

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

PLANIFICACION Y DISEÑO DE PAVIMENTO DE LAS VIAS DE  
COMUNICACION Y RED DE DRENAJE PLUVIAL PARA LA ALDEA  
EL RECREO, SAN MARCOS, SAN MARCOS.

TESIS

PRESENTADA A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERIA

POR

RENE ERWIN LOPEZ XICARA

AL CONFERIRSELE EL TITULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, MAYO DE 1, 996

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Biblioteca Central

08

T(3721)

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 mi trabajo de tesis  
titulado

PLANIFICACION Y DISEÑO DE PAVIMENTO DE LAS VIAS DE  
COMUNICACION Y RED DE DRENAJE PLUVIAL PARA LA ALDEA  
EL RECREO, SAN MARCOS, SAN MARCOS

tema que me fuera asignado por la Dirección de la  
Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 7 de noviembre de 1995



RENE EDWIN LOPEZ XICARA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

MIEMBROS DE LA JUNTA DIRECTIVA

DECANO	ING. JULIO ISMAEL GONZALEZ PODSZUECK
VOCAL PRIMERO	ING. MIGUEL ANGEL SANCHEZ GUERRA
VOCAL SEGUNDO	ING. JACK DOUGLAS IBARRA SOLORZANO
VOCAL TERCERO	ING. JUAN ADOLFO ECHEVERRIA MENDEZ
VOCAL CUARTO	BR. FERNANDO WALDEMAR DE LEON CONTRERAS
VOCAL QUINTO	BR. PEDRO IGNACIO ESCALANTE PASTOR
SECRETARIO	ING. FRANCISCO JAVIER GONZALEZ LOPEZ

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	ING. JULIO ISMAEL GONZALEZ PODSZUECK
EXAMINADOR	ING. JUAN MERCK COS
EXAMINADOR	ING. HUGO ROLANDO BOSQUE MORALES
EXAMINADOR	SILVIO JOSE RODRIGUEZ SERRANO
SECRETARIO	ING. FRANCISCO GONZALEZ LOPEZ



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

Ciudad Universitaria, Zona 12  
01012 Guatemala, Centroamérica

**REF.EPS.G.035.96**  
Guatemala, 19 de abril de 1,996

Señor  
Ing. Pedro Quiroa Méndez  
Coordinador de la Unidad  
de Prácticas de Ingeniería y E.P.S.  
Presente

Señor Coordinador:

Por este medio informo a usted, que en mi calidad de Asesor y Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario, de la Carrera de Ingeniería Civil, **RENE ERWIN LOPEZ XICARA**, procedí a revisar el Informe Final (TESIS), cuyo título es **PLANIFICACION Y DISEÑO DE PAVIMENTO DE LAS VIAS DE COMUNICACION Y RED DE DRENAJE PLUVIAL PARA LA ALDEA EL RECREO, SAN MARCOS, SAN MARCOS**, el cual lo encuentro satisfactorio.

Cabe mencionar que, este trabajo, constituye un aporte más de la Universidad, a la solución de los muchos problemas que nuestro país padece.

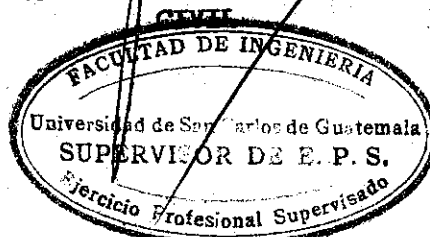
En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole, darle el trámite correspondiente.

Sin otro particular, me suscribo de usted.

Muy Atentamente,

**"ID Y ENSEÑAD A TODOS"**

Ing. Juan Merck Cos  
**ASESOR-SUPERVISOR DE E.P.S.**



JMC/lgg.  
c.c.: Archivo



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

Ciudad Universitaria, Zona 12  
01012 Guatemala, Centroamérica

REF.EPS.C.051.96

Guatemala, 22 de abril de 1,996

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

Señor Director:

Por este medio, le estamos adjuntando el Informe Final, correspondiente al Trabajo de Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), titulado **PLANIFICACION Y DISEÑO DE PAVIMENTO DE LAS VIAS DE COMUNICACION Y RED DE DRENAJE PLUVIAL PARA LA ALDEA EL RECREO, SAN MARCOS, SAN MARCOS.**

Este trabajo, fue desarrollado por el estudiante **RENE ERWIN LOPEZ XICARA**, de la Carrera de Ingeniería Civil, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ingeniero Juan Merck Cos.

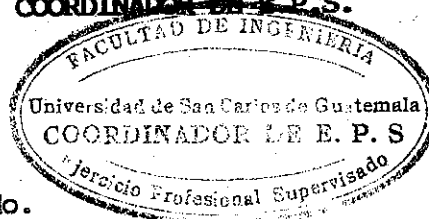
Habiéndose cumplido con los objetivos del trabajo, y existiendo la **APROBACION** al mismo, por parte del Asesor-Supervisor, esta Coordinación, también **APRUEBA** el contenido del mismo; y solicita el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme de usted.

Deferentemente,

"**ID Y ENSEÑAD A TODOS**"

ING. PEDRO QUIROGA MENDEZ  
COORDINADOR DE E. P. S.



PQM/lgg.  
c.c.: Archivo  
Anexo: El Informe mencionado.



**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 Ing. Juan Merck Cos, del Coordinador de E.P.S. Ing. Pedro Quiroa Méndez, sobre el trabajo de tesis del estudiante René Erwin López Xicará, titulado PLANIFICACION Y DISEÑO DE PAVIMENTO DE LAS VIAS DE COMUNICACION Y RED DE DRENAJE PLUVIAL PARA LA ALDEA EL RECREO, SAN MARCOS, SAN MARCOS, da por este medio su aprobación a dicha tesis.

  
Ing. Jack Douglas Ibarra Solórzano



Guatemala, mayo de 1,996.

JDIS/bbdeb.



**FACULTAD DE INGENIERIA**

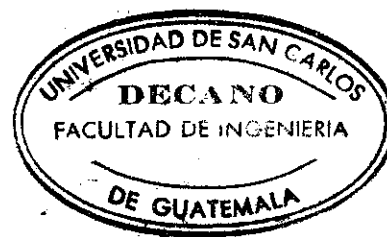
Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería  
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,  
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica  
y Regional de Post-grado de Ingeniería  
Sanitaria.

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 DE LAS VIAS DE COMUNICACION Y RED DE DRENAJE PLUVIAL PARA LA ALDEA EL RECREO, SAN MARCOS, SAN MARCOS, del estudiante René Erwin López Xicará, da la autorización para la impresión de la misma.

IMPRIMASE:

Ing. Julio Ismael González Podszueck  
DECANO



Guatemala, mayo de 1,996

/bbdeb.

AGRADECIMIENTO ESPECIAL A:

A Dios porque sin El, nada es posible.

A todas las personas que en una u otra forma colaboraron para que este trabajo sea una realidad.

En especial a:

Ing. Juan Merck Cos

Al personal de la Unidad Técnica de la Municipalidad de San Marcos por la colaboración prestada.



ACTO QUE DEDICO A:

AGRADEZCO A DIOS POR ILUMINARME POR EL CAMINO CORRECTO  
DE LA VIDA

MIS PADRES:

Hilario López Citalán  
Carmelina Xicaré Coyoy

MIS HERMANOS:

José, Francisco, Mario, Patrocinia y Aurelia.

A MIS SOBRINAS:

Karina y Edith López

MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS DE ESTUDIO.

TODAS AQUELLAS PERSONAS QUE DE UNA U OTRA MANERA CONTRIBUYE-  
RON A QUE ESTE MOMENTO LLEGARA A SER UNA REALIDAD.

USTED

## INDICE

	Paginas
Listado de Tablas	I
Glosario	II
Introducción	III
Capítulo I	1
I. INVESTIGACION	1
1.1. Monografía del lugar.	1
1.1.1. Antecedentes de la aldea.	1
1.1.2. Aspectos físicos.	1
1.1.2.1. Ubicación geográfica.	1
1.1.2.2. Distancia relativa.	1
1.1.2.3. Colindancias.	2
1.1.2.4. Población.	2
1.1.2.5. Climatología.	2
1.1.2.6. Topografía.	2
1.1.3. Producción.	2
1.2. Características de la infraestructura de la aldea.	2
1.2.1. Vías de acceso.	3
1.2.2. Agua potable.	3
1.2.3. Tipología de la vivienda.	3
1.2.4. Técnicas de construcción.	3
1.2.5. Centros Educativos.	3
1.2.6. Disposición de las aguas negras.	3
1.2.7. Disposición del agua pluvial.	3
1.3. Diagnóstico de las necesidades más prioritarias de la aldea en cuanto a servicio.	3
1.4. Criterios para seleccionar el tipo de pavimento, ventajas y desventajas entre un pavimento semiflexible y uno rígido.	4
Capítulo II	7
II. SERVICIOS	7
2.1. Documentación bibliográfica.	7
2.1.1. Fuentes de muestras de suelos.	7
2.1.2. Toma de muestras de suelos.	7
2.1.2.1 Distintos tipos de muestras de suelos.	7
2.1.3. Estudio de la calidad de suelo y sus normas.	8
2.1.3.1. Ensayo de límites de ATTERBERG.	9
2.1.3.1.1. Ensayo de Granulometría	10
2.1.3.1.2. Ensayo de Proctor	11
2.1.3.1.3. Ensayo de CBR	12
2.1.3.1.4. Ensayo de Equivalente de arena	14
2.1.3.1.5. Clasificación de los suelos	16

2.1.4.	Estudio de diseño de espesores.	18
2.1.4.1.	Base.	18
2.1.4.1.1.	Especificaciones de la base.	18
2.1.4.1.2.	Riego de Imprimación.	19
2.1.4.2.	Subbase.	19
2.1.4.2.1.	Requisitos de Construcción.	20
2.1.4.2.2.	Colocación y Tendido.	20
2.1.4.2.3.	Compactación.	20
2.1.4.3.	Diseño del Pavimento.	21
2.1.4.3.1.	Diseño en Planta.	21
2.1.4.3.2.	Diseño en Perfil.	22
2.1.4.4.	Espesor del pavimento rígido y semiflexible.	23
2.1.4.4.1.	Teoría y diseño sobre pavimentos rígidos.	23
2.1.4.4.2.	Capa de Rodadura.	25
2.1.4.4.3.	Juntas.	26
2.1.4.4.4.	Tráfico.	26
2.1.4.4.5.	Descripción de los métodos de diseño para pavimentos rígidos.	27
2.1.4.4.6.	Teoría y diseño sobre pavimentos de adoquín.	40
2.1.4.4.7.	Adoquines de concreto.	40
2.1.4.4.8.	Diseño simplificado de pavimentos de adoquín.	41
2.1.4.4.9.	Construcción de pavimentos de adoquín.	44
2.1.5.	Estudio del diseño hidráulico del drenaje pluvial.	44
2.1.5.1.	Período de diseño.	45
2.1.6.	Intensidad de lluvia.	45
2.1.6.1.	Tiempo de concentración.	45
2.1.6.2.	Coefficiente de Escorrentía.	45
2.1.6.3.	Áreas tributarias.	47
2.1.6.4.	Caudal de diseño.	47
2.1.6.5.	Diámetro de la tubería.	47
2.1.6.6.	Pozos de Visita.	47
2.1.6.6.1.	Tragantes.	49
2.1.6.7.	Red de Distribución.	49
2.1.6.8.	Tipos de tuberías.	52
2.1.6.8.1.	Profundidad de instalación de tuberías.	52
2.1.7.	Levantamiento topográfico y métodos.	53
2.1.7.1.	Levantamiento Planimétrico.	54
2.1.7.2.	Levantamiento Altimétrico.	54
2.2.	Desarrollo del Proyecto.	55
2.2.1.	Toma de muestras de suelo.	55
2.2.2.	Calidad de suelo.	55
2.2.3.	Levantamiento topográfico.	55
2.2.3.1.	Planimetría.	55
2.2.3.2.	Altimetría.	56

2.2.3.3.	Cálculo y dibujo topográfico.	56
2.2.4.	Diseño de espesores de las capas de la Rasante.	56
2.2.4.1.	Selección del tipo de pavimento.	58
2.2.5.	Diseño hidráulico del drenaje pluvial.	58
2.2.5.1.	Período de diseño.	58
2.2.5.2.	Caudal de diseño.	58
2.2.5.3.	Ejemplo de alcantarillado pluvial.	61
2.2.5.4.	Pozos de Visita.	69
2.2.5.5.	Línea de Conducción.	69
2.2.5.6.	Lugar de desfogue.	70
2.2.5.7.	Tipo de tuberías.	70
2.2.6.	Elaboración de planos.	71
2.2.7.	Elaboración de presupuesto.	71
2.2.7.1.	Presupuesto del pavimento rígido.	72
2.2.7.2.	Presupuesto del pavimento de adoquín.	74
2.2.7.3.	Presupuesto del drenaje pluvial.	76
	CONCLUSIONES	78
	RECOMENDACIONES	79
	BIBLIOGRAFIA	80
	ANEXOS	

## LISTADO DE TABLAS Y FIGURAS

	Página	
TABLA No. 1	Valores en porcentaje de C.B.R.	24
TABLA No. 2	Efectos de Subbase no tratado sobre los valores de K	29
TABLA No. 3	Valores de diseño K para subbase tratadas con cemento	29
TABLA No. 4	Incremento anual de tránsito	29
TABLA No. 5	Categorías de carga por eje	30
TABLA No. 6	Sistema de clasificación de suelos	31
TABLA No. 7	Tipo de suelos de subrasante y valores aproximados de k	32
TABLA No.8-14	Espesores de losas de concreto	33-39
FIGURA No. 1	Sección trasversal de un pavimento adoquinado	41
TABLA No. 15	Pavimentos adoquinados, tránsito A	42
TABLA No. 16	Pavimentos adoquinados, tránsito B	42
TABLA No. 17	Pavimentos adoquinados, tránsito 1	42
TABLA No. 18	Pavimentos adoquinados, tránsito 2	43
TABLA No. 19	Pavimentos adoquinados, tránsito 3	43
TABLA No. 20	Pavimentos adoquinados, tránsito 4	43
TABLA No. 21	Valores de escorrentía	46
TABLA No. 22	Diámetro mínimo de los pozos de visita	48
TABLA No. 23	Ancho de zanjas para colocación de tubos	50
TABLA No. 24	Cantidad de materiales por juntas	52
TABLA No. 25	Profundidades mínimas de los colectores	53
TABLA No. 26	Velocidades máximas y mínimas	60
FIGURA No. 2	Áreas Tributarias	61
FIGURA No. 3	Valores de velocidad para alcantarillados	67
TABLA No. 27	Diseño hidráulico del alcantarillado pluvial	68

## GLOSARIO

**ALCANTARILLADO:**

Paso que se deja bajo un camino o carretera para que circulen las aguas residuales o de lluvia por medio de conductos, con el fin de alejarlos de la población.

**AGUAS FLUVIALES:**

Son las aguas de escorrentía que provienen de las lluvias, corren a través de las zonas urbanas y sus alrededores.

**ARCILLA:**

Tipo de suelo que se caracteriza por su alta plasticidad.

**CAPA DE RODADURA:**

Es el elemento estructural que recibe las cargas de tránsito directamente y las transmite a la base y subbase, según el pavimento diseñado.

**COMPACTACION:**

Acción que se efectúa sobre un suelo por medios mecánicos o manuales con el objeto de aumentar su densidad.

**COTA INVERT:**

Es la parte más baja de un colector en donde entra más de una tubería y sólo una de las tuberías es de seguimiento.

**JUNTAS:**

Son usadas en pavimentos de concreto, y sirven para evitar las grietas y mantener los esfuerzos de tensión y flexión dentro de sus límites.

**LIMITES DE CONSISTENCIA:**

Son denominados de ATERBERG, y sirven para encontrar las propiedades físicas y plásticas de los suelos arcillosos o arenosos.

**PAVIMENTO:**

Se le llama a la estructura que se coloca sobre el suelo de fundación de una carretera o vía urbana, está destinada a soportar el tránsito de vehículos.

**TRAGANTE:**

Aberturas colocadas en la orilla de una calle y/o avenidas en puntos intermedios y/o esquinas, con el objeto de que por ellas penetre el agua de lluvia escurrida en la superficie de rodadura de dicha calle o avenida.

## INTRODUCCION

La finalidad que se persigue en toda obra de ingeniería, es proporcionar una serie de servicios y beneficios que satisfagan en un alto grado las necesidades del usuario, tomando en cuenta esto, la presente tesis, es el resultado de una investigación de campo y trabajo de gabinete en la población de la "Aldea El Recreo" del municipio de San Marcos, Departamento de San Marcos.

En este caso, se trata de la planificación y diseño de pavimento de las vías de comunicación y red de drenaje pluvial para la aldea El Recreo, San Marcos, San Marcos.

Es de suma importancia para la aldea contar con los servicios de drenaje pluvial y pavimento, debido a que en época de lluvia se dificulta el tránsito de vehículos.

En el caso del pavimento, se hizo un análisis de costos entre un pavimento rígido y un pavimento semiflexible (adoquín). Para que la municipalidad seleccione la mejor opción según sus posibilidades.

El proyecto de pavimentación y drenaje está dividido en dos etapas, la primera los constituye el trabajo de campo y la segunda el trabajo de gabinete.

En la primera etapa se realizaron los estudios topográficos; y el estudio de suelos. En la segunda etapa se desarrolló todo lo concerniente al diseño, elaboración del presupuesto y planos.

Con este trabajo de tesis, a la vez que se contribuye a resolver un problema real de una comunidad del interior de la República, también se pretende que se constituya en un instrumento de utilidad para otros estudiantes de la facultad de ingeniería, que realicen proyectos similares.

## CAPITULO I

## I. INVESTIGACION

## 1.1 Monografía del lugar

## 1.1.1 Antecedentes de la Aldea:

La aldea se ubica en el Municipio de San Marcos, departamento de San Marcos, que pertenece a la región sur occidente del país.

## 1.1.2 Aspectos Físicos:

La aldea se localiza en la parte Norte del Departamento de San Marcos, está situada en un hermoso valle rodeado de montañas.

La distancia a la cabecera Municipal de San Marcos es de 2 km. aproximadamente, cuenta con servicios de camionetas urbanas con recorrido diario, tiene una población de 558 Habitantes y más de 93 viviendas.

Uno de los renglones principales de la economía de la aldea ha sido el cultivo de maíz y el ganado criollo lechero.

Entre sus recursos naturales, para la construcción de carreteras cuenta con arena y selecto.

## 1.1.2.1 Ubicación Geográfica:

La aldea El Recreo se encuentra ubicada en el Departamento de San Marcos, dicho Departamento se ubica en la esquina sur oeste del mapa geográfico de Guatemala. El Departamento de San Marcos está limitado al Norte con el Departamento de Huehuetenango, al Sur por Retalhuleu y el Océano Pacífico; al Oeste por el estado de Chiapas, de la República de México.

## 1.1.2.2 Distancia Relativa:

La aldea El Recreo se encuentra a una distancia de 2 km aproximadamente de la cabecera Municipal de San Marcos. Por lo que la mayoría de sus habitantes acuden a la cabecera Municipal en lo concerniente a educación, comercio y salud.

## 1.1.2.3 Colindancias:

-Límites y localización:

La Aldea El Recreo se encuentra ubicada en el municipio de San Marcos departamento de San Marcos. Sus colindancias son:

Al Norte: Departamento de San Marcos

Al Sur: Aldea Ixquihuilá que pertenece al municipio de San Marcos.



Al Este: Aldea Las Lagunas que pertenece al municipio de San Marcos.

Al Oeste: Aldea Federacion que pertenece al municipio de San Marcos.

#### 1.1.2.4 Población:

La población total de la Aldea asciende a 558 habitantes de los cuales, 335 habitantes pertenecen al sexo femenino y 223 habitantes pertenecen al sexo masculino.

#### 1.1.2.5 Climatología:

Por la altitud a la que se encuentra la aldea, su clima predominante es frío, ya que la temperatura es ligeramente baja en los meses de noviembre a febrero, siendo los meses más cálidos de marzo a junio, para luego entrar a la época de lluvias, donde en algunas ocasiones se tienen inviernos con alta precipitación.

La temperatura media anual es de 11-21° c. y la precipitación media anual es de 800 mm.

#### 1.1.2.6 Topografía:

Las características básicas del suelo de la aldea, son en su mayoría montañosos. Se pueden observar áreas bastante productivas por su tipo de suelo.

Características que influyen en el uso y manejo del suelo:

- Drenaje a través de la superficie del suelo, que por su inclinación toma ciertas velocidades y produce erosión.
- Absorción de agua (humedad), es bastante alta, lo que produce humedad en el suelo.

#### 1.1.3 Producción:

##### 1.1.3.1 Producción Agrícola:

La actividad productiva predominante de la población es básicamente agrícola, siendo el maíz, trigo, frijol los cultivos que generan la mayor parte de ingresos que sustentan su economía.

##### 1.1.3.2 Producción Pecuaria:

La producción pecuaria se encuentra poco desarrollada, no por ello la actividad es subestimada del todo, ya que parte de las familias cuentan con vacas lecheras, con el objeto de tener su propia producción de leche. En lo que se refiere a aves de corral como gallinas, es común entre los habitantes de las distintas aldeas la crianza de estas aves, como actividades suplementarias de la vida familiar.

#### 1.2 Características de la Infraestructura de la Aldea.

##### 1.2.1 Vías de Acceso:

El municipio de San Marcos cuenta con excelentes vías de comunicación, que la comunican con la aldea, está localizada

2 km. de distancia del municipio. Cruzan en el departamento las Rutas Nacionales CA-2 ó carretera internacional del pacífico, la 1, la 6-W la 12-5, la 12-N y otras que unen los principales municipios y aldeas.

#### 1.2.2 Agua Potable:

La mayor parte de la población de la aldea cuenta con el servicio de agua en su casa, el abastecimiento es proporcionado por la Municipalidad de San Marcos.

#### 1.2.3 Tipología de la Vivienda:

La mayoría de las paredes de las viviendas están construidas de block y adobe. Los techos son de lámina o tejas de barro cocido, y sus pisos de concreto (torta).

#### 1.2.4 Técnicas de Construcción:

a) Paredes: El material predominante en las paredes de las viviendas es block (80%), le sigue el adobe (20%) esto se debe a que la aldea se encuentra cerca del municipio de San Marcos.

b) Techos: Los techos son en su mayoría de lámina galvanizada, utilizándose en un 70 %. Los techos de teja han disminuido en un alto porcentaje (20%).

c) Pisos: En general no existe diferencia entre los materiales usados en paredes y techos de las viviendas de la aldea, comparados con las de la cabecera municipal, en tanto que para los materiales usados en los pisos, si existe una marcada diferencia. En la cabecera municipal predominan los pisos de ladrillo de cemento, mientras que en la aldea predomina el piso de concreto (torta).

#### 1.2.5 Centros Educativos:

En lo concerniente a centros educativos la aldea cuenta con una sola escuela primaria, por lo que el resto de la población escolar acude a los centros educativos que existen en el municipio de San Marcos.

#### 1.2.6 Disposición de la aguas negras:

La Aldea El Recreo cuenta con un sistema de drenaje de aguas negras con colectores públicos, las aguas negras cuentan con un sistema de tratamiento, que consiste en dos fosas sépticas con seis posos de absorción, esto evita, sin lugar a dudas, que existan enfermedades gastrointestinales causadas por microbios.

#### 1.2.7 Disposición del agua pluvial:

La aldea carece del servicio de drenaje pluvial, esto provoca que en época de invierno las calles queden intransitables para la circulación de vehículos.

1.3 Diagnósticos de las necesidades más prioritarias de la aldea en cuanto a servicios:

Las necesidades de infraestructura física del municipio se orientan hacia los siguientes renglones:

- a) Construcción de un sistema de drenaje pluvial. La aldea carece del servicio de drenaje pluvial y su construcción es de gran importancia. Debido a que este servicio evitaría el deterioro de las calles y avenidas y acumulación de agua. No permitiendo un foco de contaminación para las enfermedades gastrointestinales.
- b) Pavimentación de calles y avenidas. Actualmente las calles y avenidas son de terracería, por lo que es de suma importancia la pavimentación, la que contribuirá a la circulación de vehículos en épocas de invierno.
- c) O la pavimentación de la calzada que comunica a la aldea El Recreo con el Municipio de San Marcos, se considera necesaria su construcción, por ser la principal vía de acceso a la aldea, para mejorar el comercio, que es la principal fuente de ingresos a la comunidad.

1.4 Criterios para seleccionar el tipo de pavimento, ventajas y desventajas entre un pavimento flexible y uno rígido:

Para seleccionar el tipo de pavimento, es importante tomar en cuenta los siguientes aspectos:

Aspectos Técnicos:

La selección el tipo de pavimento a utilizar dependerá de los siguientes aspectos técnicos:

- a) El tipo e intensidad de tránsito: uno de los factores más importantes a ser considerados en el diseño estructural de los pavimentos para carreteras o calles es el efecto del tipo de vehículos, del volumen de tránsito y del modo de operación de los mismos. Además, deben considerarse factores como la separación y el número de ruedas de los vehículos, la carga por rueda y la presión del inflado de las llantas, etc.
- b) Las propiedades y condiciones de la subrasante: de la capacidad de soporte de la subrasante o terreno de fundación, depende en gran parte el espesor que debe tener el pavimento, sea este rígido o semiflexible. Si la subrasante es de "muy mala calidad", es decir, su capacidad soporte es muy baja (por

ejemplo si se tiene alto contenido de materia orgánica o de material suelto sin cohesión), será conveniente y necesario sustituirla por un material de mejor calidad o estabilizarla con cemento, cal, material bituminoso, etc.

Si la subrasante es de "mala calidad" por estar conformada por un suelo fino, limoso o arcilloso susceptible a saturación, será necesario colocar una subbase granular de material seleccionado, antes de poner la base.

Si la subrasante es "regular" o de "buena calidad" y está formada por un suelo bien graduado que no ofrece peligro de saturación o por un material de granulometría gruesa, es posible que se pueda omitir la capa de subbase, siempre y cuando la capacidad soporte de la subrasante sea satisfactoria.

Y por último, si la subrasante fuera "excelente" es decir, con un valor soporte elevado y sin posibilidad de saturación, podría prescindirse de la subbase y base.

- c) O la clase y calidad de los materiales a utilizar: para que un pavimento sea de buena calidad, los materiales que forman los distintos componentes estructurales del mismo, deberán cumplir con ciertos requisitos que dependen exclusivamente de las propiedades de cada uno de ellos. Las cuales se determinarán por ensayos de laboratorio debidamente normalizados.

#### Aspectos Económicos:

- a) Materiales Disponibles: son aquellos materiales que se encuentran disponibles en el lugar, en donde se efectúa la construcción de la obra. Disminuyendo el costo de los materiales, que por el contrario, sino existieran, tendrían que ser llevados hasta la obra aumentando así su costo.
- b) Costos de la Obra: este factor es de vital importancia, ya que condiciona, si una obra puede realizarse o no, depende también de la importancia de la región o lugar en que se realice la obra.

Ventajas: la ventaja más importantes para seleccionar un pavimento rígido es que utiliza los materiales que existan en el lugar, en donde será construida la obra, disminuyendo los costos de la obra, por ejemplo: el piedrín, arena de río y cemento son

materiales que se encuentran en todo lugar y son utilizados para la construcción del pavimento rígido.

Desventajas del pavimento rígido: existe una gran variedad de herramientas imaginarias para la construcción de pavimentos rígidos, que son importantes para obtener un buen pavimento; sin embargo, muchas veces por carecer de recursos económicos se sustituye determinado equipo por otro que no llena los requisitos mínimos para su uso; obteniendo como resultado, malas construcciones que a corto plazo tendrán que ser reconstruidas.

Ventajas del pavimento semiflexible:

- El accesible traslado de los adoquines desde la fábrica hasta el lugar de la obra.
- La construcción del pavimento semiflexible es mucho más rápido que la construcción del pavimento rígido.

Desventajas del pavimento semiflexible:

- No pueden ser usados para carreteras, en donde circule tránsito pesado, debido a que no soporta grandes cargas.
- Su mala construcción ocasiona hundimientos y el deterioro de los adoquines.

## CAPITULO II

## II. SERVICIO

## 2.1. Documentación bibliográfica

## 2.1.1. Fuentes de muestras de suelos:

Antes de preparar los planos de una estructura de importancia, deben investigarse los suelos del lugar. Esta investigación consiste en la extracción de muestras de suelo, las cuales se envían, para su estudio, a un laboratorio de suelos.

El constructor deberá elegir los puntos para la toma de la muestra del suelo. Se deben efectuar ensayos representativos por cada 400 metros cuadrados de la subrasante. De preferencia, el control de las muestras se debe hacer en la franja de mayor circulación del tránsito previsto y siguiendo un orden alternado de derecha, centro e izquierda del eje.

Clasificación de las investigaciones en el terreno:

En general puede clasificarse en dos clases:

a) Investigación de fundaciones para determinar si el suelo del lugar puede soportar ciertas estructuras.

b) Investigación de obras de tierra para explorar el material que debe excavarse de una posible cantera, y también para examinar las posibles zonas de desmonte y terraplén en el trazado de vías férreas, carreteras y drenajes. Dichos ensayos, que muchas veces forman parte de un levantamiento general de los suelos, a lo largo de toda la traza propuesta o de una parte de ella, pueden ser:

1) Levantamientos lineales que cubren una faja relativamente estrecha de tierra, donde puede construirse la vía de comunicación.

2) Levantamiento de una gran superficie de tierra que debe ser rígida, drenada o protegida contra la erosión.

## 2.1.2. Toma de muestras de suelo:

## 2.1.2.1. Distintos tipos de muestras de suelo:

Las muestras pueden ser alteradas o no alteradas. Una muestra perfectamente inalterada debe conservar todas las propiedades de la masa de suelo que representa, es decir: a) tensión en el agua de los vacíos y en el esqueleto; b) estructura, textura y razón de vacíos; c) contenido de humedad.

La estructura del suelo cohesivo se altera durante la extracción por la acción del cilindro extractor. Las capas

horizontales se deforman y las diferentes capas de suelo pueden mezclarse. Cuando una muestra queda a la intemperie, puede perder humedad por evaporación, y si tiene capas de arcilla y arena, la humedad puede fluir de aquella hacia ésta.

Algunos suelos orgánicos aumentan de volumen a causa de la liberación y expansión de los gases.

La textura de un suelo puede alterarse por lavado de las partículas finas, lo que sucede con mayor frecuencia en arenas que en arcillas.

Los suelos conservados durante mucho tiempo pueden cambiar de color, por ejemplo la arena roja se transforma a menudo en amarilla. Como regla general, todas las muestras se aclaran al secarse. Los limos orgánicos completamente oscuros en estado natural, toman un color gris claro cuando se secan.

Métodos de extracción de muestras profundas:

a) Zanjas y pozos: El método más eficaz, pero también el más costoso, de extraer muestras profundas, es excavar zanjas o pozos de sondeo. Puede describirse el perfil de dichas excavaciones tomando todo cuidado, muestras de 10x10x7.5 cm. aproximadamente, de distintos puntos que se indican en un plano. En algunos casos importantes pueden extraerse grandes monolitos de suelo, por ejemplo, de 100x25x10 cm.

b) Orificios: Para extraer muestras para fundaciones de estructuras livianas, como pequeñas alcantarillas para vías férreas o carreteras, pueden emplearse perforadoras, como las que utilizan las compañías de teléfonos para colocar postes. Comúnmente el diámetro del orificio es de 25 a 50cm, y la profundidad hasta 3m. También pueden perforarse a mano usando piochas y palas, la dimensión del orificio es de 100x40x40 cm.

En general, el trabajo lo realiza el constructor que posee el equipo y experiencia necesaria y debe adjuntar a las muestras los siguientes informes: 1) Profundidad de la superficie y fondo de cada capa, 2) Identificación del suelo de las diferentes capas (si es arena, arcilla, tosca, etc.; duro o blando; color); 3) Obstáculos (cantos rodados, etc.)

### 2.1.3 Estudio de la calidad del suelo y sus normas:

Para diseñar cualquier tipo de pavimento, es necesario hacer un estudio completo de las características físico-mecánicas del suelo de la subrasante, cumpliendo con las normas

establecidas por la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO). En este estudio, se determina qué tan bueno o malo, es el material que va soportar el pavimento.

Los ensayos a realizar son:

- a) Granulometría
- b) Límites de Atterberg (Límite líquido, Límite plástico índice de plasticidad) según AASHTO T-89 y T-90.
- c) Compactación (densidad máxima y humedad óptima) según AASHTO T-180 proctor modificado.
- d) Valor soporte de California o C.B.R. (por sus siglas en ingles).

Descripción de los principales ensayos de suelo para diseño de pavimento

#### 2.1.3.1. Ensayo de límites de Atterberg

Sirve para determinar, las propiedades plásticas de suelos arcillosos o limosos, los límites de consistencia de los suelos, están representados por su contenido de humedad, y se conocen como:

a) Límite Líquido (L.L.): Es el contenido de humedad, expresado en porcentaje, con respecto al peso seco de la muestra, con el cual, el suelo cambia del estado líquido al plástico. También se define, como el contenido de humedad, expresado en porcentaje, de su peso seco, bajo el cual el suelo comienza a fluir, después de 25 golpes, utilizando el aparato propuesto por A. Casagrande. En el aparato de Casagrande, debe ajustarse la altura de caída, para producir un impacto estandar, colocado el material sobre el platillo de bronce del aparato, hasta llenarlo aproximadamente a un 1/3 de su capacidad, usando la espátula para mezclar, extender el material formando una masa lisa de 1cm. de espesor. Con el acanalador se divide la pasta en dos partes, haciendo un trazo firme a lo largo del diámetro, que arranque del centro del soporte, formando un surco claro y bien definido. Luego se determina, el número de golpes necesarios, para que el fondo del surco se cierre una longitud de 1/2" aproximadamente.

b) Límite Plástico (L.P.): El Límite plástico de un suelo, es el contenido de agua, que tiene en el límite inferior de su estado plástico, o bien el máximo contenido de humedad, que tiene un suelo en el límite de su estado semisólido.

c) Índice de Plasticidad (I.P.): Se denomina índice de plasticidad, la diferencia, entre los límites líquido y plástico, indica el margen de humedad dentro del cual se encuen-



tra en estado plástico tal como lo definen los ensayos. Si el límite plástico es mayor que el límite líquido, el índice de plasticidad se considera no plástico. Tanto el límite líquido como el límite plástico, dependen de la calidad y del tipo de arcilla; sin embargo, el índice de plasticidad depende generalmente de la cantidad de arcilla en el suelo.

$$I.P. = L.L. - L.P.$$

#### 2.1.3.1.1. Ensayo de Granulometría

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

Existen dos tipos de análisis granulométrico:

- 1o. Por Tamices: seco o lavado por el tamiz No. 200
- 2o. Por Sedimentación

#### Equipo

- Juego de tamices con mallas de 1 1/2", 3/4", 3/8", #4, #10, #40, #200, recipiente de fondo y tapadera
- Balanzas
- Horno a temperatura controlada, a 110 c.
- Brocha
- Bandejas y cápsulas
- Rodillos o pisón de madera

#### Muestra

##### Preparación de la Muestra

a) Se seca la muestra en una bandeja al horno.

b) 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.

c) Se pesa la muestra con la bandeja, anotando el peso obtenido en el formulario de registro respectivo, en el renglón de peso bruto seco (PBS).

##### Tamizado de Muestra

d) 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.

e) 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.

f) Se quita la tapadera, se separa la malla de 1 1/2"

vaciando la fracción de suelo, que ha sido retenido 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; inviertir el tamiz y con ayuda de una brocha o un cepillo de alambre, desprenderlas y depositarlas sobre el papel.

g) Se pesa cuidadosamente la fracción de la muestra obtenida en el inciso f), se pone en una bandeja o cápsula. Se guarda esta fracción de muestra hasta el final de la prueba, para poder repetir las pesadas en caso de error.

h) 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 anotan en el formulario de registro en la columna correspondiente.

#### 2.1.3.1.2. Ensayo de Proctor (Densidad máxima y Humedad Optima)

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

El suelo, al alcanzar su máxima densidad tendrá mejores características, que las que tenía en su estado natural tales como:

a) Se reduce el volumen de vacíos y la capacidad de absorber humedad.

b) Aumenta la capacidad del suelo, para soportar mayores cargas. Para determinar la densidad máxima se hace por el método del PROCTOR, este método tiene dos formas de ensayos: PROCTOR STANDARD y PROCTOR MODIFICADO. El Proctor Modificado, tiene ventaja sobre el Standard en lo siguiente:

b.1) Mejor acomodación de las partículas que forman la masa de un suelo, reduciendo su volumen y aumentando el peso unitario o densidad.

b.2) Al tener una humedad óptima más baja, las operaciones de riego son más económicas, lo que facilita la compactación.

## Proctor Standard (Características)

Peso de martillo 5.50 Lbs.  
 Altura de caída 12"  
 Capas a compactar 3  
 Número de golpes 25

## Proctor Modificado (Características)

Peso de martillo 10 Lbs.  
 Altura de caída 18"  
 Capas a compactar 5  
 Número de golpes 25

Para realizar este ensayo, se necesitan de 2 a 3 kg. de material secado al aire, pasándolo por el tamiz No.4, es importante conocer la cantidad de agua con la que se inicia el ensayo, dependiendo de qué tipo de suelo sea. Se suele empezar con equivalente al 2% del peso del material que se tenga, incrementando a 60 cc. de agua, para suelos arenosos y unos 120 cc. para suelos limosos y arcillosos.

Teniendo preparada la muestra, se compactan 5 capas, con un espesor de aproximadamente 2.54 cm. cada una, compactándolas en toda la superficie del cilindro, con 25 golpes. Se pesa el material compactado, siendo éste el peso bruto húmedo (PNH), se toman dos muestras con la humedad de cada punto, aproximadamente de 100 grs. cada una; se pesa y se ponen a secar en el horno, para obtener su contenido de humedad, se toma el promedio de las dos muestras. Para calcular la densidad máxima y la humedad, se utilizan las siguientes ecuaciones:

$$PNH = PBH - TARA$$

$$PUH = \frac{PNH}{V \text{ cilindro}}$$

$$\% H = \frac{PNH - PNS}{PNS} \times 100$$

PUS = Peso neto húmedo

PUH = Peso unitario húmedo

PNS = Peso neto seco

PUS = Peso unitario seco

Al tener los cálculos, se procede a hacer la gráfica %H Vrs. PUS. En el punto más alto de la curva, se tiene la densidad máxima con su respectiva humedad óptima.

## 2.1.3.1.3 Ensayo de CBR:

El valor relativo de soporte de un suelo (CBR), es un índice de su resistencia, al esfuerzo cortante, en condiciones determinadas de compactación y humedad, se expresa en porcentaje de la carga requerida.

Para realizar el ensayo, se necesitan 13 kg. de material, teniendo los porcentajes de humedad actual y humedad óptima, con estos datos, se calcula la cantidad de agua que hay que agregar a los 13 kg. de muestra así:

$$\text{Agua cc.} = \frac{\% H \text{ óptima} - \% H \text{ actual}}{100 + \% H \text{ actual}}$$

Los cilindros se compactan en 5 capas, para 10, 30 y 65 golpes, por cada capa. Luego se pesa el material que queda en el cilindro, siendo este el PBH. Con el peso del cilindro, se obtiene el peso neto húmedo (PNH). Luego se tiene:

$$\text{PUH} = \frac{\text{PNH}}{\text{Volumen cilindro}}$$

Para calcular el peso unitario seco:

$$\text{PUS} = \frac{\text{PUH}}{\% H \text{ despues} + 100}$$

Con los datos anteriores se calcula el porcentaje de compactación, que es igual a:

$$\% C = \frac{\text{PUS del CBR}}{\text{PUS máximo proctor}}$$

#### Hinchamiento

Se coloca sobre el material, un papel de filtro, este filtro se coloca al disco perforado, con vastago ajustable y el disco de 4.54 kg (10 libras). Sobre el vastago ajustable, se coloca el extensómetro, montado sobre un tripode, ajustando la lectura a 0. Luego se sumerge en el agua durante cuatro días, tomando las lecturas a cada 24 horas, controlando la expansión del material. El hinchamiento, se calcula como un porcentaje de altura inicial de la muestra, teniendo el cambio de altura cuando la muestra estaba sumergida.

$$\% \text{ de Hinchamiento} = \frac{\text{Cambio de altura en el remojo en plg.}}{5.0 \text{ plg.}}$$

Es importante tener en cuenta, que el peso de 10 lbs. colocado sobre el disco perforado con vastago ajustable, corresponde aproximadamente al peso de una losa de concreto de 12.7 cm. (5 plg.) de espesor. El objeto de sumergir la muestra durante 4 días en agua, es para someter a los materiales usados en la construcción a las peores condiciones que puedan estar sujetos en el pavimento.

#### Determinación de la resistencia a la penetración:

Después de haber tenido la muestra en saturación durante 4 días, se saca el agua escurriéndolo durante 15 minutos. Se le quita la pesa, el disco perforado y el papel filtro, se mide la resistencia a la penetración. Cuando empieza la prueba, debe colocarse nuevamente sobre la muestra, el peso de 10 lbs, el extensómetro ajustado a 0 y el pistón colocado

sobre la superficie de la muestra, se procede a hincar el pistón, a una velocidad de penetración de 1.27 cm (0.5 plg.) por minuto, se toma la presión expresada en lbs x plg. cuadrada, es necesaria para hincar el pistón a 0.1", 0.2", 0.3", 0.4", 0.5". Luego se dibuja la curva de penetración del pistón Vrs. carga.

La relación de valor soporte de california (CBR) se calcula como:

$$\text{CBR} = \frac{\text{Carga a una penetración dada}}{\text{Carga estandar a la misma penetración}} \times 100$$

Se traza la curva CBR Vrs. compactación, para determinar el CBR de diseño de un pavimento a 90%, 95%, 100% de compactación de proctor modificado.

#### 2.1.3.1.4. Ensayo de 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 o en el laboratorio. Se lleva a cabo, principalmente, cuando se trata de materiales que se usarán para base, subbase.

##### Equipo:

- Probetas de 17", de alto, graduadas hasta las 15" y con divisiones de 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 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 móvil a lo largo de la varilla, esta roldana tiene un diámetro exterior igual al diámetro interior de la probeta.

- Un tarro metálico de 88 cc. de capacidad.

- Un tapón de hule para cerrar la probeta cuando ésta tiene la solución y el material listos para la prueba y poder 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 extremo 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 pies arriba de la mesa de trabajo.

- Solución básica.

- 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 plg.

3. Preparación del material: Se toman 500 gr. de material que pasa el tamiz número 4 y se cuartean; de la cuarteada se toman 100 gr. para la prueba total. Debe cuidarse que los grumos de 1/4 de plg. se deshagan y se desprenda el material fino adherido a las piedras.

4. Se introducen los 100 gr. (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 plgs. o en un extremo, haciéndolo de papel, teniendo cuidado de 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 plg. de corrido de izquierda a derecha y sujetados firmemente sus extremos con las manos en el transcurso de 1 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 terminen los 90 ciclos, se asiente fijamente la probeta, se le introduce rápidamente la cánula de metal, haciendo que ésta tenga un movimiento de descenso 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 los 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 descenso de los finos. Durante 20 minutos exactos la probeta deberá estar en reposo completo, pues cualquier vibración o movimiento perturbará el asentamiento de los finos y da un resultado equivocado.

8. Se toma la lectura de caída de los finos en periodos 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) de nivel superior de la suspensión de arcilla, se estima al 0.1 de plg.

10. Se introduce cuidadosamente el pie hasta que ascienda sobre la arena, se toma la altura que queda de 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. Porcentaje aceptable de E.A. según el manual de caminos.

Para bases: 30% como mínimo

Para sub-bases: 25% como mínimo

Si el equivalente de arena da un valor inferior al especificado efectúense dos pruebas más y tómesese el promedio de las tres como el E.A. del material.

#### 2.1.3.1.5. Clasificación de los suelos

Una clasificación de los suelos es un ordenamiento de los diferentes suelos en grupos que tienen propiedades similares. El propósito es dar facilidades para estimar las propiedades o aptitudes de un suelo por comparación de suelos de la misma clase, cuyas propiedades se conocen y para facilitar al ingeniero un método preciso para la descripción del suelo. Sin embargo, son tantas las propiedades diferentes de los suelos que interesan a los ingenieros y tantas las combinaciones de estas propiedades en cualquier depósito natural de suelo, que cualquier sistema de clasificación universal parece impracticable. En su lugar los grupos o clases se basan en aquellas propiedades que son más importantes, de acuerdo con el carácter particular de la obra de ingeniería para la cual se ha desarrollado la clasificación, por ejemplo: el sistema de clasificación del Public Roads de los E.E.U.U., agrupa los suelos de acuerdo con su adaptabilidad para la construcción de caminos. Las mismas propiedades pueden ser de poca utilidad en la clasificación de suelos para presas de tierra. El ingeniero de suelos debe familiarizarse con los propósitos, y particularmente con las limitaciones, de los más importantes sistemas de clasificación y debe ser capaz de desarrollar nuevos sistemas que se ajusten a nuevos problemas, y no tratar de adaptar los sistemas antiguos a situaciones para los cuales no son aplicables.

#### Clasificación por textura:

La clasificación por textura agrupa los suelos por el tamaño de los granos. La grava y los tamaños mayores se descartan y las partículas más finas que 2 mm. en diámetro se dividen en tres grupos; tamaño de arena, tamaño de limo y tamaño de arcilla. Siguiendo esta clasificación los suelos se agrupan por los porcentajes que contienen cada uno de estos tres tamaños.

#### Sistema de clasificación del departamento de caminos públicos:

Uno de los sistemas más antiguos de agrupar los suelos para fines de ingeniería, es el que se sigue en la clasificación del departamento de caminos públicos de U.S.A. Desde su introducción en 1929, ha sufrido muchas revisiones y modificaciones y se usa ampliamente, para evaluar los suelos para la construcción de subrasantes de carreteras y terraplenes. La modificación propuesta en 1945 se llama Revised Bureau Of Public Roads; Highway Research Board, o sistema AASHTO (American Association Of State Highway Officials), este sistema divide todos los suelos en tres categorías: granular, con 35% menos, en peso, pasando por el tamiz número 200 (más fino que 0.074 mm.); limo-arcilla, con más de 35% pasando por el tamiz número 200 y suelos orgánicos. Las dos primeras categorías se subdividen después de acuerdo con su característica y plasticidad. Los símbolos indican vagamente que con el aumento del número se disminuye la calidad del suelo, para la construcción de la carretera. Algunas de las clases se subdividen para indicar diferencia en plasticidad; pero las subdivisiones no son parte esencial del sistema. La clasificación está suplementada por el Índice de Grupo, o IG:

$$IG = 0.2a + 0.005ac + 0.01bd,$$

donde:

a = porcentaje que pasa el tamiz número 200, mayor que 35 y sin exceder 75, expresado en número entero (0 a 40).

b = porcentaje que pasa el tamiz número 200, mayor que 15 y sin exceder 55, expresado en número entero (0 a 40).

c = la parte de límite líquido mayor de 40 y sin exceder 60, expresado en número entero (0 a 20).

Los valores de IG varían de 0 a 20; los números más bajos indican mejor calidad que los números más altos. El número se coloca entre parentesis siguiendo a la clase de suelo así A-2 (0) ó A-5 (9).

Como se han usado los mismos símbolos básicos para todas las versiones del sistema de caminos públicos, el ingeniero debe señalar siempre cual está usando; sin embargo la inclusión de los números IG indican que es la revisión de 1945.



- d) El índice plástico no debe ser mayor de 6, (AASHTO-T-9070).
- e) No deberá tener un hinchamiento mayor de 1% (AASHTO - T-193-72).
- f) El equivalente de arena no debe ser menor de 25, (AASHTO - T-196).
- g) El material que pasa tamiz 200 no debe ser mayor que 2/3 de la fracción que pasa el tamiz 40.
- h) El agregado grueso retenido en el tamiz 10, deberá tener un porcentaje de desgaste de 50%, a 500 revoluciones, según el método de los Ángeles.

#### 2.1.4.2.1 Requisitos de Construcción

Se deben seleccionar los bancos de materiales, cumpliendo con los requisitos de calidad establecidos. Cuando existan alternativas para el uso de varios bancos, dentro de los límites razonables de acarreo y/o calidad, se escogerá el que cumpla con tener el menor porcentaje de material, que pase el tamiz 200, mayor CBR, menor índice plástico y mayor equivalente de arena.

#### 2.1.4.2.2 Colocación y Tendido

- a) Colocación: El material puede ser colocado por medio de camiones de volteo, o con máquina especial esparcidora.
- b) Tendido: El material de subbase, debe ser tendido en capas no mayores de 30cm. ni menores de 10cm. si el espesor de subbase requerido, es mayor de 30cm., el material debe ser colocado en 2 o más capas, nunca menores de 10cm., no permitiendo la colocación de la capa siguiente, antes de comprobar la compactación de la inmediata anterior. La distancia máxima a que puede ser colocado el material de subbase, no debe ser mayor a 4km.

2.1.4.2.3 Compactación: La determinación de la densidad máxima, se debe efectuar por cada 2,000m. cúbicos de material, o cuando se tenga evidencia de que las características del material han cambiado o se inicie la utilización de un nuevo banco. Antes de iniciar las operaciones de construcción de la subbase en forma continua, se debe efectuar un tramo de ensayo, en el ancho total de la misma, indicando las condiciones, equipo y maquinaria que se utiliza, con el objeto de poder determinar los valores a usar, para la evaluación de la compactación, cuando ocurran cambios en las características de los materiales o se cambie de banco, se deberá efectuar un tramo nuevo de ensayo. Si los resultados

del tramo de ensayo, son considerados satisfactorios, la determinación de la densidad máxima puede efectuarse por cada 10,000m cúbicos.

#### Valor Soporte

Se debe efectuar un ensayo por cada 500m. cúbicos producidos, al iniciar la explotación de cada banco, hasta llegar a 3,000m. cúbicos, seguidamente un ensayo por cada 3,000m. cúbicos colocados.

#### Granulometría

Se debe efectuar un ensayo de granulometría, por cada 500m. cúbicos, en los primeros 3,000m. cúbicos producidos, al iniciar la explotación de cada banco, seguidamente se debe efectuar un ensayo por cada 3,000m. cúbicos colocados de material.

#### Índice de Plasticidad y Equivalente de Arena.

Se debe realizar un ensayo por cada 3,000m. cúbicos de material de subbase colocado.

#### Porcentaje de Tolerancia en Compactación

Debe ser menor del 3%, respecto al porcentaje de compactación especificada. Se debe efectuar un ensayo representativo, por cada 400m. cuadrados de cada una de las capas que se compactan.

#### 2.1.4.3 Diseño Geométrico del Pavimento

##### 2.1.4.3.1 Diseño en Planta.

Diseño de curvas horizontales simples: 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 de ese 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 preferencia.
- b) La topografía condiciona, muy especialmente, los radios de curvatura y la velocidad de diseño.
- c) Evitar las curvas de radios mínimos 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 tangente que tienda a ser mínima.

- e) Evitar curvas demasiado largas, cuando se emplean radios muy pequeños, especialmente cuando hay edificaciones, árboles o taludes de corte que puedan reducir la visibilidad.
- f) La distancia de visibilidad, debe de considerarse conjuntamente con la topografía, ya que frecuentemente la visibilidad requiere radios mayores que la que requiere la velocidad en sí.
- g) Para una velocidad de diseño determinada, debe evitarse dentro de lo razonable, el uso de la curvatura máxima permisible. El proyectista debe, tender en lo general, a usar curvas suaves, dejando las de curvatura máxima para condiciones críticas.

#### 2.1.4.3.2 Diseño en Perfil

##### Diseño de la Rasante

La rasante es el nivel de la superficie de rodadura, se diseña adaptándola lo más posible al perfil natural del terreno, aplicando el criterio generalmente aceptado, de la rasante que resulte más económica bajo condiciones normales, siendo ésta la que más se acerca al perfil natural del terreno.

##### Diseño de Curvas Verticales

Las curvas verticales se diseñaran con los criterios de diseño del alineamiento vertical siguientes

- a) En terrenos planos, la altura de la subrasante sobre el terreno, es regulada generalmente por el drenaje. En terrenos en lomerío se adoptan subrasantes onduladas, las cuales convienen tanto en razón de operación de los vehículos como por la economía en el costo. En terrenos montañosos, la subrasante es controlada por las condiciones de la topografía.
- b) Eliminar la curva vertical convexa en corte, si las pendientes de enlace son muy suaves.
- c) En terrenos llanos, se diseñará la rasante en relleno, es decir, por encima del perfil natural del terreno, esto con el fin de dar cabida a las instalaciones necesarias, de drenaje, para proteger al pavimento de la humedad del suelo.
- d) Evitar dos curvas sucesivas, con la misma dirección, separadas por una tangente vertical muy corta, especialmente en curvas cóncavas donde la vista completa de ambas curvas no es agradable.

- e) Evitar una curva horizontal cerrada, en el punto más bajo de una curva vertical en columpio, que tenga pendientes de signo contrario, porque algunos vehículos bajarán, por la pendiente de entrada a la curva, con velocidad superior a la de diseño.
- 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 del 0.5%, no es necesario diseñar la curva vertical, debido a que la pendiente es muy pequeña.
- h) Deben evitarse cambios bruscos de pendiente, evitando el uso de curvas verticales de corta longitud.

#### 2.1.4.4 Espesor del pavimento rígido y semiflexible

**Pavimento:** Es una estructura que transmite 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 describe la estructura de pavimento, el método y procedimiento de diseño para pavimentos rígidos y pavimentos semiflexibles (adoquín).

##### 2.1.4.4.1 Teoría y diseño sobre pavimentos rígidos:

Un pavimento es rígido, cuando está constituido por una losa de concreto simple o reforzada, la que distribuye las cargas al suelo, en una superficie grande, tomando en cuenta que el factor principal, es la resistencia a la flexión.

Cuando la subrasante es de muy buena calidad, la losa de concreto puede construirse sobre ella, si la subrasante no llena este requisito, es necesario colocar una capa de base, que cumpla con especificaciones de subbase.

Debido a que la losa de concreto, distribuye la carga sobre una superficie grande, es necesario que cuando el pavimento se construya, la superficie sobre la cual se apoye sea uniforme.

#### Estructura del Pavimento Rígido

##### Subrasante

Es el nivel del terreno, sobre el que se asientan los diferentes elementos del pavimento de una carretera, se

extiende hasta una profundidad, en la que no le afecte la carga de diseño, correspondiente al tránsito previsto.

Los materiales de la subrasante deben cumplir con los siguientes requisitos:

- a) Tamaño máximo de partículas 10 cm.
- b) Límite líquido menor de 50%
- c) C.B.R. 5% mínimo
- d) Expansión 5% máximo
- e) Compactación 95% mínimo

Los materiales calificados como A-B, son inapropiados para subrasante, debido que son altamente compresibles, teniendo muy baja resistencia.

Se puede hacer una clasificación, para valores de C.B.R. en diferentes calidades de subrasantes: ver tabla No. 1

Si la subrasante no cumple con los requisitos de calidad, debe ser tratada por algún método, para que alcance las características deseables; siempre se recomienda cubrir la subrasante con una capa de subbase, cuando va a ser expuesta al tráfico y a la lluvia.

Tabla No. 1

VALOR EN % DE CBR	MATERIAL
0 - 3	Subrasante muy malas
3 - 5	Subrasante malas
5 - 20	Subrasante de regulares a buenas
20 - 30	Subrasante muy buenas
30 - 50	Sub-bases buenas
50 - 80	Buena base de grava
80 - 100	Buena base de piedra y grava triturada

#### Requisitos de Construcción

Cuando se inicia la construcción, se debe proceder a limpiar la vegetación pequeña, existente en toda la superficie de la subrasante a reacondicionar. El reacondicionamiento es la operación que consiste en escarificar el suelo, homogenizar, conformar y compactar la subrasante. En las áreas

que se necesita reacondicionamiento, se debe proceder a escarificar el suelo de la subrasante, hasta una profundidad de 20 cm., eliminando las rocas mayores de 10 cms.; seguidamente se debe proceder a ajustar y conformar la superficie, efectuando cortes y rellenos no mayores de 20 cm. de espesor. El suelo de subrasante, en el área a reacondicionarse, debe humedecerse adecuadamente antes de la compactación.

La subrasante reacondicionada debe ser compactada, hasta lograr el 95% de compactación, con respecto a la densidad máxima (Proctor Modificado); se deben efectuar ensayos representativos, por cada 400 m. cuadrados de subrasante reacondicionada.

#### Tolerancias y Aceptación de Subrasante

- a) Compactación: Se establece una tolerancia en menos de 2%, respecto al porcentaje de compactación especificada.
- b) Superficie: Se establece una tolerancia de 3cm., en más o en menos, respecto al nivel de conformación de superficie indicada en los planos.
- c) No se permite que la subrasante ya reacondicionada, quede sin recubrir, en una distancia mayor de 2 km.

#### 2.1.4.4.2 Capa de Rodadura:

Especificaciones para los Materiales del Concreto.

**Cemento:** El que se emplea en los pavimentos de concreto, deberá cumplir con las especificaciones American Society For Testing Material (ASTM) C-595 en lo aplicable.

#### Agregados

El agregado grueso debe ser resistente al desgaste para los concretos utilizados en pavimentos; el máximo desgaste permitido es de 40%, en la prueba de abrasión, en la máquina de los Angeles. Las gravas bien graduadas, con tamaño de 3 pulgadas, se han empleado con bastante éxito en los pavimentos, es muy común utilizar agregados con la granulometría que va desde 2 1/2" hasta 1/4". Independientemente de esto, si se utiliza un tamaño máximo de la partícula de 1 1/2" es enteramente satisfactoria.

El agregado fino deberá estar limpio, sano, adecuadamente graduado y libre de materia orgánica, que puedan reducir la resistencia del concreto. Comúnmente, las especificaciones permiten, que se empleen arenas naturales, que contengan de un 10 a un 30% de material que pasa la malla No. 50, las arenas que contienen de 12 a 15% de material, que pasa la malla No. 50, son preferibles porque producen concretos más trabajables.

#### Agua

El agua que se emplea, tanto en el mezclado como en el curado del concreto, deberá estar libre de materiales perjudiciales tales como aceites, grasas, ácidos, sales u otras substancias dañinas al cemento.

#### 2.1.4.4.3 Juntas

La correcta distribución y construcción de las juntas, permite ofrecer pavimentos sin grietas. La mayoría de las grietas en el concreto son debidas a 3 efectos.

- a) Cambio de volumen por encogimiento por secado.
- b) Esfuerzos directos por cargas aplicadas.
- c) Esfuerzos de flexión por pandeo.

Aparecen en cualquier lugar, en donde el esfuerzo de tensión es mayor, al que resiste el concreto, al mantenerse unido.

El encogimiento por secado es una propiedad inherente al concreto, por lo que la posibilidad de agrietamiento existe, la forma de controlar estas grietas es induciendo su apareamiento en lugares apropiados, ordenadamente, con un adecuado sistema de juntas.

#### Construcción de Juntas

- a) Juntas de expansión: Estas son necesarias cuando existan estructuras fijas, tales como: puentes, aceras, alcantarillas, etc. Donde sea necesario este tipo de junta, se dejará una separación de dos centímetros.
- b) Juntas de Construcción: Esta junta debe dejarse en lugares donde se suspenderá la construcción, por más de 30 minutos.
- c) Juntas de Contracción: Controla las grietas causadas por la retracción del fraguado del concreto. La ranura de la junta, debe por lo menos tener una profundidad de un cuarto del espesor de la losa. Se construyen perpendicularmente al tráfico.
- d) Juntas Longitudinales: Son juntas paralelas al eje longitudinal del pavimento. Estas juntas se colocan para prevenir la formación de grietas longitudinales, pueden ser en forma mecánica, unión macho hembra. La profundidad de la ranura superior de esta junta, no debe ser inferior de un cuarto del espesor de la losa.

#### 2.1.4.4.4 Tráfico

El factor más importante en el diseño de espesores de

pavimento es el número y peso de las cargas de eje. Este es derivado de estimaciones de T.P.D. (Tránsito Promedio Diario) en ambas direcciones, T.P.D.C. (Tránsito Promedio Diario de Camiones) en ambas direcciones, carga de "N" Camiones. La información de T.P.D. se obtiene de contadores especiales de tráfico.

Para obtener el dato de volumen de tráfico y factores de proyección de tráfico, este último se multiplica por el A.D.T. (Tráfico Diario Anual) para obtener el T.P.D. la razón de crecimiento es afectada por factores como el tráfico generado y tráfico desarrollado; todos estos factores pueden causar razones de crecimiento anual del 2 al 6%, que corresponden a factores de proyección de tráfico a 20 años de 1.2 a 1.8. El uso de razones altas de crecimiento no es aplicables para calles residenciales ni carreteras rurales, pues éstas prestan su función a propiedades continuas. En la tabla No. 4 se muestra el porcentaje anual de crecimiento de tránsito y factores de proyección.

En el procedimiento de diseño, es necesario el tráfico promedio diario de camiones en ambas direcciones (T.P. D.C.) puede ser expresado como un porcentaje de T.P.D. o como un valor aparte. El T.P.D.C. solo incluye camiones de 6 llantas y no incluye páneces, pick-ups u otros vehículos de cuatro llantas.

#### 2.1.4.4.5 Descripción de los métodos de diseño para pavimentos rígidos.

La asociación del cemento Portland (PCA), ha desarrollado dos métodos, para determinar el espesor de las diferentes capas de un pavimento que resista las cargas que ocasiona el tránsito. Estos métodos son:

##### a) Método de capacidad:

Este método 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.

Es un método simplificado, que reduce considerablemente el espesor de las losas, para pavimentos de concreto de cemento portland. Fué publicado por la P.C.A. (Portland Cement Association) en el folleto "Thickness Desing For Concrete Highway ans Street Pavements". En la utilización de este método el espesor de las losas de un pavimento, se reduce de 2.5 a 3.5cm.

Para este método han sido generadas tablas de diseño, basadas en la distribución compuestas de ejes de carga que representan las diferentes



categorias 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. 5. Las tablas utilizadas para el diseño de pavimentos se presentan más adelante. Estas son las tablas No. 8, 9, 10, 11, 12, 13 y 14 las cuales corresponden a las cuatro categorías de tránsito. Factores de seguridad apropiados de 1.0, 1.1, 1.2 y 1.3 respectivamente, han sido incorporados en las tablas de diseño, para las categorías de eje de carga 1, 2, 3 y 4. Estas tablas muestran para periodos de diseño de 20 años, en éstas, los esfuerzos combinados de subrasante y subbase, se caracterizan por la palabra descriptiva "bajo", "medio", "alto" y "muy alto". La tabla No. 5 muestra relaciones aproximadas entre varios valores de conexión de subrasante y en el caso de que los datos de las pruebas de laboratorio no estén disponibles, la tabla No. 7 lista aproximadamente los valores de "K" (módulo de reacción de la subrasante) para diferentes tipos de suelos, (esto, cuando no se conoce su respectivo CBR). Si una subbase ya a ser usada, el modulo de reacción "Ks" se incrementa de acuerdo a las tablas 2 y 3.

Los pasos de diseño son como sigue:

- a) Estimar TPDC (Tránsito Promedio Diario de Camiones) en 2 direcciones; excluyendo camiones de 2 ejes y 4 llantas.
- b) Seleccionar la categoría del eje de carga, según tabla No. 5
- c) Encontrar el espesor de la losa requerida, en la tabla respectiva (tabla No. 8, 9, 10, 11, 12, 13, y 14).

En el uso correcto de la tabla No. 5 los valores de TPD y TPDC no son usados como criterio principal para seleccionar la categoría del eje de carga; los datos se muestran únicamente para ilustrar valores típicos.

El tránsito promedio diario pesado (TPDC) en ambas direcciones, debe ser obtenido por medio de conteo, para tener más exactitud, en el número de vehículos pesados que circulan por ese lugar.

Las tablas No. 8 a 14 incluyen diseño de espesores para pavimento con o sin banquetas u hombros. Listado para diferentes TPDC permitidos para un período de diseño de 20 años de vida útil, para períodos mayores, se debe multiplicar el TPDC estimado por la relación  $N/20$ , donde "N" es el número de años deseado.

TABLA 2  
EFECTOS DE LA SUB-BASE NO TRATADA SOBRE LOS VALORES DE K.

Subrasante				
Valor de K	Base valores de K PCI			
PCI	4 pulg.	6 pulg.	9 pulg.	12 pulg.
50	85	75	85	118
100	130	140	180	100
200	220	230	270	320
300	320	330	370	430

TABLA 3  
VALORES DE DISEÑO DE K PARA SUB-BASES TRATADAS CON CEMENTO

Subrasante				
Valor de K	Sub-base valores de K PCI.			
PCI.	4 pulg.	6 pulg.	9 pulg.	12 pulg.
50	170	230	310	300
100	280	400	520	848
200	470	840	830	---

TABLA 4  
PORCENTAJE ANUAL DE CRECIMIENTO DE TRANSITO  
Y FACTORES DE PROYECCION CORRESPONDIENTE.

Porcentaje anual de crecimiento de transito %	Factor de proyeccion 20 años	Factor de proyeccion 40 años
1.0	1.1	1.3
1.5	1.2	1.3
2.0	1.2	1.5
2.5	1.3	1.8
3.0	1.3	1.8
3.5	1.4	2.0
4.0	1.5	2.2
4.5	1.8	2.4
5.0	1.8	2.7
5.5	1.7	2.0
6.0	1.8	3.2

TABLA 5 CATEGORIAS DE CARGAS POR EJE

Carga por Eje Categoría	DESCRIPCION	TRANSITO			MAXIMA CARGA POR EJE KIPS	
		ADT	ADTT		Eje sencillo	Eje tandem
			%	Por Día		
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).	3000-12000 2 carriles 3000-20000 4 carriles o mas	8-30	de 500 a 5000	30	52
4	Calles Arteriales, Carreteras Primarias, Supercarreteras (Altas). Interestatales Urbanas y Rurales (Medio a Alto).	3000-20000 2 carriles 3000-15000 4 carriles o mas	0-30	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 a carretera.  
ADTT: Camiones dos ejes, Camiones cuatro llantas excluidos.



TABLA 7 TIPOS DE SUELOS DE SUB-RASANTES  
Y VALORES APROXIMADOS DE K

TIPOS DE SUELOS	SOPORTE	RANGO DE VALORES DE K PCI
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
Arena y mezclas de arena con grava, relativamente libre de finos.	Alto	180-220
Sub-bases tratadas con cemento.	Muy Alto	250-400

TABLA 8 ADTT. Permisible. Carga por eje categoria 1.  
 Pavimentos con juntas con agregados de trave.  
 (No necesita Dovelas).

		Sin hombros de concreto o bordillo			Con hombros de concreto y bordillo			
	Espeor de losa	Soporte	Sub-racante	Sub-base	Espeor de losa	Soporte	Sub-racante	Sub-base
	Pulg.	BAJO	MEDIO	ALTO	Pulg.	BAJO	MEDIO	ALTO
MR=650PSI	4.5			0.1	4		0.2	0.9
					4.5	2	8	25
	5	0.1	0.8	3	5	30	130	330
	5.5	3	15	45	5.5	320		
	6	40	160	430				
	6.5	330						
MR=600PSI	5		0.1	0.4	4			0.1
	5.5	0.5	3	9	4.5	0.2	1	5
	6	8	36	98	5	6	27	75
	6.5	76	300	760	5.5	73	290	730
	7	500			6	610		
MR=550PSI	5.5	0.1	0.2	1	4.5		0.2	0.6
	6	1	6	18	5	0.8	4	13
	6.5	13	60	160	5.5	13	57	150
	7	110	400		6	130	480	
	7.5	620						

NOTA: El análisis de fatiga controla el diseño.

NOTA: Una fracción de ADTT, indica que el pavimento puede transportar un número ilimitado de carros de pasajeros y camiones con dos ejes, cuatro llantas. Pero únicamente poco camiones pesados por semana (ADTT de 0.3 a 1.7 días indica dos camiones pesados por semana).

El presente ADTT excluye a camiones de cuatro llantas dos ejes, por lo que el número de camiones permitidos puede ser muy grande.

TABLA 9 ADTT. Permisible, Carga por eje categoria 2.  
Pavimentos con juntas doveladas.

		Sin hombros de concreto o bordillo				Con hombros de concreto y bordillo								
	Esesor de losa	Soporte		Sub-rasante		Sub-base		Esesor de losa	Soporte		Sub-rasante		Sub-base	
	Pulg.	BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO	Pulg.	BAJO		MEDIO	ALTO	MUY ALTO			
MR=650PSI	5.5				5	5		3	9	42				
						5.5	9	42	120	450				
	6		4	12	59	6	96	300	970	3400				
	6.5	9	42	120	490	6.5	710	2600						
	7	80	320	840	3100	7	4200							
	7.5	490	1900											
	8	2500												
MR=600PSI	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		6.5	160	620	1500	5200				
	8	590	2300			7	1000	3600						
	8.5	2700												
MR=550PSI	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	1100				
	8	100	470	1200		7	210	770	1900					
	8.5	560	2200			7.5	1100	4000						
	9	2400												

NOTA: Análisis de fatiga controla el diseño.

TABLA 10 ADTT. Permisible. Carga por eje categoria 2.  
Pavimentos con juntas con agregados de trave.

		Sin hombros de concreto o bordillo				Con hombros de concreto y bordillo				
	Espesor de losa Pulg.	Soporte		Sub-base		Espesor de losa Pulg.	Soporte		Sub-base	
		BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO		BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO
MR=650PSI	5.5				5	5	3	9		42
						5.5	9	42	120	450
	6		4	12	59	6	96	300	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=600PSI	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=550PSI	6.5			4	19	5.5		3		17
	7		11	34	150	6	3	14	41	160
	7.5	19	84	220	890	6.5	29	120	320	1100
	8	100	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 11 ADTT. Permisible, Carga por eje categoria 3.  
Pavimentos con juntas doveladas.

	Sin hombros de concreto o bordillo					Con hombros de concreto y bordillo				
	Espesor de losa	Soporte	Sub-rasante		Sub-base	Espesor de losa	Soporte	Sub-rasante		Sub-base
	Pulg.	BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO	Pulg.	BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO
MR=650PSI	7.5				250	6.5			83	320
	8		130	350	1300	7	52	220	550	1900
	8.5	160	640	1600	6200	7.5	320	1200	2900	9800
	9	700	2700	7000	11500	8	1600	5700	13800	
	9.5	2700	10000			8.5	6900	23700		
	10	9900								
MR=600PSI	8			73	310	6.5				67
	8.5		140	300	1500	7			120	440
						7.5		270	680	2300
	9	160	640	1700	6200	8	370	1300	3200	10000
	9.5	630	2500	6500		8.5	1600	5800	14100	
	10	2300	9300			9	6600			
10.5	7700									
MR=550PSI	8.5			70	300	7				82
						7.5			130	480
	9		120	340	1300	8	67	270	670	2300
	9.5	120	520	1300	5100	8.5	330	1200	2900	9700
	10	460	1900	4900	19100	9	1400	4900	11700	
	10.5	1600	6500	17400		9.5	5100	18600		
11	4900									

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

TABLA 12 ADTT. Permisible. Carga por eje categoria 3  
Pavimentos con juntas con agregado de trave.

	Sin hombros de concreto o bordillo					Con hombros de concreto y bordillo				
	Espeor de losa	Soporte	Sub-razante		Sub-base	Espeor de losa	Soporte	Sub-razante		Sub-base
	Dula.	BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO	Dula.	BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO
MR=650PSI	7.5			60	250	7		220	510	750
						7.5	320	640	990	1400
	8		130	350	930	8	610	1100	1500	2500
	8.5	160	440	900	1300	8.5	950	1900	2700	4700
	9	600	1000	1300	2000	9	1500	2900	4600	8700
	9.5	960	1500	2000	2900	9.5	2300	4700	8000	
	10	1300	2100	2800	4300	10	3500	7700		
	10.5	1800	2900	4000	6300	10.5	5300			
	11	2500	4000	5700	9200	11	8100			
	11.5	3300	5500	7900						
12	4400	7500								
MR=600PSI	8			73	310	7			120	440
	8.5		140	380	1300	7.5	67	270	680	1400
	9	160	440	1300	2000	8	370	1100	1500	2500
	9.5	630	1500	2000	2900	8.5	950	1800	2700	4700
	10	1300	2100	2800	4300	9	1500	2900	4600	8700
	10.5	1800	2900	4000	6300	9.5	2300	4700	8000	
	11	2500	4000	5700	9200	10	3500	7700		
	11.5	3300	5500	7900		10.5	5300			
	12	4400	7500			11	8100			
	MR=550PSI	8				56	7			
8.5				70	300	7.5			130	400
9			120	340	1300	8	67	270	670	2300
9.5		120	520	1300	2900	8.5	330	1200	2700	4700
10		460	1900	2800	4300	9	1400	2900	4600	8700
10.5		1600	2900	4000	6300	9.5	2300	4700	8000	
11		2500	4000	5700	9200	10	3500	7700		
11.5		3300	5500	7900		10.5	5300			
12		4400	7500			11	8100			

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

TABLA 13 ADTT. Permisible, Carga por eje categoria 4  
Pavimentos con juntas doveladas.

		Sin hombros de concreto o bordillo				Con hombros de concreto y bordillo				
	Espesor de losa	Soporte	Sub-rasante		Sub-base	Espesor de losa	Soporte	Sub-rasante		Sub-base
	Pulg.	BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO		Pulg.	BAJO	MEDIO	ALTO
MR=650PSI	8				250	7				400
	8.5		120	340		7.5		240	620	2100
	9	140	580	1500	830	8	330	1200	3000	2500
	9.5	570	2300	5900	1300	8.5	1500	5300	12700	41100
	10	2000	8200	18700	2000	9	5900	21400	44900	
	10.5	6700	24100	31800	2900	9.5	22500	52000		
MR=600PSI	11	21600	39600		4300	10	45200			
	11.5	39700			6300					
	8.5				1300	7.5			130	490
	9		120	340	2000	8		270	690	2300
	9.5	120	530	1400	2900	8.5	340	1300	3000	9900
	10	480	1900	5100	4300	9	1400	5000	12000	40200
MR=550PSI	10.5	1600	6500	17500	6300	9.5	5200	18800	45900	
	11	4900	21400	53800	9200	10	18400			
	11.5	14500	65000							
	12	44000								
	9				56	8			130	480
	9.5			280	300	8.5		250	620	2100
10		390	1100	1300	9	280	1000	2500	8200	
10.5	320	1400	3600	2900	9.5	1100	3900	9300	30700	
11	1000	4300	11600	4300	10	3800	13600	32900		
11.5	3800	13100	37200	6300	10.5	1100	39000			
12	8200	40000			11	40400				

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

TABLA 14 ADTT. Permisible, Carga por eje categoria 4  
Pavimentos con juntas con agregado de trave.

		Sin hombros de concreto o bordillo				Con hombros de concreto y bordillo					
Espesor de losa	Dula.	Soporte	Sub-razante	Sub-base	Espesor de losa	Dula.	Soporte	Sub-razante	Sub-base		
		BAJO	MEDIO	ALTO			MUY ALTO	BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO
MR=650PSI	8				270	7			100	400	
	8.5		120	340	990	7.5		240	620	910	
	9	140	580	1100	1500	8	330	770	1100	1700	
	9.5	570	1200	1600	2300	8.5	720	1300	1900	3100	
	10	1100	1700	2200	3400	9	1100	2100	3200	5700	
	10.5	1500	2300	3200	4900	9.5	1700	3400	5500	10200	
	11	2000	3300	4500	7200	10	2600	5500	9200	17900	
	11.5	2700	4500	6300	10400						
	12	3600	6100	8800	14900	11	5900	13600	24200		
	13	6300	11100	16800		12	12800				
	14	10000									
	MR=600PSI	8.5				300	7.5			130	490
		9		120	5100	1300	8		270	690	1700
		9.5	120	530	1400	2300	8.5	340	1300	1900	5100
10		480	1700	2200	3400	9	1100	2100	3200	5700	
10.5		1500	2300	3200	4900	9.5	1700	3400	5500	10200	
11		2000	3300	4500	7200	10	2600	5500	9200	17900	
11.5		2700	4500	6300	10400						
12		3600	5100	9800	14900	11	5900	13600	24200		
13		6300	11100	16800		12	12800				
14		10800									
MR=550PSI	9				260	8			130	480	
	9.5			200	1100	8.5		250	620	2100	
	10		398	1100	3400	9	280	1000	2500	5700	
	10.5	320	1400	3200	4900	9.5	1100	3400	5500	10200	
	11	1000	3300	4500	7200	10	2600	5500	9200	17900	
	11.5	2700	4500	6300	10400						
	12	3600	6100	8800	14900	11	5900	13600	24200		
	13	6300	11100	16800		12	12800				
	14	10800									

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

## 2.1.4.4.6. Teoría y diseño sobre Pavimentos de Adoquín:

## 2.1.4.4.7. Adoquines de concreto

Estas piezas de pavimento prefabricadas, deben cumplir con varios requisitos geométricos y de resistencia como: muestreo, forma, dimensiones, color, textura y resistencia a varios esfuerzos.

**Muestreo:** Una muestra normal consistirá en 10 adoquines enteros, por cada 15,000 adoquines o fracción de esa cantidad, seleccionados al azar, preferentemente, en la planta que los fabricó, y ensayándolos antes de su embarque a la obra.

**Forma:** Los adoquines pueden ser de cualquier forma, pero conviene que su figura no tenga cambios bruscos. La forma más conveniente es la rectangular.

**Dimensiones:** No es fácil señalar las dimensiones de estas piezas, pero los siguientes son valores sólo indicativos de su uso normal:

Espesor de	60 a 100 mm. (+ 3 mm)
Ancho	60 a 12.5 mm. (+ 2 mm) tolerancia
Largo	220 mm. (+ 2 mm)

**Color:** El color de los adoquines pueden ser gris, rojo, etc., siempre y cuando el aditivo colorante no altere las propiedades del concreto. Vale la pena señalar que, en calles con mucho tránsito, el adoquín termina de color negruzco por el frotamiento de los neumáticos. Algunos urbanistas sostienen que el color del adoquín debe ser neutro, es decir, un color gris oscuro.

**Textura:** La textura de los adoquines debe de ser fina, para ser impermeable. El agregado usado, por tal motivo, debe ser fino, con algo de material retenido en una malla No.4. Las arenas deben cumplir con las normas de agregado fino para concreto, sobre todo su resistencia al desgaste.

**Resistencia al Desgaste:** Los adoquines deberán tener una adecuada resistencia al desgaste, la cual se logra al usar un agregado adecuado y una dosificación con cemento portland en buena cantidad. El resultado de cualquier prueba mecanizada, práctica y confiable, no debe desgastar el adoquín más de 3mm.

**Resistencia a la Flexión:** En los adoquines, igual que en las losas de concreto de pavimentos, el esfuerzo crítico es el de flexión. Por lo tanto, lo más conveniente es especificar una resistencia a la flexión, o módulo de ruptura.

El valor de módulo de ruptura mínima, determinado en un adoquín entero, rectangular o cortado con disco de diamante, es de 40 kg/cm cuadrado. Este MR es aproximadamente un 15% de la resistencia a la compresión, la que se determina de la forma siguiente:

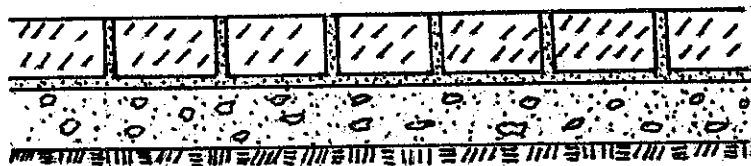
#### Resistencia a la Compresión

La resistencia a la compresión de los adoquines debe como mínimo ser de 300 kg/cm<sup>2</sup>, determinada en probetas cúbicas, obtenidas cortando las mitades de la prueba a flexión, o de un adoquín entero, las dimensiones del cubo (o probeta sensiblemente cúbica) deben ser de un espesor igual al del adoquín, a través del cual se aplicará la carga de compresión, y un ancho y largo que no difiera mucho de ese espesor.

#### 2.1.4.4.8. Diseño Simplificado de Pavimentos Adoquinados:

Se consideran los pavimentos adoquinados como de tipo flexible. La capa de adoquines y su capa de asiento, al recibir la carga de vehículos, la transmiten prácticamente igual a la capa siguiente, que es la base del pavimento.

Se tendría que hacer una investigación de campo y de laboratorio para determinar cuánta carga absorben las capas adoquín-asiento. Cualquiera que fuera el resultado, tendría que ser de poca magnitud. Por lo tanto, se considera que el "adoquín-asiento" funciona como una carpeta especial. Los valores siguientes de capa para este pavimento, son muy semejantes a las de pavimento de asfalto. La figura (No. 1) representa una sección transversal de un pavimento adoquinado.



Capa adoquinada  
Capa de asiento  
Capa de base

Subrasante  
Figura (No. 1)

#### Capa de Asiento

Tanto los adoquines, como la capa de base, tienen pequeñas irregularidades. Además, para compactar la capa adoquinada, se requiere una capa no rígida que la sostenga, incluyendo una capa de asiento que está abajo de los adoquines y sobre la base de pavimento.

Conviene que esta capa sea de arena de río limpia, sin nada de arcilla ni cemento o cal. Su espesor debe ser un tercio del espesor del adoquín, si la superficie de la base es muy irregular, quizás sea necesario hacer la capa de asiento de 5cm. no conviene hacerla de mayor espesor porque esto puede causar asentamientos en el adoquín, por la consolidación de la arena, a menos que esté bien compactada. Las tablas siguientes proporcionan el tamaño del espesor del adoquín, asiento, base y subbase.

Tabla No. 15 Pavimento Adoquinados  
Banquetas, Plaza y Andadores  
Tránsito A

Capa	Subrasante		
	Buena	Regular	Pobre
Adoquinado	6	6	6
Asiento	2	2	2
Base Granular	0	6	10
Sub-base Granular	0	0	0
Espesor total en cm.	8	14	18

Tabla No. 16 Pavimentos Adoquinados  
Calle para peatones  
Tránsito B

Capa	Subrasante			
	Buena	Regular	Pobre	
Adoquinada	8	8	8	
Asiento	3	3	3	
Base Granular	0	10	15	-
Base Suelo-cemento	--	--	--	10
Sub-base Granular	--	--	-	-
Espesor total en cm.	11	21	26	21

Tabla No. 17 Pavimentos Adoquinados  
Calles Residenciales, Estacionamientos para Automóviles  
Tránsito 1

Capa	Subrasante					
	Buena		Regular		Pobre	
Adoquinada	10		10		10	
Asiento	3		-		3	
Base Granular	10	-	15	-	-	-
Base Suelo-cemento	-	8	-	10	-	-
Sub-base Granular	-	-	-	-	10	-
Espesor total en cm.	23	21	28	23	38	28

pluviales, se usará el método racional que determinará el caudal pluvial.

#### 2.1.5.1. Período de diseño

Los sistemas de alcantarillados serán proyectados para llenar adecuadamente su función durante un período de 30 a 40 años a partir de la fecha de su construcción. (norma 2.2 de la Dirección General de Obras Públicas).

#### 2.1.6. Intensidad de Lluvia:

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

La intensidad de lluvia, se determinó de acuerdo a curvas de intensidad de lluvia calculadas por el INSIVUMEH, con base a estaciones pluviométricas ubicadas a inmediaciones de la cabecera municipal.

La probabilidad de ocurrencia, se tomará de 10 años, dada por la fórmula siguiente: (deducida por la sección de hidrología del Insivumeh).

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

donde:

t = tiempo de concentración en minutos.

#### 2.1.6.1. Tiempo de Concentración

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

Como tiempo de entrada duró 12 minutos. El tiempo de flujo dentro de la alcantarilla se calcula de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$T_2 = T_1 + \frac{L}{60V}$$

donde:

T<sub>1</sub> = 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 metros por segundo.

#### 2.1.6.2. Coeficiente de Escorrentía

El coeficiente 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 del suelo, etc.



### 2.1.6.3. Areas Tributarias

Las áreas tributarias se calculan en hectáreas. Tomando a escala las distancias y dividiendo las manzanas en triángulos cuyos lados salgan a partir de un punto central hacia los extremos del tramo entre pozos de visita.

### 2.1.6.4. Caudal de diseño

Método Racional: El método racional está expresado con la siguiente fórmula:

$$Q = \frac{CIA}{360} \times 100$$

donde:

Q = Caudal en m<sup>3</sup>/seg.

C = Es la relación entre la escorrentía y la cantidad de lluvia caída en el área.

I = Intensidad de lluvia en mm/hora

A = Área a drenar en hectáreas.

### 2.1.6.5. Diámetro de la tubería

Por ser este proyecto, el diseño de un alcantarillado pluvial, se toma como diámetro mínimo 12", según lo establece el Reglamento de Construcción de Alcantarillados de la Municipalidad de Guatemala.

### 2.1.6.6. Pozos de Visita

Los pozos de visita siempre son necesarios en el lugar donde concurren dos o más tubos, esto generalmente es en las esquinas de las ciudades. También cuando las distancias son mayores de 100 metros, se debe poner un pozo intermedio para que cuando se desea hacer alguna limpieza, la dificultad sea menor.

Cuando el terreno tiene cambios bruscos de pendiente, para que la tubería no quede fuera de la superficie, es conveniente poner un pozo de visita un poco antes del punto donde baja más la pendiente. Este pozo intermedio tiene por objeto evitar que la tubería sea muy superficial.

Los pozos de visita son de sección circular y con un diámetro de 1.20 mts.; las paredes se construyen de ladrillo y en el fondo una losa de concreto armado. La parte superior es de forma de cono truncado y lleva una tapadera circular de concreto armado. Se puede penetrar en él, cuando sea necesario efectuar alguna limpieza, tiene gradas o escalones en zigzag. No se permitirá caída en la entrada de un pozo de visita mayor de un 1.00 metro sin accesorio especial: por ejemplo un derivador de caudal que funcionará como disipador de energía y éste encausará el caudal en forma moderada, ya que, de lo contrario produce caudales máximos que son conflictivos y pueden producir destrucción del sistema.

Respecto a los diámetros de los pozos de visita, se utilizarán las dimensiones mínimas del Reglamento de Construcción de Alcantarillados de la Municipalidad de Guatemala, los cuales se pueden ver en el cuadro No. 22

CUADRO No. 22

Diámetro mínimo de los pozos de visita:

Diámetro tubería efluente mayor en pulgadas	Diámetro mínimo del pozo en metros
8	1.50
10	1.50
12	1.50
14	1.50
16	1.50
18	1.50
20	1.50
24	1.75
30	1.75
36	1.90
40	2.00
42	2.00
60	2.50
En diámetros mayores	Diámetro tubería efluente mayor+100m

Respecto del proceso constructivo se tomarán como base aspectos de carácter de construcción y de diseño para la realización de la obra de alcantarillados.

El trazo se realiza por medio de estacas colocadas en el centro de la ubicación de los pozos de visita y estacas intermedias a cada 10.00 metros, colocadas sobre la línea central. Paralelas a éstas se marcarán con otras estacas y, teniendo hilos, se va alineando la zanja.

Los tragantes y la línea de desfogue se marcarán con estacas secundarias. Para la instalación, la tubería se baja a través de cables para evitar rompimiento de la misma.

Respecto a los materiales que se usarán para la construcción de los drenajes, se puede mencionar que se hicieron cálculos a nivel de medidas unitarias para facilidad de proceso de cuantificación de materiales.  
por ejemplo:

Unión de Tubería

Para el cálculo de sabieta se tomarán las relaciones de

cemento y arena de río, para cierto valor de volumen de fundición, es decir por m<sup>3</sup>.

12 sacos cemento/m <sup>3</sup>	Fundición
1.33 m <sup>3</sup> arena de río/m <sup>3</sup>	Fundición

#### 2.1.6.6.1. Tragantes

Los tragantes se colocarán en todos los puntos bajos o en donde se acumulan las aguas de lluvia, así como en las intersecciones de calles, o sea que la avenida atraviesa la bocacalle, en las intersecciones de pendiente y lugares en donde la acumulación de agua ponga en peligro el tránsito. Además, cuando el volumen de la avenida lo requiera, no podrán ser separados entre si por una distancia mayor de 100m.

Respecto al diseño de la depresión como el largo del tragante, éste está de acuerdo con la pendiente de la calle y la cantidad de agua a recolectar.

El tragante de la avenida no podrá ser mayor de 0.03 de metro de alto y su ancho no podrá ser mayor de 0.75 de metro.

En cuanto a operación y limpieza por cuestiones económicas, los tragantes deberán conectarse directamente a los pozos de visita.

#### 2.1.6.7 Red de Distribución

Para la construcción de una obra de infraestructura como alcantarillado y para nuestro caso, un sistema pluvial se debe cumplir con ciertos requisitos para garantizar que su funcionamiento real sea optimizado al máximo, con relación a lo previsto en el diseño.

Se ha hecho una serie de recopilaciones completas que contienen normas y recomendaciones detalladas de cada uno de los renglones que abarca la construcción de proyectos de drenajes.

Se hace mención que las fases de construcción de un proyecto de alcantarillados son las siguientes:

- 1.- Replanteo y marcación
- 2.- Excavación
- 3.- Instalación de tubería

Las fases correlativas tienen un orden de realización, pero no implica que una vez que se concluya una fase deba iniciarse la subsiguiente, ya que la ejecución puede ser simultánea en muchos casos, dependiendo de los recursos financieros y mano de obra disponible.

#### 1.- Replanteo y marcación

Esta fase de construcción comprende el replanteo topográfico y marcación del proyecto, con base a los planos de diseño, estará a cargo de una cuadrilla de topografía.

La marcación se realiza por medio de estacas principales colocadas en el centro de la ubicación de los pozos de

visita y estacas intermedias, colocadas a cada 10.00 metros sobre la línea central. Paralelas a éstas pueden marcarse con otras estacas, cal o tendiendo hilos de alineación de la zanja. Convendría la colocación de veletas que indicarán además de la alineación, la cota invert del tubo a instalar así como el diámetro respectivo. Los tragantes serán marcados con estacas secundarias y la línea de desfogue, al igual que las de los colectores. Será importante señalar con estacas los niveles de referencia fuera del área de excavación, los cuales serán utilizados en el chequeo de niveles y pendientes cuando se esté instalando la tubería.

## 2.- Excavación

Respecto al material que se va a excavar debe ser removido con picos y palas y darle al fondo de la zanja su forma definitiva. El fondo de la zanja debe quedar seco y firme, aceptable para la fundición de las estructuras que va a soportar. La zanja debe ser excavada con la sección típica dada en los planos. La tierra excavada de las zanjas debe colocarse a una distancia mínima de 0.75 de metro del borde, para evitar derrumbes por sobrecarga. El ancho de la zanja, depende del diámetro de la tubería y la profundidad requerida. (Ver cuadro No.23)

CUADRO No. 23

Ancho de zanjas para colocación de tuberías

Diámetro del tubo en pulgadas	Ancho de zanja (M)	
	Profundidad de	Profundidad de
	0 - 2.00 m.	2.00 - 4.00 m.
6	0.60	0.70
8	0.60	0.70
10	0.70	0.70
12	0.80	0.80
14	0.80	0.80
16	0.90	0.90
18	1.00	1.00
20	1.00	1.00
24	1.10	1.10
30	1.30	1.40
36	1.40	1.50
40	1.50	1.60
50	1.75	1.85
Tuberías Mayores	Diámetro + 0.50 m.	Diámetro + 0.75 m.

Fuente: Reglamento para Diseño y Construcción de Drenajes de la Municipalidad de Guatemala.

### 3.- Instalación de tubería

En la instalación de tubería existen tres fases específicas: colocación de tubos, chequeo de niveles y chequeo de pendientes, unión y anclado de tubos. La colocación de tubería debe iniciarse con una inspección de los tubos, limpiándolos cuidadosamente de lodos y otras materias extrañas tanto en la campana como en la espiga, o en el macho y en la hembra.

Se principiará a colocar tubería partiendo de las cotas más bajas de la red hacia las más altas. Serán bajados a la zanja por medio de mecanismos simples como polipasto o un sistema de poleas, para evitar que la tubería sufra daños, o bien manualmente, si el diámetro y la profundidad lo permiten. El chequeo de niveles y pendientes, debe hacerse simultáneamente a la colocación de la tubería y estará a cargo de una cuadrilla de topografía la cual irá verificando el nivel del fondo de la zanja y la cota invert del tubo, así como la pendiente entre los distintos puntos de acuerdo a lo especificado en los planos de diseño.

Se debe mencionar, como aspecto importante, que entre la excavación y el chequeo de niveles no debe haber distancias mayores de 60.00 metros. Para evitar que el nivel del fondo de la zanja sea alterado en forma significativa.

Estos chequeos deben realizarse utilizando niveletas horizontales, sobre las cuales se tiende un hilo paralelo al eje de la tubería, el cual marcará la cota de rasante del terreno y, con un escantillón o una escuadra plomada se medirá la cota del fondo de la zanja y la cota invert del tubo. En los tramos donde ya se ha concluido el chequeo de niveles y pendientes o ya se han rectificado los mismos, se procede a construir las uniones y los anclajes o muñecas de la tubería.

Las uniones son anillos de mortero, cemento y arena de río, en proporciones de: 1:3; es decir se usan 12 bolsas de cemento y 1.33 m<sup>3</sup> de arena de río para un metro cúbico de fundición. Alrededor de los acoplamientos en caso sea para uniones macho hembra; las dimensiones de estos anillos dependen del diámetro de tubería (Ver cuadro No. 24).

Cuando se trata de uniones espiga campana, debe removerse la rebaba interior de la campana con hisopos o manualmente, rellenando con mortero hasta una altura igual a la campana para luego cortar el mortero a 45.

Los anclajes de la tubería son pequeños muros de ladrillo, unidos con mortero, colocados de la mitad del diámetro hasta el fondo de la zanja y cuya función es evitar desplazamiento lateral del tubo, fijándolo a las paredes de la

pluvial se construirá sobre una ruta existente, el levantamiento se tuvo que acondicionar a las características de la misma, tomando en consideración todos los pormenores y aspectos importantes, como curvas horizontales, para las cuales se encontraron los P.I. (punto de intersección), Lc (longitud de curva) y demás parámetros.

#### 2.2.3.2 Altimetría:

Nivelación: después de haber realizado el levantamiento planimétrico de la línea central, se procedió a nivelarla, tomando lecturas a cada 20 mts, y en lugares donde fuera necesario. En la nivelación, se empleó el equipo siguiente:

- 1 Nivel de precisión marca Wild
- 1 Estadal
- Estacas
- 1 Cinta métrica de 25 mts

#### 2.2.3.3 Cálculo y Dibujo Topográfico:

Los cálculos fueron realizados de acuerdo a las normas y reglamentos de caminos (pavimentos) y del reglamento de Construcción de Alcantarillados de la Municipalidad de Guatemala.

Con base al levantamiento topográfico desarrollado se procedió a la elaboración de planos de pavimento y de drenaje pluvial, (ver anexo 2).

#### 2.2.4 Diseño de Espesores de las Capas de la Rasante:

El diseño de espesor de pavimento se efectuó para pavimento rígido y para pavimento semiflexible (adoquín).

El presente estudio se realizó para que la Municipalidad de San Marcos pueda elegir el tipo de pavimento que se ajuste con sus necesidades. A continuación se describe el cálculo.

#### - Cálculo del Espesor del Pavimento Rígido:

La longitud a pavimentar en este proyecto será de 1923.40 m. aproximadamente y tendrá un ancho variable, el proyecto se diseñará con el método Simplificado Portland Cement Association (PCA) de U.S.A., con bordillo integrado. El concreto que se usará en la construcción del pavimento debe tener un módulo de Ruptura de 600 Lb/plg<sup>2</sup> y su esfuerzo a compresión no deberá ser menor de 4,000 Lb/plg<sup>2</sup> a los 28 días, para tener una adecuada resistencia al desgaste. Si se especifica menos, tiene el inconveniente de que, aún cuando pueda soportar las cargas tendrá un bajo desempeño por desgaste. El concreto debe utilizar el tamaño de agregado máximo que permita el espesor de la losa, para reducir el contenido de agua y usar la mayor cantidad de agregado.

## Datos de Diseño:

- a) De acuerdo a observaciones efectuadas, se determinó que la clasificación del tipo de tránsito, corresponde a la categoría número 1 en la tabla 5, con una carga máxima en eje sencillo de 22,000 Lbs y 36,000 Lbs. y un rango de TPD de 200 a 800 vehículos.
- b) Se utiliza un módulo de ruptura del concreto (MR) de 600 Lbs/plg<sup>2</sup>.
- c) Base granular con un CBR de 80% compactada al 95%, según los resultados de los ensayos de laboratorio
- d) Subrasante de muy mala calidad, se trabajó con un CBR. de 4% compactada a 95% de proctor modificado.
- e) Período de diseño 20 años.

## Cálculo de espesor

- a) Utilizando el cuadro No. 6 para CBR = 4%, corresponde un módulo de reacción  $K=123$
- b) En la tabla No. 2 se encuentra el valor  $K_S$  con respecto al valor de  $K$  para bases no tratadas. Se utilizará un espesor de 4 pulgadas (10 cm).
- c) Con el dato anterior, se diseña con respecto a la tabla No. 7, en donde hay valores para subrasantes aproximados de  $K_S$ , en el presente caso se cae en un rango medio.
- d) Según la clasificación del tipo de tránsito en la tabla No. 5 se escoge la categoría No. 1.
- e) El espesor de la losa en la tabla No. 8 (categoría 1),  $MR=600$  Lb/Plg<sup>2</sup>, soporte medio y bordillo integrado; el cual le corresponde una losa de concreto de 17 cm. de espesor (6.5 pulgadas).

El diseño final del pavimento rígido queda:

Losa de concreto. . . . .	17 cm
Base . . . . .	10 cm
Espesor Total . . . . .	27 cm

## - Cálculo del espesor del adoquín:

Se utilizó el método simplificado de pavimentos adoquinados el cual consiste en:

- a) La subrasante tiene un valor de C.B.R. de 4%, por lo cual se dice que es una subrasante pobre.
- b) Respecto al tránsito, se considera como calles Residenciales, se consideró que tendría poco Tránsito de autobuses. Se estimó que una categoría 2 era la indicada para fijar el espesor del pavimento.
- c) Con la tabla 18 se estimó el espesor del adoquín.  
Espesor del adoquín= 10 cm.
- d) Base y espesor de asiento, con la tabla 18 se estimó el espesor de la base y el espesor del asiento.

El diseño final del pavimento de adoquín queda:

Adoquín . . . . .	10 cm
Base . . . . .	30 cm
Asiento . . . . .	3 cm
	<hr/>
Espesor Total	43 cm

#### 2.2.4.1 Selección del tipo de Pavimento

La selección del tipo de pavimento a utilizar en la construcción de calles y avenidas de la aldea El Recreo, queda a criterio de la Municipalidad de San Marcos, sin embargo, se recomienda que se utilice pavimento rígido, puesto que en la aldea se encuentran los materiales que se usan para la construcción de dicho pavimento.

#### 2.2.5 Diseño Hidráulico del Drenaje Pluvial

##### 2.2.5.1 Período de Diseño:

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

##### 2.2.5.2 Caudal de Diseño:

Para el cálculo del caudal se utilizaron las siguientes fórmulas:

$$Q = \frac{CIA}{360} \times 100$$

Donde:

Q = Caudal en m<sup>3</sup>/s

C = Coeficiente de escorrentía (valor integrado)

A = Area en Ha

I = Intensidad de lluvia en mm/hora



Fórmulas que se utilizaron para el Cálculo Hidráulico:

La velocidad media se calculó por la formula de Chezy:

$$V = C \sqrt{R \times S}$$

donde:

V = Velocidad media en m/seg.

R = Radio hidráulico (Área transversal del flujo entre el perímetro mojado).

S = Pendiente Hidráulica.

C = Coeficiente de velocidad.

El coeficiente "C" de velocidad podrá calcularse con cualquiera de las fórmulas siguientes:

BAZIN: 
$$C = \frac{87}{1 + \sqrt{\frac{Y}{R}}}$$

donde:

R = Radio hidráulico

Y = Coeficiente de rugosidad de Bazin

KUTTER y GANQUILLET simplificada:

$$C = \frac{100 \sqrt{R}}{M+R}$$

donde:

M = Coeficiente de rugosidad de Kutter y Ganguillet

R = Radio hidráulico

MANNING:

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

donde:

n = Coeficiente de rugosidad de Manning

R = Radio hidráulico

Para el presente diseño se usó la fórmula de Manning, que es una de las más usadas en nuestro medio.

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

$$V = 0.034291 D^{1/3} S^{1/2} / n$$

donde:

V = Velocidad del 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 = 0.013 para tubos de concreto mayores de 23" de diámetro.

Se despeja la velocidad a sección parcial y es allí donde se verifica que este valor debe estar comprendido entre los valores mínimos y máximos de velocidad descritos anteriormente.

Resultados obtenidos:

Sección llena

$V_{\text{máx.}} = 3 \text{ m/seg.}$

$V_{\text{mín.}} = 0.6 \text{ m/seg.}$

Sección parcial

$V_{\text{máx.}} = 3.09 \text{ m/seg.}$

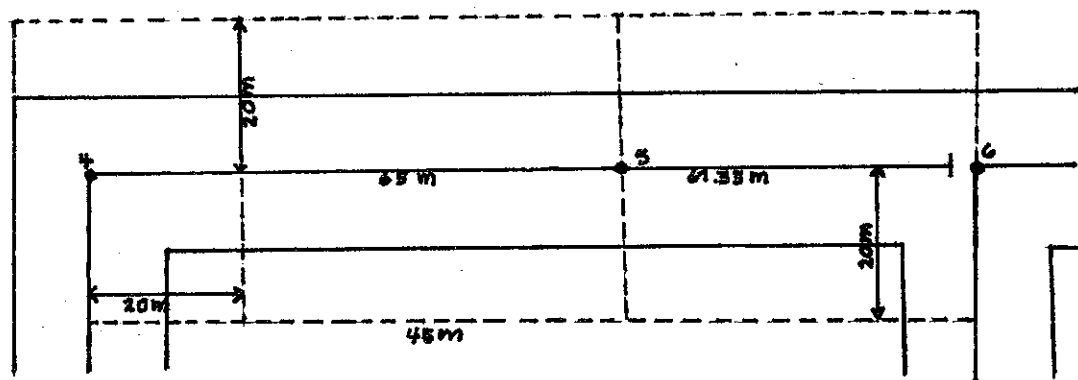
$V_{\text{mín.}} = 0.44 \text{ m/seg.}$

En la tabla No. 27 se encuentra el diseño hidráulico del drenaje pluvial.

2.2.5.3 Ejemplo de Cálculo: Tramo 6-5, que corresponde al diseño de drenaje pluvial de la aldea El Recreo, San Marcos.

Áreas Tributarias: Las áreas tributarias se calcularon en hectáreas. Se toma a escala las distancias, dividiendo las manzanas en triángulos y rectángulos, cuyos lados salgan a partir de un punto central hacia los extremos de los pozos de visita.

En la figura No. 2 se puede apreciar esquemáticamente dichas áreas.



Ejemplo del cálculo de las áreas tributarias:

Tramo	Distancia	Áreas Tributarias	Áreas Trib. Acumulada
6-5	61.33	0.25	0.25
5-4	65	0.22	0.47

Pendiente del terreno: para calcular la pendiente del terreno se usa la fórmula siguiente:

$$S\% = \frac{\text{cota del terreno final} - \text{cota del terreno inicial}}{\text{longitud del tramo}} * 100$$

Ejemplo del tramo 6-5

$$S\% = \frac{112.80 - 111.06}{61.33} * 100$$

$$S\% = 2.84\%$$

Tiempo de Concentración: como tiempo de entrada para el tramo 6-5 se utilizó 12 minutos. Para el tramo de 5-4 se calculó el tiempo de flujo dentro de la alcantarilla con la fórmula 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 metros por segundo. Ejemplo:

$$T_2 = 12 + 61.33 / 60 * 2.02$$

$$T_2 = 12.51 \text{ minutos}$$

Intensidad de lluvia: la probabilidad de ocurrencia, se tomó de 20 años dada la fórmula siguiente: (deducida por la sección de hidrología del INSIVUMEH).

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

Donde:

$T$  = tiempo de concentración en minutos, ejemplo del tramo 4-5

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

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

Coefficiente de escorrentía: para el diseño se obtuvo un coeficiente de escorrentía promedio de acuerdo con la siguiente fórmula:

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

Donde:

$\Sigma c * a$  = sumatoria de los productos de las áreas parciales multiplicado por su correspondiente valor del coeficiente de escorrentía relativa.

$\Sigma a$  = sumatoria de las áreas parciales

Ejemplo de la integración del coeficiente "C" para el tramo 6-5.

Porcentaje de las áreas	C	a	C*a
techos 30%	0.8	0.075	0.06
calles 28%	0.90	0.07	0.063
patios 20%	0.40	0.05	0.02
jardines 22%	0.20	0.055	0.011
Sumatoria		0.25	0.154

$$\bar{C} = \frac{0.154}{0.25}$$

$$\bar{C} = 0.62$$

Caudal de diseño: para calcular el caudal se usó el método Racional que está expresado con la siguiente fórmula:

$$q = \frac{CIA}{360} * 1000$$

Donde:

q = caudal en metros cúbicos / segundos  
 C = es el valor de escorrentia calculado  
 I = intensidad de lluvia mm / hr  
 A = área a drenar en hectáreas

Ejemplo del tramo 6-5

$$q = \frac{0.62 * 12 * 0.25}{360} * 1000$$

$$q = 35.63 \text{ m}^3 / \text{segundos}$$

Velocidad del flujo a sección llena: la velocidad se calculó con la fórmula siguiente:

$$V = 0.2286078949 * D^{2/3} * S^{1/2} / n$$

Donde:

D = diámetro nominal de la sección circular (pulgadas)  
 S = pendiente hidráulica  
 n = coeficiente de rugosidad para tubos de concreto de 24 pulgadas, de menor diámetro (0.015).

Ejemplo del tramo 6-5

$$V = 0.2286078949 * 12^{2/3} * 2.84^{1/2} / 0.015$$

$$V = 2.02 \text{ metros / segundo}$$

Caudal a sección llena: para calcular el caudal a sección llena se utilizó la fórmula siguiente:

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

Donde:

D = diámetro del tubo en pulgadas

V = velocidad a sección llena en metros / segundos.

Ejemplo del tramo 6-5

$$Q = 0.5067074791 * 12^2 * 2.0193$$

$$Q = 147.34 \text{ litros / segundo}$$

Con el caudal medio y el caudal máximo se obtiene la relación  $q/Q$ , con este valor se encuentra en el gráfico de elementos hidráulicos (figura No. 3), 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

Despejamos v así:

$v/V$  = valor del gráfico

$$v = V * (\text{valor del gráfico})$$

Ejemplo del tramo 6-5

q = 35.63 litros/segundo

Q = 147.34 litros/segundo.

Dividiendo:

$q/Q = 0.2418$  con este valor se busca en el gráfico No. 3 y da el valor de  $v/V = 0.830$  despejando v

$v = 0.830 * 2.02$

$v = 1.68 \text{ metros / segundo}$

Velocidades máximas y mínimas: la velocidad a sección llena mínima será de 0.60 metros / segundo y la máxima de 3 m/seg. Se debe chequear que la velocidad de gasto esté dentro del rango 0.60 y 3 m/seg.

Ejemplo del tramo 6-5

$$v = 1.68 \text{ m/seg}$$

$$0.60 < 1.68 < 3 \quad \text{ok}$$

Profundidades de tuberías: el tubo debe tener una profundidad mínima, con respecto a la superficie del terreno, de 1.20 metros más el diámetro exterior del tubo.

Ejemplo del tramo 6-5, con el diámetro 12 pulgadas, se tendría:

$1.50 + 0.30 = 1.80 \text{ m.}$ ; respecto a la profundidad máxima, no hay un límite, el ingeniero diseñador aplicará su criterio debiendo evitar profundizar mucho, para no aumentar el costo del proyecto.

Cota Invert: estas cotas se calculan con base a la pendiente y la distancia del tramo respectivo.

La cota invert de salida de un pozo deberá ser 3 cm más bajo que la cota invert de entrada. Cuando a un pozo llegan 2 ó 3 tubos, el que sale deberá salir con una cota invert de 3 cm más baja que la cota invert del tubo más bajo que llegue

Ejemplo del tramo 6-5

$$\text{Cota del terreno} = 112.80 \text{ m.}$$

$$\text{Cota invert de salida} = 112.80 - 1.80$$

$$\text{Cota invert de salida} = 111 \text{ m.}$$

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

$$\text{Cota invert de entrada} = 111 - 61.33 * 0.0284$$

$$\text{Cota invert de entrada} = 109.26 \text{ m}$$

PERCENTAGE DEPTH OF FLOW

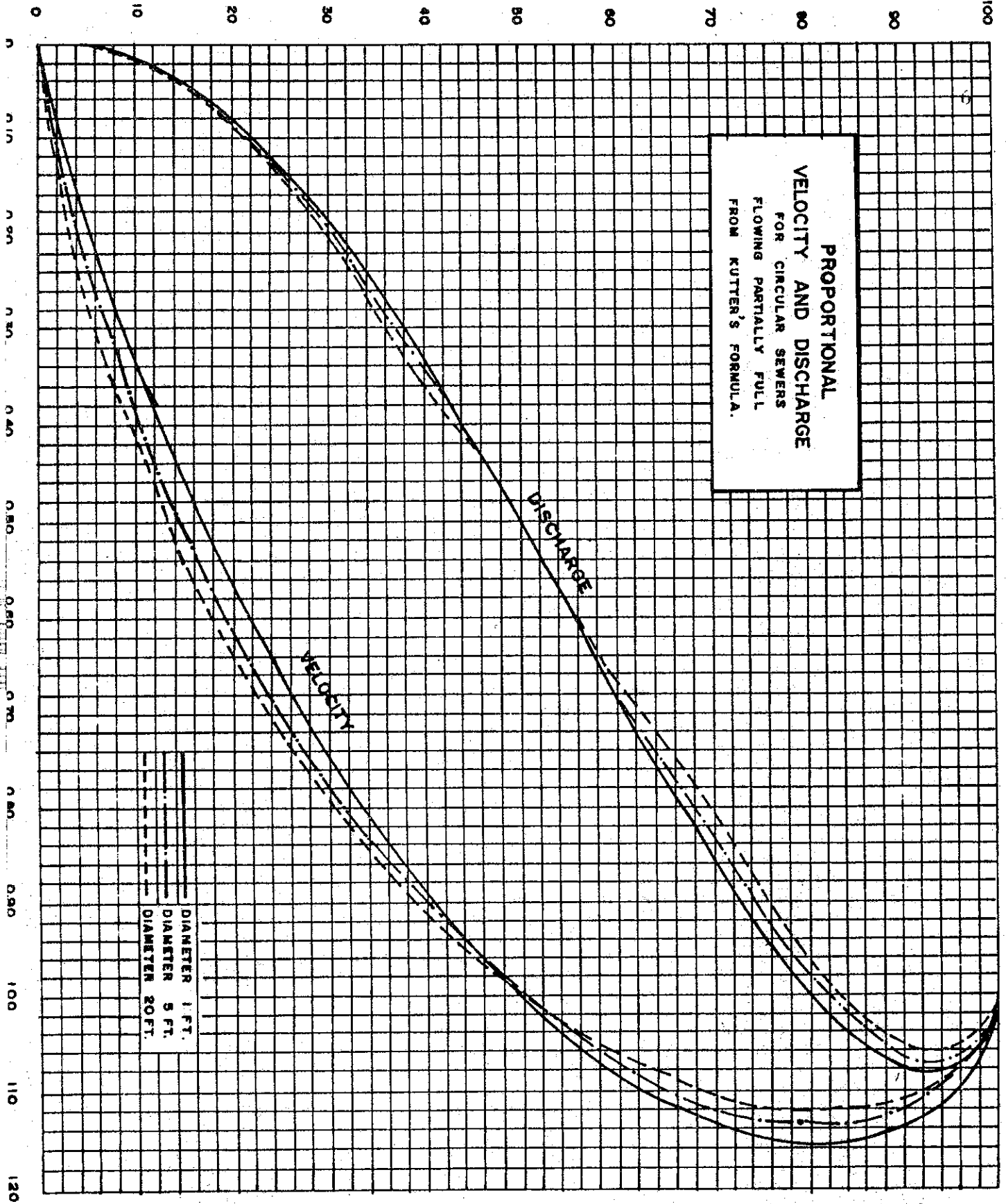




TABLA NO. 27

TABLA 2 DISEÑO HIDRAULICO DE LA RED DE ALCANTARILLADO PLUVIAL DE LA ALDEA "EL RECREO", SAN MARCOS

Post.	Par.	Distancia	Área Triangula	Cota Inicial	Cota Final	8.5%	T1	T2	I	C	4	0	5%	Sección	llenado	Vel. Real	Tirante	Cota Invert. Salida	Cota Invert. Entrada	Carga Hid.
6	7	65.00	0.13	118.35	114.70	3.65	0.00	12.00	62.76	0.82	18.83	12"	5.68	2.50	196.85	1.76	2.40	118.57	113.80	4.77
7	8	63.67	0.34	114.70	112.80	3.90	12.38	12.38	60.83	0.82	66.43	12"	3.04	2.25	194.60	1.10	1.85	112.87	110.94	1.93
8	9	37.00	0.16	112.80	110.40	7.02	12.38	12.78	64.25	0.82	64.25	12"	7.03	3.17	231.62	2.82	5.04	110.94	104.30	6.64
9	10	30.00	0.29	110.40	108.60	13.80	12.97	12.97	76.82	0.82	122.27	12"	6.00	2.89	214.16	3.02	6.46	108.60	104.30	4.30
10	11	33.50	0.09	108.60	101.20	14.40	12.97	13.14	77.26	0.82	127.72	12"	6.00	2.89	214.16	3.00	6.32	101.20	98.40	2.80
11	12	61.23	0.28	112.80	111.06	2.74	0.00	12.00	62.76	0.82	35.63	12"	2.84	2.02	147.24	1.63	4.20	111.06	108.20	2.86
12	13	65.00	0.27	111.06	107.95	4.11	12.00	12.81	60.18	0.82	64.91	12"	4.76	2.82	191.15	2.36	4.80	107.95	104.12	3.83
13	14	31.06	0.07	107.95	106.63	6.32	12.81	12.92	78.25	0.82	72.27	12"	5.31	2.78	201.47	2.64	5.04	106.63	104.32	2.31
14	15	31.06	0.23	106.63	102.65	13.98	12.92	13.15	77.29	0.82	102.48	12"	6.00	2.84	214.16	2.90	6.76	102.65	100.63	2.02
15	16	66.24	0.36	102.65	101.20	1.45	13.15	13.21	76.49	0.82	161.49	12"	3.00	2.07	151.43	2.25	3.72	101.20	97.94	3.26
16	17	12.60	0.02	101.20	101.46	2.76	13.21	13.89	73.69	0.82	260.26	16.00	3.00	2.51	206.13	2.91	11.20	101.46	97.91	3.55
17	18	43.00	0.17	136.26	136.30	7.96	0.00	12.00	62.76	0.82	24.23	12"	7.08	3.19	232.00	2.80	2.64	136.55	133.60	2.95
18	19	35.00	0.14	136.30	131.46	11.00	12.00	12.22	61.63	0.82	43.98	12"	11.00	3.97	289.86	2.90	3.24	131.46	129.62	1.84
19	20	40.00	0.16	131.46	128.12	8.33	12.22	12.62	60.99	0.82	66.47	12"	6.02	3.46	252.34	2.87	4.08	128.12	126.82	1.30
20	21	86.00	0.01	128.12	122.00	6.12	12.62	12.68	79.95	0.82	114.52	12"	6.02	2.94	214.62	2.87	6.12	122.00	119.80	2.20
21	22	36.00	0.24	122.00	118.75	12.25	12.68	13.04	77.70	0.82	127.13	12"	6.00	2.94	214.16	2.80	6.12	118.75	114.26	4.49
22	23	30.00	0.14	118.75	116.60	12.15	13.04	13.24	76.00	0.82	160.61	12"	6.00	2.89	195.60	2.86	7.02	116.60	112.76	3.84
23	24	30.00	0.09	116.60	114.60	12.00	13.24	13.42	76.00	0.82	161.63	12"	6.00	2.89	196.50	2.86	7.82	114.60	110.56	4.04
24	25	30.00	0.06	114.60	110.45	12.15	13.42	13.60	82.75	0.82	50.78	12"	3.14	2.12	154.83	1.70	3.64	110.45	110.30	0.15
25	26	65.00	0.23	110.45	111.80	7.65	12.60	12.40	82.75	0.82	94.65	12"	7.46	3.27	235.64	2.86	4.22	111.80	110.57	1.23
26	27	34.27	0.13	111.80	110.45	6.35	12.40	12.71	79.23	0.82	100.97	12"	6.99	2.89	213.00	2.80	4.76	110.45	108.99	1.46
27	28	13.50	0.03	110.45	108.00	12.45	12.71	13.02	75.14	0.82	248.78	12"	3.00	2.51	204.19	2.70	12.40	108.00	106.24	1.76
28	29	30.00	0.08	131.16	136.25	2.09	0.00	12.00	62.76	0.82	11.40	12"	3.00	2.28	151.43	1.22	2.22	131.16	128.45	2.71
29	30	40.00	0.13	136.25	136.43	7.18	12.00	12.24	61.63	0.82	22.49	12"	7.20	3.24	206.13	2.80	2.88	136.43	133.61	2.82
30	31	30.00	0.12	136.43	131.82	12.61	12.24	12.44	60.83	0.82	46.37	12"	12.00	4.15	202.97	2.80	3.24	131.82	128.85	2.97
31	32	30.00	0.12	131.82	129.00	12.82	12.44	12.68	73.95	0.82	61.36	12"	6.03	3.68	209.00	2.80	3.86	129.00	126.50	2.50
32	33	30.00	0.09	129.00	127.25	11.75	12.68	12.83	73.20	0.82	72.79	12"	4.82	2.87	197.10	2.73	7.06	127.25	124.27	2.98
33	34	36.50	0.08	127.25	124.25	13.00	12.83	12.93	76.40	0.82	122.65	12"	6.89	2.87	187.31	2.73	7.86	124.25	121.37	2.88
34	35	36.50	0.34	124.25	120.23	14.02	12.93	13.05	75.14	0.82	157.63	12"	4.04	2.41	175.73	2.73	8.82	120.23	117.31	2.92
35	36	75.00	0.30	120.23	116.23	14.00	13.05	13.49	73.69	0.82	181.27	12"	6.00	2.89	196.50	2.80	8.00	116.23	114.63	1.60
36	37	78.00	0.30	116.23	111.23	15.00	13.49	14.46	71.22	0.82	223.27	16"	4.00	2.89	196.50	2.80	8.00	111.23	108.23	3.00
37	38	76.00	0.30	111.23	108.00	7.20	14.46	14.68	70.99	0.82	226.27	16"	3.00	2.81	204.13	2.78	10.72	108.00	104.86	3.14
38	39	32.50	0.30	111.17	111.46	7.29	14.68	14.86	69.32	0.82	490.67	20"	2.50	2.86	209.00	2.80	14.80	111.46	108.24	3.22
39	40	42.55	0.07	111.46	108.65	7.17	14.86	15.10	68.32	0.82	613.23	20"	2.75	2.79	206.16	2.80	15.00	108.65	104.96	3.64
40	41	62.42	0.26	108.65	101.45	6.88	15.10	15.37	67.85	0.82	700.08	24"	1.70	2.49	173.63	2.75	22.32	101.45	97.51	3.94
41	42	62.59	0.26	101.45	100.03	2.10	15.37	15.74	67.07	0.82	700.08	24"	1.70	2.49	173.63	2.75	22.32	100.03	96.82	3.21
42	43	29.00	0.06	100.03	104.85	4.82	0.00	12.00	62.76	0.82	6.55	12"	4.28	2.46	180.07	1.27	1.77	104.85	102.05	2.80
43	44	29.00	0.23	104.85	101.40	11.77	12.00	12.19	61.76	0.82	62.39	12"	11.71	3.46	208.55	2.88	2.64	101.40	96.57	4.83
44	45	35.00	0.23	101.40	97.55	15.40	12.19	12.31	61.10	0.82	46.14	12"	11.00	3.87	203.89	2.90	3.24	97.55	96.72	0.83
45	46	36.00	0.47	97.55	94.50	8.11	12.31	12.41	60.89	0.82	65.31	12"	6.71	3.04	208.03	2.89	4.20	94.50	92.84	1.66
46	47	36.00	0.47	94.50	90.15	17.40	12.41	12.67	79.20	0.82	67.38	12"	7.00	3.17	231.32	2.89	4.80	90.15	88.29	1.86
47	48	18.46	0.64	90.15	86.55	19.61	12.67	12.70	79.20	0.82	67.38	12"	7.00	3.17	231.32	2.86	5.16	86.55	84.80	1.75
48	49	31.50	0.77	86.55	82.00	11.27	12.70	12.80	78.81	0.82	104.51	12"	8.00	3.30	214.16	2.94	6.00	82.00	80.24	1.76

#### 2.2.5.4 Pozos de Visita

Su forma es la de un tronco cónico, con paredes inclinadas, de diámetro interior de 0.58 metros, con tapadera de concreto armada de 1.12x1.12x0.12; en la fundición de la tapadera de concreto armado se usarán las siguientes proporciones de materiales.

1:2:3

8.5 sacos de cemento/m <sup>3</sup>	Fundición
0.52 m <sup>3</sup> arena de río/m <sup>3</sup>	Fundición
0.78 m <sup>3</sup> piedrín/m <sup>3</sup>	Fundición

Respecto del refuerzo serán 7 varillas No.4 + 3 varillas No. 2 a 0.12 m en ambos sentidos.

La base del pozo de visita será de 1.90x1.90x0.15 de concreto sin refuerzo, capaz de formar un colchón de agua de 0.20 metros. Respecto de las proporciones de fundición son las siguientes: 1:2:3

En lo que se refiere al levantado, éste será de ladrillo tayuyo, usando como sabieta las siguientes proporciones: 1:3

12 sacos de cemento/m <sup>3</sup>	Levantado
1.33 m <sup>3</sup> arena de río/m <sup>3</sup>	Levantado

Interiormente llevan un repello con las siguientes proporciones: 10:1:2

2.82 sacos de cemento/m <sup>3</sup>	Repello
0.16 m <sup>3</sup> arena de río/m <sup>3</sup>	Repello
0.93 m <sup>3</sup> arena amarilla/m <sup>3</sup>	Repello
2.44 qq cal pasta/m <sup>3</sup>	Repello

Para cuantificar ladrillos, se tomó como base la cantidad de 122 ladrillos/m<sup>2</sup>.

En cuanto al cálculo de sabieta, se consideró lo siguiente:

Los tragantes se calcularon tomando en cuenta todos los parámetros que se mencionan anteriormente, así como las descargas.

#### 2.2.5.5 Líneas de Conducción:

Relleno y Compactación de Zanjas: En esta fase se deben considerar ciertos aspectos importantes que pueden evitar problemas, como asentamientos y sobrecargas en la tubería.

En tuberías se pueden comenzar a rellenar por lo menos a las 12 horas de haberse ejecutado las juntas.

En juntas flexibles como asbesto, cemento y p.v.c. el relleno puede hacerse inmediatamente.

En caso de colectores que son de concreto, el relleno lateral, hasta una altura en la corona, debe hacerse inmediatamente después de ser quitado el encofrado exterior.

El espacio entre el tubo o la manpostería y la pared de la zanja se debe rellenar a mano con tierra humedecida seleccionada, sin terrones ni piedras mayores de cinco centímetros compactándola simultáneamente hasta alcanzar 30 centímetros, por encima de la parte de la estructura.

El resto del relleno debe compactarse en capas horizontales no mayores de 20 centímetros, cada una de las cuales debe ser compactada antes de recibir las siguientes, con rodillos aplanadores y otras máquinas apropiadas, de acuerdo con el material que se disponga.

Las máquinas deben pasarse tantas veces como sea necesario para obtener una densidad del relleno no menor del 95% de la máxima obtenida mediante el ensayo standard del proctor.

No debe emplearse en el relleno tierra que contenga materia orgánica, raíces, arcillas o limos uniformes.

No deben tirarse a la zanja piedras grandes, por lo menos hasta que el relleno haya alcanzado una altura de 1.00 metro sobre el lomo del tubo o parte superior del colector de concreto.

#### 2.2.5.6 Lugar de Desfogues:

respecto a los desfogues, se establecen dos lugares que están ubicados en los planos 10 y 11.

Se hace mención que éstos se unen aguas abajo en la parte baja de la aldea.

#### 2.2.5.7 Tipos de Tuberías:

En el diseño del drenaje pluvial se emplearon diferentes diámetros de tubos de cemento:

- tubos de 12 plg de diámetro
- tubos de 16 plg de diámetro
- tubos de 20 plg de diámetro
- tubos de 24 plg de diámetro

#### 2.2.6 Elaboración de Planos

Se elaboraron 10 planos para el diseño del pavimento y dos planos para el diseño de drenaje pluvial (ver anexo 2).

#### 2.2.7 Elaboración de Presupuestos

Los costos se calcularon con base a los precios que se manejan en el mercado del Departamento de San Marcos, así como la mano de obra (la Municipalidad del lugar contrata y paga a la totalidad de trabajadores y compra los materiales).

2.2.7.1 Presupuesto del Pavimento Rígido de la Aldea El Recreo, San Marcos, San Marcos.

Presupuesto de Materiales

Materiales	U	Cant.	Costo Unit.	Costo Total
Cemento	qq	18946	Q 26.00	Q 492,596.00
Arena de Río	m <sup>3</sup>	1064	Q 60.00	Q 63,840.00
Piedrín 3/4"-1"	m <sup>3</sup>	1064	Q 75.00	Q 79,800.00
Selecto	m <sup>3</sup>	1442	Q 25.00	Q 36,050.00
Madera 1"x12"x9'	Doc.	258	Q125.00	Q 32,250.00
Sellos Antisol	Gal.	544.78	Q 19.00	Q 10,350.88
Sello de Junta	ml.	1500	Q 6.00	Q 9,000.00
Total	-----	-----	-----	Q 723,886.88

Presupuesto de Mano de Obra

Etapas y Renglones	U	Costo	Cantida	Costo Tot.
Preparación de base	m <sup>2</sup>	Q 5.00	12,000	Q60,000.00
Fundición de losa+bordillo	m <sup>3</sup>	Q11.00	1757.43	Q19,331.73
Compactación de base	m <sup>3</sup>	Q 5.00	1634.35	Q 8,171.75
Colocación de formaleta	ml	Q 3.00	4,000	Q12,000.00
Juntas	ml	Q 2.00	2,500	Q 5,000.00
Total	---	-----	-----	Q104,503.4

## RESUMEN DE PRESUPUESTO

No se considera ningún tipo de prestaciones

Materiales	Q 723,886.88
Total de mano de obra	Q 104,503.48
	<hr/>
Sub Total	Q 828,390.36
	<hr/>
10% de imprevistos y supervisión	Q 82,839.04
	<hr/>
Total	Q 911,229.40

De acuerdo a este presupuesto, el costo total de la construcción de pavimento rígido, asciende a la cantidad de NOVECIENTOS ONCE MIL DOCIENTOS VEINTINUEVE QUETZALES CON CUARENTA CENTAVOS (Q 911,229.40), su costo unitario asciende a NOVENTA Y CUATRO QUETZALES CON SETENTA Y OCHO CENTAVOS (Q 94.78) por metro cuadrado.

PROYECTO DE ELABORACIÓN DE SERVICIOS DE BIBLIOTECA  
Biblioteca Central

2.2.7.2 Presupuesto del Pavimento de adoquín de la aldea, El Recreo, San Marcos; San Marcos.

Presupuesto de Materiales

Materiales	U	Cant.	Costo Unitario	Costo Total
Cemento	qq	1192	Q 26.00	Q 30,992.00
Arena de río	m <sup>3</sup>	506	Q 60.00	Q 30,360.00
Piedrín	m <sup>3</sup>	110	Q 75.00	Q 8,250.00
Selecto	m <sup>3</sup>	4326	Q 25.00	Q 108,150.00
Adoquines	u	183916	Q 2.50	Q 459,790.00
Madera 1"x12"x9'	Doc.	258	Q 125.00	Q 32,250.00
Total				Q 669,792.00

Presupuesto de Manos de Obra

Renglones	U	Costo	Cant.	Costo Total
Colocación de adoquín y llaves	m <sup>2</sup>	Q13.50	9613.76	Q129,785.76
Fundición de bordillo	m <sup>3</sup>	Q11.00	123.08	Q 1,353.88
Preparación de base granular	m <sup>3</sup>	Q 5.00	4326.00	Q 21,630.00
Total				Q152,769.64

## RESUMEN DE PRESUPUESTO

No se considera ningún tipo de prestaciones.

Materiales.....	Q 669,792.00
Total de Mano de Obra.....	Q 152,769.64
<hr/>	
Sub Total.....	Q 822,561.64
10% de imprevistos y supervisión....	Q 82,256.16
Costo total.....	Q 904,817.80

De acuerdo a este presupuesto, el costo total de la construcción de pavimento de adoquín, asciende a la cantidad de NOVECIENTOS CUATRO MIL OCHOCIENTOS DIECISIETE QUETZALES CON OCHENTA CENTAVOS (Q 904,817.80), su costo unitario asciende a NOVENTA Y CUATRO QUETZALES CON DOCE CENTAVOS (Q 94.12) por metro cuadrado.



Presupuesto para Alcantarillado Pluvial, de la Aldea El Recreo, San Marcos, San Marcos:

Presupuesto de Materiales

Materiales	U	Cant.	Costo U.	Costo Tot.
Cemento	qq	641	Q 26.00	Q16,666.00
Arena de río	m <sup>3</sup>	59	Q 60.00	Q 3,540.00
Piedrín	m <sup>3</sup>	25	Q 75.00	Q 1,875.00
Ladrillo de barro	millar	43.415	Q 500.00	Q21,707.50
Hierro No. 2	qq	3.5	Q 112.00	Q 392.00
Hierro No.4	qq	31	Q 110.00	Q 3,410.00
Alambre de amarre	Lb.	36	Q 2.50	Q 90.00
Tubería cemento 12"	unid.	1577	Q 20.00	Q31,540.00
Tubería cemento 16"	unid.	134	Q 40.00	Q 5,360.00
Tubería cemento 20"	unid.	106	Q 70.00	Q 7,420.00
Tubería cemento 24"	unid.	56	Q 95.00	Q 5,035.00
Total				Q97,035.50

## CONCLUSIONES

- 1.- Los proyectos desarrollados dentro del Ejercicio Profesional Supervisado, EPS y que se presentan en este trabajo, contribuyen a que la población de la aldea El Recreo, San Marcos, San Marcos, resuelva sus problemas en cuanto a drenaje pluvial y pavimento se refiere.
- 2.- El tipo de pavimento que brinda mejores condiciones para que se contruya en la aldea El Recreo, San Marcos es el de concreto, las razones son las ventajas que da en cuanto a mantenimiento, durabilidad además de utilizar fundamentalmente, materiales locales.
- 3.- Para el drenaje pluvial, fue necesario establecer estructuras de descargas en forma de gradas, que se contruirán de concreto ciclopeo, para disipar la energía cinética.
- 4.- En el diseño de los dos proyectos, se utilizaron criterios conservadores, con el propósito de evitar deficiencias constructivas, que se den como consecuencia tanto de la calidad de materiales como de mano de obra.
- 5.- En cualquier proceso constructivo, es necesario ejercer una supervisión permanente para asegurar que la obra se ejecute de acuerdo a las condiciones y suposiciones adoptadas en el diseño.
- 6.- El Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S), es una forma de poner en práctica todos los conocimientos adquiridos durante la formación académica. Ya que permite aplicar dichos conocimientos, resolviendo un problema real.

## RECOMENDACIONES

- 1.- Se recomienda a la Municipalidad de San Marcos, del Departamento de San Marcos, que cuando se construyan los proyectos presentados, se apliquen estrictamente todas las especificaciones contenidas en planos, con el objeto de que los proyectos alcancen su vida útil, para la cual fueron diseñados.
- 2.- Se recomienda a la Municipalidad de San Marcos, del Departamento de San Marcos, implementar un programa de Divulgación y Educación a los vecinos de la aldea El Recreo, sobre el buen uso del sistema de drenaje, así como capacitarlos en lo concerniente a limpieza y mantenimiento.
- 3.- Se recomienda a la Municipalidad de San Marcos, del Departamento de San Marcos, que cuando ejecute el proyecto de pavimentación, contrate los servicios de laboratorio de suelos, para garantizar la calidad de los trabajos.

## CAPITULO IV

## BIBLIOGRAFIA

- ANCHERMAN ALVARES, ENRIQUE. Manual para laboratorista de suelos en construcción de carreteras. Guatemala, 1,969. 98 P.P.
- ARREAZA GARCIA, ELDER. Diseño y construcción del graderío Municipal y Diseño de pavimento rígido de un sector del municipio de el progreso, Jutiapa. Tesis Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala, 1,995. 76 P.P.
- BERDUD JULIO ENRIQUE. Diseño de la red de alcantarillado combinado de la población de la villa de Mixco. Tesis Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala, 1,987. 120 P.P.
- MONCAYO V. JESUS. Manual de pavimentos, asfalto, adoquin, empedrado, concreto. Editorial Forrua. Mexico, 1,983. 170 P.P.
- PELAEZ GODOY, LUIS A. Proyecto de Reglamento de Diseño y Construcción de Obras de Alcantarillado para la Ciudad de Guatemala. Tesis Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala
- PORTLAND CEMENT ASSOCIATION (PCA). Desing of Concrete Highway and Street Pavements (Simplified Desing Procedure) U.S.A., 1,984

## ANEXOS

### ANEXO 1

- Resultados de laboratorio de suelos

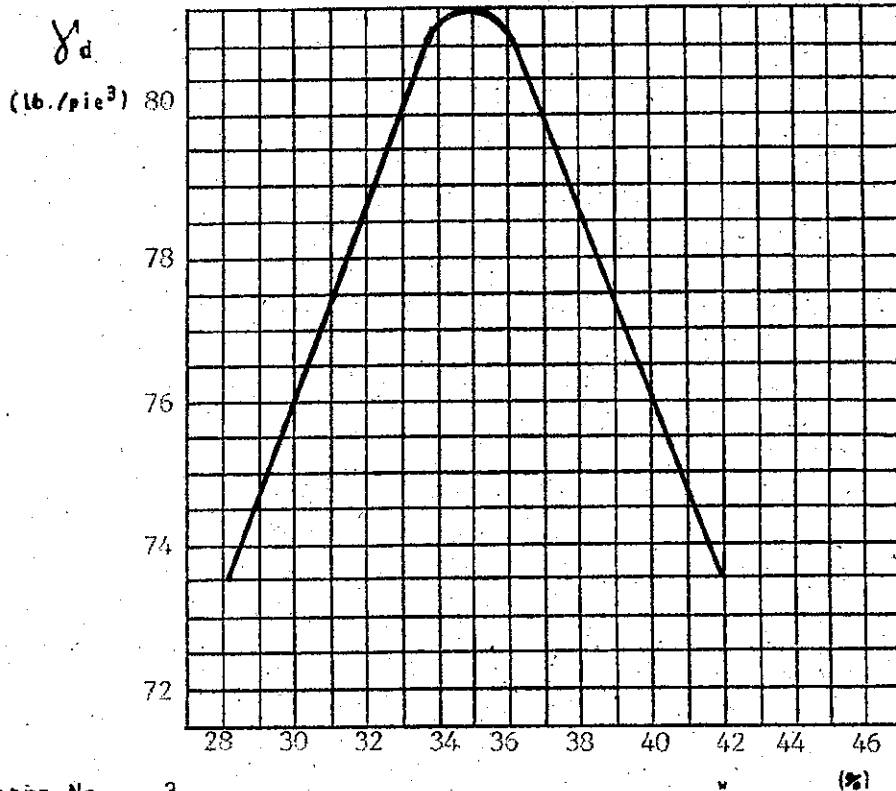
### ANEXO 2

- Plano de Ubicación de la Aldea
- Planos del pavimento
- Planos del drenaje pluvial

INFORME No. 1159-SS

Interesado: RENE ERWIN LOPEZ XICARA  
 Asunto: Ensayo de compactación: Proctor Estandar ( ) Norma: \_\_\_\_\_  
Proctor Modificado (X) Norma: \_\_\_\_\_  
 Proyecto: PAVIMENTO (tesis)  
 Ubicación: Aldea El Recreo San Marcos  
 Fecha: 11 de julio de 1995

GRAFICA DE DENSIDAD SECA-HUMEDAD RELATIVA



Muestra No. 3

Descripción del suelo Limo arenoso arcilloso color café

Densidad seca óptima  $\gamma_{d\ ope(m)}$  1,304 t/m<sup>3</sup> 81.5 lb/pie<sup>3</sup>

Humedad óptima:  $w_{\ ope(m)}$  35 %

Observaciones: Muestra proporcionada por el interesado.-

Atentamente,

Vo.Bo. DIRECTOR DEL CII

Jefe Departamento de Suelos

CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
 LABORATORIO DE SUELOS



## INFORME Nº 1160-SS

Interesado: RENE ERWIN LOPEZ XICARA

Asunto

Ensayo CBR

Norma: AASHTO T-193

Proyecto: PAVIMENTO

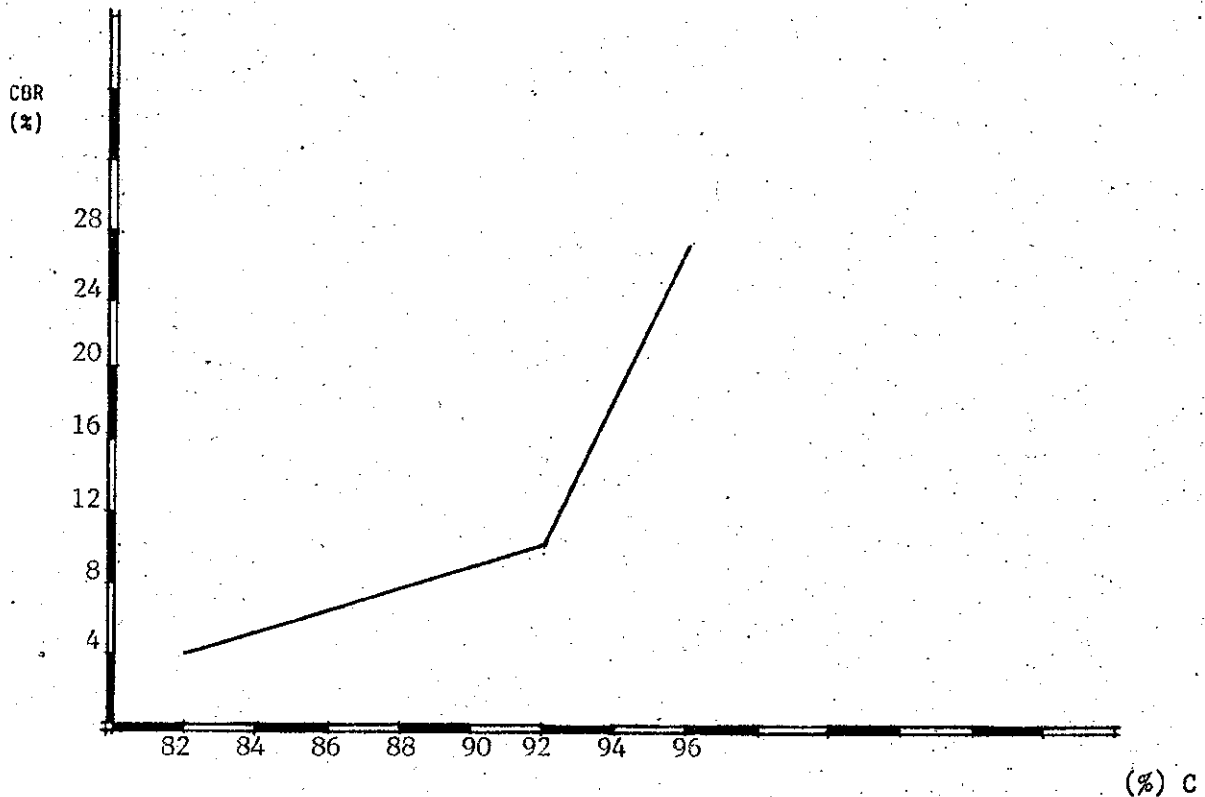
Ubicación: Aldea El Recreo San Marcos

Fecha: 11 de julio de 1995

Muestra Nº: 3

Descripción del suelo: Limo arenoso arcilloso color café

PROBETA Nº	GOLPES Nº	A LA COMPACTACION		C (%)	EXPANSION (%)	CBR (%)
		W (%)	$\gamma_d$ (Kg/m <sup>3</sup> )			
1	10	35	1070	82	0.8	4
2	30	35	1202	92	1.3	10
3	65	35	1252	96	1.6	27



Vo. Bo. DIRECTOR C.I.I.

Atte JEFE SECCION MECANICA DE SUELOS

CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
LABORATORIO DE SUELOS



**ENSAYO GRANULOMETRICO**  
SECCION MECANICA DE SUELOS

INFORME No. 1161-Ss

OT. No. 006774

Fecha \_\_\_\_\_

Interesado RENE ERWIN LOPEZ XICARA

Tipo de Ensayo Con tamices y lavado previo

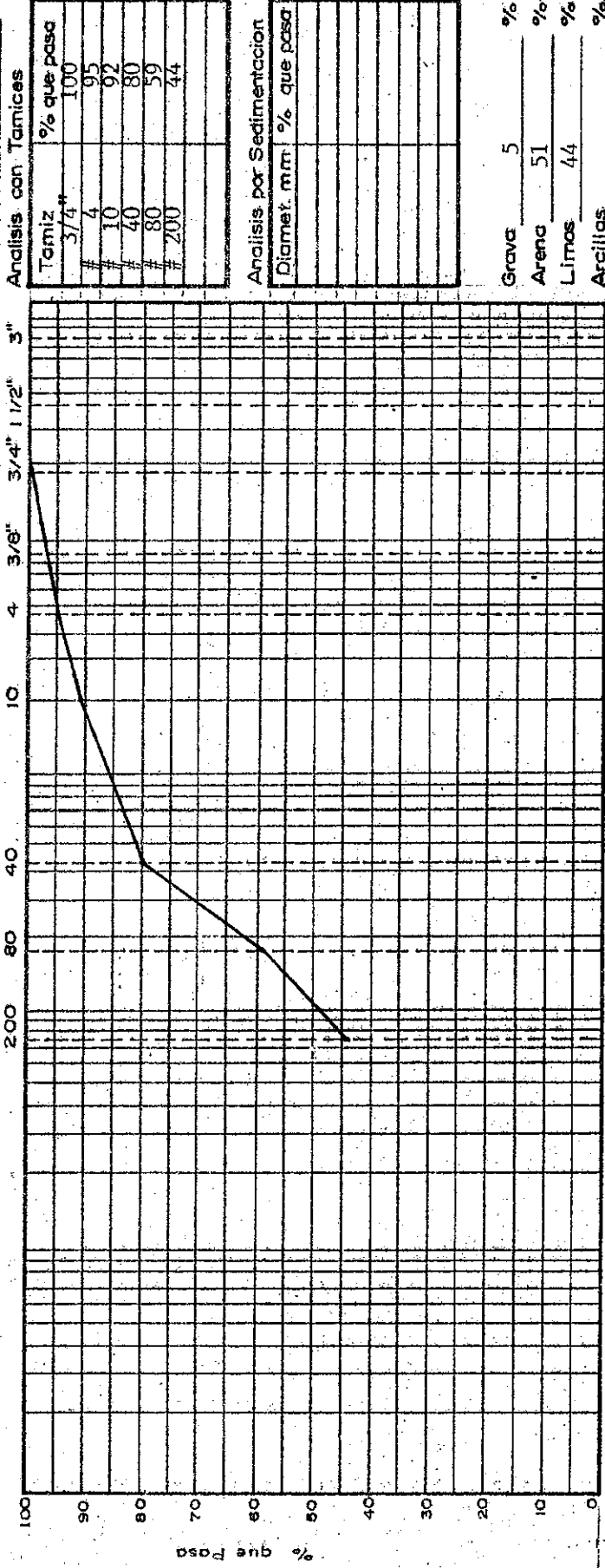
Norma AASHTO T-27

Proyecto Pavimentación

Ubicación Aldea El Recreo San Marcos

Muestra No. 3

Procedencia San Marcos



Grava 5 %  
Arena 51 %  
Limos 44 %  
Arcillas \_\_\_\_\_ %

Descripcion del suelo Limo arenoso arcilloso color café

Clasificación: SCU SM PRA. A-7-5 (Gs: 3.2)

Observaciones Muestra proporcionada por el interesado.

Jefe de Laboratorio

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

Director CII

Ve Be





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



INFORME No. 1162-SS

O.T. No. 006774

INTERESADO: RENE ERWIN LOPEZ XICARA

FECHA: 11-7-95

ASUNTO: Ensayo de Límites de Atterberg

NORMA AASHTO T-89,+90

PROYECTO: Pavimento

UBICACION: Aldea El Recreo

San Marcos

**RESULTADOS:**

ENSAYO No.	MUESTRA No.	LL (%)	IP (%)	CSU *	DESCRIPCION DEL SUELO
1	2	59.5	11	ML	Limo areno arcilloso color café
	-----Última Línea-----				

(\*) CSU = Clasificación Sistema Unificado

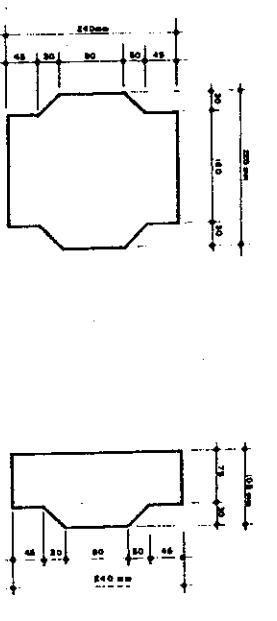
OBSERVACIONES: Muestra proporcionada por el interesado.-

Atentamente,

Ing. Hugo Rolando Dosque  
Jefe Sec. Mecánica de Suelos

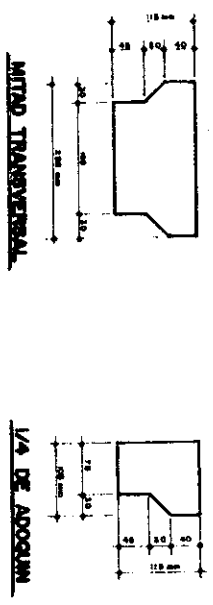
Vo.Bo.

Ing. César Alfonso García Guerra  
DIRECTOR CII/USAC



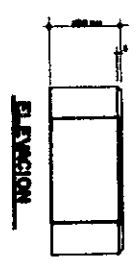
ENTERO

MITAD LONGITUDINAL



MITAD TRANSVERSAL

1/4 DE ADOQUIN

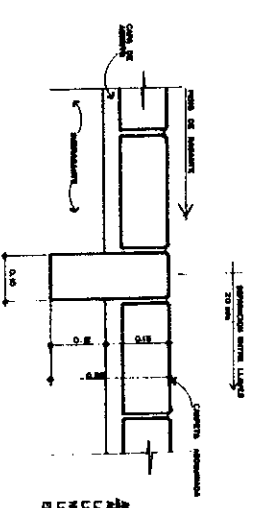


ELEVACION

**DETALLES DE ADOQUIN**

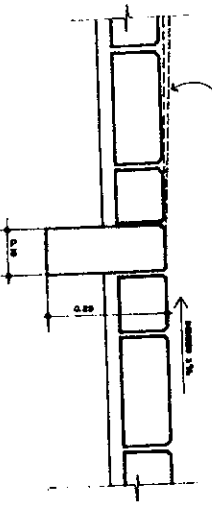
**ESPECIFICACIONES PARA ADOQUIN**

Las adiciones para el tipo de adoquín de concreto serán especificaciones que se darán en el momento de la construcción de los adoquines, para los adoquines de este tipo, los adoquines de concreto serán de 200 mm x 100 mm x 100 mm y los adoquines de ladrillo serán de 200 mm x 100 mm x 75 mm. Los adoquines de concreto serán de color concreto natural, sin aditivo colorante blanco. El tipo de adoquín que se use será el que se especifique en el proyecto. Los adoquines de concreto serán de tipo hueco y los adoquines de ladrillo serán de tipo macizo. Los adoquines de concreto serán de tipo hueco y los adoquines de ladrillo serán de tipo macizo. Los adoquines de concreto serán de tipo hueco y los adoquines de ladrillo serán de tipo macizo. Los adoquines de concreto serán de tipo hueco y los adoquines de ladrillo serán de tipo macizo.

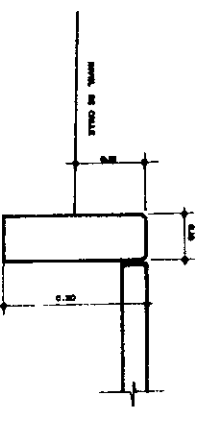


LLAVE TRANSVERSAL DE CONFINAMIENTO

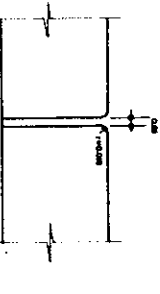
Este tipo de llave de confinamiento se usará en las juntas de los adoquines, para evitar el desplazamiento de los mismos. Este tipo de llave de confinamiento se usará en las juntas de los adoquines, para evitar el desplazamiento de los mismos.



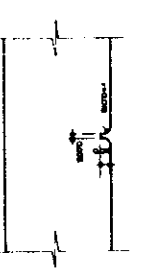
LLAVE LATERAL DE CONFINAMIENTO



DETALLE DE BORDILLO



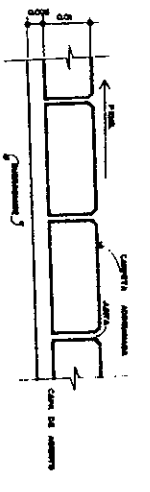
DET. JUNTA DE DILATACION



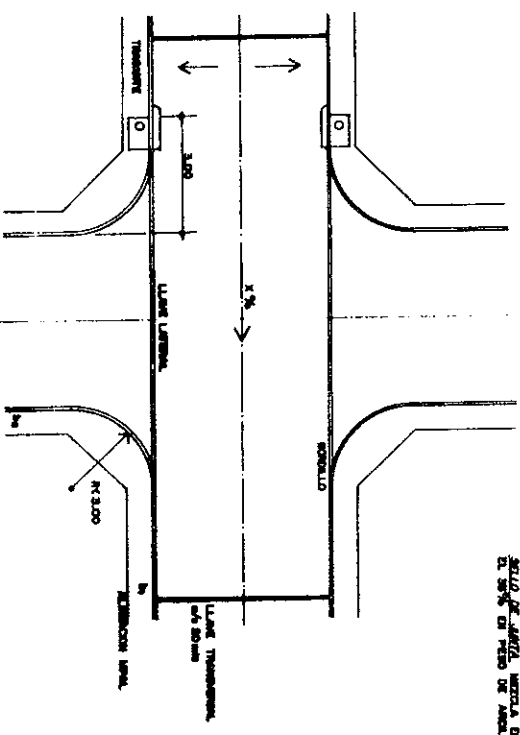
DET. JUNTA DE CONTROL

**ESPECIFICACIONES PARA BORDILLOS Y LLAVES DE CONFINAMIENTO**

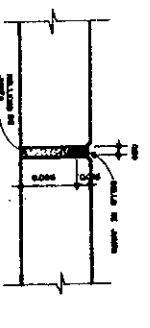
Los bordillos y llaves de confinamiento serán de concreto con una resistencia a la compresión de 20 MPa. Los bordillos tendrán un ancho de 100 mm y una altura de 100 mm. Las llaves de confinamiento tendrán un ancho de 100 mm y una altura de 100 mm. Los bordillos y llaves de confinamiento serán de concreto con una resistencia a la compresión de 20 MPa. Los bordillos tendrán un ancho de 100 mm y una altura de 100 mm. Las llaves de confinamiento tendrán un ancho de 100 mm y una altura de 100 mm.



DETALLE DE PAVIMENTO



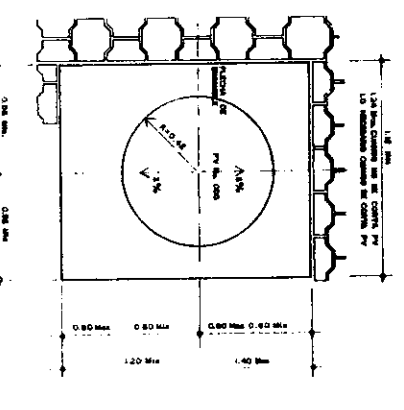
PLANTA TIPICA INTERSECCION DE CALLES



DETALLE DE JUNTA

**ESPECIFICACIONES PAVIMENTO**

Este tipo de pavimento se usará en las calles de la zona urbana. El tipo de pavimento que se use será el que se especifique en el proyecto. Este tipo de pavimento se usará en las calles de la zona urbana. El tipo de pavimento que se use será el que se especifique en el proyecto.



DETALLE ACCIONAMIENTO BROCAL POZOS DE VISITA A MODULACION DE ADOQUINES

**MODULACION PARA ADOQUIN**

ESCALA: 1/10

MUNICIPALIDAD

INGENIERIA

ALDEA EL RECREO

DESIGNO DE PAVIMENTOS

EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

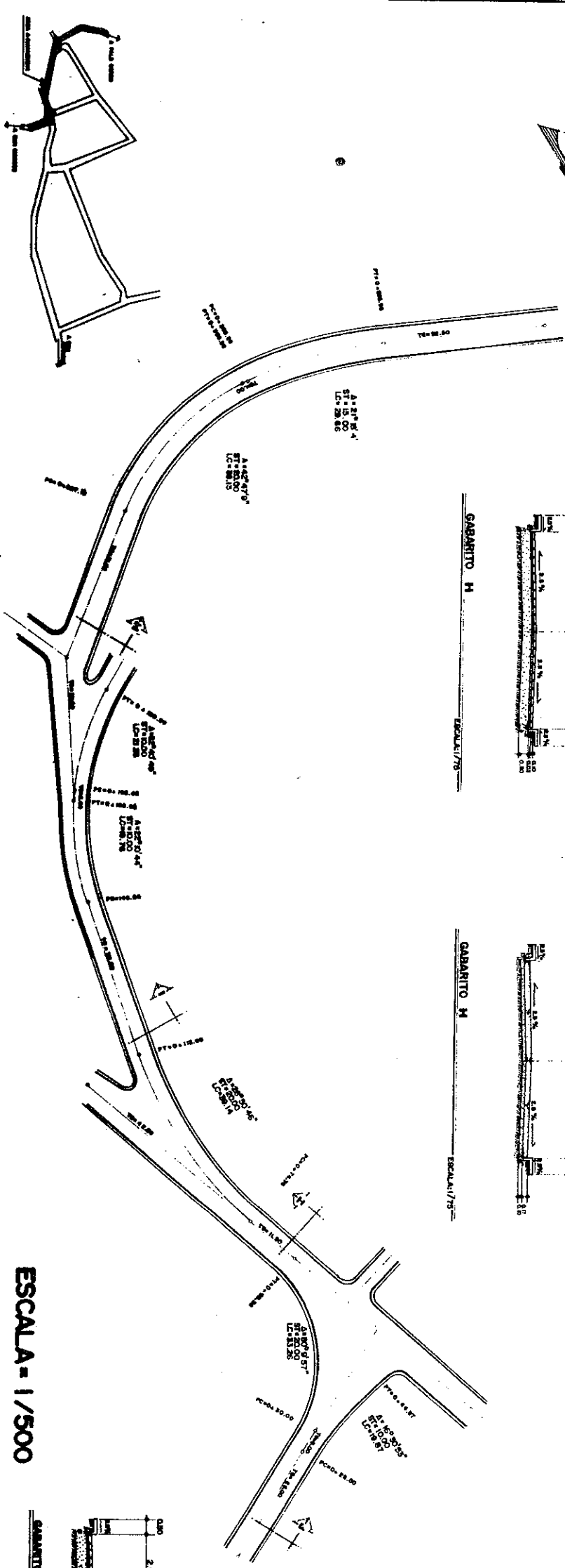
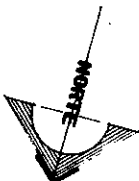
FACULTAD DE INGENIERIA

DETALLES

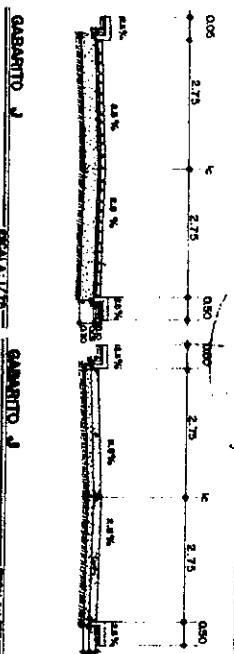
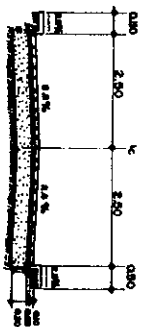
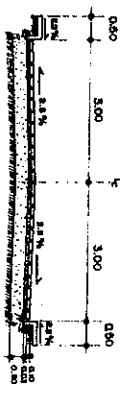
DE ADOQUIN

PROYECTO DE PAVIMENTOS EN LAS CALLES DE GUATEMALA

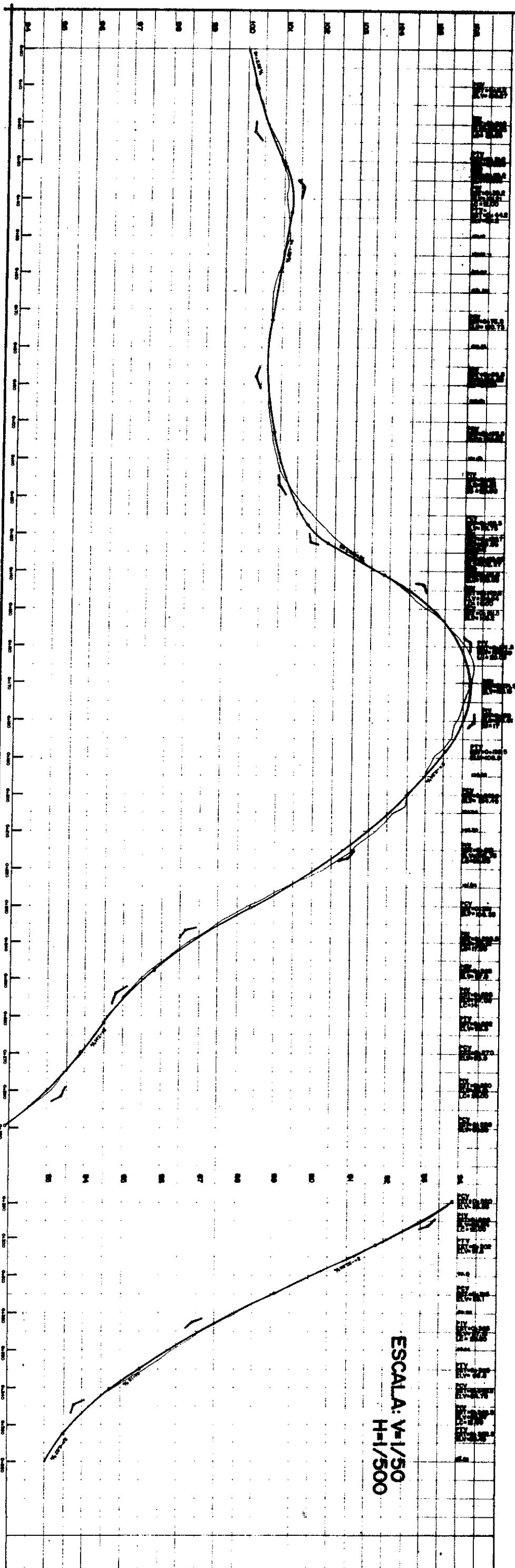
Biblioteca Central



ESCALA = 1/500



<b>MUNICIPALIDAD</b> <b>INGENIERIA</b>	
NOMBRE: LOPEZ NOMBRE: LOPEZ NOMBRE: LOPEZ NOMBRE: LOPEZ	NOMBRE: LOPEZ NOMBRE: LOPEZ NOMBRE: LOPEZ NOMBRE: LOPEZ
<b>DISEÑO DE PAVIMENTOS</b> <b>ALDEA EL RECREO</b>	
<b>PLANTA + PERFIL</b>	

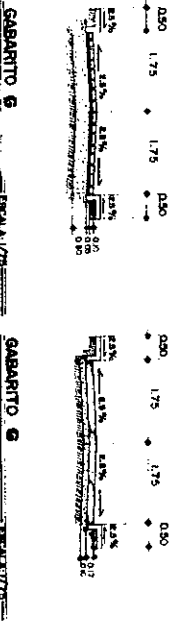
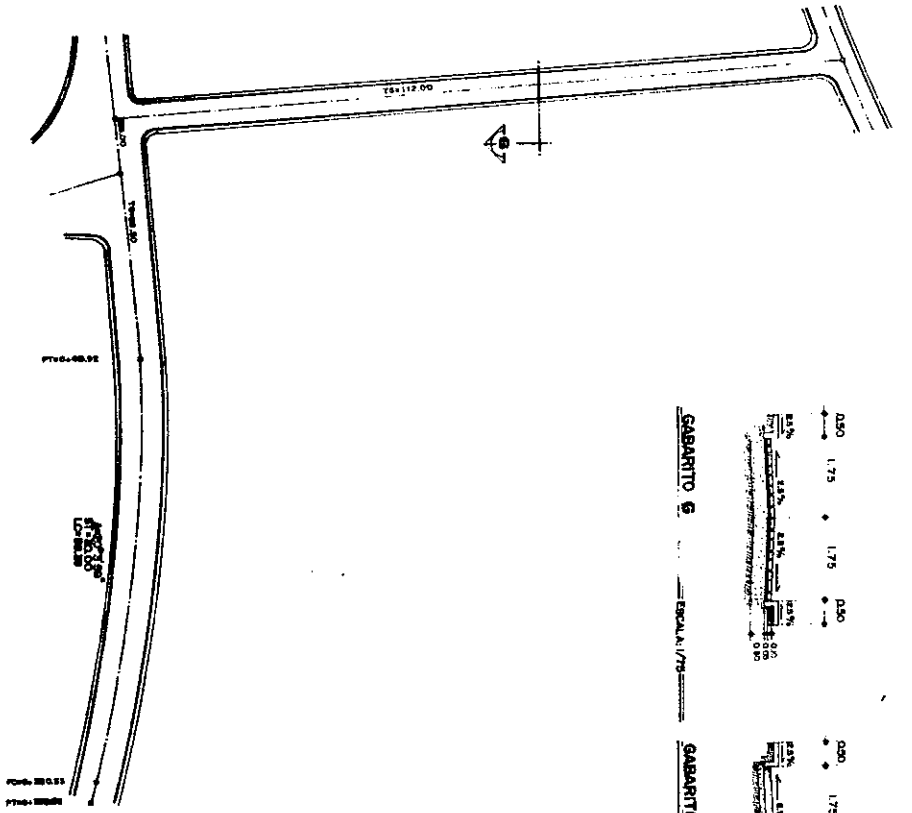
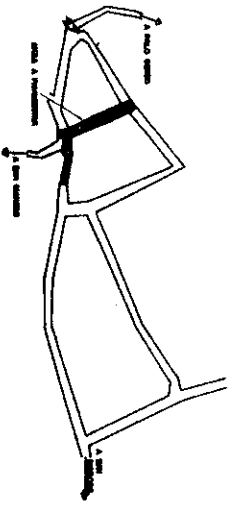


ESCALA: V=1/50  
H=1/500

PERFIL	Levanta		
	Diseña		
	Revisa		
	Aprueba		

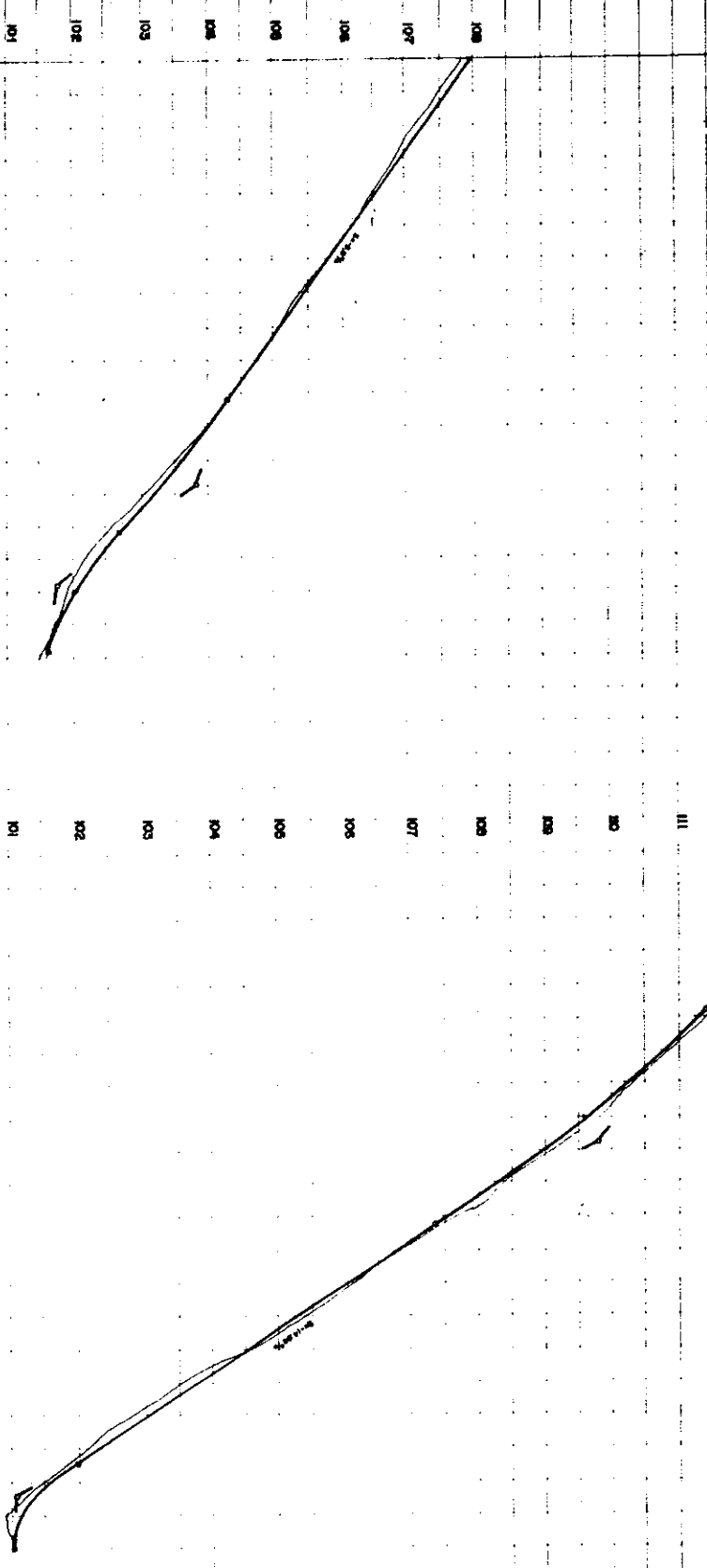
PLANTA	Levanta		
	Diseña		
	Revisa		
	Aprueba		





PLANTA ESCALA=1/500

ESCALA: V=1/50  
H=1/500



MUNICIPALIDAD

INGENIERIA

ALDEA EL RECHO

INGENIERO: ALBERTO J. MORALES

PROYECTO: ALDEA EL RECHO

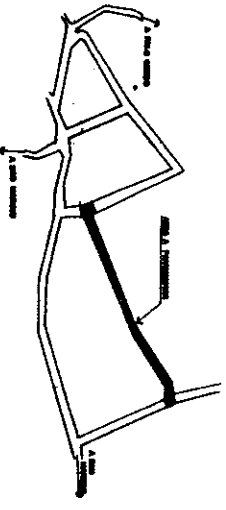
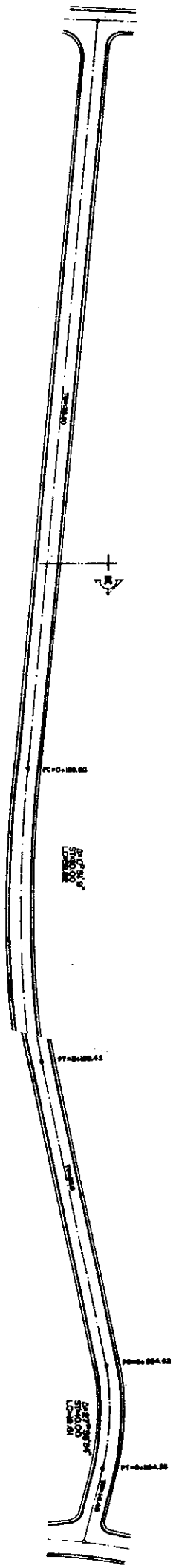
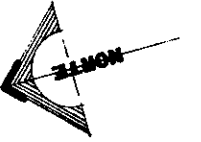
PLANTA + PERFIL

FECHA: 7/82

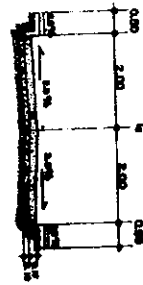
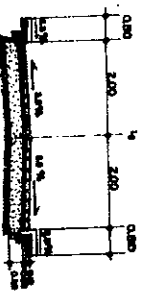
ESCALA: 1/500

PERFIL	Escala: V=1/50 H=1/500	Fecha: 7/82
--------	---------------------------	-------------

PLANTA	Escala: 1/500	Fecha: 7/82
--------	---------------	-------------



PLANA ESCALA 1/500



MUNICIPALIDAD

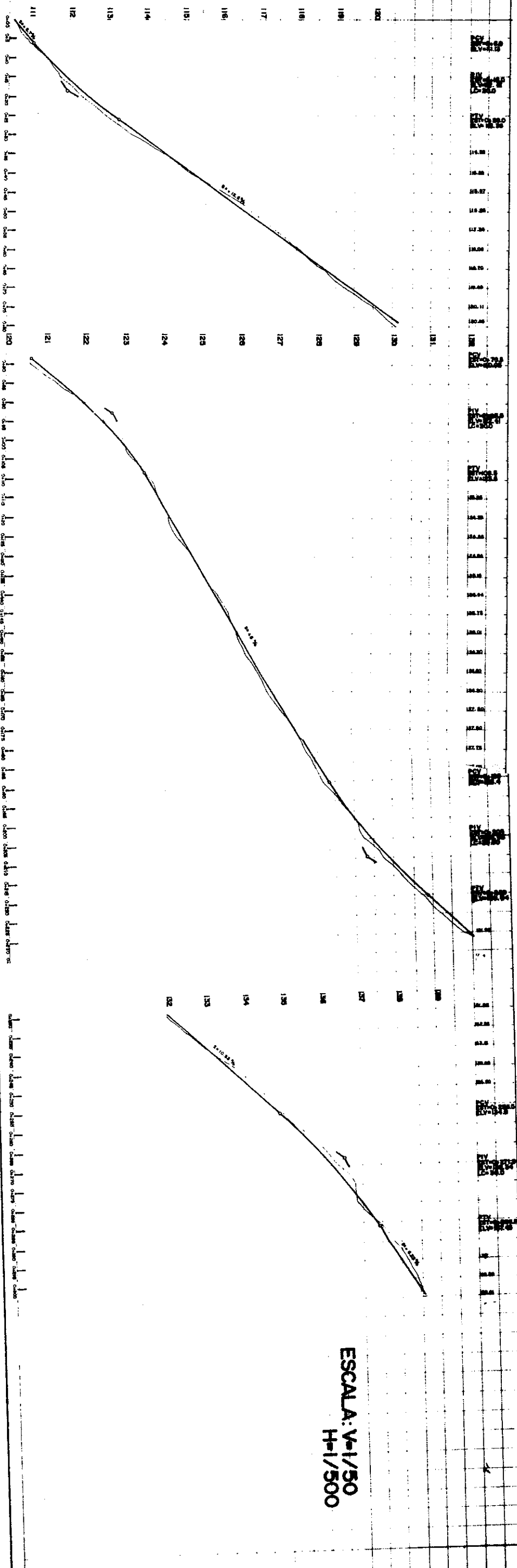
INSTRUMENTO

ALVARO EL NEGRO

ESERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO  
FACULTAD DE INGENIERIA

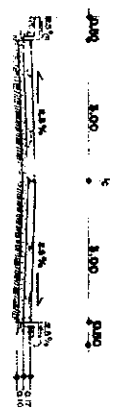
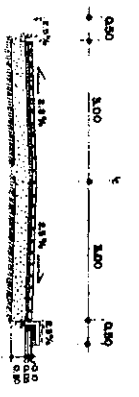
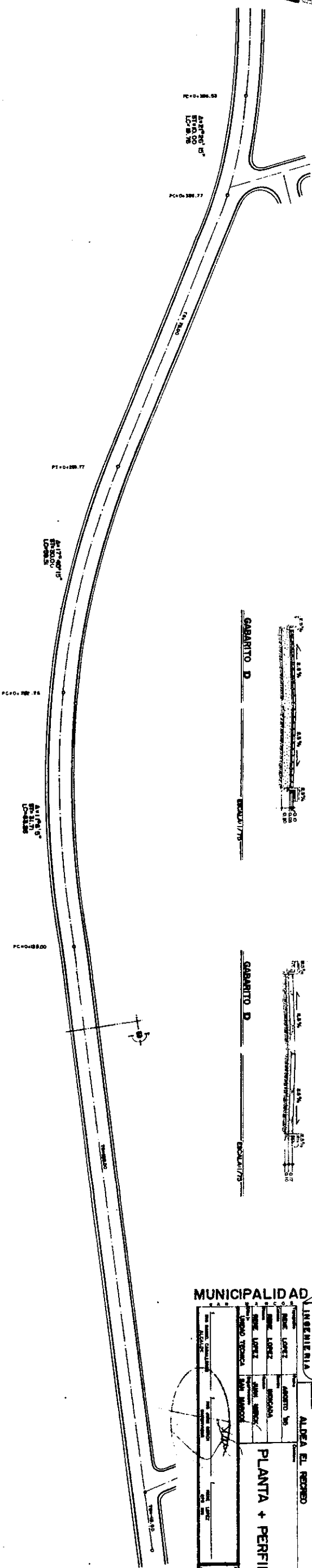
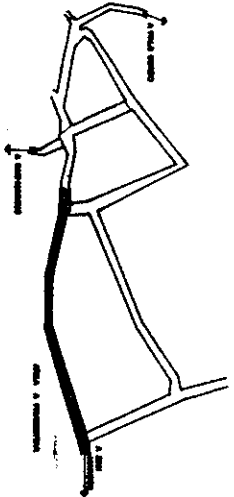
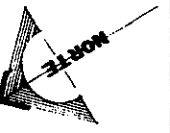
DISEÑO DE PAVIMENTOS

PLANTA + PERFIL



ESCALA: V=1/50  
H=1/500

PERFIL	1/500	1/500
PLANTA	1/500	1/500



**MUNICIPALIDAD**

INGENIERIA

ALDEA EL RECHO

PLANTA + PERFIL

EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO  
FACULTAD DE INGENIERIA

DISENO DE PAVIMENTOS

PLANTA

Levantado: \_\_\_\_\_  
Diseñado: \_\_\_\_\_  
Llaves No: \_\_\_\_\_

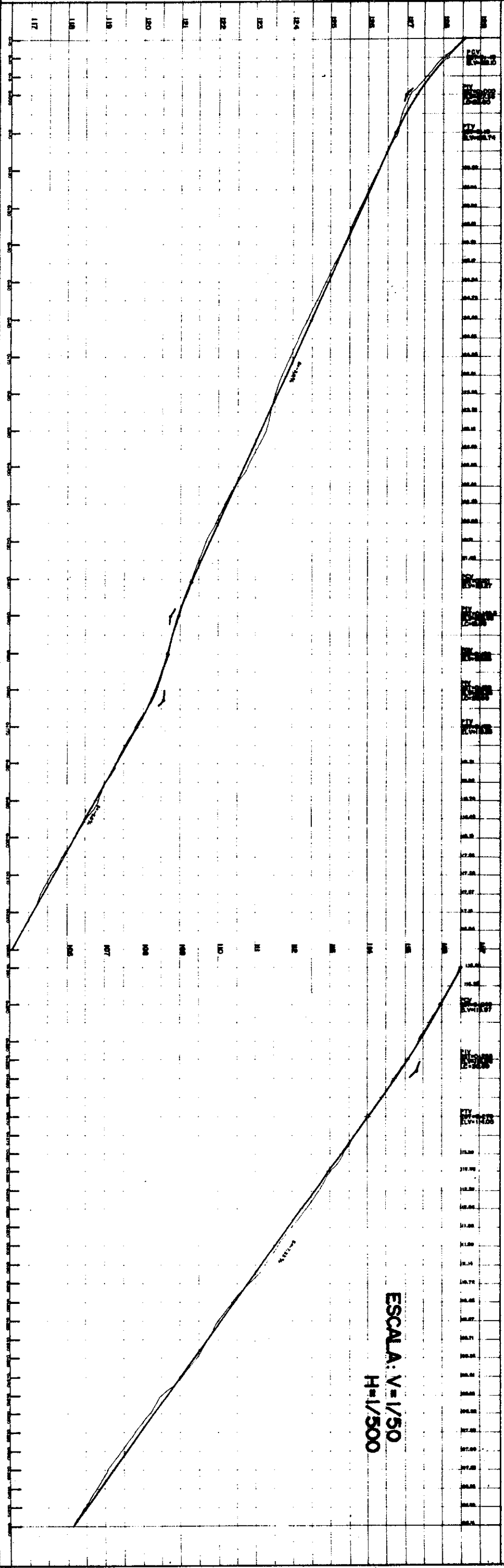
PERFIL

Levantado: \_\_\_\_\_  
Diseñado: \_\_\_\_\_  
Llaves No: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

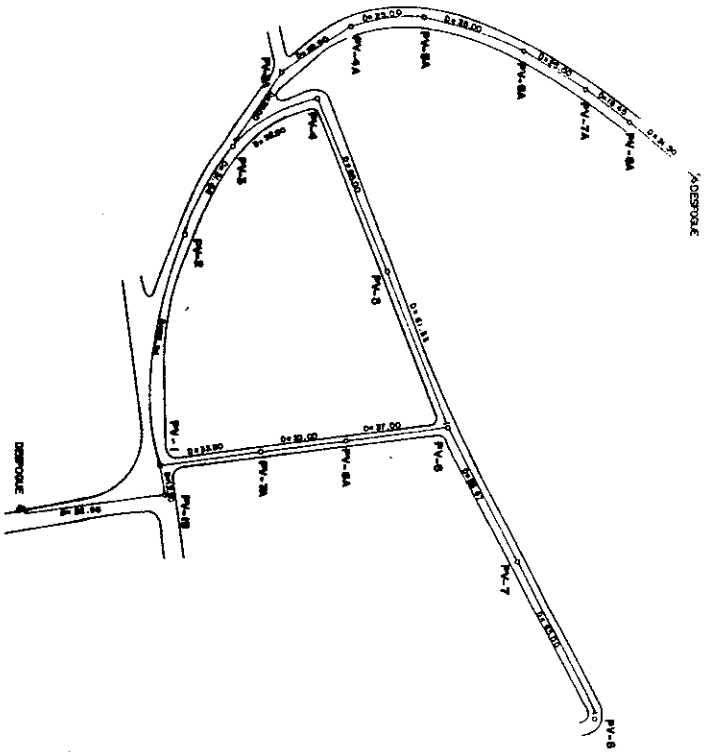
PLANTA ESCALA=1/500

ESCALA: V=1/50  
H=1/500



PERFIL	Levantado	Fecha
Llaves No.	Diseñado	
	Otras	

PLANTA	Levantado	Fecha
Llaves No.	Diseñado	
	Otras	



**PLANIMETRIA**

ESCALA 1/1250

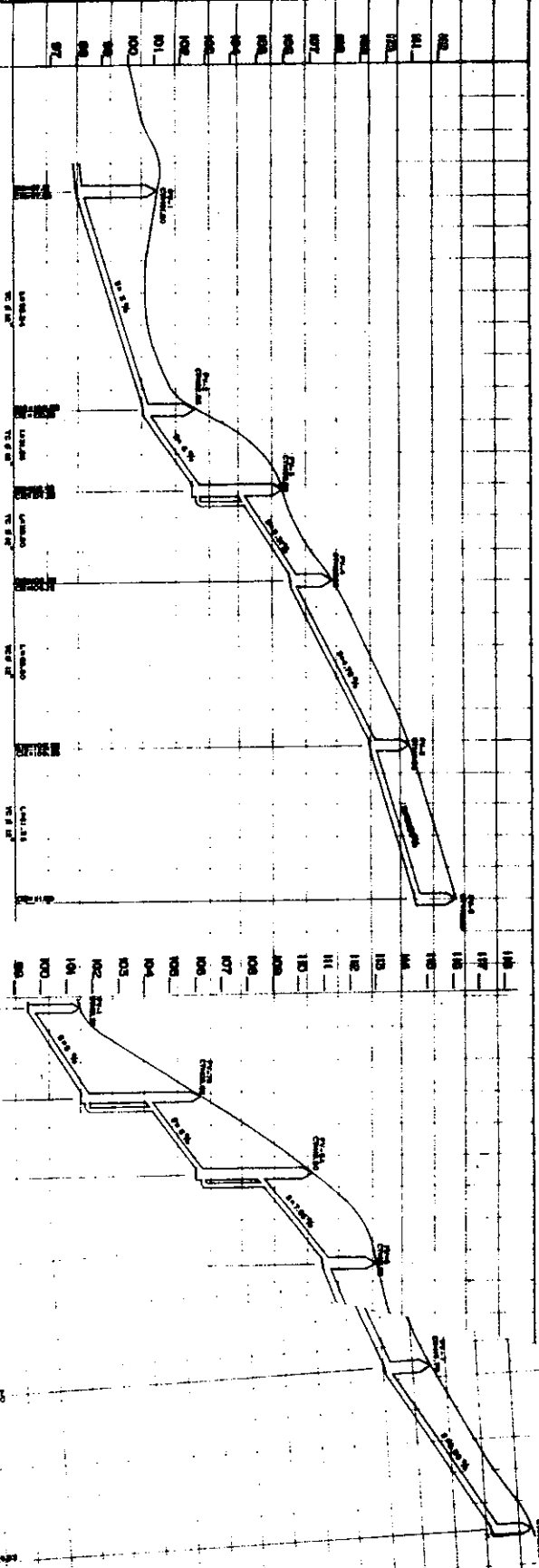
MUNICIPALIDAD

INGENIERIA	ALDEA EL RECIBO
INGENIERO	ALBERTO S.B.
PROYECTO	MEJORAMIENTO
CLIENTE	MUNICIPALIDAD
UBICACION	ALDEA EL RECIBO
FECHA	10/12

EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
**DISEÑO DE PAVIMENTOS**  
**DRENAJE PLUVIAL**

10 12

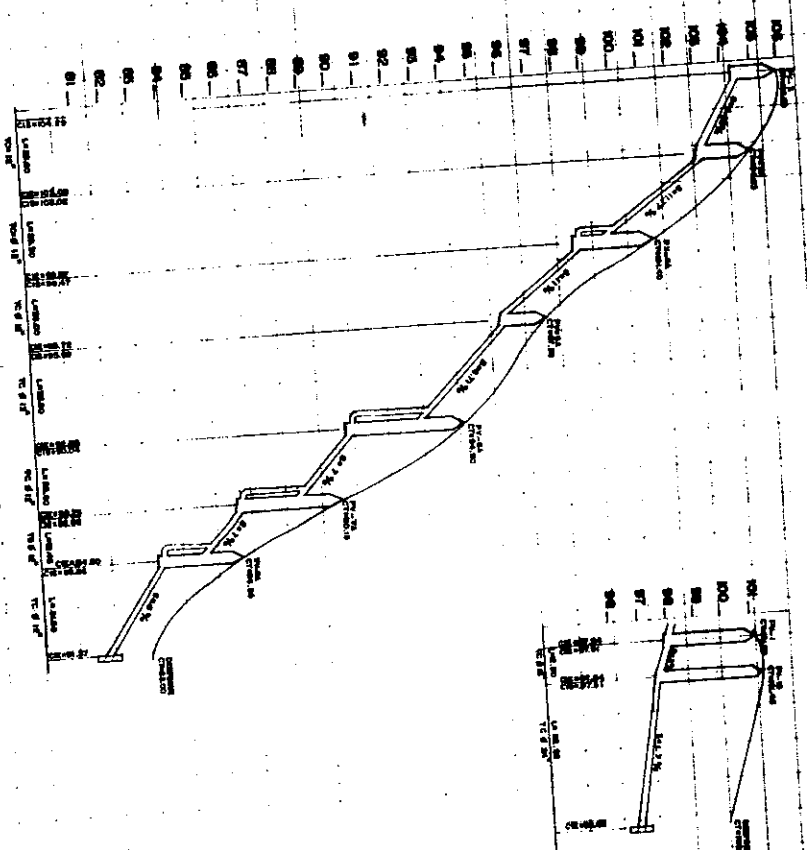
PLANTA  
 Escala: 1/1250  
 Fecha: 10/12



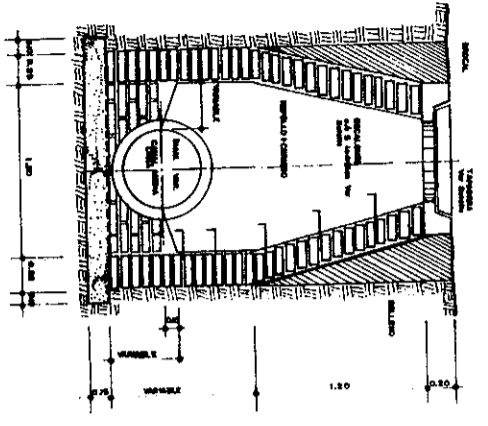
PERFIL  
 Escala: 1/1250  
 Fecha: 10/12

**ALTIMETRIA**

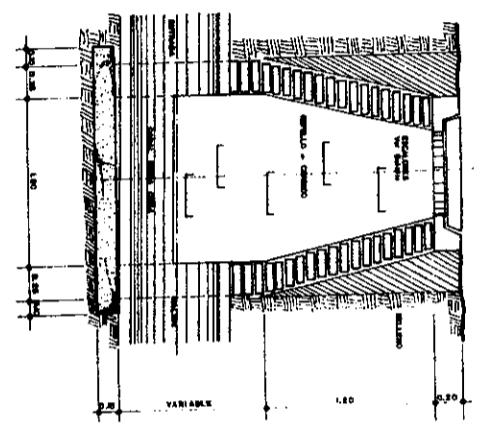
ESCALA: V=1/1250  
 H=1/1250



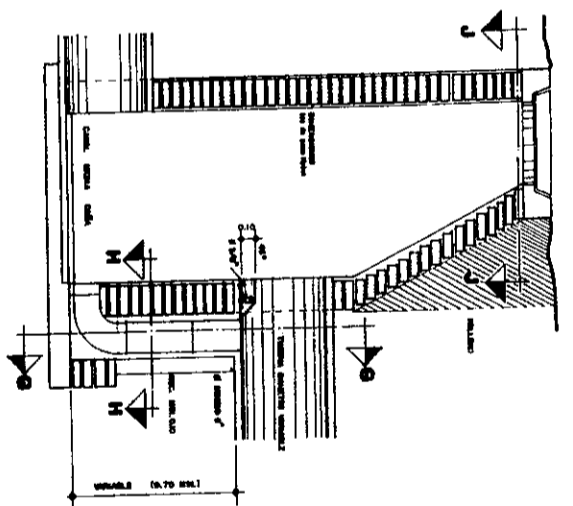




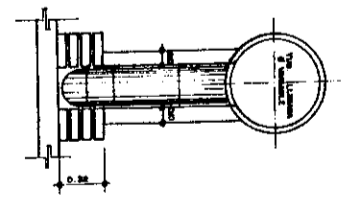
**SECCION A-A**  
ESCALA 1/25



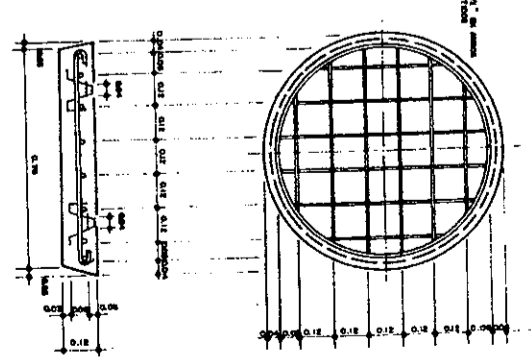
**SECCION B-B**  
ESCALA 1/25



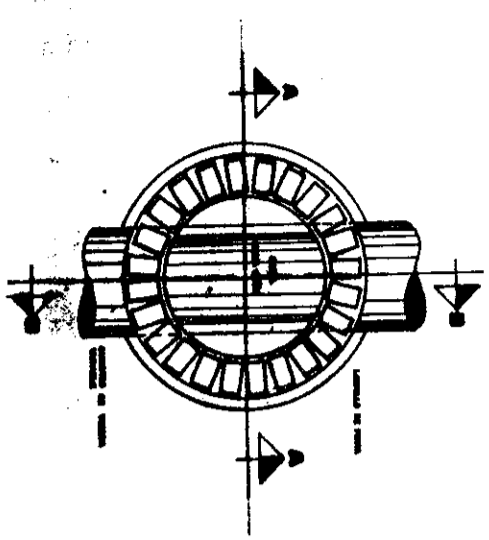
**SECCION**  
ESCALA 1/25



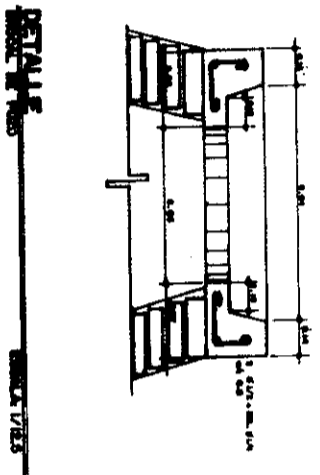
**SECCION G-G**  
ESCALA 1/25



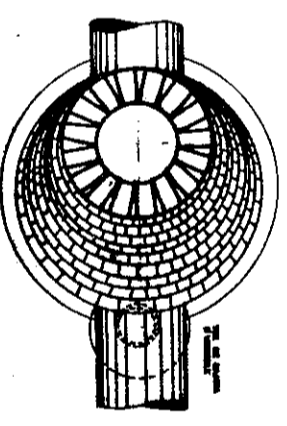
**ARMADO DE TAPA PARA POZO**  
ESCALA 1/25



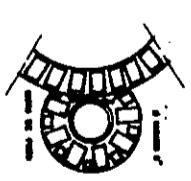
**PARRA**  
ESCALA 1/25



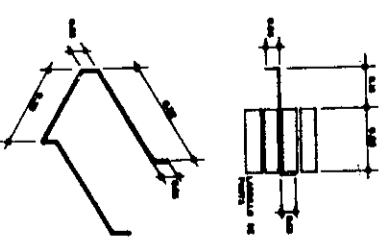
**DETALLE**  
ESCALA 1/25



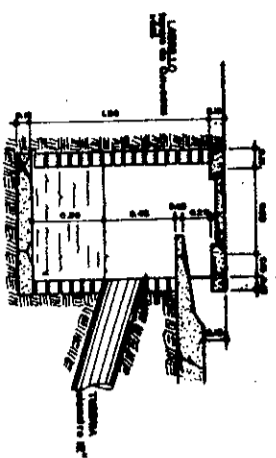
**SECCION J-J**  
ESCALA 1/25



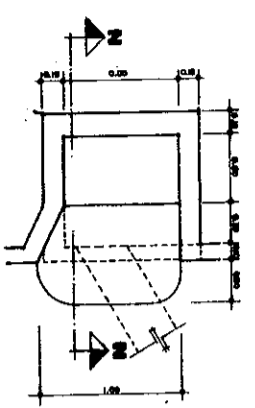
**SECCION H-H**  
ESCALA 1/25



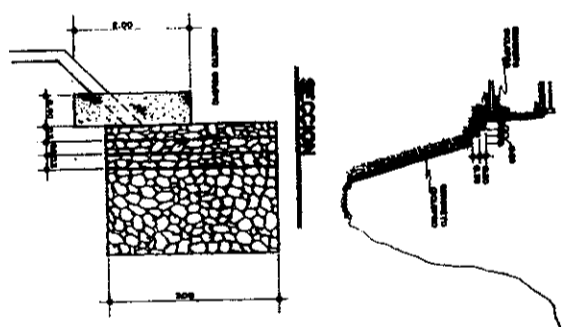
**DETALLE DE ESCALON**  
ESCALA 1/25



**SECCION M-M**  
ESCALA 1/25



**PLANTA**  
ESCALA 1/25



**DETALLE**  
ESCALA 1/25

**EXPERIENCIAS DE TRABAJOS OBREROS.**  
 Las experiencias de los obreros en las instalaciones de este tipo de pozos se detallan en el plano de detalles.  
 Los planos de los pozos y a la estructura de los pozos se detallan en el plano de detalles.  
 Los planos de los pozos y a la estructura de los pozos se detallan en el plano de detalles.  
 Los planos de los pozos y a la estructura de los pozos se detallan en el plano de detalles.  
 Los planos de los pozos y a la estructura de los pozos se detallan en el plano de detalles.  
 Los planos de los pozos y a la estructura de los pozos se detallan en el plano de detalles.

**EXPERIENCIAS DE TRABAJOS OBREROS.**  
 Las experiencias de los obreros en las instalaciones de este tipo de pozos se detallan en el plano de detalles.  
 Los planos de los pozos y a la estructura de los pozos se detallan en el plano de detalles.  
 Los planos de los pozos y a la estructura de los pozos se detallan en el plano de detalles.  
 Los planos de los pozos y a la estructura de los pozos se detallan en el plano de detalles.  
 Los planos de los pozos y a la estructura de los pozos se detallan en el plano de detalles.  
 Los planos de los pozos y a la estructura de los pozos se detallan en el plano de detalles.

**MUNICIPALIDAD**

INGENIERIA

ALBA EL INGENIERO

DESIGNO DE PAVIMENTOS

EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

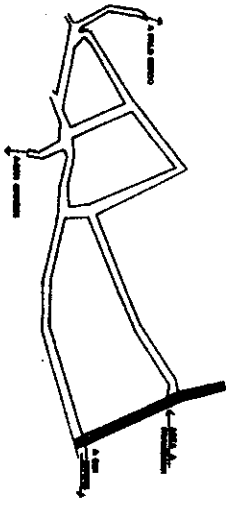
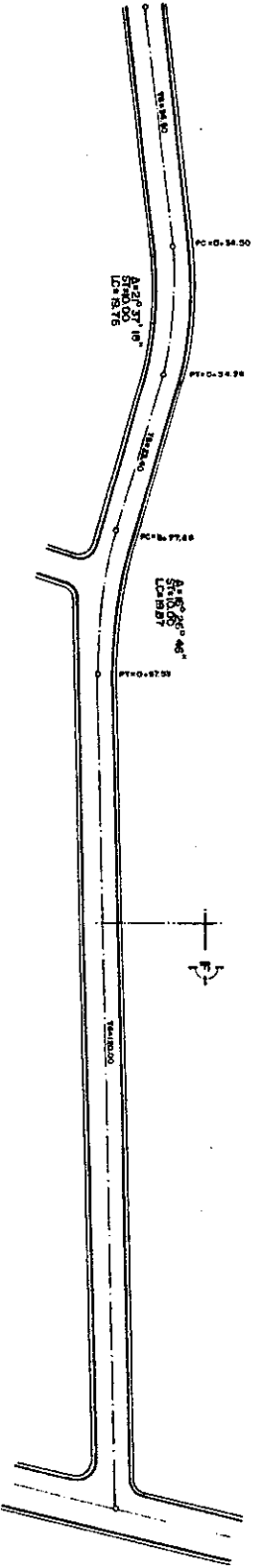
RAJULTAD DE INGENIERIA

DETALLES

DE DISEÑO PAVIAL

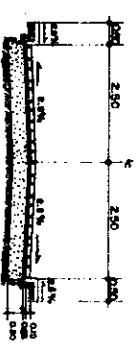
ESCALA 1/25

ESCALA DE 1.20

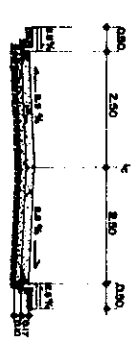


PLANTA ESCALA = 1/500

<b>MUNICIPALIDAD</b> <b>INGENIERIA</b>	
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO FACULTAD DE INGENIERIA	
<b>DISÑO DE PAVIMENTOS</b>	
ALDEA EL RECREO	
<b>PLANTA + PERFIL</b>	
NOMBRE: LOPEZ APELLIDO: VA CARRERA: INGENIERIA NOMBRE: LOPEZ APELLIDO: VA CARRERA: INGENIERIA	NOMBRE: LOPEZ APELLIDO: VA CARRERA: INGENIERIA NOMBRE: LOPEZ APELLIDO: VA CARRERA: INGENIERIA
NOMBRE: LOPEZ APELLIDO: VA CARRERA: INGENIERIA	NOMBRE: LOPEZ APELLIDO: VA CARRERA: INGENIERIA
NOMBRE: LOPEZ APELLIDO: VA CARRERA: INGENIERIA	NOMBRE: LOPEZ APELLIDO: VA CARRERA: INGENIERIA



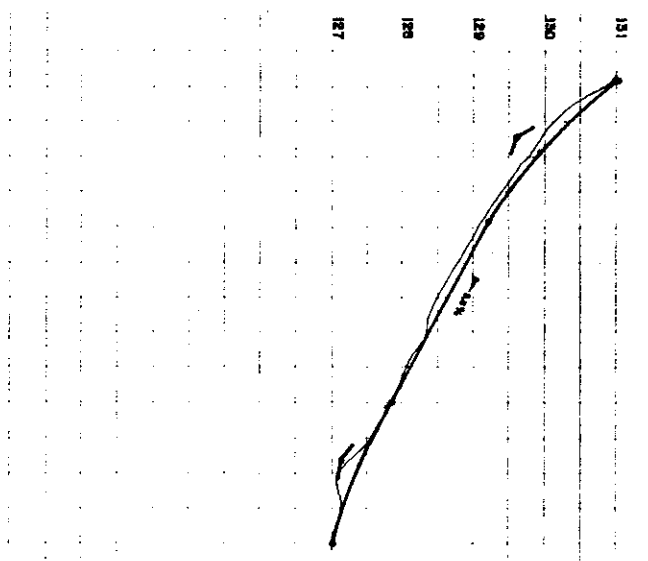
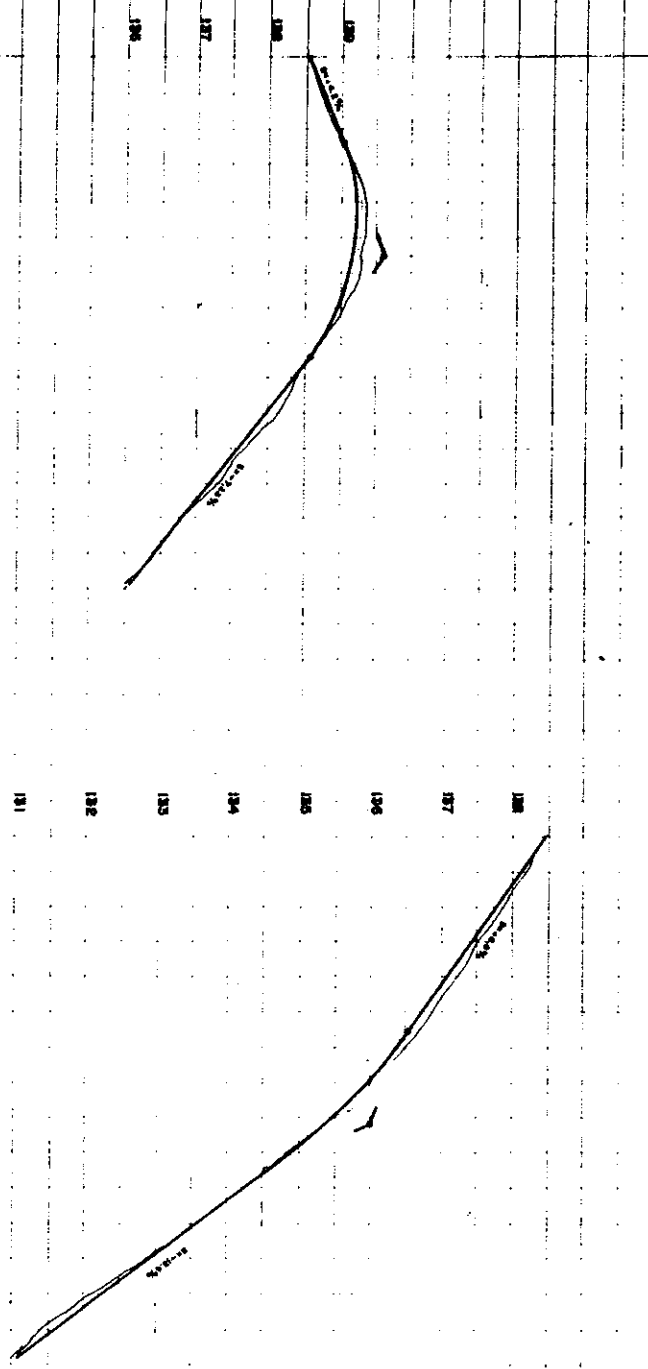
SECCION F RESALTOS



SECCION F RESALTOS

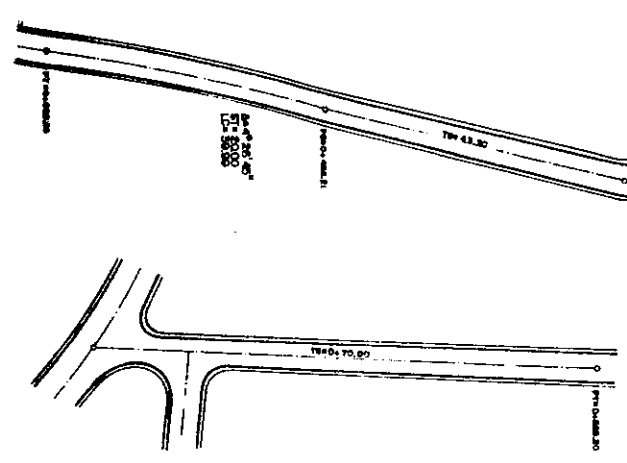
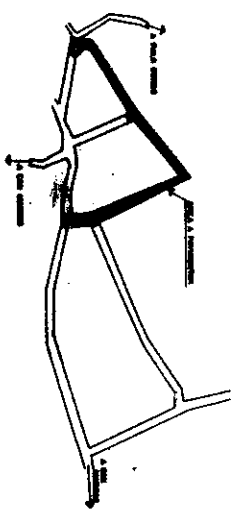
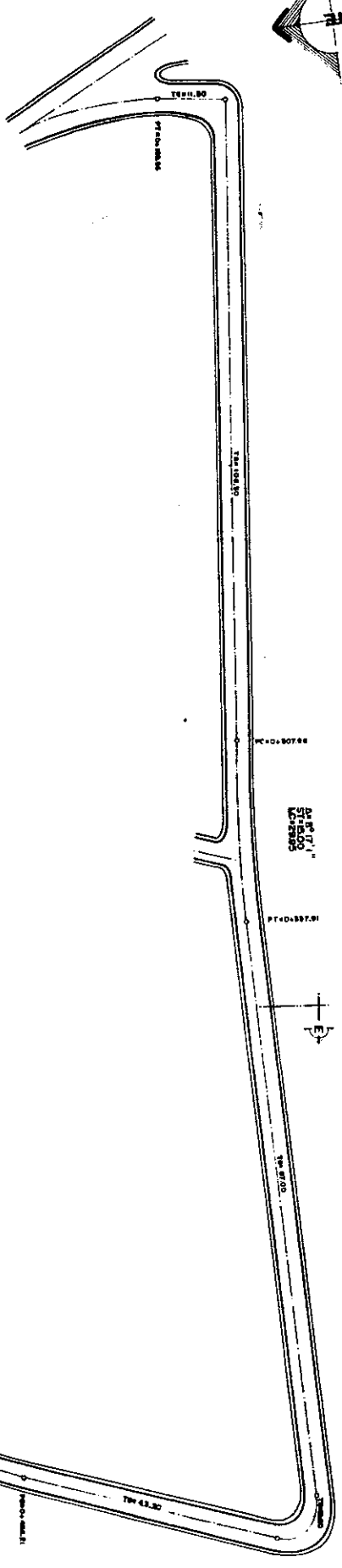
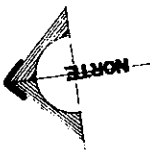
125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	274	275	276	277	278	279	280	281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299	300
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

ESCALA: V=1/50  
H=1/500

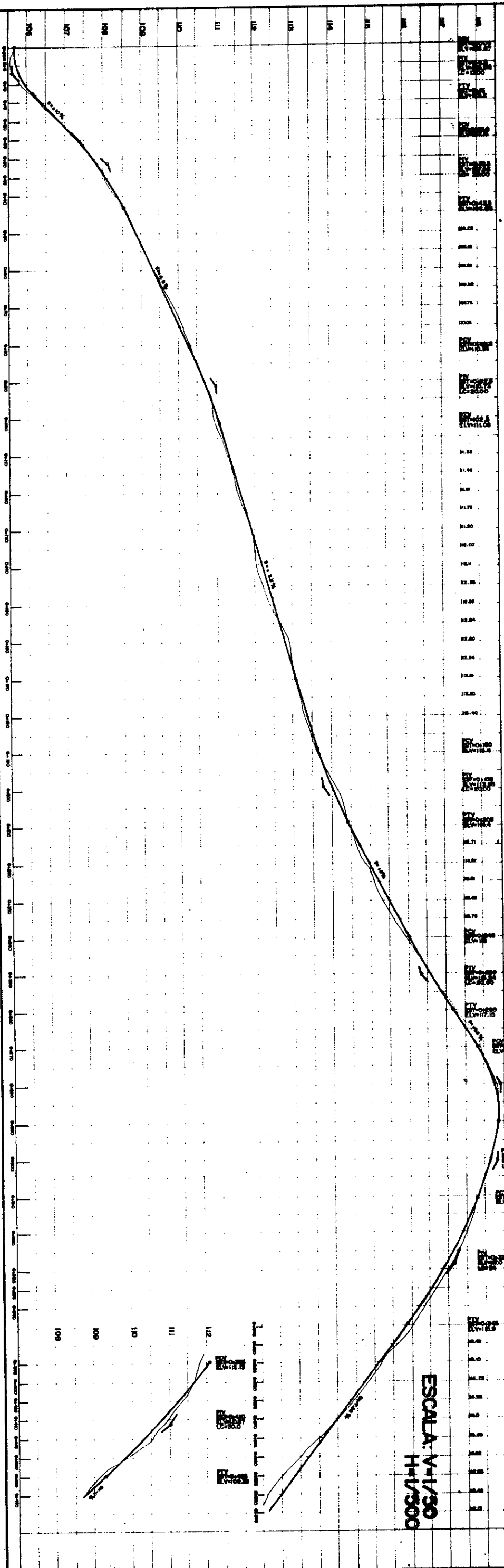


PERFIL	Levantado	Por	Fecha
	Plano		
	Ulterior		

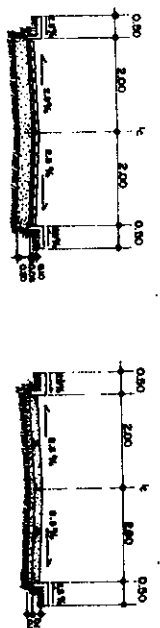
PLANTA	Levantado	Por	Fecha
	Plano		
	Ulterior		



PLANTA ESCALA = 1/500



ESCALA: V=1/30  
H=1/500



<b>MUNICIPALIDAD</b>			EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO FACULTAD DE INGENIERIA
INGENIERIA			
LINEA DESEÑO	PROYECTO No.	ALDEA EL RECREO	<b>PLANTA + PERFIL</b>
LINEA DESEÑO	SECCION		
LINEA DESEÑO	ANIL DESEÑO		
TIPO DE TERCIA	ANIL DESEÑO		

PERFIL	Levant	Proy	Fecha

PLANTA	Levant	Proy	Fecha