

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

PLANIFICACION Y DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO Y DRENAJE  
PLUVIAL DE UN SECTOR DE LA ZONA 4, DE LA CIUDAD  
DE SAN MARCOS

TESIS

PRESENTADA A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

EDWIN GUEDELIO PÉREZ CAHUEX

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE  
INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, OCTUBRE DE 1997

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Biblioteca Central

08  
T(4099)  
C.4

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

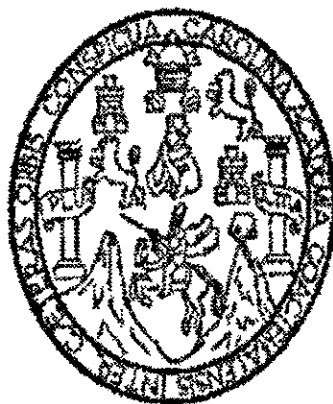
Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración el trabajo de tesis titulado

PLANIFICACIÓN Y DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO Y DRENAJE  
PLUVIAL DE UN SECTOR DE LA ZONA 4, DE LA CIUDAD  
DE SAN MARCOS

Tema que me fuera asignado por la  
Dirección de la Escuela de Ingeniería civil  
con fecha noviembre de 1995.

EDWIN GUEDELIO PÉREZ CAHUEX

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

MIEMBROS DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	ING. HERBERT RENÉ MIRANDA BARRIOS
VOCAL PRIMERO	ING. MIGUEL ANGEL SÁNCHEZ GUERRA
VOCAL SEGUNDO	ING. JACK DOUGLAS IBARRA SOLÓRZANO
VOCAL TERCERO	ING. JUAN ADOLFO ECHEVERRÍA MÉNDEZ
VOCAL CUARTO	BR. VICTOR RAFAEL LOBOS ALDANA
VOCAL QUINTO	BR. WAGNER GUSTAVO LÓPEZ CACERES
SECRETARIO	ING. GILDA MARINA CASTELLANOS BAIZA DE ILLESCAS

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	ING. JULIO ISMAEL GONZÁLEZ PODSZUECK
EXAMINADOR	ING. JUAN MERCK COS
EXAMINADOR	ING. HUGO ROLANDO BOSQUE MORALES
EXAMINADOR	ING. SILVIO JOSÉ ROGRÍGUEZ SERRANO
SECRETARIO	ING. FRANCISCO JAVIER GONZÁLEZ LÓPEZ



**FACULTAD DE INGENIERIA**  
Unidad de Prácticas de Ingeniería  
Ejercicio Profesional Supervisado  
E.P.S

Ciudad Universitaria, Zona 12  
01012 Guatemala, Centroamérica

REF.EPS.C.156.97

Guatemala, 25 de agosto de 1,997

Señor  
Ing. Jack Douglas Ibarra Solórzano  
Director de la Escuela  
de Ingeniería Civil  
Presente

Señor Director:

Adjunto envío a usted, el Informe Final, correspondiente a la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), realizado por el estudiante universitario de la Carrera de Ingeniería Civil, **EDWIN GODELIO PEREZ CAHUEX**, cuyo título es: **PLANIFICACION Y DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y DRENAJE PLUVIAL DE UN SECTOR DE LA ZONA 4, DE LA CIUDAD DE SAN MARCOS.**

Este trabajo, fue debidamente asesorado y supervisado por el suscrito, y considero que, es un valioso aporte, por parte de nuestra Universidad, para la Ciudad de San Marcos; por cuanto plantea una solución al problema de infraestructura vial y de drenajes.

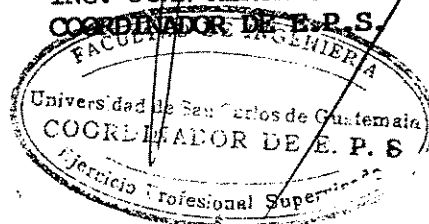
Por lo que, habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de Ley, del referido trabajo, esta COORDINACION APRUEBA su contenido, solicitándole el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme de usted.

Muy Deferentemente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

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



JMC/lgg.

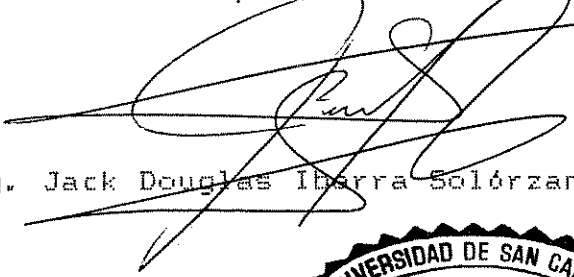


**FACULTAD DE INGENIERIA**

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería  
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,  
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica  
y Regional de Post-grado de Ingeniería  
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12  
Guatemala, Centroamérica

El Director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor y Coordinador de E.P.S. Ing. Juan Mer Cos, del trabajo de tesis del estudiante Edwin Gudelio Pérez Cahuex, titulado PLANIFICACION Y DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO DRENAJE PLUVIAL DE UN SECTOR DE LA ZONA 4, DE LA CIUDAD DE SAN MARCOS, da por este medio su aprobación a dicha tesis.

  
Ing. Jack Douglas Ibarra Solórzano



Guatemala, septiembre de 1, 1997.

JDIS/bbdeb.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



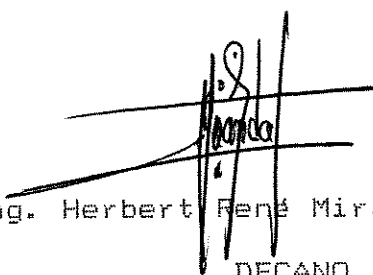
**FACULTAD DE INGENIERIA**

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería  
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,  
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica  
y Regional de Post-grado de Ingeniería  
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12  
Guatemala, Centroamérica

El Decano de la Facultad de Ingeniería, luego de conocer la autorización por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, Ing. Jack Douglas Ibarra Solórzano, al trabajo de tesis PLANIFICACION Y DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y DRENAJE PLUVIAL DE UN SECTOR DE LA ZONA 4, DE LA CIUDAD DE SAN MARCOS, del estudiante Edwin Gudelio Pérez Cahuex, procede a la autorización para la impresión de la misma.

IMPRIMASE:

  
Ing. Herbert René Miranda Barrios

DECANO



Guatemala, septiembre de 1, 997

/bbdeb.

AGRADECIMIENTOS A:

- Dios por ser el guía de mi familia.
- Personal de la Unidad Técnica de la Municipalidad de San Marcos por la colaboración prestada.
- Ing. Juan Merck, por su ayuda incondicional.
- Las personas que colaboraron para que este trabajo lo pudiera realizar.

ACTO QUE DEDICO A:

MIS PADRES

Marina Cahuex  
Gudelio Pérez

Por su ejemplo de Amor,  
dedicación y trabajo, que es  
la mayor motivación de mi vida.

MIS HERMANOS

Julio Cesar  
Marina Leonor  
William Pablo  
Ivan Stuardo

Por sus muestras de amor y  
apoyo a lo largo de mi carrera,  
que Dios los bendiga.

MIS SOBRINITOS

Brisa del Rocío.  
Javier Alejandro.  
Karla María.  
Andrea Lucía.

Que Dios los bendiga siempre

LAS FAMILIAS

Cahuex Cotí  
Pérez Gomez

Por el cariño que nos une.

LA FACULTAD DE INGENIERÍA  
DE LA UNIVERSIDAD DE SAN  
CARLOS DE GUATEMALA.

Con Cariño y Respeto.

MIS COMPAÑEROS DE ESTUDIO.

Con mucho aprecio y Admiración.



## ÍNDICE

	Página
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I	
1. Monografía.....	2
1.1 Características de la población.....	2
1.2 Localización Geográfica.....	2
1.3 Vías de acceso.....	2
1.4 Servicios públicos con que cuenta.....	3
1.5 Tipos de viviendas.....	3
1.6 Actividades económicas.....	4
1.7 Composición de la población.....	4
1.8 Clase de municipalidad.....	4
1.9 Aspectos topográficos.....	4
1.10 Aspectos demográficos.....	5
1.10.1 Censos.....	5
CAPÍTULO II	
2. Efectos sobre la población por una inadecuada disposición de aguas de lluvia y vías en mal estado.....	6
CAPÍTULO III	
3. Documentación Bibliográfica.....	8
3.1 Estudios topográficos.....	8
3.1.1 Planimetría.....	9
3.1.2 Altimetría.....	10
3.2 Estudios de suelos.....	12
3.2.1 Ensayos de laboratorio.....	13
3.2.1.1 Granulometría.....	13
3.2.1.2 Límites de consistencia.....	15
3.2.1.3 Proctor modificado.....	20
3.2.1.4 Valor Soporte California.....	24
3.2.1.5 Equivalente de Arena.....	28
3.3 Diseño y dimensionamiento de un Pavimento.....	32
3.3.1 Diseño geométrico en planta.....	32
3.3.2 Diseño geométrico en perfil.....	33
3.4 Criterios para la selección del tipo de pavimento.....	36
3.5 Elementos estructurales del pavimento.....	37
3.5.1 Pavimento (definición).....	37
3.5.1.1 Tipos de pavimento.....	37
3.5.1.2 Subrasante.....	38
3.5.1.3 Subbase.....	38
3.5.1.4 Base.....	40
3.5.1.6 Juntas.....	43
3.5.2 Método y procedimiento de diseño para pavimentos rígidos.....	44
3.6 Estudios del Drenaje Pluvial.....	45

3.6.1 Cálculo de Caudales.....	45
3.6.1.3 Pendientes máximas y mínimas.....	46
3.6.1.4 Velocidades máximas y mínimas.....	46
3.6.2 Cálculo de cotas Invert.....	51
3.6.3 Diámetro de tuberías.....	52
3.6.4 Pozos de visita.....	52
3.6.5 Normas y recomendaciones.....	52
3.6.6 Profundidad de pozos de visita.....	53
3.6.7 Profundidad de tuberías.....	53

#### CAPÍTULO IV

4. Desarrollo del proyecto de pavimento Rígido y Drenaje Pluvial.....	55
4.1 Diseño del pavimento rígido para un sector de la Zona 4, San Marcos.....	56
4.2 Levantamiento Topográfico.....	57
4.2.1 Planimetría.....	57
4.2.2 Altimetría.....	58
4.3 Ejecución de ensayos de laboratorio de suelos.....	58
4.3.1 Análisis de resultados.....	59
4.4 Parámetros y criterios para el diseño del pavimento rígido de la quinta calle, de la ciudad de San Marcos..	60
4.4.1 Método de diseño.....	60
4.4.2 Período de diseño.....	61
4.4.3 Subrasante.....	61
4.4.4 Base.....	61
4.4.6 Módulo de ruptura del concreto.....	62
4.5 Diseño y dimensionamiento del pavimento rígido.....	62
4.6 Método y diseño de la P/C/A.....	63
4.7 Tamaño de losas y juntas.....	67
4.8 Diseño de la mezcla de concreto.....	67
4.9 Diseño Hidráulico de drenaje pluvial de un sector de la zona 4, San Marcos.....	77
4.9.1 Período de diseño.....	77
4.9.2 Coeficiente de escorrentía.....	77
4.9.3 Intensidad de lluvia.....	78
4.9.4 Áreas tributarias.....	78
4.9.5 Pendiente del terreno.....	78
4.9.6 Tiempo de concentración.....	79
4.9.7 Caudal de Diseño.....	79
4.9.8 Velocidad del flujo a sección llena.....	80
4.9.9 Caudal a sección llena.....	80
4.9.10 Profundidad de tuberías.....	82
4.9.11 Cotas Invert.....	82
4.9.12 Planos finales.....	85
4.10 Presupuesto de materiales.....	85
4.11 Presupuesto de mano de obra.....	85
Conclusiones.....	89
Recomendaciones.....	90
Bibliografía.....	91

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de tesis es el resultado de la recopilación, investigación y aplicación de datos obtenidos en campo y trasladados a Gabinete, con el objetivo de crear y proponer soluciones a problemas que, actualmente, se dan en uno de los lugares del interior de la república.

Éste constituye el diseño de pavimento rígido de varias vías de comunicación de la cabecera Municipal de San Marcos, como también el diseño de la red de Drenaje pluvial para estas vías.

Uno de los propósitos del presente trabajo es proporcionar una fuente de información real, para que, la Municipalidad de San Marcos, cuente con este material, para la ejecución de proyectos similares.

Es importante mencionar que San Marcos es uno de los departamentos de mayor auge a nivel nacional, pero no por ello deja de tener problemas en su infraestructura.

Uno de los problemas actuales que afecta, grandemente, a la población, es la inadecuada disposición de Aguas pluviales, como también, el mal estado en que se encuentran algunas de sus vías de acceso, por lo que el presente estudio propone ambos diseños, para un sector de la zona 4 de la población citada en el occidente de la República de Guatemala.

# CAPÍTULO I

## I. INVESTIGACIÓN

### 1. MONOGRAFÍA

#### 1.1 CARACTERÍSTICAS DE LA POBLACIÓN

La población de San Marcos se caracteriza por mantener vivas las costumbres, tradiciones y, principalmente, el arte; es por ello que la cabecera ha sido cuna de músicos y poetas que han puesto en alto el nombre de Guatemala por todo el mundo.

#### 1.2 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

El departamento de San Marcos se ubica en la esquina Sudoeste del mapa geográfico de Guatemala, se extiende desde las cumbres de la sierra Madre, al Norte, hasta el cálido valle del Pacífico, al Sur.

El municipio de San Marcos tiene una extensión territorial de 121 Km<sup>2</sup>, con una altura de 2,393 m, sobre el nivel del mar; colinda al Este con los municipios de San Lorenzo y San Pedro Sacatepéquez, al Oeste con San Pablo y Tajumulco, al Norte con los municipios de Ixchiguán, Tejutla y Comitancillo, y, al Sur, con Esquipulas Palo Gordo y San Rafael Pie la Cuesta. Su latitud es de 14° 57' 40" y su longitud de 91° 47' 44"; se localiza a una distancia de 250 Km de la ciudad capital.

#### 1.3. VÍAS DE ACCESO

La ciudad de San Marcos está comunicada con las 28 cabeceras municipales del departamento, por medio de carreteras asfaltadas o de terracería.

Hay rutas asfaltadas hacia San Pedro Sacatepéquez, San Antonio Sacatepéquez y, luego, hacia Quetzaltenango; otra ruta va hacia San Rafael Pie de la Cuesta y de aquí se bifurca: una va a El

Tumbador y Pajapita y, la otra, hacia San Pablo, Malacatán y El Carmen, en la frontera con México.

La ruta Interamericana CA-2, que viene de la capital; llega a Pajapita; de aquí también se bifurca hacia Tecún Umán y Ocos. Todas las demás vías de comunicación del Departamento son carreteras de terracería.

#### 1.4 SERVICIOS PÚBLICOS CON QUE CUENTA

En la actualidad, el municipio de San Marcos cuenta con los siguientes servicios públicos: hospital, centro de salud, escuelas, universidades, mercados, rastro, cementerio, agua potable, drenajes. Actualmente, se está estudiando el plan de ordenamiento urbano de la ciudad.

#### 1.5 TIPOS DE VIVIENDAS

El crecimiento Poblacional de la comunidad ha creado un déficit habitacional en el municipio, formando techos improvisados y clasificándose, de tal manera, en: zonas urbanas y zonas semi urbanas y rurales.

- ZONAS URBANAS Integradas de servicios básicos de infraestructura, en éstas la construcción predominante de las viviendas es de tipo mixto (paredes de block o adobe y techos de lámina o teja) dotadas de: sala, comedor, dormitorios y servicio sanitario.
- ZONAS SEMI URBANAS Ubicadas en la periferia de la ciudad, cuya tendencia es, el ser absorbidas por el casco y que carecen de algunos servicios, con densidad de población baja y viviendas aisladas.
- EN LAS ZONAS SEMI-URBANAS Y RURALES Predomina la construcción de adobe y bajareque en las viviendas, generalmente, con un cuarto grande, comedor, cocina y en algunos casos, letrina o pozo ciego.

- En el casco urbano el uso de block es de un 80%, adobe 20%, techos de lámina un 70% y los techos de teja un 20% .

### 1.6 ACTIVIDADES ECONÓMICAS

Las actividades socio-económicas que realizan los habitantes del municipio son varias, debido a que existen fuentes de trabajo de indole: fabril, comercial y agrícola, el municipio en si, cuenta con diversas fábricas, comercios y campos de cultivo, que ofrecen ocupación laboral a la mayoría de habitantes, siendo la última la que ofrece ocupación laboral a la mayoría de habitantes en el área rural.

### 1.7 COMPOSICIÓN DE LAS POBLACIÓN

La población en el municipio de San Marcos está compuesta en su mayoría, por gente ladina, siendo un porcentaje menor la gente indígena, caso contrario sucede en el área rural donde la gente indígena ocupa un 80% de la población total del departamento.

### 1.8 CLASE DE MUNICIPALIDAD

La municipalidad de San Marcos depende en un 70% del Gobierno Central, ya que cada determinado tiempo recibe un porcentaje constitucional, el cual, es administrado por la corporación en funciones, para desarrollar proyectos de infraestructura que benefician a la comunidad. Dicha corporación es electa, popularmente, durante los comicios que se realizan cada 5 años en Guatemala.

### 1.9 ASPECTOS TOPOGRÁFICOS

Un 60% de la extensión del municipio del área urbana muestra una topografía quebrada, la zona de crecimiento muestra características topográficas aceptables, la extensión territorial del municipio es de 121 Kms<sup>2</sup>.

El municipio es montañoso y se encuentra ubicado sobre la sierra madre; en la cordillera de los Andes; las montañas más importantes son: SERCHIL, IXTAGEL, EL RINCÓN, COMANCHE MESTIZA, TABLIJOCK, LAS CRUCES Y LAS LOMAS (SN SEBASTIAN) .

#### 1.10 ASPECTOS DEMOGRÁFICOS

El municipio de San Marcos, cabecera del departamento del mismo nombre, cuenta actualmente con, aproximadamente, 38,000 habitantes incluyendo su área rural, misma que está conformada por 34 aldeas y cantones o caserios.

##### 1.10.1 CENSOS

Según el censo realizado por la Dirección General de Estadística, en 1,981 la población de la cabecera municipal asciende a la cantidad de 6,963 habitantes y del municipio de 19,963 habitantes, 10,025 mujeres y 9,938 hombres y su rápido crecimiento se debe a la inmigración hacia el municipio por las personas y familias completas de otros municipios del departamento.

Según el censo realizado por el Instituto Nacional de Estadística en 1,994, la población de la cabecera municipal asciende a 12,500 habitantes y del municipio de 38,000 habitantes.

## CAPÍTULO II

### 2 EFECTOS SOBRE LA POBLACIÓN POR UNA INADECUADA DISPOSICIÓN DE AGUAS DE LLUVIA Y VÍAS EN MAL ESTADO

San Marcos, es una ciudad en la que muchas de las vías de comunicación y sistemas de evacuación de aguas pluviales ya llegaron al final de su vida útil, este problema se hace notar, sobre todo, en época de invierno, época en la que es muy difícil y a veces intransitables las vías en mención, ocasionando muchos problemas a la población, entre los cuales se pueden citar los siguientes:

a) Por vías en mal estado.

- Difícil acceso de los habitantes de las comunidades, a la cabecera municipal de San Marcos.
- Deterioro de los vehiculos, por el mal estado de algunas vías de acceso.
- Atraso a comerciantes, que llegan a la cabecera municipal, a vender su producto terminado
- Incremento al precio de algunos productos, provenientes de las comunidades.

b). Por una inadecuada disposición de aguas de lluvia.

- Inundaciones de algunas calles y avenidas de la cabecera municipal de San Marcos.
- Difícil tránsito y a veces imposibles el paso, en calles que carecen del mencionado servicio.
- Proliferación de zancudos y mosquitos, debido a aguas estancadas, en algunos sectores de la cabecera.



- Problemas con filtración de aguas de lluvia, a viviendas, en sectores donde los tragantes están saturados de basura y sólidos.

# CAPÍTULO III

## III. SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

### 3. DOCUMENTACIÓN BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS

##### LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO Y MÉTODOS

Levantamiento topográfico: es el conjunto de operaciones que tiene por objeto la determinación de la, posición relativa de puntos en la superficie de la tierra (distancias horizontales y verticales)

##### TIPOS DE LEVANTAMIENTO

Abierto: es cuando se sale de una estación y no se regresa a ella.

Cerrado: es cuando se sale de una estación y se regresa a ella.

##### MÉTODOS DE LEVANTAMIENTO

Existen diversos métodos para efectuar el levantamiento topográfico de un terreno o área; la selección del mismo dependerá de varios factores entre los cuales están:

- a) habilidad del operador del aparato;
- b) equipo disponible y su estado físico;
- c) características del terreno;
- d) dimensiones del terreno.

##### MÉTODOS:

- 1) conservación del Azimut;
- 2) conservación del Azimut con  $180^{\circ}$ ;
- 3) deflexiones;
- 4) dobles deflexiones;

- 5) angulos internos y externos;
- 6) triangulación de tercer orden.

### 3.1.1 PLANIMETRÍA

Parte de la topografía que abarca todos los trabajos efectuados para obtener la representación gráfica de un terreno, proyectado sobre un plano horizontal. Por lo tanto, abarca únicamente las 2 dimensiones planas.

#### 3.1.1.1 USO DE LA PLANIMETRÍA

##### LEVANTAMIENTO PLANIMÉTRICO

Abarca los trabajos para obtención de todos los datos necesarios para representar, gráficamente, la superficie de la tierra.

##### MÉTODOS PLANIMÉTRICOS

Para la medición de polígonos cerrados se puede utilizar, levantamiento con cinta o con teodolito. Mientras que para un polígono abierto se debe utilizar, exclusivamente, el teodolito para la obtención de datos.

##### POLIGONALES ABIERTAS Y CERRADAS

- Poligonal abierta: es el tipo de levantamiento en el cual se sale de una estación y no se regresa a ella. Este tipo de levantamiento se utiliza cuando se realizan proyectos de: introducción de agua potable, drenajes, caminos vecinales, carreteras, tuneles, etc.
- Poligonal cerrada: es el tipo de levantamiento en el cual se sale de una estación y se regresa a ella. Este tipo de levantamiento se utiliza cuando se realizan proyectos de: edificaciones, áreas de terreno, casas, colonias, parques, etc.

### 3.1.2 ALTIMETRIA

Parte de la topografía que abarca todos los trabajos necesarios para obtener los datos indispensables para presentar sobre el papel la tercera dimensión del terreno. Generalmente, se llama a, éstos, trabajos de nivelación.

Las ciencias con que se relaciona la altimetría son: Trigonometría, Geometría y Geometría Analítica.

#### 3.1.2.1 USO DE LA ALTIMETRÍA

##### LEVANTAMIENTO ALTIMÉTRICO

Abarca todos los trabajos necesarios para representar sobre el plano horizontal la tercera dimensión sobre el terreno.

##### MÉTODOS ALTIMÉTRICOS

Para nivelar un polígono cerrado, se usa la nivelación simple con nivel de precisión. Mientras que para un polígono abierto se pueden utilizar los siguientes métodos:

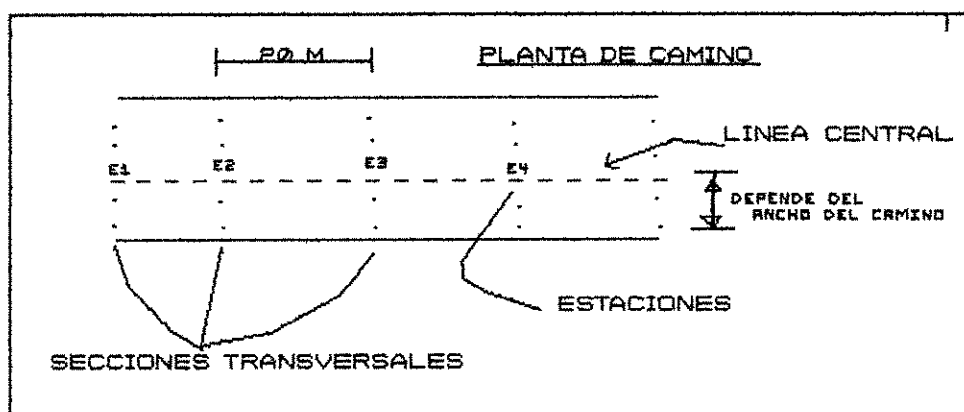
- a) Nivelación simple y compuesta: es la que se hace a base de puntos de vuelta;
- b) Nivelación trigonométrica: por este sistema los desniveles se obtienen mediante la trigonometría, con los datos medidos de ángulos y distancias (teodolito). Es empleada sólo para poligonales abiertas y en distancias cortas (menores de 500m).

#### 3.1.3 SECCIONES TRANSVERSALES

Generalmente, cuando se hace un levantamiento topográfico para una carretera o camino, es necesario obtener la mayoría de datos disponibles en campo, es por ello que cuando se tiene un terreno donde su topografía no es regular (mucho pendiente o irregular), resulta indispensable en campo, sacar secciones trasversales, éstas

se hacen a una distancia promedio una de otra de 20 m. (a cada 20m.) y como su nombre lo indica son transversales al camino o carretera. Regularmente, se lleva una línea central a lo largo de todo el camino, las estaciones principales van colocadas al centro de cada sección (a cada 20m.).

Generalmente, las secciones transversales se hacen para obtener o calcular el movimiento de tierras, es decir, los volúmenes de corte y relleno que se necesitan para la edificación de una obra o carretera.



#### 3.1.4 LIBRETA DE CAMPO

Cuando se va a realizar un levantamiento topográfico en el campo, es necesario é indispensable, aparte de los instrumentos de precisión y del equipo, llevar consigo una libreta, en la cual se anoten todos los datos necesarios para no tener problemas posteriores en gabinete, ésta debe contener las columnas necesarias, tanto para la planimetría como para la altimetría, además, en la parte derecha del rayado un espacio en blanco para ir dibujando los croquis del terreno que se está trabajando, como también, la ubicación en planta de puentes, ríos, zanjones, escuelas etc. Esto es indispensable ya que hace más fácil ubicar los puntos importantes en gabinete.

## 3.2 ESTUDIOS DE SUELOS

Generalidades: el terreno natural de una carretera o calle (rasante natural) no puede soportar las cargas de las ruedas de los vehículos que, constantemente, transitan, sin que sufra una deformación considerable; por tal motivo, no podrá proporcionar una superficie de rodadura adecuada y, por ello, es necesario construir encima del suelo un pavimento, con el fin primordial de distribuir uniformemente la carga de las ruedas y proporcionar una superficie de rodamiento cómoda y segura. Es importante, también, que este pavimento esté construido de manera que ninguna de sus partes sufra tensiones superiores a las que pueda resistir y que, además, sea duradero.

La resistencia del cimiento de las carreteras varía grandemente pues, es evidente la necesidad de disponer de un método adecuado para calcular el tipo de pavimento y el espesor más económico. Las investigaciones realizadas en los lugares en donde se han producido fallas, han demostrado que, frecuentemente, se han colocado pavimentos de un espesor insuficiente sobre cimientos de mala calidad, pero, así mismo, también, se ha visto que muchas veces se han colocado sobre subrasantes resistentes, pavimentos de un espesor innecesario.

Con un pequeño gasto en el estudio de las condiciones del suelo y la utilización de los métodos de diseño, se reducirán las fallas y el costo de su construcción será menor; pues, los espesores sobrantes de las buenas subrasantes, se podrán emplear en reforzar las áreas con mala cimentación y, además, se estará garantizando una vida útil de, por lo menos, 20 años.

El estudio de suelos para el diseño de la estructura de los pavimentos, comprende una serie de ensayos que a continuación se detallan.

### 3.2.1 ENSAYOS DE LABORATORIO PARA SUELOS

#### 3.2.1.1 GRANULOMETRÍA

##### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

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

Existen dos tipos de análisis granulométrico:

- por tamices: seco o lavado por el tamiz No. 200
- por sedimentación.

##### EQUIPO

- Juego de tamices con mallas de 1 1/2", 3/4", 3/8", No. 4, No.10, No. 40, No. 200, recipiente de fondo y tapadera.
- Balanzas.
- Horno a temperatura controlada, a 110°C.
- Brocha.
- Bandejas y cápsulas.
- Rodillo o pisón de madera.

##### MUESTRA

##### PREPARACIÓN DE MUESTRA

1. Se seca la muestra en una bandeja al horno.
2. Después se deja enfriar, se pulveriza rodillando los grumos o terrones con el cilindro de madera sobre una superficie plana y lisa, cuidando de desmenuzar bien los terrones, sin romper las partículas individuales del suelo.
3. Se pesa la muestra con la bandeja, anotando el peso obtenido en el formulario de registro respectivo, en la región de peso bruto seco (PBS).

#### TAMIZADO DE MUESTRAS

4. Se coloca el juego de tamices en orden progresivo del tamiz 1 1/2" al tamiz No. 200, con el recipiente de fondo abajo. Se vacía el material sobre los tamices y se coloca la tapadera.
5. Se agita todo el juego de tamices, horizontalmente, con movimientos de rotación y verticalmente con golpes ocasionales. El tiempo de agitado depende de la cantidad de finos de la muestra, pero, por lo general, no debe ser menor de 15 minutos. Esta operación se facilita empleando el agitador mecánico de laboratorio.
6. Se quita la tapadera y se separa la malla de 1 1/2" vaciando la fracción de suelo que ha sido retenida en la malla sobre un papel limpio, a las partículas que han quedado trabadas entre los hilos de la malla, no hay que forzarlas a pasar a través de la misma; invertir el tamiz y con ayuda de una brocha o un cepillo de alambre, desprender y depositar sobre el papel.
7. Se pesa, cuidadosamente, la fracción de la muestra obtenida en el numeral 6 y se pone en una bandeja o cápsula. Se guarda esta fracción de muestra hasta el final de la prueba, para repetir las pesadas en caso de error.
8. Se hacen las pesadas de las fracciones que pasan por cada tamiz comenzando con el recipiente de fondo. Todos los pesos que pasan son acumulativos, se anota en el formulario de registro en la columna correspondiente.
9. Se procede al cálculo, para determinar el coeficiente de graduación, posteriormente, se obtiene gráficamente el porcentaje de grava, arena y finos.
10. Con base a los porcentajes de grava, arena y finos, se describe el suelo incluyendo su color.



### 3.2.1.2 LÍMITES DE CONSISTENCIA

#### LÍMITES DE ATTERBERG

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

Los límites de Atterberg son:

1. límite Líquido,
2. límite plástico

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

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

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

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

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

### **Muestra**

Los análisis de consistencia se hacen solamente con la porción de suelo que pasa el tamiz No. 40.

Esta porción se obtiene ya sea pasando el material por la malla número 40, en seco o, bien, por un proceso de lavado, más lento pero más preciso. En esta descripción solo se empleará el primer procedimiento.

### **Equipo**

- Aparato de Casagrande para límite líquido, incluyendo el ranurador de la muestra.
- Placa de vidrio de 20 \* 20 cm, aproximadamente.
- Cápsula de porcelana.
- Tamiz No. 40.
- Recipiente con tara para secar muestras en el horno.
- Mortero y mojador con protector de hule.
- Horno con termostato.
- Balanza con 0.01 g de precisión.

### **Preparación de la muestra**

1. Del material que pasa la malla número 4 se desmenuzan 150g en un mortero, sin llegar a triturar los granos.
2. Se pasa el material a través del tamiz No. 40 desechando el retenido.
3. Se pone en una cápsula el material que pasa el tamiz No. 40

4. Se agrega agua y con una espátula se mezcla bien hasta obtener una pasta homogénea, suave y espesa.

#### LÍMITE LÍQUIDO

1. Inmediatamente antes de efectuar el ensayo, la pasta se remezcla, trabajándola con la espátula, hasta que su consistencia sea uniforme.
2. Se coloca una parte del material de la cápsula (entre 50 a 80 g) en la copa del aparato de Casagrande, y con la espátula se aplana a manera de dejar su superficie horizontal y su espesor máximo de 1/2".
3. Se coloca la punta del ranurador en el borde superior de la muestra, con el ranurador perpendicular a la superficie de la copa.
4. Se divide la muestra desplazando el ranurador por el centro de la misma e inclinando el ranurador de manera que éste permanezca perpendicular a la superficie interior de la copa.
5. Después de asegurarse que la copa y la base estén limpias y secas, se da vuelta a la manija a razón de dos golpes por segundo, contando el número de golpes requeridos para que se cierre el fondo de la ranura en una distancia de 1/2" (+13 mm).
6. Se toman entre 20 y 30 g de la porción de la muestra próxima a la ranura y se colocan en un tarro con tara. Se pasa el tarro con una precisión de 0.01 g, anotando el peso en el formulario de registro respectivo. Una vez pesado el tarro con la muestra, se introduce en el horno.

7. Se agrega más agua a la pasta y se mezcla perfectamente con la espátula. Con esta pasta, se repiten los pasos del 1 al 5.
8. Se repite el proceso con la pasta cada vez más húmeda, hasta completar un total de 3 tanteos.
9. Al día siguiente, se secan las muestras del horno, se tapan y se dejan enfriar en el secador. Se pesan, anotando el peso en el renglón correspondiente del formulario de registro.
10. Con los datos anotados en el formulario de registro, se hacen los cálculos necesarios para obtener el contenido de agua o de humedad relativa, correspondiente a cada número de golpes.
11. En el gráfico semi-logarítmico se plotean los puntos con las coordenadas siguientes: el número de golpes en el eje de abscisas a escala logarítmica y el contenido de humedad como ordenada a escala aritmética. La curva de escurrimiento será la recta que una o que pase lo más cerca posible de los puntos ploteados.
12. El contenido de humedad que corresponde a 25 golpes en la línea de escurrimiento se define como el límite líquido.

#### LÍMITE PLÁSTICO

1. Una porción de la pasta usada en el ensayo de límite líquido, se deja secar hasta que alcance una consistencia tal que el material no se adhiera a las manos, pero que pueda formarse un cilindro delgado, rodándolo con la palma de la mano.
2. Se toma la mitad de la muestra aproximadamente y se rueda con la palma de la mano sobre una superficie limpia y

lisa, como la de una placa de vidrio, hasta formar un cilindro de 1/8" de diámetro y de unas 4" de largo.

3. Se amasa la tira y se vuelve a rodillar repitiendo la operación del numeral 2, tantas veces como se necesite para reducir la humedad gradualmente por evaporación, hasta que el cilindro se empiece a endurecer.
4. El límite plástico se alcanza cuando el cilindro se agrieta y se rompe al ser rodillado.
5. Una vez que alcanza el límite plástico, se parte el cilindro y se ponen los fragmentos en un recipiente con tara: se pesa en la balanza con 0.01 g de precisión y se pone al horno para obtener el contenido de humedad.
6. Se repite el proceso con la otra mitad de la muestra para comprobación de la primera determinación.
7. Con los datos obtenidos se calcula el contenido de humedad relativa. Si la diferencia entre los dos valores de humedad relativa no es mayor que 2, entonces, se promedian; en caso contrario, se repite la determinación.
8. El promedio es el valor del límite plástico.

#### CÁLCULO DE ÍNDICES

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

Índice de plasticidad:

$$IP = LL - LP$$

donde:

IP: Índice de plasticidad

LL: Límite Líquido  
LP: Límite Plástico

Índice de consistencia:

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

donde:

Ic: Índice de consistencia  
w: Humedad natural del suelo (Humedad in-situ)

### 3.2.1.3 PROCTOR MODIFICADO

#### ENSAYO PROCTOR

El ensayo proctor permite conocer las características de compactación de un suelo: humedad óptima y densidad máxima. Existen dos tipos de análisis: Proctor estándar y Proctor modificado.

En esta tesis, se describe el ensayo Proctor modificado, por ser el más usado en Pavimentos.

#### Equipo

- Balanza de 17 Kg de capacidad
- Balanza de 0.1Kg de precisión
- Bandeja de metal
- Molde de compactación de 1/30 pie<sup>3</sup>
- Apisonador de 10 Lb y caída de 18"
- Horno con temperatura controlada a 110<sup>0</sup>C
- Tamiz No. 4 (para limos y arcillas)
- Tamiz No. 3/4 (para gravas)

- Rodillo de madera
- Regla de acero
- Espátula.

#### PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

01. Se seca al aire una muestra representativa que contenga entre 2.00 y 2.50 Kg. (4.50 a 5.50 Lbs) de material seco, menor de 1/4 de pulgada.
02. Se disgregan los terrones de material fino pasándoles el rodillo sobre una superficie plana.
03. Se hacen pasar a través del tamiz de 1/4 de pulgada, desechando la porción retenida.

#### PROCEDIMIENTO DE ENSAYO

01. Amasar a fondo la muestra con agua suficiente para formar una mezcla húmeda que se desmenuza cuando se suelta, después de haber sido apretada con la mano. Procurar no hacer esta mezcla inicial demasiado húmeda.
02. Dividir la mezcla húmeda en cinco porciones, aproximadamente iguales.
03. Pesar el molde de compactar en la balanza de torsión con una aproximación de 5 gramos; luego, unir la placa de base y el anillo de extensión y colocar sobre un apoyo firme.
04. Poner una porción de la mezcla húmeda en el molde, nivelando la superficie con la mano.
05. Colocar el mazo de compactar con guía sobre el material dentro del molde, elevar luego el mango hasta que el mazo alcance la

parte superior de la guía, entonces, se suelta permitiendo que el mazo caiga libremente sobre la muestra.

06. Cambiar la posición de la guía y otra vez se deja caer el mazo. Se repite el proceso cubriendo, sistemáticamente, la superficie entera de la muestra, hasta que el mazo haya caído 25 veces.
07. Sacar el mazo del molde, poner otra porción de la muestra en él y apisonar como antes se indicó. Se repite con otras porciones que quedan.

#### NOTA

Cada capa compactada debe ser de una pulgada (2.54 cm.) de espesor, aproximadamente, y la muestra compactada completa, debe extenderse 1/2 pulgada dentro del anillo de extensión, como mínimo.

08. Quitar el anillo y con un cuchillo recortar la muestra hasta enrasar con los bordes del molde de compactación, Comprobar la nivelación con la regla.
09. Quitar la placa de base y separar el molde que contiene la muestra compactada con una aproximación de 5 gramos.
10. Tomar muestras de contenido de humedad (10 a 25 gramos cada una) de la parte alta y la parte baja del molde. (en los cálculos se utiliza el valor medio).
11. Sacar el suelo compacto del molde, volver a pulverizar con el rodillo y colocar en un recipiente.
12. Agregar de 60 c. c. (para suelos arenosos) a 120 c.c. (para limos arenosos y arcilla) de agua y mezclar a fondo.
13. Repetir los pasos del 03 al 11. Con los puntos restantes.



14. Se hacen algunas determinaciones más (es decir, los siguientes puntos), agregando en cada período o punto, un poco de agua hasta que el peso de la muestra compactada muestre decrecimiento.

#### CÁLCULOS

Para calcular la densidad, se pesa el molde con su contenido (paso 09.), obteniendo así el peso bruto húmedo (PBH), al que se le resta la tara del molde que posee un volumen de  $1/30$  de pie<sup>3</sup>, para, así, obtener el peso neto húmedo (PNH). Dividiendo el PNH entre el volumen de la muestra ( $1/30$  pie<sup>3</sup>) se obtiene el peso unitario húmedo (PUH). Secando la muestra al horno se obtiene el peso neto seco (PNS) y, de aquí, el contenido de humedad, que será igual a:

$$\%H = [(PNH - PNS)/PNS] * 100$$

Luego, se puede obtener el peso unitario seco (PUS), por medio de la relación:

$$PUS = PUH/(1 + \%H)$$

El proceso se repite con diferentes contenidos de humedad (diferentes puntos como ya se indicó): luego, se procede a trazar la curva que a continuación se indica.

#### CURVA DE CONTENIDO ÓPTIMO DE HUMEDAD

Teniendo toda la información, anteriormente detallada, se procede a dibujar la curva "Peso-Contenido de Humedad"; colocando el contenido de humedad en las abscisas (eje "X") y el peso unitario en las ordenadas (eje "Y"). Esta curva se dibuja en papel milimetrado o cuadriculado.

El contenido óptimo de humedad, será el correspondiente al MÁXIMO de la curva de humedad seca.

### 3.2.1.4 VALOR SOPORTE CALIFORNIA

#### ENSAYO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

El índice de California (C.B.R.) es una medida de la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo, bajo condiciones de densidad y humedad cuidadosamente controladas.

Este método de ensayo, ha sido uno de los más empleados en el diseño de Pavimentos y está destinado, para la determinación del "Valor soporte" de suelos y agregados, (subrasantes y algunos materiales de base y sub-base).

El C.B.R. (california Bearing Ratio) se define como la carga requerida para producir una penetración determinada, expresada en porcentaje de la carga requerida para producir la misma penetración en una muestra standard de "piedra triturada".

Generalmente, el valor C.B.R., es la carga que corresponde a una penetración de 0.1 a 0.2 pulgadas.

TABLA DE RESISTENCIA A DIFERENTES PENETRACIONES EN PIEDRA TRITURADA

Penetración	Carga en Lbs./Pulg.2
0.1".....	1,000
0.2".....	1,500
0.3".....	1,900
0.4".....	2,300
0.5".....	2,600

#### CONDICIONES DEL ENSAYO

El C.B.R. de un suelo varía con su compactación, su contenido de humedad al compactar y el contenido de humedad cuando se ensaya,

por consiguiente, para repetir las condiciones de la obra, estos factores deben ser cuidadosamente controlados al preparar las muestras.

A menos que sea seguro que el suelo no acumulará humedad después de la construcción, los ensayos de C.B.R. se llevan a cabo sobre muestras saturadas.

#### PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

Han sido ideados diferentes procedimientos para preparar muestras de laboratorio de distintas clases de suelos, con el fin de reproducir las condiciones que verosímelmente se producirán durante y después de la construcción. Estos procedimientos se aplican cuando el contenido de humedad durante la construcción va a ser el óptimo para obtener la máxima densidad (AASHO Modificado) y, además, el suelo va a ser compactado, al menos, al 95% de ésta. Si se utilizaran otros medios de controlar la compactación, los procedimientos deberían ser modificados de acuerdo con ellos.

La preparación de la muestra, se realiza de la siguiente manera:

se pulverizan, aproximadamente, 35 Kg. de material con el rodillo; el material que pase el tamiz de 50.00 mm (2") y el retenido en el de 19.0 mm (3/4") deberá ser reemplazado con el material que pase el tamiz de 19.0 mm y el retenido sobre el de 4.75 mm. De este material, se selecciona una porción representativa que posteriormente, se divide en tres partes que posean, aproximadamente, 7 Kg. cada una.

#### PROCEDIMIENTO DE ENSAYO

01. Normalmente, 3 especímenes deben ser compactados de tal forma, que sus densidades compactadas estén en el rango del 95% (o mas bajo) al 100%(o más alto) de la máxima densidad seca determinada en el ensayo de "Proctor".

#### NOTA

Generalmente, alrededor de 10, 30 y 65 golpes por capa son adecuados para compactar los especímenes 1, 2 y 3 respectivamente, más de 56 golpes por capa, son generalmente requeridos para moldear un espécimen C.B.R. al 100% de su máxima densidad seca. Esto es debido a que la muestra para el ensayo de densidad húmeda es reutilizada; mientras que la muestra para el espécimen C.B.R. es mezclada y compactada sólo una vez.

02. Fijar el molde a la placa base; conectar el collar de extensión y pesar con una aproximación cercana a 0.01 lb. (5 gramos). Insertar el disco espaciador dentro del molde y colocar un papel filtro grueso arriba del disco.
03. Mezclar cada una de las porciones de 7 Kg, preparadas en el inciso 01. con suficiente agua, para obtener el contenido de humedad óptimo determinado por el Método "Proctor".
04. Compactar una de las porciones de la mezcla agua-suelo dentro del molde en 5 capas iguales (con 10, 30 o 65 golpes, según sea el caso), con el mazo de 10.00 Lbs. y a una caída de 18 pulgadas.
05. Determinar el contenido de humedad del material que esté siendo compactado, al principio y al final del procedimiento de compactación (2 muestras); cada muestra húmeda deberá pesar por lo menos 100 gramos para suelos de grano fino y 500 gramos para suelos de grano grueso.
06. Remover el collar de extensión y usando una cuchilla, nivelar el suelo compacto. Las irregularidades superficiales deberán ser reparadas con material de tamaño pequeño. Remover el disco espaciador, colocar un papel filtro grueso sobre la placa base perforada, invertir el molde y el suelo compacto y colocar sobre el papel filtro, de tal forma que el suelo compactado esté en contacto con el papel filtro. Fijar la

placa base perforada al molde y conectar el collar. Pesarse el modelo y el espécimen con una aproximación de 0.01 Lb. (5 gramos).

07. Compactar las otras dos porciones de 7 Kg. de acuerdo con los incisos del 04. al 06.; excepto, en que el número intermedio de golpes por cada porción deberá ser usado para compactar el segundo espécimen (30 golpes) y el más alto número de golpes (65 golpes) deberá ser usado para compactar el tercer espécimen.

#### ENSAYO DE PENETRACIÓN

##### 01. Aplicación de Sobrecarga

Colocar una sobrecarga de pesos anulares y ranurados sobre los especímenes, iguales a los utilizados durante el remojo, para prevenir el desplazamiento de materiales suaves dentro de los agujeros de los pesos de sobrecarga, asentar el pistón de penetración, después que un peso de sobrecarga haya sido colocado sobre el espécimen. Después de asentar el pistón de penetración, los pesos de sobrecarga restantes deberán ser colocados alrededor del pistón.

##### 02. Asentamiento del Pistón.

Asentar el pistón de penetración con una carga de 10 Lbs. (4.54 Kg) luego, colocar en cero el indicador de penetración y el indicador de carga.

##### 03. Aplicación de la carga.

Aplicar las cargas del pistón de penetración de tal forma que el rango de penetración sea uniforme y con un valor de 0.05 de pulgada por minuto. La velocidad en la aplicación de la carga se puede controlar con un cronómetro. Se registran las lecturas de la presión a 0.025, 0.050, 0.075, 0.100, 0.150, 0.200, y 0.300 pulgadas de penetración. Si se desea, pueden obtenerse las lecturas de carga cuando la penetración sea de 0.400 y 0.500 pulgadas.

#### NOTA

Si se desea, el contenido de humedad de la capa más alta (pulgada superior) puede determinarse después del ensayo. Las muestras deberán pesar, por lo menos, 100 gramos para suelos de grano fino y 500 gramos para suelos granulares.

#### 04. Curva esfuerzo-deformación.

Plotear la curva esfuerzo-deformación y resistencia penetración (para cada espécimen). En algunos casos la penetración inicial toma lugar sin un incremento proporcional en la resistencia a la penetración y la curva puede ser cóncava hacia arriba. Para obtener las relaciones Esfuerzo-Deformación verdaderas, corregir la curva que sea cóncava hacia arriba cerca del origen, ajustando la localización del origen, prolongando la porción recta de la curva esfuerzo-deformación hacia abajo, hasta que intercepta la abscisa.

#### 05. Relación de Soporte de California (C.B.R.)

Los valores de carga corregidos deberán ser determinados para cada espécimen a una penetración de 0.10 y 0.20 pulgadas, como ya se indicó. Los valores de la relación de Soporte de California son obtenidos en porcentaje al dividir, los valores de carga corregidos a 0.10 y 0.20 pulgadas, entre las cargas standard de 1,000 y 1,500 Lbs./Pulg.2 respectivamente y multiplicando estas relaciones por 100.

#### 3.2.1.5 EQUIVALENTE DE ARENA

Este ensayo se efectúa con el fin de conocer el porcentaje relativo de finos- plásticos que contienen los suelos y los agregados pétreos; es un método rápido que se puede hacer en el campo como en el laboratorio. Se lleva a cabo, principalmente, cuando se trata de materiales que se usarán para base, sub-base, es decir, bancos de préstamo.

## Equipo

- Probetas de 17" de alto, graduadas hasta las 15" y con divisiones hasta 1/10", el diámetro será de 1 1/4".
- El pie que consiste en una varilla de acero, delgada, de 18" de largo, que tiene en su parte superior un contra peso que da al conjunto un peso total de 1 Kg. y en la parte inferior, un pequeño cono que se asienta sobre el material depositado en el fondo de la probeta; tiene también una pequeña roldana movible a lo largo de la varilla, esta roldana tiene un diámetro exterior igual al diámetro interior de la probeta.
- Un tarro metalico de 88 cc de capacidad.
- Un tapon de hule para cerrar la probeta cuando ésta tiene la solución y el material listo para la prueba y efectuar el movimiento horizontal de los ciclos.
- Un embudo con boca ancha.
- Un frasco de un galón, implementado con un tapón que lleva un tubo para el aire, un pequeño sifón de vidrio al que se le adapta una manguera de hule de 1/4" de diámetro interno, al exterior libre de la manguera se le adapta un tubo de metal llamado cánula, por el que desagua la solución proveniente del galón, a la probeta, la cánula lleva en su extremo libre agujeros que sirven para que el agua salga en forma de regadera y ayude a levantar más rápidamente los granos finos, este frasco se coloca 3" arriba de la mesa de trabajo.
- Solución básica. La fórmula está en AASHTO T-176
- Cronómetro.

### Procedimiento

1. Se prepara un galón de agua y se le agregan 88 cc de solución básica (cloruro de calcio mezclado con formaldehído y glicerina)
2. Por medio del sifón, manguera y la cánula se deposita la solución en la probeta, hasta una altura de 4".
3. Preparación del material.  
Se toman 500 g del material que pasa el tamiz No 4 y se cuarteán; de la cuarteada se toman 100 g para la prueba total. Debe cuidarse que los grupos mayores de 1/4" se deshagan y se desprenda el material fino adherido a las piedras.
4. Se introducen los 100 g (un tarro) en la solución que se encuentra en la probeta, dejándolos reposar durante 10 minutos. El material se deposita en la probeta por medio del embudo fino de metal de 4" o en un extremo, haciéndolo de papel, teniendo cuidado que el material fino no se vuele, golpear con la mano el fondo de la probeta para desalojar el aire.
5. Cuando ya han transcurrido los 10 minutos, se tapa la probeta con el tapón de hule y se procede a agitarla vigorosamente durante 90 ciclos (un ciclo consiste en llevar la probeta ida y vuelta, con un movimiento horizontal, de 8" de recorrido de izquierda y sujetados firmemente sus extremos con las manos en el transcurso de un minuto, aproximadamente. Se recomienda mover, únicamente, los antebrazos, relajando los hombros, de preferencia deberá usarse un agitador mecánico especial para disminuir el factor humano en la prueba.
6. Una vez que terminan los 90 ciclos, se asienta fijamente la probeta y se le introduce rápidamente la cánula de metal, haciendo que ésta tenga un movimiento de descanso vertical rotativo, con el objeto de facilitar la separación de los



finos; la cantidad de solución agregada será hasta que llegue a las 15" de graduación de la probeta,

7. En el momento en que la solución llega a las 15" se cierra la llave que tiene la manguera para evitar que pase más solución, al mismo tiempo de cerrar la llave, se conecta el cronómetro que marcará el tiempo de descanso de los finos, durante 20 minutos exactos, los movimientos perturban el asentamiento de los finos y producen un resultado equivocado.
8. Se toma la lectura de caída de los finos en períodos de 2 minutos para arcillas y de 1 minuto para arenas, hasta llegar a los 20 minutos, respectivamente. Con los datos obtenidos se traza la curva.
9. La lectura de la arcilla es la que se toma a los 20 minutos (la última) del nivel superior de la suspensión de arcilla, se estima al 0.1 de pulgada.
10. Se introduce, cuidadosamente, el pie hasta que asienta sobre la arena y se toma la altura que queda del material depositado entre el fondo de la probeta y la parte inferior del pie. Esta es la lectura de la arena.
11. Se aplica la siguiente fórmula:

$$\text{Equivalente de arena} = \frac{\text{Lectura de la arena}}{\text{Lectura de la arcilla}} \times 100$$

(se expresa en porcentaje)

12. Porcentajes aceptables de equivalente de arena según el Manual de caminos  
para bases: 30 % como mínimo  
para sub-bases: 25 % como mínimo.

Si el equivalente de arena dá un valor inferior al especificado, efectuar 2 pruebas más y tómesese el promedio de las tres como el equivalente de arena del material.

#### 3.2.1.6 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Para determinar las características físicas y mecánicas de una muestra representativa del suelo de fundación o sub-rasante, es necesario que el ingeniero constructor, tenga los resultados de laboratorio de cada uno de los ensayos practicados, para que posteriormente, se proceda al análisis de los resultados obtenidos, lo cual le servirá de base para tomar las precauciones necesarias en la construcción de su obra en ejecución y aplicar criterios y métodos adecuados al tipo de suelo encontrado. (En el siguiente capítulo se analizarán los resultados obtenidos en laboratorio, de una muestra de suelo de la 5ta. calle de la zona 1, de la ciudad de San Marcos.)

### 3.3 DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO DE UN PAVIMENTO

En el diseño de cualquier tipo de pavimento se deben tomar en cuenta los criterios mínimos para pendientes, curvas verticales, curvas horizontales, longitudes, tangentes de intersección, distancias mínimas de visibilidad y frenado, pendientes gobernadoras; todo de acuerdo con las especificaciones mínimas de vías terrestres.

#### 3.3.1 DISEÑO GEOMÉTRICO EN PLANTA

Éste contempla el diseño de curvas horizontales, radios de curvatura, longitudes y visibilidad.

##### 3.3.1.1 DISEÑO DE CURVAS HORIZONTALES

Para obtener un equilibrio adecuado de todos los elementos del diseño geométrico de un camino, se deben determinar en función de los aspectos económicos, para dar una operación continua a velocidad segura, bajo las condiciones generales del camino. A

continuación se describen las normas de diseño para radios de curvatura mínima, velocidades y otros criterios.

- a) La seguridad al tránsito que debe ofrecer el proyecto es la condición que debe tener mayor prioridad.
- b) La topografía condiciona, muy especialmente, los radios de curvatura y la velocidad de diseño.
- c) Evitar las curvas de radios mínimo antes de entrar a un puente, cruces de caminos o algún elemento que pueda originar condiciones desfavorables a la seguridad.
- d) Incrementar en todo lo que sea posible la longitud de curva, para que la curva sea lo más cómoda para el conductor.
- e) Evitar curvas demasiado largas cuando se emplean radios pequeños, especialmente, cuando las edificaciones, árboles o taludes de corte que puedan reducir la visibilidad.
- f) La distancia de visibilidad, debe considerarse conjuntamente con la topografía, ya que, frecuentemente, la visibilidad requiere radios mayores.
- g) Para una velocidad de diseño determinada, debe evitarse dentro de lo razonable, el uso de la curvatura máxima permisible.

### 3.3.2 DISEÑO GEOMÉTRICO EN PERFIL

Para obtener el perfil de un terreno, es necesario hacer el levantamiento topográfico del mismo, parte de este levantamiento consiste en obtener los niveles de la línea central del terreno y con ellos se plotea, en papel milimetrado, el perfil longitudinal a 2 escalas: la horizontal que contiene el caminamiento a escala 1:500 y la vertical que contiene las elevaciones a escala 1:50.

Una vez trazado el perfil longitudinal, se procede al diseño de la rasante final tomando en consideración las especificaciones y criterios de diseño, la rasante final debe ser diseñada de tal forma que queden, de preferencia, por debajo de las cotas de plataforma de las viviendas y, así obtener la solución más favorable para los drenajes a diseñar.

### 3.3.2.1 DISEÑO DE CURVAS VERTICALES

La finalidad de estas curvas es suavizar los caminos en el movimiento vertical, puesto que a través de su longitud se efectúa un paso gradual de la pendiente de la tangente de entrada a la tangente de salida, proporcionando de esta forma una operación segura y confortable, además de una agradable apariencia y característica para un drenaje adecuado.

A continuación se describen algunas normas y criterios de diseño para curvas verticales:

- a) en urbanizaciones la pendiente mínima longitudinal es de 1% y la pendiente máxima a utilizar en calles principales es de 10% y en calles peatonales el 20%,
- b) cualquier cambio de pendiente en una vía pública en que la diferencia algebraica de los porcentajes de pendientes sea 0.5% o más se suavizará con una curva vertical de longitud mínima de 20 m.
- c). Los radios mínimos en radios de vías públicas tomados del eje central de la misma deben ser: en calles principales de 60 m y en calles secundarias de 30 m.
- d). En terrenos llanos se diseñará la rasante en relleno, es decir, por encima del perfil natural del terreno, esto con el fin de dar lugar a las instalaciones necesarias, de drenaje, para proteger al pavimento de la humedad del suelo.

- e). Se debe eliminar la curva vertical convexa en corte, si las pendientes de enlace son muy suaves.
- f). Evitar curvas cóncavas en corte, porque provocan dificultad en el drenaje, cuando estas curvas enlacen pendientes con signo contrario, en pendientes de igual signo, no se presentará esta dificultad.
- g). Cuando la diferencia algebraica entre la pendiente de entrada de una curva y la pendiente de salida de la misma curva es menor de 0.50% no es necesario diseñar la curva vertical, debido a que la pendiente es muy pequeña.

Las especificaciones de la Dirección General de Caminos, tienen tabulados valores para las longitudes mínimas de curvas verticales para distancia de visibilidad de parada, en función de la diferencia algebraica de pendientes o de la velocidad de diseño y son las siguientes:

<i>VELOCIDAD EN KM/H</i>	<i>CONCAVA</i>	<i>CONVEXA</i>
20	1	2
40	5	7
60	12	12
80	29	23
100	60	36

$L = k * \text{Dif. Algebraica de pendientes}$

Las curvas verticales pueden ser cóncavas o convexas según su forma, la corrección máxima por curva vertical está dada por:

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

donde:

- P2 = Pendiente de salida
- P1 = Pendiente de entrada
- L = Longitud de curva vertical
- OM = Ordenada media

La corrección para cada punto cualquiera será:

$$Y = \frac{OM}{(L/2)^2} * X^2$$

donde X es la distancia del punto intermedio de la curva a la estación deseada.

### 3.3.2.2 GABARITO

Es la representación gráfica en perfil, de las diferentes capas que componen un pavimento y sus dimensiones. (ver gabaritos en planos finales, anexo 2)

### 3.4 CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DEL TIPO DE PAVIMENTO

Existen varios tipos de pavimentos, entre los cuales hay que elegir el más conveniente y el que más se acomode a las condiciones y necesidades del lugar.

Para escoger la mejor opción en cuanto a elegir el mejor tipo de pavimento, se deben considerar algunos aspectos como los siguientes:

- a). costo de cada uno de los posibles pavimentos;
- b). tipo de tránsito que pasará sobre el pavimento;
- c). accesibilidad de los materiales a usar en la construcción del pavimento;
- d). tipo de mano de obra;
- e). fondos con que se cuenten.

Generalmente, el aspecto del inciso C, es el que influye determinadamente en la mayoría de los casos en el interior de la república, ya que es difícil que se cuente con una planta cercana de materiales asfálticos, por lo que resulta muy caro el transporte de estos materiales para elegir un pavimento flexible.

Entre los tipos de pavimentos existentes, se encuentran los siguientes:

- a). Flexible: ---- Asfaltos
- b). Semi-Flexible: ---- Adoquinados, empedrados
- c). Rígido: ---- Planchas de concreto de alta resistencia.

### 3.5 ELEMENTOS ESTRUCTURALES DEL PAVIMENTO

#### 3.5.1 PAVIMENTO

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

##### 3.5.1.1 TIPOS DE PAVIMENTO

Atendiendo a la forma como distribuyen las cargas sobre la subrasante, se definen dos tipos de pavimentos: los pavimentos rígidos que están formados por losas de concreto, los que debido a su consistencia y alto módulo de elasticidad, utilizan la acción de viga para distribuir la carga en un área de suelo relativamente grande. En este tipo de pavimento, la mayor parte de capacidad estructural es proporcionada por la losa de concreto, además existen los pavimentos flexibles, los que están constituidos por asfaltos y en los cuales, la carpeta de rodadura produce una mínima distribución de cargas, las cuales se distribuyen por el contacto de partículas en todo el espesor del pavimento.

Además de esta clasificación, existe el pavimento de adoquín, que por la forma como se distribuyen las cargas en las capas inferiores a la superficie de rodadura, se le considera un pavimento semiflexible.

### 3.5.1.2 SUBRASANTE

Es el suelo natural donde se construirá el pavimento. Puede estar formado por un suelo natural mejorado o una sustitución de éste. El tipo de suelo que forma la subrasante, depende de las características que tenga, las cuales se obtienen a través de los ensayos de laboratorio.

Los espesores de las diferentes capas del pavimento, dependen de la capacidad soporte de la subrasante, la cual se clasifica en los siguientes rangos:

C.B.R.	Calidad de la subrasante
0% - 3%	muy mala
3% - 5%	mala
5% - 20%	regular a buena
20% - 30%	excelente

Comúnmente, los suelos de mala calidad son los que tienen materia orgánica y arcilla en exceso. Para evitar los efectos nocivos de este tipo de suelos, la mejor opción es sustituirlos.

La subrasante, debe compactarse hasta obtener como mínimo el 95% de compactación, respecto de la densidad máxima obtenida en laboratorio.

### 3.5.1.3 SUBBASE

Es la capa que se coloca sobre el subrasante. Se usa solamente en pavimentos flexibles. Su espesor varía entre 10 y 70 centímetros, dependiendo del método de diseño utilizado.



## FUNCIONES Y CARACTERÍSTICAS DE LA SUBBASE

- a) Transmitir y distribuir las cargas provenientes de la base.
- b) Servir de material de la transición entre el suelo de subrasante y la base.
- c) Romper la capilaridad de la terracería y drenar el agua proveniente de la base.
- d) Ser susceptible de compactación, es decir, que la compresión o la vibración conduzca fácilmente, a una disposición estable de las partículas correspondientes a una cantidad de vacíos reducida y a una densidad seca.
- e) Ser poco sensible al agua, para lo cual, es preciso que la proporción de finos arcillosos sea pequeña. Son ideales los suelos cuyo índice de plasticidad sea nulo o menor a cinco.
- f) Conservar en las condiciones hidrométricas más desfavorables una consistencia suficiente.
- g) El material no deberá tener un hinchamiento mayor del 1%.
- h) El agregado grueso retenido en el tamiz No. 10, deberá tener un porcentaje de desgaste no mayor de 50 a 100 revoluciones, determinado por el método de los Ángeles.
- i) El material debe ser seleccionado y tener mayor capacidad de soporte que el terreno de fundación compactado.
- j) Distribuir uniformemente a la subrasante, las cargas provenientes de las capas superiores.
- k) Sirve de capa de drenaje al pavimento, por lo que, generalmente, se hace de material granulado.

- 1) Controlar los cambios de volumen de la subrasante, evitando así, el daño al pavimento.

El material de subbase debe cumplir con las siguientes especificaciones:

- debe 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.

#### 3.5.1.4 BASE

Es la capa, que trasmite las cargas provenientes de la capa de rodadura, hacia las capas inferiores. Generalmente, está formada por materiales granulares como piedra triturada, arena, grava o suelos estabilizados. Su espesor varía entre 10 y 30 centímetros.

Evita el Bombeo, es decir, el ascenso de los finos a la superficie por las juntas, ayuda a evitar los cambios de volumen de las capas inferiores.

Las especificaciones con las que debe cumplir un material de base son:

- 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 de 50% a 500 revoluciones en la prueba de Los ángeles;

- Debe tener un límite Líquido menor de 25 y un índice de plasticidad menor de 6;
- el equivalente de arena debe ser mayor de 40.

#### **FUNCIONES Y CARACTERÍSTICAS DE LA BASE**

- a. Transmitir y distribuir las cargas provenientes de las superficies de rodadura.
- b. Servir de material de transición entre las subsase y las carpetas de rodadura.
- c. Drenar el agua que se filtre a través de las carpetas y hombros hacia las cunetas.
- d. Ser resistentes a los cambios de temperatura, humedad y disintegración por abrasión producida por el tránsito.
- e. El material deberá tener una relación de valor soporte de California o C.B.R. no menor de 90% a un porcentaje de compactación de 95% para una penetración de 0.1 pulgada.
- f. El material no deberá tener un hichamiento mayor de 0.5%.
- g. Evitar el bombeo (pavimento rígidos).

#### **3.5.1.4.1 TIPOS DE BASE**

##### **BASES DE GRAVA O PIEDRA TRITURADA**

Son bases de materiales provenientes de la explotación de minas, de roca o de pedreras naturales.

#### **BASES DE GRAVA Y SUELO**

Los materiales utilizados en este tipo de bases pueden encontrarse en estado natural o provenir de la mezcla de gravas con suelos.

#### **BASES DE ARENA ARCILLA**

Estas bases son mezclas que, debidamente proporcionadas, tienen considerable resistencia a la desintegración cuando han sido compactadas con la humedad óptima a su máxima densidad. En estas condiciones llegan a tener alto valor soporte, arriba del 80% de C.B.R.

#### **BASES DE SUELO CEMENTO**

Las mezclas de determinados suelos con cemento portland, forman las bases de suelo cemento. Las bases de suelo cemento son altamente resistentes a la desintegración, llegando a tener un valor de soporte o C.B.R., arriba del 80%; posteriormente, se les puede colocar la carpeta de rodadura.

Las bases de suelo cemento, no deben usarse como superficie de rodadura, porque no son capaces de resistir la acción directa del tránsito, aunque su aparente textura así lo representa.

#### **3.5.1.5 SUPERFICIE DE RODADURA**

Es la capa sobre la cual se aplican directamente las cargas del tránsito; se coloca encima de la base y está formada por una mezcla bituminosa si es pavimento flexible, por una losa de concreto de cemento portland si es pavimento rígido o por adoquines si es un pavimento semiflexible.

Esta capa protege a las capas inferiores de los efectos del sol, las lluvias y las heladas; además, resisten con un desgaste mínimo los esfuerzos producidos por el tránsito.

### 3.5.1.6 JUNTAS UTILIZADAS EN PAVIMENTOS RÍGIDOS

Las juntas tienen por objeto controlar los esfuerzos del concreto, debido a su expansión y contracción, además de no permitir la formación de grietas irregulares en la losa del concreto. Las juntas más comunes en un pavimento rígido son:

- a) juntas longitudinales;
- b) juntas transversales;
- c) juntas de expansión;
- d) juntas de construcción.

#### A) JUNTAS LONGITUDINALES

Controlan el agrietamiento longitudinal. La separación máxima entre juntas longitudinales es de 12.5 pies (3.81 mts.), es la que determina el ancho del carril.

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

#### b) JUNTAS TRANSVERSALES

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

La profundidad de la ranura debe ser igual a un cuarto del espesor de la losa (como se indica en la figura 1), la separación máxima de las juntas transversales es de 15 pies (4.57 mts.), la colocación de barras de transferencia depende de las características de la subrasante y del tipo de tránsito para el pavimento.

**c) JUNTAS DE EXPANSIÓN**

Se construyen para disminuir las tensiones, cuando el concreto se expande. Se colocan obligadamente frente a estructuras existentes y en intersecciones irregulares. Cuando las juntas de contracción controlan, adecuadamente, el agrietamiento transversal, las juntas de expansión no son necesarias.

Su construcción consiste en dejar una separación de 2 cm. en todo el espesor de la losa, la cual se rellena con un sello impermeable y compresible.

**d) JUNTAS DE CONSTRUCCIÓN**

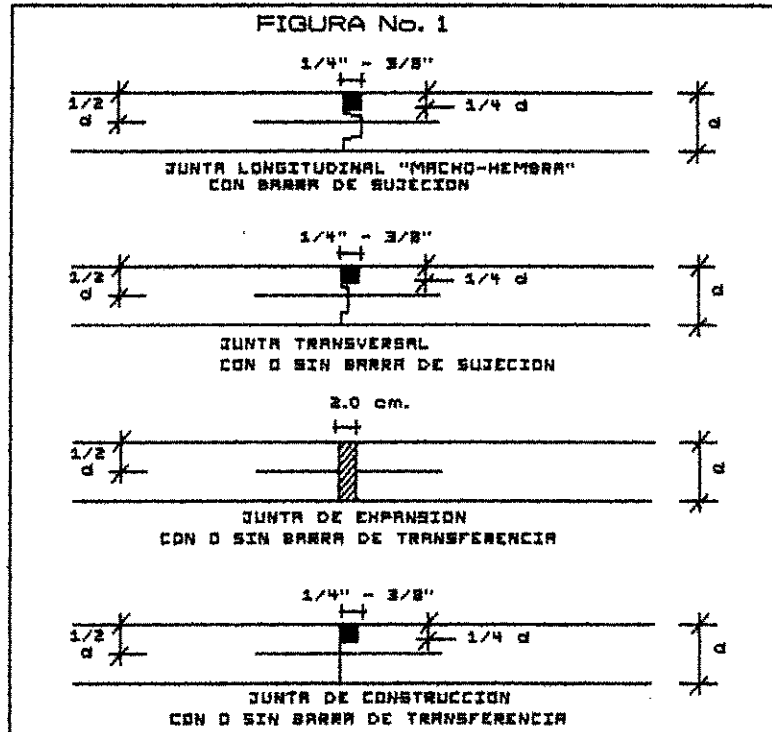
Se construyen cuando hay una interrupción mayor de 30 minutos en la colocación del concreto. Son del tipo trabado, es decir que se forma una cara vertical con una traba apropiada.

**3.5.2 MÉTODO Y PROCEDIMIENTO DE DISEÑO PARA PAVIMENTO RÍGIDO**

Los diferentes métodos de diseño que se utilizan en la construcción de pavimentos rígidos, se describirán, detenidamente, en el próximo capítulo con título "Desarrollo del proyecto realizado", también se incluirán los procedimientos utilizados en el método elegido.

**3.5.2.1 DISEÑO DE LA MEZCLA DE CONCRETO:**

En toda obra de ingeniería, es importante diseñar la mezcla de concreto a utilizar, esto para que el concreto que se va a necesitar en cualquier estructura, alcance la resistencia deseada o máxima y la obra no tenga fallas. En el próximo capítulo se describirá el diseño de la mezcla de concreto para pavimentos rígidos de 2 tipos. (ver figura 1 siguiente hoja)



### 3.6 ESTUDIO DEL DISEÑO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL

Este se hace con el objetivo de diseñar conductos que lleven en forma ordenada y técnica las aguas pluviales y calcular dichas aguas que se concentran en un determinado lugar.

#### 3.6.1. CALCULO DE CAUDALES

##### 3.6.1.1 CAUDAL DE DISEÑO

Existen varios métodos para calcular el caudal de diseño en un sistema de drenaje aguas pluviales, pero el que más se utiliza actualmente, dado a que los datos obtenidos por éste son bastante aceptables, es el método racional y está dado por:

$$Q = \frac{C I A}{360} * 100$$

DONDE:

Q = Caudal en M<sup>3</sup>/Seg.

C = Coef. de Escorrentía (valor integrado)

A = Área a drenar en Ha.

I = Intensidad de Lluvia

(Cada uno de estos componentes se describirá más adelante)

### 3.6.1.2 FACTOR DE HARMOND

Este factor está dado por la siguiente relación:

$$F.H. = \frac{18 + \sqrt{P}}{4 + \sqrt{P}}$$

DONDE:

P = Población servida expresada en miles de habitantes, es decir, si la población es de 5,000 => P = 5

En conclusión el F.H. es el factor o valor estimado del número de usuarios que esté haciendo uso del sistema de drenaje. (generalmente, este factor se utiliza solamente en el caso de un sistema combinado).

### 3.6.1.3 PENDIENTES MAXIMAS Y MINIMAS

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

### 3.6.1.4 VELOCIDADES DE DISEÑO MAXIMA Y MINIMAS

La velocidad máxima admisible en tuberías de concreto, trabajando a sección llena, depende de la resistencia con que se fabrique (tabla No. 1)

En Guatemala la velocidad máxima admisible es de 3.00 m/seg.



Respecto de la velocidad mínima admisible en tuberías de concreto es de 0.6m/seg, esto hace que los sólidos no sedimenten y, por consecuencia, no se obstruya la tubería.

TABLA No. 1

RESISTENCIA DEL CONCRETO A LOS 28 DÍAS		VELOCIDAD MÁXIMA ADMISIBLE
Kg/Cm <sup>2</sup>	Lbs/Pul <sup>2</sup>	Mts/Seg
140	2,000	3.00
210	3,000	5.00
250	3,600	5.00
280	4,000	6.50
315	4,500	7.50

Aunque existen regiones que utilizan velocidades máximas de 7 M/Seg. como Suiza y en la ciudad de Chile, toman velocidades máximas mayores de los 5.00 M/Seg. Por supuesto que estos valores también dependen de las condiciones de tubería que se den.

### 3.6.1.5 FORMULA DE MANNIG

En la actualidad la relación de Mannig es la más utilizada en el diseño hidráulico de drenajes y está dada por:

$$C = \frac{(R)^{1/6}}{n}$$

DONDE:

N = Coeficiente de Rugosidad de Manning

R = Radio hidráulico

Al sustituir el valor de "C" en la expresión de Chezy, se deduce la fórmula general de Mannig:

$$V = 0.003429 * D^{2/3} * S^{1/2} / n$$

DONDE:

V = Velocidad de flujo a sección llena (M/Seg).

D = Diámetro nominal de la sección circular (pulg)

S = Pendiente de la gradiente hidráulica (m/m)

N = Coeficiente de rugosidad de Manning

n = 0.13 para tubos de concreto mayores de 23" de diámetro y 0.15 para tubos de concreto de 23" o de menor diámetro

Con esta fórmula general de Mannig se calculan capacidades, velocidades, diámetros y pendientes de un sistema, ésta se recomienda en primer término para tuberías de concreto.

### 3.6.1.6 FACTOR DE RUGOSIDAD

Este valor varía dependiendo del tipo de tubería a utilizar en el sistema, dichos valores y tipo de tubería se describen en la tabla No. 2.

TABLA No. 2

TIPO DE TUBERÍA	COEFICIENTE DE RUGOSIDAD "n"
De cemento (cemento y arena)	0.015
De concreto (cemento y agragados)	0.013
De Asbesto cemento	0.011
PVC centroamericano	0.010
PVC mexicano o de América del Sur	0.009
PVC Europeo - USA	0.007
De barro vitrificado	0.005

### 3.6.1.7 FACTOR DE ÁREA

Este factor determina el área a drenar, generalmente, éstas se calculan como áreas tributarias y, a su vez, expresadas en hectáreas y se calculan de la siguiente manera:

se toman a escala las distancias, dividiendo las manzanas en triángulos, cuyos lados salgan a partir de un punto central hacia los extremos de los pozos de visita.

### 3.6.1.8 FACTOR DE ESCORRENTÍA

Es el porcentaje del agua total llovida tomada en consideración, puesto que no todo el volumen de precipitación pluvial drena por medio de alcantarilla natural o artificial. Esto se debe a la evaporación, infiltración, retención en quedades del suelo, etc.

Este coeficiente está en función del material sobre el cual circula el agua y varía desde 0.01 a 0.95.

El coeficiente de escorrentía promedio se calcula por medio de la siguiente relación:

$$C = \frac{\sum C * a}{\sum a}$$

DONDE:

$C * a$  = Sumatoria de los productos de las áreas parciales multiplicado por su correspondiente valor del coeficiente de escorrentía relativa (ver tabla No. 3)

$a$  = Sumatoria de las áreas parciales

TABLA No. 3  
VALORES DE COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA RELATIVA "C"

TIPO DE SUPERFICIE	MÍNIMO	MÁXIMO
Techos impermeables	0.70	0.95
Pavimentos de asfalto en buen estado	0.85	0.90
Pavimentos de empedrado o adoquinado	0.75	0.85
Pavimento de Macadan	0.25	0.60
Superficies sin pavimentar, patios y lotes sin construir	0.10	0.30
Parques, jardines, prados, dependiendo de su pendiente y características del sub-suelo	0.05	0.25
Zona de la ciudad más densamente poblada o construída	0.70	0.90
<b>VALORES DE "C" PARA ZONAS</b>		
Zonas comerciales en el centro de la ciudad	0.70	0.95
En la periferia	0.50	0.70
<b>ZONAS RESIDENCIALES</b>		
Departamentos	0.50	0.70
Casas solas	0.30	0.50
Sub-urbanas	0.25	0.70
<b>ZONAS INDUSTRIALES</b>		
Ligera	0.50	0.80
Densa	0.60	0.90
Parques, cementerios	0.10	0.25
Campos deportivos	0.20	0.35
Áreas no desarrolladas	0.05	0.25

### 3.6.1.9 FACTOR DE INTENSIDAD DE LLUVIA

Intensidad de lluvia es el espesor de la lámina de agua por unidad de tiempo, producida por ésta; suponiendo que el agua permanece en el sitio donde cayó. Se mide en milímetros por hora.

La intensidad de lluvia se determinó de acuerdo a curvas de intensidad de lluvia elaboradas por el Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología, con base en estaciones pluviométricas ubicadas a inmediaciones de la cabecera departamental.

La probabilidad de ocurrencia se tomará de 10 años, dada la fórmula siguiente:

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

DONDE:

t = tiempo de concentración en minutos.

### 3.6.2 CÁLCULO DE COTAS INVERT

Estas cotas se calculan con base en la pendiente y la distancia del tramo respectivo.

La Cota Invert de salida de un pozo deberá ser 3 cms. más abajo que la cota invert de entrada más profunda, como mínimo.

Cuando en un pozo de visita entra una tubería y sale otra de diferente diámetro, la cota invert de salida estará, como mínimo, la diferencia de los diámetros de la cota invert de entrada.

Cuando a un pozo llegan 2 o 3 tubos, el que sale deberá llevar una cota invert 3 cms. más baja que la cota invert del tubo más bajo que llegue.

### 3.6.3 DIÁMETRO DE TUBERÍAS

En el diseño de un sistema de alcantarillado pluvial, se toma como diámetro mínimo 12", según lo establece el reglamento de construcción de alcantarillados de la Municipalidad de Guatemala.

Los diámetros de tuberías en un sistema pluvial varían desde 8" hasta mayores de 60".

### 3.6.4 POZOS DE VISITA

Los pozos de visita son parte de las obras accesorias de un alcantarillado y son empleados como medios de inspección y limpieza.

Los pozos tienen en su parte superior un marco y una tapadera hecha de concreto con una abertura neta de 0.50 a 0.60 m. El marco descansa sobre las paredes hasta alcanzar un diámetro de 1.20 M. a una distancia de 0.90 m. de la boca del pozo. Su profundidad es variable y sus paredes suelen ser construidas de ladrillo de barro cocido, cuando son pequeñas y de hormigón, cuando son muy grandes y profundos.

### 3.6.5 NORMAS Y RECOMENDACIONES

Según las normas para construcción de alcantarillados, se recomienda colocar pozos de visita en los siguientes casos:

- a). en toda intercepción de colectores;
- b). al comienzo de todo colector;
- c). en todo cambio de dirección, si el colector no es visitable interiormente;
- d). en tramos rectos, a distancias no mayores de 100 a 120 metros;

- e). en las curvas de colectores visitables, a no más de 30 m;
- f). en todo principio de ramal, se deberá proveer un pozo de visita;
- g). cada vez que la tubería cambie de diámetro y pendiente, y, en los cruces de dos o más tuberías.

### 3.6.6 PROFUNDIDAD DE POZOS DE VISITA

Como se indico anteriormente los pozos de visita varían en cuanto a su tamaño o profundidad y esto obedece a varios factores entre los cuales están:

- a). pendiente del terreno,
- b). topografía del terreno,
- c). caudal de diseño,
- d). ubicación del pozo,
- e). tubos que contribuyen al pozo,
- f). cotas de entrada al desfogue o descarga.

Generalmente la altura mínima de un pozo de visita es de 1.80 metros y la máxima depende del ingeniero diseñador de la red o sistema, el cual debe tomar en cuenta criterios de construcción de alcantarillas, como también, los costos. Es obvio que mientras más altura tenga un pozo de visita el costo se incrementará más de lo estimado, por lo tanto, un buen diseño implica un costo razonable.

### 3.6.7 PROFUNDIDAD DE TUBERÍAS

La profundidad mínima para instalar la tubería debe ser tal que el espesor del relleno evite el daño a los conductos ocasionados por las cargas vivas y de impacto. En todo diseño de un sistema de drenaje pluvial, se deben respetar las profundidades mínimas que expresa el reglamento de construcción de drenajes de la Municipalidad de Guatemala, los cuales se aprecian en la tabla No. 3-a.

TABLA No. 3-a  
 PROFUNDIDAD MÍNIMA DE COLOCACIÓN  
 DE LOS COLECTORES PRINCIPALES

DIÁMETRO EN PULGADAS	PROFUNDIDAD MÍNIMA INCLUYENDO EL DIÁMETRO EN M.
8	1.50
10	1.75
12	2.00
14	2.00
16	2.00
18	2.00
20	2.00
24	2.00
30	2.70
36	3.25
40	3.35
42	3.80
60	4.00
DIÁMETROS MAYORES	DIÁMETRO + 2.00



## CAPÍTULO IV

### 4. DESARROLLO DEL PROYECTO DE PAVIMENTO RIGIDO Y DRENAJE PLUVIAL

Descripción de los trabajos realizados en los diseños de los pavimentos rígidos o de concreto y diseño de la red de drenaje pluvial en un sector de la zona 4 de la ciudad de San Marcos.

Este trabajo comprende el diseño del pavimento rígido y de drenaje pluvial de la 5ta. Calle de la zona 4 en el departamento de San Marcos.

De acuerdo con lo solicitado por el departamento de ejercicio profesional supervisado E.P.S. de la facultad de Ingeniería, se consideraron, para el diseño, un tipo de pavimento: el rígido o de concreto de cemento portland.

Las calles a Pavimentar son:

- 5ta. Calle (completa)
- 5ta. Calle "A"
- 5ta. Calle "B"
- 5ta. Calle "Prolongación"

La longitud total del proyecto es de 4,200 m, aproximadamente.

Como parte de este diseño, se realizaron los trabajos siguientes :

- a) ejecución de perforaciones y obtención de muestras alteradas, representativas de la subrasante y base ( en tramo ya pavimentado )
- b) levantamiento topográfico.

- c) ejecución de ensayos de Laboratorio.
- d) Determinación de los parámetros y criterios para el diseño del pavimento rígido.
- e) Diseño y dimensionamiento de los pavimentos rígidos o de concreto Portland.
- f) Recopilación de las especificaciones técnicas de construcción y elaboración, de las especificaciones técnicas especiales.
- g) Elaboración de costos para los pavimentos rígidos (c-I y c-II)
- h) Elaboración de planos y detalles finales.
- i) Diseño de la red de drenaje pluvial.
- j) Recopilación de especificaciones técnicas.
- k) Elaboración de costos de la red de drenaje.
- l) Elaboración de planos y detalles finales.

#### 4.1 DISEÑO DEL PAVIMENTO RIGIDO PARA UN SECTOR DE LA ZONA 4, SAN MARCOS

Para determinar las características físicas y mecánicas del suelo de fundación o subrasante y base, se tomaron 6 muestras (4 de subrasante y 2 de base) a cada 500m, de 1m, de profundidad, aproximadamente, las que se encuentran localizadas a lo largo del proyecto, las dimensiones de dichos agujeros fueron de 1.00 \* 0.4m cada muestra fué identificada con el número que le correspondía, según el lugar de donde fué obtenida. Posteriormente, se trasladaron al laboratorio de suelos del Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, en donde se le practicaron los ensayos correspondientes.

#### 4.2 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

El levantamiento topográfico, se efectuó con equipo de la Unidad técnica de la municipalidad de San Marcos, dicho equipo se describe más adelante.

El levantamiento consistió en 2 partes:

- a) planimetría;
- b) altimetría.

##### 4.2.1 PLANIMETRÍA

En esta parte del levantamiento se utilizó el equipo siguiente:

- 1 teodolito marca Wild T-1 (Con error de 1 seg)
- 1 estadia
- 1 plomada con punta de acero
- 1 cinta métrica de 25 m.
- 1 almódana de 6 Lbs. de peso
- pintura y clavos
- 100 Estacas de madera (aproximadamente)

Se procedió a realizar el levantamiento sobre una línea central camino (Calles) y se utilizó una poligonal abierta, empleando el método de conservación de Azimut. Los cálculos se realizaron con base a los datos obtenidos en campo, y éstos se encuentran en las libretas topográficas, y que por razones obvias, no se incluyen en este material. (El resultado del trabajo de gabinete, son los planos, y se encuentran en el anexo No. 2)

#### 4.2.2 ALTIMETRÍA

Para esta parte del levantamiento se utilizó el equipo siguiente:

- 1 nivel de precisión marca Wild
- 1 estadia
- 1 cinta métrica de 25 m
- 60 estacas (aproximadamente)

Después de haber realizado el levantamiento planimétrico de la línea central del camino, se procedió a sacarle las cotas de la sub-rasante (nivelarla), tomando lecturas a cada 20 m en terreno plano y cada 10 o 5 m en terreno con mucha pendiente. (ver planos en anexo No. 2)

#### 4.3 EJECUCIÓN DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Los ensayos realizados para determinar cada una de las características del suelo de fundación o subrasante y base fueron los siguientes:

- a) PARA LAS MUESTRAS DE SUBRASANTE
  - Determinación del límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad (AASHTO T-89 y T-90)
  - Ensayo de compactación para el contenido óptimo de humedad (Proctor modificado), (AASHTO T-180, AASHO Modificado)
  - Valor soporte de california o C.B.R. (AASHTO T-193) utilizando el método de compactación (AASHTO T-180)
  - Análisis granulométrico o granulometría (AASHTO T27)

b) PARA LAS MUESTRAS DE BASE

- Los mismos que para las muestras de subrasante incluyendo ademas:
- equivalente de arena (AASHTO T-176)  
(Los resultados de los ensayos arriba mencionados, se encuentran en el anexo No 1)

4.3.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los resultados obtenidos de los ensayos realizados a las muestras representativas, asi como las gráficas pueden observarse en el anexo 1. De estos resultados dependen los espesores de las diferentes capas que formarán el pavimento.

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

a) PARA LA MUESTRA DE SUBRASANTE

Clasificación P.R.A = A-2-5 (ver fig 2)

Descripción = Limo areno Arcilloso - café oscuro

L.L. = 41%

I.P. = 8.6%

Peso unitario seco máximo = 97 Lb/pie<sup>3</sup>

Humedad óptima = 20.7%

C.B.R. = 95% a 70% de compactación.

(Ver resultados en anexo No.1)

Como puede observarse, este suelo es de muy buena calidad y cumple con los requisitos de subrasante, por lo que es recomendable que se cimente un pavimento sobre él.

b) PARA LA MUESTRA DE BASE

Clasificación = P.R.A. = A-2-4 (ver fig. 2)

Descripción = Limo areno arcilloso - gris claro.

L.L. = 31.8%

I.P. = 3.4%

Peso unitario seco máximo = 111.2 lb/pie<sup>3</sup>

Humedad óptima = 12.75%

(Ver resultados en anexo No.1)

C.B.R. = 99% a 88% de compactación

Por lo que el material existente de base no es muy recomendable, de tal manera que se sugiere remover dicho material, ya que no cumple con las especificaciones técnicas para material de base y utilizar material selecto de buenas condiciones (estas especificaciones para material de base, están descritas en el capítulo III)

#### 4.4 PARÁMETROS Y CRITERIOS PARA EL DISEÑO DEL PAVIMENTO RÍGIDO DE LA 5ta. CALLE ZONA 5 - SAN MARCOS.

##### 4.4.1 MÉTODOS DE DISEÑO

La asociación del cemento portland (P.C.A.), ha desarrollado 2 métodos, para determinar el espesor de la diferentes capas de un pavimento que resista las cargas que ocasiona el tránsito. estos métodos son:

##### a) MÉTODO DE CAPACIDAD

Se utiliza, cuando es posible obtener datos exactos de carga de tránsito.

##### b) MÉTODO SIMPLIFICADO

Se utiliza cuando no es posible obtener datos de carga por eje.

Para el diseño del pavimento rígido de este proyecto se utilizó el método simplificado.

Para el método de diseño antes mencionado se consideraron dos clasificaciones de tránsito para las distintas calles. En consecuencia, existirán dos tipos de pavimento rígido:

C - I y C - II ; los que a continuación se detallan:

#### Tipo I

Pavimento para calles residenciales con tránsito ocasional de vehículos comerciales, carga máxima por eje simple de 20,000 Lbs y eje tandem de 36,000 Lbs.

#### Tipo II

Pavimento para calles principales de vehículos comerciales y de rutas de buses, con circulación de tránsito general. Carga máxima por eje simple de 22,000 Lbs. y eje tandem de 38,000 lbs.

#### 4.4.2 PERÍODO DE DISEÑO

El período de diseño utilizado en las diferentes calles de la zona 4 de San Marcos fué de 20 años.

#### 4.4.3 SUBRASANTE

De acuerdo con los resultados de los ensayos de laboratorio (ver resultados en anexo 1) se deduce que los pavimentos en las calles que no están pavimentadas, tendrán como cimiento un buen material de subrasante.

#### 4.4.4 BASE

El uso de la base en los pavimentos rígidos se hace necesario, para evitar el bombeo o expulsión hacia arriba a través de las juntas, de los finos saturados del suelo de la subrasante.

Para la base del pavimento rígido, se utilizará material selecto de buena calidad, es decir, que cumpla con todas las especificaciones de los materiales para base.

La selección de espesor de la base para el pavimento rígido, se realizó de la manera siguiente: con un valor soporte de la

sub-rasante (C.B.R.) de 3%, que corresponde a un módulo de reacción de la subrasante "K" de 100 Lbs/pulg<sup>3</sup> (P.C.I.) (ver fig No. 3), se localiza en la tabla "4-a" el valor de "K" (100 Lbs/pulg<sup>3</sup>), que corresponde a un espesor de base de 4" = 10 cms.

#### 4.4.5 CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO DE CEMENTO PORTLAND

El concreto se elaborará de acuerdo con las especificaciones AASHTO M-157-86. Se utilizará cemento con puzolanas, especificación ASTM C-595. El agregado fino cumplirá las especificaciones ASSHTO M-6-86 y AASHTO T-21-81 y T-104-86. El agregado grueso, cumplirá con las especificaciones AASHTO M-80-72 y AASHTO T-96-83 y T-104-86.

#### 4.4.6 MÓDULO DE RUPTURA (MR) DEL CONCRETO

Se tomó un módulo de ruptura de 600 Lbs/pulg<sup>2</sup> (42 Kg/cm<sup>2</sup>) a los 28 días de curado, según los métodos: AASHTO T-97-86 o ASTM C-78 utilizando el criterio de la P.C.A, este valor corresponde por correlación a un esfuerzo de compresión no confinada del 15% de 4,000 P.S.I (281 Kg/cm<sup>2</sup>) a los 28 días de curado, métodos: AASHTO T-22-86 o ASTM C39.

#### 4.5 DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO DEL PAVIMENTO RÍGIDO

El tipo C-I con bordillo integrado, el cuál se utilizará en los siguientes tramos:

- 5ta. Calle "A"
- 5ta. Calle "prolongación" (ambas no están pavimentadas) (menor número de vehículos por día)

El tipo C-II con bordillo integrado se utilizará en los tramos siguientes:

- 5ta Calle Completa.
- 5ta Calle "B"

(mayor número de vehículos pesados por día)



Para el dimensionamiento y diseño de los pavimentos rígidos para todos los tramos, se utilizó el método de la Portland Cement Association "PCA" , que posteriormente se detallará.

#### 4.6 MÉTODO DE DISEÑO DE LA PORTLAND CEMENT ASSOCIACIÓN (PCA) DE U.S.A (1,984)

Este método fué publicado por la PCA en un documento "Thickness Design for Concrete Highway and Street Pavements". Es un método simplificado el cual, reduce considerablemente el espesor de la losa de un pavimento determinado (de 2.5 a 3.5 centímetros).

Para este método han sido generadas tablas de diseño, basadas en la distribución compuesta de ejes de carga que representan las diferentes categorías de carreteras y tipos de calles. Un amplio rango de cargas por eje (para distintas situaciones) es cubierto por las cuatro categorías mostradas en la tabla No. 6. La figura No.3 muestra relaciones aproximadas entre varios valores de conexión de subrasantes y en caso de que los datos de las pruebas de laboratorio no estén disponibles, la tabla No. 5 lista aproximadamente los valores de "K" (módulo de reacción de la subrasante), para diferentes tipos de suelos (esto, cuando no se conoce su respectivo C.B.R.) si una sub-base o base va a ser usada, el valor combinado subrasante-base "Ks" se incrementa de acuerdo con las tablas No. "4-a" ó "4-b".

#### LOS PASOS DEL DISEÑO SON LOS SIGUIENTES

- a. Estimar ADTT (Tránsito promedio diario pesado, en dos direcciones) excluyendo camiones de dos ejes y 4 llantas.
- b. Seleccionar la categoría del eje de carga, según la tabla No.6
- c. Encontrar el espesor de la losa requerida en la tabla respectiva.

En el uso correcto de la tabla No.6, los valores ADT (Tránsito promedio diario en ambas direcciones) y ADTT (Tránsito promedio diario pesado en ambas direcciones) no son usados como criterio principal para seleccionar la categoría del eje de carga. Los datos se muestran únicamente para ilustrar valores típicos.

El valor de diseño ADTT (tránsito promedio diario pesado en ambas direcciones) deberá ser obtenido por medio de un conteo, para así estimar con exactitud la cantidad de vehículos pesados que circularán por este lugar o en otro sector con una composición de tránsito similar.

La tabla No. "7", incluye diseños para pavimentos con o sin banquetas o márgenes (hombros). ésta, lista los diferentes ADTT (tránsito promedio diario pesado en ambas direcciones) permitidos para un período de diseño de 20 años; para otros períodos, multiplíquese el ADTT estimado por la relación;  $N/20$ ; donde "N" es el número de años deseados; así por ejemplo, si un período de 30 años es deseado, multiplíquese el valor estimado de ADTT por  $30/20$ . En términos generales, el efecto del período de diseño sobre el espesor de la losa será mayor para pavimentos que llevan mayor volumen de tránsito de vehículos pesados.

#### TRÁNSITO

El principal factor en la determinación del espesor de un pavimento, es el tránsito que pasará sobre él, por eso, es necesario conocer datos como:

TPD: tránsito promedio diario de camiones en ambas direcciones, carga por eje de camiones.

TPDC: tránsito promedio diario de camiones en ambas direcciones, carga por eje de camiones.

El TPDC puede ser expresado como un porcentaje del TPD, el dato del TPD se obtiene de contadores especiales de tránsito o por cualquier otro método de conteo.

Según el tipo de tránsito que pasará sobre este pavimento y siendo una calzada principal, se determinó por medio de conteo, que le corresponde una categoría 3, con un rango de 3,000 a 12,000 vehículos y un 80% a 30% de TPDC (esto para la 5ta. Calle y 5ta."b")

Para los dos tramos restantes (5ta. "A" y prolongación) se determinó que le corresponde una categoría dos, con un rango de 700 a 5,000 vehículos y un 5% a 18% de TPDC.

A continuación se describe el procedimiento del diseño del pavimento rígido, Tipos C-I y C-II:

#### TIPO C-I

- Se utilizará un módulo de ruptura (MR) del concreto a 600 psi.
- Como ya se indicó, se utilizará una base de 13 centímetros (5.1 pulg) de espesor.
- Al utilizar esta base, el valor del módulo de reacción combinado de la subrasante, se incrementará a 135 PSI (Ks), según tabla No. "4-a".
- Según la clasificación del tipo de tránsito, en la tabla No. 6, se escoge la categoría No. 2.
- El valor combinado "Ks" del módulo de reacción de 135 PSI según la tabla No. 5, está clasificado en la categoría "mediana" (medio 130-170).

Tomando en cuenta todos los datos que con anterioridad se listaron, se busca en la tabla No. "No.7" (categoría No.2) al lado derecho (donde existe bordillo integrado), el valor del módulo de ruptura del concreto; que como ya se indicó, será de 600 psi y, además, se busca, el valor del módulo de reacción "Mediana" y, un tránsito promedio diario "pesado" de 84 (ya que 620 está muy por encima del intervalo; 45-150) se obtiene un espesor de losa de 6 pulgadas. Por consiguiente, el diseño quedará de la manera siguiente:

- losa de concreto de 15 centímetros de espesor;
- base de 10 centímetros de espesor ver en anexo 2.

#### TIPO C-II

Para este diseño, se utilizarán los mismos datos que para el diseño anterior (Tipo C-I); solamente cambiará el número de vehículos pesados por día. De la tabla "No.7" (categoría No. 2) al lado derecho (donde existe bordillo integrado) con un módulo de ruptura del concreto de 600 psi y, un valor del módulo de reacción "mediana" para un promedio diario de tránsito "pesado" de 620 (que está por encima de intervalo; 150-500) se obtiene un espesor de losa de 6.50 pulgadas. Por consiguiente, el diseño del pavimento Tipo C-II, quedará de la manera siguiente:

- losa de concreto de 18 centímetros de espesor.
- base de 10 centímetros de espesor. (ver plano en anexo 2)

#### NOTA

El dimensionamiento del pavimento rígido se llevó a cabo en el entendido que el concreto a utilizar tendrá un módulo a la ruptura (MR) " no menor" de 600 Lbs/pulg.2; (métodos AAHTO T-97-86 o ASTM C-78). Utilizando el criterio de la PCA este valor corresponde por correlación a un esfuerzo de compresión no confiada de 4,000 lbs/pulg2; ambos valores a los 28 días de curado (método AASHTO T-

22-86 o ASTM C-39). El concreto a utilizar será de cemento con puzolanas, especificación ASTM C-595; (ver criterios y parámetros de diseño en el capítulo III).

#### 4.7 TAMAÑO DE LOSAS Y JUNTAS

Las losas se han considerado sin refuerzo y como ya se indicó, tendrá las dimensiones siguientes: de 3.50 m. de ancho por 4.50 m. de longitud máxima, dependiendo de su respectivo gabarito (ver plano 2 en los anexos). Para ambos casos, la junta longitudinal tendrá llave en medio de los carriles. Se ha considerado utilizar juntas de contracción transversales, aserradas a una profundidad de 1/4 del espesor de la losa. En estas juntas, la transferencia de carga es por la interacción de los agregados.

#### 4.8 DISEÑO DE LA MEZCLA DE CONCRETO

En el diseño de la mezcla de concreto, se utilizaron tablas, que son resultados de numerosos ensayos de laboratorio y que ayudan a obtener mezclas con las características deseadas (ver tablas de la 8 a la No. 11).

Al requerir un concreto con una resistencia a la compresión de 4,000 Lbs/plg<sup>2</sup>, a los 28 días de curado, la tabla 8 indica un revenimiento máximo de 8 cm., la tabla 9 de una relación agua-cemento de 0.44; conociendo el revenimiento máximo de la mezcla, se obtiene de la tabla 10, la cantidad de agua por metro cúbico de concreto, que para este caso es de 195 Lts/m<sup>3</sup>, utilizando un tamaño máximo del agregado grueso de 1 pulgada. El porcentaje de arena sobre el agregado total, se obtiene de la tabla 11, al conocer el tamaño máximo del agregado grueso. Para este caso es de 42%.

##### 4.8.1 PASOS PARA EL DISEÑO DE LA MEZCLA

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

$$\text{cemento} = \frac{195 \text{ Lts/m}_3}{0.44}$$

$$\text{cemento} = 443.18 \text{ Kg/m}^3,$$

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

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

$$\text{agregado} = 2,400 - 443.18 - 195 \quad \text{agregado} = 1761.82 \text{ Kg/m}^3$$

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

$$\text{arena} = 1761.86 \times 42\% \quad \text{arena} = 739.96 \text{ Kg/m}^3$$

- d) La cantidad de piedrín será, el agregado total menos la cantidad de arena:

$$\text{piedrín} = 1761.82 - 739.96 \quad \text{piedrín} = 1021.86 \text{ Kg/m}^3$$

Se concluye, entonces, que la proporción final será:

cemento	:	arena	:	piedrín
<u>443.18</u>	:	<u>739.96</u>	:	<u>1021.86</u>
443.18		443.18		443.18
1	:	1.67	:	2.31

Tomando en cuenta que en obra es muy difícil trabajar con fracciones, se adopta una proporción de 1 : 2 : 3 con la condición de tener una estricta supervisión, para asegurar la calidad de la mezcla.

Sistema de Clasificación de los Suelos, Public Roads Administration, (PRA)  
 Proceder de izquierda a derecha

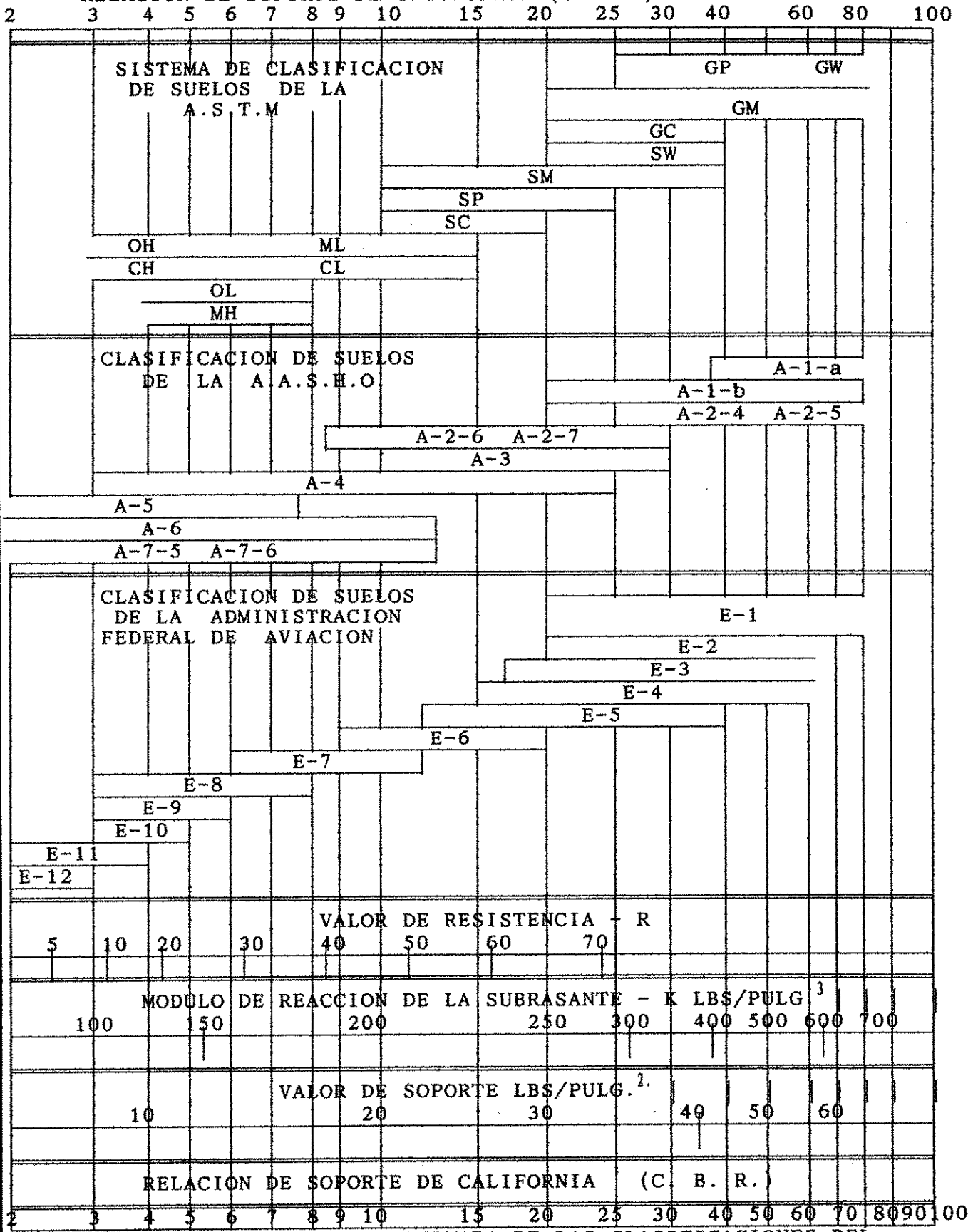
## CLASIFICACION PRA

		Suelos granulares: 35% o menos pasa malla #200				Suelos Arcillosos y Limosos: Más de 35% pasa malla #200					
Grupo	Sub-Grupo	A-1		A-3	A-2			A-4	A-5	A-6	A-7-5* A-7-6*
		A-1-c	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6				
	%Pasa Malla # 10 Malla # 40 Malla # 200	50 max 30 max 15 max	50 max 30 max	51 min 10 max	35 max	35 max	35 max	36 min	36 min	36 min	36 min
	Plasticidad fracc. pasa malla # 40 LL IP	6 max		N.P.	40 max 10 max	41 min 10 max	40 max 11 min	40 max 10 max	41 max 10 max	40 max 11 min	41 min 11 min
	I. de G	0		0	0		4 max	8 max	12 max	16 max	20 max
	Materiales Constitutivos	Fragmentos de piedra, grava y arena		Arena fina	Grava y/o arena, limosas		Grava y/o arena, arcillosas	Suelos limosos		Suelos arcillosos	
	Calidad (subrasante)	Excelente a buena				Regular a mala					

\*A-7-5: IP menor o igual a LL - 30  
 \*A-7-6: IP mayor que LL - 30

FIGURA No. 2

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)



INTERRELACION APROXIMADA DE LAS CLASIFICACIONES DEL SUELOS Y LOS VALORES DE SOPORTE FIGURA No. 3



TABLA 4-a. Efectos de sub-base no tratadas sobre los valores de K.

Sub-rasante valores de K PCI.	sub-base valores de K PCI.			
	4 pulg.	6 pulg.	9 pulg.	12 pulg.
50	65	75	85	110
100	130	140	160	190
200	220	230	270	320
300	320	330	370	430

TABLA 4-b. Valores de diseño de K para su-bases tratadas con cemento.

Sub-rasante valores de K PCI.	sub-base valores de K PCI.			
	4 pulg.	6 pulg.	9 pulg.	12 pulg.
50	170	230	310	390
100	280	400	520	640
200	470	640	830	

TABLA 5.

TIPOS DE SUELOS DE SUB - RASANTES Y  
VALORES APROXIMADOS DE K.

TIPOS DE SUELOS	RANGO DE	
	SOPORTE	VALORES DE K P C I
- 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
- Sub-bases tratadas con cemento.	Muy Alto	250 - 400

TABLA No. 6 CATEGORÍA DE CARGAS POR EJE

CARGA POR EJE CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	TRÁNSITO			MÁXIMA CARGA POR EJE KIPS	
		ADT	ADIT		EJE SENCILLO	EJE TANDEM
			%	POR DIA		
1	calles residenciales carreteras rurales y secundarias (bajo a medio)	200 a 800	1-3	Arriba de 25	22	36
2	calles colectoras carreteras rurales y secundarias (altas) carreteras primarias y calles arteriales (bajo)	700 a 5000	5-18	de 40 a 1000	26	44
3	calles arteriales y carreteras primarias (medio) supercarreteras o interestatales urbanas y rurales. (bajo a medio)	3000 a 12000 2 carriles 3000 a 50000 4 carriles o más	8-30	de 500 a 5000	30	52
4	calles arteriales, carreteras primarias, super carreteras (altas) interestatales urbanas y rurales (medio a alto)	3000 a 20000 2 carriles 3000 a 150000 4 carriles o más	8-30	de 1500 a 8000	34	60

- Los descriptores Alto. Medio y Bajo, se refieren al peso relativo de las cargas por eje para el tipo de calle o carretera.
- ADTT: Camiones dos ejes, camiones de cuatro llantas excluidos.

**TABLA No. 7. ADTT. Permisible. Carga por eje Categoría 2. Pavimentos con juntas con agregado de trave.**

Concreto Sin hombros de concreto o bordillo					Concreto Con hombros de concreto o bordillo					
Espesor de Losa Pulg.	Soporte BAJO	Sub-rasante ME-DIO	Sub-base ALTO	MUY ALTO	Espesor de losa Pulg.	Soporte BAJO	Sub-rasante MEDIO	Sub-base ALTO	MUY ALTO	
MR = 650 psi	5.5			5	5		3	9	42	
					5.5	9	42	120	450	
	6		4	12	59	6	96	380	700	970
	6.5	9	43	120	490	6.5	650	1000	1400	2100
	7	80	320	840	1200	7	1100	1900		
	7.5	490	1200	1500						
	8	1300	1900							
MR = 600 psi	6				11	5		1	8	
	6.5		8	24	110	5.5	1	8	23	98
	7	15	70	190	750	6	19	84	220	810
	7.5	110	440	1100	2100	6.5	160	620	1400	2100
	8	590	1900			7	1000	1900		
	8.5	1900								
MR = 550 psi	6.5			4	19	5.5		3	17	
	7		11	34	150	6	3	14	41	160
	7.5	19	84	230	890	6.5	29	120	320	1600
	8	120	470	1200		7	210	770	1900	
	8.5	560	2200		7.5	1100				
	9	2400								

Análisis de erosión controla el diseño; de otro modo el análisis de fatiga controla.

TABLA No. 8

ESTRUCTURA	ASENTAMIENTO (REVENIMIENTO)
CIMIENTOS, MUROS COLUMNAS, VIGAS	10 cm.
PAVIMENTOS LOSAS	8 cm.

TABLA No. 9

RESISTENCIA (Kg/cm <sup>2</sup> )	RELACIÓN AGUA-CEMENTO
352	0.30
316	0.38
281	0.44
246	0.51
211	0.58
176	0.67

TABLA No. 10

ASENTAMIENTO (cm.)	lts. de agua por m <sup>3</sup>				
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"
3 - 5	205	200	185	180	175
8 - 10	225	215	200	105	180
15 - 18	240	230	210	205	200

TABLA No. 11

TAMAÑO MÁXIMO AGREGADO GRUESO	% DE ARENA SOBRE AGREGADO TOTAL
3/8"	48
1/2"	46
3/4"	44
1"	42
1 1/2"	40

#### 4.9 DISEÑO HIDRÁULICO DE DRENAJE PLUVIAL DE UN SECTOR DE LA ZONA 4, EN LA CIUDAD DE SAN MARCOS. (Desarrollo del Proyecto de Drenaje Pluvial)

A continuación se detallará el procedimiento seguido en el diseño: (el cuadro del diseño hidráulico completo se muestra en la tabla No. 17).

##### 4.9.1 PERÍODO DE DISEÑO

El período de diseño seleccionado es de 30 años para la red de drenaje pluvial, esto se debe a que la inversión es alta y no convendría diseñar para un período menor.

##### 4.9.2 COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA

En este diseño se obtuvo un coeficiente de escorrentía promedio de acuerdo a:

$$C = \frac{\sum c * a}{\sum a}$$

Ejemplo de la integración del coeficiente "C" para el tramo 1-2.

% DE ÁREAS	C	a	c * a
Techos 30%	0.80	0.090	0.072
Calle 28%	0.90	0.084	0.0756
Patios 20%	0.40	0.060	0.024
Jardines 22%	0.20	0.066	0.0132
Sumatorias	2.30	0.30	0.1848

ENTONCES, SE TIENE QUE:

$$C = \frac{0.1848}{0.30}$$

$$C = 0.616 = 0.62$$

#### 4.9.3 INTENSIDAD DE LLUVIA

La probabilidad de ocurrencia se tomó de 20 años dada la fórmula siguiente:

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

DONDE:

T = Tiempo de concentración en minutos

Ejemplo Tramo 1-2

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

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

#### 4.9.4 ÁREAS TRIBUTARIAS

Todas las áreas se tomaron en Hectáreas.

Ejemplo de cálculo:

TRAMO	DISTANCIA	A. TRIBUTARIAS	A.T. ACUMULADAS
1-2	67.50	0.30	0.30
2-3	50.00	0.20	0.50

#### 4.9.5 PENDIENTE DEL TERRENO

Para calcular la pendiente del terreno se utiliza la relación siguiente:

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

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Biblioteca Central



Ejemplo: Tramo 1-2

$$S \% = \frac{99.95 - 99.75}{67.50} * 100$$

$$S \% = -0.296 = -0.30$$

$$S = -0.3\%$$

#### 4.9.6 TIEMPO DE CONCENTRACIÓN

Como tiempo de entrada o inicial se utilizó 12 min. para el tramo 1-2, para el tramo 2-3 se calculó el tiempo, con la relación siguiente

$$T_2 = T_1 + L/60V$$

DONDE:

$T_1$  = Tiempo de concentración en el tramo anterior en minutos

$L$  = Longitud del tramo anterior en metros

$V$  = Velocidad a sección llena en el tramo anterior en m/seg.

Ejemplo:

$$T_2 = 12 + 67.50 / 60 * 0.85$$

$$T_2 = 13.323 \text{ minutos}$$

#### 4.9.7 CAUDAL DE DISEÑO

Para hallar el caudal de diseño se utiliza el método racional, expresado por:

$$q = \frac{C I A}{360} * 1,000$$

Ejemplo:

$$q = \frac{0.62 * 72.75 * 0.30}{360} * 1,000$$

$$q = 42.75 \text{ Lts./Seg}$$

#### 4.9.8 VELOCIDAD DEL FLUJO A SECCIÓN LLENA

La velocidad del flujo a sección llena se calculó con la relación de Manning así:

$$V = 0.003429 * D^{2/3} * S^{1/2} * n$$

DONDE:

D = Diámetro nominal de la sección circular

S = Pendiente hidráulica

n = Coeficiente de rugosidad para tubos de 24" o menor diámetro (0.15)

Ejemplo: Tramo 1-2

$$V = 0.003429 * 12^{2/3} * 0.5^{1/2} / 0.018$$

$$V = 0.85 \text{ m/seg.}$$

#### 4.9.9 CAUDAL A SECCIÓN LLENA

Para calcular el caudal a sección llena se utilizó la relación siguiente:

$$Q = 0.5067074791 * D^2 * V$$

DONDE:

D = Diámetro del tubo en pulgadas

V = Velocidad a sección llena en m/seg

Ejemplo: Tramo 1-2

$$Q = 0.5067074791 * 12^2 * 0.85$$

$$Q = 62.02 \text{ Litros/seg.}$$

Teniendo el caudal medio y el caudal máximo se obtiene la relación  $q/Q$ , con este valor se encuentra en la gráfica de elementos hidráulicos (figura No. 4), el valor de  $v/V$ ; para esto se levanta una perpendicular hasta interceptar la curva de gasto, de este punto se traza una línea horizontal hasta encontrar la curva de velocidades, de este nuevo punto de intersección se baja otra perpendicular hasta encontrar el valor de  $v/V$

DONDE:

$v$  = Velocidad de gasto

$V$  = Velocidad a tubo lleno.

despejando  $v$  así:

$v/V$  = Valor del gráfico

$v = V * (\text{valor del gráfico})$

Ejemplo: Tramo 1-2

$$q = 0.85$$

$$Q = 61.82$$

Dividiendo:

$$\frac{q}{Q} = 0.0137496$$

Este valor se busca en la gráfica de la figura No. 4 y da el valor de  $v/V = 1.078$ , entonces se despeja  $V$ , y se tiene:

$$V = 1.078 * 0.85$$

$$V = 0.92 \text{ m/seg}$$

$$0.60 < 0.92 < 3.00 \quad \text{O.K.}$$

Por lo que cumple con la especificación de velocidades máximas y mínimas.

#### 4.9.10 PROFUNDIDAD DE TUBERÍAS

El tubo debe tener una profundidad mínima, respecto de la superficie del terreno y ésta es de 1.20 m + el diámetro exterior del tubo.

Ejemplo: tramo 1-2

$$1.50 + 0.30 = 1.80 \text{ m}$$

Como se mencionó, la profundidad máxima no tiene un límite, pero esto lo debe decidir el ingeniero diseñador.

#### 4.9.11 COTAS INVERT

Éstas se calculan de la siguiente manera:

Ejemplo: tramo 1-2

$$\text{Cota del terreno} = 99.75$$

$$\text{Cota invert de salida} = 99.75 - 1.80$$

$$\text{Cota invert de salida} = 97.85$$

Cota invert

$$\text{de entrada} = \text{cota invert de salida} - \text{longitud} * \text{pendiente}$$

$$\text{CIE} = \text{CIS} - L * S\%$$

$$\text{Cota invert de entrada} = 97.85 - 67.50 * 0.005$$

$$\text{Cota invert de entrada} = 97.51$$

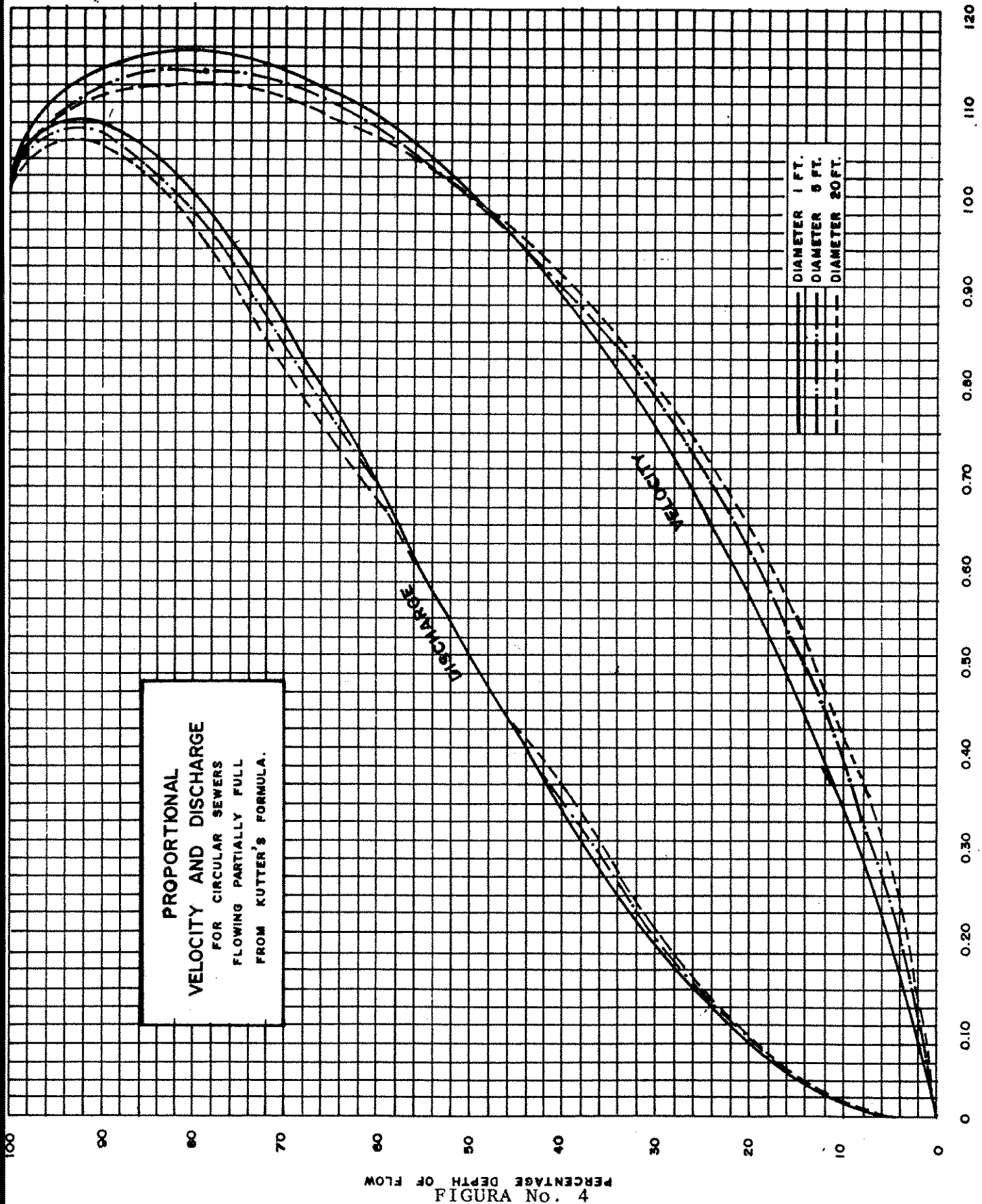


FIGURA No. 4



#### 4.9.12 PLANOS FINALES

Teniendo las cotas invert finales, se procede a trasladar estas cotas finales a los formatos A-1 planta perfil, en donde quedará terminada la fase de diseño del sistema. Los planos finales del diseño de drenaje pluvial de este proyecto, fueron elaborados por el dibujante, a una escala conveniente tanto en la planta como en el perfil. El total de planos hechos es de 13 formatos, éstos incluyen el diseño de pavimento rígido y diseño de la red de drenaje pluvial (ver planos en anexo 2)

#### 4.10 PRESUPUESTO DE MATERIALES

En toda obra de ingeniería es necesario conocer su costo, para determinar si el beneficio esperado es lo suficientemente grande como para que el gasto se considere mínimo.

Los costos se calcularon con base en los precios que se manejan en el departamento de San Marcos, costos que casi no varían en el occidente del país.

#### 4.11 PRESUPUESTO DE MANO DE OBRA

##### 4.11.1. CONSIDERACIONES

Cuando se ejecutan proyectos de cualquier tipo, generalmente, la encargada de cubrir el costo de mano de obra es la municipalidad de San Marcos, sin embargo, dentro del costo total de la obra se consideró el presupuesto de mano de obra, es decir, pago de maestro de obras, albañiles y ayudantes.

A continuación se presenta el presupuesto de materiales y mano de obra de ambos proyectos.

No.	REGLÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
<b>A. MATERIALES</b>					
1	<b>PAVIMENTO</b>				
	Cemento	Bolsa	45,374.00	26.00	117,973.00
	Arena de río	M <sup>3</sup>	2,546.00	60.00	152,790.00
	Piedrín	M <sup>3</sup>	2,546.50	65.00	165,522.50
	Sello antisol	Galón	1,543.00	19.00	29,317.00
	Sello de juntas	MI.	2,222.00	6.00	13,332.00
	Madera formaleta	P.T.	1,530.00	2.50	<u>3,825.00</u>
					482,759.50
2	<b>BORDILLO</b>				
	Cemento	Bolsa	1,646.40	26.00	42,806.40
	Arena de río	M <sup>3</sup>	92.40	60.00	5,544.00
	Piedrín	M <sup>3</sup>	92.40	65.00	6,006.00
	Sello antisol	Galón	56.00	19.00	1,064.00
	Madera formaleta	Docena	100.00	150.00	<u>15,000.00</u>
					70,420.40
3	<b>BASE</b>		2,485.00	25.00	62,145.00
	Mat. Selecto	M <sup>3</sup>			
	TOTAL DE MATERIALES				615,324.90
<b>B. MANO DE OBRA</b>					
1	<b>MAQUINARIA</b>				
	Escarificación de base	M <sup>2</sup>	9,943.00	5.00	49,715.00
	Compactación de base	M <sup>2</sup>	9,943.00	5.00	49,715.00
	Remoción de carpeta	M <sup>2</sup>	12,963.00	5.00	<u>64,815.00</u>
					164,245.00
2	<b>PERSONAL</b>				
	Fundición de losas	M <sup>3</sup>	4,798.00	11.00	52,778.00
	Colocación de base	M <sup>3</sup>	2,486.00	4.50	11,187.00
	Colocación de formaleta	ML	5,686.00	3.00	17,058.00
	Fundición de bordillos	M <sup>3</sup>	100.00	11.00	<u>1,100.00</u>
					82,123.00



No.	REGLÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
	TOTAL MANO DE OBRA				246,368.00
	TOTAL DE RENGLONES				861,692.90
	HERRAMIENTA Y EQUIPO (3% total)				25,850.79
	IMPREVISTOS Y SUPERVISION (8% total)				68,935.43
	COSTO TOTAL				Q. 956,479.12

De acuerdo con el presupuesto anterior, el costo total de la construcción del pavimento rígido es de Q 956,479.12 y un costo de Q 98.00 por metro cuadrado (m<sup>2</sup>) de pavimento.

**PRESUPUESTO DEL DRENAJE PLUVIAL  
5TA. CALLE, SAN MARCOS**

No.	REGLÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
<b>A. MATERIALES</b>					
1	<b>POZOS Y TRAGANTES</b>				
	Ladrillos tayuyo	Unidad	72,057.00	0.55	39,631.35
	Cemento	Bolsa	1,310.00	26.00	34,060.00
	Arena de río	M <sup>3</sup>	108.00	60.00	6,480.00
	Piedrín	M <sup>3</sup>	45.00	65.00	2,925.00
	Hierro 1/2"	Varilla	270.00	15.07	4,068.00
	Hierro 1/4"	Varilla	110.00	3.77	414.70
	Alambre amarre	Libra	92.00	2.00	184.00
	Tubos de cemento	Unidad	328.00	20.00	<u>6,560.00</u>
					94,323.95
2	<b>TUBERÍA DE CEMENTO</b>				
	Tubo Ø 12"	Unidad	592.00	20.00	11,840.00
	Tubo Ø 14"	Unidad	181.00	30.00	5,430.00
	Tubo Ø 16"	Unidad	1,270.00	40.00	50,800.00
	Tubo Ø 20"	Unidad	298.00	80.00	23,840.00
	Tubo Ø 24"	Unidad	379.00	95.00	<u>36,005.00</u>
					127,915.00
<b>B. MANO DE OBRA</b>					
1	<b>PERSONAL</b>				
	Excavación	M <sup>3</sup>	8,267.00	6.00	49,602.00
	Relleno y compactación	M <sup>3</sup>	7,450.00	6.00	44,700.00
	Colocación de tubería	Unidad	2,720.00	4.90	13,328.00
	Construcción pozo	Unidad	45.00	312.00	14,040.00
	Construcción tragante	Unidad	82.00	234.00	<u>19,188.00</u>
					140,858.00
	<b>TOTAL DE RENGLONES</b>				363,096.95
	<b>HERRAMIENTA Y EQUIPO (3% total)</b>				10,892.91
	<b>IMPREVISTOS Y SUPERVISION (8% total)</b>				29,047.76
					<b>Q. 403,037.62</b>

De acuerdo con el presupuesto anterior, el costo total de la construcción de la red de drenajes es de Q 403,037.62 y un costo de Q 106.00 por metro lineal (ML) de drenaje.

## CONCLUSIONES

1. La decisión de construir un pavimento Rígido para el proyecto de la 5ta. Calle en San Marcos, se fundamentó en las razones siguientes:
  - a) La utilización de materiales locales como: arena de río, pedrín y celecto
  - b) no requiere de mano de obra especializada
  - c) no requiere equipo sofisticado
  - d) no requiere de mantenimiento permanente, puede decirse, que, el mismo se reduce considerablemente
2. De acuerdo al análisis de costo realizado, el costo del pavimento rígido, es mayor comparándolo con otros pavimentos (asfalto, adoquin), sin embargo, se considera que el pavimento rígido es la mejor solución, por las razones descritas anteriormente.
3. Para que los proyectos desarrollados en este trabajo de tesis, den los resultados esperados y, éstos lleguen al final del período de diseño en condiciones eficientes, es necesario que se tenga la supervisión técnica durante su ejecución, con lo que se garantizará el cumplimiento y aplicación de las especificaciones contenidas en los planos.
4. De acuerdo con los presupuestos de los proyectos desarrollados en este trabajo, se considera que, los mismos, no son elevados y por lo tanto factibles de realizar por la Municipalidad de San Marcos, Por cuanto dichos proyectos, representan una solución a un problema, que, por mucho tiempo han venido padeciendo los pobladores del sector de la Zona 4, de San Marcos.

## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda a la municipalidad de San Marcos, que en la construcción de un pavimento, se cuente con una estricta y experimentada supervisión técnica, esto, con el fin de reducir costos de conservación y mantenimiento
2. Se recomienda a la municipalidad de San Marcos, que para cualquier trabajo de Ingeniería, se efectúen los estudios necesarios utilizando para ello el equipo y personal calificado
3. Se recomienda a la Municipalidad de San Marcos, que, previo a la ejecución de un pavimento rígido, se realice el estudio de suelos, en laboratorio, para conocer las propiedades físicas y mecánicas del material que se utilizará como subrasante
4. Se recomienda a la Municipalidad de San Marcos la construcción de Pavimentos de tipo Rígido, para las calles y avenidas de su municipio, ya que dadas las condiciones del lugar, se encuentran buenos materiales para ser utilizados en estos pavimentos.

## BIBLIOGRAFIA

01. PORTLAND CEMENT ASSOCIATION (PCA). Desing of Concrete Pavemete for city streets.  
USA. 1,974.
02. CHACÓN VALDEZ, Henry Ernesto. Diseño de Pavimento Rígido de la Calzada Principal de el Municipio de El Progreso Tesis de graduación de Ingeniero civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala 1,995
03. DE LEÓN MOTTA, Boris Enrique Diseño del Pavimento de la Colonia La Florida  
Tesis de graduación de Ingeniero civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala 1,988
04. MONCAYO V. JESUS Manual de Pavimentos, Asfalto, Adoquín, Empedrado y Concreto  
Editorial Porrúa  
México 1.983 170 p.p
05. MORALES, César Manual de Topografía  
Editorial los Altos  
1a. Edición  
Guatemala, 1,985
06. Dirección General de Caminos Términos Técnicos en Carreteras  
Guatemala 1,984.
07. YALIBAT P. GONZALO Instructivo para laboratorio de suelos  
Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de Ingeniería, centro de Investigaciones de Ingeniería, sección de Mecánica de suelos, Guatemala 1,995.

08. ANCHERMAN ALVAREZ Manual para laboratorista de suelos en construcción de carreteras  
Tesis de graduación de Ingeniero civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, 1,988.
09. CABRERA RIEPELE, Ricardo Antonio. Apuntes de Ingeniería Sanitaria II.  
Tesis de graduación de Ingeniero civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala 1,989.
10. LOPEZ XICARÁ, RENE ERWIN. Planificación y Diseño de pavimento de las vías de comunicación y Red de Drenaje Pluvial para la Aldea El Recreo, San Marcos  
Tesis de graduación de Ingeniero civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala, 1,996
11. STEEL, ERNEST Abastecimiento de Agua y Alcantarillado  
Gustavo Gili  
Barcelona 1,953

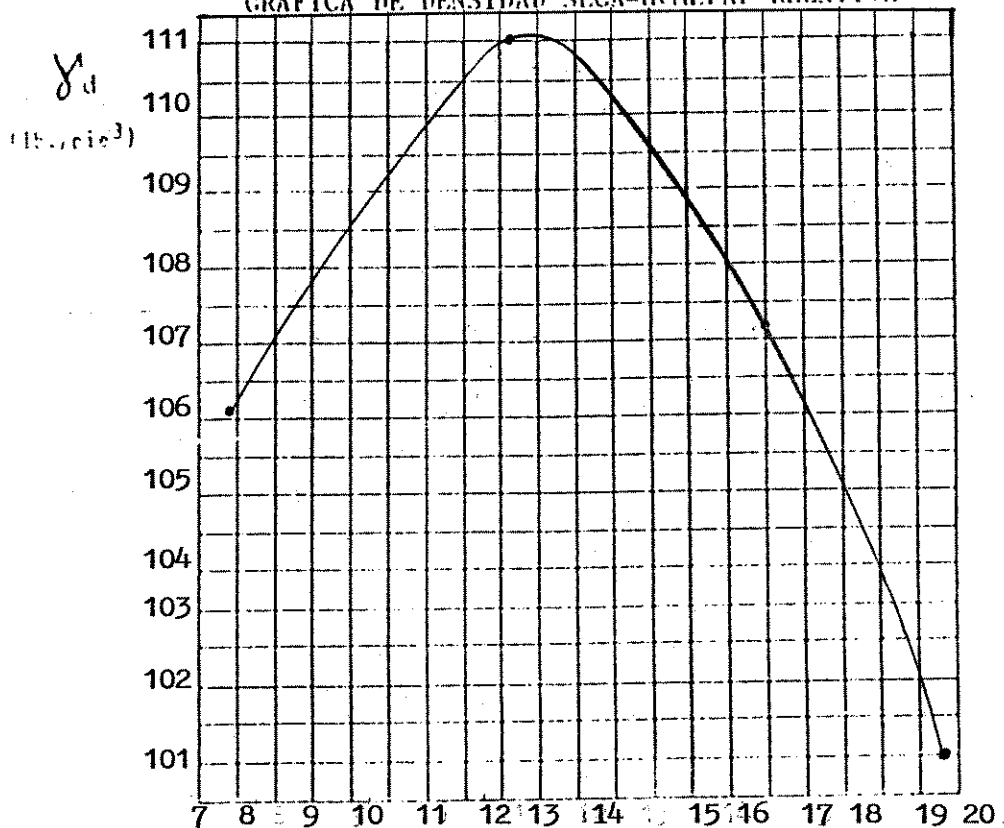
## *ANEXOS*

ANEXO 1	Resultados de laboratorio de suelos
ANEXO 2	Planos del pavimento Planos del drenaje pluvial Planos de detalles

INFORME No. 1155-SS

Interesado: EDWIN PEREZ CAHUEX Proctor Estandar ( ) Norma: \_\_\_\_\_  
 Asunto: Ensayo de compactación: Proctor Modificado ( ) Norma: \_\_\_\_\_  
 Proyecto: Pavimento 5a calle, San Marcos  
 Ubicación: San Marcos  
 Fecha: 11 de julio de 1995

GRAFICA DE DENSIDAD SECA-HUMEDAD RELATIVA



Muestra No. 2

Descripción del suelo Limo areno arcilloso color gris claro, material para base

Densidad seca óptima  $\gamma_d$  ópt(m) 1.779 t/m<sup>3</sup> 111.2 lb/ft<sup>3</sup>

Humedad óptima: w ópt(m) 12.75 %

Observaciones: Muestra proporcionada por el interesado.

Ve. No. \_\_\_\_\_

DIRECTOR DEL CII



*[Handwritten Signature]*  
 Jefe de Departamento de Suelos





Interesado: EDWIN PEREZ CAHUEX

Asunto: Ensayo CBR

Norma: AASHTO T-193

Proyecto: Pavimento 5a calle, San Marcos

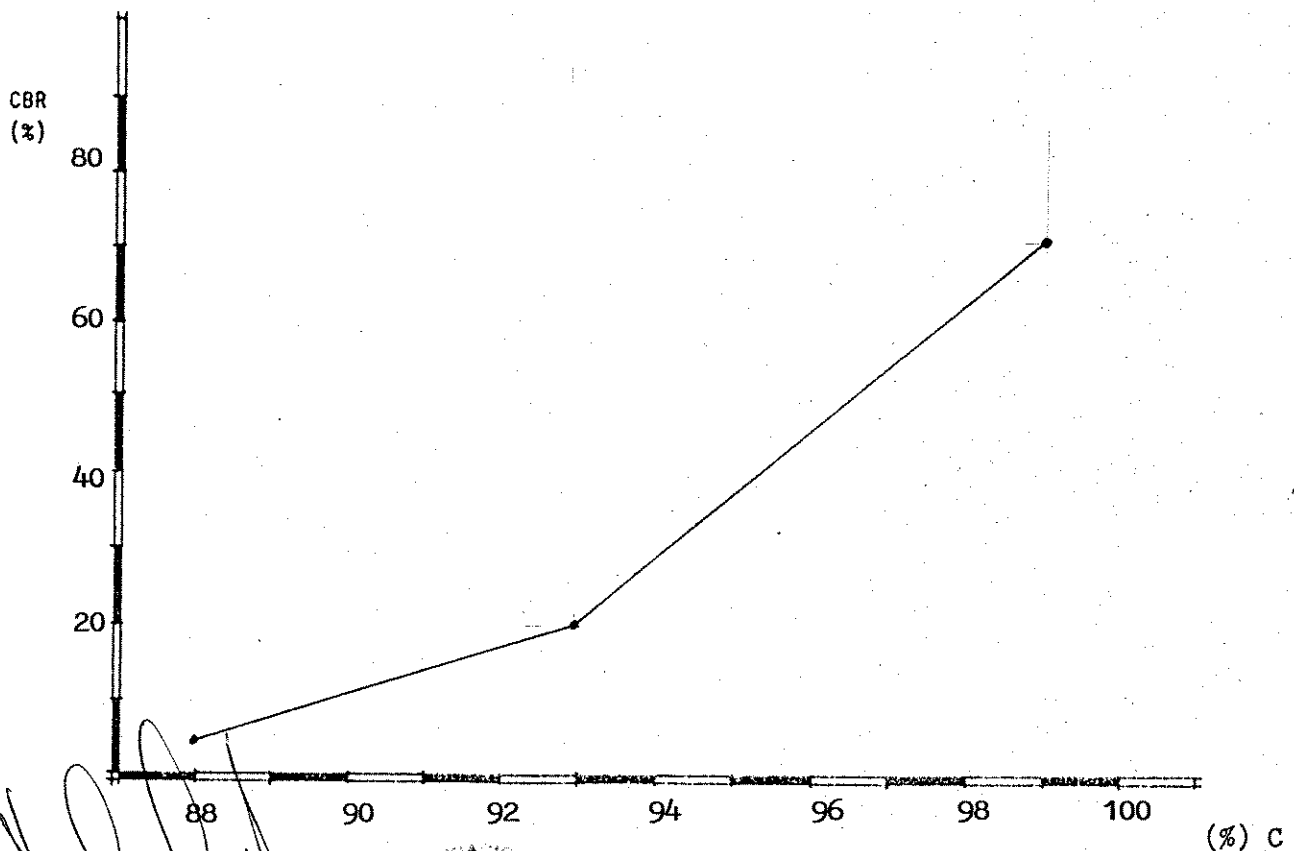
Ubicación: San Marcos

Fecha: 11 de julio de 1995.-

Muestra Nº: 2

Descripción del suelo: Limo areno-arcilloso color gris claro

PROBETA Nº	GOLPES Nº	A LA COMPACTACION		C (%)	EXPANSION (%)	CBR (%)
		W (%)	$\gamma_d$ (Kg/m <sup>3</sup> )			
1	10	12.75	1564.8	88	0.000	4.5
2	30	12.75	1659.5	93	0.000	20.2
3	65	12.75	1762.0	99	0.000	72.6



Vo. Bo. DIRECTOR C.I.I.



Atte. JEFE SECCION MECANICA DE SUELOS

CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
LABORATORIO DE SUELOS



# SECCION MECANICA DE SUELOS

OT. No. 006773  
 Fecha 11 de julio de 1995

Interesado \_\_\_\_\_

Tipo de Ensayo Con tamices y lavado previo

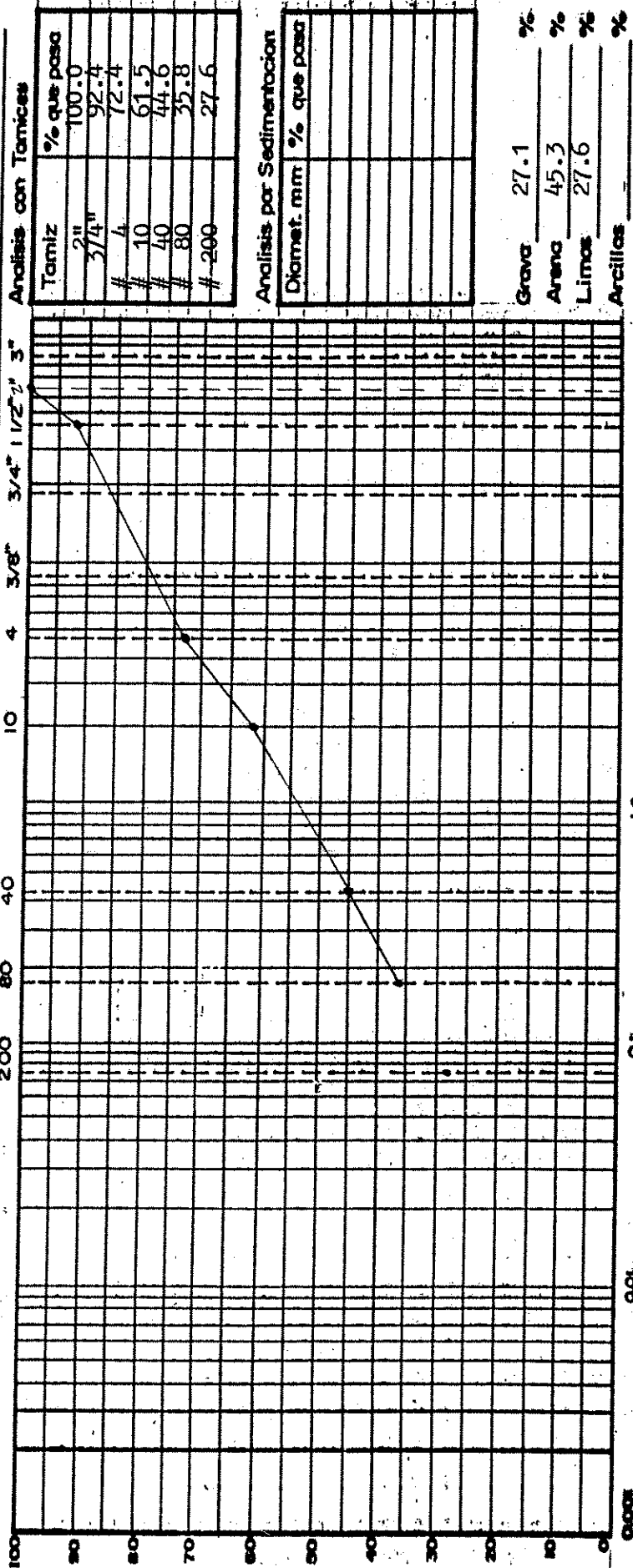
Proyecto Pavimento 5a calle San Marcos

Muestra No. 2

Norma AASHTO T-27

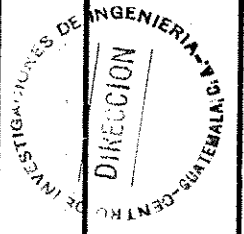
Ubicacion San Marcos 5a. calle

Procedencia San Marcos



Descripcion del suelo Limo arenoso-arcilloso color gris claro  
 Clasificacion. SCU PRA. A-2-4  
 Observaciones Muestra proporcionada por el interesado.

*[Signature]*  
 Laboratorio



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
 CIUDAD UNIVERSITARIA ZONA 12 GUATEMALA, C.A.

Director CII



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
DIRECCION GENERAL DE OBRAS PUBLICAS - MUNICIPALIDAD DE GUATEMALA



INFORME No. 1158-SS

O.T. No. 006773

INTERESADO: EDWIN PEREZ CAHUEX

FECHA: 11 de julio 1995

ASUNTO: Ensayo de Límites de Atterberg

NORMA AASHTO T-89 y T-90

PROYECTO: Pavimento 5a calle, San Marcos

UBICACION: San Marcos

RESULTADOS:

ENSAYO No.	MUESTRA No.	LL (%)	IP (%)	CSU *	DESCRIPCION DEL SUELO
1	2	31.8	6.4	ML	Limo areno-arcilloso color gris claro
		Ultima Línea			

(\*) CSU = Clasificación Sistema Unificado

OBSERVACIONES: Muestra proporcionada por el interesado.-

Atentamente,

Vo.Bo.

Ing. César Alfonso García Guerra  
DIRECTOR CII/USAC



Ing. Hugo Rolando Bosque  
Jefe Sec. Mecánica de Suelos



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
DIRECCION GENERAL DE OBRAS PUBLICAS - MUNICIPALIDAD DE GUATEMALA



INFORME No. 1167-SS

O.T.No. 006773

INTERESADO: EDWIN PEREZ CAHUX

ASUNTO: Equivalente de Arena de Una muestra de limo arenoso color gris claro extraído de la 5a calle de San Marcos

Norma: AASHTO T-176

PROYECTO: Pavimentación 5a calle San Marcos

FECHA: 11 de julio de 1995

ENSAYO No.	EQUIVALENTE DE ARENA	DESCRIPCION DEL MATERIAL
1	20.7	Limo arenoso- arcilloso color gris claro(muestra para base) Ultima Línea

Observaciones: Muestra proporcionada por el interesado.

Atentamente,

Vo.Bo.

Ing. Cesar Alfonso Garcia Guerra  
DIRECTOR CII/USAC



Jefe Sección Mecánica de Suelos

FACULTAD DE INGENIERIA - USAC

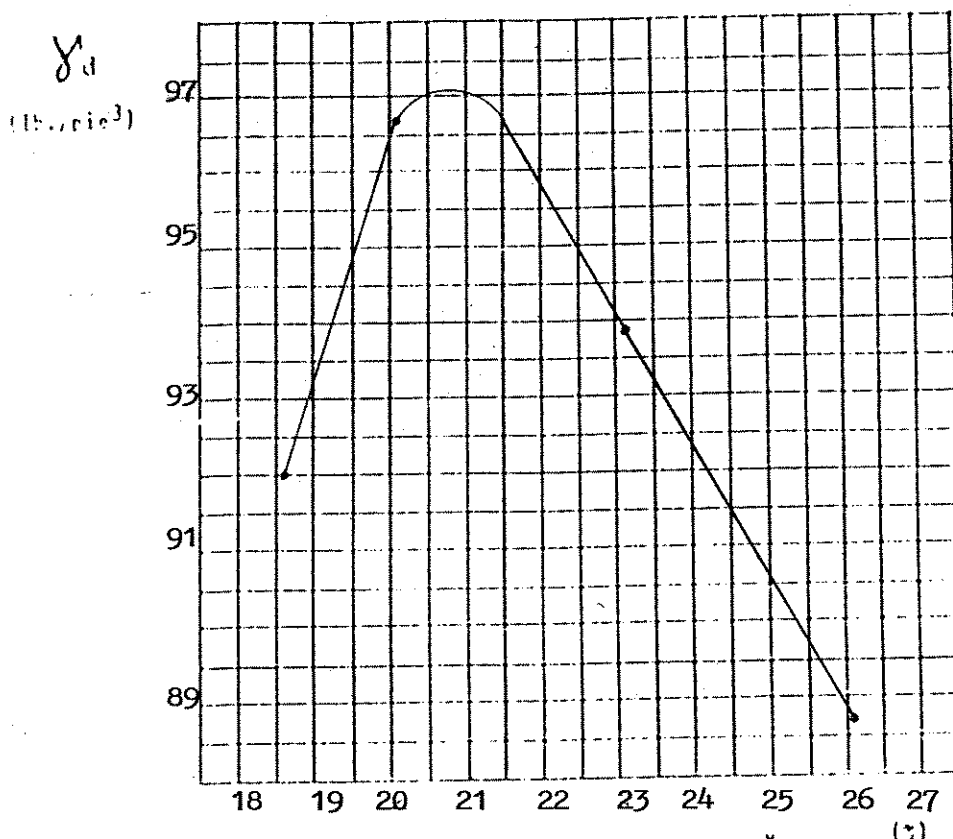
Edificio T-5, Ciudad Universitaria Zona 12

Teléfono directo 763992 - Planta 760790-4 Ext. 372 - FAX 00-502-2-763993

INFORME No. 1151-SS

Interesado: EDWIN PEREZ CAHUEX Proctor Estandar ( ) Norma: \_\_\_\_\_  
 Asunto: Ensayo de compactación: Proctor Modificado (X) Norma: AASHTO T-180  
 Proyecto: PAVIMENTO RIGIDO  
 Ubicación: 5ta. calle, zona 4  
 Fecha: 11 de julio de 1995

GRAFICA DE DENSIDAD SECA-HUMEDAD RELATIVA



Muestra No. 1

Descripción del suelo Limo arena arcilloso, café oscuro.-

Densidad seca óptima  $\gamma_d$  ope(m) 1.552 t/m<sup>3</sup> 97 lb/pie<sup>3</sup>

Humedad óptima: w ope(m) 20.7 %

Observaciones: Muestra proporcionada por el interesado.-

Atentamente,

Vo.Bo.

*[Handwritten Signature]*  
 DIRECTOR DEL C.I.  
 CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
 LABORATORIO DE SUELOS

*[Handwritten Signature]*  
 Jefe Departamento de Suelos

O.T. Nº: 006773

INFORME Nº 1152-SS

Interesado: EDWIN PEREZ CAHUEX

Asunto

Ensayo CBR

Norma: AASHTO T-193

Proyecto: PAVIMENTO RIGIDO

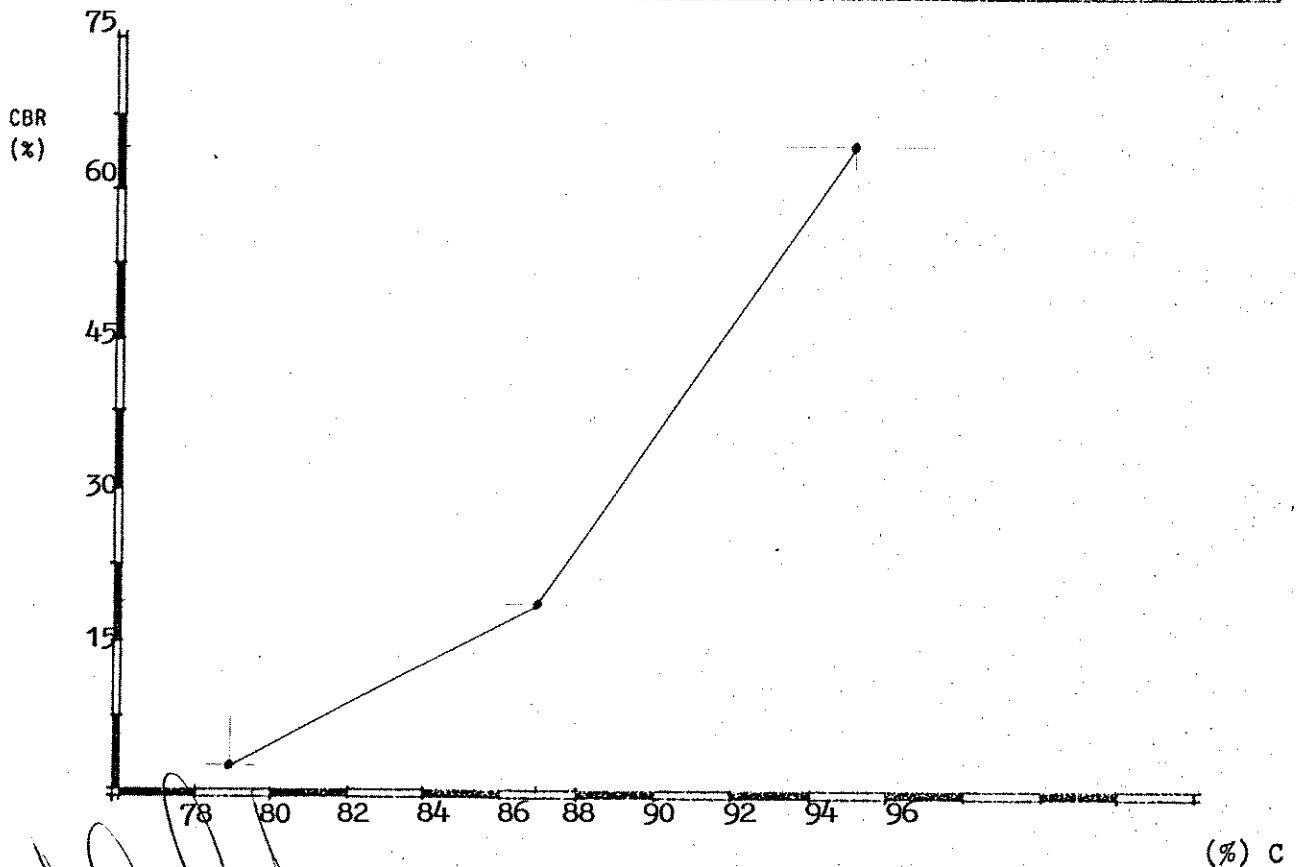
Ubicación: San Marcos

Fecha: 11 de julio de 1995

Muestra Nº: 1

Descripción del suelo: Limo arenoso arcilloso café obscuro

PROBETA Nº	GOLPES Nº	A LA COMPACTACION		C (%)	EXPANSION (%)	CBR (%)
		W (%)	$\gamma_d$ (Kg/m <sup>3</sup> )			
1	10	20.7	1216.0	78.4	0.00	3.18
2	30	20.7	1352.0	87	0.00	20
3	65	20.7	1467.2	95	0.00	69.66



Vo. Bo.

DIRECTOR C.I.T.I.



Atte

JEFE SECCION MECANICA DE SUELOS

CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
LABORATORIO DE SUELOS



# ENSAYO GRANULOMETRICO

## SECCION MECANICA DE SUELOS

INFORME-No. 1153-SS

OT. No. 006773

Fecha 11 de julio de 1995

Interesado EDWIN PEREZ CAHUEX

Tipo de Ensayo Con tamices y lavado previo

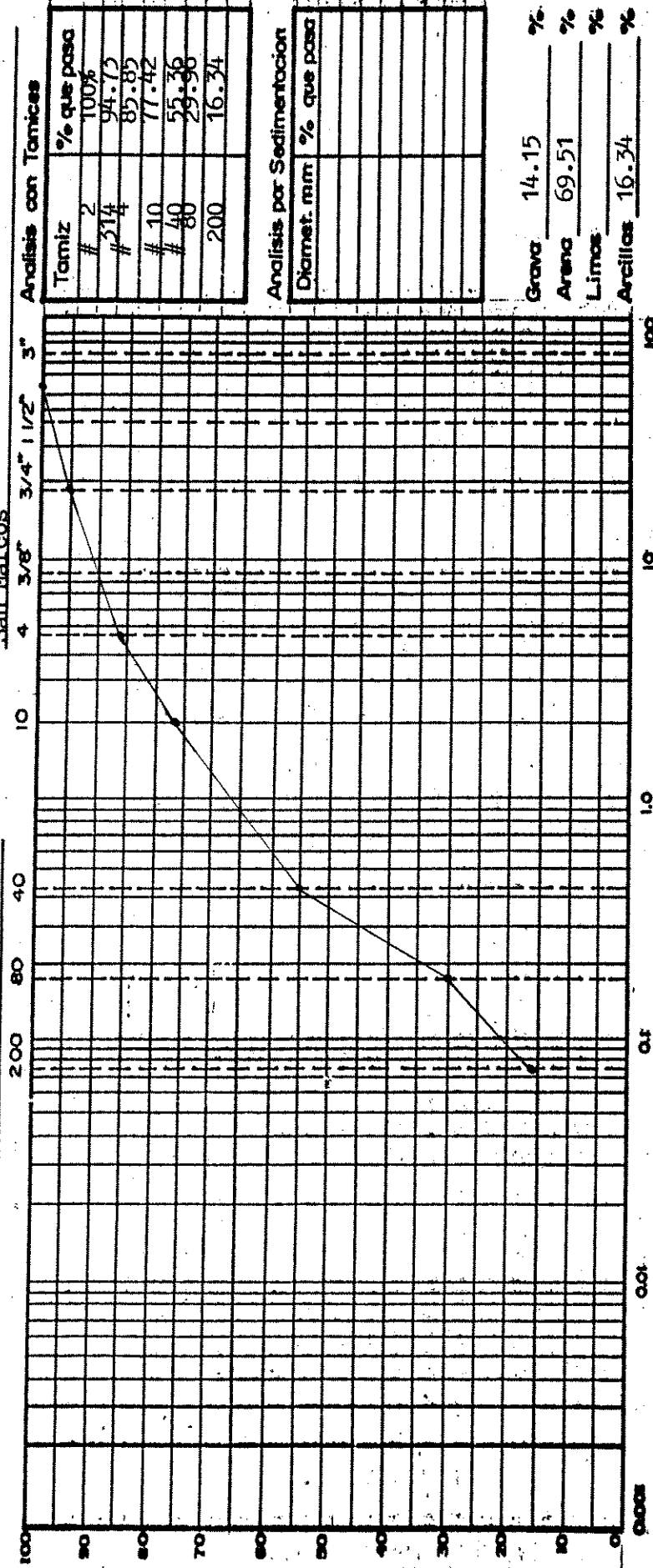
Norma AASHTO T-27

Proyecto Pavimento 5a calle 3-4

Ubicacion San Marcos

Muestra No. 1

Procedencia San Marcos

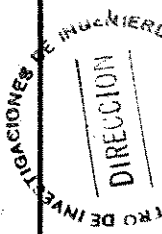


Descripción del suelo Limo arenoso-arcilloso color café oscuro

Clasificación. SCU SM PRA. A-2-5

Observaciones Muestra proporcionada por el interesado.-

*[Handwritten Signature]*  
Jefe de Laboratorio



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
CIUDAD UNIVERSITARIA ZONA 12 GUATEMALA, C.A.



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 DIRECCION GENERAL DE OBRAS PUBLICAS - MUNICIPALIDAD DE GUATEMALA



INFORME No. 1154-SS

O.T. No. 006773

INTERESADO: EDWIN PEREZ CAHUEX

FECHA: 11 de julio 1995

ASUNTO: Ensayo de Límites de Atterberg

NORMA T-89 T-90

PROYECTO: Pavimento 5a calle, San Marcos

UBICACION: San Marcos

RESULTADOS:

ENSAYO No.	MUESTRA No.	LL (%)	IP (%)	CSU *	DESCRIPCION DEL SUELO
1	1	41	8.6	ML	Limo areno-arcilloso café obscuro
		última línea			

(\*) CSU = Clasificación Sistema Unificado

OBSERVACIONES: Muestra proporcionada por el interesado

Atentamente,

*[Handwritten signature]*  
 Vo.Bo.  
 Ing. César Alfonso García  
 DIRECTOR CII/USAC

*[Handwritten signature]*  
 Ing. Hugo Rolando Bosque  
 Jefe Sec. Mecánica de Suelos

