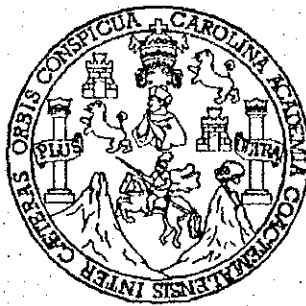


UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE: ALCANTARILLADO SANITARIO DEL SECTOR
CALDERÓN, ZONA 1 Y DEL TRAMO CARRETERO CEFEMERQ-
CHOQUÍ DE LA CIUDAD DE QUETZALTENANGO.**

TESIS

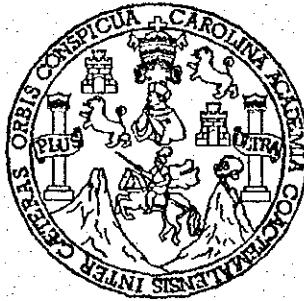
**PRESENTADA A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA**

POR

RENATO EDUARDO GONZÁLEZ PALACIOS

**AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

GUATEMALA, ABRIL DE 1,999



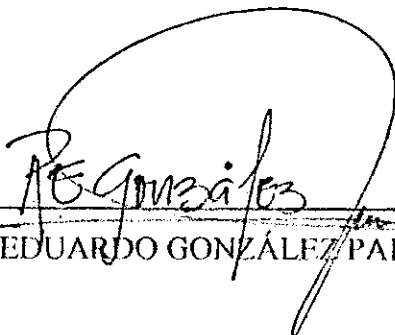
HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

DISEÑO DE: ALCANTARILLADO SANITARIO DEL SECTOR CALDERÓN, ZONA 1 Y DEL TRAMO CARRETERO CEFEMERQ – CHOQUÍ DE LA CIUDAD DE QUETZALTENANGO.

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Ingeniería Civil con fecha 22 de julio de 1,997.

Atentamente



RENATO EDUARDO GONZÁLEZ PALACIOS

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

MIEMBROS DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO:	ING. HERBERT RENÉ MIRANDA BARRIOS
VOCAL 1º.	ING. JOSÉ FRANCISCO GÓMEZ RIVERA
VOCAL 2º.	ING. CARLOS HUMBERTO PÉREZ RODRÍGUEZ
VOCAL 3º.	ING. JORGE BENJAMÍN GUTIÉRREZ QUINTANA
VOCAL 4º.	BR. DIMAS ALFREDO CARRANZA BARRERA
VOCAL 5º.	BR. JOSÉ ENRIQUE LÓPEZ BARRIOS
SECRETARIO	ING. GILDA MARINA CASTELLANOS DE ILLESCAS

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO:	ING. HERBERT RENÉ MIRANDA BARRIOS
EXAMINADOR:	ING. JUAN MERCK COS
EXAMINADOR:	ING. FRANCISCO JAVIER QUIÑONES DE LA CRUZ
EXAMINADOR:	ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA OCHAETA
SECRETARIO:	ING. GILDA MARINA CASTELLANOS DE ILLESCAS



FACULTAD DE INGENIERIA

REF.EPS.C.044.99

Guatemala, 8 de marzo de 1,999

Señor
Ing. Sidney samuels
Director de la Escuela
de Ingeniería Civil
Presente

Señor Director:

Adjunto, sírvase encontrar el Informe Final (TESIS), correspondiente al Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), realizado por el estudiante universitario, de la Carrera de Ingeniería Civil, **RENATO EDUARDO GONZALEZ PALACIOS**, en la Municipalidad de Quetzaltenango.

El estudiante **González Palacios**, desarrolló el Proyecto titulado **DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO DEL SECTOR CALDERON ZONA 1 Y DEL TRAMO CARRETERO CEFEMERO-CHOQUI DE LA CIUDAD DE QUETZALTENANGO**.

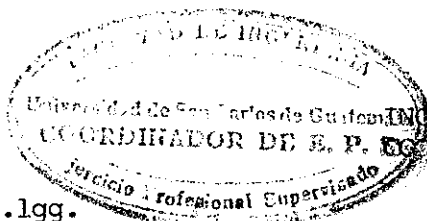
Este trabajo, fue asesorado y supervisado por el suscrito; y considero, que es un aporte muy importante para la Ciudad de Quetzaltenango, por cuanto se está proponiendo una solución viable a la problemática del tránsito del lugar y disposición de las aguas servidas.

Por lo que, habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de Ley, **APRUEBO SU CONTENIDO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme de usted.

Muy Atentamente,

"DID Y ENSEÑAD A TODOS"



JUAN MERCK COS
COORDINADOR DE E. P. COORDINADOR DE E.P.S.

JMC.lgg.

c.c.: Archivo



FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor y Coordinador de E.P.G. Ing. Juan Merck Cos, del trabajo de tesis del estudiante Renato Eduardo González Palacios y, titulado DISEÑO DE: ALcantarillado Sanitario DEL SECTOR CALDERON, ZONA 1 Y DEL TRAMO CARRETERO CEFEMERO-CUCCHI DE LA CIUDAD DE QUETZALTENANGO, da por este medio su aprobación a dicha tesis.

Ing. Sydney Alexander Samuel Milán



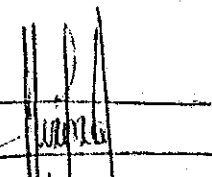
Guatemala, abril de 1, 1999

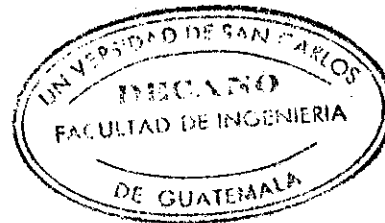


FACULTAD DE INGENIERIA

El Decano de la Facultad de Ingeniería, luego de conocer la autorización por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, Ing. Sydney Alexander Samuels Milson, al trabajo de tesis DISEÑO DE: ALCANTARILLADO SANITARIO DEL SECTOR CALDERON, ZONA 1 Y DEL TRAMO CARRETERO CEFEMERG-CHOQUI DE LA CIUDAD DE QUETZALTENANGO, del estudiante Renato Eduardo González Palacios, procede a la autorización para la impresión de la misma.

IMPRIMASE:


Ing. Herbert René Miranda Barrios
DECANO



Guatemala, abril de 1,999

AGRADECIMIENTOS A:

DIOS

Por darme la sabiduría

MIS PADRES

Por su apoyo incondicional

MIS HERMANOS

Por su apoyo

ING. JUAN MERCK COS

Por su asesoría

ING. JOSÉ LUIS ESTRADA

ARQ. JONATHAN XICARÁ

ING. RENÉ FLORES

ING. JUAN CARLOS DÍAZ

FACULTAD DE INGENIERÍA

COORDINACIÓN DE SERVICIOS PÚBLICOS
MUNICIPALIDAD DE QUETZALTENANGO

ACTO QUE DEDICO A:

MIS PADRES

**Roderico González Pérez
Hilma Palacios de González**

MIS HERMANOS

**Carlos, Ethel, Jaime, Ricardo,
Rina, Ruth, Ronaldo, Samuel**

MIS CUÑADOS

MIS SOBRINOS

LA FAMILIA

Rodríguez González

LA FAMILIA

Velásquez Palacios

LA FAMILIA

López De León

MIS AMIGOS

ÍNDICE

	Página
LISTADO DE ILUSTRACIONES	i
LISTA DE SÍMBOLOS	ii
GLOSARIO	iii
INTRODUCCIÓN	iv
HIPÓTESIS	v
OBJETIVOS	vi
CAPÍTULO I	
INVESTIGACIÓN	
1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL SECTOR CALDERÓN	1
1.1. GEOGRÁFICAS	1
1.2. SOCIALES	1
1.3. ECONÓMICAS	1
2. DIAGNÓSTICO DE LAS NECESIDADES PRIORITARIA DE LA CIUDAD	1
CAPÍTULO II	
SERVICIO PROFESIONAL	
1. DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO DEL SECTOR CALDERÓN, ZONA 1, QUETZALTENANGO	3
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	3
1.2. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO	3
1.2.1. Altimetría	3
1.2.2. Planimetría	4
1.3. DISEÑO DE LA RED	4
1.3.1. Período de Diseño	4
1.3.2. Estudio de la Población a Servir	4
1.3.3. Cálculo de Caudales	5
1.3.3.1. Caudal Domiciliar	5
1.3.3.2. Caudal de Conexiones Ilícitas	6
1.3.3.3. Caudal de Infiltración	7
1.3.3.4. Caudal Comercial e Industrial	7
1.3.3.5. Caudal de Diseño	8
1.3.4. Velocidades Máximas y Mínimas de Diseño	8
1.3.5. Pendientes Máximas y Mínimas	9
1.3.6. Cotas Invert	9
1.3.7. Diámetros de Tubería	10
1.3.8. Pozos de Visita	10
1.3.8.1. Profundidad de Pozos de Visita	11
1.3.8.2. Profundidad de Tuberías	11
1.3.9. Cálculo del Alcantarillado Sanitario	12

1.3.10. Integración del Presupuesto del Drenaje Sanitario del Sector Calderón	16
2. DISEÑO DEL TRAMO CARRETERO CEFEMERQ-CHOQUÍ, DE LA CIUDAD DE QUETZALTENANGO	18
2.1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	18
2.2. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO	18
2.2.1. Planimetría	18
2.2.2. Altimetría	18
2.3. ESTUDIO DE SUELOS	19
2.3.1. Ensayos para la Clasificación del Suelo	19
2.3.1.1. Análisis Granulométrico	19
2.3.1.2. Límites de Consistencia	20
2.3.2. Ensayos para la Clasificación de la Construcción	21
2.3.2.1. Determinación del Contenido de Humedad	21
2.3.2.2. Densidad Máxima y Humedad Óptima	22
2.3.2.3. Ensayo de Equivalente de Arena	22
2.3.3. Ensayo para Determinar la Resistencia del Suelo	23
2.3.3.1. Ensayo del Valor Soporte del Suelo	23
2.3.4. Análisis de Resultados	24
2.4. DISEÑO GEOMÉTRICO	24
2.4.1. Ancho de Corona	25
2.4.2. Rasante	25
2.4.3. Ancho de Carril	25
2.4.3.1. Ancho de Carril en Tangente	25
2.4.4. Hombros	26
2.4.5. Pendiente Transversal	27
2.4.5.1. Bombeo	27
2.4.6. Drenajes	28
2.4.6.1. Cunetas	28
2.4.7. Curvas Horizontales	29
2.4.7.1. Punto de Intersección	29
2.4.7.2. Ángulo de Deflexión	29
2.4.7.3. Grado de Curvatura	30
2.4.7.4. Longitud de Curva	30
2.4.7.5. Subtangente	30
2.4.7.6. Cuerda Máxima	30
2.4.7.7. External	31
2.4.7.8. Ordenada Media	31
2.4.7.9. Principio de Curva	31
2.4.7.10. Principio de Tangente	31
2.4.8. Movimientos de Tierras	34
2.4.9. Subrasante	34
2.4.10. Sub-base	35
2.4.11. Base	35
2.5. CAPA DE SUPERFICIES PARA PAVIMENTOS	36

2.5.1. Tratamiento de Preservación	36
2.5.2. Riego de Imprimación	36
2.5.3. Tratamiento Asfáltico Superficial	37
2.5.4. Macadam Asfáltico	37
2.5.5. Capa de Superficie de Rodadura	37
2.6. PAVIMENTO FLEXIBLE	37
2.6.1. Diseño del Pavimento Flexible	41
2.6.2. Clases de Mezcla	46
2.6.3. Elaboración del presupuesto del pavimento flexible	46
CONCLUSIONES	vii
RECOMENDACIONES	viii
BIBLIOGRAFÍA	ix
ANEXOS	

LISTADO DE ILUSTRACIONES

		Página
TABLA No. 1	Velocidades Máximas de Caudales	9
TABLA No. 2	Diámetros Mínimos de Pozos de Visita	11
TABLA No. 3	Diseño Hidráulico de la Red de Alcantarillado Sanitario del Sector Calderón, Zona 1, Quetzaltenango	15
TABLA No. 4	Valores Límites del C.B.R.	24
TABLA No. 5	Anchos de Hombros	26
TABLA No. 6	Pendientes de Bombeo	27
TABLA No. 7	Valores de Radio	32
TABLA No. 8	Tipos de Suelos de Subrasante y Valores de K	35
TABLA No. 9	Espesores de Bases, Según su Uso	36
TABLA No. 10	Diseño Geométrico del Tramo Carretera Cefemerq-Choquí, Quetzaltenango	33
TABLA No. 11	Margen de Pendiente de Drenaje	38
TABLA No. 12	Tránsito Total Durante 24 Horas	39
TABLA No. 13	Clasificación del Tránsito	40
GRÁFICA No. 1	Valores de Velocidades para Alcantarillados	17
GRÁFICA No. 2	Espesor Indicado por el C.B.R.	44
GRÁFICA No. 3	Espesor Indicado por el Índice de Grupo	45

LISTA DE SÍMBOLOS

Km.	Kilómetro
Qd.	Caudal de Diseño
PV	Pozo de Visita
S	Pendiente
Qt.	Caudal Total
CI ini.	Cota Invert inicial
CI fin.	Cota Invert final
Lts. / seg.	Litros por segundo
Mts. / seg.	Metros por segundo
Lts. / hab. / día	Litros por habitante al día
Plg.	Pulgadas
C.B.R.	California Bearing Ratio
Pf.	Población futura
Pa.	Población actual
I	Tasa de Crecimiento
N	Período de Diseño
FH	Factor de Harmond
V	Velocidad
N	Coefficiente de Rugosidad
R	Radio
Msnm	Metros sobre el nivel del mar
ST.	Subtangente
P:C:	Principio de Curva
P.T.	Principio de Tangente
P.I.	Punto de Intersección
G	Grado de Curvatura
O.M.	Ordenada Media
L.C.	Longitud de Curva
E	External
I.G.	Índice de Grupo
AASHTO	Américan Association Of State Highway and Transportation Officials

GLOSARIO

ALCANTARILLADO SANITARIO: Es un sistema que se utiliza para conducir únicamente aguas negras o servidas.

ALTIMETRÍA: Procedimientos utilizados para definir las diferencias de nivel existentes entre puntos distintos de un terreno o construcción.

BASE: Es la capa constituyente de la estructura del pavimento destinada fundamentalmente a transmitir y distribuir las cargas originadas por el tránsito a la capa sobre la cual se coloca la carpeta de rodadura.

CARRETERA: Es una franja de tierra habilitada para la circulación de vehículos, la cual se diseña bajo normas y especificaciones para la seguridad y comodidad de los usuarios.

CONTRACUNETETA: Es una zanja lateral paralela al eje de la carretera, construida en la parte superior de las laderas donde se apoyan los taludes.

COTA INVERT: Es la parte más baja de un colector en donde entra una o varias tuberías y solo una de ellas es de seguimiento.

CUNETAS: Es una clase de drenaje constituido por zanjas laterales paralelas al eje de la carretera, cuya función es la de evacuar el agua que cae sobre la superficie de dicha carretera.

PERÍODO DE DISEÑO: Es el tiempo durante el cual un sistema, ya sea de agua potable, drenajes, pavimentación, Etc. dará un servicio satisfactorio a la población.

PLANIMETRÍA: Es la proyección del terreno sobre un plano horizontal imaginario, que es la superficie media de la tierra y que toma un punto de referencia para su orientación.

POZO DE VISITA: Es una estructura que forma parte de un alcantarillado y tiene por objeto dar inspección, limpieza y ventilación al sistema.

SUB-BASE: Es la capa de la estructura del pavimento destinada principalmente a soportar, transmitir y distribuir las cargas del tránsito, de tal manera que el suelo de la subrasante la pueda soportar.

SUBRASANTE: Es la capa de terreno de una carretera que soporta la estructura del pavimento y que se extiende hasta una profundidad que no afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito.

SUBTANGENTE: Es la distancia comprendida entre el punto de intersección de dos tangentes y el principio de la curva.

INTRODUCCIÓN

La ciudad de Quetzaltenango se encuentra ubicada en el occidente del país y es una de las más importantes en el ámbito nacional. Esta ciudad se encuentra conectada a la ciudad capital por medio de la ruta nacional No. 1.

Uno de los problemas que más afecta a la ciudad de Quetzaltenango es el relacionado a los drenajes sanitarios, los cuales en algunos de los sectores de dicha ciudad no existen, por lo que la evacuación de las aguas servidas es a flor de tierra, provocando de esta manera problemas de salud a la población. Otro problema que afecta a la ciudad de Quetzaltenango es el de las vías de acceso al centro de la ciudad, el cual trae como consecuencia el congestionamiento en el área urbana; es por esta razón que por medio del Ejercicio Profesional Supervisado, de la Facultad de Ingeniería, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, se le brinda el apoyo técnico a la Municipalidad de Quetzaltenango para aportar una solución a dichos problemas.

Este trabajo de tesis describe en el capítulo I una investigación sobre las características geográficas, sociales y económicas del sector Calderón, así como también el diagnóstico de las necesidades prioritarias de la ciudad de Quetzaltenango. A continuación, en el capítulo II se describe lo relacionado a la documentación bibliográfica y el desarrollo del proyecto del Drenaje Sanitario del sector Calderón, el cual se ajusta a normas y especificaciones de diseño hidráulico, así como también incluye la integración del presupuesto.

En el capítulo III, se presenta la descripción, la documentación bibliográfica y el desarrollo del proyecto del Tramo carretero CEFEMERQ-CHOQUÍ, incluyendo el diseño del pavimento flexible y la elaboración del presupuesto.

Y finalmente se presentan las conclusiones a las que se llegaron después de realizado este trabajo así como recomendaciones, resultados de ensayos de laboratorio y los planos respectivos.

HIPÓTESIS

- 1) El sector denominado Zanjón Calderón se encuentra ubicado en la parte sur de la ciudad de Quetzaltenango, específicamente a 1 Km. del centro, este sector a pesar de encontrarse dentro del perímetro urbano carece de un servicio básico, como lo es el del drenaje sanitario. En dicho lugar las aguas servidas son evacuadas a la calle, ocasionando focos de infección, malos olores, aspectos insalubres, dando lugar a la proliferación de insectos, problemática que afecta a la comunidad. Por medio del alcantarillado sanitario se podrán eliminar los factores de riesgo para la salud de los vecinos y se obtendrá una disposición racional y adecuada de las aguas servidas.
- 2) Las vías de acceso al centro de la ciudad se han visto insuficientes debido al incremento de los vehículos en los últimos años, lo cual trae como consecuencia congestionamientos en el área urbana, siendo esto molesto para los habitantes de dicha ciudad. Con el diseño del tramo carretero CEFEMERQ- CHOQUÍ la municipalidad de Quetzaltenango tendrá los elementos necesarios para darle solución a una parte de la problemática del congestionamiento.

OBJETIVOS

- Desarrollar el proyecto del sistema de Drenaje Sanitario adecuado para la población del sector Calderón y con ello evitar la contaminación del medio ambiente.
- Diseñar el proyecto del tramo carretero CEFEMERQ- CHOQUÍ a efecto de contribuir a mejorar la infraestructura vial de la ciudad de Quetzaltenango, evitando así el congestionamiento.

CAPÍTULO I

INVESTIGACIÓN

1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL SECTOR CALDERÓN

1.1 GEOGRÁFICAS:

El Sector Calderón se encuentra localizado a 1 Km. del centro de la ciudad y colinda de la siguiente forma:

Al Norte con la Colonia Minerva

Al Sur con la Avenida las Américas

Al Este con el centro de la ciudad de Quetzaltenango

Al Oeste con la Universidad de San Carlos

1.2 SOCIALES:

En el Sector Calderón el 70% de la población pertenece al grupo ladino y el 30% restante al grupo indígena Quiché, pero por estar ubicado en un área urbana, esta población indígena ha adoptado las características del grupo ladino, ya que se observa la pérdida de valores propios como lo son el traje y la lengua indígena.

Como en la mayoría de la población de Quetzaltenango, en dicho sector se observa una organización familiar que está compuesta, en un 95% de los casos, por el padre, la madre y los hijos.

1.3 ECONÓMICAS:

Las actividades a las cuales se dedica la población del Sector Calderón para obtener los recursos económicos son: maestros, enfermeras, secretarias, albañiles y pequeños comercios, que en la mayoría de casos se llevan a cabo dentro de la periferia de la ciudad

2. DIAGNÓSTICO DE LAS NECESIDADES PRIORITARIAS DE LA CIUDAD:

Dentro de las necesidades que la ciudad de Quetzaltenango tiene por urgencia darle solución, se pueden mencionar las siguientes:

Reparación de sus Calles y Avenidas:

En la actualidad, Quetzaltenango tiene aproximadamente el 50% de sus calles y avenidas en mal estado causado por diferentes razones, dentro de las cuales se pueden mencionar las siguientes:

- a. en sectores donde hay pavimento rígido o flexible, éste ya sobrepasó la vida útil para el cual fue diseñado, por lo que se han evidenciado fracturas y deterioro en la carpeta de rodadura, la cual no permite un adecuado tránsito de vehículos.
- b. en las calles y avenidas donde existe pavimento semi flexible no se trabajó adecuadamente la base sobre la cual se colocó dicho pavimento, provocando esto que aparecieran hundimientos y haciendo que las vías no sean utilizadas regularmente.
- c. otro factor que ha provocado el deterioro de ciertas calles y avenidas es el tránsito pesado que circula en la ciudad, haciendo que el pavimento, el cual en algunos casos no ha sido diseñado bajo normas y especificaciones para soportar cargas bastante altas, se encuentre fracturado, sin haber cumplido el tiempo de vida útil.

Diseño de un Nuevo Sistema de Drenaje Pluvial:

Esta necesidad se evidencia principalmente en tiempo de lluvia, ya que, en algunos sectores de la ciudad, donde existe alcantarillado pluvial éste no funciona adecuadamente debido a que el diámetro utilizado es bastante pequeño, por lo que no se da abasto para evacuar toda el agua pluvial que cae en la ciudad. En otros sectores de la ciudad no existe drenaje, provocando esto que el agua pluvial corra por las calles.

Diseño de una Nueva Red de Distribución de Agua Potable:

Otra necesidad que padece la ciudad de Quetzaltenango es con respecto al sistema de agua potable. A pesar de la existencia de una red de distribución en toda la ciudad hay sectores que no tienen un servicio continuo. Este problema se debe a ciertos factores como:

1. Falta de políticas de planificación urbana
2. Mala educación en la utilización del agua
3. Falta de fuentes de abastecimiento o nacimientos

Construcción de una Nueva Terminal de Transporte Extraurbano:

Debido a la importancia de la ciudad de Quetzaltenango se ha visto un incremento en la cantidad de transporte extraurbano que a dicha ciudad llega, haciendo esto que la actual terminal ya no sea lo suficientemente amplia para albergar dicho transporte, por lo que es conveniente la construcción de una nueva terminal que satisfaga la necesidad de espacio y preste los servicios básicos para el buen funcionamiento de la misma, tomando en cuenta normas y especificaciones para la construcción de terminales de buses.

CAPÍTULO II

SERVICIO PROFESIONAL

1. DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO DEL SECTOR CALDERÓN, ZONA 1, QUETZALTENANGO

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO:

Este proyecto comprende el diseño del drenaje sanitario del sector Calderón, zona 1, en la ciudad de Quetzaltenango. Para su realización se hizo en primer lugar un estudio poblacional y un levantamiento topográfico, en lo que se refiere a la altimetría y planimetría.

La red tiene una longitud de 526 Mts., en los cuales se diseñaron 9 pozos de visita, los que se construirán según especificaciones del INFOM (Instituto de Fomento Municipal), como alturas mínimas, cotas invert, Etc. La tubería a utilizar será de concreto y tendrá un diámetro mínimo de 8". Las pendientes en la tubería se tomaron de acuerdo a la pendiente del terreno, siempre y cuando ésta no provoque que la velocidad en el drenaje esté fuera de especificaciones.

1.2. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO:

Lo constituyen la planimetría y altimetría, las cuales son bases fundamentales para todo proyecto de ingeniería.

1.2.1. ALTIMETRÍA:

Son los trabajos necesarios para representar sobre el plano horizontal la tercera dimensión sobre el terreno, definiendo las diferencias de nivel existentes entre los puntos de un terreno o construcción, para ello es necesario medir distancias verticales, ya sea directa o indirectamente, a todo este procedimiento se le llama nivelación. Para la nivelación del tramo donde se ubicará la línea central del drenaje se utilizó el método de nivelación compuesta, partiendo de una referencia (Banco de Marca). Ver libreta de campo del levantamiento en el anexo No. 3.

Para la nivelación se utilizó el siguiente equipo:

- Un nivel de precisión marca Wild
- Una estadia
- Una cinta métrica de 25 metros
- Estacas

1.2.2. PLANIMETRÍA:

Es el conjunto de trabajos que se realizan para la obtención de todos los datos necesarios para representar gráficamente la superficie de la tierra, partiendo de un punto de referencia para su orientación. El método planimétrico utilizado en este proyecto fue el de Conservación de Azimut. Ver libreta de campo del levantamiento en el anexo No. 3.

Para este levantamiento se utilizó el siguiente equipo:

Un teodolito marca Wild T-1
Una estadia
Una cinta métrica de 25 metros
Una plomada
Estacas

1.3. DISEÑO DE LA RED

1.3.1. PERÍODO DE DISEÑO:

El período de diseño de un sistema de alcantarillado, es el tiempo durante el cual el sistema dará un servicio con una eficiencia aceptable; este período variará de acuerdo a:

- La cobertura inicial y la considerada en el período estudiado.
- Crecimiento de la población.
- Capacidad de la administración, operación y mantenimiento.
- Según criterio de instituciones como el Instituto de Fomento Municipal I.N.F.O.M. y El Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia UNICEF, se recomienda que las alcantarillas se diseñen para un período de 15 a 20 años. Para el diseño de este proyecto se adoptó un período de 20 años.

1.3.2. ESTUDIO DE LA POBLACIÓN A SERVIR:

El estudio de la población se efectúa con el objeto de estimar la población futura, para lo cual se hace necesario determinar el período de diseño y hacer un análisis de censos existentes.

El crecimiento de una población es afectado por factores como: nacimientos, anexionaciones, muerte y migración. Para obtener la proyección del crecimiento de la población, se pueden utilizar distintos métodos, y dicha proyección se hace con base a datos estadísticos de censos de población, realizados en el pasado, y para el caso del sector Calderón se optó por el método geométrico, debido a que es el más apto de acuerdo a la información que actualmente se tiene como: población actual, tasa de crecimiento y período de diseño.

Método Geométrico:

Para el cálculo de la población futura se optó por utilizar el método geométrico debido a que dicho método es muy fácil de aplicar, por no exigir mayor información estadística.

El método geométrico requiere nada más que una información acerca de la población actual del lugar, ya que la tasa de crecimiento es un dato establecido dependiendo de la región donde se está trabajando, así como el período de diseño, el cual se tiene ya establecido. La fórmula a utilizar para el cálculo de la población futura es:

$$Pf = Pa (1 + i)^n$$

Donde:

Pf = Población futura
Pa = Población actual
I = Tasa de crecimiento
n = Período de diseño

La tasa de crecimiento con la que la Municipalidad de Quetzaltenango diseña sus proyectos es de 5.2% anual, siendo ésta la que se optó para el proyecto del Sector Calderón.

$$Pf = 250 (1 + 0.052)^{20}$$
$$Pf = 689$$

Por lo tanto la población futura para el año 2,017 es de 689 habitantes.

1.3.3. CÁLCULO DE CAUDALES

1.3.3.1. CAUDAL DOMICILIAR:

Es el volumen de aguas servidas que se evacúa de cada una de las viviendas. Este caudal debe calcularse con base al número de habitantes futuro, la dotación y el factor de retorno, expresado en litros por segundo.

$$Qd = \frac{Pf * Dot. * Fr}{86,400 \text{ seg./día}}$$

Donde: Qd. = Caudal domiciliar en lts. / seg.
Pf = Población futura
Dot. = Dotación en lts. / hab. / día
Fr. = Factor de Retorno

Dotación:

Es la cantidad de agua que una persona necesita por día para satisfacer sus necesidades y se expresa en litros por habitante al día.

Las dotaciones se establecen de acuerdo al clima y región donde se está trabajando el proyecto, para este caso se estableció una dotación de 150 lts/hab/día, ya que éste es el parámetro que la Municipalidad aplica para la población de Quetzaltenango.

Factor de Retorno:

Es el factor que indica la relación que existe entre la cantidad de agua que se consume al día y la dotación destinada para cada persona. Este factor puede variar de 0.70 a 0.80, dependiendo del clima de la región, para el proyecto se optó por un factor de 0.80

$$Q_d = \frac{689 \text{ hab.} * 150 \text{ lts/hab/día} * 0.80}{86,400 \text{ seg/día}}$$

$$Q_d = 0.96 \text{ lts/seg}$$

1.3.3.2. CAUDAL DE CONEXIONES ILÍCITAS:

Debido a que las viviendas, por lo regular, no tienen un sistema de drenaje pluvial separado al de drenaje sanitario, éstas hacen sus conexiones de una forma combinada, por lo que se hace necesario hacer el cálculo del caudal de conexiones ilícitas. Para este cálculo se hace uso de la siguiente fórmula:

$$Q \text{ con. ili.} = \frac{C I A * 1000}{360}$$

Donde: Q con. ili. = Caudal de Conexiones Ilícitas
 C = Coeficiente de escorrentía
 I = Intensidad de lluvia
 A = Área contribuyente

El coeficiente de escorrentía está en función directa del tipo de superficie por donde corre el agua pluvial, como es patios y techos de las viviendas, los cuales en su mayoría son de concreto, se toma 0.90 como coeficiente.

La intensidad de lluvia, que se expresa en mm / hr., se determina por medio de la siguiente fórmula:

$$I = \frac{1324}{T + 4}$$

Donde T es el tiempo de concentración en minutos, para Guatemala éste es de 12 minutos.

$$I = \frac{1324}{12+4}$$

$$I = 82.75 \text{ mm / hr.}$$

El área contribuyente está dada en hectáreas, es el área de los techos y de los patios de las casas, el cual es de 0.014 Ha.

$$Q \text{ con. ili.} = \frac{0.90 * 82.75 \text{ mm / hr.} * 0.014 \text{ Ha.} * 1000}{360}$$

$$Q \text{ con. ili.} = 2.92 \text{ lts. / seg.}$$

1.3.3.3. CAUDAL DE INFILTRACIÓN:

Está dado en lts. / seg., y es el volumen de agua subterránea que se infiltra dentro del sistema de drenaje debido al nivel de la capa freática. Este caudal se expresa como el Factor de Infiltración por la longitud de la tubería.

$$Q \text{ inf.} = \frac{F.I. * L}{86,400}$$

Donde:

F.I. = Factor de Infiltración; para Guatemala este factor oscila entre 15,000 y 18,000 lts / km / día; para este proyecto se opta por un factor de 16,000 lts / km / día.

L. = Longitud de la tubería, tanto de la línea central como de cada una de las acometidas.

La longitud total de la tubería es de 950.20 metros

$$Q \text{ inf.} = \frac{16,000 \text{ lts / km / día} * 0.9502 \text{ kms}}{86,400 \text{ seg. / día}}$$

$$Q \text{ inf.} = 0.17 \text{ lts / seg.}$$

1.3.3.4. CAUDAL COMERCIAL E INDUSTRIAL:

Estos caudales no se tomaron en consideración porque en el Sector Calderón no existe ningún establecimiento que merezca especial atención, se considera que por ser una zona netamente residencial, tampoco va a existir en el futuro.

1.3.3.5. CAUDAL DE DISEÑO:

Es el que se utiliza para diseñar el sistema del drenaje sanitario. Para su cálculo se utiliza la siguiente expresión:

$$Q \text{ diseño} = \text{No. de Hab.} * F_{qm} * FH$$

Donde: No. de Hab = Número de habitantes en cada uno de los tramos
F_{qm} = Factor de caudal medio
FH = Factor de Harmond

Factor de Caudal Medio:

Es el factor relacionado con la aportación media de agua por persona.

$$F_{qm} = \frac{\sum Q}{P_f}$$

Donde: $\sum Q$ = sumatoria de los caudales
 $\sum Q = 4.05 \text{ lts / seg.}$

$$F_{qm} = \frac{4.05 \text{ lts / seg.}}{689 \text{ hab.}}$$

$$F_{qm} = 0.0058$$

Como $0.0020 \leq F_{qm} \leq 0.0050$ el factor de caudal medio que se utilizará para el diseño es 0.0050

Factor de Harmond:

Es un factor experimental que indica la relación que existe entre el caudal domiciliar máximo y el caudal medio. Este factor se calculó por medio de la siguiente fórmula:

$$FH = (18 + \sqrt{P}) / (4 + \sqrt{P})$$

Donde: P = Población acumulada en miles de habitantes de cada tramo.

1.3.4. VELOCIDADES MÁXIMAS Y MÍNIMAS DE DISEÑO:

La velocidad mínima admisible en tuberías de concreto es de 0.6 m / seg. Esto hace que los sólidos no se sedimenten y, por consecuencia, no se obstruya la tubería. Respecto a la velocidad máxima admisible en las tuberías de concreto por lo general se acepta una de 3 mts / seg (ver tabla No. 1)

TABLA No. 1
VELOCIDADES MÁXIMAS DE CAUDALES

RESISTENCIA DEL CONCRETO kg / cm ²	VELOCIDAD MÁXIMA ADMISIBLE mts / seg.
140	3.00
210	5.00
250	5.00
280	6.50
315	7.50

Fuente: Del Cid Pérez, Gonzalo. Diseño de Ampliación de la Red de Alcantarillado Sanitario para la Aldea Estancia de la Virgen, El Progreso.
Tesis de graduación de Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 1,993. Página No. 18.

1.3.5. PENDIENTES MÁXIMAS Y MÍNIMAS:

Para que el agua que conducen las alcantarillas se desplace libremente, dependiendo de la gravedad, existe una pendiente mínima en un sistema, ésta debe ser del 0.5% en terrenos muy planos, en terrenos donde la topografía es muy quebrada, la pendiente máxima llega cuando la velocidad es de 3 m / seg.

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

1.3.6. COTAS INVERT:

Estas cotas se calculan con base a la pendiente de la tubería y la distancia del tramo respectivo.

ESPECIFICACIONES:

- La cota invert de salida de un pozo se coloca 3 centímetros más baja que la cota invert de entrada, cuando las tuberías son del mismo diámetro.
- La cota invert de salida está a un nivel más bajo que la de entrada, la cual será la diferencia de diámetros de las tuberías, cuando éstas son de diferente diámetro.
- Cuando a un pozo de visita llegan varias tuberías de distintos diámetros y sale una de igual diámetro al mayor de las que llega, la cota invert de salida está 3 centímetros debajo de la de entrada, si la tubería que sale es de

diámetro mayor, la cota invert de salida será la diferencia de diámetros con la tubería de mayor diámetro que llega al pozo de visita.

1.3.7. DIÁMETROS DE TUBERÍAS:

Por requerimientos de flujo y por posibilidades de limpieza el diámetro mínimo es de 8 pulgadas para tuberías de colector central. Un cambio de diámetro en el diseño está influido por la pendiente, el caudal o la velocidad, para lo cual se toman en cuenta los requerimientos hidráulicos.

Para conexiones domiciliarias se usa un diámetro de tubería mínimo de 6 pulgadas, con una pendiente mínima del 2%.

1.3.8. POZOS DE VISITA:

Los pozos de visita siempre son necesarios en el lugar donde concurren dos o más tuberías así como también en los lugares donde hay cambio de dirección en la línea central de diseño. También cuando las distancias son mayores de 100 metros, se debe poner un pozo intermedio para que cuando se desee hacer alguna limpieza, la dificultad sea menor. Los pozos de visita son de sección circular con un diámetro mínimo de 1.20 metros; las paredes se construyen de ladrillo, el fondo es una losa de concreto armado. En los pozos no se permiten caídas mayores de 1.00 metro sin un derivador de caudal que funcione como disipador de energía, ya que de lo contrario produce caudales máximos que causa destrucción del sistema.

Respecto a los diámetros de los pozos de visita, se utilizan las dimensiones mínimas especificadas en el Reglamento de Construcción de Alcantarillados de la Municipalidad de Guatemala (ver tabla No. 2).

TABLA No. 2
DIÁMETROS MÍNIMOS DE POZOS DE VISITA

DIÁMETRO DE TUBERÍA EFLUENTE (PLG)	DIÁMETRO MÍNIMO DEL POZO (METROS)
8	1.20
10	1.20
12	1.20
14	1.50
16	1.50
18	1.50
20	1.50
24	1.75
30	1.75
36	1.90
40	2.00
42	2.00
60	2.50
En Diámetros Mayores	Diámetro de Tubería Efluente + 1.00 mt

Fuente: Del Cid Pérez, Gonzalo. Diseño de Ampliación de la Red de Alcantarillado Sanitario para la Aldea Estancia de la Virgen, El Progreso. Tesis de graduación de Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 1,993. Página No. 20.

1.3.8.1. PROFUNDIDAD DE LOS POZOS DE VISITA:

Éstos varían en cuanto a su profundidad dependiendo de factores como:

- Pendiente del terreno
- Topografía del terreno
- Caudal de diseño
- Ubicación del pozo
- Tubos que contribuyen al pozo
- Cotas de entrada al desfogue o descarga.

Generalmente la altura mínima de un pozo de visita es de 1.30 metros, la máxima depende del ingeniero diseñador de la red, la cual debe tomar en cuenta criterios de construcción de alcantarillas, así como también los costos.

1.3.8.2. PROFUNDIDAD DE TUBERÍAS:

La profundidad mínima para instalar la tubería debe ser tal que el espesor del relleno evite daño a los conductos ocasionados por las cargas vivas y por el impacto, para lo cual se estima una profundidad mínima de 1.20 mts.

1.3.9. CÁLCULO DEL ALCANTARILLADO SANITARIO:

Con el objeto de ejemplificar, se detalla a continuación el procedimiento del cálculo para el tramo que va del pozo de visita PV-1 al pozo de visita PV-2.

- Datos generales para todos los tramos:

- Población de diseño:

$$\begin{aligned} \text{Densidad} &= 525 \text{ hab / ha} \\ &5 \text{ hab / casa} \end{aligned}$$

- Caudal domiciliar (Qd) = 0.96 lts / seg.

- Caudal de Infiltración + Caudal de Conexiones Ilícitas =
0.17 lts / seg. + 2.92 lts / seg. = 3.09 lts / seg.

- Datos Poblacionales:

- Población futura acumulada = 73 habitantes

- Datos específicos para el tramo de PV-1 a PV-2

- Longitud = 60 metros (distancia entre pozos)

- No. de casas acumuladas = 6

- Diámetro de la tubería = 8 pulgadas (se asume el mínimo)

- Cotas del terreno: al inicio = 100 msnm
al final = 99.372 msnm

- Pendiente del terreno = $S = \frac{100 - 99.372}{60} * 100$
 $S = 1.05\%$

- Pendiente de la Tubería Asumida = 1%

- Integración Del Caudal Negro:

- Caudal Máximo Domiciliar = Q max. dom. = Qd * FH
 $P = 73 / 1000 = 0.073$

$$FH = (18 + \sqrt{0.073}) / (4 + \sqrt{0.073}) = 4.27$$

$$Q \text{ max. dom.} = 0.96 \text{ lts / seg.} * 4.27 = 4.09 \text{ lts / seg.}$$

- Caudal Total = $Q_t = Q \text{ max dom.} + Q \text{ inf} + Q \text{ con. ili}$

$$Q_t = 4.09 + 3.09 = 7.18 \text{ lts / seg.} = \text{caudal de diseño}$$

- **Diseño Hidráulico:**

- Velocidad a sección llena

$$V = (1/N)(R^{2/3})(S^{1/2})$$

$$V = (1/0.013)(0.2032/4)^{2/3}(0.01)^{1/2} = 1.05 \text{ mt / seg.}$$

- Capacidad a sección llena = Q

$$Q = A * V$$

$$Q = 0.032 \text{ mt}^2 * 1.05 \text{ mt / seg.} = 0.0336 \text{ mt}^3 / \text{seg.}$$

$$Q = 33.60 \text{ lts / seg.}$$

Relaciones Hidráulicas:

Es la relación que existe entre cada uno de los parámetros de diseño a sección llena y los parámetros de diseño a sección parcialmente llena, las cuales deben cumplir las condiciones $q/Q < 1$ y $d/D \leq 0.75$, para que las tuberías no trabajen a sección llena.

$$- q/Q = 7.18/33.60 = 0.213 < 1$$

Ya que se cumple con la condición de que $q/Q < 1$ se toma este valor y se busca en la figura No. 1, para así determinar el valor de la relación v/V

$$v/V = 0.939$$

$$V = 0.939 * 1.05 \text{ mt / seg.} = 0.985 \text{ mt/seg.}, \text{ la cual está dentro de las especificaciones.}$$

Luego, con el mismo valor de q/Q se busca el valor de la relación s/S (ver en el anexo No. 1)

$$s/S = 1.462$$

$$S = 1.462 * 1 = 1.462\% > 1.04 \text{ por lo tanto la pendiente de la tubería es de } 1.462\%$$

Asimismo en el anexo No.1 se busca el valor de la relación d/D , el cual es de 0.30 y por lo tanto cumple con la condición de que $d/D \leq 0.75$

$$d = 0.30 * 0.2032 = 0.06 \text{ mts.}, \text{ la cual es la altura del tirante}$$

Profundidad del pozo de visita inicial = $H_{PV-1} = 1.30 \text{ mts}$ (se asume la profundidad mínima)

- Cota Invert Inicial = Cota del terreno al inicio – H_{PV-1}

$$C I \text{ inicial} = 1000 - 1.30 = 998.70 \text{ msnm}$$

$$\text{- Cota Invert Final} = C I \text{ inicial} - (\text{longitud del tramo} * S \text{ de la tubería})$$

$$C I \text{ final} = 998.70 - (60 \text{ mts} * 0.01462) = 997.82 \text{ msnm}$$

$$\text{- Profundidad del pozo de visita 2} = \text{Cota del terreno al final} - C I \text{ final}$$

$$H \text{ PV-2} = 999.372 - 997.82 = 1.55 \text{ mts}$$

En la tabla No. 3 se detalla el diseño hidráulico de la red del alcantarillado sanitario.
Ver planos de diseño en anexo No. 4.

TABLA No. 3
DISEÑO HIDRÁULICO DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO DEL SECTOR CALDERÓN,
ZONA 1, QUETZALTENANGO

Est.	P.O.	Cota de Terreno		Longitud	Longitud Acumulada	S Terreno (%)	No. de Viviendas	No. de Viv. Acumuladas	No. Hab. Acumula.	Caudal Medio	Factor de Flujo	Caudal de Diseño
		Inicial	Final									
1	2	100.00	99.37	60.00	60.00	1.05	6	6	73	1.80	4.34	7.18
2	3	99.37	98.53	80.00	140.00	1.05	8	14	185	4.20	4.26	17.91
3	4	98.53	97.29	68.00	208.00	1.83	7	21	278	6.30	4.21	26.55
4	5	97.29	95.98	52.00	260.00	2.52	5	26	344	7.80	4.19	32.65
5	6	95.98	93.38	80.00	340.00	3.24	8	34	450	10.20	4.14	42.28
6	7	93.38	90.77	99.62	439.62	2.62	10	44	583	13.20	4.10	54.14
7	8	90.77	90.50	25.70	465.32	1.06	2	46	609	13.80	4.09	56.49
8	9	90.50	89.57	60.47	525.79	1.54	6	52	689	15.60	4.07	63.51

Est.	P.O.	S Tubería (%)	CI Inicial	CI final	Diámetro de Tubería	Velocidad Sección		Caudal Sección Llena	q / Q	v / V	d / D	H Pozo de Visita
						Hlena	Negra					
1	2	1.00	98.50	97.90	8	1.05	0.91	33.60	0.21	0.79	0.31	1.50
2	3	1.00	97.82	97.02	8	1.14	1.13	37.07	0.48	0.99	0.49	1.55
3	4	1.70	96.93	95.77	8	1.49	1.53	48.33	0.55	1.02	0.53	1.60
4	5	2.30	95.68	94.49	8	1.73	1.80	56.22	0.58	1.04	0.55	1.61
5	6	3.20	94.42	91.87	8	2.04	2.17	59.77	0.64	1.06	0.58	1.55
6	7	2.60	91.83	89.24	8	1.84	2.09	64.21	0.91	1.13	0.75	1.55
7	8	3.00	89.17	88.40	8	1.98	2.23	66.31	0.88	1.13	0.73	1.60
8	9	1.50	88.30	87.39	8	1.62	1.79	82.32	0.77	1.10	0.66	2.20

**1.3.10. INTEGRACIÓN DEL PRESUPUESTO PARA EL DRENAJE
SANITARIO DEL SECTOR CALDERÓN**

MATERIALES:

El precio de cada uno de los materiales es de acuerdo al que se maneja en el mercado local. Dichos materiales deben cumplir con las especificaciones de diseño.

MANO DE OBRA:

La mano de obra fue estimada de acuerdo a los rendimientos registrados en los trabajos realizados por la Municipalidad de Quetzaltenango, así como los salarios que se manejan en ella.

**PRESUPUESTO DEL ALCANTARILLADO SANITARIO
SECTOR CALDERÓN, ZONA 1, QUETZALTENANGO**

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	P/UNITARIO (Q)	TOTAL (Q)
Excavación y Relleno	644	M ³	25.50	16,422.00
Mano de Obra	1	Global	2,000.00	2,000.00
POZOS DE VISITA				
Materiales	1	Global	24,675.25	24,675.25
Mano de Obra	1	Global	4,890.80	4,890.80
TUBERÍA Ø 8" (Línea Central)				
Materiales	1	Global	10,850.00	10,850.00
Mano de Obra	1	Global	9,426.24	9,426.24
TUBERÍA Ø 6" (Acometidas)				
Materiales	1	Global	4,939.00	4,939.00
Mano de Obra	1	Global	4,200.10	4,200.10
5% de Gastos Administrativos				3,870.17
5% de Imprevistos				3,870.17
5% de Supervisión				3,870.17
COSTO TOTAL				89,013.90

EL COSTO UNITARIO POR METRO LINEAL ES DE: Q. 169.23

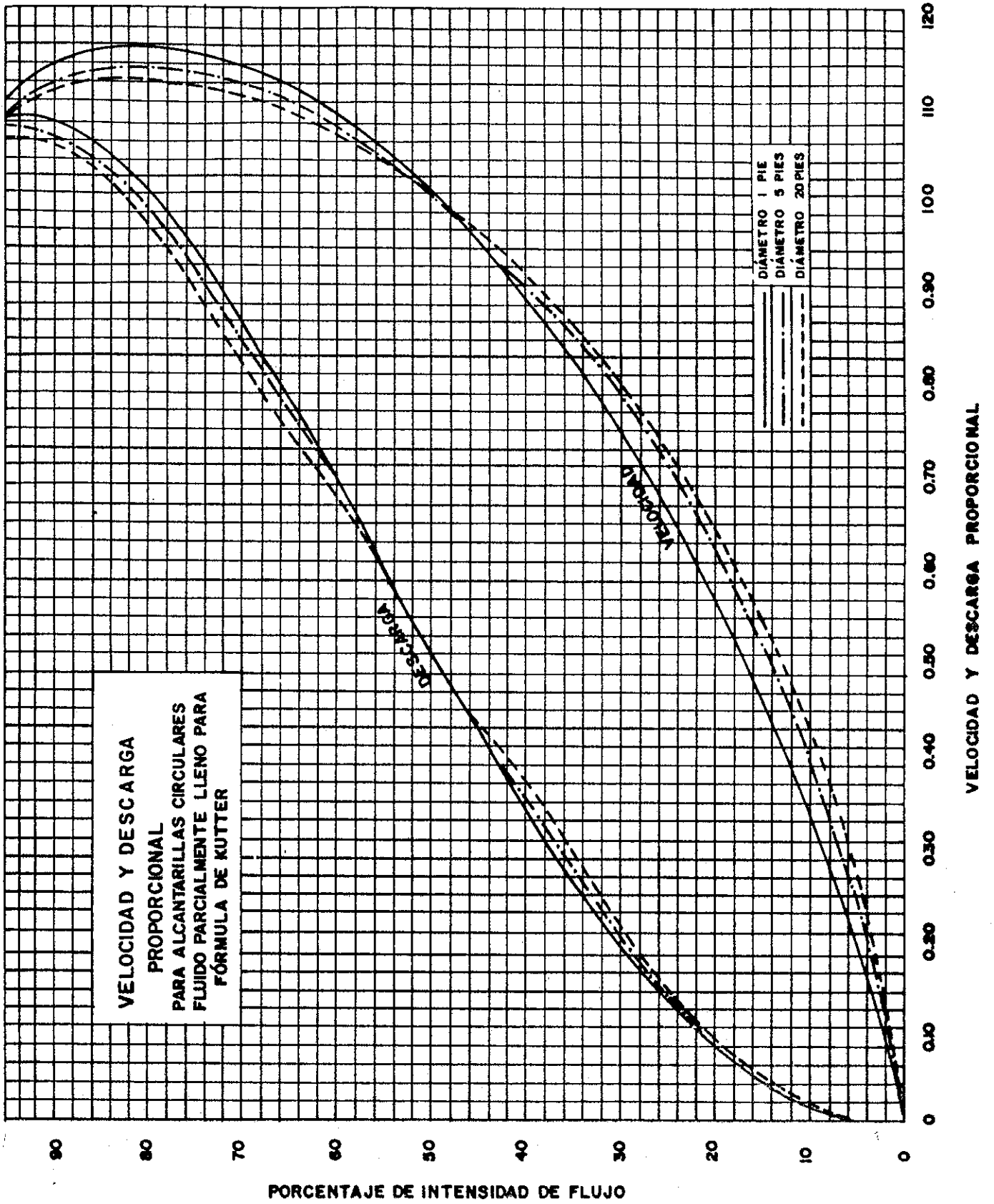


FIGURA No. 1

FUENTE: OKUN, DANIEL ALEXANDER. INGENIERÍA SANITARIA. EDITORIAL CIENCIA Y TÉCNICA S.A. 1a. EDICIÓN. MÉXICO 1967. PÁGINA No. 42.

2. DISEÑO DEL TRAMO CARRETERO CEFEMERQ-CHOQUÍ DE LA CIUDAD DE QUETZALTENANGO

2.1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO:

Comprende la apertura de una carretera que comunica CEFEMERQ con el sector denominado CHOQUI.

El tramo carretero tiene una longitud de 1,580 mts., en el cual se diseñarán curvas horizontales, así como un sistema de drenaje longitudinal y transversal. Para dicho tramo se diseñará un pavimento flexible que cumpla con las normas y especificaciones de pavimentos, así como también se diseñará un arriate central.

2.2. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

2.2.1. PLANIMETRÍA

Método Del Levantamiento:

Se utilizó el método de levantamiento por deflexiones con orientación de estación a estación de 180° . Ver libreta de campo del levantamiento en el anexo No. 5.

Para el levantamiento se utilizó el siguiente equipo:

- a) Un teodolito marca Wild
- b) Una estadia
- c) Una cinta métrica de 25 metros
- d) Estacas
- e) Una plomada

2.2.2. ALTIMETRÍA

Método De Levantamiento:

Para la nivelación del tramo carretero Cefemerq-Choquí se utilizó el método de nivelación compuesta, debido a las condiciones del terreno. Las elevaciones del trabajo realizadas en el campo se hicieron en los puntos críticos del terreno.

La nivelación realizada, permitió determinar el perfil de la línea de eje principal y las pendientes de la subrasante del terreno.

Las libretas de campo del levantamiento topográfico del tramo carretero se encuentran en el anexo No. 5 y los planos del levantamiento en el anexo No. 6.

2.3. ESTUDIO DE SUELOS:

El éxito de todo proyecto de Ingeniería Civil, está basado en la información de suelos, por esto, el estudio del suelo, mediante la exploración del mismo, es un prerrequisito indispensable en toda obra de ingeniería.

Para garantizar el diseño del pavimento del tramo carretero CEFEMERQ - CHOQUÍ, se realizó un estudio de mecánica de suelos a las muestras tomadas de la subrasante, de las cuales se obtuvieron resultados, que pueden verse en el anexo No. 2. Se realizaron perforaciones en el tramo para obtener una muestra significativa. Las pruebas o ensayos que se realizaron se utilizarán para lo siguiente:

- a.- para la clasificación general de los suelos.
- b.- para el control de la construcción.
- c.- para determinar la resistencia del suelo.

2.3.1. ENSAYOS PARA LA CLASIFICACIÓN DEL SUELO:

Estos ensayos se usan para identificar los suelos, de modo que puedan ser descritos y clasificados adecuadamente. Dentro de estos ensayos, los principales son:

- análisis granulométrico
- límites de consistencia

2.3.1.1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO:

Se llama también análisis mecánico y consiste en la determinación de los porcentajes de piedra, grava, arena, limo y arcilla que hay en una cierta masa de suelo.

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

El ensayo efectuado a la muestra, fue hecho con base a las especificaciones que norma la AASHTO T-27, la cual tiene una granulometría clasificada como A-2-1, ya que se puede observar que el suelo que pasa el tamiz No. 200 es 28.8%, el cual es menor que el 35%, por lo que se clasifica como un suelo adecuado para subrasantes, con una resistencia de buena a excelente (ver anexo No. 2).

Para la realización del estudio se utilizó el método por Tamices, para el cual se emplea el siguiente equipo: juego de tamices, recipiente de fondo, balanzas, horno, brocha, bandejas, y rodillo de madera.

2.3.1.2. LÍMITES DE CONSISTENCIA (Límites de Atterberg):

Por consistencia se entiende el grado de cohesión de las partículas de un suelo y su resistencia a aquellas fuerzas exteriores que tienden a deformar o destruir su estructura. Los límites de consistencia de un suelo dependen del contenido de humedad.

Las propiedades plásticas de los suelos limosos y arcillosos pueden ser analizadas a través de pruebas empíricas, o bien, por el ensayo de límites de Atterberg o límites de consistencia, como también se les conoce, estos límites son:

Límite Líquido: es el contenido de humedad que corresponde al límite arbitrario entre los estados de consistencia líquido y plástico de un suelo. De acuerdo a los ensayos de laboratorio el límite líquido es 0 (ver anexo No. 2).

Límite Plástico: por plasticidad se entiende la propiedad que tiene el suelo de deformarse sin romperse. Este límite es el contenido de humedad que tiene un suelo en el momento de pasar del estado plástico al estado semisólido. Según ensayos de laboratorio el límite plástico es 0 (ver anexo No. 2).

Para la realización de este ensayo se utilizó el siguiente equipo:

Aparato de Casagrande, placas de vidrio, cápsula de porcelana, tamiz No. 40, mortero, horno y balanza.

Cálculo de Índices: con los resultados de los Límites de Atterberg se pueden calcular los índices de plasticidad y consistencia, de la manera siguiente:

a) Índice de plasticidad:

El índice plástico o de plasticidad se obtiene como la diferencia del límite líquido y el límite plástico.

$$IP = LL - LP$$

donde:

IP: Índice de Plasticidad

LL: Límite Líquido

LP: Límite Plástico

$$IP = 0 - 0$$

Y según Atterberg

IP = 0 suelo no plástico

IP = 7 suelo de baja plasticidad

Dado que el índice plástico es 0, el suelo está clasificado como A-2-1, es decir, un suelo no plástico (ver anexo No. 2).

b) Índice de consistencia:

$$I_c = \frac{LL - w}{IP}$$

donde:

Ic: Índice de consistencia

w: Humedad natural del suelo (Humedad in – situ)

El índice de grupo es un valor que determina la calidad del suelo en función de su granulometría y de los valores del límite líquido y el índice de plasticidad. Tiene que ser un número entero y positivo, entre los valores de 0 y 20; si resulta un valor negativo, se toma como 0 y si es mayor que 20, se toma como 20 y si es fraccionario se redondea al entero más cercano.

Según el índice de grupo, los suelos se dividen en:

Granulares	0	a	4
Limosos	8	a	12
Arcillosos	12	a	20

Fuente: Valle Rodas, Raúl. Carreteras, Calles y Aeropistas. Editorial El Ateneo. 6ª. Edición. Buenos Aires, Argentina, 1982. Página No. 30.

Como puede observarse en los resultados del estudio de suelos (anexo No. 2) y de acuerdo a la clasificación de la tabla anterior, la subrasante está formada por un suelo granular, ya que el índice de grupo es cero.

2.3.2. ENSAYOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN:

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 para la clasificación de la construcción se tienen los siguientes:

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

2.3.2.1. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD:

El contenido de humedad es la relación entre el peso del agua contenida en la muestra y el peso de la muestra, después de ser secada al horno, expresada en tanto por ciento. En otras palabras no es nada más que el porcentaje o cantidad de agua presente en

el suelo. Este es el ensayo más usado, pues, lo necesitan, el ensayo de compactación Próctor, el ensayo de valor soporte, los límites de consistencia y las densidades de campo.

2.3.2.2. DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA:

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

El ensayo de compactación, Próctor modificado, consiste en tomar una cantidad de suelo, pasarlo por el tamiz $\frac{3}{4}$ ", añadir agua y compactarlo en un molde cilíndrico de 944 cm³, en tres capas, con 25 golpes por capa, con un martillo de compactación de 5.5 libras de peso, con una caída libre de 12 pulgadas. Luego de compactada la muestra ésta es removida del molde y desbaratada nuevamente para obtener pequeñas porciones de suelo que servirán para determinar el contenido de humedad del suelo.

Se añade más agua a la muestra, tendiendo a obtener una muestra más húmeda y homogénea y se procede a hacer nuevamente el proceso de compactación.

Esta secuencia se repite sucesivamente para obtener datos que permitan obtener una curva de densidad seca contra contenido de humedad, con un punto máximo y puntos alrededor de ese máximo, para definir adecuadamente su localización. La ordenada de este diagrama es la densidad seca, siendo la ordenada máxima el valor del peso unitario seco máximo del suelo. La abscisa correspondiente a este punto será el contenido de humedad óptima. El proceso analítico para este ensayo se encuentra en AASHTO T-99 (Próctor modificado). Según los resultados de la muestra del estudio de suelos se tiene una densidad máxima de 105.8 y una humedad óptima del 17.3% (ver anexo No. 2)

2.3.2.3. 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 se realiza principalmente cuando se trata de materiales que se usan para base, sub-base y bancos de préstamos y está regido por la norma AASHTO T-176.

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 uniformemente con formaldehído y glicerina.

Al hacer los ensayos de suelos para la subrasante se obtuvieron resultados de un Equivalente de Arena de 22%, es decir, que es un material con un alto porcentaje de arena pómez (ver anexo No. 2).

2.3.3. ENSAYOS PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA DEL SUELO:

Estos ensayos se usan para determinar la capacidad de carga de los suelos y con base a éstos determinar si son adecuados para utilizarlos en la construcción.

Para evaluar un suelo se debe tomar en cuenta, su resistencia para ser deformado, su contenido de humedad, densidad y estructura; condiciones que son diferentes para cada suelo.

2.3.3.1. ENSAYO DEL VALOR SOPORTE DEL SUELO (CBR):

Se establece en él una relación entre la resistencia a la penetración de un suelo, y su capacidad de soporte como base de sustentación para pavimentos flexibles. Si bien este método es empírico se basa en un sinnúmero de trabajos de investigación llevados a cabo, tanto en los laboratorios de ensayo de materiales como en el terreno, lo que permite considerarlo como uno de los mejores procedimientos prácticos sugeridos hasta hoy.

El ensayo de CBR (ASTM denomina el ensayo simplemente un ensayo de relación de soporte) mide la resistencia al corte de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad, controladas. El ensayo permite obtener 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 sólo 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 pulgada cuadrada) necesaria para lograr una cierta profundidad de penetración del pistón (de un área de 19.4 cm^2) entre la muestra compactada de suelo a un contenido de humedad y densidad, respecto a una carga patrón requerida para obtener la misma profundidad de penetración en una muestra standard de material triturado.

El valor final de 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.

Finalmente el CBR es el factor que determinará el diseño de espesores de capas de pavimento. Usualmente, el valor de CBR se convierte en módulo de valor soporte del suelo (tal como lo indica la norma AASHTO T-193 para diseño de pavimentos flexibles).

A continuación se muestran los valores límites del C.B.R.

**TABLA No. 4
VALORES LÍMITES DEL C.B.R.**

C.B.R.	USOS
0-5	Subrasantes muy malas
5-10	Subrasantes malas
10-20	Subrasantes de regulares a buenas
20-30	Subrasantes muy buenas
30-50	Subbases buenas
50-80	Buena para bases de grava
80-100	Buenas bases de piedra y grava triturada

Fuente: Banister A., Raymond S. Técnicas Modernas de Topografía. Editorial Alfaomega. 1ª. Edición. México, 1994. Página No. 30.

El resultado obtenido de la muestra indica un CBR de 63%, según anexo No. 2 y de acuerdo a la tabla No. 4 el material es bueno para utilizarse como base.

2.3.4. ANÁLISIS DE RESULTADOS:

Los resultados obtenidos en los ensayos realizados a la muestra representativa pueden observarse en el anexo No. 2. De estos resultados dependen los espesores de las diferentes capas que conforman el pavimento.

Se cuenta entonces, en este caso, con un material con las siguientes características:

Clasificación P.R.A. = A-2-1
 Descripción = Limo con arena pómez
 Límite Líquido = 0
 Límite Plástico = 0
 Índice Plástico = 0
 Peso Unitario Seco Máximo = 105.8 lbs/pie³
 Humedad Óptima = 17.3%
 CBR = al 95% de compactación del 63%

Como puede observarse este material cumple con los requisitos de subrasante, dado que su límite líquido no es mayor del 50%, el 95% de compactación requerida se alcanzará con la humedad óptima, según el ensayo de Próctor modificado y el CBR es mayor que el 5%.

2.4. DISEÑO GEOMÉTRICO:

El diseño geométrico de un carretera depende de los criterios del diseñador, quien se basa en factores como la intensidad y el tipo de tránsito futuro, así como la velocidad de

diseño y pendientes. Determinada la vía y fijando los criterios de diseño geométrico, se debe buscar una combinación de alineamientos rectos y curvos que se adapten al terreno en planimetría y altimetría y que cumplan con los requisitos establecidos.

Una carretera debe proporcionar servicio a los vehículos en todo tiempo, facilitar el drenaje del agua superficial, permitir la adherencia friccional para la aceleración, desaceleración y cambio de dirección por medio del diseño geométrico, de la anchura de las intersecciones, las sobre elevaciones, los drenajes y las distancias de visibilidad, permitir el movimiento y el rebase con seguridad a niveles de servicio establecidos.

2.4.1. 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 más 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.

El ancho de corona para el tramo carretero CEFEMERQ-CHOQUÍ será de 13.40 metros.

2.4.2. 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 ésta 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 (ver plano en anexo No. 6)

2.4.3. ANCHO DE CARRIL:

El ancho de carril es parte del ancho de corona destinada a la circulación de vehículos. Está constituido por uno o más carriles, entendiéndose por carril a la superficie de rodamiento que tiene el ancho suficiente para permitir la circulación de una hilera de vehículos. Para el proyecto del tramo carretero, se tendrá un ancho de carril de 6.00 Mts.

2.4.3.1. ANCHO DE CARRIL EN TANGENTE:

Este ancho se determina después de establecer el nivel de servicio al final del periodo de diseño de la carretera, con este dato y los estudios económicos de la región se puede determinar el ancho y número de carriles necesarios.

Los anchos de carril usados actualmente son de 2.75 m, 3.00 m y 3.60 m, proyectándose los anchos de calzada con dos, tres o más carriles. Para el diseño del tramo carretero se utilizará un ancho de carril en tangente de 3.00 Mts.

2.4.4. HOMBROS:

Se le llama así al área o superficie adyacente a ambos lados de la calzada. Tienen como ventajas principales las siguientes:

- a) Protegen contra la humedad y posibles erosiones a la calzada y le proporciona mejor confinamiento al pavimento.
- b) Proporcionan seguridad al usuario de la carretera al tener a su disposición un ancho adicional, fuera de la calzada, para eludir accidentes potenciales o reducir su severidad y para estacionamiento de vehículos en casos obligados.
- c) Le dan mejor apariencia a la carretera y facilitan los trabajos de conservación.

Es muy importante que el hombro tenga una apariencia tal que permita usarse en caso de emergencia y en todas las condiciones de tiempo; debe ser tan parejo que permita la desaceleración del vehículo sin peligro en su superficie, pero no de provocar el deseo de usarlo como carril de circulación porque se anularía su utilidad. Para mejorar el drenaje de la corona, la pendiente transversal en el hombro debe ser mayor que la de la calzada, pero no debe ser tan pronunciada que hagan que los conductores duden en utilizarlo en casos de emergencia. El valor recomendado de 6% cumple con estos dos objetivos.

El ancho del hombro depende principalmente del volumen de tráfico y del nivel de servicio deseado. Los anchos más adecuados en el diseño de carreteras se indican en la tabla No. 5.

TABLA No. 5
ANCHOS DE HOMBROS

ANCHO DE CALZADA (mts.)	ANCHO DE HOMBRO (mts.)
5.50	0.75
6.00	1.30
6.50	1.45
7.20	1.60
Para dos calzadas o más carriles y con arriate central	1.60 – 3.05

Fuente: Valle Rodas, Raúl. Carreteras, Calles y Aeropistas. Editorial El Ateneo. 6ª. Edición. Buenos Aires, Argentina, 1982. Página No. 33.

Es recomendable destacar la parte de la corona que se puede utilizar como hombro haciéndolo de las siguientes formas:

- a) Pintando una línea lateral o mediante la incrustación de un material diferente.
- b) Utilizando una capa de textura gruesa en la superficie del hombro.
- c) Utilizando un color de contraste entre la banda de circulación y carpeta que cubre la superficie del hombro.

De acuerdo al diseño de tramo carretero y según la tabla No. 5 se dejó un ancho de hombro de 1.60 Mts.

2.4.5. PENDIENTE TRANSVERSAL:

Es la pendiente que se le da a la corona en dirección perpendicular al eje de la carretera. Según su relación con los elementos de alineamiento horizontal, se representan tres casos:

- Bombeo
- Sobreelevación o peralte
- Transición del bombeo al peralte

2.4.5.1. BOMBEO:

Es la pendiente transversal que se le da a la corona en las tangentes de alineamiento horizontal con el objeto de facilitar el escurrimiento superficial del agua. Un bombeo apropiado será aquel que permita un drenaje correcto de la corona con la mínima pendiente para que el conductor no experimente incomodidad o inseguridad.

Tabla de valores para proyecto en función del tipo de la superficie de rodadura:

**TABLA No. 6
PENDIENTES DE BOMBEO**

CALIDAD	TIPO	BOMBEO (%)
Muy buena	Superficie de concreto hidráulico o asfáltico	1 a 2
Buena	Superficie de mezcla asfáltica	1.5 a 3
Regular a Mala	Superficie de tierra o grava	2 a 4

Fuente: Gómez Lepe, Fredy Benjamín. Planificación y Diseño del Pavimento Para la Vía Principal del Municipio de San Juan Ostuncalco, Quetzaltenango. Tesis de Graduación de Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 1997. Página No. 26.

La pendiente transversal, de acuerdo a la tabla No. 6, que se utilizó en el diseño del tramo carretero es de 2%.

2.4.6. DRENAJES:

Dentro del diseño de carreteras se debe de prevenir la eliminación rápida y segura del agua para que ésta no permanezca en la superficie de rodadura.

Se pueden mencionar las siguientes clases de drenajes:

- Longitudinales: dentro de las que están:
 - Cunetas
 - Contracunetas

- Transversales: dentro de esta clase de drenaje están:
 - Alcantarillas
 - Bóveda
 - Puentes

2.4.6.1. CUNETAS:

Son zanjas laterales paralelas al eje de la carretera, construidas entre los extremos de los hombros y el de los taludes. Su función es evacuar las aguas que caen sobre la superficie de la carretera, el talud y a veces el agua que escurre de pequeñas áreas adyacentes. Es recomendable evacuar el agua a una longitud no mayor de 200 metros.

El diseño de cunetas se basa en los principios de flujo en canales abiertos. Lo que se persigue en la construcción de las cunetas es que sean de sección transversal eficiente y que sean fáciles de construir y de conservar.

Es conveniente emplear una sección de cuneta constante, no solo por la buena apariencia y seguridad de camino, sino que también con el objeto de hacerlas de más fácil construcción y conservación.

Los taludes de las cunetas deben ser tan inclinados como sea posible, y cuando ellos están bien acabados contribuyen al buen aspecto del camino. La sección puede ser de forma de triangular o trapezoidal y ambas pueden construirse y conservarse con la hoja de las motoniveladoras. El desnivel mínimo bajo la subrasante de las carreteras en cualquier caso será de 30 centímetros y el máximo de 90 centímetros, a fin de que no sea muy peligroso.

No es aconsejable el empleo de cunetas de sección rectangular porque muy pocas veces conservan sus taludes verticales, ya que se derrumban y azolvan la cuneta, para el caso de las cunetas no revestidas.

Existe una cuneta que se ha llamado "cuneta tipo" que tiene talud interior de 3:1 (del lado del camino) y 1.5:1 (del lado exterior), con un tirante de agua de 30 centímetros.

La longitud de una cuneta está limitada por su capacidad hidráulica pues no debe de permitirse que el agua rebalse su sección y se extienda por el acotamiento, por lo que se deberá limitar esta longitud colocando alcantarillas de alivio o proyectando las canalizaciones convenientes.

Las cunetas tienen generalmente la misma pendiente longitudinal que la carretera; sin embargo, cuando dicha pendiente es muy fuerte y los terrenos muy sueltos la velocidad del agua puede causar erosiones en las cunetas, por lo tanto, en estos casos puede disminuirse la pendiente de dicha cuneta, o en todo caso protegerla con determinado material, a las que se llama cunetas revestidas.

La cuneta que se diseñó para el tramo carretero es de forma trapezoidal (ver detalle en plano según anexo No. 6)

2.4.7. CURVAS HORIZONTALES:

Éstas se diseñan en las vías de comunicación cuando hay cambio de dirección dentro de las proyecciones horizontales, son utilizadas para unir dos tangentes consecutivas.

A continuación se describe y calcula cada uno de los elementos geométricos que componen una curva horizontal.

2.4.7.1. PUNTO DE INTERSECCIÓN (P.I.):

Es el punto donde convergen las dos tangentes.

La localización de este punto se obtiene al hacer el levantamiento topográfico, ya que es allí donde se determina el cambio de dirección del alineamiento horizontal.

$$P.I. = 230.38$$

2.4.7.2. ÁNGULO DE DEFLEXIÓN (Δ):

Es el ángulo suspendido por la curvatura circular y es la deflexión que existe entre las dos tangentes. Este valor se obtiene al realizar el levantamiento topográfico.

$$\Delta = 19.35$$

2.4.7.3. GRADO DE CURVATURA (G):

Es el ángulo central suspendido por un arco que generalmente es de 20 metros.

$$G = 1145.9156 / R$$

Donde R = radio de curvatura

El valor del radio de la curvatura se determina en tablas, dependiendo del tipo de carretera que se está diseñando (ver tabla No. 7)

$$R = 381.97$$

$$G = 1145.9156 / 381.97$$

$$G = 3$$

2.4.7.4. LONGITUD DE CURVA (L.C.):

Es la longitud medida sobre la curva que existe entre el inicio y el final de dicha curva.

$$L.C. = \Delta * 20 / G$$

$$L.C. = 19.35 * 20 / 3$$

$$L.C. = 129.00$$

2.4.7.5. SUBTANGENTE (ST):

Es la distancia comprendida entre el punto de intersección de las dos tangentes y el principio de la curva así como entre el punto de intersección y el principio de la tangente.

$$ST = R * \operatorname{Tg} \Delta / 2$$

$$ST = 381.97 * \operatorname{Tg} (19.35 / 2)$$

$$ST = 65.11 \text{ mt.}$$

2.4.7.6. CUERDA MÁXIMA (C.M.):

Es la distancia en línea recta desde el principio de la curva hasta el principio de la tangente.

$$C.M. = 2 * R * \operatorname{Sen} \Delta / 2$$

$$C.M. = 2 * 381.97 * \operatorname{Sen} (19.35 / 2)$$

$$C.M. = 128.38 \text{ mt.}$$

2.4.7.7. EXTERNAL (E):

Es la distancia medida del punto de intersección al punto medio de la longitud de la curva.

$$\begin{aligned} E &= (R / \text{Cos } \Delta / 2) - R \\ E &= (381.97 / \text{Cos } (19.35 / 2)) - 381.97 \\ E &= 5.45 \text{ mt.} \end{aligned}$$

2.4.7.8. ORDENADA MEDIA (O.M.):

Es la distancia comprendida entre el punto medio de la longitud de curva y el punto medio de la cuerda máxima.

$$\begin{aligned} \text{O.M.} &= R * (1 - \text{Cos } \Delta / 2) \\ \text{O.M.} &= 381.97 * (1 - \text{Cos. } (19.35 / 2)) \\ \text{O.M.} &= 5.43 \text{ mt.} \end{aligned}$$

2.4.7.9. PRINCIPIO DE CURVA (P.C.):

Se llama así al punto donde inicia la curva.

$$\begin{aligned} \text{P.C.} &= \text{P.I.} - \text{ST} \\ \text{P.C.} &= 230.38 - 65.11 \\ \text{P.C.} &= 165.27 \text{ mt.} \end{aligned}$$

2.4.7.10. PRINCIPIO DE TANGENTE (P.T.):

Se le llama así al punto donde se inicia la tangente de salida o también al punto donde finaliza la curva.

$$\begin{aligned} \text{P.T.} &= \text{P.C.} + \text{L.C.} \\ \text{P.T.} &= 165.27 + 129.00 \\ \text{P.T.} &= 294.27 \text{ mt.} \end{aligned}$$

En la tabla No. 10 se detalla el diseño geométrico del tramo carretero Cefemerq - Choquí. Ver plano de diseño en anexo No. 6.

θ°	30		40		50		60		70		80		90		100		110		120		K. P. H.
	RADIO	De = 27	De = 30	De = 33	De = 37	De = 40	De = 43	De = 46	De = 50	De = 53	De = 56	De = 60	De = 66	De = 72	De = 78	De = 84	De = 90	De = 96	De = 102	De = 108	
1°	1145.92	BN 17	BN 23	BN 28	BN 34	BN 39	BN 45	BN 50	BN 56	BN 62	BN 68	BN 74	BN 80	BN 86	BN 92	BN 98	BN 104	BN 110	BN 116	BN 122	1:246
2°	572.96	BN 17	BN 23	BN 28	BN 34	BN 39	BN 45	BN 50	BN 56	BN 62	BN 68	BN 74	BN 80	BN 86	BN 92	BN 98	BN 104	BN 110	BN 116	BN 122	1:246
3°	381.97	BN 17	BN 23	BN 28	BN 34	BN 39	BN 45	BN 50	BN 56	BN 62	BN 68	BN 74	BN 80	BN 86	BN 92	BN 98	BN 104	BN 110	BN 116	BN 122	1:246
4°	286.48	BN 17	BN 23	BN 28	BN 34	BN 39	BN 45	BN 50	BN 56	BN 62	BN 68	BN 74	BN 80	BN 86	BN 92	BN 98	BN 104	BN 110	BN 116	BN 122	1:246
5°	229.18	BN 17	BN 23	BN 28	BN 34	BN 39	BN 45	BN 50	BN 56	BN 62	BN 68	BN 74	BN 80	BN 86	BN 92	BN 98	BN 104	BN 110	BN 116	BN 122	1:246
6°	190.39	BN 17	BN 23	BN 28	BN 34	BN 39	BN 45	BN 50	BN 56	BN 62	BN 68	BN 74	BN 80	BN 86	BN 92	BN 98	BN 104	BN 110	BN 116	BN 122	1:246
7°	163.70	BN 17	BN 23	BN 28	BN 34	BN 39	BN 45	BN 50	BN 56	BN 62	BN 68	BN 74	BN 80	BN 86	BN 92	BN 98	BN 104	BN 110	BN 116	BN 122	1:246
8°	143.24	BN 17	BN 23	BN 28	BN 34	BN 39	BN 45	BN 50	BN 56	BN 62	BN 68	BN 74	BN 80	BN 86	BN 92	BN 98	BN 104	BN 110	BN 116	BN 122	1:246
9°	127.32	BN 17	BN 23	BN 28	BN 34	BN 39	BN 45	BN 50	BN 56	BN 62	BN 68	BN 74	BN 80	BN 86	BN 92	BN 98	BN 104	BN 110	BN 116	BN 122	1:246
10°	114.59	BN 17	BN 23	BN 28	BN 34	BN 39	BN 45	BN 50	BN 56	BN 62	BN 68	BN 74	BN 80	BN 86	BN 92	BN 98	BN 104	BN 110	BN 116	BN 122	1:246
11°	104.17	BN 17	BN 23	BN 28	BN 34	BN 39	BN 45	BN 50	BN 56	BN 62	BN 68	BN 74	BN 80	BN 86	BN 92	BN 98	BN 104	BN 110	BN 116	BN 122	1:246
12°	96.49	BN 17	BN 23	BN 28	BN 34	BN 39	BN 45	BN 50	BN 56	BN 62	BN 68	BN 74	BN 80	BN 86	BN 92	BN 98	BN 104	BN 110	BN 116	BN 122	1:246
13°	90.15	BN 17	BN 23	BN 28	BN 34	BN 39	BN 45	BN 50	BN 56	BN 62	BN 68	BN 74	BN 80	BN 86	BN 92	BN 98	BN 104	BN 110	BN 116	BN 122	1:246
14°	84.88	BN 17	BN 23	BN 28	BN 34	BN 39	BN 45	BN 50	BN 56	BN 62	BN 68	BN 74	BN 80	BN 86	BN 92	BN 98	BN 104	BN 110	BN 116	BN 122	1:246
15°	79.39	BN 17	BN 23	BN 28	BN 34	BN 39	BN 45	BN 50	BN 56	BN 62	BN 68	BN 74	BN 80	BN 86	BN 92	BN 98	BN 104	BN 110	BN 116	BN 122	1:246
16°	74.62	BN 17	BN 23	BN 28	BN 34	BN 39	BN 45	BN 50	BN 56	BN 62	BN 68	BN 74	BN 80	BN 86	BN 92	BN 98	BN 104	BN 110	BN 116	BN 122	1:246
17°	70.41	BN 17	BN 23	BN 28	BN 34	BN 39	BN 45	BN 50	BN 56	BN 62	BN 68	BN 74	BN 80	BN 86	BN 92	BN 98	BN 104	BN 110	BN 116	BN 122	1:246
18°	66.66	BN 17	BN 23	BN 28	BN 34	BN 39	BN 45	BN 50	BN 56	BN 62	BN 68	BN 74	BN 80	BN 86	BN 92	BN 98	BN 104	BN 110	BN 116	BN 122	1:246
19°	63.31	BN 17	BN 23	BN 28	BN 34	BN 39	BN 45	BN 50	BN 56	BN 62	BN 68	BN 74	BN 80	BN 86	BN 92	BN 98	BN 104	BN 110	BN 116	BN 122	1:246
20°	60.31	BN 17	BN 23	BN 28	BN 34	BN 39	BN 45	BN 50	BN 56	BN 62	BN 68	BN 74	BN 80	BN 86	BN 92	BN 98	BN 104	BN 110	BN 116	BN 122	1:246
21°	57.59	BN 17	BN 23	BN 28	BN 34	BN 39	BN 45	BN 50	BN 56	BN 62	BN 68	BN 74	BN 80	BN 86	BN 92	BN 98	BN 104	BN 110	BN 116	BN 122	1:246
22°	55.09	BN 17	BN 23	BN 28	BN 34	BN 39	BN 45	BN 50	BN 56	BN 62	BN 68	BN 74	BN 80	BN 86	BN 92	BN 98	BN 104	BN 110	BN 116	BN 122	1:246
23°	52.80	BN 17	BN 23	BN 28	BN 34	BN 39	BN 45	BN 50	BN 56	BN 62	BN 68	BN 74	BN 80	BN 86	BN 92	BN 98	BN 104	BN 110	BN 116	BN 122	1:246
24°	50.67	BN 17	BN 23	BN 28	BN 34	BN 39	BN 45	BN 50	BN 56	BN 62	BN 68	BN 74	BN 80	BN 86	BN 92	BN 98	BN 104	BN 110	BN 116	BN 122	1:246
25°	48.78	BN 17	BN 23	BN 28	BN 34	BN 39	BN 45	BN 50	BN 56	BN 62	BN 68	BN 74	BN 80	BN 86	BN 92	BN 98	BN 104	BN 110	BN 116	BN 122	1:246
26°	47.15	BN 17	BN 23	BN 28	BN 34	BN 39	BN 45	BN 50	BN 56	BN 62	BN 68	BN 74	BN 80	BN 86	BN 92	BN 98	BN 104	BN 110	BN 116	BN 122	1:246
27°	45.74	BN 17	BN 23	BN 28	BN 34	BN 39	BN 45	BN 50	BN 56	BN 62	BN 68	BN 74	BN 80	BN 86	BN 92	BN 98	BN 104	BN 110	BN 116	BN 122	1:246
28°	44.51	BN 17	BN 23	BN 28	BN 34	BN 39	BN 45	BN 50	BN 56	BN 62	BN 68	BN 74	BN 80	BN 86	BN 92	BN 98	BN 104	BN 110	BN 116	BN 122	1:246
29°	43.44	BN 17	BN 23	BN 28	BN 34	BN 39	BN 45	BN 50	BN 56	BN 62	BN 68	BN 74	BN 80	BN 86	BN 92	BN 98	BN 104	BN 110	BN 116	BN 122	1:246
30°	42.51	BN 17	BN 23	BN 28	BN 34	BN 39	BN 45	BN 50	BN 56	BN 62	BN 68	BN 74	BN 80	BN 86	BN 92	BN 98	BN 104	BN 110	BN 116	BN 122	1:246
31°	41.71	BN 17	BN 23	BN 28	BN 34	BN 39	BN 45	BN 50	BN 56	BN 62	BN 68	BN 74	BN 80	BN 86	BN 92	BN 98	BN 104	BN 110	BN 116	BN 122	1:246
32°	41.01	BN 17	BN 23	BN 28	BN 34	BN 39	BN 45	BN 50	BN 56	BN 62	BN 68	BN 74	BN 80	BN 86	BN 92	BN 98	BN 104	BN 110	BN 116	BN 122	1:246
33°	40.41	BN 17	BN 23	BN 28	BN 34	BN 39	BN 45	BN 50	BN 56	BN 62	BN 68	BN 74	BN 80	BN 86	BN 92	BN 98	BN 104	BN 110	BN 116	BN 122	1:246
34°	39.89	BN 17	BN 23	BN 28	BN 34	BN 39	BN 45	BN 50	BN 56	BN 62	BN 68	BN 74	BN 80	BN 86	BN 92	BN 98	BN 104	BN 110	BN 116	BN 122	1:246
35°	39.44	BN 17	BN 23	BN 28	BN 34	BN 39	BN 45	BN 50	BN 56	BN 62	BN 68	BN 74	BN 80	BN 86	BN 92	BN 98	BN 104	BN 110	BN 116	BN 122	1:246
36°	39.05	BN 17	BN 23	BN 28	BN 34	BN 39	BN 45	BN 50	BN 56	BN 62	BN 68	BN 74	BN 80	BN 86	BN 92	BN 98	BN 104	BN 110	BN 116	BN 122	1:246
37°	38.71	BN 17	BN 23	BN 28	BN 34	BN 39	BN 45	BN 50	BN 56	BN 62	BN 68	BN 74	BN 80	BN 86	BN 92	BN 98	BN 104	BN 110	BN 116	BN 122	1:246
38°	38.41	BN 17	BN 23	BN 28	BN 34	BN 39	BN 45	BN 50	BN 56	BN 62	BN 68	BN 74	BN 80	BN 86	BN 92	BN 98	BN 104	BN 110	BN 116	BN 122	1:246

PERALTE RECOMENDADO, MÍNIMAS LONGITUDES DE TRANSICIÓN Y DELTAS MÍNIMOS

- 1) EL PERALTE FUE CALCULADO SEGÚN EL MÉTODO "4" RECOMENDADO POR LA AASHTO.
- 2) EL PERALTE SE REPARTIRÁ PROPORCIONALMENTE A LA LONGITUD DE LA ESPIRAL USADA, DEBIENDO SER EL PC Y PT EL PUNTO MEDIO DE CADA ESPIRAL.
- 3) EN LAS CURVAS CON PERALTE CALCULADO MENOR QUE LA PENDIENTE DEL BOMBO SE RECOMIENDA USAR COMO PERALTE DEL BOMBO.
- 4) EL PASO DEL BOMBO ES 0% EN EL PRINCIPIO, EL FINAL DE LA ESPIRAL DEBE HACERSE PROPORCIONALMENTE A LA DISTANCIA; ESTA DISTANCIA SE CALCULA EN BASE AL BOMBO. EL ANCHO DEL ASFALTO Y LA MITAD DE LA PENDIENTE DE DESARROLLO DEL PERALTE SIN DEBIDAMENTE RECOMIENDA USAR LAS QUE APARECEN EN ESTE CUADRO QUE SON LAS CORRESPONDIENTES A UN BOMBO DE 3%, UN ANCHO ASFALTICO DE 7.30 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 LA AASHTO.
- 6) LOS MÍNIMOS VALORES DE LONGITUD DE ESPIRAL SON LOS CORRESPONDIENTES A LAS DISTANCIAS RECORRIDAS EN 2 SEGUNDOS A LA VELOCIDAD DE DISEÑO.

TABLA No.7

VALORES DE RADIOS MÍNIMOS

FUENTE: STCHARREN GUTIÉRREZ, RENÉ. MANUAL DE CAMINOS. EDITORIAL ALFAOMEGA. PRIMERA EDICIÓN. MÉXICO 1960. PÁGINA No. 85

TABLA No. 10
DISEÑO GEOMÉTRICO DEL TRAMO CARRETERO CEFEMERQ-CHOQUI, QUETZALTENANGO

Est.	P.O.	D.H.	A	R	G	ST	L.C.	E	O.M.	C.M.L	P.I.	P.C.	P.T.	Tg.
0	1	230.38												
1	2	222.38	19.35	381.97	3.00	65.12	129.00	5.51	5.43	128.38	230.38	165.26	294.26	165.26
2	3	247.24	31.35	163.70	7.00	45.93	89.57	6.32	6.08	88.45	452.76	406.83	496.40	112.57
3	4	152.20	3.07	572.92	2.00	18.50	30.70	0.20	0.20	30.69	700.00	681.50	712.20	185.10
4	5	144.00	20.67	286.48	4.00	52.24	103.35	4.64	4.64	102.79	852.20	799.96	903.31	87.76
5	6	53.02	24.83	57.29	20.00	12.61	24.82	1.33	1.33	24.63	996.20	983.59	1008.42	80.28
6	7	93.00	34.05	57.30	20.00	17.54	34.04	2.51	2.51	33.55	1049.22	1031.68	1065.73	23.26
7	8	36.12	8.78	163.70	7.00	12.56	25.08	0.48	0.48	25.06	1142.22	1129.65	1154.74	63.92
8	9	36.71	43.06	38.20	30.00	15.07	28.70	2.87	2.66	28.03	1178.34	1163.27	1191.98	8.53
9	10	70.60	29.38	57.30	20.00	15.02	29.38	1.94	1.87	29.06	1215.05	1200.03	1229.41	8.05
10	11	25.58	44.63	28.65	40.00	11.75	22.31	2.32	2.14	21.75	1285.65	1273.89	1296.21	44.48
11	12	142.02	32.83	38.19	30.00	11.25	21.88	1.62	1.55	21.58	1311.23	1299.98	1321.86	3.77
12	13	126.75	17.73	144.19	8.00	22.48	44.61	1.74	1.72	44.44	1453.25	1430.76	1475.38	108.90

2.4.8. MOVIMIENTO DE TIERRAS:

Dentro de la construcción de una carretera el movimiento de tierras es una de las actividades que más cuidado requiere en sus cálculos, por lo que es necesario que al hacer el levantamiento topográfico de la línea central también se haga el levantamiento de las secciones transversales a cada 20 metros máximo, ya que por medio de dichas secciones se puede determinar el volumen de tierra hay que mover, tanto de relleno como de corte. Las fases importantes en el movimiento de tierra son:

- a. Desmante
- b. Limpia
- c. Corte
- d. Relleno

El movimiento de tierras que se necesita hacer en el tramo carretero es de 25,000 Mts³.

2.4.9. SUB-RASANTE:

Es la capa de terreno de una carretera que soporta la estructura del pavimento y se extiende hasta una profundidad en la que no le afecta la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto y una vez compactada y afinada, cumpla con las pendientes y las secciones transversales especificadas en los planos.

CARACTERÍSTICAS DE LA SUBRASANTE:

- A. La subrasante no debe estar conformada por materiales vegetales parcial o totalmente carbonizados o fangosos, ya que son de muy poca resistencia; su clasificación se basa en inspección visual y no depende de pruebas de laboratorio.
- B. Dentro del material que servirá para la subrasante no deben de haber rocas mayores de 10 cm. en la última capa.
- C. El material apropiada para la subrasante debe ser un suelo preferentemente granular, con menos del 3% de hinchamiento, según ensayos de la AASHTO T 193, y que no tenga características inferiores a los suelos que se encuentran en el tramo o sección que se está reacondicionando.
- D. Se debe tener una tolerancia en compactación en menos del 2% respecto al porcentaje especificado.
- E. Para establecer la debida compactación en toda la carretera se deben efectuar ensayos representativos por cada 4000 metros cuadrados de subrasante reacondicionada.
- F. Se establece una tolerancia de superficie de 3 cm. respecto al nivel de conformación de superficie indicada en los planos.

El tipo de suelo que forma la subrasante depende de las características que tenga, las cuales se obtienen a través de ensayos de laboratorio, y de los espesores de las diferentes capas del pavimento, dependiendo de la capacidad soporte de dicha subrasante, la cual se clasifica en los siguientes rangos:

TABLA No. 8
TIPOS DE SUELOS DE SUB-RASANTE
Y VALORES APROXIMADOS DE K

TIPOS DE SUELOS	SOPORTE	RANGO DE VALORES DE K (PSI)
Suelos de grano fino en el cual el tamaño de partículas de limo y arcilla predominan	Bajo	75 - 120
Arenas y mezclas de arena con grava, con una cantidad considerada de limo y arcilla	Medio	130 - 170
Arenas y mezclas de arena con grava, relativamente libre de finos	Alto	180 - 220
Subbases tratadas con cemento	Muy alto	250 - 400

Fuente: Etcharren Gutiérrez, René. Manual de Caminos. Editorial Alfaomega. 1ª Edición. México, 1990. Página No. 85.

2.4.10. SUB-BASE:

Es la capa de la estructura del pavimento destinada fundamentalmente a soportar, transmitir y distribuir, con uniformidad, las cargas del tránsito, de tal manera que el suelo de la subrasante las pueda soportar. La conformación de la subbase consiste en la obtención, explotación, acarreo, tendido, humedecimiento, mezcla, conformación y compactación del material que se utilizará, así como el control de laboratorio y operaciones necesarias para construirla en una o varias capas, de un espesor adecuado par su buena compactación. El espesor de la subbase puede variar de acuerdo a las condiciones y características de los suelos existentes en la subrasantes.

El material que se utiliza para la Subbase debe cumplir con las siguientes especificaciones.

- Debe de tener un C.B.R. de 30%, a una compactación mínima del 95%
- Debe tener un límite líquido no mayor de 25% y un índice de plasticidad no mayor de 6
- El equivalente de arena debe ser mayor de 25
- Debe estar libre de materia orgánica, arcilla, basura y todo material perjudicial

2.4.11. BASE:

Es la capa que transmite las cargas provenientes de la capa de rodadura hacia las capas inferiores. Generalmente está formada par materiales granulares como piedra

triturada, arena, grava o suelos estabilizados. Su espesor varía entre 10 y 30 centímetros, dependiendo del uso que se le dará.

**TABLA No. 9
ESPEORES DE BASES, SEGÚN SU USO**

TIPO DE BASE	USOS	ESPEOR (CMS.)
Granulares	Carreteras	10 - 15
Estabilizadas	Carreteras	10 - 15
Granulares	Aeropuertos	15 - 30
Estabilizadas	Aeropuertos	15 - 30

Fuente: Valle Rodas, Raúl. Carreteras, Calles y Aeropistas. Editorial El Ateneo. 6ª. Edición. Buenos Aires, Argentina, 1982. Página No. 44.

ESPECIFICACIONES PARA MATERIALES DE BASE:

- Debe tener un C.B.R. de 90%, a una compactación mínima del 95%
- El agregado retenido en la malla No. 4 no debe tener un desgaste mayor del 50% a 500 revoluciones en la prueba de los Ángeles
- Debe tener un límite líquido de 25 y un índice de plasticidad menor de 6
- El equivalente de arena debe ser mayor de 40

2.5.CAPA DE SUPERFICIES PARA PAVIMENTOS

2.5.1. TRATAMIENTO DE PRESERVACIÓN:

Es un riego de revestimiento aplicado sobre la superficie de la carretera con el objeto de preservarla en forma provisional de la formación de polvo y desprendimiento de partículas de agregado o balasto por la acción del tránsito de vehículos.

2.5.2. RIEGO DE IMPRIMACIÓN:

Es la aplicación de un material bituminoso líquido sobre la superficie de la subbase y hombros de una carretera para protegerla, impermeabilizarla, unir entre si las partículas minerales sueltas y endurecer la superficie, favoreciendo la adherencia entre la superficie imprimada y la capa inmediata superior.

2.5.3. TRATAMIENTO ASFÁLTICO SUPERFICIAL:

Es una capa de revestimiento de poco espesor, formada por riegos sucesivos de material bituminoso y agregados pétreos.

2.5.4. MACADAM ASFÁLTICO:

Es la capa componente de la estructura del pavimento, formada por riegos sucesivos y alternativos de agregados pétreos en tamaños decrecientes y material bituminoso, lográndose así, el recubrimiento de las partículas de agregados y la estabilidad de la capa por la penetración directa por gravedad del material bituminoso y el agregado fino a través de los vacíos del agregado grueso previamente esparcido.

2.5.5. CAPA DE SUPERFICIE DE RODADURA:

Es la capa sobre la cual se aplican directamente las cargas del tránsito y se coloca encima de la base. Esta capa protege a las capas inferiores de los efectos del sol, las lluvias y las heladas, además, resiste con un desgaste mínimo los esfuerzos producidos por el tránsito.

Las capas de rodadura pueden ser:

- ✓ FLEXIBLES: Son las que están compuestas por pavimentos con mezclas asfálticas y bases granulares.
- ✓ SEMI-FLEXIBLES: Están compuestas por pavimentos de adoquín y estabilizados con cemento.
- ✓ RÍGIDOS: Estas capas de rodadura son los pavimentos de concreto de cemento Portland.

2.6. PAVIMENTO FLEXIBLE:

El procedimiento aquí descrito, fue desarrollado por William H. Mills por lo cual se define como el Método de Mills; este método fue desarrollado principalmente para equipar a los ingenieros de un procedimiento definido y simple, en el que se aplican los resultados de los ensayos realizados a la subrasante.

Todo diseño de pavimento asume un drenaje adecuado como prerequisite para su buen funcionamiento. El drenaje comprende el transversal y el longitudinal, que son los que evacúan el agua que corre sobre la carretera y por lo tanto evitan el exceso de humedad en la subrasante, subbase y base. Todo drenaje debe ser cuidadosamente diseñado, pero siempre es necesario tener un margen de seguridad, y por lo tanto se debe diseñar para un margen de un mal drenaje, el cual consiste en un espesor extra de subrasante para incrementar la profundidad de la distribución de carga en estas áreas críticas y, así, decrecer la intensidad transmitida a la subrasante. Esta adición no es considerada necesaria cuando

la subrasante está compuesta de material de alta estabilidad y buenas propiedades de drenaje.

El margen por mal drenaje de la estructura del pavimento, fue ideado con el propósito de obtener un diseño balanceado a todo lo largo del proyecto. El objetivo fue proporcionar pavimentos de igual capacidad de carga, empleando espesores extras de subbase sobre materiales de subrasante en donde el drenaje natural es malo.

El margen de drenaje (D.A.) para varias condiciones de pendiente es dado en la tabla No. 11. Los espesores máximos son utilizados para una pendiente longitudinal plana, en una sección de corte.

TABLA No. 11
MARGEN DE PENDIENTE DE DRENAJE

SECCIÓN TRANSVERSAL	PENDIENTE LONGITUDINAL (%)	ESPESOR EXTRA DE SUB-BASE (%)	ESPESOR MÍNIMO DE SUB-BASE (PLG.)
Corte	0	25	8
Relleno	0	20	6
Corte	1	15	4
Relleno	1	20	2
Corte	2	5	0
Relleno	2	0	0

Fuente: Etcharren Gutiérrez, René. Manual de Caminos. Editorial Alfaomega. 1ª. Edición. México, 1990. Página No. 94.

El espesor requerido para un pavimento flexible varía con el tipo de tránsito, el material de subrasante, el material usado en la subbase y en la base, el drenaje y el clima. Hay varios procedimientos para determinar el espesor, todos ellos tratan de evaluar los factores y llegan a una conclusión empírica. Hasta el presente no hay un método matemáticamente correcto para estas determinaciones, y la evaluación de muchos de los factores dependen del juicio de la persona que los está considerando.

El tránsito que usará el pavimento puede ser estimado con base en los conteos actuales y la actividad del área donde se ejecutará la carretera. Sin embargo, no es recomendable desde el punto de vista práctico, conformarse con las necesidades del tránsito proyectándose mucho en el futuro. Los pavimentos flexibles pueden ser reforzados rápida y económicamente agregándose capas de concreto asfáltico. Al diseñar y construir la capa de base el pavimento puede ser reforzado a un precio razonable para llevar cargas mucho más pesadas. Para diseñar la estructura del pavimento, el peso máximo de los vehículos es de mayor importancia que el número de vehículos. Un solo vehículo muy pesado puede causar más daño a un pavimento que varios vehículos de peso ligero. Sin embargo, el

número de aplicaciones de una carga tiene efectos y por esta razón las clasificaciones del tránsito son dadas, ambas, en limitación de número y peso, en la tabla No. 12.

TABLA No. 12
TRÁNSITO TOTAL DURANTE 24 HORAS

CLASIFICACIÓN DEL TRÁNSITO	TOTAL DE VEHÍCULOS	CAMIONES Y AUTOBUSES	CAMIÓN PESADO	CARGA DE DISEÑO (LBS.)
Pesado	3000 mínimo	700 mínimo	150 mínimo	14,000
Medio	1000 – 3000	250 – 700	50 – 150	12,000
Liviano	1000 máximo	250 máximo	50 máximo	10,000

Fuente: Gómez Lepe, Fredy Benjamín. Planificación y Diseño del Pavimento Para la Vía Principal del Municipio de San Juan Ostuncalco, Quetzaltenango.
Tesis de Graduación de Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 1997. Página No. 36.

El espesor total de la estructura del pavimento, la clase de capa de superficie y la cualidad de los materiales deberá variar para ajustarse a las condiciones del tránsito.

La clase de capa de superficie puede ser variable con las necesidades del tránsito por causa de la diferencia en calidades estructurales, comodidad y economía. También el espesor de la capa de superficie puede ser variado para satisfacer las necesidades del tránsito. Aunque en cada caso es acostumbrado usar el mínimo por razones de economía. Las clases y espesores recomendados para las tres clasificaciones de tránsito se indican en la tabla No. 13

**TABLA No. 13
CLASIFICACIÓN DEL TRÁNSITO**

CLASIFICACIÓN DEL TRÁNSITO	CLASE DE CAPA DE SUPERFICIE	ESPESOR MÍNIMO (PLG.)	OBSERVACIONES
PESADO	- Concreto asfáltico	3	2 capas de adherencia de 2 pl.
	- Macadam de Penetración	3	Muy duro pero tan lleno como el concreto as.
MEDIO	- Concreto asfáltico	2	Una capa
	- Macadam de Penetración	2 ½	Muy duro pero no tan lleno como el concreto as.
	- Mezcla fría	2 ½	Puede ser mezcla en planta o en camino
	- Tratamiento Superficial y Mezcla caliente	2	Primera capa de tratamiento superficial
LIVIANO	- Concreto asfáltico	1	Una capa
	- Doble tratamiento Superficial	1	Usando agregado de 1" en la primera capa
	- Mezcla fría	1 ½	Puede ser mezcla en camino o en planta

Fuente: Gómez Lepe, Fredy Benjamin. Planificación y Diseño del Pavimento Para la Vía Principal del Municipio de San Juan Ostuncalco, Quetzaltenango.
Tesis de Graduación de Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 1997. Página No. 41.

La determinación total de la estructura de pavimento, es decir, el espesor de subbase, base y capa de rodadura es la operación más importante en el diseño de un pavimento.

Un espesor uniforme de las capas de superficie y de base, usualmente, puede ser utilizada a lo largo de un proyecto. El espesor de la subbase debe ser variado, conforme las variaciones en la calidad de la subrasante.

La clasificación del tránsito para la cual se diseña se designa en la tabla No. 13.

Tales designaciones determinarán el espesor mínimo para la capa de superficie y de base, de acuerdo con el criterio ya presentado.

Por lo tanto, el diseñador puede determinar dicho espesor, utilizando los resultados de los ensayos hechos a las muestras del suelo de la subrasante así como también utilizando la siguiente fórmula:

$$T_s = (2 T_c + T_g) / 3 - (S + B) + D.A.$$

Donde:

- Tsb = Espesor de subbase
- Tc = Espesor indicado por el C.B.R.
- Tg = Espesor indicado por el Índice de Grupo
- S = Espesor de capa de rodadura
- B = Espesor de capa de base
- D.A. = Márgenes para condiciones de mal drenaje

Es importante tener presente que el término $(2 T_c + T_g) / 3$ debe tener un valor mayor o igual a Tc. Si dicho valor es menor al de Tc, debe prevalecer el valor de Tc.

2.6.1. DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE:

A continuación se procede a diseñar el espesor del pavimento flexible para el proyecto Tramo carretero CEFEMERQ-CHOQUÍ de la ciudad de Quetzaltenango

1.- Determinar la clasificación del tránsito.

Tomando en cuenta que el tramo carretero servirá para la circulación de vehículos pesados y verificando los valores obtenidos en la tabla No. 12 se determina lo siguiente:

Clasificación del tránsito = Pesado
Carga de Diseño = 14,000 libras.

2.- Determinar el tipo de material que se utilizará en la subbase, en la base y en la carpeta de rodadura.

a.- El material que se utilizará en la subbase debe reunir las siguientes condiciones:

C.B.R. = 30 Mínimo
Índice de Grupo (I.G.) = 0

b.- Material para la Base = Granular

c.- Carpeta de Rodadura = Concreto asfáltico

3.- Determinar el espesor (Tc) indicado por el C.B.R.

C.B.R. de la subrasante = 18.90%

Este valor fue obtenido en los ensayos de laboratorio (ver anexo No. 2), por lo tanto, con dicho dato se encuentra el espesor Tc por medio de la gráfica No. 2 que será:

$$T_c = 21.3 \text{ cms.}$$

4.- Determinar el espesor (Tg) indicado por el Índice de grupo

Con el Índice de Grupo = 0 de la subrasante se puede determinar el valor del espesor Tg mediante la gráfica No 3 el cual es de:

$$T_g = 30 \text{ cms.}$$

5.- Determinar el espesor extra de la subbase por mal drenaje

La pendiente longitudinal máxima del tramo carretero, tanto para sección transversal en corte como para relleno, es del 2%, por lo que según tabla No. 11 el valor del margen del mal drenaje es de:

$$D.A. = 0$$

6.- Con los valores de Tc, Tg y de D.A. se determina el espesor del pavimento mediante la fórmula:

$$T_{sb} = (2 T_c + T_g) / 3 - (S + B) + D.A.$$

Donde: $(2 T_c + T_g) / 3$ deberá ser mayor o igual a Tc. Si es menor deberá utilizarse el valor de Tc.

$$(2 * 21.3) / 3 = 24.2$$

Como este resultado es mayor que Tc, se toma 24.2 cms.

Ya con el método utilizado se determina el espesor de la base según la tabla No. 9

$$\text{Base granular} = 12.5 \text{ cms.}$$

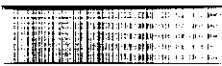
Se determina el espesor de la carpeta de rodadura según la tabla No. 13

$$\text{Carpeta de rodadura} = 3 \text{ plg.} = 7.5 \text{ cms.}$$

$T_{sb} = 24.2 - (7.5 + 12.5) + 0 = 4.2$ el cual es el espesor de la subbase, por lo tanto el espesor del pavimento flexible será el siguiente:

Subbase	4.20 cms
Base	12.50 cms
Carpeta de Rodadura	<u>7.50 cms</u>
	24.20 cms

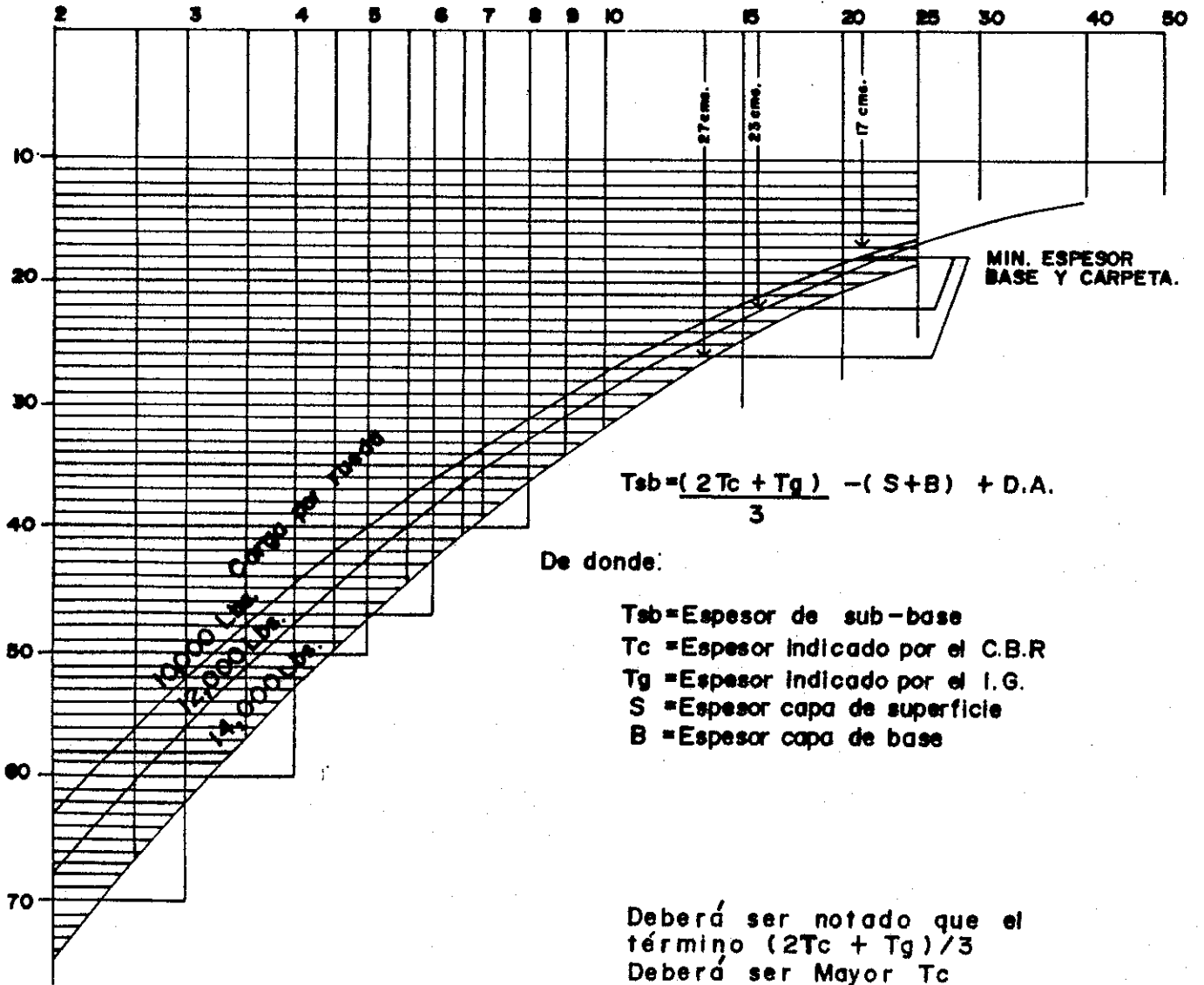
Por razones de seguridad la Subbase tendrá un espesor de 6.00 cms., por lo que el espesor total del pavimento flexible será de 26.00 cms.



GRÁFICA No. 2

ESPESOR INDICADO POR EL C.B.R.

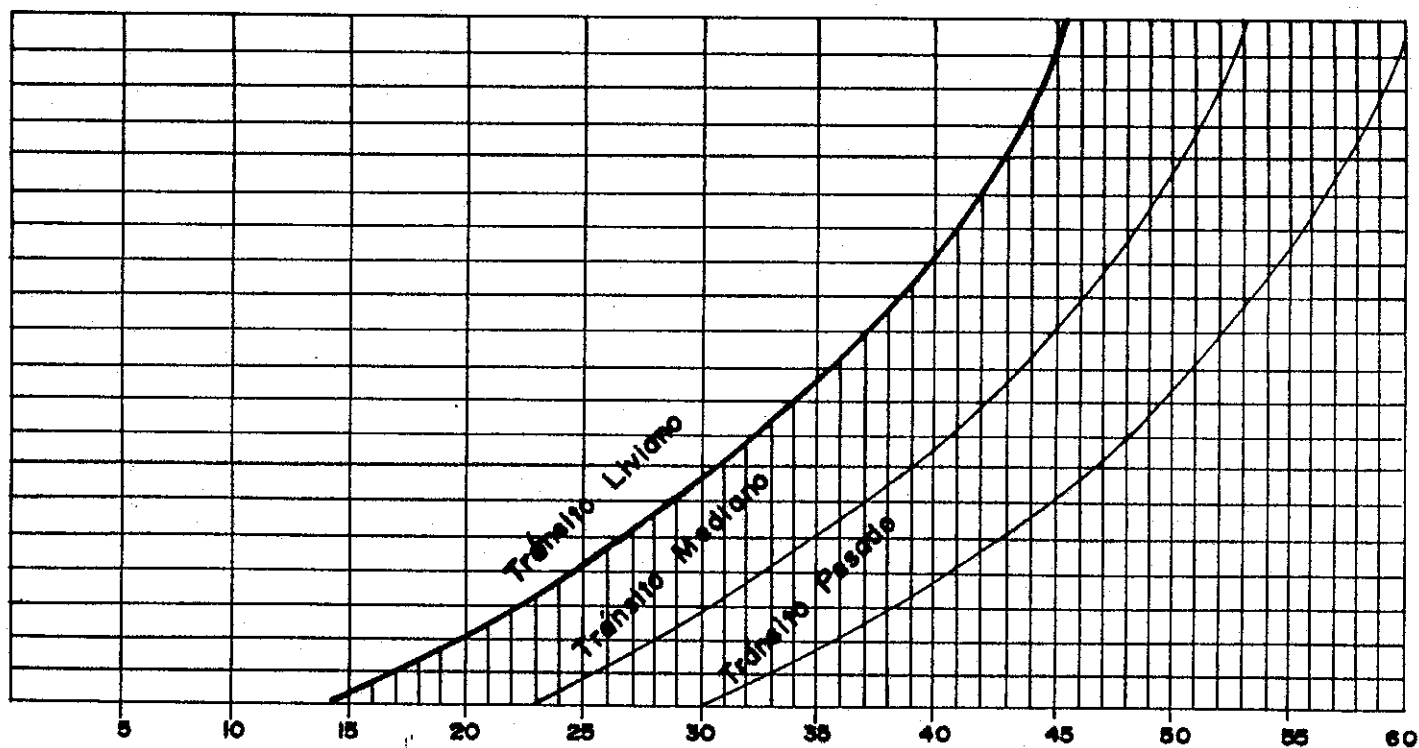
FLEXIBLE EN FUNCIÓN DE C.B.R. E ÍNDICE DE GRUPO



Fuente: Diseño del pavimento flexible.
 Autor: William H. Mills.

GRÁFICA No. 3

ESPESOR INDICADO POR EL ÍNDICE DE GRUPO.



ESPESOR EN Cm.

Fuente: Diseño del Pavimento Flexible
Autor: William H. Mills

2.6.2. CLASE DE MEZCLA

Pavimento Flexible:

El concreto asfáltico, mezclado y vaciado en caliente, es la mejor calidad de pavimento asfáltico y se compone de agregados graduados y cemento asfáltico tipo AC - 20 / 85 - 100.

Al mezclarlo, tenderlo y compactarlo forma una masa sólida de concreto asfáltico que formará parte del pavimento como carpeta de rodadura.

Proceso De Construcción:

Cuando ya están evaluadas las características del suelo, definido el espesor de la carpeta de rodadura y trazada la subrasante en el campo, es posible proceder a la construcción y conformación de las diferentes capas del pavimento. Este proceso debe tener un orden específico para garantizar la plena funcionalidad y la vida útil proyectada.

Para obtener un pavimento que pueda soportar los esfuerzos producidos por la acción del tránsito sin deteriorarse y conservándose en buenas condiciones, a pesar del tránsito durante el período de diseño, es indispensable cumplir con ciertos requisitos básicos como lo son:

- Diseño
- Utilización de buenos materiales
- Control en la construcción.

2.6.3. ELABORACIÓN DEL PRESUPUESTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE:

El presupuesto se integró en base de precios unitarios, tomando en consideración los precios de materiales, maquinaria y mano de obra que se manejan en la región.

**PRESUPUESTO DEL TRAMO CARRETERO
CEFEMERQ-CHOQUÍ, QUETZALTENANGO**

RENGLÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P / UNITARIO (Q)	P / TOTAL (Q)
Corte y Relleno	M ³	25,000	18.50	462,500.00
Reacondicionamiento De La Subrasante	Km	1.58	17,000.00	26,860.00
Capa de Subbase	M ³	1280	75.00	96,000.00
Base Granular Triturada	M ³	2760	260.00	717,600.00
Bordillo de Concreto	ML	3150	18.00	56,700.00
Riego de Imprimación	Galón	2740	25.50	69,870.00
Concreto Asfáltico (en caliente)	Tonelada	1900	380.00	722,000.00
Cemento Asfáltico	Galón	30,340	20.00	606,800.00
Riego de Liga con Material Bituminoso	Galón	950	26.00	24,700.00
Cuneta Revestida	ML	3160	30.00	94,800.00
Señalización	Km	1.580	8,000.00	12,640.00
5% de Administración				144,523.50
5% de Imprevistos				144,523.50
5% de Supervisión				144,523.50
COSTO TOTAL DEL PAVIMENTO				3,324,040.50

COSTO TOTAL DEL PROYECTO: TRES MILLONES TRESCIENTOS VEINTICUATRO MIL CUARENTA QUETZALES CON CINCUENTA CENTAVOS (Q. 3,324,040.50).

EL COSTO UNITARIO POR KILÓMETRO: DOS MILLONES CIENTO TRES MIL OCHOCIENTOS VEINTITRES QUETZALES CON DIEZ CENTAVOS (Q.2,103,823.10).

CONCLUSIONES

- 1.- La planificación y el diseño del Alcantarillado Sanitario del Sector Calderón tiene como objetivo dar una solución al problema que padece dicho sector, ya que la falta de tan vital servicio ha causado problemas de salud a la población, y por lo tanto, es necesario este servicio que beneficiará a 250 personas.
- 2.- La apertura y pavimentación del tramo carretero CEFEMERQ-CHOQUÍ de la ciudad de Quetzaltenango representa una solución al problema del congestionamiento dentro del área urbana, ya que esta vía será de acceso más rápido, por lo que contribuirá al desarrollo de dicha ciudad.
- 3.- El método Mills, utilizado para el diseño del pavimento flexible del tramo carretero, es un método de fácil aplicación y bastante práctico en el que se utilizan los resultados de los ensayos de laboratorio hechos a la subrasante y en el que gran parte del procedimiento de dicho método se basa en tablas, por lo que en Guatemala tiene gran aplicación.
- 4.- De acuerdo a los presupuestos de los proyectos diseñados es este trabajo, se considera que los costos no son elevados, y por lo tanto, son factibles para su realización por parte de la Municipalidad de Quetzaltenango, ya que representan soluciones a los problemas que han venido padeciendo desde tiempo atrás.

RECOMENDACIONES

- 1.- Para la realización de los proyectos se recomienda a la Municipalidad de Quetzaltenango contar con una estricta y profesional supervisión que verifique que se cumplan las especificaciones y la obra se ejecute conforme a lo indicado en los planos.
- 2.- Se recomienda a la Unidad Técnica de la Municipalidad, crear programas y mecanismos para el mantenimiento de las obras, a fin de que puedan prestar el servicio que se pretende dar.
- 3.- Se recomienda a la Municipalidad de Quetzaltenango darle un tratamiento adecuado a las aguas negras de la ciudad, de tal manera que no sigan contaminando el medio ambiente de dicha ciudad.
- 4.- Para obtener buenos resultados se recomienda a la Municipalidad que cuando se ejecute el proyecto del tramo carretero contrate los servicios de un laboratorio de suelos para garantizar la calidad de los trabajos.

BIBLIOGRAFÍA

BANISTER A., RAYMOND S. Técnicas Modernas en Topografía. 1ª. Edición. Editorial Alfaomega, México, 1,994.

DEL CID PÉREZ, GONZALO. Diseño de Ampliación de la Red de Alcantarillado Sanitario Para la Aldea Estancia de la Virgen, Municipio de San Cristóbal Acasaguastlan, Departamento de El Progreso. Tesis de graduación de Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala 1,993.

GÓMEZ LEPE, FREDY BENJAMIN. Planificación y Diseño del Pavimento Para la Vía Principal del Municipio de San Juan Ostuncalco, Departamento de Quetzaltenango. Tesis de graduación de Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala 1,997.

MARTÍNEZ NAVAS, JULIO CESAR. Diseño del Alcantarillado Sanitario y Pluvial y Evaluación Preliminar del Sistema de Tratamiento de la Aldea Santa Elena Barillas, Municipio de Villa Canales. Tesis de graduación de Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala 1,989.

ORTÍZ GUZMÁN, OSCAR FERNANDO. Estabilización de Arena Pómez Rosada Para su Uso en Base de Carreteras. Tesis de graduación de Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala 1,996.

PÉREZ CAHUEX, EDWIN GUEDELIO. Planificación y Diseño de Pavimento Rígido y Drenaje Pluvial de un Sector de la Zona 4, de la Ciudad de San Marcos. Tesis de graduación de Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala 1,997.

TORRES N., ALVARO y VILLATE B., EDUARDO. Topografía. 5ª. Edición. Editorial Norma. Bogotá 1,988.

VALLE RODAS, RAÚL. Carreteras, Calles y Aeropistas. 6ª. Edición. Editorial "El Ateneo", Buenos Aires, 1,982.

RELACIONES HIDRÁULICAS

Profundidad d/D	Área a/A	Radio Hidráulico r/R	Pendiente s/S	Velocidad v/V	Caudal q/Q
1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
0.900	0.948	1.192	0.839	1.030	0.976
0.800	0.858	1.217	0.822	1.033	0.886
0.700	0.748	1.185	0.844	1.029	0.769
0.600	0.626	1.111	0.900	1.018	0.638
0.500	0.500	1.000	1.000	1.000	0.500
0.400	0.374	0.857	1.167	0.975	0.364
0.300	0.252	0.684	1.462	0.939	0.237
0.200	0.142	0.482	2.073	0.886	0.126
0.100	0.052	0.254	3.936	0.796	0.041
0.000	0.000				0.000

Fuente: Del Cid Pérez, Gonzalo. Diseño de Ampliación de la Red de Alcantarillado Sanitario Para la Aldea Estancia de la Virgen, El Progreso.
Tesis de Graduación de Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 1993. Página No. 33.

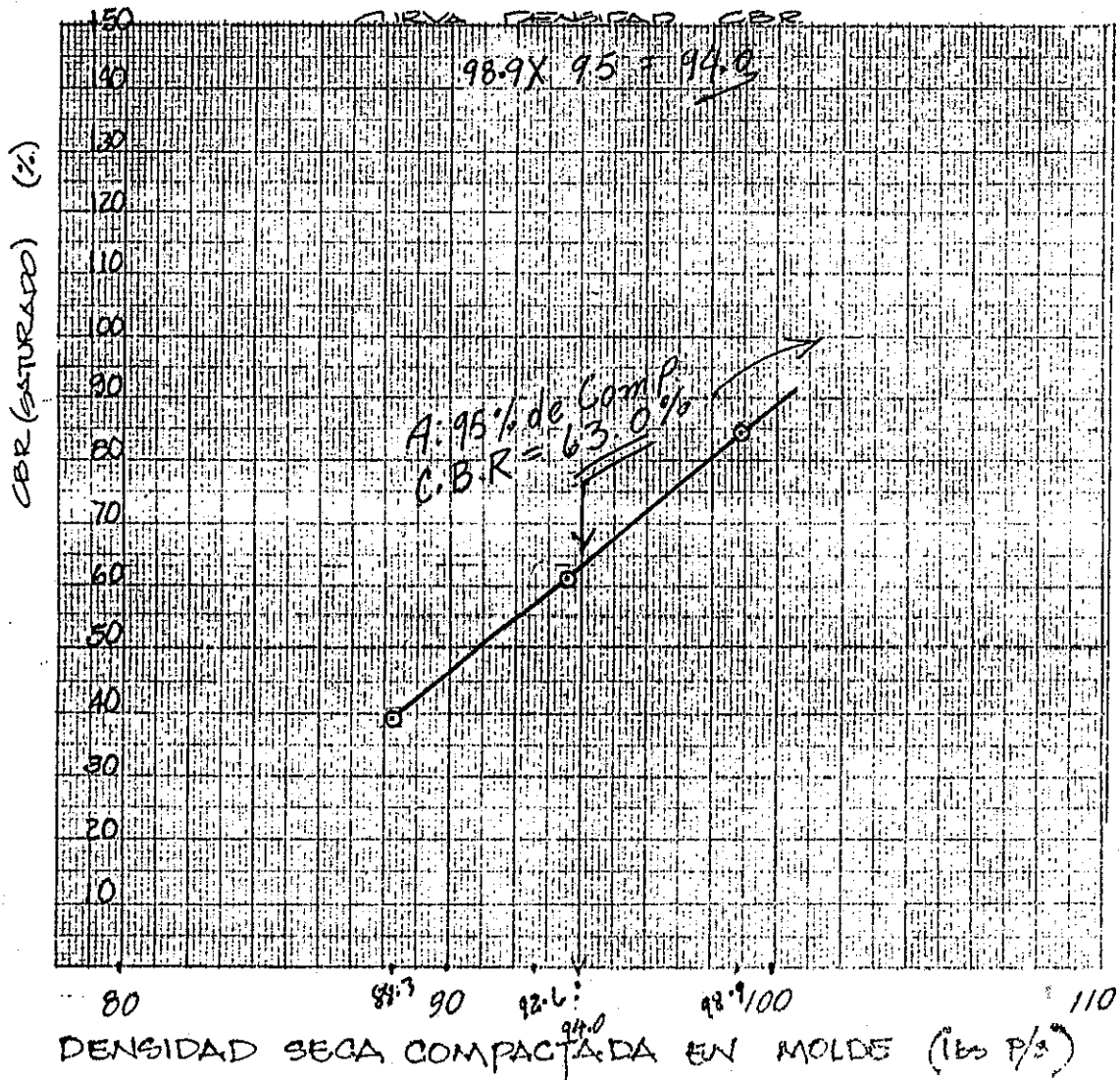
ANEXO No. 2

ENSAYOS DE LABORATORIO DE SUELOS



PROYECTO: TRASELLE GEFEMERO CHOQUI MUNI QUETGO
 MUESTRA N°: 05 FECHA: 25 AGOSTO DE 1997
 DESCRIPCIÓN DEL SUELO: TRAMO DE SUB-RASANTE
 MAT. LIMO y ARENA POMEZ COLOR BEIGE

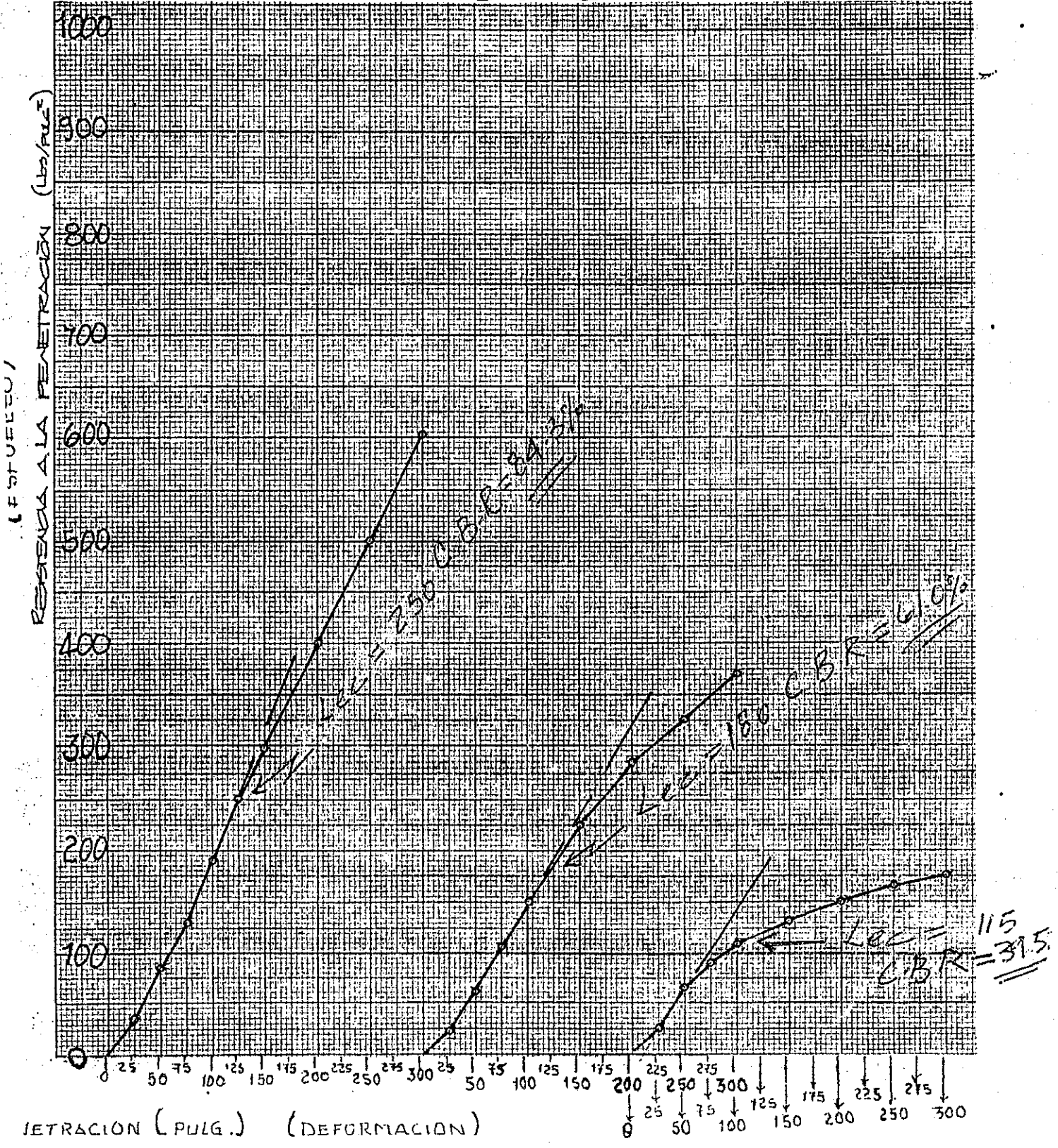
PROBETA N°	NUMERO DE GOLPES	COMPACTACION		COMPACTACION (%)	HINCHAMIENTO (SWELL) %	C.B.R. %
		W (%)	DENSIDAD (Lbs/ped)			
1	65	17.3	105.8	98.9	0.04	84.3
2	30	—	—	92.6	0.08	61.0
3	15	—	—	88.3	0.14	39.5



EJECUTADO POR [Signature] DELEGADO RESIDENTE

PROYECTO: CONSTRUCION DE PAVIMENTO CARRETERO, MUNICIPIO COSTA RICA
 MUESTRA N°: 05 FECHA: 25 AGOSTO DE 1997
 DESCRIPCION DEL SUELO: ARCILLO DE SOBRESATURANTE
M.T. LIMO Y ARENA POCOS GRANOS BEIGE

CURVA ESFUERZO - DEFORMACION



DEFORMACION (PULG.)

EFECTUADO POR Gonzalez V.B.

No. LABORATORIO 05

ESTACION:



TRAMO: Sub-125m Z
 PROYECTO: Traspalle Cepemera Choqueilmani, Arequipa

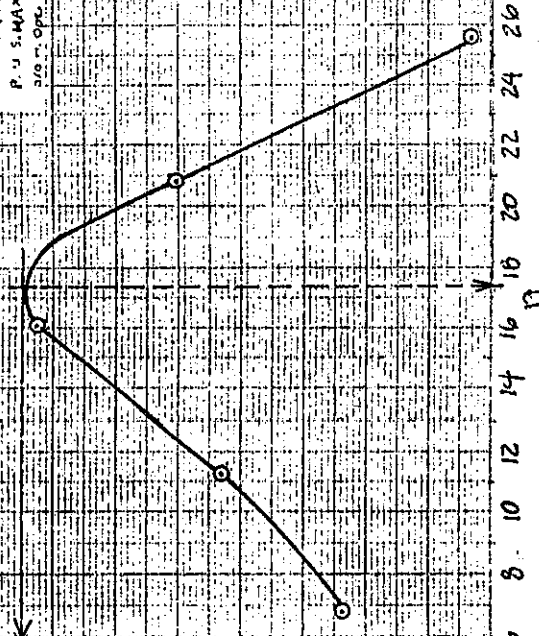
PROCTOR Y CBR														
P. B.	Tara	P. N.	P. U. H.	Tarro	P. B. H.	P. B. S.	Dif.	P. N. S.	ofo H.	Prom.	P. U. S.	Cant. de Material - Grs.	Cant. Agua	cc
12.0.10	9.55	3.81	102.2	1	126.0	121.8	4.2	61.4	6.8	6.8	99.7	2217.5	322	
13.2.5	✓	2.70	110.9	2	128.7	121.9	6.8	60.3	11.3	11.3	99.4	2247		
14.10.1	✓	4.08	122.4	1	125.3	116.3	9.0	53.9	16.1	16.1	105.5			1.9
15.2.2	✓	4.07	122.1	2	129.0	117.4	11.6	55.8	20.8	20.8	101.1			
16.10.1	✓	3.88	115.0	1	131.0	116.6	14.4	56.2	25.6	25.6	91.6			

Cil. Cbr 165 Golpes		Cil. Cbr 130 Golpes	
Tara	P. N.	Tara	P. N.
25.68	15.72	9.96	0.071813
Fecha Inicio: 22-8-97	Fecha Fin: 22-8-97	Fecha Inicio: 22-8-97	Fecha Fin: 22-8-97
Cil. Cbr 165 Golpes		Cil. Cbr 130 Golpes	
Tara	P. N.	Tara	P. N.
11.7	16.3	8.884	0.081813
Fecha Inicio: 22-8-97	Fecha Fin: 22-8-97	Fecha Inicio: 22-8-97	Fecha Fin: 22-8-97

Lectura de penetración Anillo No. (279)	
Coque	ofo H.
35	0.075
25	0.198
10	0.200

P. U. S. MAX = 105.8
 P. U. S. MAX PROM. = 17.3

EST. 107
 Complete
 CLASIFICACION VISUAL
 "A" Modios
 Cant. de Material: 101
 Vol. de Cuadro: 130.265
 Agua Talco. Cant.: 99
 Operador: Mat. Lima
 Fecha: 17.30.10
 y Arroyo pome 246
 Color Beige.



FECHA DE ENTRADA MUESTRA:
 OPERADOR: [Signature]

FECHA: 23-8-97

EQUIVALENTE DE ARENA

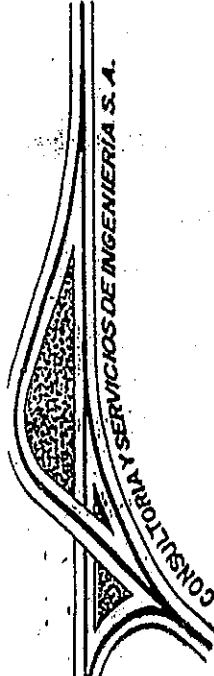
LABORATORIO No. 5

TRAMO DE SUB-RASANTE
PROYECTO: TRASBALLE → CHOQUI
MUNICIPALIDAD: QUITZALTENANGO
MAT. LIMO Y ARENA POMEZ COLOR BEIGE

1		2	
9:49	10:03	9:54	10:08
0.10	0.20	0.10	0.20
9:59	10:23	10:04	10:28

1.- LECTURA DE ARENA: 2.7 : 21.4
" " " ARCILLA 12.6
2.- LECTURA DE ARENA: 2.9 : 22.5
" " " ARCILLA 12.9

PROMEDIO EQUIVALENTE DE ARENA: 22.0 %



Muestra de: SUB - PASARIE
 Fecha: 24-DE AGOSTO DE 1997
 Proyecto: TRASVALE CEFEMERQ CHCOU

Hoja No: _____
 Bolsa No: _____
 Laboratorio No: 5

GRANULOMETRIA Y LIMITES

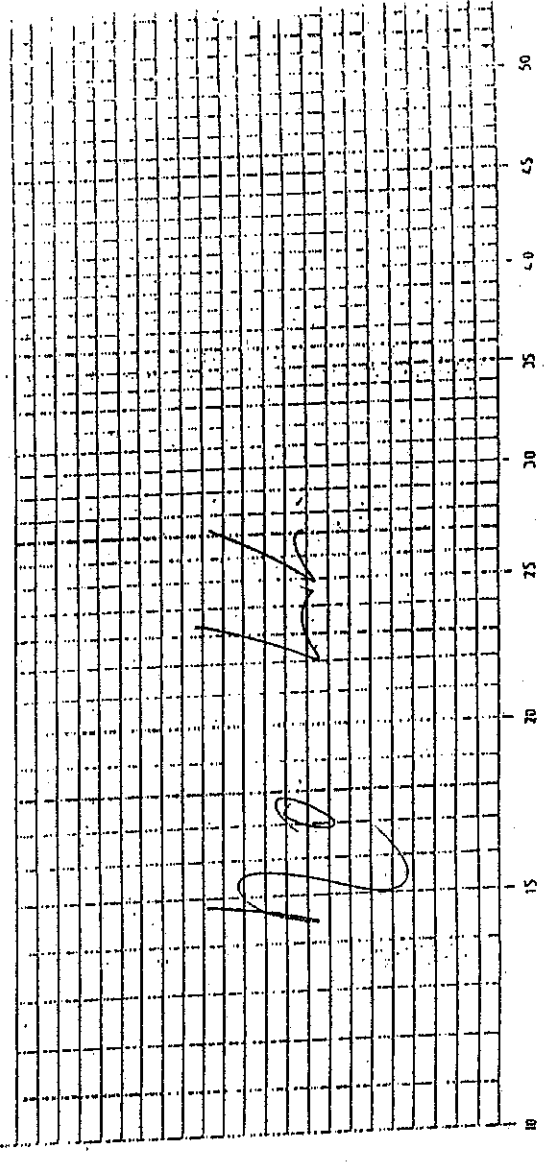
TAMIZ	PBR	PNR	% RET.	% PASA	T P
3"					
2 1/2"					
2"					
1 1/2"					
3/4"					
3/8"	181.2	0.4	0.1	99.9	
No 4	187.1	6.3	1.5	98.5	
No 10	208.3	27.5	6.6	93.4	
No 40	353.7	172.9	41.7	58.3	58.3
No 100	445.9	265.1	64.0	36.0	
No 200	475.7	294.9	71.2	28.8	28.8

GRANULOMETRIA GRUESA		GRANULOMETRIA FINA	
P. B.		P. B.	595.1
TARA		TARA	180.8
P. N.		P. N.	414.3

Localización: _____

Exame: visual: Limo y arena por 2
color beige

GRAFICO DE LIMITE LIQUIDO



LIMITE LIQUIDO		LIMITE PLASTICO		INDICE PLASTICO	
Tarro		Tarro		L.L.	0
P.B.H.		P.B.H.		L.P.	0
P.B.S.		P.B.S.		I.P.	0
Tara		Tara		I.G.	0
Dif.		Dif.			
P.N.S.		P.N.S.			
% HUM		% HUM			
No Gol		% Prom			

Efectuó: [Signature] Revisó: _____

Clasificación: A-2-7

ANEXO No. 3

**LIBRETA DE CAMPO DEL LEVANTAMIENTO
TOPOGRÁFICO DEL ALCANTARILLADO DEL
SECTOR CALDERÓN, ZONA 1,
QUETZALTENANGO**

DESCRIPCION DE LA LINEA: LEVANTAMIENTO PLANIMETRICO

PROYECTO: Alcantarillado Sanitario Sector Calderón Zona 1

FECHA: Guatemala, abril 1997

EST.	P. O	DIST. H.	A ZIMUT.
14	15		174° 09' 12"
15	16		190° 45' 44"
16	17		143° 31' 20"
17	18		43° 25' 20"
18	19		179° 55' 31"
19	20		254° 32' 20"

EST.	P. O	DIST. H.	AZIMUT.
0	1		173° 40' 40"
1	2		254° 20' 40"
2	3		94° 22' 21"
3	4		99° 22' 31"
4	5		230° 10' 12"
5	6		270° 0' 15"
6	7		103° 04' 01"
7	8		80° 10' 12"
8	9		73° 20' 14"
9	10		90° 0' 0"
10	11		45° 50' 50"
11	12		234° 29' 31"
12	13		45° 29' 30"
13	14		185° 3' 25"

DESCRIPCION DE LA LINEA: LEVANTAMIENTO ALTIMETRICO

PROYECTO: Alcantarillado sanitario Sector Calderón, Zona 1

FECHA: Quetzaltenango, Abril 1997

PUNTO	V. A.	H. I.	V. I.	P. V.	COTA
B.M.					1000
E-1 +10	2.90	1002.90	0.97		1001.93
+20			0.92		1001.98
+40			0.95		1001.95
+60			1.52		1001.38
+80			1.50		1001.40
+120			1.54		1001.36
+160			1.70		1001.11
+200			2.04		1000.86
B-2 +240	1.79	1002.99		1.70	1001.29
+280			1.88		1001.11
+320			2.14		1000.85

DESCRIPCION DE LA LINEA: LEVANTAMIENTO ALTIMETRICO

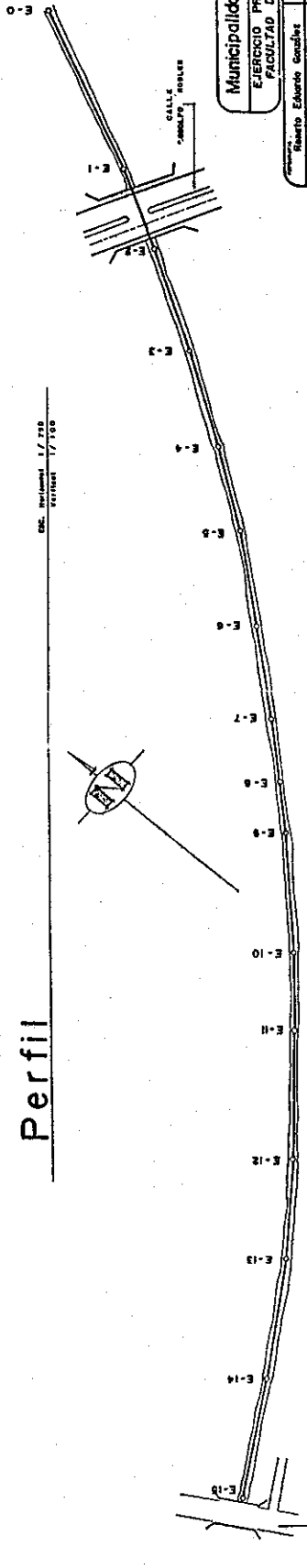
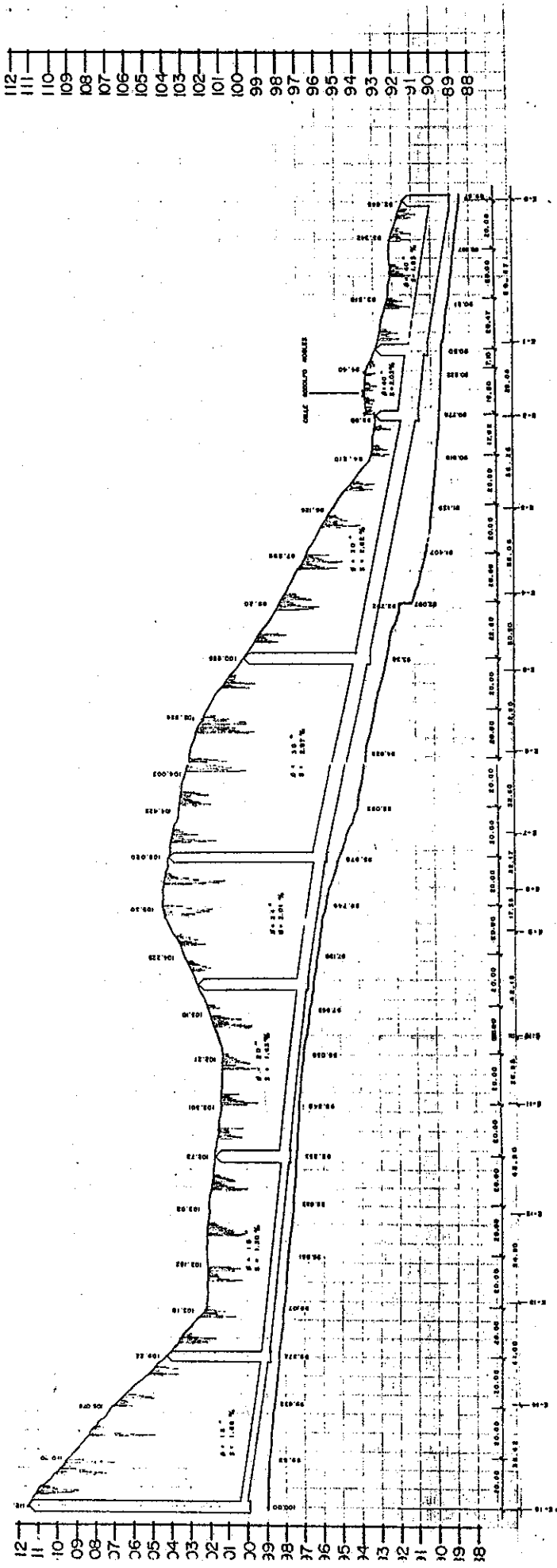
PROYECTO: Alcantarillado Sanitario Sector Caldera, Zona 1

FECHA: Quetzaltenango, abril 1997

PUNTO	V. A.	H. I.	V. I.	P. V.	COTA
+ 360			1.50		1001.19
+ 400			1.08		1001.91
+ 440			1.57		1001.62
+ 480			0.94		1002.05
Σ - b + 500	3.78	1005.05		0.82	1005.13
+ 520			0.63		1005.32
+ 540			0.88		1005.07
+ 580			0.68		1005.27

ANEXO No. 4

**PLANOS DEL ALCANTARILLADO
SANTARIO DEL SECTOR CALDERÓN,
ZONA 1, QUETZALTENANGO**



Perfil

Planta

Municipalidad de Quetzgo.	
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISAZO	
FACULTAD DE INGENIERIA - USAC	
Nombre	Ramiro Eduardo González
Apellido	Mr. M. Marcano
Nombre	Ramiro Eduardo González
Apellido	Mr. José María Ceballos
Nombre	Jos. Luis Estrada Quirós
Apellido	Mr. José María Ceballos
Nombre	DRENAJE
Apellido	SANTARÍO
Nombre	DIAGONAL 13, ZANJÓN CALDERÓN ZONA I
Apellido	ASISTENTE 'A'
Nombre	PLANTA - PERFIL
Apellido	

ANEXO No. 5

**LIBRETA DE CAMPO DEL LEVANTAMIENTO
TOPOGRÁFICO DEL TRAMO CARRETERO
CEFEMERQ – CHOQUÍ, QUETZALTENANGO**

DESCRIPCION DE LA LINEA: LEVANTAMIENTO PLANIMETRICO

PROYECTO: Tramo Carretera Cafemera - choapi

FECHA: Quetzaltenango abril 1997

EST.	P. O	DIST. H.	AZIMUT.
0	0.1	50.00	344° 52' 0"
0	0.2	40.40	330° 40' 12"
0	1	70.50	270° 55' 15"
1	2	90.00	193° 09' 16"
2	3	50.00	180° 45' 59"
3	4	20.50	95° 12' 45"
4	5	70.00	250° 31' 34"
5	6	45.00	130° 21' 02"
6	7	10.50	140° 26' 09"
7	8	40.00	280° 37' 19"
8	9	20.00	190° 50' 21"
9	10	20.00	200° 43' 22"
10	11	40.50	355° 01' 09"
11	12	40.50	320° 21' 54"

EST.	P. O	DIST. H.	AZIMUT.
12	13	30.00	40° 26' 15"
13	14	20.00	160° 09' 21"
14	15	20.00	230° 40' 31"
15	16	20.00	205° 58' 09"
16	17	35.50	346° 31' 17"
17	18	40.00	300° 20' 21"
18	19	45.00	67° 36' 06"
19	20	20.00	76° 17' 43"
20	21	40.50	245° 41' 55"
21	22	45.00	90° 06' 52"
22	23	35.50	54° 51' 45"
23	24	45.00	266° 43' 07"
24	25	25.00	193° 45' 10"
25	26	20.00	190° 51' 32"

DESCRIPCION DE LA LINEA: LEVANTAMIENTO PLANIMETRICO

PROYECTO: Tramo Carretero Cafemera - Chodoi

FECHA: ~~Quetzaltenango~~ Abril 1997

EST.	P. O	DIST. H.	AZIMUT.
26	27	20.00	345° 21' 10"
27	28	30.00	98° 43' 16"
28	29	25.50	19° 41' 28"
29	30	31.50	293° 36' 43"
30	31	35.00	230° 0' 0"
31	32	20.00	193° 54' 01"
32	33	40.00	190° 51' 23"
33	34	35.00	254° 14' 55"
34	35	20.00	245° 31' 01"
35	36	20.00	95° 12' 45"
36	37	16.50	190° 21' 50"
37	38	15.00	62° 40' 15"
38	39	20.00	270° 15' 55"
39	40	20.00	255° 12' 45"

EST.	P. O	DIST. H.	A ZIMUT.
40	41	50.00	345° 14' 55"
41	42	35.50	185° 41' 28"
42	43	20.50	210° 54' 01"
43	44	20.80	95° 01' 31"
44	45	20.00	90° 34' 36"
45	46	20.00	300° 20' 36"
46	47	20.00	270° 19' 00"
47	48	40.00	195° 43' 50"
48	49	30.00	193° 12' 20"
49	50	20.00	95° 22' 19"

DESCRIPCION DE LA LINEA: LEVANTAMIENTO ALTIMETRICO

PROYECTO: Tramo Callejón Cefemard - Choqvi

FECHA: Quetzaltenango, Abril 1997

PUNTO	V. A.	H. I.	V. I.	P. V.	COTA
B.M					1000
E-1 0+00	1.50	1001.50	0.20		1001.30
+ 50.00			0.75		1000.75
+ 90.00			0.60		1000.90
+ 110.00			0.70		1000.80
E-2 + 120.00	1.85	1002.11		1.24	1000.87
+ 170.00			0.93		1001.15
+ 190.00			1.61		1000.50
+ 210.00			0.95		1001.16
E-3 + 230	3.05	1003.49		1.68	1001.80
+ 240			1.63		1001.55
+ 290			1.63		1001.85

DESCRIPCION DE LA LINEA: LEVANTAMIENTO ALTIMETRICO

PROYECTO: Tramo Carretera Cefemeneg-Chocaj

FECHA: Quezaltenango, Abril 1, 1997

PUNTO	V. A.	H. I.	V. I.	P. V.	COTA
+ 340			1.29		1002.79
E-4 + 360	1.29	1003.59		1.18	1002.41
+ 390			1.21		1002.38
+ 420			0.70		1002.69
+ 440			1.02		1002.57
E-5 + 460	3.75	1006.64		0.20	1006.64
+ 480			1.33		1005.51
+ 510			0.55		1006.29
+ 540			1.38		1005.46
+ 570			1.23		1005.56
E-6 + 580	1.20	1007.13		0.91	1006.22
+ 600			1.52		1005.58

DESCRIPCION DE LA LINEA: LEVANTAMIENTO ALTIMETRICO

PROYECTO: Tramo Carretero Cefemera - Chocsi

FECHA: ~~Quetzaltenango~~, Abril 1997

PUNTO	V. A.	H. I.	V. I.	P. V.	COTA
+ 630			0.10		1007.03
E-7 + 650	1.28	1006.86		1.55	1005.51
+ 660			2.10		1004.76
+ 710			2.35		1004.51
+ 760			1.25		1005.61
+ 830			1.15		1005.71
E-8 + 850	1.25	1006.91		1.20	1005.71
+ 890			0.56		1006.35
+ 950			0.15		1006.76
+ 980			0.42		1006.49
+ 1030			0.55		1006.36
+ 1070			0.75		1006.16

DESCRIPCION DE LA LINEA: LEVANTAMIENTO ALTIMETRICO

PROYECTO: Tramo Carretera Cafemera - Chapipi

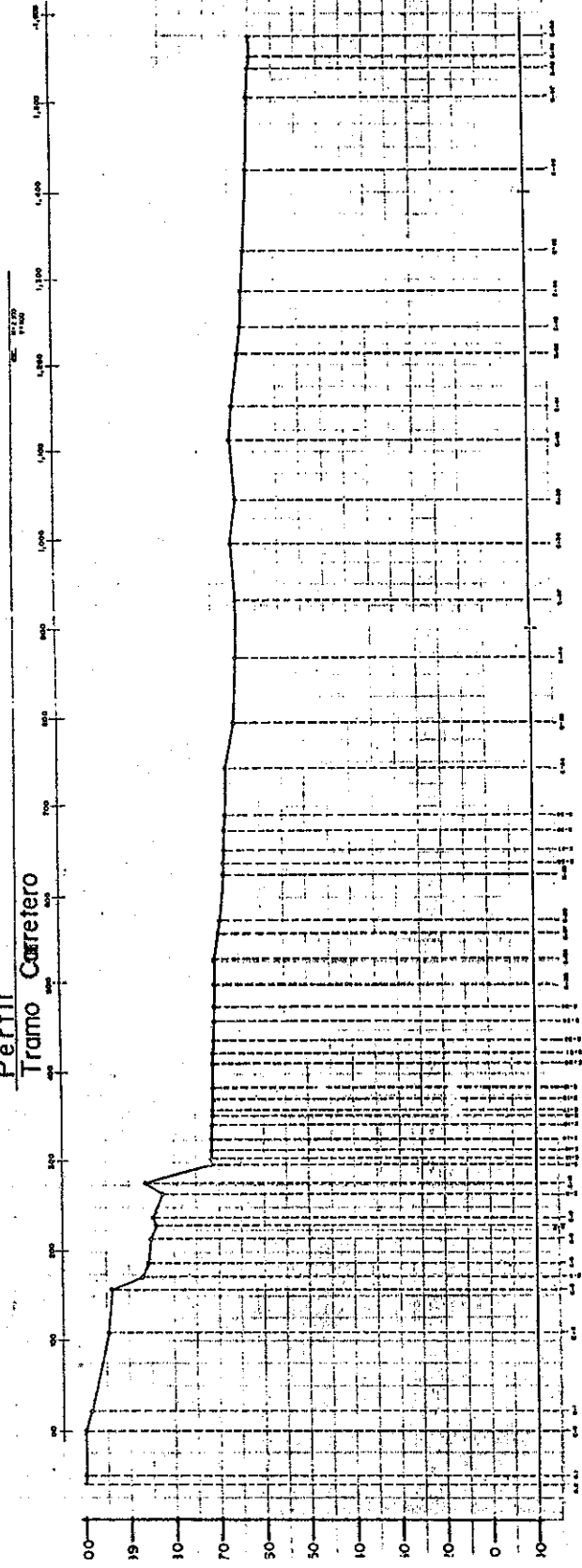
FECHA: Quetzaltenango, abril 1997

PUNTO	V. A.	H. I.	V. I.	P. V.	COTA
+ 1100			0.55		1006.36
+ 1140			0.20		1006.71
E. 9 + 1180	0.90	1007.01		0.50	1006.21
+ 1200			0.15		1006.86
+ 1250			0.20		1006.81
+ 1300			0.10		1006.91
E. 10 + 1350	0.40	1007.01		0.40	1006.61
+ 1400			0.40		1006.61
+ 1450			0.55		1006.46
+ 1500			0.10		1006.91
+ 1552			0.10		1006.91

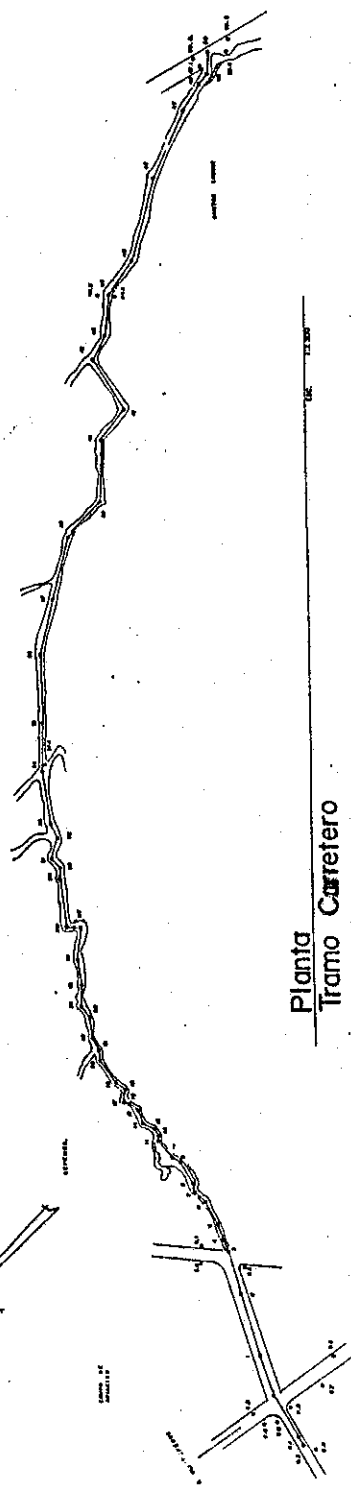
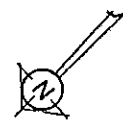
ANEXO No. 6

**PLANOS DEL TRAMO CARRETERO
CEFEMERQ – CHOQUÍ, QUETZALTENANGO**

Perfil Tramo Carretero



EST.	C	X	Y	Z	COTA
0	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1	1.00	0.00	0.00	0.00	100.00
2	2.00	0.00	0.00	0.00	100.00
3	3.00	0.00	0.00	0.00	100.00
4	4.00	0.00	0.00	0.00	100.00
5	5.00	0.00	0.00	0.00	100.00
6	6.00	0.00	0.00	0.00	100.00
7	7.00	0.00	0.00	0.00	100.00
8	8.00	0.00	0.00	0.00	100.00
9	9.00	0.00	0.00	0.00	100.00
10	10.00	0.00	0.00	0.00	100.00
11	11.00	0.00	0.00	0.00	100.00
12	12.00	0.00	0.00	0.00	100.00
13	13.00	0.00	0.00	0.00	100.00
14	14.00	0.00	0.00	0.00	100.00
15	15.00	0.00	0.00	0.00	100.00
16	16.00	0.00	0.00	0.00	100.00
17	17.00	0.00	0.00	0.00	100.00
18	18.00	0.00	0.00	0.00	100.00
19	19.00	0.00	0.00	0.00	100.00
20	20.00	0.00	0.00	0.00	100.00
21	21.00	0.00	0.00	0.00	100.00
22	22.00	0.00	0.00	0.00	100.00
23	23.00	0.00	0.00	0.00	100.00
24	24.00	0.00	0.00	0.00	100.00
25	25.00	0.00	0.00	0.00	100.00
26	26.00	0.00	0.00	0.00	100.00
27	27.00	0.00	0.00	0.00	100.00
28	28.00	0.00	0.00	0.00	100.00
29	29.00	0.00	0.00	0.00	100.00
30	30.00	0.00	0.00	0.00	100.00
31	31.00	0.00	0.00	0.00	100.00
32	32.00	0.00	0.00	0.00	100.00
33	33.00	0.00	0.00	0.00	100.00
34	34.00	0.00	0.00	0.00	100.00
35	35.00	0.00	0.00	0.00	100.00
36	36.00	0.00	0.00	0.00	100.00
37	37.00	0.00	0.00	0.00	100.00
38	38.00	0.00	0.00	0.00	100.00
39	39.00	0.00	0.00	0.00	100.00
40	40.00	0.00	0.00	0.00	100.00
41	41.00	0.00	0.00	0.00	100.00
42	42.00	0.00	0.00	0.00	100.00
43	43.00	0.00	0.00	0.00	100.00
44	44.00	0.00	0.00	0.00	100.00
45	45.00	0.00	0.00	0.00	100.00
46	46.00	0.00	0.00	0.00	100.00
47	47.00	0.00	0.00	0.00	100.00
48	48.00	0.00	0.00	0.00	100.00
49	49.00	0.00	0.00	0.00	100.00
50	50.00	0.00	0.00	0.00	100.00



Planta Tramo Carretero

Municipalidad de Quetzaltenango

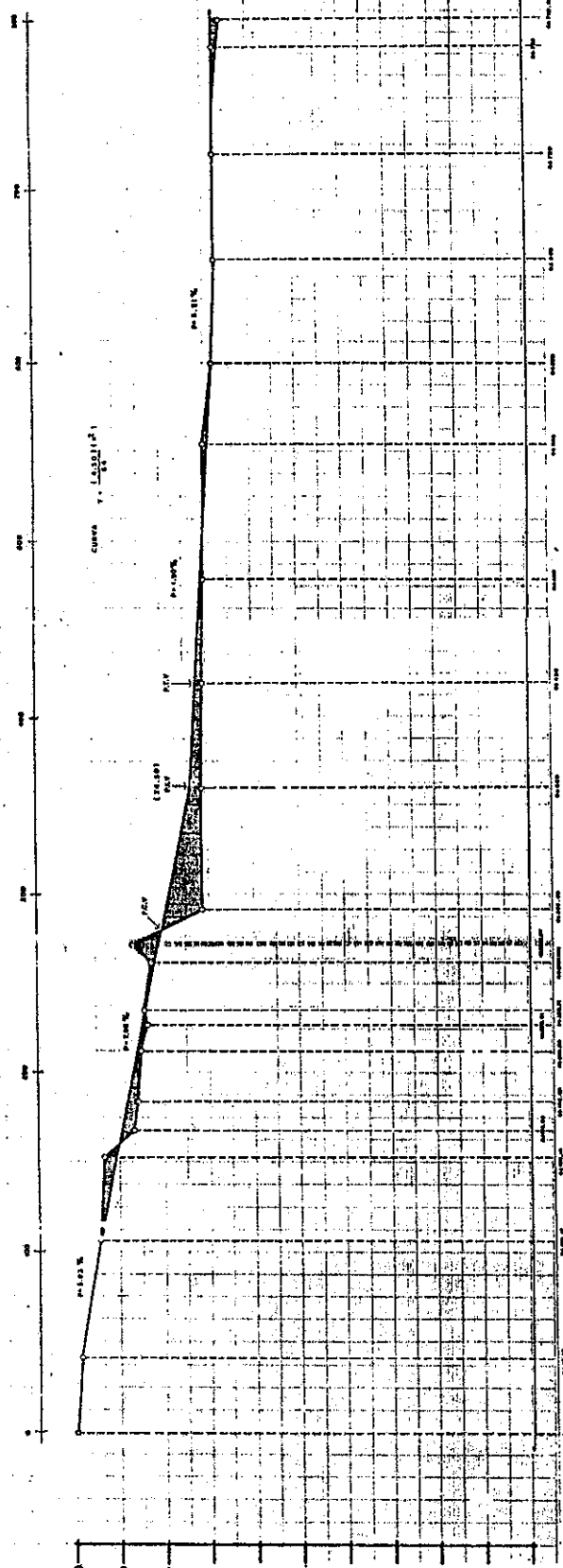
ESPECIALIDAD PROFESIONAL SUPERVIZADO
FACULTAD DE INGENIERIA - USAC.

Autor: **Reinaldo Edmundo González** Supervisor: **Reinaldo Edmundo González**
 Asista: **Reinaldo Edmundo González** Br. M. Moreno.
 Ing. Jose Luis Estrada Oquani Ing. Juan Merck Cox

TRAMO CARRETERO

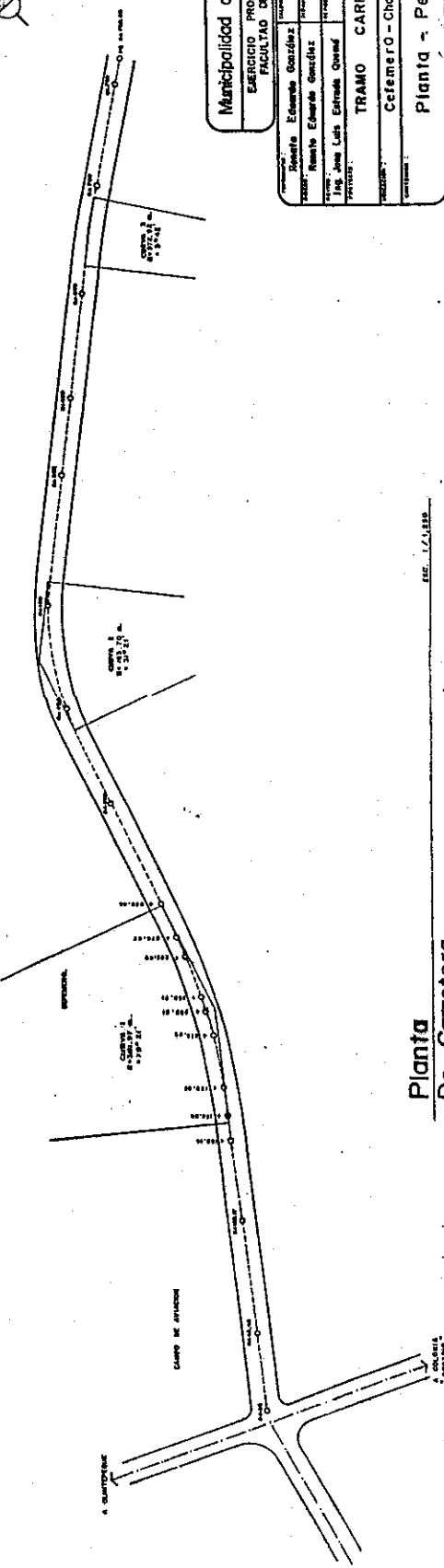
Cafretero - Choquif, Zona 6.

Planta - Perfil



Perfil de Carretera

ESC. VERTICAL 1/100
EQUIDISTANTE 17/100



Planta De Carretera

ESC. 1/10,000

Municipalidad de Quetzaltenango	
SERVICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
FACULTAD DE INGENIERIA - USAC	
PROYECTO: Edificio González	PROFESOR: Renato Echeverría González
CLIENTE: Renato Echeverría González	PROFESOR: Dr. M. Moreno
TRAMO: José Luis Estrada Oquendo	PROFESOR: Ing. Juan Marco Cos
FECHA: 17/08/97	PROFESOR: Ing. Juan Marco Cos
TRAMO CARRETERO	
Cafemero - Chocul, Zona 6	
Planta - Perfil	

CRITERIOS DE DISEÑO PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS Y FLEXIBLES.

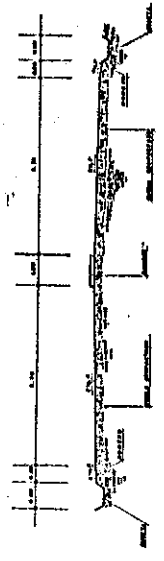
TIPO I

PAVIMENTO PARA CALLES, CALLES DE TRÁFICO INTERMEDIO Y CALLES DE TRÁFICO ALTO. SE DEBE CONSIDERAR LA CARGA DE TRÁFICO Y EL TIPO DE TRÁFICO QUE SE VA A UTILIZAR EN EL PAVIMENTO. SE DEBE CONSIDERAR LA DURABILIDAD DEL PAVIMENTO Y EL TIPO DE TRÁFICO QUE SE VA A UTILIZAR EN EL PAVIMENTO.

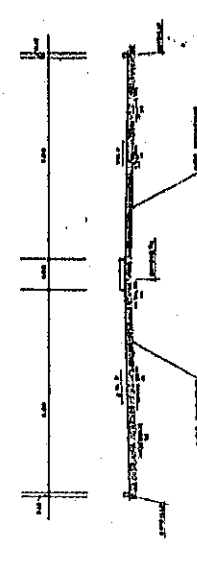
TIPO II

PAVIMENTO PARA CALLES, CALLES DE TRÁFICO INTERMEDIO Y CALLES DE TRÁFICO ALTO. SE DEBE CONSIDERAR LA CARGA DE TRÁFICO Y EL TIPO DE TRÁFICO QUE SE VA A UTILIZAR EN EL PAVIMENTO. SE DEBE CONSIDERAR LA DURABILIDAD DEL PAVIMENTO Y EL TIPO DE TRÁFICO QUE SE VA A UTILIZAR EN EL PAVIMENTO.

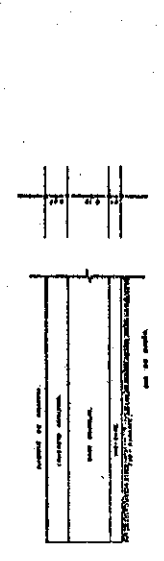
SECCIÓN TRANSVERSAL TÍPICA DE UNA CARRETERA



DETALLE DE GABARITO DE PAVIMENTO FLEXIBLE



DETALLE DE GABARITO DE PAVIMENTO RÍGIDO



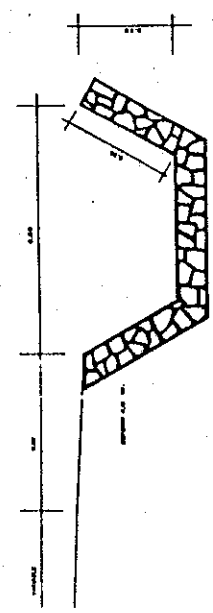
DETALLE DE PAVIMENTO FLEXIBLE



CARACTERÍSTICAS EN LOS PAVIMENTOS RÍGIDOS.	CARACTERÍSTICAS EN LOS PAVIMENTOS FLEXIBLES.
<p>RESISTENCIA: El pavimento rígido debe tener una resistencia suficiente para soportar las cargas de tráfico que se van a utilizar en el pavimento. Se debe considerar la durabilidad del pavimento y el tipo de tráfico que se va a utilizar en el pavimento.</p> <p>CONSTRUCCIÓN: El pavimento rígido debe tener una construcción adecuada para soportar las cargas de tráfico que se van a utilizar en el pavimento. Se debe considerar la durabilidad del pavimento y el tipo de tráfico que se va a utilizar en el pavimento.</p> <p>CONTRACCIÓN: El pavimento rígido debe tener una construcción adecuada para soportar las cargas de tráfico que se van a utilizar en el pavimento. Se debe considerar la durabilidad del pavimento y el tipo de tráfico que se va a utilizar en el pavimento.</p> <p>CONTRACCIÓN: El pavimento rígido debe tener una construcción adecuada para soportar las cargas de tráfico que se van a utilizar en el pavimento. Se debe considerar la durabilidad del pavimento y el tipo de tráfico que se va a utilizar en el pavimento.</p>	<p>RESISTENCIA: El pavimento flexible debe tener una resistencia suficiente para soportar las cargas de tráfico que se van a utilizar en el pavimento. Se debe considerar la durabilidad del pavimento y el tipo de tráfico que se va a utilizar en el pavimento.</p> <p>CONSTRUCCIÓN: El pavimento flexible debe tener una construcción adecuada para soportar las cargas de tráfico que se van a utilizar en el pavimento. Se debe considerar la durabilidad del pavimento y el tipo de tráfico que se va a utilizar en el pavimento.</p> <p>CONTRACCIÓN: El pavimento flexible debe tener una construcción adecuada para soportar las cargas de tráfico que se van a utilizar en el pavimento. Se debe considerar la durabilidad del pavimento y el tipo de tráfico que se va a utilizar en el pavimento.</p> <p>CONTRACCIÓN: El pavimento flexible debe tener una construcción adecuada para soportar las cargas de tráfico que se van a utilizar en el pavimento. Se debe considerar la durabilidad del pavimento y el tipo de tráfico que se va a utilizar en el pavimento.</p>

NOTAS: 1. Este tipo de pavimento se utiliza en calles de tráfico intermedio y alto. 2. Se debe considerar la durabilidad del pavimento y el tipo de tráfico que se va a utilizar en el pavimento. 3. Se debe considerar la construcción adecuada para soportar las cargas de tráfico que se van a utilizar en el pavimento.

Municipalidad de Quezaltenango	
Ejercicio Profesional Supervisado, Facultad de Ingeniería, USAC.	
FECHA: _____	PROYECTO: _____
TRAMO: _____	ESTACIONAMIENTO: _____
TRAMO CARRETERO.	
CEPEMERO - CHOQUÍ, ZONA 6	
GABARITOS, ESPECIFICACIONES Y DETALLES.	



DETALLE DE CUNETAS TIPO "B"