



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

**DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO PLUVIAL PARA LA 1ª CALLE,
ENTRE 13 Y 15 AVENIDA, ZONA 5 Y DISEÑO DEL PAVIMENTO RÍGIDO
SOBRE LA 19 AVENIDA Y AVENIDA EL REFORMADOR, COLONIA JUSTO
RUFINO BARRIOS ZONA 5, MUNICIPIO DE SAN MARCOS, SAN MARCOS.**

Brenda Margoth Galindo Amaya

Asesorada por: Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto

Guatemala, octubre de 2007

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO PLUVIAL PARA LA 1ª CALLE,
ENTRE 13 Y 15 AVENIDA, ZONA 5 Y DISEÑO DEL PAVIMENTO RÍGIDO
SOBRE LA 19 AVENIDA Y AVENIDA EL REFORMADOR, COLONIA JUSTO
RUFINO BARRIOS ZONA 5, MUNICIPIO DE SAN MARCOS, SAN MARCOS.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

BRENDA MARGOTH GALINDO AMAYA

ASESORADA POR: INGA. CHRISTA DEL ROSARIO CLASSON DE PINTO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERA CIVIL

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2007

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

NÓMINA DE LA JUNTA DIRECTIVA

DECANO:	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I:	Ing. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II:	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III:	Ing. Miguel Angel Dávila Calderón
VOCAL IV:	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
SECRETARIA:	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO:	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR:	Ing. Jeovany Rudaman Miranda Castañon
EXAMINADOR:	Ing. Juan Merck Cos
EXAMINADOR:	Ing. Rafael Enrique Morales Ochoa
SECRETARIA:	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO PLUVIAL PARA LA 1ª CALLE,
ENTRE 13 Y 15 AVENIDA, ZONA 5 Y DISEÑO DEL PAVIMENTO RÍGIDO
SOBRE LA 19 AVENIDA Y AVENIDA EL REFORMADOR, COLONIA JUSTO
RUFINO BARRIOS ZONA 5, MUNICIPIO DE SAN MARCOS, SAN MARCOS,**

tema que me fuera aprobado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 15 de febrero de 2007.

BRENDA MARGOTH GALINDO AMAYA

AGRADECIMIENTOS A:

DIOS	Por su abundante gracia y una vida llena de su amor.
INGENIERA CHRISTA CLASSON DE PINTO	Por el apoyo técnico, brindado de manera incondicional y su valiosa asesoría al presente trabajo de graduación.
FACULTAD DE INGENIERÍA, USAC	Por darme la oportunidad de forjarme en sus aulas y de cumplir una de mis metas.
INSTITUTO DE FOMENTO MUNICIPAL – INFOM –	Por el apoyo proporcionado y la oportunidad de compartir mis conocimientos para realizar este trabajo.
LOS CATEDRATICOS	Que con su paciencia transmitieron sus enseñanzas y permitieron el forjamiento sólido de profesionales.

ACTO QUE DEDICO A:

- DIOS** ¡Cuán preciosos me son, oh Dios, tus pensamientos!
¡Cuán grande es la suma de ellos!
Salmo 139:17
- MIS PADRES** Juan Francisco Galindo Veliz.
Brenda Amaya.
Con mucho amor, cariño, aprecio y un agradecimiento muy profundo por sus sacrificios en estos años.
- MIS HERMANAS** Wendy Carolina y Emyli Sofia.
Por el apoyo que me brindaron.
- MI NOVIO** Manuel Alejandro Camargo Apen.
Por tu amor, amistad y apoyo.
- FAMILIA** Por abrirme las puertas de su casa y su corazón.
CAMARGO APEN

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN	XIII
OBJETIVOS	XIV
INTRODUCCIÓN	XVII
1. INVESTIGACIÓN	1
1.1 Caracterización del municipio de San Marcos	1
1.1.1 Aspectos generales	1
1.1.1.1 Localización geográfica	1
1.1.1.2 Aspectos topográficos	1
1.1.1.3 Vías de comunicación	3
1.1.2 Aspectos sociales	3
1.1.2.1 Población	3
1.1.2.2 Educación	3
1.1.3 Aspectos económicos y de infraestructura básicos	4
1.1.3.1 Servicios públicos con que cuenta	4
1.1.3.2 Actividades económicas	7
1.1.4 Aspectos culturales y de participación social	8
2. FASE TÉCNICO PROFESIONAL	9
2.1 Diseño de la red de alcantarillado pluvial para la 1ª Calle, entre 13 y 15 Av. Zona 5, municipio de San Marcos, departamento de San Marcos.	9

2.1.1	Descripción del proyecto	9
2.1.2	Levantamiento topográfico	9
2.1.3	Características del subsuelo	10
2.1.4	Tipo de sistema a utilizar	10
2.1.5	Normas de diseño	11
2.1.5.1	Diámetros mínimos	11
2.1.5.2	Velocidades mínimas y máximas	11
2.1.5.3	Período de diseño	11
2.1.5.4	Profundidad de la tubería	12
2.1.5.5	Ancho de zanja	13
2.1.5.6	Cotas invert	13
2.1.6	Determinación del caudal pluvial	14
2.1.6.1	Coeficiente de escorrentía	14
2.1.6.2	Intensidad de lluvia	16
2.1.6.2.1	Periodo de retorno	19
2.1.6.2.2	Tiempo de concentración	19
2.1.6.3	Áreas tributarias	20
2.1.6.4	Pendiente del terreno	20
2.1.6.5	Caudal de diseño	20
2.1.6.6	Velocidad de flujo a sección llena	21
2.1.6.7	Obras accesorias	22
2.1.6.7.1	Colectores	22
2.1.6.7.2	Pozos de visita	22
2.1.6.7.3	Tragantes	23
2.1.7	Diseño de la red de alcantarillado pluvial	25
2.1.8	Desfogue	29
2.1.9	Evaluación de impacto ambiental	30
2.1.10	Presupuesto de la red de alcantarillado pluvial	32
2.1.10.1	Presupuesto desglosado	32

2.1.10.2	Integración de costos	36
2.2	Diseño de pavimento rígido para la 19 Av. y Av. El Reformador, colonia Justo Rufino Barrios, zona 5, municipio de San Marcos, departamento de San Marcos.	36
2.2.1	Antecedentes	36
2.2.2	Condiciones actuales de la superficie de la calzada	37
2.2.3	Estudio preliminar de campo	37
2.2.3.1	Planimetría	37
2.2.3.2	Altimetría	38
2.2.4	Diseño geométrico de carreteras	39
2.2.4.1	Elementos geométricos del alineamiento transversal	40
2.2.4.2	Alineamiento horizontal	42
2.2.4.3	Diseño de curvas horizontales	43
2.2.4.4	Alineamiento vertical	44
2.2.4.5	Diseño de curvas verticales	44
2.2.4.6	Diseño de localización	45
2.2.4.7	Diseño de la sub-rasante	45
2.2.5	Estudios de suelos	46
2.2.5.1	Ensayos para la clasificación del suelo	47
2.2.5.1.1	Análisis granulométrico	47
2.2.5.1.2	Límites de consistencia	48
2.2.5.1.2.1	Límite líquido	48
2.2.5.1.2.2	Límite plástico	49
2.2.5.1.2.3	Índice plástico	50
2.2.5.2	Ensayos para el control de la construcción	50
2.2.5.2.1	Determinación del contenido de humedad	51
2.2.5.2.2	Densidad máxima y humedad óptima	51
2.2.5.2.3	Ensayo de equivalente de arena	53

2.2.5.3	Ensayo para la determinación de la resistencia del suelo	53
2.2.5.3.1	Ensayo de valor soporte del suelo (C.B.R.)	53
2.2.5.4	Análisis de resultados	55
2.2.6	Pavimentos rígidos	56
2.2.6.1	Generalidades	56
2.2.6.2	Definición de pavimento	57
2.2.6.3	Capas de un pavimento	57
2.2.6.3.1	Sub-rasante	57
2.2.6.3.2	Sub-base	58
2.2.6.3.3	Base	60
2.2.6.3.4	Capa de rodadura	63
2.2.7	Factores de diseño	64
2.2.7.1	Módulo de ruptura del concreto (MR)	64
2.2.7.2	Módulo de reacción del suelo (K)	65
2.2.7.3	Tráfico y cargas de diseño	66
2.2.7.4	Tipos de juntas	66
2.2.8	Diseño del pavimento rígido	70
2.2.9	Consideraciones para el diseño del pavimento rígido	83
2.2.10	Diseño de mezclas de concreto	84
2.2.10.1	Memoria de cálculo para el diseño de mezclas	86
2.2.11	Presupuesto del pavimento rígido	94
2.2.11.1	Presupuesto desglosado	94
2.2.11.2	Integración de costos	96
	CONCLUSIONES	97
	RECOMENDACIONES	99
	BIBLIOGRAFÍA	101
	APÉNDICE	103

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Localización del municipio de San Marcos	2
2	Profundidad de la tubería	12
3	Curvas de intensidad de lluvia para la estación Catalina, San Marcos.	17
4	Precipitación (mm) isoyetas anuales	18
5	Sección típica de una carretera	40
6	Planta de una curva horizontal	43
7	Sección de una curva vertical	44
8	Tipo de juntas	69
9	Interrelación aproximada de las clasificaciones de suelos y los valores de soporte	74
10	Resumen de estudio de suelos	100
11	Ensayo de granulometría	101
12	Ensayo de límites de <i>Atterberg</i>	102
13	Ensayo de Proctor	103
14	Ensayo de C.B.R.	104
15	Ensayo de C.B.R. a 1"	105
16	Ensayo de C.B.R. a 2"	106
17	Curvas de C.B.R.	107
18	Planta general ,drenaje pluvial,	108
19	Planta-perfil ,drenaje pluvial,	109
20	Plano de detalles ,drenaje pluvial,	110

21	Planta general ,pavimento rígido,	111
22	Perfil ,pavimento rígido,	112
23	Plano de detalles ,pavimento rígido,	113

TABLAS

I	Principales causas de morbilidad general	5
II	Ancho de zanjas para colocación de tuberías.	13
III	Algunos coeficientes utilizados en Guatemala	15
IV	Cálculo hidráulico de la red de alcantarillado pluvial	28
V	Continuación de cálculo hidráulico de la red de alcantarillado pluvial	29
VI	Presupuesto de pozos de visita	32
VII	Presupuesto de tragantes	33
VIII	Presupuesto de rejillas	34
IX	Presupuesto de colector principal	35
X	Integración de costos	36
XI	Clasificación general de C.B.R.	55
XII	Tipos de graduación para material de sub-base o base granular	62
XIII	Categorías de carga por eje	73
XIV	Tipo de suelos de sub-rasante y valores aproximados de k	75
XV	Valores de k para diseño sobre bases granulares (PCA)	75
XVI	Valores de k para diseño sobre bases de suelo-cemento (PCA)	75
XVII	TPDC permisible, carga por eje categoría 1, pavimentos con juntas con agregados de trabe (no necesita dovelas)	76

XVIII	TPDC permisible, carga por eje categoría 2, pavimentos con juntas doveladas	77
XIX	TPDC permisible, carga por eje categoría 2, pavimentos con juntas con agregados de trabe	78
XX	TPDC permisible, carga por eje categoría 3, pavimentos con juntas doveladas	79
XXI	TPDC permisible, carga por eje categoría 3, pavimentos con juntas con agregado de trabe	80
XXII	TPDC permisible, carga por eje categoría 4, pavimentos con juntas doveladas	81
XXIII	TPDC permisible, carga por eje categoría 4, pavimentos con juntas con agregado de trabe	82
XXIV	Resistencia promedio a la compresión requerida cuando no se dispone de información para establecer una desviación Standard.	89
XXV	Revenimientos recomendados para varios tipos de construcción.	89
XXVI	Relación entre la resistencia a la compresión del concreto y a la relación agua cemento	90
XXVII	Requisitos aproximados de agua y contenido de aire en la mezcla para diferentes revenimientos y tamaños maximos nominales de los agregados	91
XXVIII	Relaciones agua-cemento máximas permisibles para el concreto cuando no se disponga de infamación de campo sobre la resistencia de mezclas de prueba	92
XXIX	Volumen del agregado grueso por unidad de volumen del concreto.	92
XXX	Primer estimado del peso del concreto fresco	93

XXXI	Presupuesto de preliminares	94
XXXII	Presupuesto de construcción de pavimento rígido	95
XXXIII	Integración de costos	96

LISTA DE SÍMBOLOS

A	Área del terreno ,en caso $Q=CIA$, expresada en Ha
a	Área que ocupa el tirante en la tubería expresada en m^2
v	Velocidad del flujo en la tubería expresada en m/s
V	Velocidad a sección llena de la tubería expresada en m/s
r	Tasa de crecimiento de la población, expresado en %
D	Diámetro de la tubería expresada en plg
q	Caudal de diseño expresado en m^3/s
Q	Caudal a sección llena en tuberías expresada en m^3/s
v/V	Relación de velocidad de fluidos / velocidad a sección llena
d/D	Relación de profundidad de flujo / profundidad a sección llena
q/Q	Relación de caudal / caudal a sección llena
m/s	Metros por segundo
m²	Metros al cuadrado
m³/s	Metros cúbicos por segundo
I	Intensidad de lluvia
C	Coefficiente de escorrentía superficial
mm/h	Milímetros por hora
n	Coefficiente de rugosidad
S	Pendiente
Min	Mínima
Máx	Máxima
P.V.C.	Material fabricado a base de cloruro de polivinilo
P.O.	Punto observado
Dist.	Distancia

Hab.	Habitantes
S%.	Pendiente en porcentaje
P.V.	Pozo de visita
qdis.	Caudal de diseño
INFOM	Instituto de Fomento Municipal
INSIVUMEH	Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología
INE	Instituto Nacional de Estadística
m3	Metros cúbicos
K	Modulo de reacción.
MR.	Modulo de ruptura.
AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials

GLOSARIO

Azimut	Ángulo horizontal referido a un norte, su rango va desde 0 a 360 grados.
Bordillos	Son las estructuras de concreto simple, que se construyen en el centro, en uno o en ambos lados de una carretera, y que sirve para el ordenamiento del tráfico y seguridad del usuario.
Carretera	Vía de tránsito público, construida dentro de los límites del derecho de vía.
Compactación	Es la técnica por la cual los materiales aumentan su resistencia y disminuyen su compresibilidad.
Contracción	Reducir a menor volumen.
Cotas invert	Cota o altura de la parte inferior del tubo ya instalado.

Geotécnica	Técnica que aplica el estudio de la composición y propiedades del suelo, para el asiento de todo tipo de construcciones y obras públicas.
Infraestructura	Conjunto de las obras de una construcción.
Período de diseño	Periodo durante el cual el sistema prestará un servicio eficiente.

RESUMEN

El presente trabajo ha sido elaborado con base en las necesidades de la población de la cabecera municipal de San Marcos, en el mismo se hace la propuesta de un diseño de alcantarillado pluvial para la 1ª Calle entre 13 y 15 Avenida, zona 5; las necesidades a cubrir con este proyecto son causadas por la tormenta tropical Stan en el 2005. Este fenómeno natural causo destrozos en la población y afecto los servicios básicos, entre ellos los sistemas de alcantarillado. Provocando que los colectores se saturaran y colapsaron.

Así mismo, se plantea el diseño de un pavimento rígido entre 19 Avenida y Avenida El Reformador, colonia Justo Rufino Barrios, zona 5 cabecera municipal de San Marcos, siendo este de vital importancia ya es que una vía de comunicación principal, el cual también surge en base a los desastres que provoco la tormenta tropical Stan, ya a que dejo incomunicados a distintas comunidades, debido a que el pavimento existente fue levantado por la magnitud de la fuerza de la tormenta.

OBJETIVOS

General

Contribuir con la Municipalidad de San Marcos a resolver la problemática de infraestructura vial a través del estudio de pavimentación y red de alcantarillado pluvial.

Específicos

1. Brindar a la Municipalidad de San Marcos un diseño de la red de alcantarillado pluvial para la 1ª Calle entre 13 y 15 Avenida, zona 5, cabecera municipal de San Marcos, y diseño del pavimento rígido entre 19 Avenida y Avenida El Reformador, colonia Justo Rufino Barrios, zona 5 cabecera municipal de San Marcos.
2. Desarrollar una investigación diagnóstica sobre las necesidades de servicio e infraestructura del lugar y los efectos en el medio ambiente ocasionados por la falta de drenaje pluvial.

INTRODUCCIÓN

Guatemala fue afectada, grandemente, por la tormenta tropical Stan, la cual provoco desastres en el occidente del país y dejo a personas en lugares incomunicados que actualmente permanecen inaccesibles. El colapso de la ruta hacia las zonas más afectadas, en el occidente del país, en especial las carreteras que conducen a los departamentos de Sololá y San Marcos.

A un año de esta tragedia nacional las comunidades afectadas del departamento de San Marcos aun se encuentran sin los servicios mínimos necesarios, siendo uno de los más importantes el saneamiento ambiental y la comunicación vial.

Se determinó que es necesario realizar el diseño de la red de alcantarillado pluvial para la 1ª Calle entre 13 y 15 Avenidas, zona 5, cabecera municipal de San Marcos, y diseño de pavimento rígido entre 19 Avenida y Avenida El Reformador, colonia Justo Rufino Barrios, zona 5, de la misma cabecera.

Ambos diseños son parte de una práctica asesorada por la unidad de E.P.S. (Ejercicio profesional Supervisado) de la facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos en coordinación con el Instituto de Fomento Municipal y la municipalidad de San Marcos.

1. INVESTIGACIÓN

1.1 Caracterización del municipio de San Marcos

1.1.1 Aspectos generales

1.1.1.1 Localización geográfica

El municipio de San Marcos está ubicado en el área de la Sierra Madre, en el Altiplano del país, Región VI Sur Occidental; con una Altitud de 2,398 metros sobre el nivel del mar, ubicado en la Latitud Norte de 14° 57´40” y una Longitud Oeste de 91° 47´ 44”.

Distancia a la Capital: La cabecera departamental de San Marcos se encuentra a una distancia de 250 Km.

Colinda al norte con Comitancillo; al este con San Pedro Sacatepequez y San Lorenzo; al sur con Esquipulas Palo gordo y San Critobal Cucho; al oeste con Tajumulco y San Pablo.

1.1.1.2 Aspectos topográficos

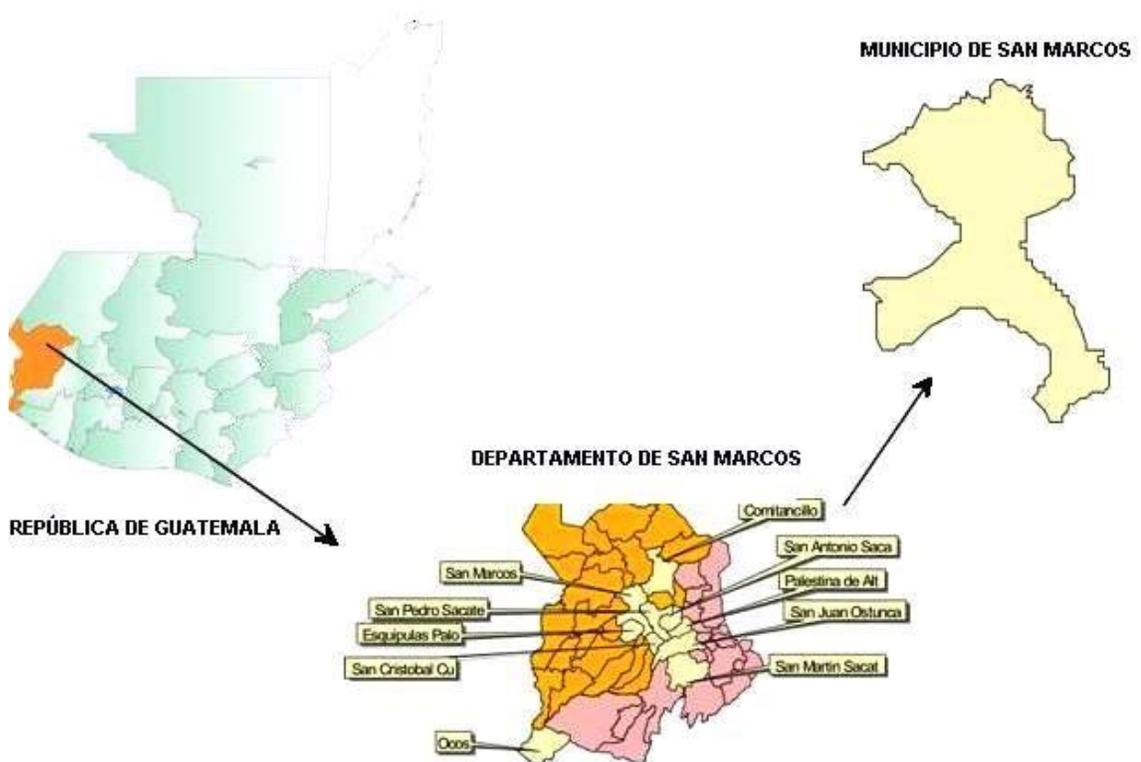
El departamento de San Marcos se caracteriza por un clima generalmente templado, aunque posee una variedad de climas debido a su topografía, su suelo es naturalmente fértil, inmejorable para toda clase de cultivos.

La Cordillera de los Andes, con el nombre de Sierra Madre penetra a Guatemala por el vértice de Niquihuil que recorre la parte norte del departamento, dentro de la misma están los Volcanes de San Antonio, Tacaná y Tajumulco, estos últimos considerados como los más altos de Centroamérica.

Las tierras situadas al sur de la cordillera son casi planas y el clima templado, con excepción de las que abarcan la costa, zona riquísima destinada preferentemente al cultivo del café.

La costa sur de este departamento es bañada por las aguas del Océano Pacífico, contando además con la irrigación de sus tierras por varios ríos, siendo los más importantes El Suchiate, Cabuz, Naranja, Nahuatan, Tilapa, Meléndrez, Coatán, Cuilco,

Figura 1. Localización del municipio de San Marcos



1.1.1.3 Vías de comunicación

El municipio de San Marcos cuenta con una vía principal, que es la Ruta Nacional 1, asfaltada, que comunica a San Marcos con la ciudad Capital, dicha ruta prosigue hasta la frontera con México, enlazando en su trayecto con las carreteras Interamericana CA-1 e Internacional del Pacífico CA-2; así como las rutas nacionales 12-N y 12-S. El municipio tiene también carreteras, caminos y veredas que unen a las comunidades con la cabecera municipal y lugares circunvecinos.

1.1.2 Aspectos sociales

1.1.2.1 Población

El municipio de San Marcos tiene una población total de 37,841 habitantes; de esta población el 49% (18,542) son hombres y el 51% (19,299) son mujeres, de los cuales el 67% (25,353) está localizada en el área rural y el 33% (12,488) en el área urbana.

Tiene una densidad poblacional de 313 habitantes por km², con una tasa de crecimiento poblacional de 2.52% anual, proporcionados por la Dirección Departamental de Salud, según XI censo de población y VI censo de habitación realizado por el INE en el 2002datos

1.1.2.2 Educación

En el Municipio de San Marcos se cuenta con los niveles de Preprimaria, Primaria, Medio, Diversificado en el área urbana y rural, y el Nivel Universitario en el área urbana. Otros programas:

- Tele secundaria: este programa educativo rural funciona únicamente en algunas aldeas, tiene como objetivo brindar atención educativa a niños trabajadores en sobre edad, jóvenes y adultos de manera que eleven su nivel educativo.
- Educación Extraescolar: en el municipio de San Marcos funciona la oficina de Educación Extraescolar,

Recursos humanos y físicos: la cantidad de recursos humanos y físicos con los que cuenta el municipio de San Marcos, para los diferentes niveles educativos son los siguientes:

- Nivel preprimario un total de 33 centros educativos y 55 maestros,
- Nivel primario un total de 43 centros educativos y 242 maestros,
- Nivel básico un total de 18 centros educativos y 209 maestros, y
- Nivel diversificado un total de 11 centros educativos y 145 maestros.
- Centro De Atención Integral: en la cabecera municipal funciona un Centro de Atención Integral (CAI) ubicado entre 8 y 9 Av. Sobre la quinta calle de la zona 2 y tiene un horario de funcionamiento de 7:30 a 16:30; tiene como objetivo: integrar a la niñez a la sociedad a través de la educación, brindar atención especial a niños discapacitados (sordomudos, lesión cerebral, retraso mental severo, etc.), atendiendo a un total de 185 niños, comprendidos en las edades de 1 a 12 años.
- Hogares Comunitarios: se encuentran ubicados tres hogares comunitarios los cuales atienden a un total de 10 niños por hogar, comprendidos entre las edades de 1 a 7 años, edad pre-escolar,

1.1.3 Aspectos económicos y de infraestructura básicos

1.1.3.1 Servicios públicos con que cuenta

Salud

Las principales causas de enfermedad que atacan a la población del municipio de San Marcos son las siguientes:

Tabla I. Principales causas de morbilidad general

No. de Orden	Diagnóstico	Número de Casos	%
1	Resfriado común	3,690	15
2	Parasitismo Intestinal	2,552	10
3	Neumonía	1,800	7
4	Enfermedades de la Piel	1,219	5
5	Enfermedad Péptica	1,129	5
6	Infección Urinaria	967	4
7	Diarrea	888	4
8	Anemia	832	3
9	Amigdalitis	703	3
10	Desnutrición	521	2
11	Resto de Causas	10,450	42
TOTAL		24751	100

Fuente: Dirección Departamental de Salud.

Tasa de natalidad: de acuerdo a investigación realizada por el Área de Salud, en San Marcos, la tasa de natalidad del municipio es de 30.02 * 1,000.

Manejo de basura: la Municipalidad, trabaja el proyecto de manejo adecuado de residuos sólidos urbanos, para el que opera una planta de desechos orgánicos, que produce abono natural que se ofrece a los agricultores de la región; actualmente se tiene el problema que no se tiene un rellenos sanitario, debido a que la población se opuso a la operación del que se tenía.

Agua potable

La cabecera municipal de San Marcos, cuenta con una red de distribución de agua potable la cual se extiende a algunas aldeas aledañas, cubre también algunas zonas del vecino municipio de San Pedro Sacatepéquez, el servicio que presta la municipalidad es racionado, y se toman las medidas necesarias de salubridad, tales como cloración del agua, mantenimiento de tubería y tanques de captación.

Energía eléctrica

La cabecera municipal de San Marcos cuenta con servicio de energía eléctrica domiciliar y alumbrado público el cual se extiende a algunas aldeas aledañas a la cabecera municipal. La Municipalidad de San Marcos compra la energía eléctrica al INDE (Instituto Nacional de Electrificación).

Drenajes

Las viviendas de la ciudad de San Marcos que cuentan con servicio de drenaje municipal para descargar sus aguas servidas son 2,973 viviendas, beneficiando a 10,216 habitantes; sin embargo, el sistema no cuenta con un tratamiento final de aguas negras; actualmente estas desembocan directamente a dos riachuelos, con la contaminación que esto conlleva; además el drenaje es combinado, es decir que las aguas negras y pluviales son evacuadas a través de la tubería del mismo sistema.

Disposición de excretas: en el casco urbano las aguas negras y pluviales son evacuadas a través de un drenaje combinado; con excepción de los sectores que se construyeron últimamente, los cuales son denominados como

Soche, Sochito, El Recreo, Cantón San Antonio, Telencán, y las Lagunas, los cuales son únicamente para drenaje sanitario. Las aguas que se conducen por estas tuberías descargan en varios lados de los ríos Chivisgüé y San Ramón, los cuales recorren la ciudad de Este a Oeste; y en la actualidad están altamente contaminados.

En el área rural un 95% de las viviendas cuenta con letrinas, las cuáles han fabricado varias organizaciones que laboran en el municipio y el 4.5% restante no cuenta con este servicio.

1.1.3.2 Actividades económicas

En el área rural, la actividad económica más importante, es la agricultura. Desarrollada por los hombres que en algunos casos son apoyados por las mujeres y en menor escala por los niños. En el área urbana el 25% de la actividad de índole privado se refiere a las siguientes ocupaciones:

Panaderías, Fábricas de tejidos, Talleres de moda, Hojalatería, Herrerías, Talleres de mecánica, Taller de enderezado y pintura, Taller de estructura metálica estructuras metálicas, Taller de estructuras de aluminio, Blockeras, Carpinterías, Tapicerías, Manualidades, Zapaterías, Imprentas, Funerarias, Tiendas de consumo, Farmacias, Almacenes, Carnicerías, Boutiques, Hoteles, Restaurantes y cafeterías, Oficinas de Abogados, Clínicas Médicas, Clínicas de Odontólogos, Oficina de Ingenieros.

Trabajadores emigrantes: el flujo migratorio del municipio, está constituido por la población que sale de éste departamento a buscar fuentes de empleo a los EEUU, para mejorar su situación económica según información

brindada por el Centro de Salud del municipio, la población emigrante es del 4 %

Empleo, desempleo, subempleo: el porcentaje de empleo es del 35 %, el desempleo es de 25 %, y el subempleo es de 40 %.

Promedio de ingresos: el ingreso promedio diario por persona es de Q.30.00, que hace un total mensual de Q. 900.00 por familia. Con el costo de la canasta básica que es de Q. 1,500, para una familia de 5 personas. Por lo que se deduce que en el municipio existe pobreza y pobreza extrema.

1.1.4 Aspectos culturales y de participación social

En el Municipio existe una Autoridad Municipal, y organizaciones como las auxiliaturas en los cantones del área urbana y en las Aldeas, están organizados los Consejos Comunitarios de Desarrollo en las Aldeas y el Consejo Municipal de Desarrollo en el área urbana. Existen otras organizaciones como los comités, las asociaciones, los grupos de mujeres entre otros.

La fiesta titular la celebran el 25 de abril, con actos religiosos, culturales, sociales, deportivos y folklóricos.

2. FASE TÉCNICO PROFESIONAL

2.1 Diseño de la red de alcantarillado pluvial para la 1ª Calle, entre 13 y 15 Av. Zona 5. Municipio de San Marcos, Departamento de San Marcos.

2.1.1 Descripción del proyecto

El proyecto consistirá en diseñar la red de alcantarillado pluvial para la 1ª Calle, entre 13 y 15 Av. Zona 5. Municipio de San Marcos, Departamento de San Marcos. Éste se efectuó mediante un estudio detallado de la población, para determinar los factores que influyen en él.

Se inició el estudio mediante una investigación de tipo monográfica, luego se realizó el levantamiento topográfico por medio del cual se determinó el perfil del terreno. El proyecto a diseñar es de 905.85 mts. Esta distancia incluye las calles principales del área.

La tubería que se utilizará en este proyecto es de concreto., siguiendo las especificaciones del INFOM para el diseño de la red de alcantarillado pluvial.

2.1.2 Levantamiento topográfico

Los datos del levantamiento topográfico deberán quedar claramente consignados en libretas de campo, las cuales estarán libres de borrones, manchas, etc. Es necesario que se acompañen de los croquis o esquemas

correspondientes, los cuales deberán ser ejecutados en el campo a medida que avanza el trabajo.

2.1.3 Características del subsuelo

Se encuentran suelos arcillosos y limosos en algunos sectores, mantos de arena y mixtos. En el mismo se encuentra un relleno de espesor variable, pero considerable, de cenizas pómez recientes. Estos materiales piroplásticos fueron depositados originalmente ya sea por lluvias o en parte por avalanchas de cenizas, produciendo mantos superpuestos.

2.1.4 Tipo de sistema a utilizar

De acuerdo con su finalidad, existen 3 tipos básicos de alcantarillado; la de selección dependerá de un estudio cuidadoso de factores tanto topográficos como funcionales, pero quizá el más importante es el económico.

- a) **Alcantarillado sanitario:** consiste en un conjunto de tuberías que recogen las aguas servidas domiciliarias, comerciales.
- b) **Alcantarillado pluvial:** conduce exclusivamente aguas producto de las lluvias.
- c) **Alcantarillado combinado:** se conducen tanto las aguas negras como las aguas producto de la lluvia.

Es por ello que por disposición de la Municipalidad de San Marcos se hará el diseño de un alcantarillado pluvial.

2.1.5 Normas de diseño

2.1.5.1 Diámetros mínimos

En el diseño de un sistema de alcantarillado pluvial los diámetros mínimos son: para PVC 8" y en concreto 10". Un cambio de diámetro en el diseño está influido por la pendiente, el caudal o la velocidad, para lo que toman en cuenta los requerimientos hidráulicos.

2.1.5.2 Velocidades mínimas y máximas

Es recomendable, en tubería de concreto, que la velocidad del flujo en líneas de alcantarillado pluvial, no sea mayor de 3.00 m/s, para proporcionar una acción de autolimpieza, es decir, capacidad de arrastre de partículas. No existiendo una velocidad de flujo mínima, dado que no habrá caudal en época de verano. En el caso de alcantarillado pluvial, bajo estas condiciones deberán instalarse rejillas o construirse estructuras que eviten el ingreso de material rocoso de gran tamaño.

2.1.5.3 Período de diseño

Es el periodo de funcionamiento eficiente del sistema. Pasado este periodo, es necesario rehabilitarlo. Los sistemas de alcantarillado serán proyectados para llenar adecuadamente su función durante un periodo de diseño por parte del ingeniero diseñador, a partir de la fecha de su construcción.

Para seleccionar el periodo de diseño de una red de alcantarillado, o cualquier obra de ingeniería, se deben considerar factores como la vida útil de las estructuras y del equipo componente, se debe tomar en cuenta la

antigüedad, el desgaste y el daño, así como la facilidad para hacer ampliaciones a las obras planeadas, y la relación anticipada de crecimiento de la población, incluyendo en lo posible el desarrollo urbanístico, comercial o industrial de las áreas adyacentes. El periodo de diseño recomendado por el Instituto de Fomento Municipal –INFOM- es de 20 años. Para este proyecto se efectuó un periodo de diseño de 20 años.

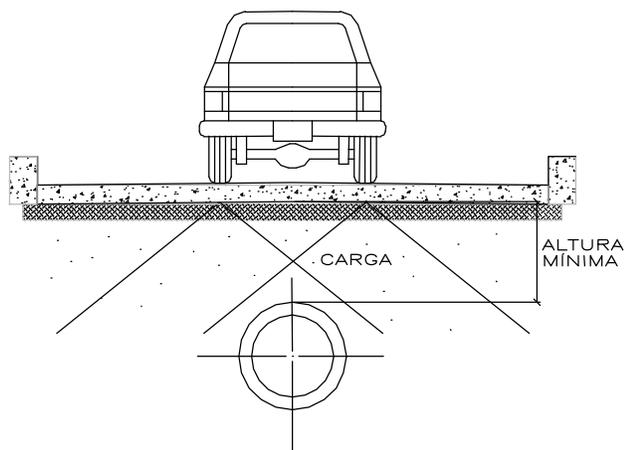
2.1.5.4 Profundidad de la tubería

La profundidad mínima para instalar la tubería debe ser tal que el espesor del relleno evite el daño a los conductos, ocasionados por las cargas vivas y de impacto. la tubería debe tener una profundidad mínima de 1.20 metros + el diámetro exterior, con respecto a la superficie del terreno. En todo diseño de un sistema de drenaje, se deben respetar las profundidades mínimas ya establecidas. La profundidad mínima se mide desde la superficie del suelo, hasta la parte superior del tubo, determinada de la siguiente manera:

Tráfico normal = 1.00 metros

Tráfico pesado = 1.20 metros

Figura 2 Profundidad de la tubería



2.1.5.5 Ancho de zanja

Este debe ser tal, que permita a un trabajador colocar, nivelar y pegar un tubo sin dificultades de espacio, se establece que el ancho de zanja debe ser mínimo igual al diámetro más 0.4 metros.

Tabla II. Ancho de zanjas para colocación de tuberías.

Diámetro de tubo (pulgadas)	Ancho de zanja (metros)	
	Profundidad de 0 a 2 metros	Profundidad de 2 a 4 metros
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
22	1.10	1.10
24	1.10	1.10
26	1.20	1.40
28	1.20	1.40
30	1.30	1.40
36	1.40	1.50
40	1.50	1.60
50	1.75	1.85
Mayores	Diámetro +.50 metros	Diámetro + 0.50 metros

Fuente : Rolando Chitay Hernández, Propuesta de diseño para el desfogue del agua pluvial en los pasos elevados, entrada a la Universidad de San Carlos de Guatemala zona 12, proyectado por la Municipalidad de Guatemala. Tesis ingeniero civil, página 45.

2.1.5.6 Cotas invert

Es la cota que determina la localización de la parte inferior de la tubería. Se calcula basado en pendiente y la distancia del tramo respectivo.

Las cotas del terreno, al igual que los puntos de entrada y salida de la tubería del alcantarillado, deben calcularse de la siguiente manera:

$$CI = CT - (H_{\text{mín}} + Et + \phi_{\text{tubo}})$$

$$CT_f = C_{ti} - (D_o * S\%_{\text{terreno}})$$

donde

$H_{\text{mín}}$ = altura mínima que depende del tráfico que pase por las calles

CI = Cota invert inicial

CT = Cota inicial del terreno

CT_f = Cota del terreno final

D_o = distancia horizontal

$S\%$ = pendiente de la tubería

C_{ti} = cota de terreno inicial

Et = espesor de tubería

ϕ_{tubo} = diámetro del tubo

2.1.6 Determinación del caudal pluvial

2.1.6.1 Coeficiente de escorrentía

Se define como el porcentaje de agua total llovida, que se desplaza por la superficie terrestre por acción de la gravedad, 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. Por lo que existirá diferente coeficiente para cada tipo de terreno, el cual será mayor cuanto más impermeable sea la superficie. Este coeficiente está en función del material sobre el cual circula el agua y varía desde 0.01 a 0.95. El coeficiente de escorrentía promedio se calcula por medio de la siguiente relación:

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

donde

c: coeficiente de escorrentía en cada área parcial.

a: área parcial.

C: coeficiente de escorrentía promedio del área drenada.

Tabla III. Algunos coeficientes utilizados en Guatemala

Tipo de Superficie	C
Comercial	
Centro de la Ciudad	0.70 – 0.75
Periferia	0.50 – 0.70
Residencial	
Casas individuales	0.30 – 0.50
Colonias	0.40 – 0.60
Condominios	0.60 – 0.75
Residencial Sub-Urbana	0.25 – 0.40
Industrial	
Pequeñas fábricas	0.50 – 0.80
Grandes fábricas	0.60 – 0.90
Parque y cementerios	0.10 – 0.25
Campos de recreo	0.20 – 0.35
Campos	0.10 – 0.30
Techos	0.70 – 0.95
Pavimentos	0.70 – 0.90
Concreto y asfalto	0.85 – 0.90
Piedra, ladrillo o madera en buenas condiciones	0.75 – 0.90
Piedra, ladrillo o madera en malas condiciones	0.40 – 0.75
Calles	
Terracota	0.25 – 0.60
De arena	0.15 – 0.30
Parques, jardines, paradas, etc.	0.05 – 0.25
Bosques y tierra cultivada	0.01 – 0.20

Fuente: Ing. Joram Matías Gil Laroj. **Evaluación de Tragante Pluviales para la Ciudad de Guatemala. 1984**

2.1.6.2 Intensidad de Lluvia

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

La intensidad de lluvia se determina a través de registros pluviográficos elaborados por el Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH), con base en estaciones pluviométricas ubicadas a inmediaciones de las cabeceras departamentales.

Este tipo de información es por lo común insuficiente en localidades muy pequeñas, pero se puede hacer uso de información de localidades vecinas o de características similares.

Se ha adoptado como norma general para los sistemas de alcantarillado pluvial en el interior de la República, diseñarlos para una intensidad que se vea igualada o excedida una vez cada cinco o diez años en promedio.

Para este proyecto se utilizaron los datos proporcionados por la estación pluviométrica Catarina, que es la más cercana a la cabecera de San Marcos (ver curvas de duración-frecuencia-intensidad de la estación pluviométrica Catarina en el apéndice)

La intensidad de lluvia se calcula por medio de la siguiente relación:

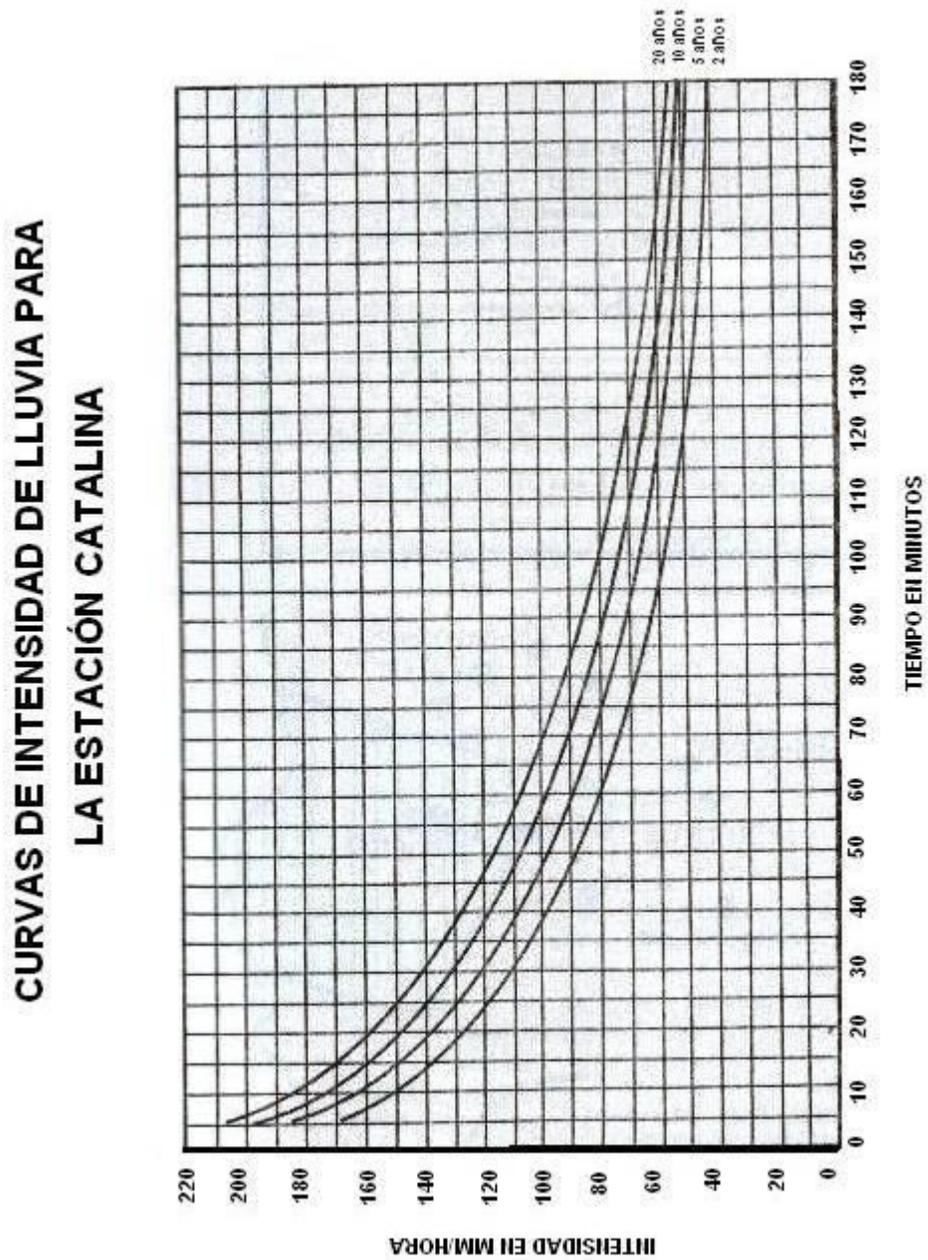
$$I = \frac{2672.14}{(t + 28.88)^{0.7242}}$$

donde:

I: Intensidad de lluvia.

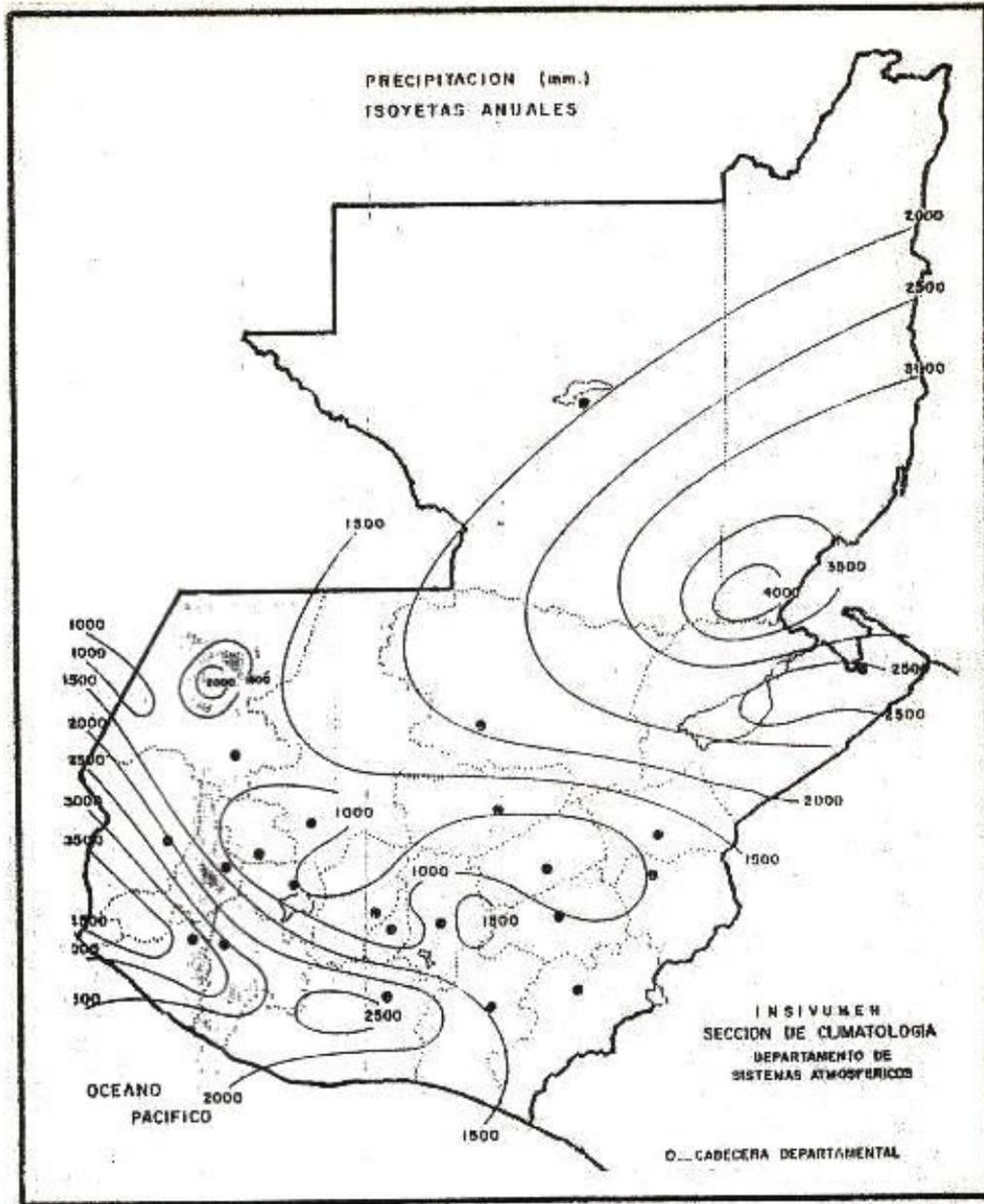
t: Tiempo de concentración.

Figura 3. Curvas de intensidad de lluvia para la estación Catalina, San Marcos.



Fuente: Instituto nacional de sismología, vulcanología, meteorología e hidrología (INSIVUMEH)

Figura 4. Precipitación ,mm, isoyetas anuales



Fuente: Instituto nacional de sismología, vulcanología, metereología e hidrología (INSIVUMEH)

2.1.6.2.1 Periodo de retorno

El período de retorno, generalmente expresado en años, puede ser entendido como el número de años en que se espera que mediamente se repita un cierto caudal, o un caudal mayor. Para este proyecto se utilizó un periodo de retorno de 10 años.

2.1.6.2.2 Tiempo de concentración

El tiempo de concentración es el tiempo necesario para que el agua superficial descienda desde el punto más remoto de la cuenca hasta el punto de estudio. Se divide en tiempo de entrada y tiempo de flujo dentro de la alcantarilla.

Para el diseño de sistemas de alcantarillado pluvial, se considera que los tramos iniciales tienen un tiempo de concentración de doce minutos. El tiempo de flujo dentro de la alcantarilla, para tramos consecutivos, se calcula de acuerdo con la siguiente fórmula:

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

donde:

T1 = 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.

2.1.6.3 Áreas tributarias

Es la que contribuye a la escorrentía del agua de la estructura de drenaje. El área por drenar se determinará sumando al área de las calles, el área de los lotes que son tributarios al ramal en estudio.

2.1.6.4 Pendiente del terreno

Siendo el criterio general que los sistemas de alcantarillado trabajen por gravedad, existe una pendiente mínima al sistema, que permite que el agua conducida se desplace libremente, la que es del 0.050% y la máxima la que alcance la velocidad máxima admisible para la tubería por utilizar.

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

$$S\% = \frac{Cota\ del\ terreno_{FINAL} - Cota\ del\ terreno_{INICIAL}}{Longitud\ del\ tramo} \times 100$$

2.1.6.5 Caudal de diseño

Para calcular el caudal de diseño se utilizan dos métodos, el empírico y el racional. Por la naturaleza del proyecto se utilizará el racional, el cual asume que el caudal máximo para un punto dado se alcanza cuando el área tributaria está contribuyendo con su escorrentía, durante un período de precipitación máxima, debe prolongarse durante un periodo igual o mayor que el que necesita la gota de agua más lejana para llegar hasta el punto considerado.

Este método está representado por la siguiente fórmula:

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

donde:

Q = Caudal (m³/s)

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

I = Intensidad de lluvia (mm/h)

A = Área por drenar en hectáreas.

2.1.6.6 Velocidad de flujo a sección llena

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

$$V = \frac{0.03429 \cdot D^{2/3} \cdot S^{1/2}}{n}$$

donde:

V = Velocidad del flujo a sección llena (m/s)

D = Diámetro de la sección circular (pulg.)

S = Pendiente del gradiente hidráulico (m/m)

n = Coeficiente de rugosidad de Manning (Para tubería de Concreto con diámetros menores de 24pulgadas n = 0.015, para diámetros mayores de 24pulgadas n = 0.013 y para PVC n = 0.009)

2.1.6.7 Obras accesorias

Se diseñan para garantizar el buen funcionamiento del sistema de alcantarillado.

2.1.6.7.1 Colectores

Son las tuberías por las que se conduce el agua residual. Deben cumplir con ciertas especificaciones técnicas descritas anteriormente, pero la principal es que trabajen como canales abiertos.

2.1.6.7.2 Pozos de visita

Sirven para verificar el buen funcionamiento de la red de tubería, así como para efectuar operaciones de limpieza y mantenimiento, se pueden construir de cualquier material, siempre que sea impermeable y duradero, dentro del periodo de diseño. Los pozos de visita son estructuras caras, por lo que deben estudiarse las diversas alternativas que existen para su construcción, como lo son de ladrillo tayuyo de punta, fundidos en obra, de tubería de 36 pulgadas, etc.

Se diseñan pozos de visita para localizarlos en los siguientes casos:

- a) En el inicio de cualquier ramal
- b) En intersecciones de dos o más tuberías
- c) Cuando se presente un cambio de diámetro
- d) En distancias no mayores de 100 metros
- e) En las curvas no más de 30 metros
- f) Alivio o cambio de pendientes

Cuando el terreno tiene cambios bruscos de pendiente, es conveniente poner un pozo de visita un poco antes del punto donde más baja la pendiente, esto para que la tubería no quede fuera de la superficie.

El tamaño y la profundidad de los pozos de visita varían según distintos factores, entre ellos:

- a) Pendiente del terreno
- b) Caudal de diseño
- c) Ubicación del pozo
- d) Tubos que entran al pozo

La diferencia de cotas invert entre las tuberías que entran y salen de un pozo de visita será, como mínimo, de 0.03m. Cuando la diferencia de cota invert entre la tubería que entra y la que sale en un pozo de visita sea mayor que 0.70 metros, deberá diseñarse un accesorio especial que encauce el caudal con un mínimo de turbulencia.

Cuando el diámetro interior de la tubería que entra a un pozo de visita sea menor que el diámetro interior de la que sale, la diferencia de cotas invert será, como mínimo, la diferencia de dichos diámetros.

2.1.6.7.3 Tragantes

Son cajas de concreto reforzado o de ladrillo de arcilla reforzado de forma cúbica, que cuenta con una garganta o entrada, para permitir el ingreso de agua de lluvia que corre sobre el pavimento, para introducirlo dentro de la tubería de la red del sistema. Estos tragantes deben tener una cortina, que funciona como sifón; un dispositivo de arena para su fácil recolección antes de

entubarla; rejilla, para evitar taponamientos en el sistema; tapaderas, para seguridad de los peatones y acceso para limpieza e inspección. La conexión del tragante a la tubería central debe tener un ángulo de 45° en la dirección del flujo y un diámetro de 8 pulgadas.

Especificaciones para ubicación de tragantes:

- a) En las partes bajas, al final de cada cuadra a 3.00 metros antes de la esquina.
- b) En puntos intermedios de las cuadras cuando el caudal acumulado provoque un tirante de agua superior a 0.10 metros.
- c) Se proyectarán tragantes de tal manera que la longitud total de caño entre tragantes no sea mayor de 120 metros. En las esquinas se construirán dos tragantes, para evitar inundaciones.
- d) La profundidad mínima del fondo del tragante respecto de la rasante será de 0.90 metros.

En cuanto a diseños de entradas de los tragantes, se mencionan los siguientes:

- a) Entradas de bordillo: es una abertura vertical practicada a la orilla de la acera y que tiene por función desviar el cauce natural del agua que circula en la calle en dirección paralela al bordillo, de modo que se convierta en un flujo perpendicular al mismo por acción de la gravedad, interceptando de esta manera parte o la totalidad del caudal. Para incrementar el flujo dentro de la entrada se efectúa depresiones en el pavimento, cerca de la entrada.
- b) Entrada de rejas: es una abertura practicada en el pavimento cerca de la acera, cubierta con una o más rejas y que tiene por objeto obstruir la

trayectoria normal del flujo de la corriente, haciéndola caer libremente por acción de la gravedad hacia dentro de ella. Las entradas de reja son, en general, más eficientes que las de bordillo mientras no exista el peligro de obstrucción de las mismas con polvo y basura, puesto que todo el flujo de agua que abarca el ancho de la reja, cae libremente dentro de las aberturas, siempre y cuando se haya realizado un buen diseño y de esta manera sólo el agua que corre del lado exterior de la reja es obligado a cambiar su dirección para alcanzar la entrada.

- c) Entradas combinadas y múltiples: la combinada está compuesta de una abertura de bordillo y otra de rejillas actuando como una sola unidad. Las entradas múltiples son una combinación de entradas idénticas, cercanamente espaciadas y actuando como una sola unidad. Tanto las entradas combinadas como las múltiples son usadas en aquellos lugares donde la precipitación pluvial es muy grande y se requiere de una evacuación inmediata del agua escurrida.

2.1.7 Diseño de la red de alcantarillado pluvial

Tramo 3 – 4

Pendiente del terreno

$$S\% = \frac{Cota\ del\ terreno_{FINAL} - Cota\ del\ terreno_{INICIAL}}{Longitud\ del\ tramo} \times 100$$

Área tributaria acumulada = 1.02 ha

Integración del coeficiente de escorrentía "C"

COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA			
Áreas tributarias	c	a	c*a
Techos	0.85	2.898	2.4633
Calles empedradas	0.75	0.5378	0.40335
jardines	0.15	0.828	0.1242
		4.2638	2.99085
C=			0.701451757

Tiempo de concentración

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

$$T_2 = 12.75 + \frac{70.4}{60 * 2.24} = 13.59 \text{ min}$$

Intensidad de lluvia

$$I = \frac{2672.14}{(t + 28.88)^{0.7242}}$$

$$I = \frac{2672.14}{(13.59 + 28.88)^{0.7242}} = 176.91 \text{ mm/h}$$

Caudal de diseño

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

$$q = \frac{0.70 * 176.91 * 1.02}{360} * 1000 = 352.56 \text{ L/s}$$

Velocidad a sección llena

$$V = \frac{0.03429 \cdot D^{2/3} \cdot S^{1/2}}{n}$$

$$V = \frac{(0.03429)(24^{2/3})(1^{1/2})}{0.013} = 2.24 \text{ m/s}$$

Caudal a sección llena

$$Q = V \times A$$

$$Q = (2.24) \left(\pi \frac{(24 * 0.0254)^2}{4} \right) (1000) = 654.23 \text{ l/s}$$

Relación q/Q y v/V

$$q/Q = 0.53889560$$

$$d/D = 0.523$$

$$v/V = 1.018859$$

El valor de la relación de la velocidad de gasto y la velocidad a sección llena es obtenido por medio de las tablas de elementos hidráulicos de una alcantarilla de sección transversal circular (sin corrección por variaciones en aspereza con la profundidad). Ver tablas en fuente: Merritt, Loftin Y Ricketts. Manual del Ingeniero Civil. México: 4ª. Edición. 1999.

Velocidad de diseño

$$v = 1.015589 * 2.24 = 2.28 \text{ m/s}$$

Entonces

$$Q > q \quad 654.23 > 352.56 \quad \text{sí cumple}$$

$$v < 3.00 \text{ m/s} \quad 2.24 < 3.00 \quad \text{sí cumple}$$

$$d \leq 0.95 \quad 0.523 < 0.95 \quad \text{sí cumple}$$

Cotas invert

$$CI = 491.78 - (1.2 + (24 * 0.0254)) = 489.97 \text{ m.}$$

$$CF = 489.97 - (70.4 * 0.043) = 486.93 \text{ m.}$$

Excavación

$$E = \frac{1.45 + 1.45}{2} * 70.4 * 0.7 = 71.65 \text{ m}^3$$

Tabla IV. Cálculo hidráulico de la red de alcantarillado pluvial

POZO		COTA DEL TERRENO		DH (m)	S (%) TERR.	ÁREAS TRIBUTARIAS		t	I	C
DE	A	INICIAL	FINAL			LOCAL	ACUMULADA			
1	2	500	495.85	74.3	5.59	0.36	0.36	12.00	181.89	0.70
2	3	495.85	491.78	72.9	5.58	0.34	0.69	13.01	178.70	0.70
3	4	491.78	488.74	70.4	4.32	0.33	1.02	13.60	176.91	0.70
4	5	488.74	487.2	49.8	3.09	0.24	1.26	13.97	175.80	0.70
5	6	487.2	486.14	44.5	2.38	0.20	1.46	14.25	174.96	0.70
6	7	486.14	484.84	62.45	2.08	0.29	1.75	14.65	173.79	0.70
7	8	484.84	483.69	68.1	1.69	0.29	2.04	15.09	172.54	0.70
8	9	483.69	480.32	72.3	4.66	0.30	2.34	15.55	171.24	0.70
9	10	480.32	477.13	65.9	4.84	0.29	2.63	15.97	170.08	0.70
10	11	477.13	475.55	42.6	3.71	0.23	2.86	16.24	169.34	0.70
11	12	475.55	472.36	62.7	5.09	0.35	3.21	16.64	168.27	0.70
12	13	472.36	469.02	65.5	5.10	0.36	3.57	17.05	167.17	0.70
13	14	469.02	465.78	75.5	4.29	0.37	3.94	17.53	165.92	0.70
14	15	465.78	462.26	69.4	5.07	0.20	4.14	17.97	164.79	0.70
15	Desf.	462.26	462.12	9.5	1.47	0.00	4.14	18.03	164.64	0.70

Tabla V. Continuación de cálculo hidráulico de la red de alcantarillado pluvial

S (%) TUB O	Ø DE TUBO plg.	SECCIÓN LLENA		RELACIONES			DATOS DE DISEÑO		COTA INVERT		EXC. (m ³)
		V (m/s)	Q (l/s)	q/Q	v/V	d/D	v (m/s)	q (l/s)	INICIAL	FINAL	
0.60	24	1.20	350.84	0.3586	0.9174	0.414	1.10	125.84	498.19	494.04	147.90
0.80	24	2.00	585.16	0.4112	0.9514	0.447	1.91	240.64	494.04	489.97	145.11
1.00	24	2.24	654.23	0.5389	1.0188	0.523	2.28	352.56	489.97	486.93	140.14
1.00	30	2.60	1186.2	0.3634	0.9206	0.417	2.39	431.16	486.78	485.24	127.02
1.00	30	2.60	1186.2	0.4196	0.9563	0.452	2.49	497.79	485.24	484.18	113.50
1.00	30	2.60	1186.2	0.4987	1.0000	0.500	2.60	591.61	484.18	482.88	159.28
1.00	30	2.60	1186.2	0.5771	1.0364	0.546	2.70	684.58	482.88	481.73	173.70
0.80	36	2.63	1725.2	0.4520	0.9752	0.472	2.56	779.93	481.58	478.21	214.02
0.80	36	2.63	1725.2	0.5052	1.0033	0.504	2.64	871.67	478.21	475.02	195.07
0.80	36	2.63	1725.2	0.5477	1.0227	0.528	2.69	944.97	475.02	473.44	126.10
0.80	36	2.63	1725.2	0.6107	1.0499	0.565	2.76	1053.7	473.44	470.25	185.60
0.80	36	2.63	1725.2	0.6744	1.0736	0.602	2.82	1163.6	470.25	466.91	193.89
0.70	40	2.64	2137.3	0.5956	1.0436	0.594	2.75	1273.0	466.80	463.56	234.23
0.70	40	2.64	2137.3	0.6220	1.0546	0.507	2.78	1329.5	463.56	460.04	215.31
0.70	40	2.64	2137.3	0.6214	1.0539	0.507	2.78	1328.2	460.04	459.90	29.47

2.1.8 Desfogue

El caudal pluvial cuenta con un punto de desfogue, lo cual ayudará a descargar el agua recolectada, antes de acumular grandes caudales.

El desfogue será sobre un río que atraviesa el municipio en diferentes puntos. El desfogue está localizado entre la 1ª calle y un puente de bóveda existente.

2.1.9 Evaluación de impacto ambiental

El agua es un recurso natural, tiene múltiples usos, el más común es el uso doméstico, riego, agricultura, para generar energía hidroeléctrica, entre otros. El crecimiento poblacional ha provocado mayor explotación del recurso hídrico, sin contar con un manejo adecuado; ya que solamente se extrae agua del subsuelo más rápidamente de lo que éste se abastece.

Por lo anterior, se considera de suma importancia aprovechar el agua de lluvia, y como el agua de lluvia tendrá su propio colector es factible utilizar el agua pluvial. Entre los posibles usos del agua de lluvia se encuentran los siguientes:

- Retroalimentación de acuíferos subterráneos.
- Riego de zonas agrícolas o áreas verdes.
- Consumo
- Para depósitos de inodoro.

Lo anterior se puede realizar de distintas maneras, obteniendo un gran beneficio, como se explica a continuación:

- Retroalimentación de acuíferos: pueden construirse embalses, presas de tierra para suministrar agua y alimentar pozos al absorberse en el suelo.
- Riego de zonas agrícolas o áreas verdes: al utilizar el agua no nos percatamos que estamos despilfarrando agua potable para regar jardines, lavado de carros, etc; cuando realmente para esto no es necesaria el agua potable. Inclusive el agua de lluvia puede producir

beneficios económicos, ya que permitiría, por ejemplo, la producción de plantas ornamentales (viveros), diversificación de producción agrícola, producción agrícola para consumo de las familias.

- Consumo doméstico: se podría reciclar el agua de lluvia, dándole previamente un tratamiento para reducir la acidez, filtración y eliminación de partículas contaminantes. Para potabilizar el agua es necesario seguir una serie de pasos: aireación, coagulación, ablandamiento, eliminación de hierro y manganeso, eliminación de olor y sabor, sedimentación, filtración, control de corrosión, evaporación y desinfección.
- Para depósitos de inodoro: aquí es donde más se desperdicia el agua potable ya que mínimo cada descarga es de 3 litros y existen hasta de 15 litros. La propuesta sería construir un cisterna que almacenará agua de lluvia y se contaría con instalación especial para los sanitarios, la capacidad de almacenamiento de la cisterna debe ser suficiente para tener agua durante los meses en los que el abastecimiento es escaso.

2.1.10 Presupuesto de la red de drenaje combinado

2.1.10.1 Presupuesto desglosado

Tabla VI. Presupuesto de pozos de visita

PROYECTO	CONSTRUCCIÓN DE RED DE ALCANTARILLADO PLUVIAL
UBICACIÓN	1ª CALLE, ENTRE 13 Y 15 AVENIDA ZONA 5, CABECERA MUNICIPAL DE SAN MARCOS

CÓDIGO DEL RENGLÓN	1	DESCRIPCIÓN
CANTIDAD	15	UNIDAD POZOS DE VISITA DE 1.4

MATERIAL					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO DIRECTO	
LADRILLO TAYUYO DE 0.065*0.11*0.23	25	MILLAR	Q 2,000.00	Q	50,000.00
CEMENTO PÓRTLAND 3000 PSI	194	SACOS	Q 47.00	Q	9,118.00
ARENA DE RÍO	18.46	m3	Q 125.00	Q	2,307.50
PIEDRÍN DE 1/2"	4.34	m3	Q 160.00	Q	694.40
ACERO No. 2	1.05	qq	Q 286.00	Q	300.30
ACERO No. 3	6.11	qq	Q 289.71	Q	1,770.13
ACERO No. 4	12.67	qq	Q 273.00	Q	3,458.91
ACERO No. 6	7.69	qq	Q 312.00	Q	2,399.28
ALAMBRE DE AMARRE	126	Lb.	Q 5.00	Q	630.00
TOTAL DE MATERIALES =				Q	70,678.52

MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO DIRECTO	
EXCAVACIÓN	129.89	m3	Q 22.45	Q	2,916.03
LEVANTADO MÁS ACABADO	224	m2	Q 30.05	Q	6,731.20
ARAMDO DE HIERRO DE 1/4"	188.79	ml	Q 0.95	Q	179.35
ARAMDO DE HIERRO DE 3/8"	487.5	ml	Q 1.06	Q	516.75
ARAMDO DE HIERRO DE 1/2"	569.28	ml	Q 1.30	Q	740.06
ARAMDO DE HIERRO DE 3/4"	153.57	ml	Q 1.78	Q	273.35
FUNDICIÓN	7.33	m3	Q 97.53	Q	714.89
RELLENO	51.954	m3	Q 55.00	Q	2,857.47
RETIRO DE CARGA SOBRANTE	77.931	m3	Q 55.00	Q	4,286.21
SUB-TOTAL=				Q	19,215.32
			MANO DE OBRA INDIRECTA	50%	Q 9,607.66
			PRESTACIONES	75%	Q 14,411.49
TOTAL DE MANO DE OBRA =				Q	43,234.47

INTEGRACIÓN DE PRECIO UNITARIO TOTAL						
				TOTAL DE MANO DE OBRA	Q	43,234.47
				TOTAL DE MATERIALES	Q	70,678.52
				SUB-TOTAL =	Q	113,912.99
			COSTO INDIRECTO	20%	Q	22,782.60
			TRANSPORTE E IMPREVISTOS	15%	Q	17,086.95
			MAQUINARIA Y EQUIPO (%MO.)	4.50%	Q	5,126.08
				TOTAL =	Q	158,908.62
				PRECIO UNITARIO	Q	10,593.91

Tabla VII. Presupuesto de tragantes

PROYECTO	CONSTRUCCIÓN DE RED DE ALCANTARILLADO PLUVIAL
UBICACIÓN	1ª CALLE, ENTRE 13 Y 15 AVENIDA ZONA 5, CABECERA MUNICIPAL DE SAN MARCOS

CÓDIGO DEL RENGLÓN		2	DESCRIPCIÓN
CANTIDAD	7	UNIDAD	TRAGANTES

MATERIAL				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO DIRECTO
LADRILLO TAYUYO DE 0.065*0.11*0.23	3.1	MILLAR	Q 2,000.00	Q 6,200.00
CEMENTO PÓRTLAND 3000 PSI	42	SACOS	Q 47.00	Q 1,974.00
ARENA DE RÍO	3	m3	Q 125.00	Q 375.00
PIEDRÍN DE 1/2"	1.66	m3	Q 160.00	Q 265.60
ACERO No. 2	0.85	qq	Q 286.00	Q 243.10
ACERO No. 3	3.3	qq	Q 289.71	Q 956.04
ALAMBRE DE AMARRE	61.6	lb.	Q 5.00	Q 308.00
TOTAL DE MATERIALES =				Q 10,321.74

MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO DIRECTO
EXCAVACIÓN	17.74	m3	Q 22.45	Q 398.26
LEVANTADO MÁS ACABADO	53.76	m2	Q 30.05	Q 1,615.49
ARAMDO DE HIERRO	347.16	ml	Q 2.25	Q 781.11
FUNDICIÓN	3.02	m3	Q 97.53	Q 294.54
RELLENO	1.61	m3	Q 55.00	Q 88.55
RETIRO DE CARGA SOBRANTE	16.13	m3	Q 55.00	Q 887.15
SUB-TOTAL=				Q 4,065.10
			MANO DE OBRA INDIRECTA	50% Q 2,032.55
			PRESTACIONES	75% Q 3,048.83
TOTAL DE MANO DE OBRA =				Q 9,146.48

INTEGRACIÓN DE PRECIO UNITARIO TOTAL			
TOTAL DE MANO DE OBRA			Q 9,146.48
TOTAL DE MATERIALES			Q 10,321.74
SUB-TOTAL =			Q 19,468.22
COSTO INDIRECTO		20%	Q 3,893.64
TRANSPORTE E IMPREVISTOS		15%	Q 2,920.23
MAQUINARIA Y EQUIPO (%MO.)		4.50%	Q 876.07
TOTAL =			Q 27,158.17
PRECIO UNITARIO			Q 3,879.74

Tabla VIII. Presupuesto de rejillas

PROYECTO	CONSTRUCCIÓN DE RED DE ALCANTARILLADO PLUVIAL
UBICACIÓN	1ª CALLE, ENTRE 13 Y 15 AVENIDA ZONA 5, CABECERA MUNICIPAL DE SAN MARCOS

CÓDIGO DEL RENGLÓN	1	DESCRIPCIÓN
CANTIDAD	5	UNIDAD REJILLA

MATERIAL					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO DIRECTO	
ANGULAR DE 2" X 2"	12	UNIDAD	Q 75.00	Q	900.00
CEMENTO PÓRTLAND 3000 PSI	75	SACOS	Q 47.00	Q	3,525.00
ARENA DE RÍO	7.27	m3	Q 125.00	Q	908.75
PIEDRÍN DE 1/2"	4.21	m3	Q 160.00	Q	673.60
ACERO No. 2	2.15	qq	Q 286.00	Q	614.90
ACERO No. 3	4.6	qq	Q 289.71	Q	1,332.67
TUBO DE CONCRETO DE 10"	22	TUBOS	Q 33.92	Q	746.24
TOTAL DE MATERIALES =					Q 8,701.16

MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO DIRECTO	
EXCAVACIÓN	40.57	m3	Q 22.45	Q	910.80
LEVANTADO MÁS ACABADO	38.4	m2	Q 30.05	Q	1,153.92
ARAMDO DE HIERRO	260.37	ml	Q 2.25	Q	585.83
FUNDICIÓN	7.65	m3	Q 97.53	Q	746.10
RELLENO	4.04	m3	Q 55.00	Q	222.20
RETIRO DE CARGA SOBRANTE	36.53	m3	Q 55.00	Q	2,009.15
SUB-TOTAL=					Q 5,628.00
			MANO DE OBRA INDIRECTA	50%	Q 2,814.00
			PRESTACIONES	75%	Q 4,221.00
TOTAL DE MANO DE OBRA =					Q 12,663.01

INTEGRACIÓN DE PRECIO UNITARIO TOTAL					
				TOTAL DE MANO DE OBRA	Q 12,663.01
				TOTAL DE MATERIALES	Q 8,701.16
				SUB-TOTAL =	Q 21,364.16
			COSTO INDIRECTO	20%	Q 4,272.83
			TRANSPORTE E IMPREVISTOS	15%	Q 3,204.62
			MAQUINARIA Y EQUIPO (%MO.)	4.50%	Q 961.39
				TOTAL =	Q 29,803.01
				PRECIO UNITARIO	Q 5,960.60

Tabla IX. Presupuesto de colector principal

CÓDIGO DEL RENGLÓN	1	DESCRIPCIÓN
CANTIDAD	905.85	ML
		COLECTOR PRINCIPAL

MATERIAL				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO DIRECTO
COLECTOR DE 24"	37	TUBOS	Q 182.05	Q 6,735.85
COLECTOR DE 30"	38	TUBOS	Q 317.21	Q 12,053.98
COLECTOR DE 36"	52	TUBOS	Q 433.54	Q 22,544.08
COLECTOR DE 40"	26	TUBOS	Q 659.82	Q 17,155.32
LADRILLO TAYUYO DE 0.065*0.11*0.23	0.906	MILLAR	Q 2,000.00	Q 1,812.00
CEMENTO PÓRTLAND 3000 PSI	587	SACOS	Q 47.00	Q 27,589.00
ARENA DE RÍO	65	m3	Q 125.00	Q 8,125.00
TOTAL DE MATERIALES =				Q 96,015.23

MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO DIRECTO
EXCAVACIÓN	2400	m3	Q 22.45	Q 53,880.00
INSTALACIÓN DE TUBERÍA DE 24"	218	ML	Q 32.10	Q 6,997.80
INSTALACIÓN DE TUBERÍA DE 30"	225	ML	Q 37.65	Q 8,471.25
INSTALACIÓN DE TUBERÍA DE 36"	309	ML	Q 43.75	Q 13,518.75
INSTALACIÓN DE TUBERÍA DE 40"	155	ML	Q 49.50	Q 7,672.50
RELLENO	2136	m3	Q 55.00	Q 117,480.00
RETIRO DE CARGA SOBRANTE	264	m3	Q 55.00	Q 14,520.00
SUB-TOTAL=				Q 222,540.30
MANO DE OBRA INDIRECTA			50%	Q 111,270.15
PRESTACIONES			75%	Q 166,905.23
TOTAL DE MANO DE OBRA =				Q 500,715.68

INTEGRACIÓN DE PRECIO UNITARIO TOTAL		
TOTAL DE MANO DE OBRA		Q 500,715.68
TOTAL DE MATERIALES		Q 96,015.23
SUB-TOTAL =		Q 596,730.91
COSTO INDIRECTO		20% Q 119,346.18
TRANSPORTE E IMPREVISTOS		15% Q 89,509.64
MAQUINARIA Y EQUIPO (%MO.)		4.50% Q 26,852.89
TOTAL =		Q 832,439.61
PRECIO UNITARIO		Q 918.96

2.1.10.2 Integración de costos

Tabla X. Integración de costos

PROYECTO	DISEÑO DE RED DE ALCANTARILLADO PLUVIAL	FECHA	FEBRERO DE 2007
UBICACIÓN	1ª CALLE, ENTRE 13 Y 15 AVENIDA ZONA 5, CABECERA MUNICIPAL DE SAN MARCOS		

No.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	POZOS DE VISITA	15	UNIDAD	Q 10,593.91	Q 158,908.62
2	TRAGANTES	7	UNIDAD	Q 3,879.74	Q 27,158.17
3	REJILLA	5	UNIDAD	Q 5,960.60	Q 29,803.01
4	COLECTOR PRINCIPAL	905.85	ML	Q 918.96	Q 832,439.61
TOTAL DE LA RED DE ALCANTARILLADO PLUVIAL					Q 1,048,309.41

2.2 Diseño de pavimento rígido para la 19 Av. y Av. El Reformador, Colonia Justo Rufino Barrios, zona 5, Municipio de San Marcos, Departamento de San Marcos.

2.2.1 Antecedentes

Varias de las calles de la ciudad de San Marcos, están empedradas, con el transcurrir del tiempo la ciudad a crecido en población y por lo mismo en medios de comunicación terrestre, lo que esta ocasionando problemas con el tráfico vehicular, en el mes de octubre del año dos mil cinco, se suscito una tormenta que ocasionó el taponamiento de la calle principal que conduce hacia el hospital, una de las calles principales de la ciudad, por lo que fue necesario habilitar varias calles alternas, entre ellas la 19 Av. y Avenida El Reformador, colonia Justo Rufino Barrios zona 5, para que pudieran transitar los vehículos, según la unidad de planificación, es que sirve como desahogo del tráfico que se

efectúa en casos de emergencia, por lo cual hay que pavimentar el tramo entre la 19 Av. Y Avenida El Reformador como solución de estos problemas.

2.2.2 Condiciones actuales de la superficie de la calzada

La longitud de la calle es de 372 mts. Actualmente esta calle se encuentra empedrada. Los pobladores tienen problemas en épocas de invierno, ya que se inunda en los puntos bajos.

Cuenta con postes de energía eléctrica que se encuentran en las esquinas de las calles presentado un buen estado, sin tener que modificarlos o trasladarlos.

2.2.3 Estudio preliminar de campo

Una de las bases fundamentales en un proyecto vial es la topografía. La aplicación de la planimetría y altimetría es determinante para obtener las libretas de campo y planos que reflejen las condiciones geométricas del lugar de ejecución de un proyecto determinado.

2.2.3.1 Planimetría

Es el conjunto de trabajos realizados para obtener una representación gráfica del terreno, sobre un plano horizontal, suponiendo que no existe la curvatura terrestre. Esta representación o proyección se denomina plano.

La medida de polígonos por el método de ángulos de deflexión o desviación, es el método más utilizado, especialmente en poligonales abiertas, en que sólo hay que tomar algunos detalles al recorrer el itinerario. Desde

luego, es el procedimiento casi exclusivamente aplicado en los levantamientos de carreteras, vías férreas, canales y tuberías de conducción de líquidos.

Los ángulos de deflexión o deflexiones, se miden ya sea hacia la derecha (según el reloj) o hacia la izquierda (contra el reloj) a partir de la prolongación de la línea de atrás y hacia la estación de adelante. Los ángulos de deflexiones o desviación son siempre menores de 180° , y debe especificarse en las notas el sentido de giro en que se miden.

Se recomienda el uso del método de simples deflexiones, utilizando como método de orientación de estación a estación el de 180° . Así el aparato indicará directamente el valor de la deflexión, anotando si ésta es derecha o si es izquierda.

Para un levantamiento topográfico de carreteras, el levantamiento debe ser considerado de primer orden lo cual hace necesario tener que contar con teodolitos con una aproximación de diez segundos como lo adecuado.

2.2.3.2 Altimetría

Altimetría es el conjunto de trabajos realizados para obtener la diferencia de nivel entre puntos diferentes, cuyas distancias horizontales son conocidas. Por diferencia de nivel se entiende como una distancia medida verticalmente. La altimetría permite obtener los datos indispensables para representar sobre el papel la tercera dimensión del terreno.

La nivelación puede ser simple o compuesta. La nivelación compuesta es aquella que entre cada punto de vuelta para la nivelación existen puntos intermedios a los que se les desea conocer sus cotas, presentándose esta

situación cuando previamente se ha trazado una poligonal a la cual se le desea conocer su perfil.

Este tipo de nivelación además permite conocer pendientes de la subrasante y poder así diseñarla. La nivelación simple es aquella que consta únicamente de puntos de vuelta y cuyo objetivo es determinar la diferencia de nivel y cotas del punto inicial y final.

El aparato usado para este procedimiento se llama nivel, el cual es un aparato que determina diferencias de nivel (distancias verticales) entre puntos, y consta únicamente con movimiento horizontal.

Para la referencia de cualquier nivelación será necesaria la altura de un punto que haya sido previamente nivelado o por medio de alfileres, pero lo más usual en Guatemala es tener bancos de marca (BM) colocados por la Dirección General de Caminos o en su lugar por el Instituto Geográfico Militar. De haber un BM cercano puede hacerse una nivelación simple para determinar la cota de referencia. La cota del BM servirá de referencia para la nivelación por realizar.

2.2.4 Diseño geométrico y gabarito

Un diseño geométrico de carreteras, óptimo, es aquel que se adapta económicamente a la topografía del terreno y cumple a la vez con las características de seguridad y comodidad del vehículo.

Sin embargo la selección de un trazado y su adaptabilidad al terreno depende de los criterios del diseño geométrico adoptado. Estos criterios a su

vez dependen del tipo e intensidad del tráfico futuro, así como de la velocidad del proyecto.

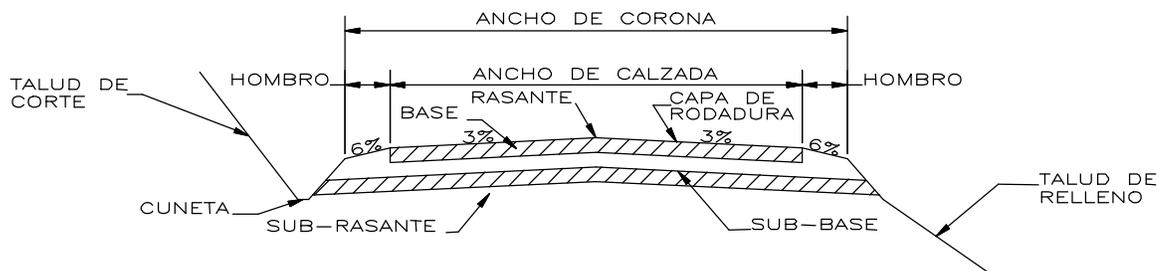
El gabarito queda definido así:

- Ancho de pista 6.00 m.
- Bordillos 0.15 m. por cada bordillo

2.2.4.1 Elementos geométricos del alineamiento transversal

Los elementos geométricos del alineamiento transversal son aquellos que definen el perfil del terreno en dirección normal al eje del alineamiento horizontal. Sobre la sección transversal es posible definir la disposición y dimensiones de los elementos que forman la carretera en el punto correspondiente a cada sección.

Figura 5. Sección típica de una carretera



Ancho de corona. Es la superficie de la carretera que queda comprendida entre las aristas del terreno y los interiores de las cunetas. Los

elementos que definen el ancho de corona son: la rasante, ancho de calzada, pendiente transversal y los hombros.

Rasante. Es la línea que se obtiene al proyectar sobre un plano vertical el desarrollo de la corona en la parte superior del pavimento. Este elemento es fundamental para el diseño ya que señala el nivel final de la carretera.

Ancho de calzada. El ancho de calzada es la parte del ancho de corona, destinada a la circulación de vehículos, constituido por uno o más carriles

Hombros. El hombro es el área o superficie adyacente a ambos lados de la calzada, que se diseña para obtener ventajas tales como la conservación del pavimento, la protección contra humedad y posibles erosiones en la calzada, proporcionando al mismo tiempo seguridad al usuario al poder disponer de un espacio adicional fuera del ancho de calzada.

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

Pendiente transversal. Es la pendiente que se le da a la corona en el eje perpendicular al de la carretera. Según su relación con los hombros y el alineamiento horizontal pueden darse tres tipos:

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

- b. Pendiente por peralte. Es la inclinación dada a la corona sobre una curva, para contrarrestar parcialmente el efecto de la fuerza centrífuga que ejerce el peso del vehículo en movimiento.
- c. Pendiente por transición. Es el bombeo dado para el cambio gradual de la pendiente por peralte hacia la pendiente por bombeo.

Taludes. Son los planos inclinados de la terracería que pertenecen a la sección típica de una carretera. Los taludes determinan los volúmenes de tierra tanto en corte como en relleno.

2.2.4.2 Alineamiento horizontal

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

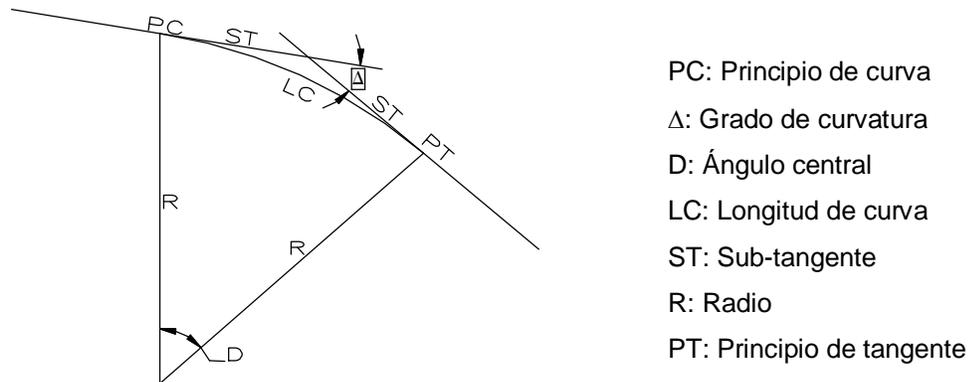
Los elementos que definen al alineamiento horizontal son los siguientes.

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

Este tipo de transición es muy importante pues generalmente los estancamientos de agua de lluvia ocurren en tramos en curva más no en los tramos rectos (tangentes).

El trazo y construcción de esta transición debe ser meticulosamente realizado para garantizar un drenaje adecuado.

Figura 6. Planta de una curva horizontal



2.2.4.2.1 Diseño de curvas horizontales

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

Para el cálculo de elementos de curva es necesario tener las distancias entre los puntos de intersección de localización, los deltas (Δ) y el grado de curva (G) que será colocado por el diseñador. Con el grado (G) y el delta (Δ) se calculan los elementos de la curva que se localizan en la figura 6.

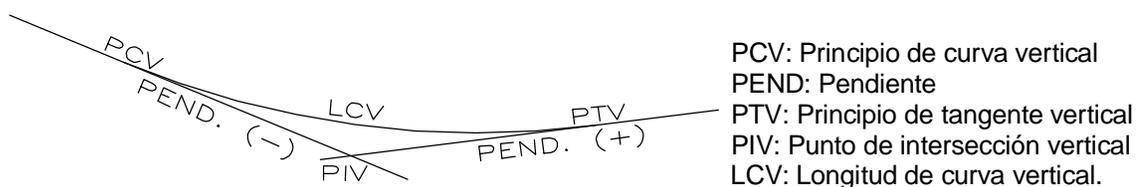
El radio de las curvas por usar, se determina por condiciones o elementos de diseño para que los vehículos puedan salvarlas sin peligro de colisión, con seguridad, tratando que la maniobra de cambio de dirección se efectúe sin esfuerzos demasiado bruscos.

2.2.4.3 Alineamiento vertical

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

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

Figura 7. Sección de una curva vertical



2.2.4.3.1 Diseño de curvas verticales

El diseño de curvas verticales es una etapa importante desde la perspectiva de la funcionalidad para el uso de la vía. Las curvas verticales

deben cumplir ciertos requisitos de servicio, tales como los de una apariencia tal que el cambio de pendientes sea gradual y no produzca molestias al conductor del vehículo, permitiendo un cambio suave entre pendientes diferentes.

2.2.4.4 Diseño de localización

Consiste en diseñar la línea final o línea de localización en planta, la cual será la definitiva para el proyecto que se trate. Deberá contener todos los datos necesarios para que la cuadrilla topográfica proceda a marcar en el campo la ruta seleccionada, tanto planimétricamente como altimétricamente.

2.2.4.5 Diseño de la subrasante

La subrasante es la línea trazada en perfil que define las cotas de corte o relleno que conformarán las pendientes del terreno, a lo largo de su trayectoria, la subrasante queda debajo de la base y la capa de rodadura en proyectos de asfaltos y debajo del balasto en proyectos de terracería.

La subrasante es la que define el volumen de movimiento de tierras, el que a su vez se convierte en el renglón más caro en la ejecución. Un buen criterio para diseñarla es obtener la subrasante más económica.

Para calcular la subrasante, es necesario disponer de los siguientes datos:

- La sección típica que se utilizará.
- El alineamiento horizontal del tramo.
- El perfil longitudinal del mismo.
- Las especificaciones o criterios que regirán el diseño.

- Datos de la clase de material del terreno.

Los criterios para diseñar la subrasante en diferentes tipos de terrenos se exponen a continuación:

- a. Terrenos llanos: son aquellos cuyo perfil tiene pendientes longitudinales pequeñas y uniformes a la par de pendientes transversales escasas. En este tipo de terreno la subrasante se debe diseñar en relleno, con pendientes paralelas al terreno natural, con una elevación suficiente para dar cabida a las estructuras del drenaje transversal.
- b. Terrenos ondulados: son aquellos que poseen pendientes oscilantes entre el 5% al 12%. La subrasante en estos terrenos se debe diseñar buscando cámaras balanceadas en tramos no mayores de 500 metros. También se debe tener presente no exceder las pendientes mínimas y máximas permitidas por las especificaciones.
- c. Terrenos montañosos: su perfil obliga a grandes movimientos de tierras, las pendientes generalmente son las máximas permitidas por las especificaciones.

2.2.5 Estudios de suelos

El tipo de suelo existente en el sitio determinará en gran medida la estructura del pavimento por construir. Así, en la gran mayoría de los casos, por condiciones de trazo geométrico, topografía y calidad de los suelos naturales de apoyo, es necesario colocar una capa de transición sobre la cual se construyan las losas de concreto.

Los ensayos de suelos deben llevarse a cabo de acuerdo con la división siguiente:

1. Para la clasificación del tipo de suelo
2. Para el control de la construcción
3. Para determinar la resistencia del suelo

2.2.5.1 Ensayos para la clasificación del suelo

Estos ensayos se usan para identificar suelos de modo que puedan ser descritos y clasificados adecuadamente. Dentro de estos ensayos, los principales son el análisis granulométrico y los límites de consistencia.

2.2.5.1.1 Análisis granulométrico

La granulometría es la propiedad que tiene los suelos naturales de mostrar diferentes tamaños en su composición. En la clasificación de los suelos para el uso en ingeniería se está acostumbrado utilizar algún tipo de análisis granulométrico, este ensayo constituye una parte de los criterios de aceptabilidad de suelos para carreteras.

El análisis generalmente se hace en dos etapas.

- a. La primera se realiza por medio de una serie de tamices convencionales para suelos de granos grandes y medianos o suelos granulares como: piedra triturada, grava y arenas.

El análisis consiste en pasar la mezcla que se analizará por mallas de aberturas conocidas, después se pesa el material retenido en cada una de las mallas y la información obtenida del análisis granulométrico se presenta

en forma de curva, para poder comparar el suelo y visualizar más fácilmente la distribución de los tamaños gruesos presentes como una masa total. Los tamaños inferiores a la malla #200 se consideran finos.

- b. La segunda por un proceso de vía húmeda para suelo de granos finos como limos, limos-arenosos, limos-arcillosos y arcillas. Este análisis mecánico vía húmeda se basa en el comportamiento de material granular en suspensión dentro de un líquido al sedimentarse.

Para suelos excesivamente finos se deberá usar el método del hidrómetro, pero este caso no es muy aplicado a carreteras, pues los materiales finos son materiales poco recomendables para bases y sub-bases de pavimentos. Solamente en el caso de que más del 12% de la muestra pase a través del tamiz #200, es necesario el procedimiento de la granulometría por hidrómetro según AASHTO T 88. Todo el análisis granulométrico deberá ser hecho por vía húmeda según lo descrito en AASHTO T 27.

2.2.5.1.2 Límites de consistencia

Sirven 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:

2.2.5.1.2.1 Límite líquido

Es el estado del suelo cuando se comporta como una pasta fluida. Se define como el contenido de agua necesario para que, a un determinado número de golpes (normalmente 25), en la copa de casagrande, se cierre 1.27

cm., a lo largo de una ranura formada en un suelo remoldado, cuya consistencia es la de una pasta dentro de la copa.

El límite líquido fija la división entre el estado casi líquido y el estado plástico. El límite líquido en ocasiones puede utilizarse para estimar asentamientos en problemas de consolidación, ambos límites juntos son algunas veces útiles para predecir la máxima densidad en estudios de compactación.

El límite líquido es una medida de la resistencia al corte del suelo a un determinado contenido de humedad. Las investigaciones muestran que el límite líquido aumenta a medida que el tamaño de los granos o partículas presentes en el suelo disminuyen.

El procedimiento analítico para la determinación de este límite se basa en la norma AASHTO T 89 teniendo como obligatoriedad al hacerlo sobre muestra preparada en húmedo.

2.2.5.1.2.2 Límite plástico

Es el estado límite de suelo ya un poco endurecido, pero sin llegar a ser semisólido. El límite plástico es el contenido de humedad por debajo del cual el suelo se comporta como un material plástico. A este nivel de contenido de humedad el suelo está en el vértice de cambiar su comportamiento al de un fluido viscoso.

El límite plástico se define como el contenido de agua ,expresado en porcentaje del peso seco, con el cual se agrieta un cilindro de material de 3 mm ,1/8 de pulgadas, de diámetro al rodarse con la palma de la mano o sobre una

superficie lisa. El proceso analítico para este ensayo se encuentra en la norma AASHTO T 90.

2.2.5.1.2.3 Índice plástico

El índice de plasticidad es el más importante y el más usado, y es simplemente la diferencia numérica entre el límite plástico y el límite líquido. Indica el margen de humedades, dentro del cual se encuentra 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.

Cuando un suelo tiene un índice plástico (I.P.) igual a cero el suelo es no plástico; cuando el índice plástico es menor de 7, el suelo es de baja plasticidad; cuando el índice plástico está comprendido entre 7 y 17 se dice que el suelo es medianamente plástico, y cuando el suelo presenta un índice plástico mayor de 17 se dice que es altamente plástico.

2.2.5.2 Ensayos para el control de la construcción

La compactación de suelos en general es el método más barato de estabilización disponible. La estabilización de suelos consiste en el mejoramiento de las propiedades físicas del suelo para obtener una óptima estructura, resistencia al corte y relación de vacíos deseable.

Para determinar las características de resistencia y de esfuerzo–deformación de los materiales de apoyo, será necesario investigarlos por cualquiera de las siguientes características:

- a) Por penetración
- b) Por resistencia al esfuerzo cortante
- c) Por aplicación de cargas

2.2.5.2.1 Determinación del contenido de humedad

El contenido de humedad es la relación entre el peso del agua contenida en la muestra y el peso de la muestra después de ser secada al horno, expresada en tanto por ciento. En otras palabras no es nada más que el porcentaje o cantidad de agua presente en el suelo. Es necesario determinar el contenido de humedad para realizar los siguientes ensayos: el ensayo de compactación Proctor, el ensayo de valor soporte, los límites de consistencia, y las densidades de campo.

2.2.5.2.2 Densidad máxima y humedad óptima

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, tienen 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 menor 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 ÓPTIMA.

Cuando el suelo alcanza su máxima densidad tendrá mejores características, 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.

El ensayo de compactación Proctor consiste en tomar una cantidad de suelo, pasarlo por el tamiz, añadirle agua y compactarlo en un molde cilíndrico en tres capas con veinticinco golpes por capa con un martillo de compactación. Luego de compactada la muestra, ésta es removida del molde y desbaratada nuevamente para obtener pequeñas porciones de suelo que servirán para determinar el contenido de humedad en ese momento del suelo. Se añade más agua a la muestra, tendiendo a obtener una muestra más húmeda y homogénea y se procede a hacer nuevamente el proceso de compactación. Esto se repite sucesivamente para obtener datos para la curva de densidad seca contra contenido de humedad.

Para carreteras en Guatemala es obligatorio el uso del ensayo Proctor modificado. El proceso analítico debe hacerse según lo descrito en la norma AASHTO T 180. Para este ensayo se utiliza un martillo de compactación de caída controlada, cuyo peso sea de 10 libras y se aumenta el número de capas a cinco.

El Proctor modificado, tiene ventaja sobre el estándar en lo siguiente:

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

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

2.2.5.2.3 Ensayo de equivalente de arena

Esta prueba es para evaluar de manera cualitativa la cantidad y actividad de los finos presentes en los suelos por utilizar. Consiste en ensayar los materiales que pasan la malla #4 en una probeta estándar parcialmente llena de una solución que propiciará la sedimentación de los finos. Se hace con el fin de conocer el porcentaje relativo de finos plásticos que contienen los suelos y lo agregados pétreos.

Este ensayo se lleva a cabo principalmente, cuando se trata de materiales que se usarán como base, sub-base, o ya sea como materiales de bancos de préstamo. El procedimiento analítico se rige por la norma AASHTO T 176.

2.2.5.3 Ensayo para la determinación de la resistencia del suelo

2.2.5.3.1 Ensayo de valor soporte C.B.R.

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 producir la misma penetración, en una muestra estándar de piedra triturada.

Para este ensayo es necesario conocer la humedad óptima y la humedad actual del suelo, para así, poder determinar la cantidad de agua que se añadirá a la muestra de suelo. Los cilindros se compactan en cinco capas, para 10, 30

y 65 golpes, por cada capa. Para cada cilindro compactado se obtendrá el porcentaje de compactación (%C), el porcentaje de expansión y el porcentaje de CBR. El procedimiento analítico se rige por la norma AASHTO T 193.

Expansión

A cada cilindro se le coloca un disco perforado, con vástago ajustable y el disco de 10 a 13lb. Sobre el vástago ajustable, se coloca el extensómetro, montado sobre un trípode, ajustando la lectura a cero.

Luego se sumerge en el agua durante cuatro días, tomando lecturas a cada 24 hr., controlando la expansión del material. Es importante tener en cuenta, que el peso de 10 a 13 lb. colocado sobre el disco perforado con vástago ajustable, corresponde aproximadamente al peso de una losa de concreto. El objeto de sumergir la muestra, durante cuatro 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 cuatro días, se saca del agua escurriéndola durante quince minutos. Se le quita la pesa, el disco perforado y el papel filtro, se mide la resistencia a la penetración. Cuando se empieza la prueba, se coloca nuevamente sobre la muestra, el peso, el extensómetro ajustado a cero con el pistón colocado sobre la superficie de la muestra, se procede a hincar el pistón, a una velocidad de penetración de 1.27 cm. (0.51) por minuto.

Se toma la presión, expresada en libras por pulgada cuadrada necesaria para hincar a determinadas penetraciones.

El valor final del CBR se utiliza para establecer una relación entre el comportamiento de los suelos principalmente, con fines de utilización de bases y subrasante bajo pavimentos de carreteras.

Tabla XI. Clasificación general de C.B.R.

No. de CBR	Clasificación general	Usos
0 – 3	muy pobre	subrasante
3 – 7	pobre o regular	subrasante
7 – 20	regular	sub-base
20 – 50	bueno	sub-base, base
50 o más	excelente	base

Fuente: Gómez Lepe, Fredy Benjamín. **Planificación y Diseño del Pavimento para la Vía principal del Municipio de San Juan Ostuncalco, departamento de Quetzaltenango.** Pág. 19

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

2.2.5.4 Análisis de resultados

De los ensayos realizados, se obtuvo que el suelo estudiado tiene las siguientes características:

Descripción del suelo: arcilla limosa color café

Clasificación: S.C.U.: CL P.R.A.: A – 6

Límite Líquido: 40.9%

Índice Plástico: 11 %

Densidad seca máxima γ_d : 92.4 lb/pie³

Humedad óptima Hop = 25.5%

CBR. al 95% de compactación = 4.2%

Debido a las características que presenta este suelo será utilizado como subrasante.

2.2.6 Pavimentos rígidos

2.2.6.1 Generalidades

Los pavimentos rígidos consisten en una mezcla de cemento pórtland, arena de río, agregado grueso y agua, tendido en una sola capa y pueden o no incluir, según la necesidad, la capa de sub-base y base, que al aplicarles cargas rodantes no se deflecten perceptiblemente, y al unir todos lo elementos antes mencionados, constituyen una losa de concreto, de espesor, longitud y ancho variable.

Los pavimentos de concreto hidráulico están sujetos a los esfuerzos siguientes:

- a. Esfuerzos abrasivos causados por las llantas de los vehículos.
- b. Esfuerzos directos de compresión y acortamiento causados por las cargas de las ruedas.
- c. Esfuerzos de compresión y tensión que resultan de la deflexión de las losas bajo las cargas de las ruedas.

- d. Esfuerzos de compresión y tensión debidos a la combadura del pavimento por efectos de los cambios de temperatura.

2.2.6.2 Definición de pavimento

Pavimento es toda estructura que descansa sobre el terreno de fundación o subrasante, formada por las diferentes capas de sub-base, base y carpeta de rodadura. Tiene el objetivo de distribuir las cargas del tránsito sobre el suelo, proporcionando una superficie de rodadura suave para los vehículos, y proteger al suelo de los efectos adversos del clima, los cuales afectan su resistencia al soporte estable del mismo. El pavimento soporta y distribuye la carga en una presión unitaria lo suficientemente disminuida para estar dentro de la capacidad del suelo que constituye la capa de apoyo, reduciendo la tendencia a la formación de fallas.

2.2.6.3 Capas de un pavimento

2.2.6.3.1 Subrasante

Es la capa de terreno de una carretera, que soporta la estructura del pavimento y que se extiende hasta una profundidad tal que no le afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto. Su función es servir de soporte para el pavimento después de ser estabilizada, homogenizada y compactada. Dependiendo de sus características puede soportar directamente la capa de rodadura de un pavimento rígido.

Requisitos para el material de sub-rasante

- a. Valor soporte. El material debe tener un CBR, AASHTO T 193, mínimo del 5%, efectuado sobre muestras saturadas a 95% de compactación, AASHTO T 180, y deberá tener una expansión máxima del 5%.
- b. Graduación. El tamaño de las partículas que contenga el material de sub-rasante, no debe exceder de 7.5 centímetros.
- c. Plasticidad. El límite líquido, AASHTO T 89, no debe ser mayor del 50%, determinados ambos, sobre muestra preparada en húmedo, AASHTO T 146. cuando las Disposiciones Especiales lo indiquen expresamente.

2.2.6.3.2 Sub-base

Es la capa de la estructura del pavimento, destinada fundamentalmente a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad el efecto de las cargas del tránsito proveniente de las capas superiores del pavimento, de tal manera que el suelo de sub-rasante las pueda soportar. Normalmente es muy necesaria y casi siempre las condiciones de la sub-rasante la exigen, sus funciones son:

- a. Eliminar la acción de bombeo.
- b. Aumentar el valor soporte y proporcionar una resistencia más uniforme a los de concreto.
- c. Hacer mínimos los efectos de cambio de volumen en los suelos de la sub-rasante

La sub-base puede tener un espesor compactado variable por tramos, de acuerdo con las condiciones y características de los suelos existentes en la

subrasante, pero en ningún caso dicho espesor debe ser menor de 100 milímetros ni mayor de 700 milímetros.

Requisitos para el material de sub-base común

La capa de sub-base común, debe estar constituida por materiales de tipo granular en su estado natural o mezclados, que formen y produzcan un material que llene los requisitos siguientes.

- a. Valor soporte. El material debe tener un CBR, AASHTO T 193, mínimo de 30, efectuado sobre muestras saturadas a 95% de compactación, AASHTO T 180.
- b. Piedras grandes y exceso de finos. El tamaño de las piedras que contenga el material de sub-base, no debe exceder de 70 milímetros ni exceder de $\frac{1}{2}$ espesor de la capa. El material de sub-base no debe tener más del 50% en peso, de partículas que pasen el tamiz #40 (0.425 mm), ni más del 25% en peso, de partículas que pasen el tamiz #200 (0.075 mm).
- c. Plasticidad y cohesión. El material de sub-base debe tener las características siguientes:
Equivalente de arena. No debe ser menor de 25%, determinado por el método AASHTO T 176.

Plasticidad. La porción que pasa el tamiz #40 (0.425 mm), no debe de tener un índice de plasticidad AASHTO T 90, mayor de 6 ni un límite líquido, AASHTO T 89, mayor de 25, determinados ambos, sobre muestra preparada en húmedo, AASHTO T 146, cuando las

Disposiciones Especiales lo indiquen expresamente, el índice de plasticidad puede ser más alto, pero en ningún caso mayor de 8.

- d. Impurezas. El material de sub-base debe estar exento de materias vegetales, basuras, terrones de arcilla, o sustancias que incorporadas dentro de la capa sub-base puedan causar fallas en el pavimento.

2.2.6.3.3 Base

Constituye la capa intermedia entre la capa de rodamiento y la sub-base. Generalmente se la usa en los pavimentos flexibles. Esta capa permite reducir los espesores de carpeta, dada su función estructural importante al reducir los esfuerzos cortantes que se transmiten hacia las capas inferiores. Además cumple una función drenante del agua atrapada dentro del cuerpo del pavimento.

Estas bases pueden ser de materiales granulares tales como piedra o grava triturada, de arena y grava, de mezcla o estabilizaciones mecánicas de suelos y agregados, o bien suelo-cemento, e inclusive de productos bituminosos y agregados pétreos. Su espesor varía entre 10 y 30 centímetros. Las funciones de la base en los pavimentos de concreto en su orden de prioridad son como sigue:

- a) Para prevenir el bombeo
- b) Ayudar a controlar los cambios de volumen (hinchamiento y encogimiento) en suelos susceptibles a sufrir este tipo de cambios.
- c) Proporcionar una superficie uniforme para el soporte de las losas.
- d) Aumentar la capacidad estructural del pavimento.

- e) Prevenir la desindicación que ocurre en las bases granulares bajo el tráfico.

Requisitos para el material de base granular

- a. Valor soporte. Debe tener un CBR determinado por el método AASHTO T 193 mínimo de 70% efectuado sobre una muestra saturada, a 95% de compactación determinada por el método AASTHO T 180 y un hinchamiento máximo de 0.5% en el ensayo efectuado según AASTHO T 193.
- b. Abrasión. La porción de agregado retenida en el tamiz #4 (4.75mm), no debe tener un porcentaje de desgaste por abrasión determinado por el método AASTHO T 96, mayor del 50 a 500 revoluciones.
- c. Partículas planas o alargadas. No más del 25% en peso del material retenido en el tamiz #4 (4.75 mm), pueden ser partículas planas o alargadas, con una longitud mayor de cinco veces el espesor promedio de dichas partículas.
- d. Impurezas. El material de base granular debe estar exento de materias vegetales, basura, terrones de arcilla o sustancias que incorporadas dentro de la capa de sub-base o base granular pueden causar fallas en el pavimento.
- e. Plasticidad y cohesión. El material de la capa base granular en el momento de ser colocado en la carretera, no debe tener en la fracción que pasa el tamiz #40 (0.425 mm), incluyendo el material de relleno, un índice de plasticidad mayor de 6 para la base, determinado por el

método AASHTO T 90, ni un límite líquido mayor de 25 tanto para la base, según AASHTO T 89, determinados ambos sobre muestra preparada en húmedo de conformidad con AASHTO T 146.

- f. Graduación. El material para capa de base granular debe llenar los requisitos de graduación, determinada por los métodos AASHTO T 27 y AASHTO T 11, para el tipo que se indique en las Disposiciones Especiales, de los que se estipulan en la tabla I.
- g. Equivalente de arena. El equivalente de arena no debe ser menor de 30 tanto para base, según AASHTO T 176.

Tabla XII. Tipos de graduación para material de sub-base o base granular

Tamiz Núm.	Estándar Mm	Porcentaje por peso que pasa un tamiz de abertura cuadrada (AASHTO T 27)					
		TIPO A (Sub-base) 50mm (2") máximo	TIPO A (Base) 50mm (2") máximo		TIPO B (Sub-base y Base) 38.1mm (1½") máximo		TIPO B (Sub-base y Base) 25mm (1") máximo
		A - 1	A - 1	A - 2	B - 1	B - 2	C - 1
2"	50.0	100	100	100			
1½"	37.5				100	100	
1"	25.0	60 - 90	65 - 90	60 - 85			100
¾"	19.0				60 - 90		
⅜"	9.5						50 - 85
#4	4.75	20 - 60	25 - 60	20 - 50	30 - 60	20 - 50	35 - 65
#10	2.0						25 - 50
#40	0.425						12 - 30
#200	0.075	3 - 12	3 - 12	3 - 10	5 - 15	3 - 10	5 - 15

Fuente: Dirección General de Caminos, Ministerio de Comunicaciones y Obras Públicas, República de Guatemala. **Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras y Puentes.** Pág. 304-2

2.2.6.3.4 Capa de rodadura

En pavimentos rígidos está constituida de losas de concreto de cemento Pórtland simple o reforzado, diseñada de tal manera que soporte las cargas del tránsito. Constituye el área propiamente dicha por donde circulan los vehículos y peatones.

Es necesario que tengan otros elementos, no estructurales, para proteger tanto esta capa como las inferiores, como juntas de dilatación rellenas con material elastomérico (para su impermeabilización), bordillos, cunetas o bien un sistema de alcantarillado pluvial, para el drenaje correcto del agua que pueda acumular en su superficie.

Esta debe tener las siguientes funciones:

- a. Proveer un valor soporte elevado, para que resista muy bien las cargas concentradas que provienen de ruedas pesadas, trabajando a flexión y lo distribuye bien al material existente debajo.
- b. Textura superficial poco resbaladiza aún cuando se encuentre húmeda, salvo que esté cubierta con lodo, aceite y otro material deslizante.
- c. Proteger la superficie sobre la cual está construido el pavimento de los efectos destructivos del tránsito.
- d. Prevenir a la superficie de la penetración del agua.
- e. Buena visibilidad, por su color claro de una mayor seguridad al tráfico nocturno de vehículos.
- f. Gran resistencia al desgaste, con poca producción de partículas de polvo.

2.2.7 Factores de diseño

El espesor de diseño del pavimento de concreto es determinado principalmente con base en los siguientes factores de diseño.

- a. Resistencia a la flexión del concreto (módulo de ruptura MR).
- b. Resistencia de la sub-rasante, o combinación de la sub-rasante y la base (k).
- c. Los pesos, frecuencia y tipo de carga por eje de camión que el pavimento tiene que soportar.
- d. Período de diseño.

2.2.7.1 Módulo de ruptura del concreto (MR)

Las consideraciones sobre la resistencia a la flexión del concreto son aplicables en el procedimiento de diseño para el criterio de fatiga (para controlar agrietamiento) y erosión (para controlar la erosión del terreno de soporte, bombeo y diferencia de elevación de juntas).

La flexión de un pavimento de concreto bajo cargas de eje, produce tanto esfuerzo de flexión como de compresión. Sin embargo, la relación de esfuerzos compresivos a resistencia a la compresión es bastante pequeña como para influenciar el diseño del espesor de la losa. En cambio los promedios de esfuerzos de flexión y de las fuerzas de flexión son mucho mayores y por eso son usados estos valores para el diseño de espesores de los pavimentos rígidos.

La fuerza de flexión está determinada por el módulo de ruptura del concreto (MR) el cual está definido con el esfuerzo máximo de tensión en la

fibra extrema de una viga de concreto. La resistencia a la tensión del concreto es relativamente baja. Una buena aproximación para la resistencia a la tensión será dentro del 11 a 23% del esfuerzo de compresión. En concretos de 3000 a 4000 PSI la relación es del orden del 15%.

El proceso para determinar el módulo de ruptura, será llevado a cabo según la norma ASTM C-78. El resultado del ensayo a los veintiocho días, es comúnmente usado para el diseño de espesores de autopistas y calles; por lo que es recomendado utilizar las porciones superiores de las tablas de diseño, con resistencias a la flexión en el rango de 600 y 650 PSI.

2.2.7.2 Módulo de reacción del suelo (K)

El soporte de la sub-rasante y de la base, está definido por el módulo de Westergard de reacción de la sub-rasante (k). Éste es igual a la carga en libras por pulgada cuadrada en un área cargada, dividida entre la deflexión, en pulgadas, para dicha carga. El valor de k está expresado en libras por pulgada cuadrada por pulgada (PSI-pulg.).

Módulo de reacción (k), es una prueba que indica la característica de resistencia que implica elasticidad del suelo. Se dice que es igual al coeficiente del esfuerzo aplicado por una placa entre la deformación correspondiente, producida por este esfuerzo. Esta propiedad del suelo es muy importante en el diseño de pavimentos, pero dado que la prueba de carga de plato es tardada y cara, el valor de k, es usualmente estimado por correlación a una prueba simple, tal como la Relación de Soporte de California (CBR), o una prueba del valor R.

El resultado es válido dado que no se requiere una determinación exacta del valor k ; las variaciones normales de un valor estimado no afectan apreciablemente los requerimientos del espesor del pavimento.

Cuando no cuente con información geotécnica del sitio, la tabla XIII proporciona órdenes de magnitud en los módulos de reacción de las capas de apoyo.

2.2.7.3 Tráfico de cargas de diseño

El factor más importante en el diseño de espesores de pavimento es el número y peso de las cargas por eje. Este es derivado de las estimaciones de TPD y de TPDC en ambas direcciones. En este punto se tendría que recurrir al análisis del tránsito promedio diario anual al final como al inicio del periodo de diseño. Sin embargo este análisis solamente es posible si se tienen datos sobre el volumen y categoría de tránsito clasificado para la vía.

La Dirección General de Caminos, por medio de su Departamento de Estadísticas es la encargada de hacer los recuentos de tránsito clasificado en las carreteras de todo el país. Sin embargo la estación de conteo se ubica en carreteras de interés nacional.

2.2.7.4 Tipos de juntas

Las juntas tienen por objeto principal, permitir la construcción del pavimento por losas separadas para evitar grietas de construcción, estableciendo al mismo tiempo una unión adecuada entre ellas, que asegure la continuidad de la superficie de rodadura y la buena conservación del pavimento.

La mayoría de las grietas en el concreto son debidas a tres efectos.

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

Los tipos de juntas más comunes en los pavimentos de concreto caen dentro de dos clasificaciones: transversales y longitudinales, que a su vez se clasifican como de contracción, de construcción y de expansión.

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

Juntas transversales

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. También son llamadas juntas de contracción, ya que controlan el agrietamiento transversal por contracción del concreto. La profundidad de la ranura debe ser igual a un cuarto del espesor de la losa. La separación máxima de las juntas transversales es de 15 pies (4.57 m). La colocación de las barras de transferencia depende de las características de la sub-rasante y del tipo de tránsito esperado para el pavimento.

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

Juntas de construcción

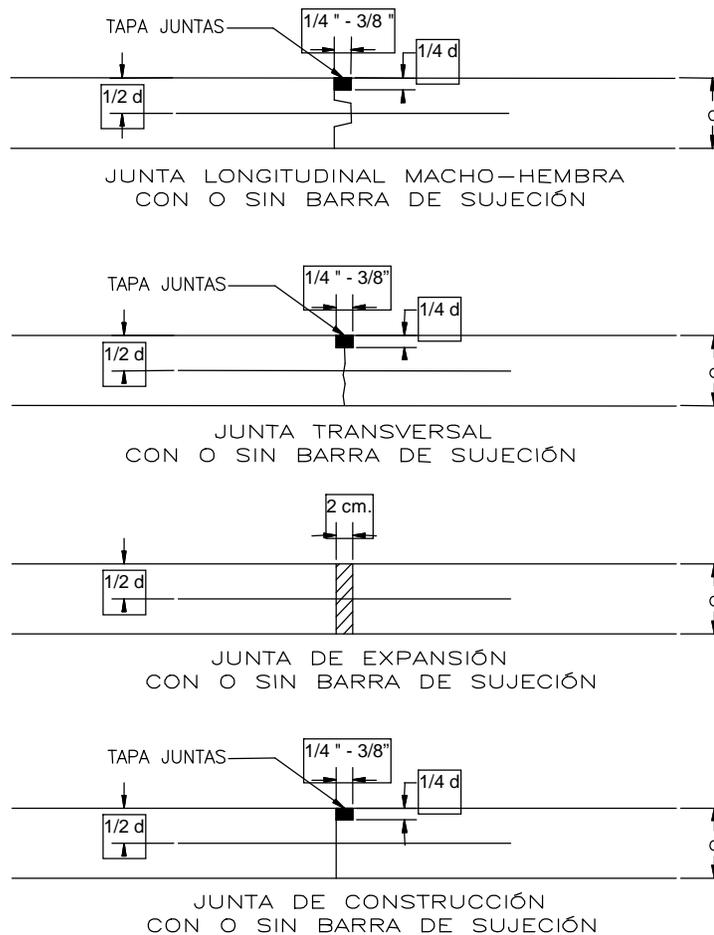
Se construyen cuando hay una interrupción no mayor de treinta minutos en la colocación del concreto. Son del tipo trabado, es decir lleva barras de acero o material adecuado, para formar tabiques, de modo que se forme una cara vertical con una traba apropiada.

Existen dos dispositivos de transferencia de cargas entre las losas en zonas de juntas, las barras de sujeción y las dovelas o pasajuntas.

Las barras de sujeción, se utilizan en las juntas longitudinales para ligar losas de carriles o franjas contiguas. Se deben utilizar barras de acero de refuerzo corrugadas, colocadas a la mitad del espesor con el espaciamiento especificado y son hechas solamente para garantizar la continuidad del pavimento. La junta de trabe por agregados o barras de sujeción se construyen insertando una barra de acero para hacer la interconexión entre dos losas separadas. Este tipo de junta es más sencillo en su construcción pero requiere de espesores más altos de la losa de concreto.

Las dovelas o pasajuntas, se utilizan normalmente en juntas transversales de construcción, contracción y de expansión y fueron diseñadas para la transmisión de carga de una losa hacia la siguiente. La junta tipo dovela se logra haciendo un detalle macho-hembra en el concreto en el sentido longitudinal. Este detalle requiere más trabajo, pero garantiza una disminución en el espesor de la losa.

Figura 8. Tipos de juntas



Fuente: Chacón Valdez, Henry Ernesto. **Diseño de Pavimento Rígido de la Calzada principal al Municipio de El Progreso.** Pág. 38

Las tablas de diseño de la PCA incluyen dos tipos de juntas debido a su transferencia de carga, del tipo dovela o pasajunta y del tipo de trabe por agregado

El tipo de trabe por agregado, se utiliza en las juntas longitudinales para ligar losas de carriles o franjas contiguas. Este tipo de junta es más sencillo en su construcción pero requiere de espesores más altos de la losa de concreto. El tipo dovela o pasajunta, se utiliza normalmente en juntas transversales de construcción, contracción y de expansión y fueron diseñadas para la transmisión de carga de una losa hacia la siguiente.

2.2.8 Diseño del pavimento rígido

Para el dimensionamiento del espesor de losas de un pavimento rígido la Portland Cement Association (PCA) ha elaborado dos métodos para el cálculo del espesor de pavimentos rígidos, el método de capacidad y el método simplificado.

1. Método de capacidad. Es el procedimiento de diseño aplicado cuando hay posibilidades de obtener datos de distribución de carga por eje de tránsito. Este método asume datos detallados de carga por eje, que son obtenidos de estaciones representativas.
2. Método simplificado. Éste es aplicado cuando no es posible obtener datos de carga por eje, y se utilizan tablas basadas en distribución compuesta de tráfico clasificado en diferentes categorías de carreteras y tipos de calles (Ver Tabla XIII). Las tablas de diseño están calculadas para una vida útil

proyectada del pavimento de veinte años y se basan solamente en el tránsito estimado en la vía.

Este método sugiere un diseño basado en experiencias generales de comportamiento del pavimento, hechos a escala natural, sujetos a ensayos controlados de tráfico, la acción de juntas y hombros de concreto. Este método asume que el peso y tráfico de camiones en ambos carriles varía de 1 a 1.3 según sea el uso de la carretera, para prevenir sobrecarga de los camiones.

La secuencia de cálculo para el dimensionamiento del espesor de losas de un pavimento rígido es la siguiente:

Determinar la categoría de la vía según los criterios de la tabla XIII.

Establecer el tipo de junta por utilizar (tipo dovela o de trabe por agregado).

Decidir incluir o excluir hombros o bordillos en el diseño.

Determinar el módulo de ruptura del concreto. Se recomienda utilizar un módulo de ruptura de 600 PSI o bien de 650 PSI.

Determinar el módulo de reacción k de la subrasante. Se puede encontrar un valor aproximado a través del porcentaje de CBR, en la figura 9. El valor aproximado de k , cuando se utiliza una base, se puede obtener de las tablas XV y XVI, bases granulares y bases de suelo-cemento, respectivamente.

Determinar el volumen de tránsito promedio diario de camiones o su porcentaje del tránsito promedio diario de vehículos, según la tabla XIII.

Determinar el espesor de losa según las tablas XVII, XVIII, XIX, XX, XXI, XXII y XXIII de diseño, determinado con los parámetros anteriores.

El método simplificado, incluye en el análisis solamente al tráfico promedio diario de camiones (TPDC), el cual incluye solo camiones de seis llantas y unidad simples de tres ejes, excluyendo pick-ups, paneles y otros tipos livianos. Sólo se utiliza el número de ejes simples o tandem esperado para la vida útil del proyecto.

Además el método simplificado de la PCA permite el uso o no, de hombros o bordillos. El uso de hombros o bordillo de concreto es recomendable por el hecho de ser útil en reparación o prevención de accidentes en la carretera, además de reducir el espesor de la losa en algunos casos de una pulgada o más.

La función del bordillo es servir como viga lateral para aumentar la resistencia del concreto a esfuerzos de flexión, disminuyendo grandemente el efecto de la tensión en el concreto.

Tabla XIII. Categorías de carga por eje

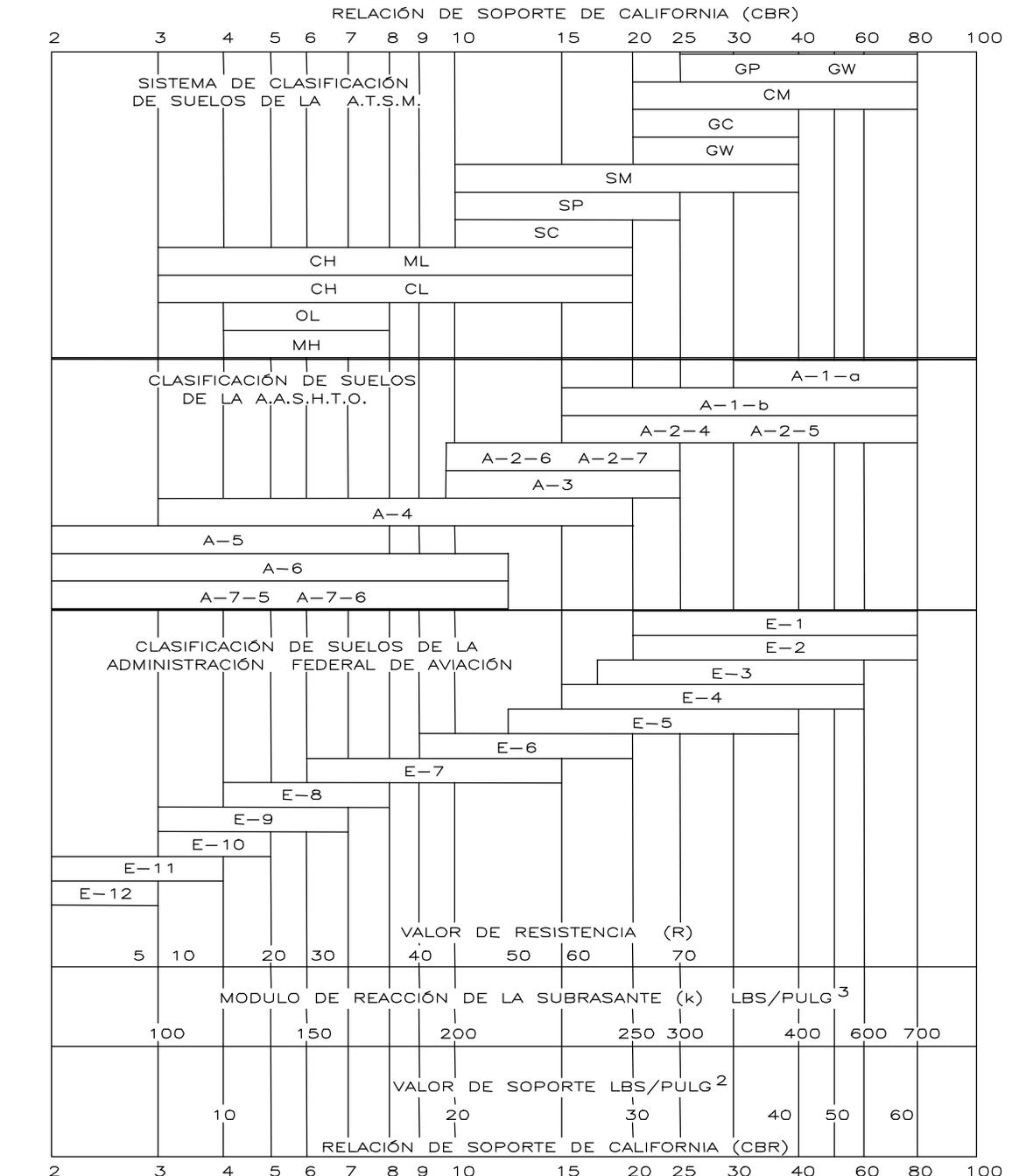
CATEGORÍAS DE TRÁFICO EN FUNCIÓN DE CARGA POR EJE						
CATEGORÍA POR EJE		TPDA	TPPD		CARGA MÁXIMA POR EJE	
Cargados	Descripción		%	Por día	Eje sencillo	Ejes dobles
1	Calles residenciales, carreteras rurales y secundarias (cajo a medio)	200 – 800	1 – 3	Hasta 25	22	36
2	Calles colectoras, carreteras rurales y secundarias (altas), carreteras primarias y calles arteriales (bajo)	700 – 5000	5 – 18	40 – 1000	26	44
3	Calles arteriales, carreteras primarias (medio), super carreteras o interestatales urbanas y rurales (bajo y medio)	3000 – 12000 en 2 carriles 3000 – 5000 en 4 carriles	8 – 30	500 – 1000	30	52
4	Calles arteriales, carreteras primarias, super carreteras (altas) interestatales urbanas (altas) interestatales urbanas y rurales (medio a alto)	3000 – 20000 en 2 carriles 3000 – 150000 en 4 carriles o más	8 – 30	1500 – 8000	34	60

Las descripciones alto, medio y bajo se refieren al peso relativo de las cargas por eje para el tipo de calle o carretera.

TPPD: Camiones de dos ejes, camiones de cuatro llantas excluidos.

Fuente: Salazar Rodríguez, Aurelio. **Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos.** Pág. 148

Figura 9. Interrelación aproximada de las clasificaciones de suelos y los valores de soporte



Fuente: Salazar Rodríguez, Aurelio. Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos. Pág. 5

Tabla XIV. Tipos de suelos de sub-rasante 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
Arenas y mezclas de arena con grava, relativamente libre de finos.	Alto	180 – 220
Sub-base tratadas con cemento.	Muy alto	250 – 400

Fuente: Salazar Rodríguez, Aurelio. **Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos.** Pág. 149

Tabla XV. Valores de k para diseño sobre bases granulares (PCA)

Sub-rasante Valor de k (PCI)	Valores de k sobre la base (PCI)			
	Espesor 4 pulg.	Espesor 6 pulg.	Espesor 9 pulg.	Espesor 12 pulg.
50	65	75	85	110
100	130	140	160	190
200	220	230	270	320
300	320	330	370	430

Fuente: Hernández Monzón, Jorge. **Consideraciones generales para el diseño de los diferentes tipos de pavimentos.** Pág. 68

Tabla XVI. Valores de k para diseño sobre bases de suelo-cemento (PCA)

Sub-rasante Valor de k (PCI)	Valores de k sobre la base (PCI)			
	Espesor 4 pulg.	Espesor 6 pulg.	Espesor 9 pulg.	Espesor 12 pulg.
50	170	230	310	390
100	280	400	520	640
200	470	640	830	----

Fuente: Hernández Monzón, Jorge. **Consideraciones generales para el diseño de los diferentes tipos de pavimentos,** Pág. 68

**Tabla XVII. TPDC permisible, carga por eje categoría 1
Pavimentos con juntas con agregados de trabe (no necesita
dovelas)**

	Sin hombros de concreto o bordillo				Con hombros de concreto o bordillo			
	Espesor de la losa Pulg.	Soporte BAJO	Sub-rasante MEDIO	Sub-base ALTO	Espesor de la losa Pulg.	Soporte BAJO	Sub-rasante MEDIO	Sub-base ALTO
MR = 650PSI	4.5	0.1			4		0.2	0.9
	5	0.1	0.8	3	4.5	2	8	25
	5.5	3	15	45	5	30	130	330
	6	40	160	430	5.5	320		
	6.5	330						
MR = 600PSI	5		0.1	0.4	4			
	5.5	0.5	3	9	4.5	0.1		
	6	8	36	98	5	0.2	1	5
	6.5	76	300	760	5.5	6	27	75
	7	520			5.5	73	290	730
MR = 550PSI	5.5	0.1	0.3	1	6			
	6	1	6	18	4.5		0.2	0.6
	6.5	13	60	160	5	0.8	4	13
	7	110	400		5.5	13	57	150
	7.5	620			6	130	480	

NOTA: El diseño controla el análisis por fatiga

NOTA: Una fracción de TPPD indica que el pavimento puede soportar un número ilimitado de camiones para pasajeros, automóviles y pick-ups, pero pocos vehículos pesados por semana (TPPD 0.3X7 días indica dos camiones pesados por semana)

TPPD excluye camiones de dos ejes y cuatro llantas, de manera que el número de camiones permitidos puede ser mayor.

Fuente: Salazar Rodríguez, Aurelio. **Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos.** Pág. 149

**Tabla XVIII. TPDC permisible, carga por eje categoría 2
Pavimentos con juntas doveladas**

	Sin hombros de concreto o bordillo				Con hombros de concreto o bordillo						
	Espesor de la losa Pulg.	Soporte BAJO	Sub-rasante MEDIO	Sub-base ALTO	MUY ALTO	Espesor de la losa Pulg.	Soporte BAJO	Sub-rasante MEDIO	Sub-base ALTO	MUY ALTO	
MR = 650PSI	5.5			5		5.5	9	3	9	42	450
	6		4	12	59	6	96	380	970	3400	
	6.5	9	43	120	490	6.5	710	2600			
	7	80	320	840	3100	7	4200				
	7.5	490	1900								
	8	25000									
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	120	470	1200		7	210	770	1900		
	8.5	560	2200			7.5	1100	4000			
	9	2400									

NOTA: El diseño controla el análisis por fatiga
TPPD excluye camiones de dos ejes y cuatro llantas, de manera que el número de camiones permitidos será mayor.

Fuente: Salazar Rodríguez, Aurelio. **Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos.** Pág. 150

**Tabla XIX. TPDC permisible, carga por eje categoría 2
Pavimentos con juntas con agregados de trabe**

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

* Rige el análisis de erosión de otra manera controla el análisis por fatiga.

Fuente: Salazar Rodríguez, Aurelio. **Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos.** Pág. 150

**Tabla XX. TPDC permisible, carga por eje categoría 3
Pavimentos con juntas doveladas**

	Sin hombros de concreto o bordillo				Con hombros de concreto o bordillo			
	Esesor de la losa Pulg.	Soporte	Sub-rasante	Sub-base	Esesor de la losa Pulg.	Soporte	Sub-rasante	Sub-base
	BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO	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	7.5	320	1200	2900 9800
	9	700	2700	7000	8	1600	5700	13800
	9.5	2700	10800		8.5	6900	23700*	
10	9900							
MR = 600PSI	8	73	310		6.5	67		
	8.5	140	380	1500	7	120 440		
	9	160	640	1700	7.5	270	680	2300
	9.5	630	2500	6500	8	370	1300	3200 10800
	10	2300	9300		8.5	1600	5800	14100
10.5	7700			9	6000			
MR = 550PSI	8.5	70	300		7	82		
	9	120	340	1300	7.5	130 480		
	9.5	120	520	1300	8	67	270	670 2300
	10	460	1900	4900	8.5	330	1200	2900 9700
	10.5	1600	6500	17400	9	1400	4900	11700
	11	4900			9.5	5100	18600	

TPPD excluye camiones de dos ejes y cuatro llantas, el total de camiones permitidos puede ser mayor.

* El diseño lo rige el análisis por erosión; de otra manera controla el criterio de fatiga.

Fuente: Salazar Rodríguez, Aurelio. **Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos.** Pág. 151

**Tabla XXI. TPDC permisible, carga por eje categoría 3
Pavimentos con juntas con agregado de trabe**

	Sin hombros de concreto o bordillo				Con hombros de concreto o bordillo					
	Espesor de la losa Pulg.	Soporte BAJO	Sub-rasante MEDIO	Sub-base ALTO MUY ALTO	Espesor de la losa Pulg.	Soporte BAJO	Sub-rasante MEDIO	Sub-base ALTO MUY ALTO		
MR = 650PSI	7.5		60*	250*	7	220*	510	750		
	8		130*	350*	830	7.5	320*	640	890	1400
	8.5	160*	640*	900	1300	8	610	1100	1500	2500
	9	680	1000	1300	2000	8.5	950	1800	2700	4700
	9.5	960	1500	2000	2900	9	1500	2900	4600	8700
	10	1300	2100	2800	4300	9.5	2300	4700	8000	
	10.5	1800	2900	4000	6300	10	3500	7700		
	11	2500	4000	5700	9200	10.5	5300			
	11.5	3300	5500	7900		11	8100			
	12	4400	7500							
MR = 600PSI	8		73*	310*	7		120*	440*		
	8.5	140*	380*	1300	7.5	67*	270*	680*	1400	
	9	160*	640*	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			
MR = 550PSI	8		56*		7		82*			
	8.5	70*	300*		7.5	130*	480*			
	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				

TPPD excluye camiones de dos ejes y cuatro llantas, el número total de vehículos podrá ser mayor.

* El análisis de fatiga controla el diseño, de otra manera se rige el criterio de erosión.

Fuente: Salazar Rodríguez, Aurelio. **Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos.** Pág. 152

Tabla XXII. TPDC permisible, carga por eje categoría 4
Pavimentos con juntas doveladas

	Sin hombros de concreto o bordillo				Con hombros de concreto o bordillo				
	Espesor de la losa Pulg.	Soporte	Sub-rasante	Sub-base	Espesor de la losa Pulg.	Soporte	Sub-rasante	Sub-base	
		BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO	BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO
MR = 650PSI	8			270				400	
	8.5		120	340	1300		240	620	2100
	9	140	580	1500	5600	8	330	1200	3000
	9.5	570	2300	5900	4700*	8.5	1500	5300	12700
							41100*		
MR = 600PSI	10	2000	8200	18700*	5900*	9	5900	21400	44900*
	10.5	6700		24100*	31800*	9.5	22500	52000*	
		45800*							
	11	21600	39600*			10	45200*		
	11.5	39700*							
MR = 550PSI	8.5			300		7.5		130	490
	9		120	340	1300	8		270	690
	9.5	120	530	1400	5200	8.5	340	1300	3000
	10	480	1900	5100	19300	9	1400	5000	12000
	10.5	1600	6500	17500		9.5	5200	18800	45900
		45900*							
MR = 550PSI	11		4900	21400	53800*	10	18400		
	11.5	14500	65000*						
		44000							
	9			260		8		130	480
	9.5		280	1100		8.5		250	620
									2100
MR = 550PSI	10		390	1100	4000	9	280	1000	2500
	10.5	320	1400	3600	13800	9.5	1100	3900	9300
									30700
	11	1000	4300	11600	46600	10	3800	13600	32900
	11.5	3000	13100	37200		10.5	12400	46200	
12	8200	40000			11	40400			

TPPD excluye camiones de dos ejes y cuatro llantas, el número de camiones permitido podrá ser mayor.

* El diseño queda regido por el criterio de erosión; de otra manera controla el criterio de fatiga.

Fuente: Salazar Rodríguez, Aurelio. **Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos.** Pág. 153

Tabla XXIII. TPDC permisible, carga por eje categoría 4
Pavimentos con juntas con agregado de trabe

	Sin hombros de concreto o bordillo				Con hombros de concreto o bordillo					
	Espesor de la losa Pulg.	Soporte	Sub-rasante	Sub-base	Espesor de la losa Pulg.	Soporte	Sub-rasante	Sub-base		
		BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO	BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO	
MR = 650PSI	8			270*			100*	400*		
	8.5		120*	340*	990		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	10800									
MR = 600PSI	8.5			300*			130*	490*		
	9		120*	340*	1300*	8		270*	690*	1700
	9.5	120*	530*	1400*	2300	8.5	340*	1300	1900	3100
	10	480*	1700	2200	3400	9	1100	2100	2200	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	10800									
MR = 550PSI	9			260*			130*	480*		
	9.5		280*	1100*		8.5	250*	620*	2100*	
	10		390*	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									

TPPD excluye camiones de dos ejes y cuatro llantas, el número total de camiones podrá ser mayor.

* El análisis de fatiga controla el diseño, de otra manera se rige el criterio de erosión.

Fuente: Salazar Rodríguez, Aurelio. **Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos.** Pág. 154

2.2.9 Consideraciones para el diseño del pavimento rígido

1. Determinar la categoría de la carretera.

Según el tipo de tránsito que pasará sobre este pavimento y siendo una avenida transitada, se ha definido la categoría de la carretera (tabla XII), como categoría 2 con rango de TPD de 700 a 5000 vehículos y un 5% a 18% de TPDC, según la tabla de categorías de carga por eje. Considerando el valor más bajo de TPD (700 vehículos) con un 5% de vehículos pesados.

2. Determinar el tipo de junta para el pavimento.

La junta seleccionada es del tipo dovela, tipo macho-hembra, por las ventajas que ofrece este tipo de junta.

3. Decidir, incluir o excluir hombros o bordillos en el diseño.

El diseño contempla la integración de bordillo, para disminuir el espesor de la losa de concreto

4. Determinar el módulo de ruptura del concreto.

El módulo se estimó como el 15% de la resistencia del concreto a compresión, f'_c . Por lo que el valor aproximado se toma como $0.15 \cdot 4000$ psi = 600 psi.

5. Determinar el módulo de reacción K de la subrasante.

El módulo de reacción de la subrasante, conservadoramente se determino, estimando un CBR de la subrasante de 4.2 con el valor anterior se localiza el valor del módulo de reacción de la subrasante en la figura 9 el cual equivale a 125 lb/plg³.

6. Determinar si se utilizará base según los criterios del diseñador.
Como criterio en el diseño se aplicara una base granular de 4 plg, (10 cm), este criterio incrementa el módulo de reacción a 130 lb/plg³. (ver tabla XIV).

7. Determinar el valor soporte del suelo.
Con el dato del módulo de reacción de 130 lb/plg³, se localiza en el rango de valores en la tabla XIII. La cual determina a este soporte como medio, catalogando al tipo de suelo como arenoso o mezcla de arenas con grava, con una cantidad considerada de limo y arcilla.

8. Determinar el espesor de la losa de concreto, según la tabla de diseño con los parámetros siguientes:
Para una categoría 2 con juntas doveladas, se debe utilizar la tabla XVII. Se busca en el lado derecho por incluir bordillo, el diseño de la losa. El soporte subrasante-subbase tiene un carácter medio al buscar en el sector correspondiente a un módulo de ruptura de 600 psi y el valor que contenga el tránsito promedio diario de camiones de 700-5000, el espesor que indica la tabla XVII corresponde a 8 plg, (aproximadamente 21.5 cm) por lo que por factores de seguridad y facilidad en la construcción se dejará de 21 cm como espesor de losa.

2.2.10 Diseño de mezclas de concreto

La teoría de la relación agua-cemento establece que para una combinación dada de materiales (y mientras se obtenga una consistencia de trabajabilidad), la resistencia del concreto a cierta edad depende de la relación del peso de agua de la mezcla al peso del cemento. En otras palabras, si la relación de agua a cemento es fija, la resistencia del concreto a una

determinada edad también es esencialmente fija, mientras la mezcla sea plástica y manejable y el agregado sólido, durable y libre de materiales dañinos.

Mientras que la resistencia depende de la relación agua-cemento, la economía depende del porcentaje de agregado presente el cual produce una mezcla manejable. El objetivo del diseño de la mezcla siempre será el de tener mezclas de concreto de resistencia óptima a un contenido de cemento mínimo y aceptable manejabilidad. Entre más baja sea la relación agua-cemento, mayor será la resistencia del concreto.

Para el diseño de la mezcla de concreto, una vez que se ha establecido la relación agua-cemento y seleccionado la manejabilidad y consistencia que se necesite para el diseño específico, el resto será simple manejo de tablas basadas en grandes números de mezclas de prueba. Tales diagramas y tablas permiten un estimado de las proporciones de la mezcla requerida para variar condiciones así como una predeterminación de mezclas pequeñas no representativas.

El método para el diseño de la mezcla para este pavimento fue el método del ACI (American Concrete Institute), el objetivo fundamental del diseño de la mezcla es el de producir un concreto manejable que sea fácil de colocar en las cimbras. El revenimiento es la medida del grado de consistencia y manejabilidad del concreto. En esta prueba, el espécimen de concreto plástico se forma dentro de un molde metálico cónico según lo normado en AASHTO T-119 (o ASTM C-143). El molde es levantado dejando el concreto revenirse, esto es derramarse o bajarse en altura. Esta disminución de altura es la medida del revenimiento o del grado de manejabilidad de la mezcla. El revenimiento o contenido de aire deberá estar dentro de los límites de ± 0.75 plg. y $\pm 0.5\%$ de los límites permisibles respectivamente.

Si no se cuentan con datos de mezclas hechas anteriormente para la misma resistencia, la resistencia a la cual la muestra de prueba se diseña no es la resistencia especificada para el proyecto. La mezcla deberá sobrediseñarse para asegurar que la estructura real tenga un concreto con una resistencia mínima a la compresión especificada. El grado de sobrediseño de la mezcla depende del nivel de control de calidad disponible en la planta de mezclado o en lugar de fabricación de la mezcla. El diseño de la mezcla debe por lo tanto basarse en un valor mayor ajustado el cual se denotara por f'_{cr} . El concreto debe ser elaborado de acuerdo a las especificaciones AASHTO M-157-86.

2.2.10.1 Memoria de cálculo para el diseño de la mezcla

1. Determinar la resistencia requerida f'_{c} : 4000 psi.+
2. Decidir si el diseño tendrá o no aire incluido.
El concreto de este pavimento no incluirá aire en la mezcla.
3. Determinar el valor de sobre diseño f'_{cr} de la tabla XXIII: $f'_{cr} = 2500$ psi.
4. Con base al tipo de estructura determinar el revenimiento (tabla XXIV).
El revenimiento para pavimentos de de 3 plg. como máximo.
5. Decidir el tamaño máximo de agregado, el tamaño máximo será menor a igual a $1/5$ de la dimensión más angosta entre cimbras, $1/3$ del peralte de la losa, $3/4$ del espacio efectivo entre varillas de refuerzo .
El tamaño máximo puede estimarse en 6cm., pero se usará un agregado grueso más pequeño, con un tamaño nominal de 1 plg.
6. Determinar la cantidad de agua-aire en la mezcla (tabla XXVI).

La cantidad de agua por volumen de concreto es 325 lb/yd³.

7. Seleccionar la relación agua-cemento (tabla XXV).
La relación agua-cemento para una resistencia de 5200 psi es 0.48.
8. Calcular la cantidad de cemento: cantidad de agua / relación agua cemento = $(325 \text{ lb/yd}^3)/0.48 = 667.08 \text{ lb/yd}^3$.
9. Determinar el volumen de agregado grueso (tabla XXVIII).
El módulo de finura de la arena se estima en 2.6, para un agregado grueso de 1plg., y un módulo de finura de 2.6 el volumen de agregado grueso por yarda cúbica de concreto es de 0.69yd³.
10. Calcular la cantidad de agregado fino utilizando el peso estimado de concreto fresco (tabla XXIX) y los pesos conocidos de agua, cemento y agregado grueso.
El peso estimado del concreto fresco para un tamaño máximo de agregado es de 1 plg es de 3900 lb/yd³.
11. Ajustar el agua por el contenido de humedad existente en el agregado fino y grueso.
El peso seco compactado del agregado grueso se determina en 100 lb/pie³ (2700 lb/yd³).
Peso del agregado grueso = $0.69 \text{ yd}^3 * 2700 \text{ lb/yd}^3 = 1863 \text{ lb}$ de agregado grueso por yarda cúbica de concreto.

Peso neto del agregado grueso incrementado por su porcentaje de absorción de humedad:
 $= 1.03 * 1863$

$$= 1918.89 \text{ lb/yd}^3.$$

Peso neto de agua para la mezcla:

$$\begin{aligned} &= 325 - 0.02 * 1055.62 - 0.03 * 1918.89 \\ &= 246.32 \text{ lb/yd}^3. \end{aligned}$$

Peso de la arena = peso de concreto fresco – peso (agua + cemento + agregado grueso).

$$\begin{aligned} &= 3900 - (325 + 677.08 + 1863) \\ &= 1034.92 \text{ lb/yd}^3. \end{aligned}$$

Peso neto del agregado fino incrementado por su porcentaje de absorción de humedad

$$\begin{aligned} &= 1.02 * 1034.92 \\ &= 1055.62 \text{ lb/yd}^3. \end{aligned}$$

12. Proceder a hacer la mezcla de prueba.

Proporciones finales para una yarda cúbica de concreto.

Cemento: 677.08 lb/yd³

Arena: 1055.62 lb/yd³

Agregado grueso: 1918.80 lb/yd³

Agua: 246.73 lb/yd³

Proporcionamiento relativo para cualquier masada.

$$677.08 : 1055.62 : 1918.89 : 246.32$$

$$1 : 1.56 : 2.83 : 0.36$$

Tabla XXIV. Resistencia promedio a la compresión requerida cuando no se dispone de información para establecer una desviación Standard.

Resistencia a la compresión especificada $f'c$ (psi)	Resistencia promedio a la compresión requerida $f'cr$ (psi)
Menor de 3000	$f'c + 1000$
3000 – 5000	$f'c + 1200$
Mayor de 5000	$f'c + 1400$

Fuente: Mejía Gómez, Hugo. Diseño de pavimento rígido para dos vías de acceso principal, al municipio de El Progreso, departamento de Jutiapa. Pág. 26

Tabla XXV. Revenimientos recomendados para varios tipos de construcción.

Tipos de construcción	Revenimiento (plg)	
	máximo*	mínimo
Muros de cimentación y zapatas	3	1
Zapatas simples, compuertas y muros de subestructura	3	1
Vigas y muros reforzados	4	1
Columnas de edificios	4	1
Pavimentos y losas	3	1
Concreto macizo	2	1

* Este revenimiento puede incrementarse una pulgada para otros métodos de consolidación diferentes a vibración.

Fuente: Mejía Gómez, Hugo. Diseño de pavimento rígido para dos vías de acceso principal, al municipio de El Progreso, departamento de Jutiapa. Pág. 27

Tabla XXVI. Relación entre la resistencia a la compresión del concreto y a la relación agua cemento

Resistencia a la compresión a los 28 días* (psi)	Relación agua-cemento por peso	
	Concreto sin aire incluido	Concreto con aire incluido
6000	0.41	----
5000	0.48	0.40
4000	0.57	0.48
3000	0.68	0.59
2000	0.82	0.74

* Los valores son resistencias promedio para concreto que contiene porcentajes de aire menores que las mostradas en la tabla de contenido de agua y aire según el revenimiento y tamaño de agregado. Para una relación constante de agua-cemento, la resistencia del concreto se reduce conforme se aumenta el contenido de aire.

Fuente: Mejía Gómez, Hugo. Diseño de pavimento rígido para dos vías de acceso

Tabla XXVII. Requisitos aproximados de agua y contenido de aire en la mezcla para diferentes revenimientos y tamaños máximos nominales de los agregados

Agua (lb/yd³ de concreto para los tamaños máximos nominales de los agregados combinados)								
Revenimiento (plg)	3/8*	½ *	¾ *	1*	1 ½ *	2*	3	6
CONCRETO SIN AIRE INCLUIDO								
de 1 a 2	350	335	315	300	275	260	220	190
de 3 a 4	385	365	340	325	300	285	245	210
de 6 a 7	413	385	360	340	315	300	270	---
Cantidad aproximada de aire atrapado en el concreto sin aire incluido %	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
CONCRETO CON AIRE INCLUIDO								
de 1 a 2	305	295	280	270	250	240	205	180
de 3 a 4	340	325	305	295	275	265	225	200
de 6 a 7	365	345	325	310	290	280	260	---
Contenido de aire total promedio recomendado (%) **								
Exposición ligera	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0
Exposición moderada	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0	4.5	3.5	3.0
Exposición extrema	7.5	7.0	6.0	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0

* Estas cantidades de agua en la mezcla se utilizan en el cálculo de los factores del cemento para mezclas de prueba. Son contenidos máximos para agregados grueso angulares razonablemente bien formados y graduado dentro de los límites de las especificaciones aceptadas.

** Los requisitos indicados en otros documentos pueden no siempre concordar completamente, así que en el proporcionamiento del concreto deberá hacerse una consideración de selección del contenido de aire de tal manera que reúna las necesidades del trabajo así como las especificaciones que se apliquen.

Fuente: Mejía Gómez, Hugo. Diseño de pavimento rígido para dos vías de acceso principal, al municipio de El Progreso, departamento de Jutiapa. Pág. 28

Tabla XXVIII. Relaciones agua-cemento máximas permisibles para el concreto cuando no se disponga de infamación de campo sobre la resistencia de mezclas de prueba

Relación absoluta agua-cemento por peso		
Resistencia a la compresión especificada (psi)	Concreto sin aire incluido	Concreto con aire incluido
2500	0.67	0.54
3000	0.58	0.46
3500	0.51	0.40
4000	0.44	0.35
4500	0.38	*
5000	*	*

* Las proporciones de la mezcla para concreto sin aire incluido con resistencias mayores de 4500 PSI y concretos con aire incluido mayores de 4000 PSI se deben establecer utilizando mezclas de prueba.

Fuente: Mejía Gómez, Hugo. Diseño de pavimento rígido para dos vías de acceso principal, al municipio de El Progreso, departamento de Jutiapa. Pág. 28

Tabla XXIX. Volumen del agregado grueso por unidad de volumen del concreto.

Tamaño máximo del agregado (plg)	Volumen del agregado grueso seco compactado* por unidad de volumen del concreto para diferentes módulos de finura de la arena			
	2.40	2.60	2.80	3.00
3/8	0.50	0.48	0.46	0.44
½	0.59	0.57	0.55	0.53
¾	0.66	0.64	0.62	0.60
1	0.71	0.69	0.67	0.65
1 ½	0.75	0.73	0.71	0.69
2	0.78	0.76	0.74	0.72
3	0.82	0.80	0.78	0.76
6	0.87	0.85	0.83	0.81

* Los volúmenes se basan en agregados secos compactados como se describe en el ASTM C-29, "Peso unitario del concreto". Estos volúmenes se seleccionaron de relaciones empíricas para producir un concreto con un grado de manejabilidad aceptable para las construcciones

reforzadas comunes. Para concretos menos manejables, tales como los que se requieren en la construcción de pavimentos de concreto, pueden aumentarse alrededor de un 10%. Para concretos más manejables, puede disminuirse el contenido del agregado grueso hasta un 10% a condición de que se satisfagan los requisitos de revenimiento y de relación agua-cemento.

Fuente: Mejía Gómez, Hugo. Diseño de pavimento rígido para dos vías de acceso principal, al municipio de El Progreso, departamento de Jutiapa. Pág. 29

Tabla XXX. Primer estimado del peso del concreto fresco

Tamaño máximo del agregado (plg)	Primer estimado del peso del concreto (lb/yd ³)	
	Concreto con aire incluido	Concreto sin aire incluido
3/8	3840	3690
½	3890	3760
¾	3960	3840
1	4010	3900
1 ½	4070	3960
2	4120	4000
3	4160	4040
6	4230	4120

Fuente: Mejía Gómez, Hugo. Diseño de pavimento rígido para dos vías de acceso principal, al municipio de El Progreso, departamento de Jutiapa. Pág. 29

2.2.11 Presupuesto del pavimento rígido

2.2.11.1 Presupuesto desglosado

Tabla XXXI Presupuesto de preliminares

PROYECTO	DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO
UBICACIÓN	19 AVENIDA Y AVENIDA EL REFORMADOR, COLONIA JUSTO RUFINO BARRIOS, ZONA 5, CABECERA MUNICIPAL DE SAN MARCOS

CÓDIGO DEL RENGLÓN	1	DESCRIPCIÓN
CANTIDAD	2232	PRELIMINARES

MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO DIRECTO
LIMPIEZA	2232	m2	Q 4.51	Q 10,066.32
TRAZO Y ESTAQUEADO	372	ml	Q 4.87	Q 1,811.64
CONFORMACIÓN DE LA SUBRASANTE	2232	m2	Q 17.00	Q 37,944.00
RELLENO DE BASE	223.2	m3	Q 55.00	Q 12,276.00
			SUB-TOTAL=	Q 62,097.96
			MANO DE OBRA INDIRECTA	50% Q 31,048.98
			PRESTACIONES	75% Q 46,573.47
			TOTAL DE MANO DE OBRA =	Q 139,720.41

INTEGRACIÓN DE PRECIO UNITARIO TOTAL			
	TOTAL DE MANO DE OBRA	Q	139,720.41
	TOTAL DE MATERIALES	Q	-
	SUB-TOTAL =	Q	139,720.41
	COSTO INDIRECTO	20% Q	27,944.08
	TRANSPORTE E IMPREVISTOS	15% Q	20,958.06
	MAQUINARIA Y EQUIPO (%MO.)	4.50% Q	6,287.42
	TOTAL =	Q	194,909.97
	PRECIO UNITARIO	Q	87.33

Tabla XXXII. Presupuesto de construcción de pavimento rígido

PROYECTO	DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO
UBICACIÓN	19 AVENIDA Y AVENIDA EL REFORMADOR, COLONIA JUSTO RUFINO BARRIOS, ZONA 5, CABECERA MUNICIPAL DE SAN MARCOS

CÓDIGO DEL RENGLÓN	2	DESCRIPCIÓN
CANTIDAD	2232	m2 CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO, PROPORCIÓN 1:2:3

MATERIAL				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO DIRECTO
SELECTO PARA BASE	223.2	m3	Q 70.00	Q 15,624.00
CEMENTO PÓRTLAND 4000 PSI	4349.7	SACOS	Q 47.00	Q 204,435.90
ARENA DE RÍO	1132	m3	Q 125.00	Q 141,500.00
PIEDRÍN DE	708.7	m3	Q 160.00	Q 113,392.00
SELLO DE JUNTAS	81.89	GAL	Q 236.00	Q 19,326.04
TOTAL DE MATERIALES =				Q 494,277.94

MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO DIRECTO
COLOCACIÓN DE SELECTO PARA BASE	223.2	m3	Q 22.00	Q 4,910.40
CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO	468.72	m2	Q 30.05	Q 14,085.04
CONSTRUCCIÓN DE JUNTAS	868	ml	Q 2.25	Q 1,953.00
SELLADO DE JUNTAS	0.31	m3	Q 97.53	Q 30.23
SUB-TOTAL=				Q 20,978.67
			MANO DE OBRA INDIRECTA 50%	Q 10,489.34
			PRESTACIONES 75%	Q 15,734.00
TOTAL DE MANO DE OBRA =				Q 47,202.01

INTEGRACIÓN DE PRECIO UNITARIO TOTAL				
			TOTAL DE MANO DE OBRA	Q 47,202.01
			TOTAL DE MATERIALES	Q 494,277.94
SUB-TOTAL =				Q 541,479.95
			COSTO INDIRECTO 20%	Q 108,295.99
			TRANSPORTE E IMPREVISTOS 15%	Q 81,221.99
			MAQUINARIA Y EQUIPO (%MO.) 4.50%	Q 24,366.60
TOTAL =				Q 755,364.53
PRECIO UNITARIO				Q 338.42

2.2.11.2 Integración de costos

Tabla XXXIII. Integración de costos

PROYECTO	DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO	FECHA	FEBRERO DE 2007
UBICACIÓN	19 AVENIDA Y AVENIDA EL REFORMADOR, COLONIA JUSTO RUFINO BARRIOS, ZONA 5, CABECERA MUNICIPAL DE SAN MARCOS		

No.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	PRELIMINARES	2232	m2	Q 87.33	Q 194,909.97
2	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO	2232	m2	Q 338.42	Q 755,364.53
TOTAL DE PAVIMENTO RÍGIDO					Q 950,274.50

CONCLUSIONES

1. El Ejercicio Profesional Supervisado realizado, proporciona un diseño de alcantarillado pluvial y un pavimento rígido en la zona 5 de la cabecera municipal de San marcos, lo cual aporta un avance en la infraestructura del sector, mejorando así la economía del mismo a través de una vía de comunicación que conecta entre sí a diferentes comunidades, por lo que es esencial que las carreteras posean las condiciones adecuadas para poder ser transitadas y con la implementación de dichos diseños se cubren dos áreas fundamentales siendo estas el saneamiento y la comunicación, con lo cual se mejora la calidad de vida de los habitantes.
2. Con la construcción de la red de alcantarillado pluvial, evacuará el agua de una forma correcta por medio de tuberías y registros, evitando las inundaciones que hasta ahora sufren los vecinos de este municipio.
3. En el presente proyecto se contemplo el diseño de un pavimento rígido, ya que se tiene la capacidad de aumentar el espesor de la losa dependiendo las características del suelo y en este caso el análisis que se realizó en el lugar, el suelo se clasifica como un suelo sin resistencia, por lo que puede ser utilizado como subrasante.

RECOMENDACIONES

1. Que la Municipalidad de San Marcos, cree un programa educativo en el cual se haga conciencia a los pobladores para que depositen la basura en un lugar adecuado y no la tiren en las calles o en los drenajes, esto con el propósito de lograr un buen funcionamiento del sistema de drenaje.
2. Se recomienda a las autoridades ediles de San Marcos, basarse en las especificaciones descritas en el presente proyecto para la ejecución del mismo, respetando el espesor calculado para la losa del pavimento, para garantizar la vida útil del mismo.
3. Dar mantenimiento al sistema de drenaje pluvial, al inicio y al final de cada invierno, para garantizar el buen funcionamiento del sistema durante su período de vida útil.

BIBLIOGRAFÍA

1. Ing. Crespo Villalaz, Carlos. Mecánica de Suelos y Cimentaciones. 4ª. ed. México: Editorial Limusa, 1999.
2. Carbonell Lara, Juan Fernando. Desarrollo de formulas y curvas de intensidad de lluvia para la estación Catarina, San Marcos. Tesis de Ingeniero Civil. Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala, 1992.
3. Dirección General de Caminos, Ministerio de Comunicaciones y Obras Públicas, República de Guatemala. Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras y Puentes. Guatemala, 1975.
4. Mejía Gómez, Hugo Abad. Diseño del pavimento rígido para dos vías de acceso principal, al municipio de El Progreso, Departamento de Jutiapa. Tesis de Ingeniero Civil. Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala, 1996.
5. Pérez Cahuex, Edwin Gudelio. Planificación y diseño de pavimento rígido y drenaje pluvial de un sector de la zona 4, de la ciudad de San Marcos. Tesis de Ingeniero Civil. Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala, 1997.
6. Hun Aguilar, Ligia Elizabeth. Diseño del pavimento rígido y drenaje pluvial para un sector de la aldea Santa María Cauque, del municipio de Santiago Sacatepéquez, Sacatepéquez. Tesis de Ingeniero Civil. Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala, 2003

APÉNDICE

Figura 10. Resumen de estudio de suelos



Servicios Técnicos en
Laboratorio de Suelos, Asfalto y Concreto.

RESUMEN

ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO RIGIDO

SUB-RASANTE

INTERESADO: MUNICIPALIDAD DE SAN MARCOS, SAN MARCOS, GUATEMALA

PROYECTO: PAVIMENTO RIGIDO

UBICACIÓN: Circunvalación café, colonia Justo Rufino Barrios, San Marcos

NUMERO DE MUESTRA: 080906-00002

EXAMEN VISUAL DEL MATERIAL: Arcilla limosa color café

	RESULTADOS	ESPECIF	AASHTO
P.U.S. MAXIMO (PROCTOR):	92,4		T-100
% HUMEDAD OPTIMA:	26,5		
% C.B.R. A 100% DE COMPACTACION:	5,6		
% C.B.R. A 95% DE COMPACTACION:	4,2		T-100
% HINCHAMIENTO:	4,3		
PESO UNITARIO:	44,8		
% DE CONTRACCION:	51,5		
LIMITE LIQUIDO:	40,9		T-85
LIMITE PLASTICO:	29,9		
INDICE DE PLASTICIDAD:	11,0		T-80
INDICE DE GRUPO:	11,0		
CLASIFICACION:	A-6		
GRADUACION:			T-27

TAMIZ	% PASA	ESPECIF.	TAMIZ	% PASA	ESPECIF.
2"	0,0		# 4	0,0	
1 1/2"	0,0		# 10	100,0	
1"	0,0		# 40	83,1	
3/4"	0,0		# 50	73,6	
1/2"	0,0		# 100	56,2	
3/8"	0,0		# 200	37,0	

OBSERVACIONES

Muestras Tomadas por el Laboratorio

Las excavaciones fueron efectuadas por personal del Laboratorio SUASCON

Estudios realizados según Especificaciones Generales de Construcción de carreteras y puentes

libro Azul



SOLOLA

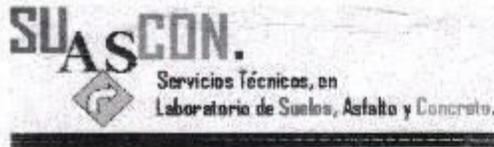
INSPECTOR



REVISOR

FINCA MOLINO BELEN SOLOLA LOTE No. 52
Teléfono: Oficina 5088-6431 - Cel. 5892-4780, 5032-9734 y 58762182

Figura 11. Ensayo de granulometría



GRADUACION
AASHTON T - 27

GRANULOMETRIA					
No. De TAMIZ	P.B.R.	P.N.R.	% RET.	% PASA	ESP.
3"					
2 1/2"					
2"					
1 1/2"					
1"					
3/4"					
1/2"					
3/8"					
# 4					
# 10				100,0	
# 40	112,7	81	16,9	83,1	
# 50	146,8	95	26,4	73,6	
# 100	212,9	161	44,8	55,2	
# 200	278,2	226	63,0	37,0	

PESO LAVADO	
P.B.	411,00
TARA	52,00
P.N.	359,00

PESO SIN LAVAR	
P.B.	0,00
TARA	0,00
P.N.	0,00



EFECTUO:

CALCULO:

FINCA MOLINO BELEN SOLOLA LOTE No. 55
Teléfono: Oficina 5898-5431 Cel. 6892-6788, 6532-0734 y 68762192

Figura 12. Ensayo de limites de Atterberg

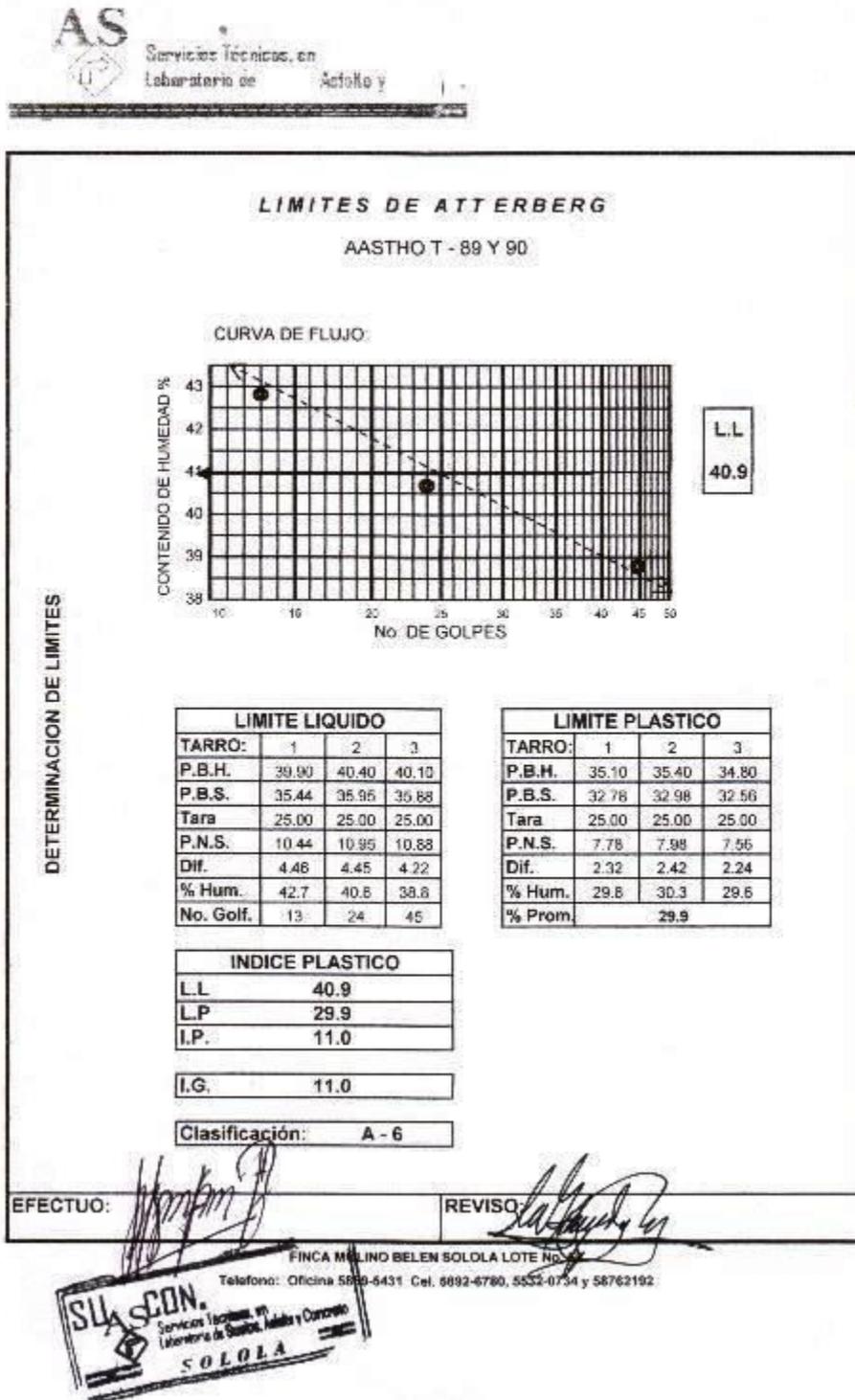


Figura 13. Ensayo de Proctor

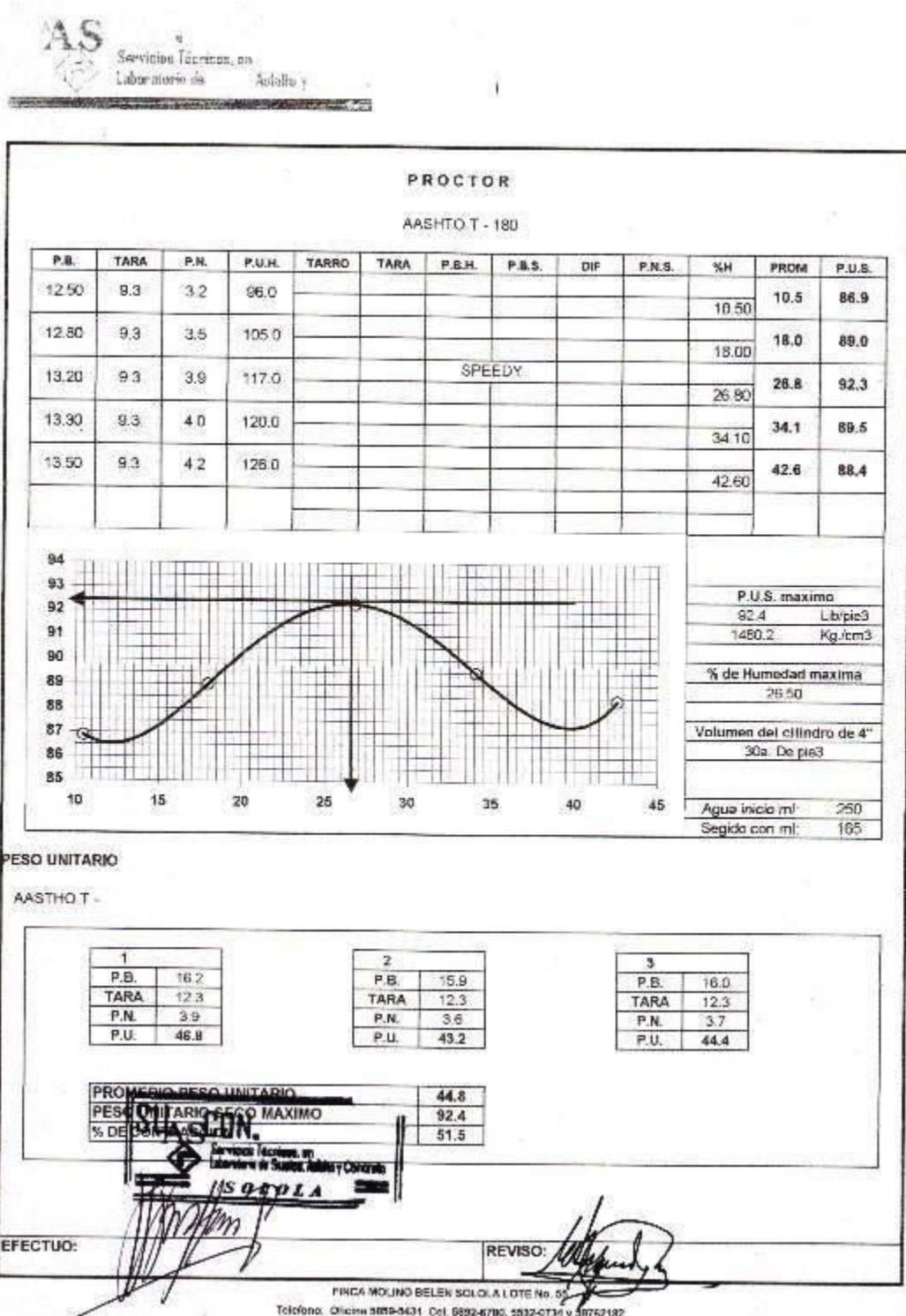


Figura 14. Ensayo de C.B.R.

C.B.R.
ASHTO T - 193

PROCTOR

Volumen del cilindro de 4"	P.U.S. maximo	% de Humedad maxima
30a. De ple3	92.4 Lib/ple3 1480.2 Kg./cm3	26.50

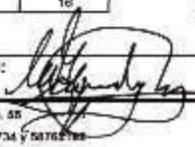
DETERMINACION DE HUMEDAD		COMPACTACION E HINCHAMIENTO DE C.B.R.						
TARRO	PROMEDIO	No. De cilindro		No. De capas		No de golpes		
TARA	26.50	4	5	56				
P.B.H.		P.B.	TARA	P.N.	Capacidad	P.U.H	P.U.S	%comp.
P.B.S.		10.535	6.145	4.39	2.335	117.31734	92.740994	100.4
DIF								
P.N.		F. SALIDA:	11-Sep-06	LECT. SALIDA:	0.235	% SWELL		
%H		F. INMER:	8-Jul-06	LECT. INMER:	0.080	3.1		
TARRO	PROMEDIO	No. De cilindro		No. De capas		No de golpes		
TARA	26.5	5	5	25				
P.B.H.		P.B.	TARA	P.N.	Capacidad	P.U.H	P.U.S	%comp.
P.B.S.		10.276	6.145	4.131	2.335	110.39589	87.269477	84.4
DIF								
P.N.		F. SALIDA:	11-Sep-06	LECT. SALIDA:	0.312	% SWELL		
%H		F. INMER:	8-Jul-06	LECT. INMER:	0.080	4.6		
TARRO	PROMEDIO	No. De cilindro		No. De capas		No de golpes		
TARA	26.5	6	5	12				
P.B.H.		P.B.	TARA	P.N.	Capacidad	P.U.H	P.U.S	%comp.
P.B.S.		10.108	6.145	3.963	2.335	105.9063	83.720382	90.6
DIF								
P.N.		F. SALIDA:	11-Sep-06	LECT. SALIDA:	0.410	% SWELL		
%H		F. INMER:	8-Jul-06	LECT. INMER:	0.080	5.6		

LECTURA DIAL							
0.025"	0.050"	0.075"	0.100"	0.150"	0.200"	0.250"	0.3"
4	8	12	16	20	24	28	32
3	6	9	15	18	21	23	
2	4	6	12	14	16		

No. DE GOLPES	No. DE CILINDRO
56	4
25	5
12	6



SIA SCON
Servicios Técnicos, en
Laboratorio de Suelos, Asfalto y Concreto
SOLOLA

EFFECTUO:  REVISO: 

FINCA MOLINO BELEN SOLOLA LOTE No. 55
Telefono: Oficina 5859-5434 Cel. 6892-6780, 6432-0734 y 68765-188

Figura 15. Ensayo de C.B.R. a 1"

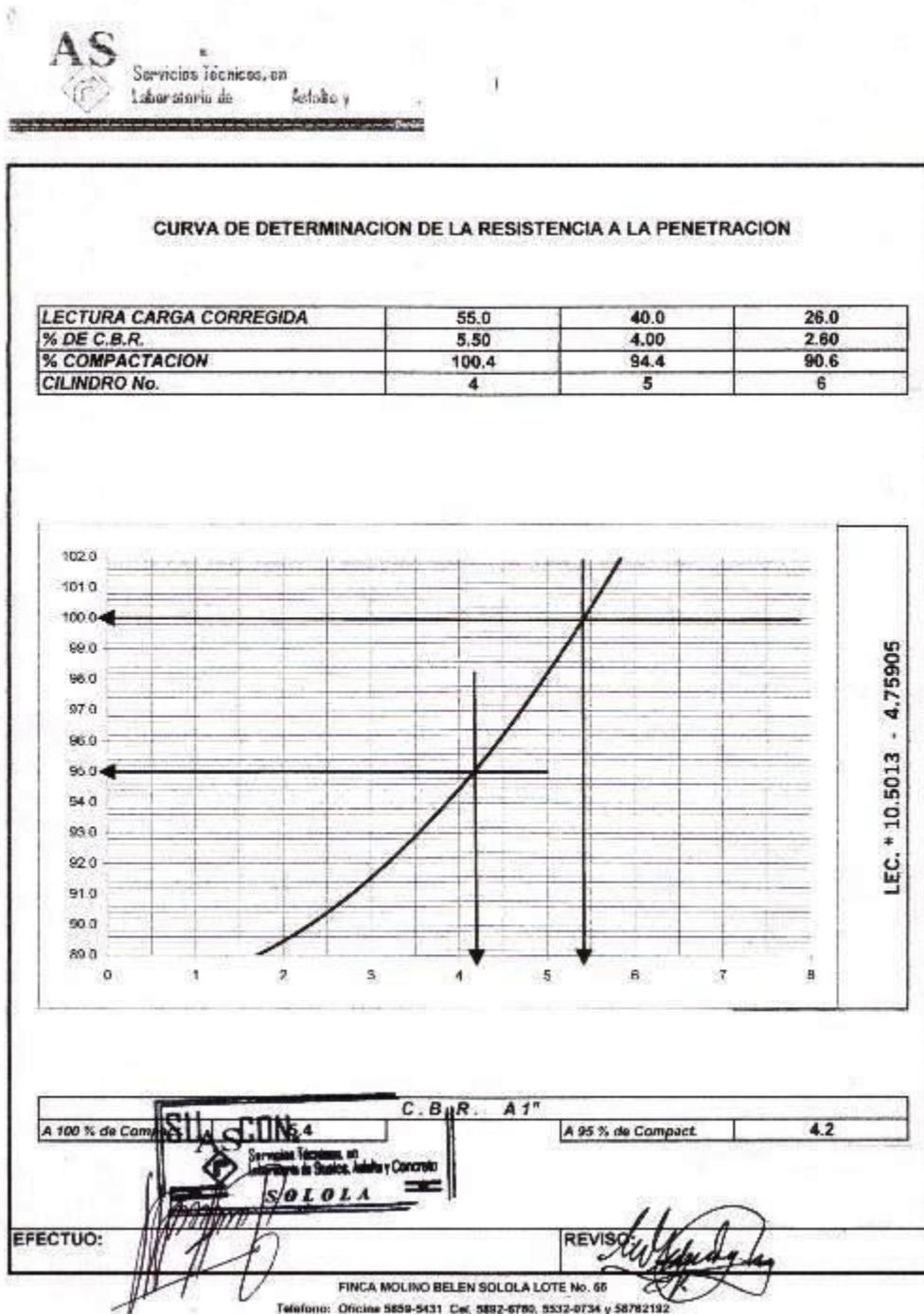


Figura 16. Ensayo de C.B.R. a 2"

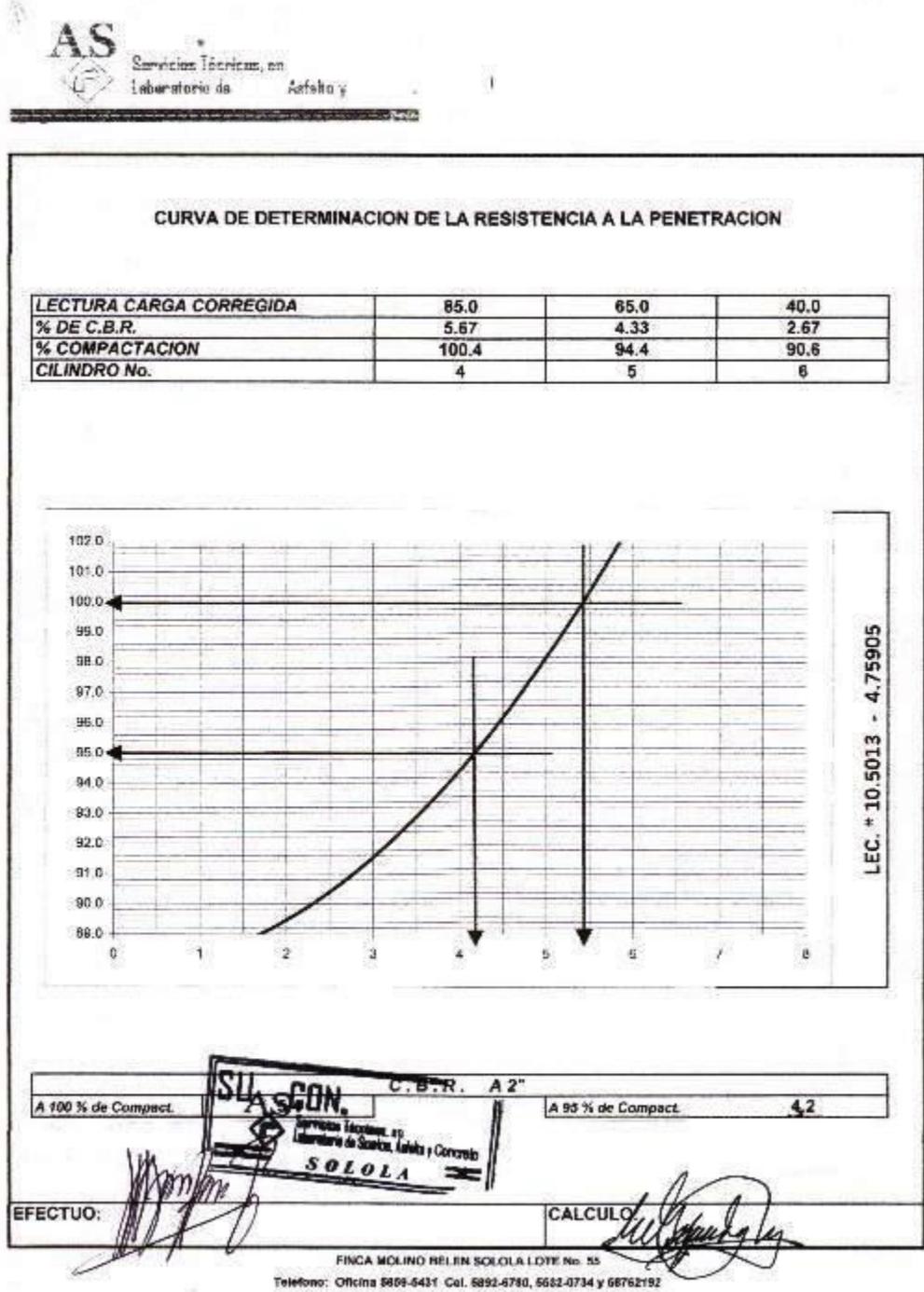


Figura 17. Curvas de C.B.R.

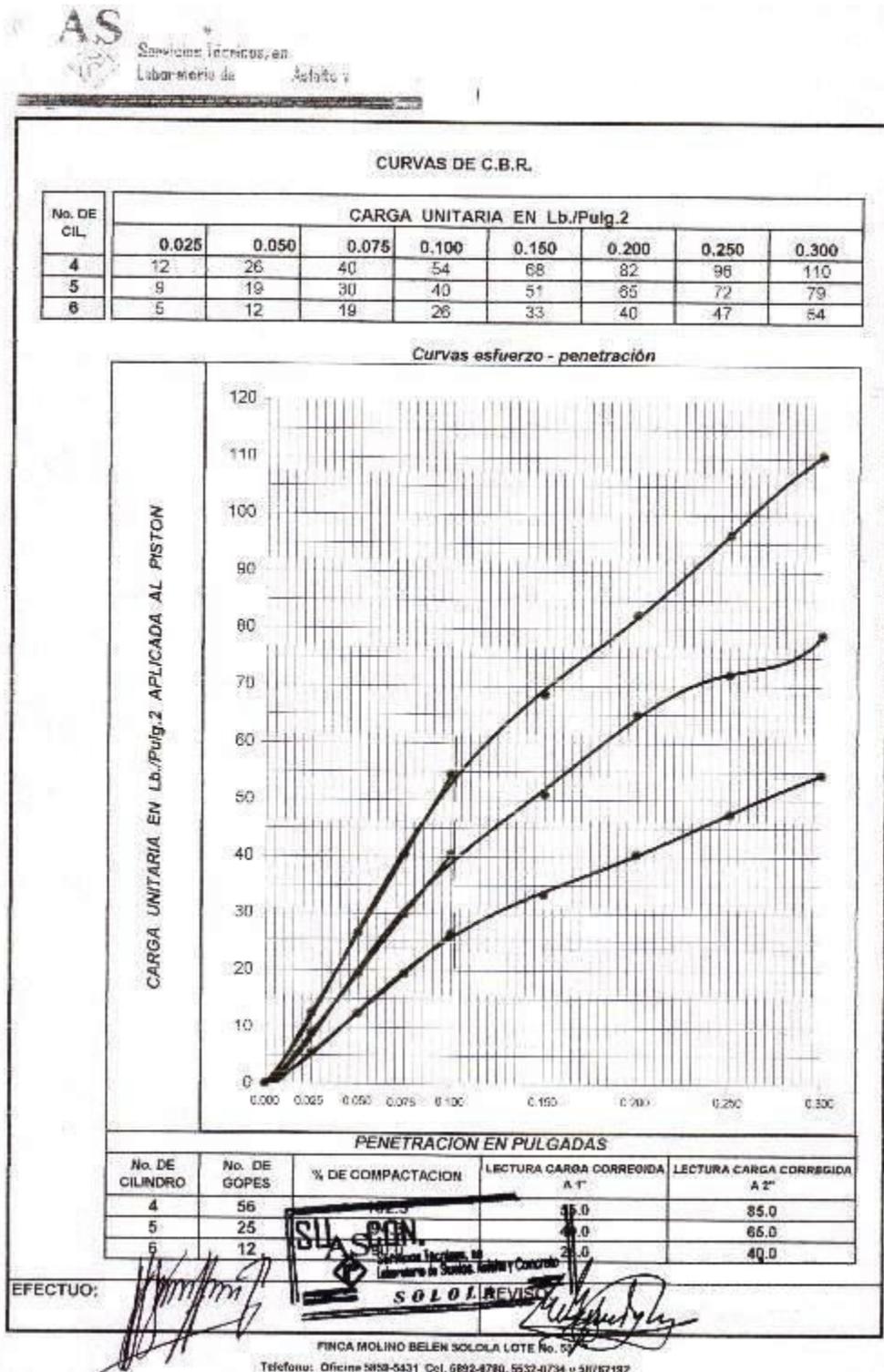
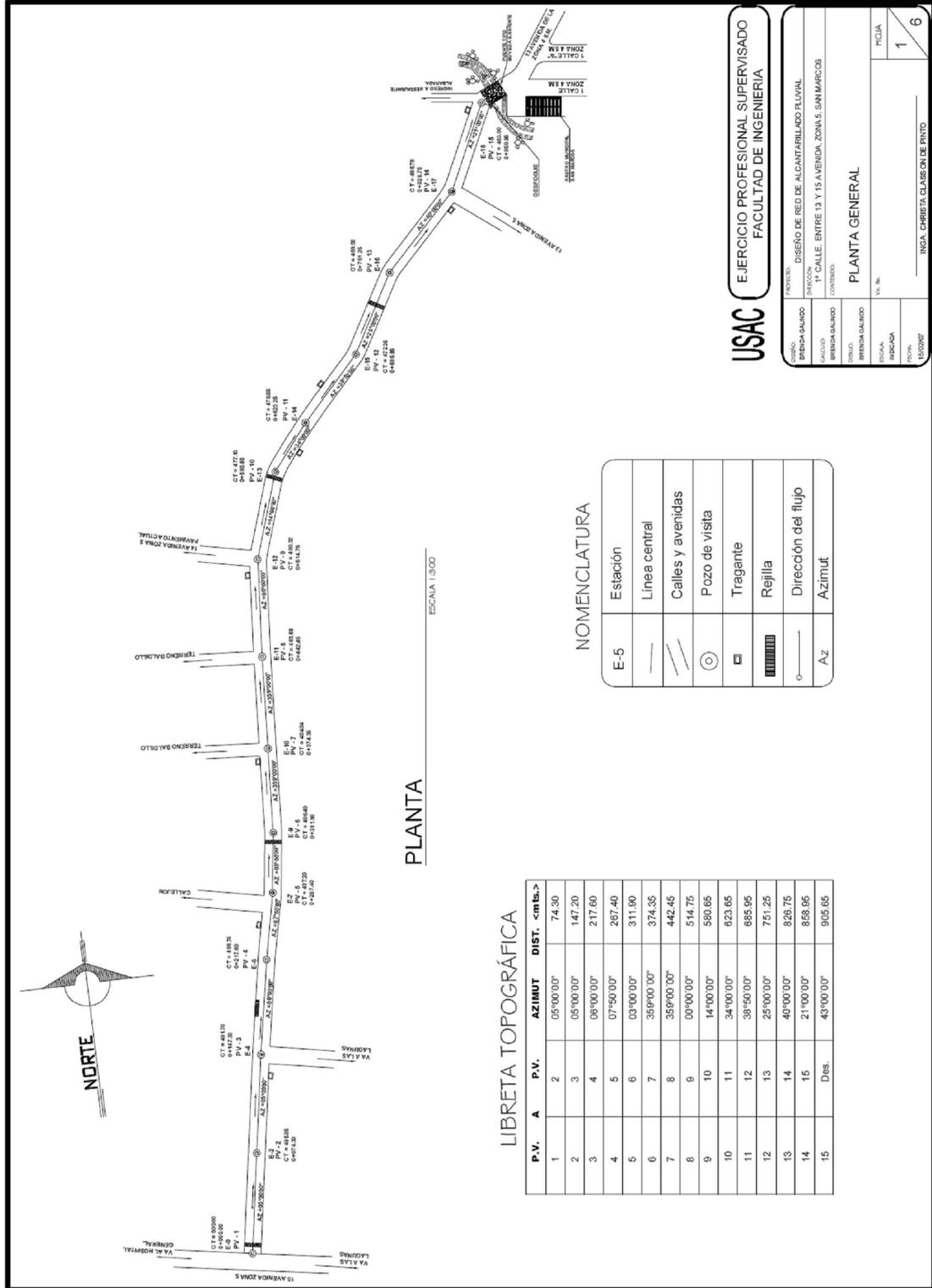


Figura 18. Planta general (drenaje pluvial)



LIBRETA TOPOGRÁFICA

P.V.	A	P.V.	AZIMUT	DIST. <mts.>
1	2	05°00'00"	74.30	
2	3	05°00'00"	147.20	
3	4	08°00'00"	217.60	
4	5	07°50'00"	267.40	
5	6	03°00'00"	311.90	
6	7	369°00'00"	374.35	
7	8	359°00'00"	442.45	
8	9	00°00'00"	514.75	
9	10	14°00'00"	580.65	
10	11	34°00'00"	623.65	
11	12	38°50'00"	685.95	
12	13	25°00'00"	751.25	
13	14	40°00'00"	828.75	
14	15	21°00'00"	859.95	
15	Des.	43°00'00"	905.65	

NOMENCLATURA

E-5	Estación
—	Línea central
—	Calles y avenidas
⊙	Pozo de visita
□	Tragante
▨	Rejilla
—	Dirección del flujo
Az	Azímüt

USAC

EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
FACULTAD DE INGENIERIA

PROYECTO: DISEÑO DE RED DE ALCANTARILLADO PLUVIAL
UBICACIÓN: 1° CALLE ENTRE 13 Y 15 AVENIDA, ZONA 5, SAN MARCOS
CONTENIDO: PLANTA GENERAL

AUTOR: INGENIERO GILBERTO GONZÁLEZ
REVISOR: INGENIERO GILBERTO GONZÁLEZ
FECHA: 15/05/2007

PÁGINA: 1
TOTAL: 6

Figura 21. Planta general (pavimento rígido)

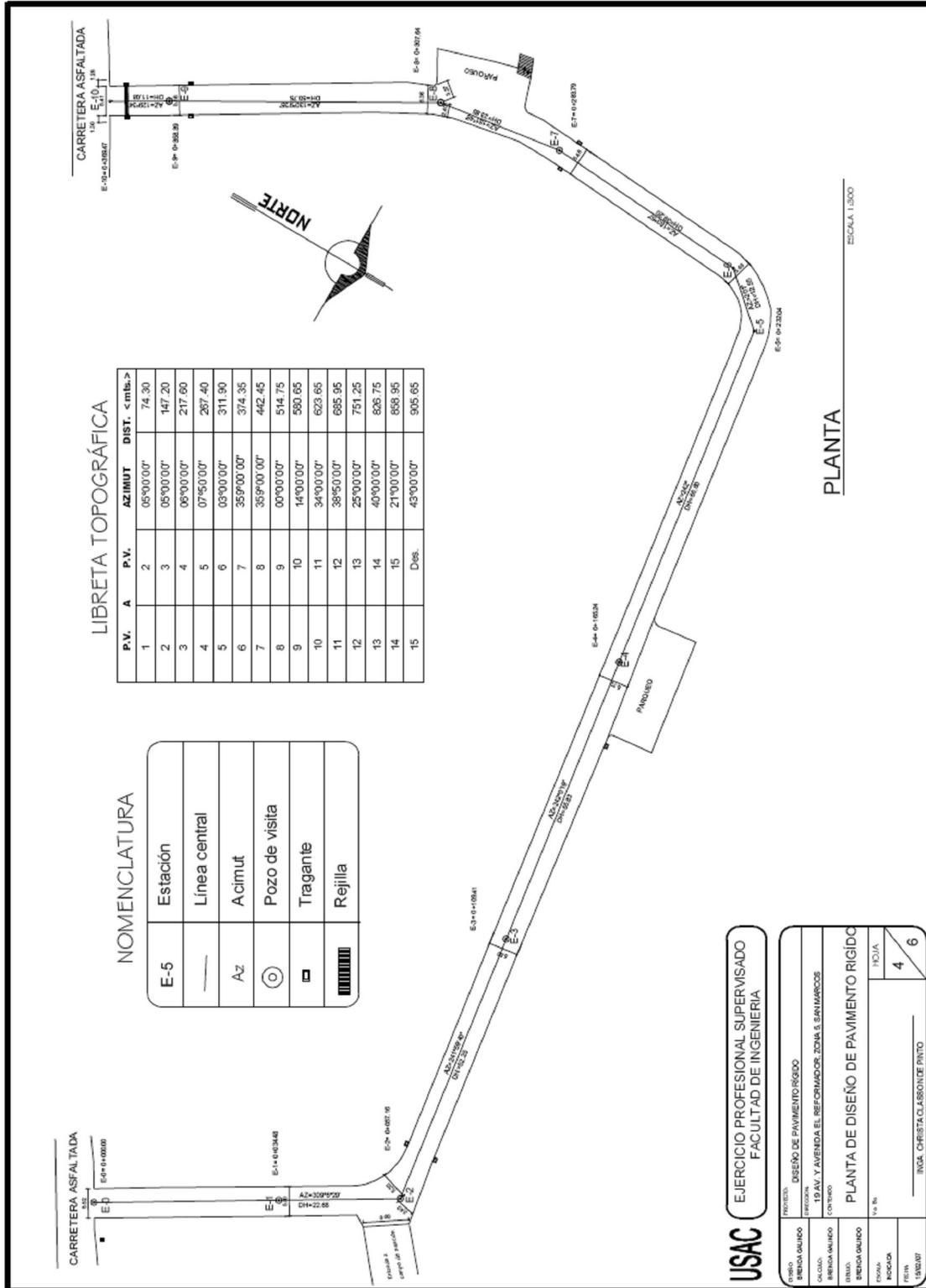


Figura 22. Perfil (pavimento rígido)

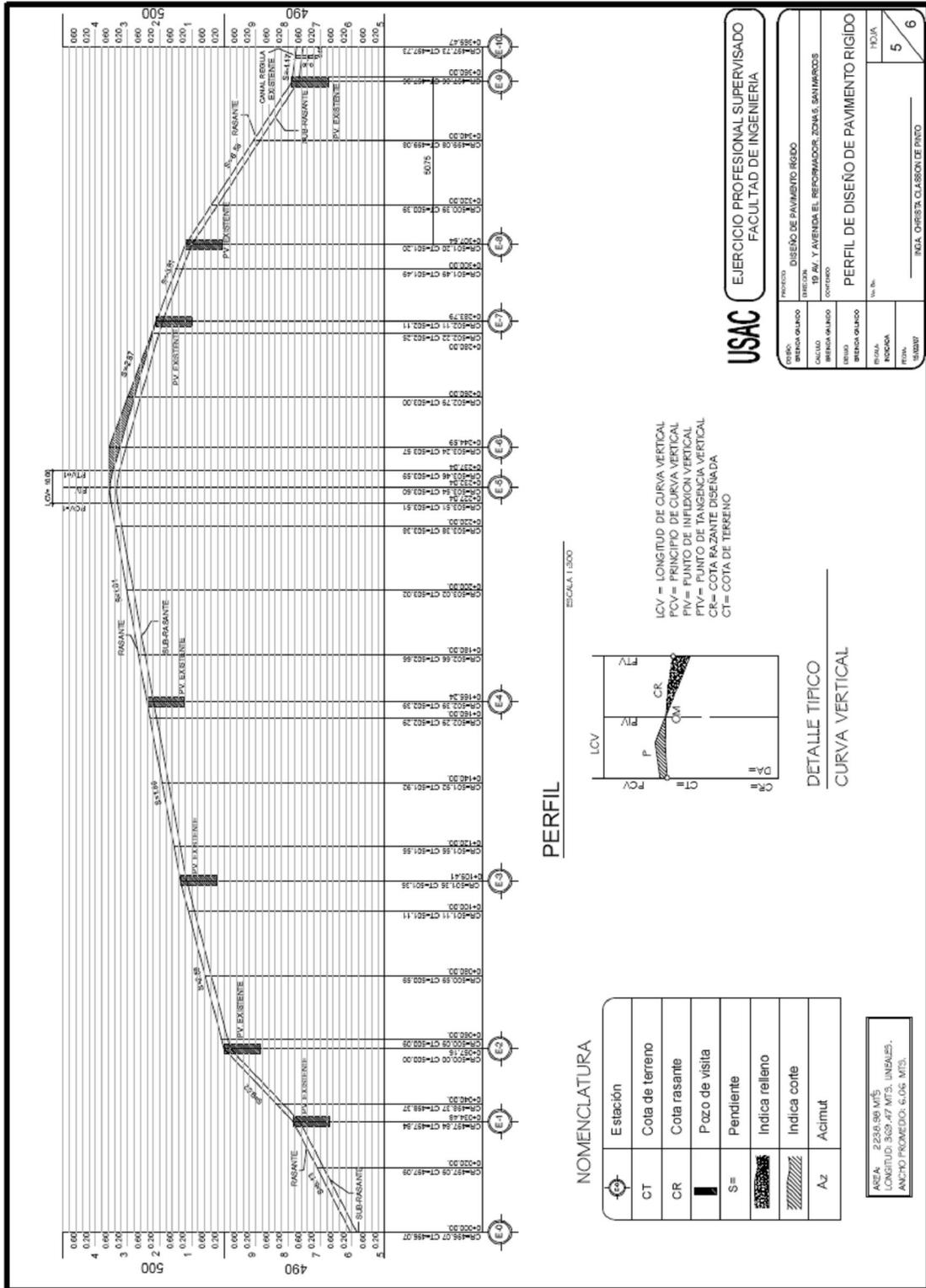


Figura 23. Plano de detalles (pavimento rígido)

