C_2 = Coeficiente de drenaje capa de Base Triturada.

a_3 = Coeficiente de Diseño capa de Sub-Base.

D_3 = Espesor en pulgadas de la capa de Sub-Base.

C_3 = Coeficiente de drenaje capa de Sub-Base.

Al evaluar la ecuación con los espesores propuestos tenemos:

$$\begin{aligned} \text{SN} &= (0.00) * (1.00'') * (1.0) + \\ &\quad (0.14) * (7.87'') * (1.95) + \\ &\quad (0.11) * (11.81'') * (0.9) \end{aligned}$$

$$\mathbf{SN (APORTADO) = 2.34}$$

Nota: El SN aportado es ligeramente 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.

6.4.5. Riego de Imprimación.

De acuerdo con la Sección 404 del libro de especificaciones generales, edición 2,001, en esta opción el doble tratamiento superficial abarcará toda la corona (superficie de rodadura y hombros). La graduación para la primera capa deberá de ser No.6 y el de la segunda capa No.8.

Las cantidades de material bituminoso se deberán de aplicar de acuerdo con el tipo de ligante que se utilice y deberán de ser aprobadas por el delegado residente del proyecto.

El material bituminoso (tipo, grado, especificaciones y temperatura de aplicación), debe ser uno de los que se presenta en la tabla XIV; la porción del material que pasa por el tamiz No. 4 no debe tener un índice de plasticidad mayor de 6, y el límite líquido no debe ser mayor de 25. Es muy importante resaltar que el material no deje cualquier clase de impurezas tales como materias vegetales, basura o terrones de arcilla.

Posteriormente sobre la capa de base previamente imprimada y aprobada, de acuerdo con la Sección 407 del libro de especificaciones generales para la construcción de carreteras y puentes, edición septiembre del 2,001 el material secante debe estar constituido por arena natural o de trituración de acuerdo a la sección 407.03 (b) del libro de especificaciones generales.

Tabla XIV: Bitumen para riego de imprimación

Tipo y Grado	Especificación	Temperatura de aplicación	
		Fahrenheit	Centígrados
Asfaltos Líquidos			
RC-70, MC-30, MC-70	AASHTO M 81, M 82	120-160	49-71
RC-250, MC-250	AASHTO M 81, M 82	160-200	71-93
Alquitrán			
RT-2	AASHTO M 52	60-125	16-52
RT-3	AASHTO M 52	80-150	27-66

FUETE: Especificaciones generales para construcción de carreteras y puentes.

6.4.6. Tratamientos asfálticos superficiales

Requisitos de los agregados

Los agregados deben ser partículas obtenidas de la trituración de grava o piedra de buena calidad, con los requisitos siguientes;

- ✓ No debe tener un porcentaje de desgaste por abrasión mayor de 35 a 500 revoluciones.
- ✓ No deben tener una pérdida de peso mayor de 12%, al ser sometidos a cinco ciclos.
- ✓ No menos del 75% en peso de las partículas del agregado, deben de tener por lo menos una cara fracturada, ni más del 10% en peso, podrán ser planas o alargadas; con una longitud mayor de cinco veces el espesor promedio de dichas partículas.

- ✓ Deben estar exentos de materiales vegetales, basura, terrones de arcilla, polvo. Se puede aceptar el material cuando no tenga más de 0.75% de material que pase el tamiz No. 200.
- ✓ Deben ser regularmente uniformes en calidad y densidad, y su peso unitario no debe ser menor de 80 lbs/pie cúbico.
- ✓ Tiene que cumplir con los requisitos de graduación, para los tipos establecidos, según el tipo de tratamiento superficial que se requiera, y las disposiciones especiales, para los tipos por utilizar.
- ✓ Deben ser de muy buena calidad, de tal manera que al ser cubierto con el material bituminoso no presenten evidencia de desvestimiento, y permanecer más del 70% de las mismas perfectamente cubiertas con material bituminoso, al efectuar el ensayo por inmersión de agua a 60 grados centígrados.
- ✓ El tipo, grado, especificación y temperatura de aplicación del material bituminoso, debe corresponder a uno de los que se presenta en la tabla XIV.

Operaciones de construcción

- ✓ Antes de la aplicación de cada riego, debe barrerse la superficie con barredora mecánica, escoba giratoria y fuelle. Cuando se trate de la segunda o tercera aplicación, el barrido de los excesos de agregado se sugiere se realice en las primeras horas de la mañana o por la tarde. Si los excesos de agregados cumplen con los requisitos, éstos pueden ser utilizados nuevamente.

- ✓ Después de barrida la superficie, debe procederse a la verificación visual, para que no haya grietas, laminaciones y depresiones. No debe aplicarse la primera capa de tratamiento superficial, antes de 3 días de haber sido aplicada la imprimación. Para delimitar la superficie, se debe proceder con el mismo método de la imprimación.

- ✓ Todas las estructuras adyacentes al área de trabajo deben protegerse de las salpicaduras o daño.

- ✓ No se permite aplicar el riego de material bituminoso, si está lloviendo o la temperatura ambiente es menor a los 15 grados centígrados.

6.5. Diseño de pavimento flexible

6.5.1. Capa de rodadura de doble tratamiento superficial

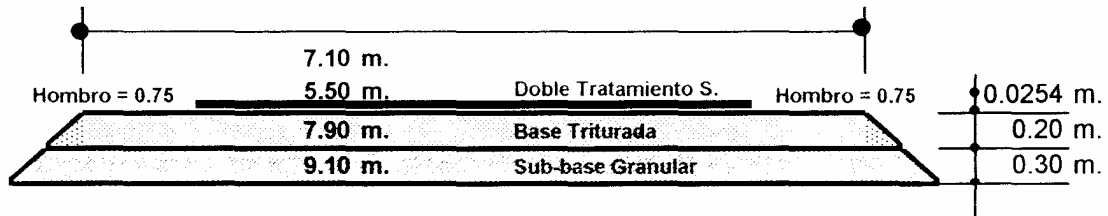
Para las cantidades de trabajo estimadas se consideró la sección típica: "E", la cual posee una pista, con dos carriles de 2.75 mts cada uno, lo que da un total de 5.50 mts de ancho de superficie de rodadura. Los hombros serán de 0.75 mts cada uno.

Longitud Neta del Proyecto: 4.828 Kilómetros

Ancho de Superficie de Rodadura: 5.50 Metros

Ancho de Hombros c/u 0.75 Metros. (ver figura 5)

Figura 9
Detalle de estructura de pavimento



FUENTE: Diseño del tramo carretero (ver planos)

Reacondicionamiento de superficie existente:

$$\begin{aligned}
 &= \text{Longitud} \times \text{Ancho} \\
 &= 4,828.22 \text{ m} \times 9.10 \text{ m} \\
 &= \mathbf{43,944.51 \text{ m}^2}
 \end{aligned}$$

Colocación de capa de Sub-base granular de 0.30 m de espesor:

$$\begin{aligned}
 &= \text{Longitud} \times \text{Espesor} \times \text{Ancho Promedio} \\
 &= 4,828.22 \text{ m} \times 0.30 \text{ m} \times 8.50 \text{ m} \\
 &= \mathbf{12,314.27 \text{ m}^3}
 \end{aligned}$$

Colocación de capa de Base triturada de 0.20 m de espesor:

$$\begin{aligned}
 &= \text{Longitud} \times \text{Espesor} \times \text{Ancho Promedio} \\
 &= 4,828.22 \text{ m} \times 0.20 \text{ m} \times 7.50 \text{ m} \\
 &= \mathbf{7,243.87 \text{ m}^3}
 \end{aligned}$$

Riego de Imprimación:

$$\begin{aligned}
 &= \text{Longitud} \times \text{Ancho} \times \text{Aplicación} \\
 &= 4,828.22 \text{ m} \times 7.10 \text{ m} \times 0.3 \text{ gal/m}^2 \\
 &= \mathbf{1,028.42 \text{ Galones}}
 \end{aligned}$$

Agregados para Doble Tratamiento Superficial:

Agregados para primera Aplicación (la primera aplicación incluye los hombros, TIPO 1-C:

$$\begin{aligned} &= \text{Longitud} \times \text{Ancho} \times \text{Factor m}^3/\text{m}^2 \\ &= 4,828.22 \text{ m} \times 7.10 \text{ m} \times 0.0156 \text{ m}^3/\text{m}^2 \\ &= \mathbf{534.89 \text{ m}^3} \end{aligned}$$

Agregados para Segunda Aplicación (se incluirá hombros y superficie de rodadura, TIPO 2-B:

$$\begin{aligned} &= \text{Longitud} \times \text{Ancho} \times \text{Factor m}^3/\text{m}^2 \\ &= 4,828.22 \text{ m} \times 7.10 \text{ m} \times 0.0085 \text{ m}^3/\text{m}^2 \\ &= \mathbf{291.45 \text{ m}^3} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &\text{Total de Agregados para el Doble Tratamiento Superficial} = \\ &826.34 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Material Bituminoso para Doble Tratamiento Superficial:

Material Bituminoso para primera Aplicación (incluyendo los hombros)

$$\begin{aligned} &= \text{Longitud} \times \text{Ancho} \times \text{Factor gal}/\text{m}^2 \\ &= 4,828.22 \text{ m} \times 7.10 \text{ m} \times 0.45 \text{ gal}/\text{m}^2 \\ &= \mathbf{15,429.63 \text{ Galones}} \end{aligned}$$

Material bituminoso para Segunda Aplicación (se incluirá los hombros)

$$\begin{aligned} &= \text{Longitud} \times \text{Ancho} \times \text{Factor gal}/\text{m}^2 \\ &= 4,828.22 \text{ m} \times 7.10 \text{ m} \times 0.35 \text{ gal}/\text{m}^2 \\ &= \mathbf{12,000.83 \text{ Galones}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &\text{Total Material Bituminoso para Doble Tratamiento} \\ &\text{Superficial} = 27,430.46 \text{ Galones} \end{aligned}$$

Tabla XV: Resumen de los parámetros de diseño a utilizar

DESCRIPCIÓN	PROPUESTA
Período de diseño utilizado	20 años
% de crecimiento vehicular	3%
ESAL (Ejes Equivalentes a 18,000 lbs)	376341
CBR de diseño	8,00%
Módulo de resiliencia de la sub-rasante	12000
Número estructural requerido	2,29
Coefficiente de capa de sub-base	0,11
Factor de drenaje de capa de sub-base	0,9
Coefficiente de capa de base triturada	0,14
Factor de drenaje de capa de base triturada	1
Coefficiente de capa de rodadura	0,4
Factor de drenaje de capa de rodadura	1
Espesor de capa de sub-base	0,30 metros
Espesor de capa de base triturada	0,20 metros
Espesor de capa de doble tratamiento superficial	2,54 centímetros
Número estructural aportado	2,34

6.6. Maquinaria

El rendimiento de una máquina debe medirse como el costo por unidad del material movido, una medida que incluye tanto producción como costo. Influyen directamente en la productividad factores tales como la relación de peso a potencia, la capacidad, el tipo de transmisión, las velocidades y los costos de operación. Hay otros factores menos directos que influyen en el

funcionamiento y productividad de las máquinas pero no por eso dejan de ser importantes; por ejemplo, facilidad de servicios, disponibilidad de repuestos y la competencia del operador.

Al comparar características de operación y rendimiento, deben considerarse todos los factores. Es importante seleccionar la maquinaria adecuada para cada tipo de trabajo,

6.6.1. Maquinaria para excavación

Motoniveladora

Esta máquina ayuda, como lo indica su nombre a nivelar; pues tiene la capacidad de adaptarse a las diferentes regiones geográficas de trabajo. Ayuda a conformar el área que la recicladora pulverizó, ya que no es necesario mezclarlo, porque ese trabajo lo hizo la recicladora. Para poder nivelar consta de una cuchilla que mide 3.66 m. de ancho, colocada al centro, la cual está adaptada a una tornamesa que gira en el sentido horizontal y vertical, dando la facilidad al operador de poder distribuir uniformemente el material pulverizado a los niveles requeridos, previo a su compactación.

Retroexcavadora

La utilización de esta máquina es opcional, pero es aconsejable tener por lo menos una en el proyecto para cualquier eventualidad, por ejemplo: sanear un bache en el tramo reciclado, remover sobrantes de material, acarreo de piedras no pulverizadas mayores de 1" o 1 ½", u otros problemas que pueden surgir.

6.6.2. Maquinaria para compactación

Rodo vibratorio

Se sabe que la compactación es muy importante, porque ayuda a elevar la densidad del suelo, o sea el peso por unidad de volumen; la función que tiene un rodo vibratorio es el reacondicionamiento de las partículas del suelo. El rodo tiene la ventaja de contar con un vibrador y pretende que la compactación sea mucho más rápida y eficiente, si el material es el adecuado y contiene la humedad óptima.

Compactadora de llantas para suelo

Esta máquina es poco utilizada en nuestro medio y es una de las más importantes, la cual determina y finaliza una buena compactación de la siguiente manera: al concluir el vibrocompactador o simultáneamente se pasa la compactadora de llantas y ésta termina de acomodar las partículas y llenar vacíos, quedando una compactación mucho más eficiente. Aparte de esto con todo el peso que proporciona esta máquina puede detectarse si hay excesos de humedad en la base (baches) ocasionando deformaciones excesivas, grietas, etcétera.

Si durante el trabajo de esta máquina no se observó ninguna deformación excesiva, se puede estar seguro que la compactación fue la adecuada, esperando únicamente la información del laboratorista para los porcentajes de humedad y compactación para ver si el tramo está en óptimas condiciones.

Compactadora de asfalto con dos tambores vibratorios

Esta compactadora consta de dos tambores lisos para poder compactar la superficie de asfalto, sin ocasionar deformaciones ni segregaciones en la textura del acabado final. Además los dos tambores son vibratorios para obtener una mejor compactación y más rápida, tomando en cuenta que la compactación no es determinada por el tamaño del rodo, si no, por la vibración, aunque fuese un rodo pequeño y por la temperatura a la cual se esté compactando, sabiendo que la temperatura mínima es de 225°F (107°C), donde debe ser uniformemente compactado hasta lograr el 100%, respecto a la densidad máxima del laboratorio, teniendo siempre el cuidado de no excederse, para no ocasionar grietas transversales.

Compactadora de llantas para asfalto

Esta máquina es la misma que se utiliza para compactar el suelo, con la diferencia que al tener las llantas la misma temperatura que el asfalto se suspende el rociado.

El principal uso que se le da a esta compactadora es el de sellar la superficie de asfalto y la compactación final, ya que si se hace con el rodo, se provocará grietas transversales.

6.6.3. Maquinaria especial

Finisher o terminadora

La función única de esta máquina es tender el asfalto al ancho y profundidad deseado y proveer el acabado y compactación inicial. Para esto consta de dos unidades básicas: el tractor y la regla niveladora. Las funciones

principales del tractor son recibir, entregar, dosificar y esparcir el asfalto que se halla de un lado al otro de la parte delantera de la regla emparejadora.

Las funciones principales de la regla niveladora son delimitar el ancho de la carpeta y su espesor, contribuir al acabado de la superficie y a la compactación de la mezcla con la vibración de la misma.

Escoba mecánica:

La función de esta máquina es barrer el área o superficie existente, previo a colocar el riego de liga, quitando el polvo fino que queda después de terminar la compactación del suelo, mejorando así las condiciones de adherencia entre las dos superficies para prevenir deslizamientos.

7. PRESUPUESTO DEL DISEÑO DEL TRAMO CARRETERO

7.1. Presupuesto general del proyecto

Las cantidades de trabajo calculadas dependen de los materiales de construcción a utilizar, la maquinaria y herramienta necesaria, la mano de obra calificada y no calificada, con sus respectivas prestaciones y costos indirectos.

7.1.1. Costos indirectos

Estos costos están comprendidos por precios de los distintos materiales, maquinaria y herramienta necesaria para la realización del proyecto, por los costos de la mano de obra calificada con sus respectivas prestaciones en un 47% (aguinaldo, bono 14, indemnización, vacaciones, IGGS, IRTRA, INTECAP y asuetos oficiales).

Adicionalmente se calculó la mano de obra no calificada, ya que éste es un costo directo. Ver tabla XVI.

4.1.2. Costos directos

La integración de los costos indirectos de este proyecto está constituido por gastos administrativos y un margen de imprevistos y de utilidades, por si se diera el caso que dicho proyecto fuera ejecutado o realizado por un contratista. Ver tabla XVI.

Tabla XVI: Integración de Costos

COSTO DIRECTO	Q 4.459.424,32
UTILIDAD (15%)	Q 668.913,65
GASTOS ADMINISTRATIVOS (12%)	Q 535.130,92
IMPREVISTOS (2%)	Q 89.188,49
COSTO INDIRECTO	Q 1.293.233,05
MANO DE OBRA NO CALIFICADA	Q 937.243,56
COSTO TOTAL	Q 6.689.900,93

Tabla XVII: Cantidades estimadas de trabajo y costos unitarios

CANTIDADES ESTIMADAS DE TRABAJO Y COSTOS UNITARIOS					
DISEÑO FINAL PARA PAVIMENTACIÓN DEL TRAMO CARRETERO FRAIJANES - CASERIO LAS CRUCITAS - EL CERRITO					
DOBLE TRATAMIENTO SUPERFICIAL			LONGITUD TOTAL DEL PROYECTO: 4,826 Km		
REGLÓN	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTD,	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
A	TERRACERÍA				
A,1	Excavación no clasificada	m ³	11370,11	Q 37,04	Q 421.186,61
A,2	Excavación no clasificada de material de desperdicio	m ³	14163,89	Q 23,41	Q 331.573,35
A,3	Excavación estructural para cabezales y cajas	m ³	359,22	Q 58,42	Q 20.984,78
A,4	Excavación estructural para alcantarillas	m ³	2118,91	Q 68,33	Q 144.775,51
A,5	Acarreo	m ³ /km	246823,5	Q 6,15	Q 1.519.053,87
					Q 2.437.574,13
B	ALCANTARILLAS				
B,1	Tubería hierro galvanizado de 30" de diámetro	m	253	Q 836,04	Q 211.519,24
B,2	Tubería hierro galvanizado de 36" de diámetro	m	104	Q 1.173,42	Q 122.035,57
B,3	Tubería hierro galvanizado de 48" de diámetro	m	26	Q 1.601,73	Q 41.644,91
B,4	Tubería hierro galvanizado de 60" de diámetro	m	40	Q 1.879,26	Q 75.170,41
					Q 450.370,14
C	CUNETAS				
C,1	Cunetas de concreto fundidas in situ	m ²	4642,9	Q 77,88	Q 361.609,66
C,2	Cajas y cabezales de concreto ciclópeo	m ³	266,42	Q 630,84	Q 168.067,34
					Q 529.677,00
D	PAVIMENTACIÓN				
D,1	Reacondicionamiento de la subrasante	km	4,83	Q41.500,89	Q 200.449,29
D,2	Capa de sub-base	m ³	12314,27	Q 85,36	Q 1.051.187,79
D,3	Capa de base triturada	m ³	7243,87	Q 114,87	Q 832.072,29
D,4	Riego de imprimación	gal	10286,42	Q 23,70	Q 243.826,52
D,5	Riego Asfáltico I y II para doble tratamiento superficial	gal	27430,46	Q 20,72	Q 568.380,86
D,6	Agregados I y II para doble tratamiento superficial	m ³	826,34	Q 461,14	Q 381.058,85
					Q 3.276.975,61
COSTO TOTAL					Q6.694.596,87

CONCLUSIONES

1. La falta de carretera con adecuadas especificaciones técnicas no estimula realizar mejores prácticas productivas en el área de influencia, lo cual incide en la mala utilización del factor tierra. En este sentido, se considera que con la pavimentación de la carretera se propiciará un mejor uso de este importante factor de producción. En efecto, se prevé que con la construcción, aumentará la superficie para la producción de café y se elevará la productividad, con los consiguientes beneficios para los habitantes de los centros poblados ubicados dentro del área de influencia, en especial de los jornaleros.
2. Las mala condición en que se encuentra la carretera ha incidido en que no se introduzcan nuevos programas sociales y productivos para beneficiar a la población asentada en los 21.5 Km² del área de influencia. Las condiciones existentes de la carretera contribuyen a que la población tenga que invertir mucho tiempo para trasladarse de un lugar a otro.
3. La pavimentación de la carretera de la aldea Los Cerritos hacia Fraijanes, estará brindando a la población de una ruta alterna.
4. El Ejercicio Profesional Supervisado realizado en el municipio de Fraijanes, departamento de Guatemala, contribuirá, de alguna manera, al desarrollo del mismo, con lo cual se logra el objetivo de la Universidad de San Carlos de Guatemala, a través de la Facultad de Ingeniería, de proyectarse a la población más necesitada del país y a la vez, proporcionar a sus estudiantes la forma de poner en practica los conocimientos adquiridos

RECOMENDACIONES

1. La municipalidad y vecinos del lugar deben agilizar todas las gestiones, con el propósito de obtener lo más pronto posible, el financiamiento necesario para la construcción del proyecto.
2. Durante la construcción de la carretera deben respetarse los espesores y calidad de materiales utilizados en el respectivo diseño, para garantizar que la estructura de pavimento cumpla satisfactoriamente su función durante el periodo de diseño.
3. Por la magnitud y estimación de los trabajos que componen una carretera asfaltada, es necesario profundizar en sus controles; por lo que se deberá apoyar en determinado momento, según las especificaciones generales para la construcción de carreteras y puentes.
4. Es recomendable efectuar una evaluación rutinaria de la estructura existente para determinar su comportamiento con el objeto de prestarle un mantenimiento preventivo por medio de recapeos si fuera necesario y así prolongar su vida útil.
5. Construir estructuras de sub-drenaje que sean capaces de evacuar las aguas subterráneas, en los lugares en donde existan problemas con aparecimientos de éstas, que puedan dañar la estructura de pavimento, tomando en cuenta la existencia de materiales finos arrastrados que puedan causar obstrucción temprana al sistema de sub-drenajes.

BIBLIOGRAFÍA

1. Baiza Santos Walter Oswaldo, **Criterios Para la Proyección de Carreteras Adaptándose al Paisaje y a la Ecología del Lugar.** Tesis de graduación Ing. Civ. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de ingeniería, 1,998.
2. Dirección General de Caminos, Ministerio de Comunicaciones y Obras Públicas, República de Guatemala. **Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras y Puentes.** Guatemala, 2001.
3. Hernández Monzón Jorge Maynor, **Consideraciones Generales Para El Diseño De Los Diferentes Tipos De Pavimentos.** Tesis de graduación Ing. Civ. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de ingeniería, 1,997
4. Palma Hernández, Joel Estuardo. **Estudio y diseño de la ampliación y mejoramiento del tramo carretero, que une la aldea Las Victorias y finca Conchas, en el municipio de Villa Canales,** departamento de Guatemala. Tesis de graduación Ing. Civ. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2003.
5. Pérez Méndez, Augusto René. **Metodología de actividades para el diseño geométrico de carreteras.** Tesis de graduación Ing. Civ. Guatemala, universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de ingeniería 1989. .
6. Quinteros Rosales, Víctor Manuel Antonio Salvador, **Manual de Laboratorio de Mecánica de Suelos.** Tesis de graduación Ing. Civ. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de ingeniería.

7. Rodríguez Guzmán, Hugo Alexander. **Reciclado de Pavimentos Flexibles Estabilizados con Emulsión.** Tesis de graduación Ing. Civ. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1997.

8. Zúñiga Colindres, Jorge Alberto, **Diseño de Pavimento Rígido del Proyecto Desvió de Mazatenango.** Tesis de graduación Ing. Civ. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de ingeniería, 1,993.

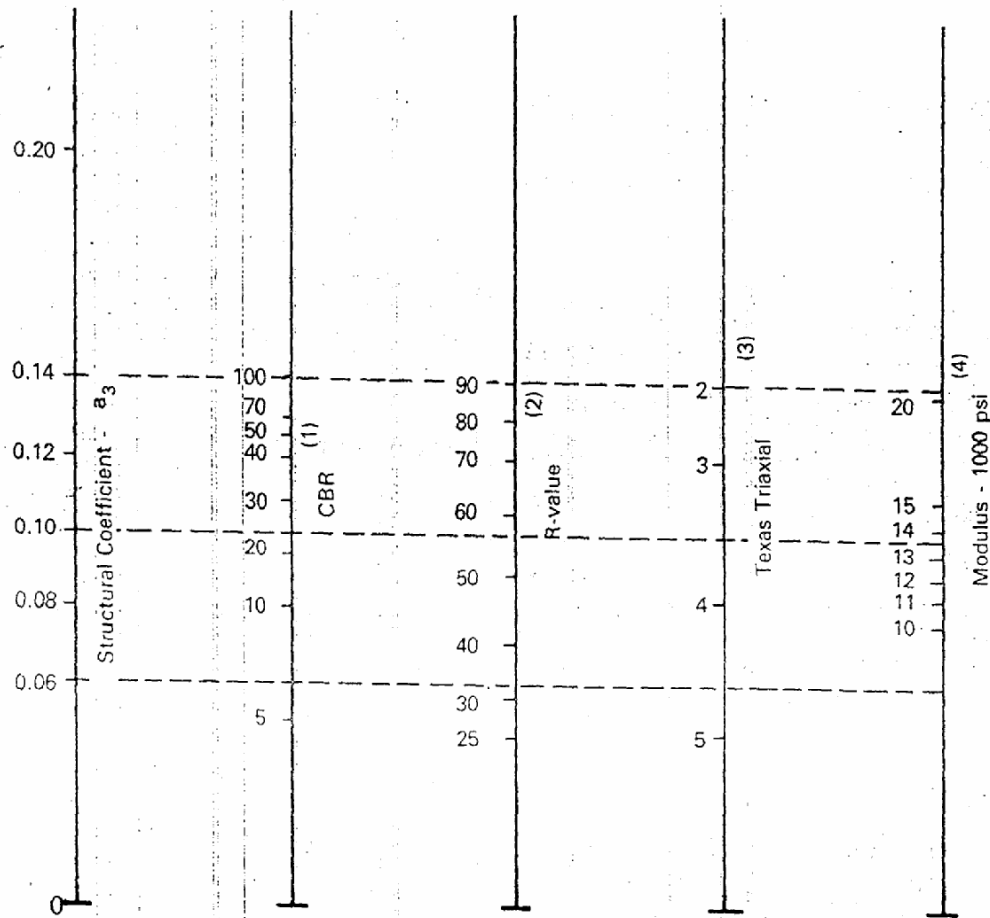
ANEXOS

Figura 1. Cálculo de ejes equivalentes

Figura 1: Cálculo de ejes equivalentes

AÑO	T.P.D.A.	TIPO DE VEHICULO							ESAL POR TIPO DE VEHICULO						
		1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
2005	104	22	61	9	1	7	4	0	5,11	196,19	11178,72	518,85	22,51	2075,42	-
2006	107	23	63	9	1	7	4	0	5,27	202,07	11526,35	534,42	23,16	2137,68	-
2007	110	23	65	9	1	7	4	0	5,43	208,14	11869,05	550,45	23,88	2201,81	-
2008	114	24	67	10	1	7	4	0	5,59	214,38	12225,12	566,97	24,6	2267,86	-
2009	117	25	69	10	1	8	4	0	5,76	220,81	12591,88	583,97	25,34	2335,9	-
2010	121	26	71	10	1	8	5	0	5,93	227,44	12966,63	601,49	26,1	2405,98	-
2011	124	26	73	10	1	8	5	0	6,11	234,26	13358,72	619,54	26,88	2478,16	-
2012	128	27	75	11	1	8	5	0	6,29	241,29	13759,48	638,13	27,69	2552,5	-
2013	132	28	77	11	1	9	5	0	6,48	248,53	14172,24	657,27	28,52	2629,08	-
2014	136	29	80	11	1	9	5	0	6,67	255,98	14597,44	676,99	29,37	2707,95	-
2015	140	30	82	12	1	9	5	0	6,87	263,66	15035,36	697,3	30,26	2789,19	-
2016	144	30	84	12	1	9	5	0	7,08	271,57	15486,42	718,22	31,16	2872,86	-
2017	148	31	87	12	1	10	5	0	7,29	279,72	15951,01	739,76	32,1	2959,05	-
2018	153	32	90	13	1	10	5	0	7,51	288,11	16429,54	761,95	33,06	3047,82	-
2019	157	33	92	13	2	10	6	0	7,74	296,75	16922,46	784,81	34,05	3139,25	-
2020	162	34	95	14	2	11	6	0	7,97	305,65	17430,11	808,36	35,08	3233,43	-
2021	167	35	98	14	2	11	6	0	8,21	314,82	17953,01	832,61	35,08	3330,43	-
2022	172	36	101	14	2	11	6	0	8,45	324,27	18491,59	857,59	36,13	3430,35	-
2023	162	37	104	15	2	12	6	0	8,71	334,01	19046,34	883,31	37,21	3533,26	-
2024	167	39	107	15	2	12	6	0	8,97	344,02	19617,73	909,81	38,33	3639,26	-
2025	172	40	110	16	2	12	7	0	9,05	345,11	19716,22	935,65	39,48	3755,33	-
SUMATORIA		627	1739	257	29	200	114	0	137,44	5271,65	300618,19	13941,8	604,94	55767,22	-

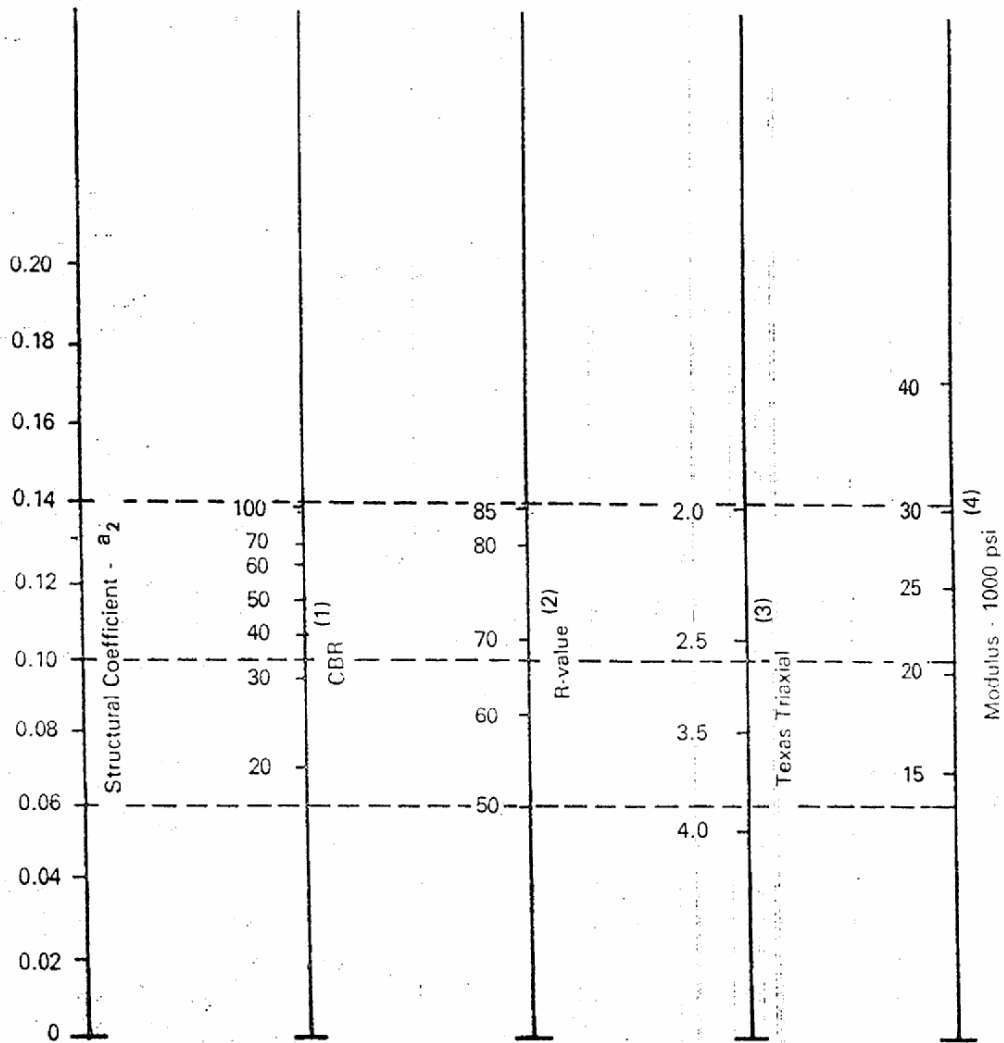
Figura 2. Variación del coeficiente a_3 de capa de sub base granular



- (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 3. Variación del coeficiente a_2 de capa de base granular



- (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 a_2 de la Capa de Base Granular con varios Parámetros de fuerza Despreciable (3).

Figura 4. Valores límites recomendados para las características de la carretera en estado final

T.D.P.	CARRETERA	VELOCIDAD DE DISEÑO (KPH)		ANCHO DE CALZADA (M)		ANCHO DE TERRACERIA (M)		DERECHO DE VÍA (M)	RADIO (M)		PENDIENTE (M)		DISTANCIA VISIB. PARADA (M)		DISTANCIA VISIB. PAIRO RECOMENDADA (M)	
		DE DISEÑO	(KPH)	CORTE	RELLENO	MÍNIMO	MÁXIMA		MÍNIMO	RECOMENDADA	MÍNIMO	RECOMENDADA	MÍNIMO	RECOMENDADA		
3000	TIPO 'A'			25	24	50										
A	REGIONES LLANAS	100							375	3	180	200	700	750		
5000	ONDULADAS MONTANOSAS	80							225	4	110	150	520	550		
	TIPO 'B'	80							110	5	70	100	350	400		
1500	REGIONES LLANAS	80							225	6	110	150	520	550		
A	ONDULADAS MONTANOSAS	60							110	7	70	100	350	400		
3000	TIPO 'C'	40							47	8	40	50	180	200		
	REGIONES LLANAS	80							225	6	110	150	520	550		
1500	ONDULADAS MONTANOSAS	60							110	7	70	100	350	400		
3000	TIPO 'D'	40							47	8	40	50	130	200		
	REGIONES LLANAS	80							225	6	110	150	520	550		
1500	ONDULADAS MONTANOSAS	60							110	7	70	100	350	400		
3000	TIPO 'E'	40							47	8	40	50	180	200		
	REGIONES LLANAS	60							75	8	65	70	260	300		
100	ONDULADAS MONTANOSAS	30							47	9	40	50	180	200		
	REGIONES LLANAS	40							30	10	30	35	110	150		
100	ONDULADAS MONTANOSAS	20							47	10	40	50	180	200		
	REGIONES LLANAS	40							30	12	30	35	110	150		
100	ONDULADAS MONTANOSAS	20							18	14	20	25	50	100		

NOTAS:

1. T.P.D.: Promedio de tráfico diario
2. La sección típica para carreteras tipo "A", incluye isla central de 1.50 m. de ancho
3. Las características de las estructuras son generales para todos los tipos de carreteras, con excepción de la "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 (frio o caliente) o tratamiento superficial múltiple, para tipo "B" y "C" concreto asfáltico (frio o caliente) o tratamiento superficial doble, para tipo "E"; tratamiento superficial simple y tipo "F"; recubrimiento de material selecto. Los recubrimientos para las carreteras, desde el tipo "A" al "E", dependerán de las características mecánicas del suelo y de las propiedades de los materiales de construcción de la zona.

ESTRUCTURAS:

CARGA H - 15 - 8 - 12
 ALTURA LIBRE
 ANCHO RODADURA
 ESFUERZOS UNITARIOS:
 Concreto clase A 3000 psi
 Acero de refuerzo 180000 psi
 Acero estructural 330000 psi
 *Distancia de visibilidad de parada = longitud

Figura 5. Peralte, longitudes de transición y deltas mínimos

G°	RADIO	30 K.P.H.			40 K.P.H.			50 K.P.H.			60 K.P.H.			70 K.P.H.			80 K.P.H.			90 K.P.H.			100 K.P.H.			110 K.P.H.			120 K.P.H.		
		Db	e %	Δ	Db	e %	Δ	Db	e %	Δ	Db	e %	Δ	Db	e %	Δ	Db	e %	Δ	Db	e %	Δ	Db	e %	Δ	Db	e %	Δ			
1°	1145.92	BN 17	00°51'	BN 23	01°09'	BN 28	01°24'	1.4	34	01°42'	1.9	39	01°57'	2.5	45	02°15'	3.1	50	02°30'	3.8	56	02°46'	4.7	62	03°06'	5.5	67	03°21'			
2°	572.96	BN 17	01°42'	BN 23	02°18'	BN 28	02°48'	2.8	34	03°24'	3.6	39	03°54'	4.9	45	04°30'	6.2	51	05°06'	7.7	64	05°24'	9.0	79	07°54'	9.9	94	09°24'			
3°	331.97	BN 17	02°33'	BN 23	03°27'	BN 28	03°12'	4.1	34	05°06'	5.6	40	06°00'	7.3	53	07°57'	6.8	69	10°21'	9.9	83	12°27'									
4°	266.48	1.4	17	03°44'	2.5	23	04°36'	3.6	28	04°36'	5.5	35	07°00'	7.4	49	09°48'	9.1	65	13°00'												
5°	229.18	1.7	17	04°35'	3.1	23	05°46'	4.8	28	05°00'	6.8	42	10°30'	8.7	58	14°30'	9.9	71	17°45'												
6°	190.99	2.1	17	05°06'	3.7	23	05°54'	5.8	32	05°36'	7.9	48	14°24'	9.6	64	19°12'															
7°	163.71	2.4	17	05°57'	4.3	24	06°24'	6.6	37	06°59'	8.8	54	18°54'																		
8°	143.24	2.8	17	06°48'	4.9	25	07°00'	7.4	41	07°24'	9.4	58	23°12'																		
9°	127.32	3.1	17	07°39'	5.5	28	08°36'	8.1	45	08°15'	9.8	60	27°00'																		
10°	114.59	3.5	17	08°30'	6.1	31	09°30'	8.7	49	24°30'																					
11°	104.17	3.8	17	09°21'	6.6	33	11°09'	9.1	51	28°03'																					
12°	96.49	4.2	19	11°24'	7.1	36	13°36'	9.5	53	31°48'																					
13°	88.15	4.5	20	13°00'	7.6	38	15°42'	9.8	55	35°45'																					
14°	81.85	4.8	22	15°24'	8.1	40	17°00'	9.9	56	39°12'																					
15°	76.39	5.2	23	17°15'	8.4	42	20°30'																								
16°	71.62	5.5	25	20°00'	8.7	44	22°12'																								
17°	67.41	5.8	26	22°06'	9.1	45	24°15'																								
18°	63.66	6.1	27	24°18'	9.3	47	27°18'																								
19°	60.31	6.4	29	27°33'	9.5	48	30°36'																								
20°	57.3	6.7	30	30°00'	9.7	49	33°00'																								
21°	54.57	7.1	32	33°38'	9.8	49	35°27'																								
22°	52.09	7.2	32	35°12'	9.9	50	39°00'																								
23°	49.82	7.5	34	39°06'																											
24°	47.75	7.8	35	42°00'																											
25°	45.84	7.9	36	45°00'																											
26°	44.07	8.1	37	48°06'																											
27°	42.44	8.3	37	49°57'																											
28°	40.93	8.5	38	53°12'																											
29°	39.51	8.7	39	56°33'																											
30°	38.21	8.9	40	60°00'																											
31°	36.97	9	41	63°33'																											
32°	35.81	9.2	41	65°36'																											
33°	34.73	9.3	42	69°18'																											
34°	33.21	9.4	42	71°24'																											
35°	32.74	9.5	43	75°15'																											
36°	31.83	9.6	43	77°24'																											
37°	30.97	9.7	44	81°24'																											
38°	30.16	9.8	44	83°38'																											

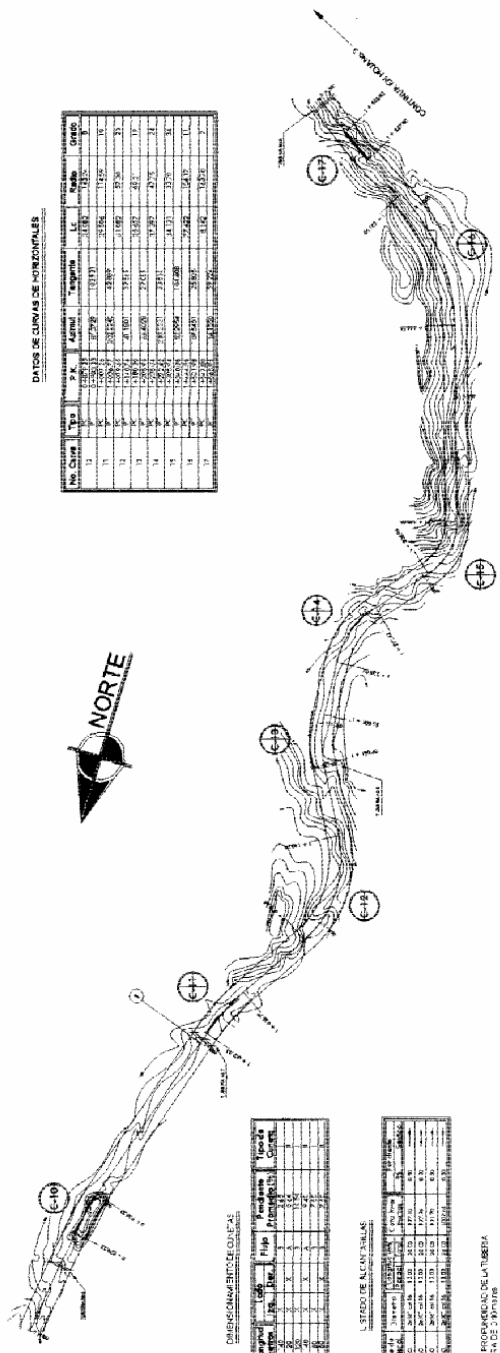
- 1) El peralte fue calculado según el método "4" por la AASHO
- 2) El peralte se repartirá proporcionalmente a la longitud de la espiral usada, debiendo ser el pc y pt el punto medio de dicha espiral.
- 3) En las curvas con peralte calculado menor que la pendiente del bombeo se recomienda usar peralte la pendiente del bombeo
- 4) El paso bombeo al 0% en el principio o en el final de la espiral (TS o ST) debe hacerse proporcionalmente a la distancia Db:

Esta distancia se calcula en base al bombeo, el ancho del asfalto y la mitad de la pendiente de desarrollo del peralte, sin embargo se recomienda usar las que aparecen en este cuadro que son las correspondientes a un bombeo de 3%, un ancho asfáltico de 7.2 metros y la mitad de las pendientes indicadas.
- 5) Las longitudes de espiral fueron calculadas según las pendientes de desarrollo del peralte indicadas arriba y recomendadas por AASHO

PLANOS

DATOS DE CURVAS DE HORIZONTALES

NO. CURVA	TIPO	RAIO	ANGULO	LONGITUD	ORDENADA	ORDENADA	ORDENADA
		(M)	(GR)	(M)	(M)	(M)	(M)
1	1	1000	100	100	100	100	100
2	2	2000	200	200	200	200	200
3	3	3000	300	300	300	300	300
4	4	4000	400	400	400	400	400
5	5	5000	500	500	500	500	500
6	6	6000	600	600	600	600	600
7	7	7000	700	700	700	700	700
8	8	8000	800	800	800	800	800
9	9	9000	900	900	900	900	900
10	10	10000	1000	1000	1000	1000	1000



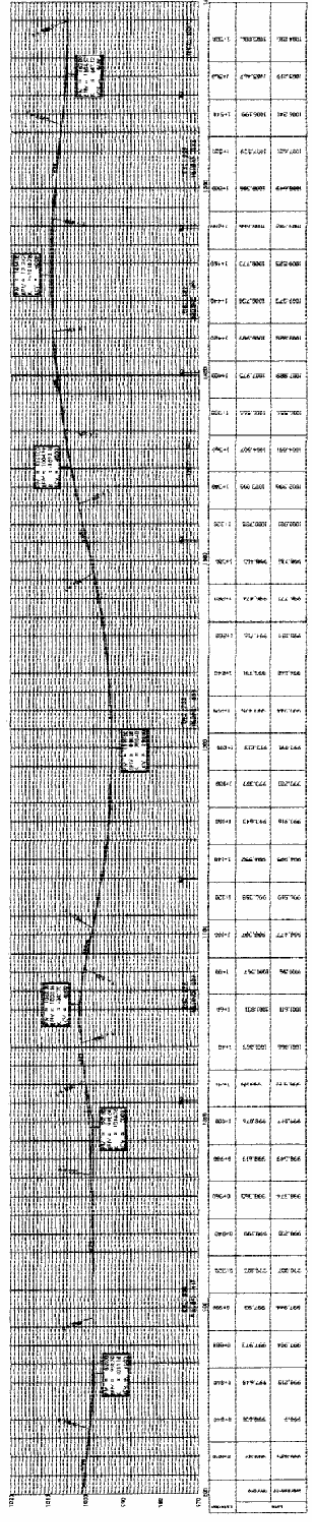
DISEÑO DE LA TUBERIA

TIPO DE TUBERIA	LONGITUD (M)	DIAMETRO (M)	ANCHO DE LA TUBERIA (M)	ANCHO DE LA CUBIERTA (M)	ANCHO DE LA CALZADA (M)
1	100	1.0	1.0	1.5	3.0
2	200	1.5	1.5	2.0	4.0
3	300	2.0	2.0	2.5	5.0
4	400	2.5	2.5	3.0	6.0
5	500	3.0	3.0	3.5	7.0
6	600	3.5	3.5	4.0	8.0
7	700	4.0	4.0	4.5	9.0
8	800	4.5	4.5	5.0	10.0
9	900	5.0	5.0	5.5	11.0
10	1000	5.5	5.5	6.0	12.0

LISTADO DE ALIVIAJES

NO. ALIVIAJE	TIPO	LONGITUD (M)	ANCHO (M)	ALTO (M)	ANCHO DE LA CALZADA (M)
1	1	100	1.0	1.0	3.0
2	2	200	1.5	1.5	4.0
3	3	300	2.0	2.0	5.0
4	4	400	2.5	2.5	6.0
5	5	500	3.0	3.0	7.0
6	6	600	3.5	3.5	8.0
7	7	700	4.0	4.0	9.0
8	8	800	4.5	4.5	10.0
9	9	900	5.0	5.0	11.0
10	10	1000	5.5	5.5	12.0

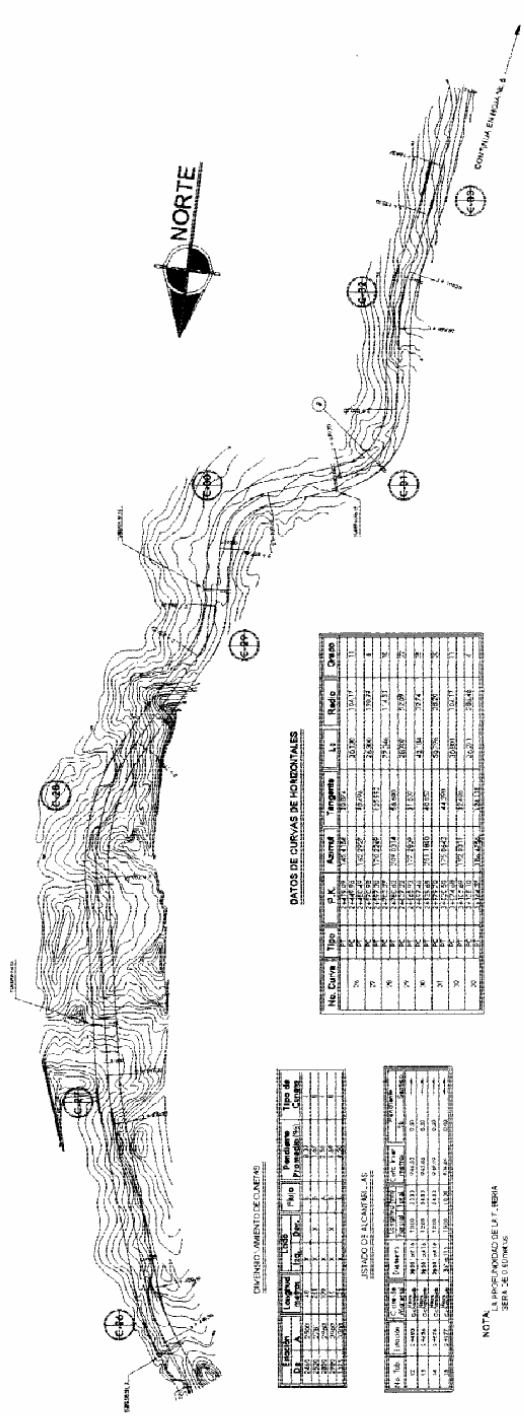
NOTA: LA PROYECCION DE LA TUBERIA SE DA DE 3' EN TUBERIA



PLANTA - PERFIL DE EST 0 + 750 A EST 1 + 550

ESCALA HORIZONTAL 1:1000
ESCALA VERTICAL 1:100

	INSTITUCION DE INVESTIGACIONES Y DESARROLLO TECNICO INSTITUCION DE INVESTIGACIONES Y DESARROLLO TECNICO INSTITUCION DE INVESTIGACIONES Y DESARROLLO TECNICO
P. JACO DE P. JACO (P. JACO)	P. JACO DE P. JACO (P. JACO)



DIVISION DE ALIQUILACIONES

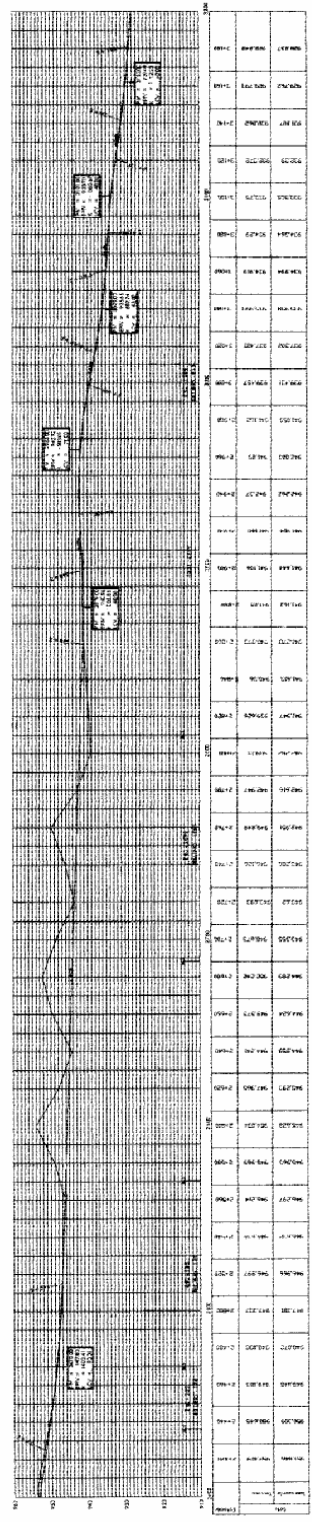
Distancia	Longitud	Alto	Piso	Pendientes	Tipos de Pavimento
0+000	100	100	100	100	100
0+100	100	100	100	100	100
0+200	100	100	100	100	100
0+300	100	100	100	100	100
0+400	100	100	100	100	100
0+500	100	100	100	100	100
0+600	100	100	100	100	100
0+700	100	100	100	100	100
0+800	100	100	100	100	100

DIVISION DE ALIQUILACIONES

Distancia	Longitud	Alto	Piso	Pendientes	Tipos de Pavimento
0+000	100	100	100	100	100
0+100	100	100	100	100	100
0+200	100	100	100	100	100
0+300	100	100	100	100	100
0+400	100	100	100	100	100
0+500	100	100	100	100	100
0+600	100	100	100	100	100
0+700	100	100	100	100	100
0+800	100	100	100	100	100

DATOS DE CURVAS DE HORIZONTALES

No. Curva	Est. de Inicio	Est. de Fin	Radio	Longitud	Offset
1	0+000	0+100	1000	100	0
2	0+100	0+200	1500	100	0
3	0+200	0+300	2000	100	0
4	0+300	0+400	2500	100	0
5	0+400	0+500	3000	100	0
6	0+500	0+600	3500	100	0
7	0+600	0+700	4000	100	0
8	0+700	0+800	4500	100	0



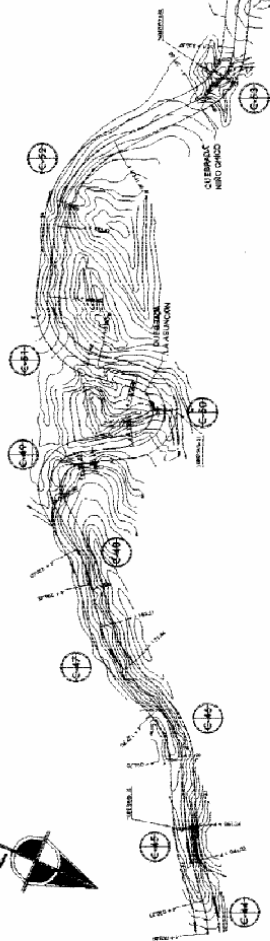
PLANTA - PERFIL DE EST 2 + 400 A EST 3 + 200

ESCALA HORIZONTAL 1:1000
ESCALA VERTICAL 1:500

PROYECTO	CONSTRUCCION DE LA CARRETERA	FECHA	15/05/2010
ESTUDIO	ESTUDIO PRELIMINAR	ESCALA	1:500
PROYECTANTE	INGENIERIA CIVIL	PROYECTANTE	INGENIERIA CIVIL
REVISOR	INGENIERIA CIVIL	REVISOR	INGENIERIA CIVIL
APROBADO	INGENIERIA CIVIL	APROBADO	INGENIERIA CIVIL
FECHA DE APROBACION	15/05/2010	FECHA DE APROBACION	15/05/2010
PROYECTO	CONSTRUCCION DE LA CARRETERA	FECHA	15/05/2010
ESTUDIO	ESTUDIO PRELIMINAR	ESCALA	1:500
PROYECTANTE	INGENIERIA CIVIL	PROYECTANTE	INGENIERIA CIVIL
REVISOR	INGENIERIA CIVIL	REVISOR	INGENIERIA CIVIL
APROBADO	INGENIERIA CIVIL	APROBADO	INGENIERIA CIVIL
FECHA DE APROBACION	15/05/2010	FECHA DE APROBACION	15/05/2010

DATOS DE CURVAS DE HORZONTALES

Nº de Curva	Tipos	P.A.	Ángulo	Tangente	L.C.	Radio	Orbita
1	1	4+550.00	11.500	11.280	17.77	15.17	1
2	1	4+550.00	11.500	11.280	17.77	15.17	1
3	1	4+550.00	11.500	11.280	17.77	15.17	1
4	1	4+550.00	11.500	11.280	17.77	15.17	1
5	1	4+550.00	11.500	11.280	17.77	15.17	1
6	1	4+550.00	11.500	11.280	17.77	15.17	1
7	1	4+550.00	11.500	11.280	17.77	15.17	1
8	1	4+550.00	11.500	11.280	17.77	15.17	1
9	1	4+550.00	11.500	11.280	17.77	15.17	1
10	1	4+550.00	11.500	11.280	17.77	15.17	1
11	1	4+550.00	11.500	11.280	17.77	15.17	1
12	1	4+550.00	11.500	11.280	17.77	15.17	1
13	1	4+550.00	11.500	11.280	17.77	15.17	1
14	1	4+550.00	11.500	11.280	17.77	15.17	1
15	1	4+550.00	11.500	11.280	17.77	15.17	1
16	1	4+550.00	11.500	11.280	17.77	15.17	1
17	1	4+550.00	11.500	11.280	17.77	15.17	1
18	1	4+550.00	11.500	11.280	17.77	15.17	1
19	1	4+550.00	11.500	11.280	17.77	15.17	1
20	1	4+550.00	11.500	11.280	17.77	15.17	1
21	1	4+550.00	11.500	11.280	17.77	15.17	1
22	1	4+550.00	11.500	11.280	17.77	15.17	1
23	1	4+550.00	11.500	11.280	17.77	15.17	1
24	1	4+550.00	11.500	11.280	17.77	15.17	1
25	1	4+550.00	11.500	11.280	17.77	15.17	1
26	1	4+550.00	11.500	11.280	17.77	15.17	1
27	1	4+550.00	11.500	11.280	17.77	15.17	1
28	1	4+550.00	11.500	11.280	17.77	15.17	1
29	1	4+550.00	11.500	11.280	17.77	15.17	1
30	1	4+550.00	11.500	11.280	17.77	15.17	1
31	1	4+550.00	11.500	11.280	17.77	15.17	1
32	1	4+550.00	11.500	11.280	17.77	15.17	1
33	1	4+550.00	11.500	11.280	17.77	15.17	1
34	1	4+550.00	11.500	11.280	17.77	15.17	1
35	1	4+550.00	11.500	11.280	17.77	15.17	1
36	1	4+550.00	11.500	11.280	17.77	15.17	1
37	1	4+550.00	11.500	11.280	17.77	15.17	1
38	1	4+550.00	11.500	11.280	17.77	15.17	1
39	1	4+550.00	11.500	11.280	17.77	15.17	1
40	1	4+550.00	11.500	11.280	17.77	15.17	1
41	1	4+550.00	11.500	11.280	17.77	15.17	1
42	1	4+550.00	11.500	11.280	17.77	15.17	1
43	1	4+550.00	11.500	11.280	17.77	15.17	1
44	1	4+550.00	11.500	11.280	17.77	15.17	1
45	1	4+550.00	11.500	11.280	17.77	15.17	1
46	1	4+550.00	11.500	11.280	17.77	15.17	1
47	1	4+550.00	11.500	11.280	17.77	15.17	1
48	1	4+550.00	11.500	11.280	17.77	15.17	1
49	1	4+550.00	11.500	11.280	17.77	15.17	1
50	1	4+550.00	11.500	11.280	17.77	15.17	1
51	1	4+550.00	11.500	11.280	17.77	15.17	1
52	1	4+550.00	11.500	11.280	17.77	15.17	1
53	1	4+550.00	11.500	11.280	17.77	15.17	1
54	1	4+550.00	11.500	11.280	17.77	15.17	1
55	1	4+550.00	11.500	11.280	17.77	15.17	1
56	1	4+550.00	11.500	11.280	17.77	15.17	1
57	1	4+550.00	11.500	11.280	17.77	15.17	1
58	1	4+550.00	11.500	11.280	17.77	15.17	1
59	1	4+550.00	11.500	11.280	17.77	15.17	1
60	1	4+550.00	11.500	11.280	17.77	15.17	1
61	1	4+550.00	11.500	11.280	17.77	15.17	1
62	1	4+550.00	11.500	11.280	17.77	15.17	1
63	1	4+550.00	11.500	11.280	17.77	15.17	1
64	1	4+550.00	11.500	11.280	17.77	15.17	1
65	1	4+550.00	11.500	11.280	17.77	15.17	1
66	1	4+550.00	11.500	11.280	17.77	15.17	1
67	1	4+550.00	11.500	11.280	17.77	15.17	1
68	1	4+550.00	11.500	11.280	17.77	15.17	1
69	1	4+550.00	11.500	11.280	17.77	15.17	1
70	1	4+550.00	11.500	11.280	17.77	15.17	1
71	1	4+550.00	11.500	11.280	17.77	15.17	1
72	1	4+550.00	11.500	11.280	17.77	15.17	1
73	1	4+550.00	11.500	11.280	17.77	15.17	1
74	1	4+550.00	11.500	11.280	17.77	15.17	1
75	1	4+550.00	11.500	11.280	17.77	15.17	1
76	1	4+550.00	11.500	11.280	17.77	15.17	1
77	1	4+550.00	11.500	11.280	17.77	15.17	1
78	1	4+550.00	11.500	11.280	17.77	15.17	1
79	1	4+550.00	11.500	11.280	17.77	15.17	1
80	1	4+550.00	11.500	11.280	17.77	15.17	1
81	1	4+550.00	11.500	11.280	17.77	15.17	1
82	1	4+550.00	11.500	11.280	17.77	15.17	1
83	1	4+550.00	11.500	11.280	17.77	15.17	1
84	1	4+550.00	11.500	11.280	17.77	15.17	1
85	1	4+550.00	11.500	11.280	17.77	15.17	1
86	1	4+550.00	11.500	11.280	17.77	15.17	1
87	1	4+550.00	11.500	11.280	17.77	15.17	1
88	1	4+550.00	11.500	11.280	17.77	15.17	1
89	1	4+550.00	11.500	11.280	17.77	15.17	1
90	1	4+550.00	11.500	11.280	17.77	15.17	1
91	1	4+550.00	11.500	11.280	17.77	15.17	1
92	1	4+550.00	11.500	11.280	17.77	15.17	1
93	1	4+550.00	11.500	11.280	17.77	15.17	1
94	1	4+550.00	11.500	11.280	17.77	15.17	1
95	1	4+550.00	11.500	11.280	17.77	15.17	1
96	1	4+550.00	11.500	11.280	17.77	15.17	1
97	1	4+550.00	11.500	11.280	17.77	15.17	1
98	1	4+550.00	11.500	11.280	17.77	15.17	1
99	1	4+550.00	11.500	11.280	17.77	15.17	1
100	1	4+550.00	11.500	11.280	17.77	15.17	1



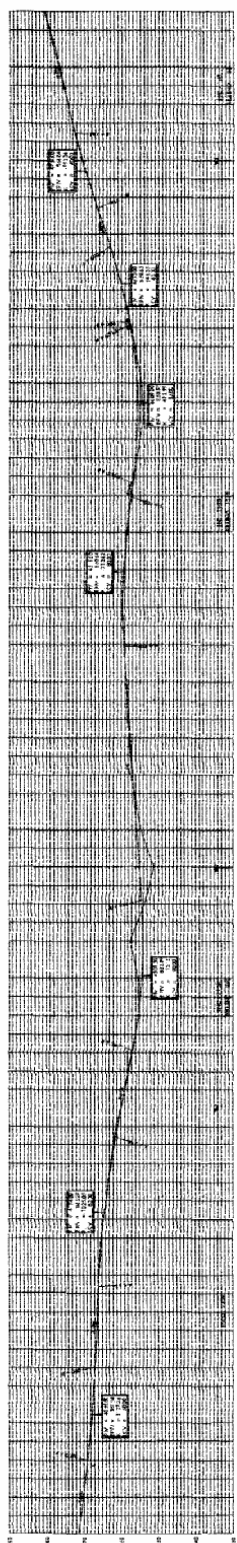
LISTADO DE ALICATILLAS

Nº	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD
1	ALICATILLA DE 10x10 CM	100	M ²
2	ALICATILLA DE 15x15 CM	50	M ²
3	ALICATILLA DE 20x20 CM	20	M ²
4	ALICATILLA DE 25x25 CM	10	M ²
5	ALICATILLA DE 30x30 CM	5	M ²
6	ALICATILLA DE 35x35 CM	2	M ²
7	ALICATILLA DE 40x40 CM	1	M ²
8	ALICATILLA DE 45x45 CM	1	M ²
9	ALICATILLA DE 50x50 CM	1	M ²
10	ALICATILLA DE 55x55 CM	1	M ²
11	ALICATILLA DE 60x60 CM	1	M ²
12	ALICATILLA DE 65x65 CM	1	M ²
13	ALICATILLA DE 70x70 CM	1	M ²
14	ALICATILLA DE 75x75 CM	1	M ²
15	ALICATILLA DE 80x80 CM	1	M ²
16	ALICATILLA DE 85x85 CM	1	M ²
17	ALICATILLA DE 90x90 CM	1	M ²
18	ALICATILLA DE 95x95 CM	1	M ²
19	ALICATILLA DE 100x100 CM	1	M ²

CONSEJERÍA DE OBRAS PÚBLICAS

Nº	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD
1	CONCRETO DE 150 KG/M ³	100	M ³
2	CONCRETO DE 200 KG/M ³	50	M ³
3	CONCRETO DE 250 KG/M ³	20	M ³
4	CONCRETO DE 300 KG/M ³	10	M ³
5	CONCRETO DE 350 KG/M ³	5	M ³
6	CONCRETO DE 400 KG/M ³	2	M ³
7	CONCRETO DE 450 KG/M ³	1	M ³
8	CONCRETO DE 500 KG/M ³	1	M ³
9	CONCRETO DE 550 KG/M ³	1	M ³
10	CONCRETO DE 600 KG/M ³	1	M ³
11	CONCRETO DE 650 KG/M ³	1	M ³
12	CONCRETO DE 700 KG/M ³	1	M ³
13	CONCRETO DE 750 KG/M ³	1	M ³
14	CONCRETO DE 800 KG/M ³	1	M ³
15	CONCRETO DE 850 KG/M ³	1	M ³
16	CONCRETO DE 900 KG/M ³	1	M ³
17	CONCRETO DE 950 KG/M ³	1	M ³
18	CONCRETO DE 1000 KG/M ³	1	M ³

NOTA: LA POSIBILIDAD DE LA TERZA DEP. - E. C. U. T. N. O.



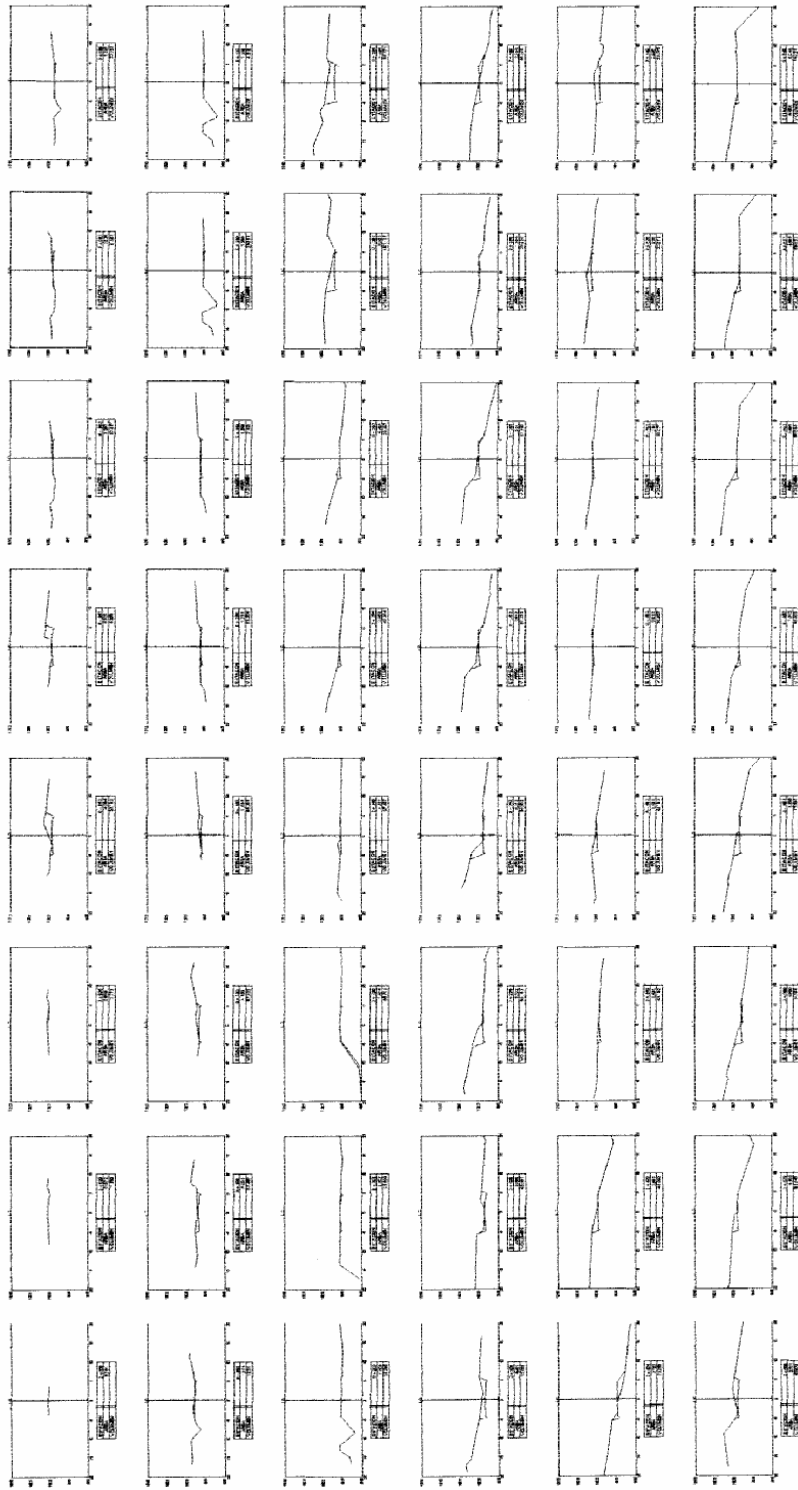
ESTACION	ELEVACION	TIPO DE CURVA	LONGITUD
4+000	100.00	1	100.00
4+100	105.00	1	100.00
4+200	110.00	1	100.00
4+300	115.00	1	100.00
4+400	120.00	1	100.00
4+500	125.00	1	100.00
4+600	130.00	1	100.00
4+700	135.00	1	100.00
4+800	140.00	1	100.00

PIANTA - PERFIL DE EST 4 + 000 A EST 4 + 820

ESCALA HORIZONTAL 1/1000
ESCALA VERTICAL 1/500

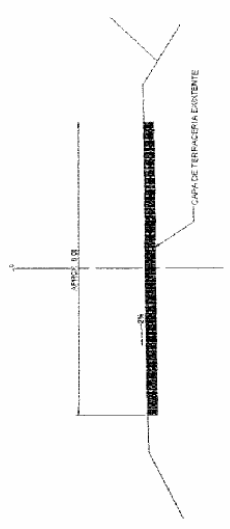
	INSTITUCIÓN ASOCIACIÓN C.A.
NOMBRE DEL PROYECTO PLAN DE...	NOMBRE DEL DISEÑADOR ...
NOMBRE DEL CLIENTE ...	NOMBRE DEL PROYECTO ...
NOMBRE DEL DISEÑADOR ...	NOMBRE DEL PROYECTO ...
NOMBRE DEL CLIENTE ...	NOMBRE DEL PROYECTO ...

NOTA: LAS SECCIONES TRANSVERSALES DE LA PRESENTACIÓN CONTIENEN
 EN LAS HOJAS 41 - 42 INDICES DEL AREA EN METROS CUADRADOS
 EN EL VOLUMEN METRIS S.C. 0603

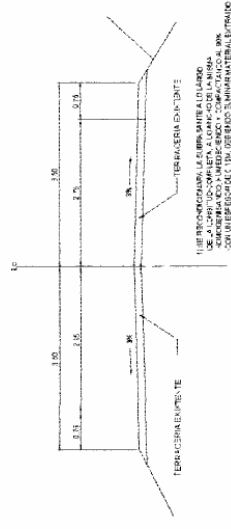


		TITULO: AREA: ESCALA: FECHA:
PROYECTO: CLIENTE:		DISEÑO: REVISADO: APROBADO:
OBSERVACIONES: OBSERVACIONES:		OBSERVACIONES: OBSERVACIONES:
NOTAS: OBSERVACIONES:		OBSERVACIONES: OBSERVACIONES:

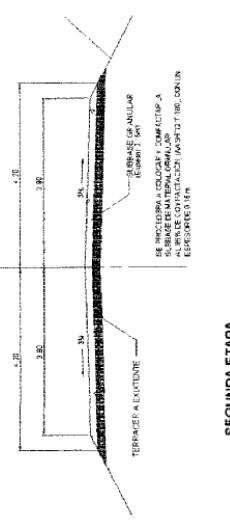
SECCIONES TRANSVERSALES DE EST 0 + 000 A EST 0 + 640
 ESCALA HORIZONTAL 1:100
 ESCALA VERTICAL 1:100



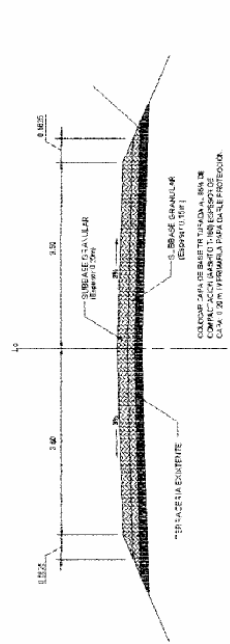
ESTADO ACTUAL



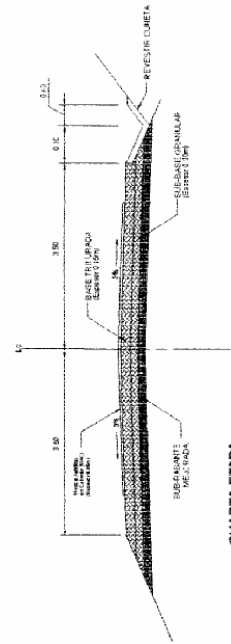
PRIMERA ETAPA



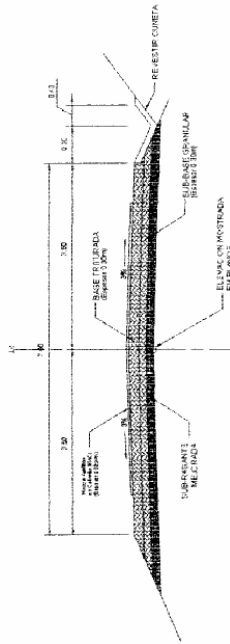
SEGUNDA ETAPA



TERCERA ETAPA



CUARTA ETAPA



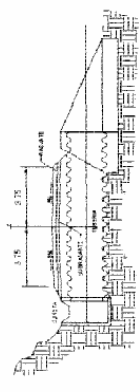
SECCION TIPICA FINAL

DE KM	A KM	SUBGRANTE MEDIOCA	SUB-BASE	BASE	M.A.C.
0-20	00-101	0.15m	0.08m	0.08m	0.024m

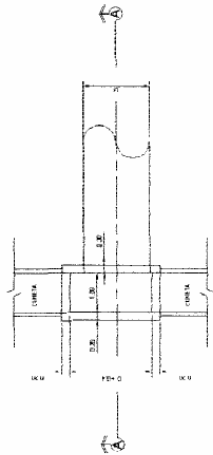
DE KM	A KM	SUBGRANTE MEDIOCA	SUB-BASE	BASE	M.A.C.

ESTRUCTURA DE LA SECCION DE PAVIMENTO

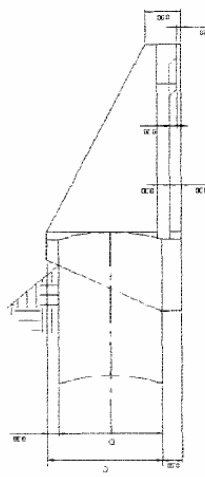
PROYECTO	RECONSTRUCCION DEL PAVIMENTO EN LA CARRETERA DE LA ZONA DE LA SIERRA DE LA UNION EN EL MUNICIPIO DE LA UNION, ESTADO DE GUERRERO
FECHA	15/05/2018
ESCALA	1:50
PROYECTANTE	ING. JUAN CARLOS GARCIA
REVISOR	ING. JUAN CARLOS GARCIA
APROBADO	ING. JUAN CARLOS GARCIA
FECHA DE APROBACION	15/05/2018
PROYECTO	RECONSTRUCCION DEL PAVIMENTO EN LA CARRETERA DE LA ZONA DE LA SIERRA DE LA UNION EN EL MUNICIPIO DE LA UNION, ESTADO DE GUERRERO
FECHA	15/05/2018
ESCALA	1:50
PROYECTANTE	ING. JUAN CARLOS GARCIA
REVISOR	ING. JUAN CARLOS GARCIA
APROBADO	ING. JUAN CARLOS GARCIA
FECHA DE APROBACION	15/05/2018



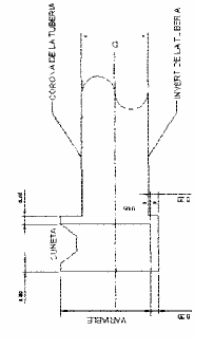
DETALLE GENERAL DE CAJA EN SECCION
ESCALA 1/10



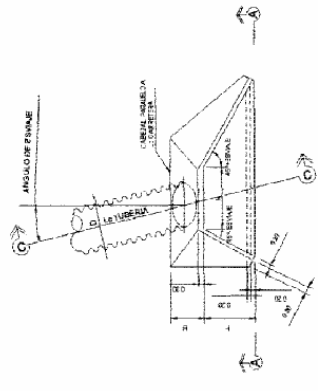
PLANTA
ESCALA 1/10



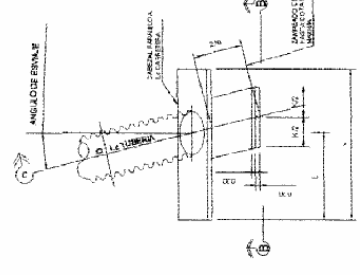
VARIABLE (CIMENTACION)
MINIMO 0.50



DETALLE DE CAJA
CORTE A - A
ESCALA 1/10



CABEZALES CON ALETONES
CORTE A-A
ESCALA 1/10



PLANTA CABEZAL PARA UN TUBO
ESCALA 1/10

NOTAS:

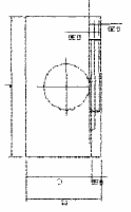
- 1- PARA LA CONSTRUCCION DE CIMENTACIONES Y CUBIERTAS DE TUBERIAS EN SECCIONES RECTAS PARA CONTROLAR EL CARGO Y FUENTES DE LA D.C. EN TUBOS.
- 2- SE USA CONCRETO CLASE 2000 (H) CON CANTONERAS RECORRIDAS EN TUBOS DE LAS ESPECIFICACIONES DE LA D.C.
- 3- PARA LA D.C. DE ENTUBOS SENCILLOS SE USA UN CANTONERAS DE PIEDRA.
- 4- EL MATERIAL QUE USAR EN EL EMPLEO DE LA CUBIERTA CLASE 2000 (H) EN LA CUBIERTA DE LA D.C. CON UN CANTONERAS DE CEMENTO CLASE 2000 (H).
- 5- LOS CABEZALES DEBEN SER FINALES O A LA LUNA, GENERAL DE LA CUBIERTA Y EN EL LA MISMA PENDIENTE QUE ESTA.
- 6- EL CARGO DEL CONCRETO DEBE CUMPLIR DE SUPERFICIE DE LA D.C. EN SECCIONES RECTAS DE TUBOS EN SECCIONES RECTAS.
- 7- TODAS LAS PISTAS DEBEN SER BILGAS EN SECCIONES RECTAS.
- 8- TODAS LAS JUNTAS DEBEN SER BILGAS EN SECCIONES RECTAS.
- 9- FUENTE: PLANOS TIPO: MÓDULO CABEZALES RECTOS PARA TUBERIAS. DEMANDA DE CIMENTACION: 0.50; MARZO 1970.

GEOMETRIA PARA CABEZALES CON UN TUBO

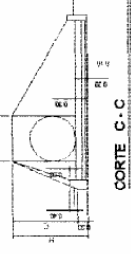
DIAMETRO	DIMENSIONES PARA CABEZALES CON ALETONES									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25
1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75
2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
2.25	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25
2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50
2.75	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75
3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00

GEOMETRIA PARA CABEZALES RECTOS CON UN TUBO

DIAMETRO	DIMENSIONES PARA CABEZAL RECTO									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25
1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75
2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
2.25	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25
2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50
2.75	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75
3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00

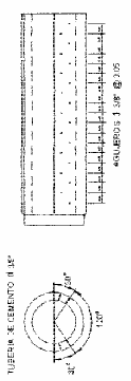


CABEZALES RECTOS
CORTE B-B
ESCALA 1/10



CORTE C - C
ESCALA 1/10

	EMPRESA: CONCRETO Y ACERO DIRECCION: AV. BOLIVAR 1000, LIMA TEL: 011-4760000 FAX: 011-4760001 E-MAIL: CONCRETO@CONCRETO.COM
PROYECTO: PROYECTO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION DE LA CARRETERA PANAMERICANA SUR	CLIENTE: SENA
FECHA: 15/03/2000	ESCALA: 1/10
AUTORES: ING. CARLOS ALBERTO GONZALEZ ING. ROBERTO TORRES	DISEÑOS: ING. CARLOS ALBERTO GONZALEZ
REVISOR: ING. ROBERTO TORRES	APROBADO: ING. CARLOS ALBERTO GONZALEZ
PROFESIONALES: ING. CARLOS ALBERTO GONZALEZ ING. ROBERTO TORRES	FEEL: ING. CARLOS ALBERTO GONZALEZ



DETALLE TUBERIA PERFORADA

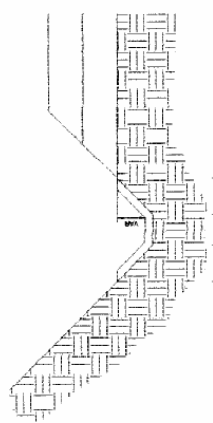
ESCALA: 1/10



1% DE PENDIENTE EN CROMOMANSA
 CADA 10 METROS EN 1000 CUADROS
 LA PENDIENTE NO DEBE SER MENOR A 3%
 CUALQUIER TRANSICION DE 1 METRO
 2. ESPESORES DE 7.97 CONCRETO CLASE 1000

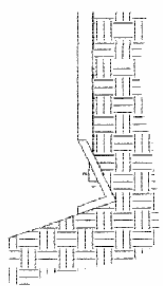
CUNETAS ESPECIALES

ESCALA



DETALLE DE CUNETAS TIPO I EN CORTE

ESCALA: 1/20



DETALLE DE CUNETAS TIPO II EN CORTE

ESCALA: 1/20

PROYECTO	CHACARON	VELOCIDAD	COMPAÑIA
13	80	0.748	
21	110	0.777	
22	140	0.806	
23	170	0.835	
24	200	0.864	
25	230	0.893	
26	260	0.922	
27	290	0.951	
28	320	0.980	
29	350	1.009	
30	380	1.038	
31	410	1.067	
32	440	1.096	
33	470	1.125	
34	500	1.154	
35	530	1.183	
36	560	1.212	
37	590	1.241	
38	620	1.270	
39	650	1.299	
40	680	1.328	
41	710	1.357	
42	740	1.386	
43	770	1.415	
44	800	1.444	
45	830	1.473	
46	860	1.502	
47	890	1.531	
48	920	1.560	
49	950	1.589	
50	980	1.618	
51	1010	1.647	
52	1040	1.676	
53	1070	1.705	
54	1100	1.734	
55	1130	1.763	
56	1160	1.792	
57	1190	1.821	
58	1220	1.850	
59	1250	1.879	
60	1280	1.908	
61	1310	1.937	
62	1340	1.966	
63	1370	1.995	
64	1400	2.024	
65	1430	2.053	
66	1460	2.082	
67	1490	2.111	
68	1520	2.140	
69	1550	2.169	
70	1580	2.198	
71	1610	2.227	
72	1640	2.256	
73	1670	2.285	
74	1700	2.314	
75	1730	2.343	
76	1760	2.372	
77	1790	2.401	
78	1820	2.430	
79	1850	2.459	
80	1880	2.488	
81	1910	2.517	
82	1940	2.546	
83	1970	2.575	
84	2000	2.604	
85	2030	2.633	
86	2060	2.662	
87	2090	2.691	
88	2120	2.720	
89	2150	2.749	
90	2180	2.778	
91	2210	2.807	
92	2240	2.836	
93	2270	2.865	
94	2300	2.894	
95	2330	2.923	
96	2360	2.952	
97	2390	2.981	
98	2420	3.010	
99	2450	3.039	
100	2480	3.068	

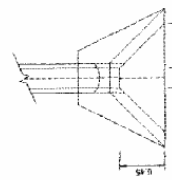
REQUISITOS CONTRA LOS TORNADOS
 CUNETAS REVESTIDAS

PROYECTO	CHACARON	VELOCIDAD	COMPAÑIA
13	80	0.748	
21	110	0.777	
22	140	0.806	
23	170	0.835	
24	200	0.864	
25	230	0.893	
26	260	0.922	
27	290	0.951	
28	320	0.980	
29	350	1.009	
30	380	1.038	
31	410	1.067	
32	440	1.096	
33	470	1.125	
34	500	1.154	
35	530	1.183	
36	560	1.212	
37	590	1.241	
38	620	1.270	
39	650	1.299	
40	680	1.328	
41	710	1.357	
42	740	1.386	
43	770	1.415	
44	800	1.444	
45	830	1.473	
46	860	1.502	
47	890	1.531	
48	920	1.560	
49	950	1.589	
50	980	1.618	
51	1010	1.647	
52	1040	1.676	
53	1070	1.705	
54	1100	1.734	
55	1130	1.763	
56	1160	1.792	
57	1190	1.821	
58	1220	1.850	
59	1250	1.879	
60	1280	1.908	
61	1310	1.937	
62	1340	1.966	
63	1370	1.995	
64	1400	2.024	
65	1430	2.053	
66	1460	2.082	
67	1490	2.111	
68	1520	2.140	
69	1550	2.169	
70	1580	2.198	
71	1610	2.227	
72	1640	2.256	
73	1670	2.285	
74	1700	2.314	
75	1730	2.343	
76	1760	2.372	
77	1790	2.401	
78	1820	2.430	
79	1850	2.459	
80	1880	2.488	
81	1910	2.517	
82	1940	2.546	
83	1970	2.575	
84	2000	2.604	
85	2030	2.633	
86	2060	2.662	
87	2090	2.691	
88	2120	2.720	
89	2150	2.749	
90	2180	2.778	
91	2210	2.807	
92	2240	2.836	
93	2270	2.865	
94	2300	2.894	
95	2330	2.923	
96	2360	2.952	
97	2390	2.981	
98	2420	3.010	
99	2450	3.039	
100	2480	3.068	

NOTA

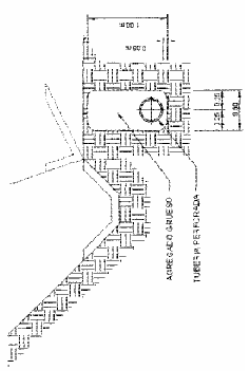
SENDA A: De 1/2" a 1/4"

SENDA B: De 1/2" a 1/4"



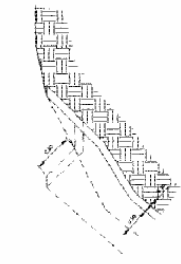
CABEZAL PARA SUB DRENAJE

ESCALA: 1/10



DETALLE DE SUB DRENAJE

ESCALA: 1/10



SUPERFICIE DE PAGO DE CUNETAS REVESTIDAS

ESCALA: 1/10

PROYECTO	CHACARON	VELOCIDAD	COMPAÑIA
13	80	0.748	
21	110	0.777	
22	140	0.806	
23	170	0.835	
24	200	0.864	
25	230	0.893	
26	260	0.922	
27	290	0.951	
28	320	0.980	
29	350	1.009	
30	380	1.038	
31	410	1.067	
32	440	1.096	
33	470	1.125	
34	500	1.154	
35	530	1.183	
36	560	1.212	
37	590	1.241	
38	620	1.270	
39	650	1.299	
40	680	1.328	
41	710	1.357	
42	740	1.386	
43	770	1.415	
44	800	1.444	
45	830	1.473	
46	860	1.502	
47	890	1.531	
48	920	1.560	
49	950	1.589	
50	980	1.618	
51	1010	1.647	
52	1040	1.676	
53	1070	1.705	
54	1100	1.734	
55	1130	1.763	
56	1160	1.792	
57	1190	1.821	
58	1220	1.850	
59	1250	1.879	
60	1280	1.908	
61	1310	1.937	
62	1340	1.966	
63	1370	1.995	
64	1400	2.024	
65	1430	2.053	
66	1460	2.082	
67	1490	2.111	
68	1520	2.140	
69	1550	2.169	
70	1580	2.198	
71	1610	2.227	
72	1640	2.256	
73	1670	2.285	
74	1700	2.314	
75	1730	2.343	
76	1760	2.372	
77	1790	2.401	
78	1820	2.430	
79	1850	2.459	
80	1880	2.488	
81	1910	2.517	
82	1940	2.546	
83	1970	2.575	
84	2000	2.604	
85	2030	2.633	
86	2060	2.662	
87	2090	2.691	
88	2120	2.720	
89	2150	2.749	
90	2180	2.778	
91	2210	2.807	
92	2240	2.836	
93	2270	2.865	
94	2300	2.894	
95	2330	2.923	
96	2360	2.952	
97	2390	2.981	
98	2420	3.010	
99	2450	3.039	
100	2480	3.068	