



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

**DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO DEL BARRIO LA  
LAGUNA Y DISEÑO DEL PAVIMENTO RÍGIDO DEL CAMINO QUE  
CONDUCE A LA ALDEA SAN NICOLÁS, MUNICIPIO DE ESTANZUELA  
DEL DEPARTAMENTO DE ZACAPA**

**Carlos Humberto Guzmán Cabrera**

**Asesorado por el Ing. Ángel Roberto Sic García**

**Guatemala, julio de 2008**

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



**FACULTAD DE INGENIERÍA**

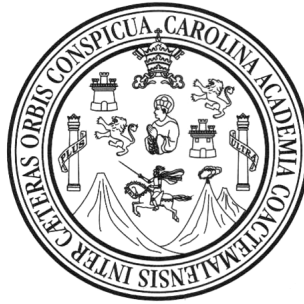
**DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO DEL BARRIO LA  
LAGUNA Y DISEÑO DEL PAVIMENTO RÍGIDO DEL CAMINO QUE  
CONDUCE A LA ALDEA SAN NICOLÁS, MUNICIPIO DE ESTANZUELA  
DEL DEPARTAMENTO DE ZACAPA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN  
PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**CARLOS HUMBERTO GUZMÁN CABRERA**  
ASESORADO POR EL ING. ÁNGEL ROBERTO SIC GARCÍA  
AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE  
**INGENIERO CIVIL**

GUATEMALA, JULIO DE 2008

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Ángel Roberto Sic García
EXAMINADOR	Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
EXAMINADOR	Ing. Fernando Amilcar Boiton Velásquez
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne 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 DEL SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO DEL BARRIO LA LAGUNA Y DISEÑO DEL PAVIMENTO RÍGIDO DEL CAMINO QUE CONDUCE A LA ALDEA SAN NICOLÁS, DEL MUNICIPIO DE ESTANZUELA DEL DEPARTAMENTO DE ZACAPA,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 13 de febrero de 2008.

Carlos Humberto Guzmán Cabrera

## **ACTO QUE DEDICO A:**

### **DIOS**

Por darme la oportunidad de alcanzar mi meta y acompañarme con sabiduría e iluminación en éstos años de mi vida.

### **MIS PADRES**

Carlos Guzmán y Rubenia Cabrera, gracias por su amor y el sacrificio para llegar a obtener éste triunfo, y que éste trabajo sea un reconocimiento a sus esfuerzos.

### **MIS HERMANOS**

Josué, Jonathan y Omar, con cariño y aprecio.

### **TODA MI FAMILIA**

En especial a mi abuelita Esperanza Sánchez y a mi tío el Ingeniero Marlon Cabrera, por sus consejos y el apoyo incondicional que me han brindado.

### **MIS AMIGOS**

Por los momentos difíciles e inolvidables que pasamos en estos años de estudio, y por la amistad que nos une.

## **AGRADECIMIENTOS:**

A Dios y a mis padres, porque son la parte fundamental de mi vida, y este logro es de ellos más que mío. Gracias por su apoyo y gran amor.

Al alcalde municipal Leandro Morales, por haberme permitido realizar el Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S), en la municipalidad de Estandzuela.

A mis amigos de la OMP (Oficina Municipal de Planificación), por su amistad y el apoyo que me brindaron.

A mi familia en el municipio de Estandzuela, especialmente a Oliverio Castañeda, Mario Cabrera, Victoria Cabrera y Nery Cabrera, gracias por el apoyo incondicional y cariño que me brindaron, que Dios los bendiga.

Al Ingeniero Ángel Roberto Sic García, por su valiosa colaboración en la asesoría, revisión y corrección del presente trabajo de graduación.

A la Universidad de San Carlos de Guatemala, en especial a la Facultad de Ingeniería, por haberme formado como profesional.

# ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</b>	<b>V</b>
<b>LISTA DE SÍMBOLOS</b>	<b>VII</b>
<b>GLOSARIO</b>	<b>IX</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>XI</b>
<b>OBJETIVOS</b>	<b>XIII</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>XV</b>

## **1. MONOGRAFÍA DEL MUNICIPIO DE ESTANZUELA, ZACAPA**

1.1 Generalidades	1
1.1.1 Límites y localización	1
1.1.2 Accesos y comunicaciones	2
1.1.3 Topografía e hidrológica	2
1.1.4 Aspectos climáticos	2
1.1.5 Actividades económicas	2
1.1.6 Servicios con los que cuenta	3
1.1.7 Población	3
1.2 Principales necesidades del municipio	4
1.2.1 Vías de acceso	4
1.2.2 Contaminación por aguas negras	4

## **2. DISEÑO DEL PAVIMENTO RÍGIDO DEL CAMINO QUE CONDUCE A LA ALDEA SAN NICOLÁS**

2.1 Descripción del proyecto a desarrollar	5
2.2 Definición de pavimentos	5
2.3 Tipos de pavimentos	5
2.3.1 Pavimentos flexibles	6

2.3.2 Pavimentos rígidos	6
2.4 Topografía	6
2.4.1 Planimetría	7
2.4.2 Altimetría	7
2.5 Ensayos de laboratorio de suelos	7
2.5.1 Ensayo de granulometría	8
2.5.2 Límites de Atterberg	8
2.5.2.1 Límite líquido	8
2.5.2.2 Límite plástico	9
2.5.2.3 Índice plástico	9
2.5.3 Ensayo de compactación o proctor modificado	10
2.5.4 Ensayo de valor soporte CBR	10
2.5.5 Análisis de resultados de laboratorio de suelos	11
2.6 Tránsito promedio diario	11
2.7 Consideraciones de diseño de pavimentos rígidos	12
2.7.1 Sub-rasante	13
2.7.2 Sub-base	13
2.7.3 Carpeta de rodadura	14
2.8 Trabajos preliminares	14
2.9 Diseño de la carpeta de rodadura	15
2.10 Diseño geométrico de una carretera	18
2.10.1 Curva horizontal	18
2.10.2 Curva vertical	20
2.10.2.1 Longitudes de curvas verticales	21
2.11 Drenajes menores en vías pavimentadas	23
2.11.1 Consideraciones de drenajes en vías pavimentadas	23
2.11.2 Consideraciones hidráulicas	23
2.11.2.1 Corriente de agua	24
2.11.2.2 Gradiente hidráulico	24
2.11.2.3 Diseño hidráulico	25
2.11.2.3.1 El método racional	26
2.11.2.4 Pendiente crítica	27



2.11.3 Drenajes transversales	28
2.12 Especificaciones de construcción de pavimento rígido	29
2.13 Consideraciones de operación y mantenimiento de pavimentos rígidos	32
2.14 Estudio de impacto ambiental	36
2.15 Presupuesto del proyecto	39
2.16 Cronograma de ejecución	40

### **3. DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO DEL BARRIO LA LAGUNA**

3.1 Descripción del proyecto	41
3.2 Estudio de la población a servir	41
3.2.1 Encuesta	41
3.3 Levantamiento topográfico	42
3.3.1 Planimetría	42
3.3.2 Altimetría	43
3.4 Trazo de la red	43
3.5 Diseño de la red	43
3.5.1 Período de diseño	43
3.5.2 Población de diseño	44
3.5.3 Dotación	45
3.5.4 Factor de retorno	45
3.5.5 Factor de caudal medio	46
3.5.6 Factor de Harmond	46
3.5.7 Caudal sanitario	47
3.5.7.1 Caudal domiciliar	47
3.5.7.2 Caudal de diseño	47
3.5.7.3 Caudal de infiltración	48
3.5.7.4 Caudal de conexiones ilícitas	48
3.6 Relación de diámetros y caudales	49
3.7 Velocidades mínimas y máximas	49

3.8 Cotas invert	49
3.9 Pozos de visita	50
3.10 Conexiones domiciliarias	51
3.11 Profundidades mínimas de tuberías	53
3.12 Tratamiento propuesto	53
3.12.1 Fosas sépticas	53
3.13 Diseño de la red del alcantarillado sanitario	54
3.14 Estudio de impacto ambiental	59
3.15 Presupuesto del proyecto	64
3.16 Evaluación socio-económica	66
3.16.1 Valor presente neto	66
3.16.2 Tasa interna de retorno	68
3.17 Cronograma de ejecución	69
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>71</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>73</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>75</b>
<b>APÉNDICE</b>	<b>77</b>

# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## FIGURAS

1.	Ubicación del municipio de Estanzuela	1
2.	Elementos de una curva horizontal	19
3.	Curva vertical cóncava	21
4.	Curva vertical convexa	22
5.	Partes de un pozo de visita	51
6.	Conexiones domiciliarias	52
7.	Resultados de laboratorio de suelos	83

## TABLAS

I.	Tipos de suelos de sub-rasante y valores aproximados de K	16
II.	Clasificación de vehículos, según su categoría	17
III.	Categoría 1. Pavimento rígido.	17
IV.	Pavimento con juntas con agregados de trave	18
V.	Valores de K para curvas cóncavas y convexas	22
VI.	Presupuesto de pavimento rígido	39
VII.	Cronograma de ejecución pavimento rígido	40
VIII.	Presupuesto de drenaje sanitario	64
IX.	Cronograma de ejecución drenaje sanitario	69
X.	Relaciones hidráulicas para sección circular	79
XI.	Diseño hidráulico de drenaje sanitario	91



## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>a/A</b>	Relación de alturas
<b><math>\Delta</math></b>	Delta de curva
<b>cm</b>	Centímetro
<b>d/D</b>	Relación de diámetros
<b>D</b>	Diámetro de la tubería
<b>Dist H</b>	Distancia Horizontal
<b>f'c</b>	Resistencia máxima del concreto
<b>Fqm</b>	Factor de caudal medio
<b>G</b>	Grado de curva
<b>hab.</b>	Habitantes
<b>H</b>	Altura
<b>Hpv</b>	Altura de pozos de visita
<b>I.P.</b>	Índice de Plasticidad
<b>INFOM</b>	Instituto de Fomento Municipal
<b>kg.</b>	Kilogramos
<b>km.</b>	Kilómetros
<b>L</b>	Longitud
<b>lts.</b>	Litros
<b>L.L.</b>	Límite Líquido
<b>L/hab/día</b>	Litros por habitante por día
<b>m.</b>	Metros
<b>Mm.</b>	Milímetros
<b>m/s</b>	Metros por segundo (velocidad)
<b>PV.</b>	Pozo de visita
<b>PCA</b>	Asociación del Cemento Pórtland
<b>Po</b>	Punto observado
<b>Q</b>	Caudal de diseño a sección parcialmente llena
<b>q/Q</b>	Relación de caudales

<b>Q</b>	Caudal a sección llena
<b>R</b>	Radio de curva
<b>S</b>	Pendiente del terreno
<b>S (%)</b>	Pendiente en porcentaje
<b>Seg.</b>	Segundos
<b>TPD</b>	Tránsito Promedio Diario
<b>v</b>	Velocidad del flujo en la alcantarilla
<b>V</b>	Velocidad del flujo a sección llena
<b>v/V</b>	Relación de velocidades
<b>Ø</b>	Diámetro
<b>'</b>	Minutos
<b>“</b>	Segundos

## GLOSARIO

<b>Aguas negras</b>	Generalmente, se llama así, a las aguas de desechos provenientes de usos domésticos e industriales.
<b>Colector</b>	Tubería, generalmente de servicio público, que recibe y conduce las aguas indeseables de la población al lugar de descarga.
<b>Concreto</b>	Es un material pétreo, artificial, obtenido de la mezcla, en proporciones determinadas, de cemento, arena, piedrín y agua.
<b>Conexión domiciliar</b>	Tubería que conduce las aguas negras desde el interior de la vivienda hasta el frente.
<b>Compactación</b>	Acción de hacer alcanzar a un material una textura apretada o maciza.
<b>Cota de terreno</b>	Número en los planos topográficos, indica la altura de un punto sobre un plano de referencia.
<b>Densidad</b>	Relación entre la masa y el volumen de un cuerpo.

<b>Descarga</b>	Lugar donde se vierten las aguas negras provenientes de un colector, las que pueden estar crudas o tratadas.
<b>Dotación</b>	Estimación de la cantidad de agua que en promedio consume cada habitante por día.
<b>Estación</b>	Cada uno de los puntos en el que se coloca el instrumento topográfico, en cualquier operación de levantamiento planimétrico o de nivelación.
<b>Pozo de visita</b>	Es una obra accesorio de un sistema de alcantarillado que permite el acceso al colector y cuya finalidad es facilitar el mantenimiento del sistema para que funcione eficientemente.
<b>COGUANOR</b>	Normas guatemaltecas para la construcción.
<b>Azimut</b>	Es el ángulo formado por su dirección horizontal y la del norte verdadero, determinado astronómicamente. El azimut se mide en el plano horizontal en el sentido de las agujas del reloj.
<b>Gabarito</b>	Sección transversal del trayecto vial, en donde se indica el ancho de la calle, bordillos y espesores de las diferentes capas.
<b>Junta</b>	Es el espacio dejado entre losas de concreto para absorber los movimientos diferenciales debidos a la expansión y contracción del material constituyente de las losas.



## RESUMEN

A través del Ejercicio Profesional Supervisado, se atendieron las necesidades del municipio de Estanzuela, departamento de Zacapa, en materia de infraestructura; entre las que se encontraban: vías de comunicación y tratamiento de aguas residuales.

Teniendo el conocimiento de cuáles eran las necesidades del municipio, se procedió a estudiar qué comunidades eran las prioritarias en ese momento para las autoridades ediles y se definieron los proyectos que consistieron en: Diseño del sistema de drenaje sanitario del Barrio La Laguna y diseño del pavimento rígido del camino que conduce a la aldea San Nicolás.

En el diseño del pavimento rígido, se utilizó el sistema de medición topográfica como la planimetría y altimetría, para definirse una longitud de 3,300 m. de largo y un ancho de 6 m, para luego proceder al muestreo de la sub-rasante y así conocer las propiedades del suelo por medio de los ensayos de laboratorio y diseñar el pavimento rígido; para el diseño se utilizó el método simplificado de la PCA llegando a proponer un espesor de losa de 15 centímetros, y bordillos de 15 X 10 centímetros y un bombeo pluvial del 2%.

Previo a realizar el diseño del drenaje sanitario; se estudió dónde se debía descargar el agua residual y cuál tendría que ser el tratamiento de dichas aguas; teniendo definidos los parámetros anteriormente mencionados se procedió a los trabajos previos al diseño; planimetría y altimetría, definiéndose una longitud de 3,680 m, posteriormente, se tomaron parámetros de diseño como: período de diseño, tasa de crecimiento de la población, la dotación de agua potable que percibe la población, la cantidad

de habitantes por vivienda, número de viviendas; finalmente proponiéndose un sistema de tubería PVC NORMA ASTM 3034; teniendo la certeza que con estos proyectos, la población del municipio de Estanzuela continúe con su proceso de desarrollo y mejore su calidad de vida.

## **OBJETIVOS**

### **• General**

Diseñar el sistema de drenaje sanitario para el Barrio La Laguna; así como diseñar el pavimento rígido del camino que conduce a la aldea San Nicolás del municipio de Estandzuela, departamento de Zacapa.

### **• Específicos**

1. Colaborar en dar solución a los problemas que aquejan a las comunidades, por medio de propuestas, sugerencias y críticas constructivas.
2. Mejorar las vías de comunicación y evitar la propagación de enfermedades intestinales.
3. Contribuir, por medio del diseño de proyectos de infraestructura, al desarrollo y crecimiento del municipio de Estandzuela, departamento de Zacapa.



## INTRODUCCIÓN

En este trabajo de graduación, se presentan de forma separada dos proyectos de infraestructura, cada uno contienen la respectiva descripción (ubicación, justificación, alternativas, etc) y descripción de los elementos que intervienen directamente con el diseño.

El proyecto de pavimentación será de gran beneficio para los vecinos, ya que se estará evitando el lodo que es común en calles no pavimentadas, en donde es más difícil la circulación de vehículos en invierno, provocando así el deterioro y destrucción de los automóviles, ya que actualmente el ingreso de vehículos a la aldea San Nicolás, se encuentra en malas condiciones, debido a ello se planificará la pavimentación de esta vía de acceso.

El segundo proyecto a diseñar es de gran beneficio para los habitantes del Barrio La Laguna, ya que actualmente no cuentan con el servicio de alcantarillado sanitario; y dichas aguas corren a flor de tierra, lo cual contribuye a la proliferación de enfermedades de tipo gastrointestinal; también cabe mencionar que es un foco de enfermedades epidémicas y que contamina el entorno ambiental.

Para la realización de dichos proyectos se deben tomar en cuenta todos los factores y normas de construcción, así como las recomendaciones, para garantizar de ésta forma la vida útil de los proyectos.



# 1. MONOGRAFÍA DEL MUNICIPIO DE ESTANZUELA, DEPARTAMENTO DE ZACAPA

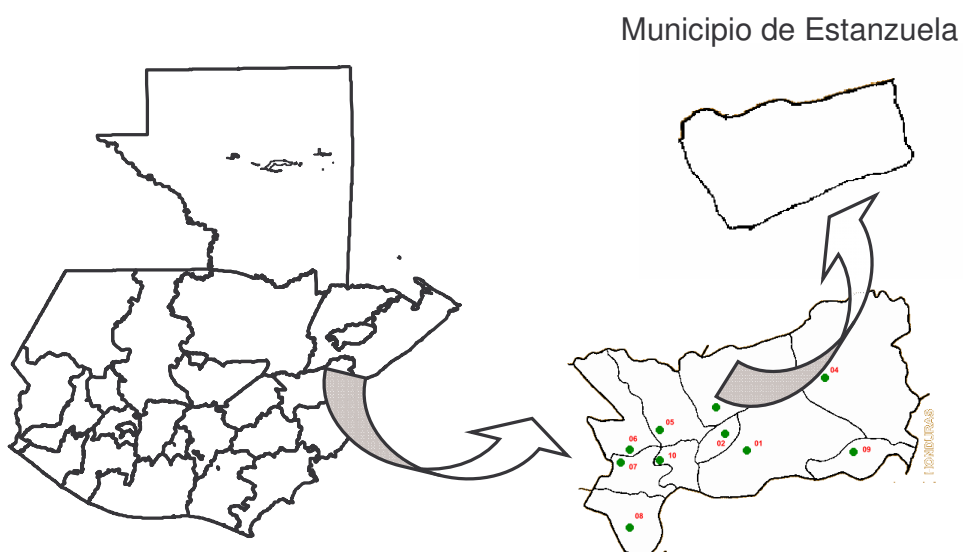
## 1.1 Generalidades

### 1.1.1 Límites y localización

Estanzuela limita al norte con los municipios de Río Hondo y Teculután, Oriente con los municipios Río Hondo y Zacapa, Sur con el municipio de Zacapa, y Poniente: con los municipios de Chiquimula y Huité

El municipio de Estanzuela se localiza en la latitud de:  $14^{\circ}59'55''$  y longitud de  $89^{\circ}34'25''$ , se encuentra a una altura de 195 metros sobre el nivel del mar, a una distancia 141 kilómetros de la ciudad capital.

**Figura 1. Ubicación del municipio de Estanzuela**



### **1.1.2 Accesos y comunicaciones**

Es importante mencionar que al partir de Estanzuela es fácil tener acceso a los principales sitios de interés de la región oriental de Guatemala. Por medio de las carreteras CA-9 y CA-20, ambas asfaltadas y en buen estado, es posible llegar a Zacapa, Río Hondo, Esquipulas y al departamento de Izabal.

### **1.1.3 Topografía e hidrografía**

El municipio es plano en un 85 % en los extremos norte y noreste registra algunas elevaciones. El territorio de Estanzuela es bañado por dos cuencas hidrográficas la del río Grande de Zacapa y la del río Motagua, ambas desembocan en la vertiente del Mar Caribe. Es importante mencionar que también es atravesado por varias quebradas que desembocan en éstas cuencas, entre ellas podemos mencionar la quebrada de El Agüacate y La Calera.

### **1.1.4 Aspectos climáticos**

El clima del municipio de Estanzuela es cálido, oscilando a una temperatura mínima promedio de 22°C y una máxima de 41°C. La temperatura media es de 32°C. Los vientos tienen una velocidad media de 6 Km/h.

### **1.1.5 Actividades económicas**

Los productos agrícolas predominantes en el municipio son el maíz, frijol, tabaco, yuca, ockra, tomate, chile pimiento y picante, berenjena, pepino, melón, sandía, mango (diferentes especies); espárrago, papaya, loroco, cachito, cebolla y manía. También cuenta con las meloneras más grandes de la



región, las cuales son fuente de trabajo para la comunidad, invernaderos de pilones, empacadora de mango, procesadora de leche, la producción pecuaria se fundamenta en la crianza de ganado vacuno, bovino, porcino.

### **1.1.6 Servicios con los que cuenta**

Los servicios con los que cuenta el municipio de Estandzuela son los siguientes:

Drenajes, iglesias evangélicas y católicas, teléfonos comunitarios y domiciliarios, agua potable, salón social y comunal en tres aldeas (San Nicolás, el Guayabal y Chispan), centro de capacitación, canchas deportivas, parques recreativos, museo de paleontología arqueología y geología, centros turísticos, establecimientos educativos pre-primaria, primaria, básico y diversificado, cooperativas, juzgado de paz, centro de salud policía nacional civil, correos y telégrafos, agencia bancaria, estación de bomberos

### **1.1.7 Población**

El municipio de Estandzuela está conformado por cuatro aldeas el Guayabal, San Nicolás, Tres Pinos y la aldea Chispan, su cabecera municipal está integrada por 24 barrios, y el cual no cuenta con caseríos.

El municipio cuenta con 66 Km<sup>2</sup>, considerando 174.2 habitantes por Km<sup>2</sup> según el diccionario municipal de Guatemala la población de Estandzuela en el año 1994 fue de 8,331 habitantes y para el año 2002 se reporta un total de 9,186 y en el año 2008 se reporta una cantidad de 11,500 habitantes, según censo realizado por la Oficina Municipal de Planificación.

## **1.2 Principales necesidades del municipio**

### **1.2.1 Vías de acceso**

Actualmente uno de los problemas es la vía de acceso a la aldea San Nicolás del municipio de Estanzuela, Zacapa, ya que se encuentra en malas condiciones para el ingreso de toda clase de vehículos, debido a ello se planificará la pavimentación del camino, ya que es de terrecería y se estará evitando el lodo que es común en calles no pavimentadas, también se tiene contemplado proponer los drenajes menores en vías pavimentadas, que conjuntamente con la pavimentación serán de beneficio no solamente para la aldea si no también para el municipio.

### **1.2.2 Contaminación por aguas negras**

Actualmente, el Barrio La Laguna no cuenta con un sistema colectivo de evacuación de las aguas servidas; teniendo cada vivienda que disponer de las aguas residuales a flor de tierra; de tal manera que la mayoría de los habitantes la depositan superficialmente en los patios de sus viviendas, formando zanjas y charcos de agua contaminada; lo cual contribuye a la proliferación de enfermedades de tipo gastrointestinal; también cabe mencionar que es un foco de enfermedades epidémicas y contamina el entorno ambiental. Por lo tanto, las principales necesidades de la población de Estanzuela son: la pavimentación de una de las vías de acceso y alcantarillado sanitario.

## **2. DISEÑO DEL PAVIMENTO RÍGIDO DEL CAMINO QUE CONDUCE A LA ALDEA SAN NICOLÁS**

### **2.1 Descripción del proyecto a desarrollar**

En el presente capítulo se desarrollará el proyecto de pavimentación rígido para el camino que conduce a la aldea San Nicolás del municipio de Estanduela, en lo referente a los aspectos relacionados con pavimentos, se describirán las propiedades del suelo y el método de diseño de espesor de losa, para pavimento rígido y una explicación de pavimento flexible.

### **2.2 Definición de pavimentos**

Es una estructura cuya función fundamental es distribuir suficientemente las cargas concentradas de las ruedas de los vehículos, de manera que el suelo subyacente pueda soportarlas sin falla o deformación excesiva. Las condiciones que debe reunir un pavimento son una superficie lisa, no resbaladiza, que resista la intemperie y finalmente debe proteger al suelo de la pérdida de sus propiedades, por efecto del sol, las lluvias y el frío.

### **2.3 Tipos de pavimentos**

Existen dos tipos de pavimentos; los rígidos y los flexibles. Para este proyecto está estipulado utilizar pavimento rígido por lo que se va a desarrollar a continuación.

### **2.3.1 Pavimentos flexibles**

Este tipo de pavimentos son los que están constituidos por asfaltos y en los cuales, la carpeta de rodadura produce una mínima distribución de cargas, las cuales se distribuyen por el contacto de partícula a partícula, en todo el espesor del pavimento.

### **2.3.2 Pavimentos rígidos**

Por lo común, un pavimento rígido consta de una losa de concreto de cemento Pórtland que se apoya sobre una capa de sub-base. (Se puede omitir ésta última capa, cuando el material de la sub-rasante es granular.) La losa posee características de viga que le permite extenderse de un lado a otro de las irregularidades en el material subyacente. Cuando se diseñan o construyen con propiedad, los pavimentos rígidos proporcionan muchos años de servicio con un mantenimiento relativamente bajo.

## **2.4 Topografía**

La planimetría y altimetría son fundamentales en todo proyecto de ingeniería civil, tales como: proyectos viales, abastecimientos de agua potable, drenajes, construcción, etc. El fin de esto, es obtener libretas de campo, que posteriormente reflejarán las condiciones topográficas del lugar, donde se ejecutará el proyecto. El estudio topográfico se realizó con el equipo siguiente:

- Un teodolito marca Wild T-1
- Un nivel de precisión marca Wild
- Una cinta métrica de 25 metros
- Una estadía

- Una plomada
- Estacas

#### **2.4.1 Planimetría**

Es el conjunto de trabajos efectuados en el campo para tomar los datos geométricos necesarios y así proyectar una figura en un plano horizontal. El método planimétrico utilizado en el tramo a pavimentar, fue la conservación del azimut para la línea central y radiaciones para el ploteo de puntos que sirvieran de referencia para el trazo del ancho de calle.

#### **2.4.2 Altimetría**

Es la medición de las alturas de una superficie de la tierra, con el fin de representarlas gráficamente, para que juntamente con la planimetría, se defina la superficie en estudio, representada en tres dimensiones. En el presente trabajo, la medición altimétrica se realizó por medio de un nivel de precisión marca Wild con su respectivo trípode y un estadal, se sacaron niveles a cada 20 m. y en las intersecciones, una vez teniendo localizada la línea central y la nivelación de la misma, se procedió a determinar las secciones transversales. Esto con el fin de tener la mayor información topográfica del camino.

### **2.5 Ensayos de laboratorio de suelos**

Los ensayos de suelos se hicieron a partir de una muestra que se obtuvo a cada 500 metros del camino a pavimentar, la profundidad de los pozos de donde se obtuvo la muestra fue de 0.50 metros.

### **2.5.1 Ensayo de granulometría**

El conocimiento de la composición granulométrica de un suelo grueso, sirve para discernir sobre la influencia que puede tener en la densidad del material compactado.

El análisis granulométrico se refiere a la determinación de la cantidad en porcentaje de diversos tamaños de las partículas que constituyen el suelo. Conocidas las composiciones granulométricas del material, se le representa gráficamente. Según los resultados obtenidos en el laboratorio, el suelo posee un 42.57% de arena, 5.27% de grava y 52.16% de finos. En donde el suelo se clasifica como Arcilla limo arenosa color café.

### **2.5.2 Límites de Atterberg**

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

- 1) Límite líquido
- 2) Límite plástico.

#### **2.5.2.1 Límite líquido**

El límite líquido (L.L) es el contenido de humedad de un suelo en el límite superior del intervalo plástico. También se define como el contenido de

humedad expresado en porcentaje de su peso seco, bajo el cual el suelo comienza a fluir, después de 25 golpes, utilizando el aparato propuesto por Artur Casagrande.

### **2.5.2.2 Límite plástico**

El Límite Plástico (L.P) se define como el contenido de humedad, expresado en porcentaje respecto al peso seco de la muestra secada al horno, para el cual los suelos cohesivos pasan de un estado semisólido a un estado plástico. Para determinar el límite plástico, generalmente se hace uso del material que, mezclado con agua, ha sobrado de la prueba de límite líquido y al cual se le evapora humedad por mezclado hasta tener una mezcla plástica que sea fácilmente moldeable. Se forma luego una pequeña bola que deberá rodillarse en seguida con la palma de la mano o en una placa de vidrio aplicando la suficiente presión a efecto de formar filamentos.

### **2.5.2.3 Índice plástico**

Representa la variación de humedad que puede tener un suelo, que se conserva en estado plástico. Tanto el límite líquido, como el límite plástico, dependen de la calidad y del tipo de arcilla. El índice plástico es la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico.

Según Atterberg:

Índice plástico = 0 entonces, suelo no plástico;

Índice plástico = 7 entonces, suelo tiene baja plasticidad

$7 \leq I.P. \leq 17$  suelo medianamente plástico

Dado que el índice plástico, es de 7.79 según el laboratorio, el suelo se encuentra clasificado en medianamente plástico.

### **2.5.3 Ensayo de compactación o proctor modificado**

La prueba de Proctor Modificado, según la norma A.A.S.T.H.O. T-180, se refiere a la determinación del peso por unidad de volumen, de un suelo que ha sido compactado por un procedimiento definido, para diferentes contenidos de humedad.

Los resultados indican que posee una densidad seca máxima de 1.690 t/m<sup>3</sup>, humedad óptima de 16.6%. La humedad que contenga el suelo, representa la cantidad de agua necesaria para que el suelo pueda alcanzar el grado máximo de resistencia y acomodo de sus partículas.

### **2.5.4 Ensayo de valor soporte CBR**

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

Este ensayo generalmente se determina para 0.1" y 0.2" de penetración o sea dividiendo el esfuerzo para cada penetración entre un esfuerzo de 1000lbs/plg<sup>2</sup> y uno de 1500 lb/plg<sup>2</sup> respectivamente.



### **2.5.5 Análisis de resultados de laboratorio de suelos**

Los resultados obtenidos, de los ensayos realizados a la muestra representativa, así como las gráficas, pueden observarse en los apéndices.

De éstos resultados dependen los espesores de las diferentes capas que conforman el pavimento rígido.

#### **El resumen de resultados se muestra a continuación:**

Clasificación P.R.A. = A – 4

Clasificación S.C.U. = ML

Descripción del suelo = Arcilla limo arenosa color café

Límite líquido = 34.48 %

Índice plástico = 7.79 %

Peso unitario seco máximo = 105.52 lbs / pie<sup>3</sup>

Humedad óptima = 16.6 %

C.B.R. = al 83.8 % de compactación de 6.5 %

### **2.6 Tránsito promedio diario**

El principal factor en la determinación del espesor de un pavimento es el tránsito promedio diario que pasará sobre éste. Por eso es necesario conocer datos como:

- TPD: tránsito promedio diario en ambas direcciones de todos los vehículos

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

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

El TPDC sólo excluye camiones de seis llantas y unidades simples o combinaciones de tres ejes o más. Como no se incluyen paneles, pick – ups, o algún otro camión de dos ejes y cuatro llantas, el número permisible de camiones de todo tipo tiene que ser mayor que el TPDC tabulado para calles y carreteras secundarias.

## **2.7 Consideraciones de diseño de pavimentos rígidos**

Es importante mencionar que el pavimento es la estructura que descansa sobre la sub-rasante o terreno de fundación, conformada por las diferentes capas de sub-base, base y carpeta de rodadura. Tiene como objetivo distribuir las cargas unitarias del tránsito sobre el suelo para disminuir su esfuerzo, proporcionando una superficie de rodadura suave para los vehículos y que proteja al suelo de los efectos adversos del clima, los cuales afectan su resistencia y durabilidad.

Para el diseño del pavimento rígido se utilizó el método simplificado de la PCA, en donde se han elaborado tablas basadas en distribuciones de cargas para diferentes categorías de calles y carreteras. Estas tablas están formuladas para un período de diseño de 20 años y contemplan un factor de seguridad de carga. Este factor es de 1, 1.1, 1.2 y 1.3 para las categorías 1, 2, 3 y 4, respectivamente.

Para determinar el espesor de la losa es necesario conocer los esfuerzos combinados de la sub-rasante y la base, ya que mejoran la estructura del pavimento rígido.

### **2.7.1 Sub-rasante**

Es el nivel del terreno, sobre el que se asientan los diferentes elementos del pavimento de una carretera, se extiende hasta una profundidad, en la que no le afecte la carga de diseño, correspondiente al tránsito previsto.

Se determina el valor de K (módulo de reacción) para éste diseño que en este caso corresponde a una sub-rasante formada por arcilla y limo arenosa en su mayoría, por lo que le corresponde un soporte bajo con un valor de K entre 75 y 120, por lo que tomaremos  $K=100 \text{ lb/plg}^3$  (Ver Tabla I).

### **2.7.2 Sub-base**

Es la primera capa del pavimento y está constituida por una capa de material selecto o estabilizado, de un espesor compactado, según las condiciones y características de los suelos existentes en la sub-rasante, pero en ningún caso menor de 10 centímetros ni mayor de 70 centímetros.

Las principales funciones de la sub-base son:

- a) Transmitir y distribuir las cargas provenientes de la base.
- b) Servir de material de transición entre la terracería y la base, así también como elemento aislador; previniendo la contaminación de la base, cuando la terracería contenga materiales muy plásticos.

c) Romper la capilaridad de la terracería y drenar el agua proveniente de la base, hacia las cunetas. Es importante que la sub-base y la base en su sección transversal, sean interceptadas por las cunetas, para que éstas drenen fácilmente el agua que aquellas eliminan.

### **2.7.3 Carpeta de rodadura**

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

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

## **2.8 Trabajos preliminares**

**Remoción de la capa de rodadura existente:** éste trabajo consiste en retirar la capa de empedrado o adoquín existente, utilizando para ello mano de obra y maquinaria.

**Hechura de cajuela:** antes de proceder al corte del terreno natural, después de remover el empedrado o el adoquín se deberá tener en cuenta la profundidad de los conductos subterráneos existentes utilizados para servicios públicos, como agua potable, drenajes, electricidad, teléfono, etc.

Para evitar ruptura de ellos al momento de iniciar la excavación.

Se deberá definir la profundidad del corte tomando en cuenta las diferencias de la altura entre la banquetta y la superficie de rodadura que fueron anotadas antes de remover el adoquín o empedrado.

## **2.9 Diseño de la carpeta de rodadura**

Para obtener el espesor de la losa se procedió de la siguiente manera:

- Lo primero que se obtuvo fue la identificación de la categoría uno de la Tabla II, donde se consideraron más de 200 vehículos diarios para 20 años, de las cuales se tomo un porcentaje del 2% del TPDC en ambas direcciones.
- Se calcula el módulo de ruptura del concreto tomando un porcentaje de la resistencia a compresión, la cual es del 15%  $f'_c$ ; el  $f'_c$  tiene un valor de 4,000 psi y el módulo de ruptura es de 600 psi.
- En la Tabla IV se busca el lado derecho, por incluir bordillo, en el diseño de losa. El soporte de la sub-rasante tiene un carácter bajo al buscar en el sector soporte de la correspondiente a un módulo de ruptura de 600 PSI, el cual está entre 6" y 6.5", por facilidad de construcción se dejará de 15 cm. de espesor.
- Las juntas transversales serán construidas a cada 3.00 metros y la junta longitudinal a cada 3.50 metros, la pendiente de bombeo será de 2%, así como lo indica el labarito de los planos.

**Tabla I. Tipos de suelos de sub-rasante y valores aproximados de K**

<b>Tipos de suelo</b>	<b>Soporte</b>	<b>Rango de valores de K Lbs / plg<sup>3</sup></b>
Suelos de grano fino en el cual el tamaño de partículas de limo y arcilla predominan	Bajo	75 - 120
Arenas y mezclas de arenas con grava, con una cantidad considerable de limo y arcilla	Medio	130 - 170
Arenas y mezclas de arenas con grava, relativamente libre de finos	Alto	180 - 220
Sub-bases tratadas con cemento	Muy alto	250 - 400

Según los datos obtenidos en el laboratorio tenemos suelo de grano fino, donde el tamaño de partículas de limo y arcilla predominan.

Entonces, se llega a la conclusión que el suelo tiene un soporte bajo y el rango de valor de K lbs/plg<sup>3</sup> está comprendido entre 75-120 lbs/plg<sup>3</sup>

En este caso tomaremos un valor de K de 100 lbs/plg<sup>3</sup>.

**Tabla II. Clasificación de vehículos, según su categoría**

Categoría	Descripción	Tráfico			Máxima carga por eje, KIPS	
		TPD	TPDC		Sencillo	Tandem
			%	por día		
1	Calles residenciales, carreteras rurales y secundarias (bajo a medio)	200 a 800	1 a 3	arriba de 25	22	36
2	Calles colectoras, carreteras rurales y secundarias (altas), carreteras primarias y calles arteriales (bajo)	700 a 5000	5 a 18	de 40 a 1000	26	44
3	Calles arteriales y carreteras primarias (medio) supercarreteras o interestatales urbanas y rurales (bajo a medio)	3000 a 12000 para 2 carriles, 3000 a 5000 para 4 carriles o más	8 a 30	de 500 a 5000	30	52
4	Calles arteriales, carreteras primarias, supercarreteras (altas) interestatales urbanas y rurales (medio a alto)	3000 a 20000 para 2 carriles, 3000 a 15000 para 4 carriles o más	8 a 30	de 1500 a 8000	34	60

**Tabla III. Categoría 1 (pavimento rígido)**

Sub - rasante			
Capa	Buena	Regular	Pobre
	Espesor en cms		
LOSA*	13	13	15
SUB- BASE GRANULAR	0	10	10

Tabla IV. Pavimento con juntas con agregados de trave

MR	Espesor de losa Pulg.	Sin hombros de concreto o bordillo				Espesor de losa Pulg.	Con hombros de concreto o bordillo			
		Soporte Subrasante - Subbase					Soporte Subrasante - Subbase			
		Bajo	Medio	Alto	Muy Alto		Bajo	Medio	Alto	Muy Alto
650 PSI	5.5				5		3	9	42	
	6		4	12	59	5.5	9	42	120	450
	6.5	9	43	120	490	6	96	380	700	970
	7	80	320	840	1200	6.5	650	1000	1400	2100
	7.5	490	1200	1500		7	1100	1900		
	8	1300	1900							
600 PSI	6				11	5			1	8
	6.5		8	24	110	5.5	1	8	23	98
	7	15	70	190	750	<b>6</b>	<b>19</b>	<b>84</b>	<b>220</b>	<b>810</b>
	7.5	110	440	1100	2100	6.5	160	520	1400	2100
	8	590	1900			7	1000	1900		
	8.5	1900								
550 PSI	6.5			4	19	5.5			3	17
	7		11	34	150	6	3	14	41	160
	7.5	19	84	230	890	6.5	29	120	320	1100
	8	120	470	1200		7	210	770	1900	
	8.5	560	2200			7.5	1100			
	9	2400								



## 2.10 Diseño geométrico de una carretera

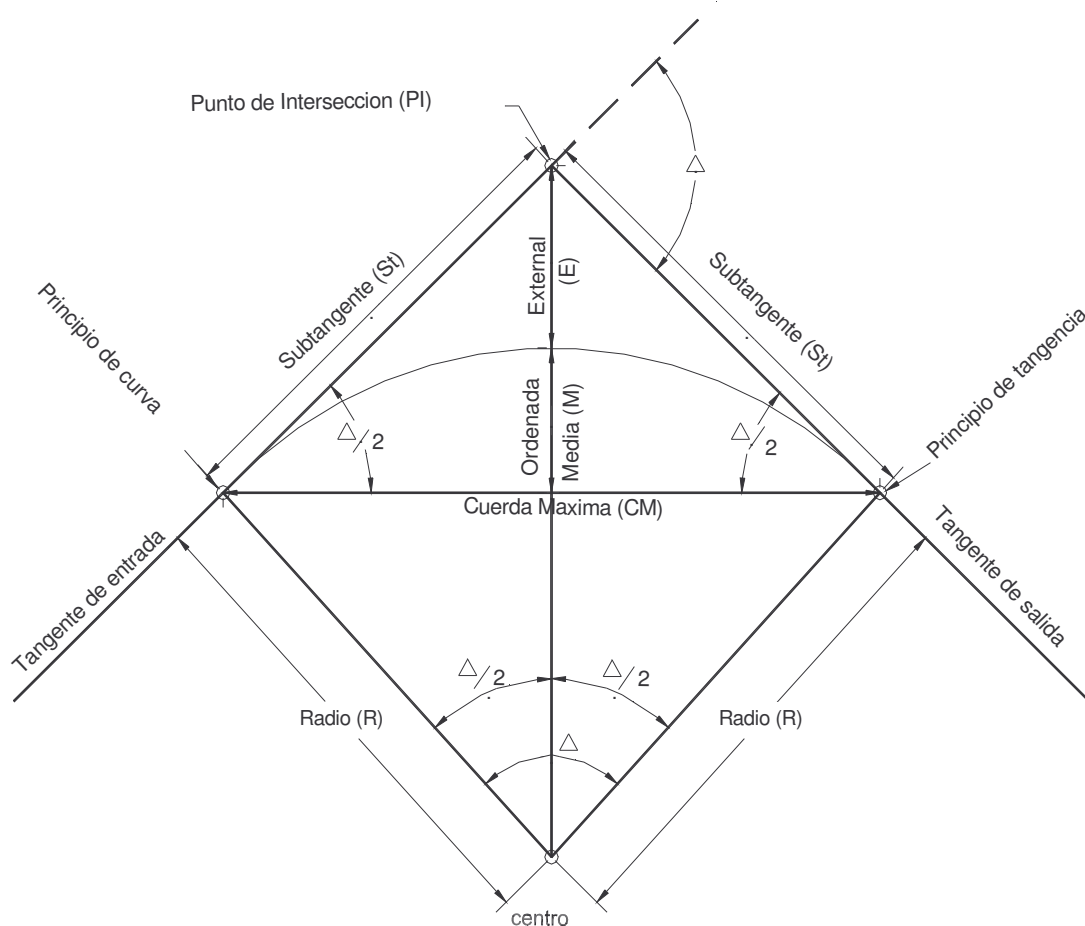
### 2.10.1 Curva horizontal

Se le llama curva circular horizontal, al arco de circunferencia del alineamiento horizontal que une dos tangentes, luego de calcular los puntos de intersección, las distancias y los azimut, se procede al cálculo de las partes de curva que servirán para el trazo de la carretera.



Una vez escogida la curva, se calculan sus elementos, entre los que se encuentran la sub-tangente ( $St$ ), el largo de curva ( $L_c$ ), el radio ( $R$ ), el principio de curva ( $PC$ ), el delta ( $\nabla$ ), la cuerda máxima ( $CM$ ), la ordenada media ( $Om$ ), el external ( $E$ ), el centro de la curva, el punto de intersección ( $PI$ ), como se muestra en la figura siguiente:

**Figura 2. Elementos de una curva horizontal**



- Fórmulas para el cálculo de una curva horizontal:

<b>Grado de curvatura</b>	$G = \frac{1145.9156}{R}$
<b>Deflexión angular</b>	$\Delta = \text{Azimut1} - \text{Azimut2}$
<b>Cuerda máxima</b>	$CM = 2 * R * \text{Sen}(\Delta / 2)$
<b>Longitud de curva</b>	$LC = \frac{\Delta}{20 * G}$
<b>External</b>	$E = R * \text{Sen}(\Delta / 2)$
<b>Ordenada media</b>	$OM = R(1 - \text{Cos}(\Delta / 2))$
<b>Sub-tangente</b>	$St = R * \text{tg}(\Delta / 2)$

### 2.10.2 Curva vertical

En la parte de la altimetría se estudian las curvas verticales, la finalidad de las curvas verticales es proporcionar suavidad al cambio de pendiente, estas curvas pueden ser circulares o parabólicas aunque la más usada en nuestro país por la Dirección General de Caminos es la parabólica simple, debido a la facilidad de cálculo y a su gran adaptación a las condiciones de terreno.

### 2.10.2.1 Longitudes de curvas verticales

En el momento de diseñar las curvas verticales deben tenerse presentes las longitudes de éstas, para evitar traslapes entre curvas, dejando también la mejor visibilidad posible a los conductores.

#### Valores $k$ para visibilidad de parada

La longitud mínima de las curvas verticales, se calcula con la expresión siguiente:  $L = k * A$

donde:

$L$  = Longitud mínima de la curva vertical en metros.

$A$  = Diferencia algebraica de las pendientes de las tangentes verticales, en %.

$K$  = Parámetro de la curva, cuyo valor mínimo se especifica en la tabla No. V

Figura 3. Curva vertical cóncava

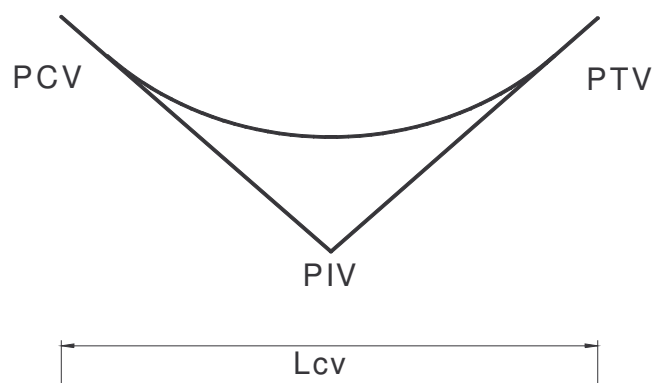
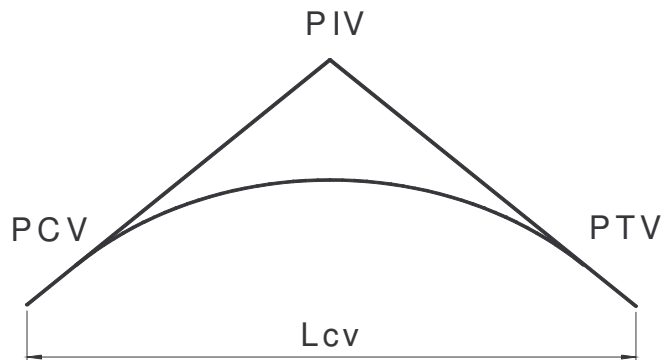


Figura 4. Curva vertical convexa



La longitud mínima de las curvas verticales en ningún caso deberá ser menor a lo indicado en la tabla siguiente.

Tabla V. Valores de K para curvas Cóncavas y Convexas

Velocidad de diseño en K.P.H.	Valores de K, según tipo de curva	
	Cóncava	Convexa
10	1	0
20	2	1
30	4	2
40	6	4
50	9	7
60	12	12
70	17	19
80	23	29
90	29	43
100	36	60

## **2.11 Drenajes menores en vías pavimentadas**

### **2.11.1 Consideraciones de drenajes en vías pavimentadas**

Los drenajes en carreteras son los que le dan mayor vida a ésta, ya que permiten que el agua de lluvia u otros cursos de agua fluyan sin causarle destrozos.

Los drenajes según su tipo pueden ser: superficiales (cunetas, contracunetas, bombeo y pendiente longitudinal de la carretera) y de alcantarillas. El diseño del tamaño y la forma de las alcantarillas se hace siguiendo métodos de aceptación general, los cuales varían mucho de acuerdo a los antecedentes y la práctica de la localidad. Los resultados también son variables.

Una definición de alcantarilla indica que es un conducto que lleva agua a través de un terraplén. Es un “paso bajo nivel” para el agua y el tránsito que pasa sobre ella.

La diferencia entre una alcantarilla y un puente, consiste en que la parte superior de una alcantarilla, generalmente, no forma parte del pavimento de la carretera; por el contrario, un puente, es un “eslabón” en la carretera. Las alcantarillas pueden ser: tubos, arcos y bóvedas.

### **2.11.2 Consideraciones hidráulicas**

Para determinar si una alcantarilla o drenaje transversal es adecuado, es importante determinar los siguientes aspectos el alineamiento, la pendiente y los métodos de instalación. Si una alcantarilla se obstruye, se disloca o se socava, es señal que no tiene la capacidad adecuada, ni presta el servicio que se espera de ella.

Una alcantarilla reduce siempre el caudal de la corriente, ocasionando embalse a la entrada, un aumento de la velocidad por dentro y salida. Se puede necesitar alguna protección contra la socavación y la erosión que siempre existe.

#### **2.11.2.1 Corriente de agua**

Existen dos tipos diferentes de flujo: laminar y turbulento; generalmente es éste último el que predomina.

En el caso de flujo turbulento la resistencia del agua se drena a través del conducto y depende de la viscosidad, densidad y velocidad; además de la longitud, rugosidad y sección transversal de la alcantarilla.

La altura de presión necesaria para vencer ésta resistencia se conoce como pérdida de carga por fricción. Esta pérdida de carga en canales, que es el caso de las alcantarillas, está dada por la diferencia de elevación de la superficie de agua entre los puntos considerados. En algunos casos es necesario considerar otras pérdidas llamadas menores, entre las cuales están las pérdidas a la entrada y salida de la alcantarilla.

#### **2.11.2.2 Gradiente hidráulico**

Es una línea imaginaria que une los puntos hasta donde llega el agua en una serie de tubos piezométricos acoplados a las tuberías a presión o a los canales.

El gradiente hidráulico representa entonces la presión a lo largo del tubo, pues en un punto cualquiera, la distancia vertical medida desde el conducto hasta el gradiente hidráulico, es la columna de presión en ese punto. En canales, es evidente que el gradiente hidráulico coincide con la superficie del agua.

### **2.11.2.3 Diseño hidráulico**

El diseño hidráulico de una obra, consiste en calcular el área necesaria para dar paso al volumen de agua que se concentra en su entrada, para ello se requiere de un estudio previo que abarca, entre otros, los siguientes aspectos:

- Precipitación pluvial
- Área, pendiente y formación geológica de la cuenca
- Uso del terreno aguas arriba de la estructura del drenaje

Los métodos para un correcto diseño hidráulico requieren de cierta información básica que incluye: el coeficiente de escorrentía para el área local, el área de la cuenca y datos de intensidad de precipitación. Es necesario conocer la cantidad de agua o descarga que correrá en un área determinada.

- **Por medio de fórmulas**

Todas las fórmulas toman en cuenta la cantidad de lluvia, el tamaño de la cuenca, la pendiente y condiciones de vegetación de la misma.

Las fórmulas más conocidas son:

**Fórmula de Talbot.** Proporciona directamente el diámetro de la tubería o el área de descarga.

**Fórmula Racional.** Esta fórmula expresa que el caudal es igual a un porcentaje de la cantidad de lluvia que cae, multiplicado por el área de la cuenca.

- **Por medio de observación de estructuras próximas**

Puede ser una tubería o alcantarilla de los alrededores, ubicada sobre la misma corriente. En este caso, bastará tomar las medidas del área de descarga y de ellas se parte para deducir el diámetro necesario.

#### **2.11.2.3.1 El método racional**

Es un método muy utilizado para medir descargas de pequeños drenajes. Consiste en una fórmula para calcular la escorrentía superficial de una cuenca hidrográfica. Se adapta muy bien para la determinación de la escorrentía para drenaje superficial de carreteras y descargas para alcantarillas o tuberías de pequeñas cuencas.

Por lo general, se obtienen mejores resultados con éste método, para cuencas menores de 120 hectáreas, pero puede utilizarse para estimar cuencas mayores, aunque con menos precisión, siempre y cuando no pueda aplicarse



algún otro método por falta de información o datos para llevar a cabo un cálculo exhaustivo.

En el método racional se asume que la intensidad de lluvia sobre el área de drenaje es uniforme para un tiempo considerado.

La fórmula racional es la siguiente:

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

donde:

**Q** = caudal de escorrentía, en metros cúbicos por segundo (m<sup>3</sup>/seg.)

**C** = coeficiente de escorrentía (adimensional)

**i** = intensidad promedio en lluvia, en milímetros por hora (mm/hr)

**A** = Área de la cuenca en hectáreas (Ha) (1 Ha = 10,000 m<sup>2</sup>)

#### **2.11.2.4 Pendiente crítica**

Es la pendiente capaz de sostener un caudal dado con flujo uniforme y a profundidad crítica. La pendiente crítica puede calcularse usando cualquier fórmula conocida para canales, en el manual para tuberías de concreto, Concrete Pipe Handbook, de la American Concrete Pipe Association, se encuentra un gráfico que relaciona descarga y altura crítica y descarga con pendiente crítica.

Estas curvas están construidas con una base unitaria, es decir, que los valores de pendiente y descarga son aplicados directamente a una alcantarilla o canal de 1 pie de diámetro con un coeficiente de rugosidad (N) de 0.01.

Cuando la pendiente es más plana que la crítica, para una descarga específica, la sección crítica se traslada de la entrada a la salida. Para alcantarillas, es satisfactorio asumir que se encuentre 6 metros antes de la salida. Para determinar la altura en la entrada, es necesario calcular los puntos de la curva de remanso entre la sección crítica y la entrada.

### **2.11.3 Drenajes transversales**

El objeto principal del drenaje transversal es restituir la continuidad de la red de drenaje natural del terreno (cauces, arroyos, ríos, etc.), permitiendo su paso bajo la carretera en condiciones tales que se cumplan unos criterios funcionales.

Las obras de drenaje transversal, son las pequeñas estructuras de desagüe de las corrientes de agua interrumpidas por la infraestructura, son críticas para conseguir una correcta vida y comportamiento de la infraestructura. En su diseño influyen otros factores además de los hidráulicos que principalmente determinarán sus dimensiones. Estos factores se derivan de las características de la carretera, de la morfología de los cauces, de la evaluación de los daños que puede ocasionar la concentración del flujo y otras consideraciones, fundamentalmente económicas, relativas a los costes de construcción y mantenimiento y a la estimación de la vida de la carretera. Es importante analizar la influencia de éstos factores en un diseño adecuado, tratando aspectos como la pendiente de la obra, su alineación, aportándose

criterios y soluciones para la consideración de las características específicas de las obras.

## **2.12 Especificaciones de construcción de pavimento rígido**

### **Excavación de cajuela**

La excavación común comprenderá los trabajos de excavación, remoción y disposición de todos los materiales que se encuentren dentro de los límites de construcción indicados en plano adjunto y en éstas especificaciones a los que establezca la municipalidad.

Los límites o cotas máximas a las cuales deberá cortarse el fondo de la excavación se fijarán en la obra. El contratista deberá apearse estrictamente, como mínimo a las cotas indicadas y preestablecidas. Los suelos que se encuentran en el proyecto de pavimentación, durante las operaciones de preparación del fondo de las excavaciones o de la sub-rasante, según el caso que se encuentren suaves, húmedos o inestables (baches) por excesiva humedad o por zanjas mal compactadas, deberán ser removidos total o parcialmente por el contratista, a requerimiento de la municipalidad o a juicio del contratista con la previa autorización de ésta.

Como mínimo tendrán un CBR de 30%, compactados a un grado de compactación de 95%, según el método AASHTO T-180 (ASSTHO Modificado) el contratista no iniciará la ejecución de ninguna “excavación especial de baches” hasta que el supervisor nombrado por la municipalidad haya aprobado previamente el volumen excavado, respectivamente. La operación de la

excavación deberá ejecutarse de modo que el material afuera de los límites de la obra no sea alterado.

### **Preparación de la sub-rasante**

Cuando se inicia la construcción de un pavimento, se debe proceder a limpiar la capa vegetal existente en toda la superficie de la subrasante a reacondicionar. El reacondicionamiento es la operación que consiste en escarificar, homogenizar, conformar y compactar la subrasante. En las áreas que se necesite reacondicionamiento, se debe proceder a escarificar el suelo de la subrasante, hasta una profundidad de 20 cm, eliminando las rocas mayores de 10 cm, seguidamente se debe proceder a ajustar y conformar la superficie, efectuando cortes y rellenos no mayores de 20 cm de espesor. El suelo de subrasante, en el área a reacondicionarse, debe humedecerse adecuadamente antes de la compactación.

Cuando la densidad de la subrasante sea menor del 90 por ciento de la densidad máxima, sus 30 centímetros más superficiales serán compactados hasta el 95%, y cerca del contenido óptimo de humedad. La subrasante será previamente emparejada, a fin de asegurar una compactación uniforme, y recibirá una conformación final de acuerdo con los alineamientos y secciones transversales señalados en los planos. En éste trabajo se evitará lo más que sea posible la segregación de los materiales. Cuando se considere necesario, las pendientes de la subrasante en las orillas deberán ajustarse de acuerdo a los planos.

### **Sub-base material granulométrico**

Los materiales de sub-base deberán ser uniformemente distribuidos, mezclados, humedecidos, conformados y compactados de acuerdo con éstas especificaciones, de modo que el espesor del mismo no sea menor del indicado. Todos los materiales que se utilicen para sub-base, deberán estar libres de materiales vegetales, tierra negra, terrones de arcilla, etc.

La máxima dimensión de cualquier partícula contenida en el material, y que no sea posible desintegrar con el equipo de conformación o de compactación, no deberá ser mayor de 1/3 del espesor especificado de la sub-base. La fricción del material en peso seco que pase por el tamiz No. 200 deberá estar comprendida entre 5% y 20% (análisis granulométrico en húmedo).

El contenido de humedad de compactación será ajustado a un valor tal que esté comprendido entre el 90% y 95% del contenido de humedad óptima determinado por el ensayo de compactación de laboratorio o de campo del material en cuestión. Las densidades secas de campo se determinarán preferentemente por el método del cono de la arena (AASHTO T-191) u otro aprobado por la municipalidad. En las zonas donde por inspección se crea eficiente la compactación se deberá hacer también ensayos de densidad de campo.

### **Pavimento de concreto con cemento Pórtland**

Los materiales que se utilicen en la construcción de éste pavimento deben llenar fundamentalmente los requisitos y normas siguientes:

**Cemento Pórtland:** el cemento Pórtland debe corresponder a los tipos I y II, de acuerdo a AASHTO M 85-63.

**Agregado fino:** deben consistir en arena natural o de trituración, compuesta de partículas duras y durables de acuerdo a AASHTO M6. Exceptuando el ensayo de desintegración al sulfato de sodio y la pérdida de peso no sea mayor del 15% después de cinco ciclos conforme AASHTO T-104.

**Agregado grueso:** debe consistir en grava o piedra triturada, procesada adecuadamente para tomar un agregado clasificado que cumpla con los requisitos de AASHTO M-80. El agregado grueso a utilizar va a ser de 1½ dado que es bastante resistente al desgaste, y por eso es utilizado en pavimentos rígidos.

**Agua:** El agua que se emplee, tanto en el mezclado como en el curado del concreto deberá estar libre de materiales perjudiciales como aceites, sales, heces fecales, etc.

### **2.13 Consideraciones de operación y mantenimiento de pavimentos rígidos**

Previamente a la iniciación de los trabajos de construcción de las losas de concreto, el contratista debe someter para su aprobación, el procedimiento, maquinaria, equipos y materiales que utilizará en las operaciones necesarias. La aprobación del procedimiento de construcción a utilizar no exime al contratista de su responsabilidad de construir un pavimento de concreto de cemento Pórtland en forma tal, que se ajuste a éstas.

Todas las mezcladoras deben ser de un tipo aprobado y diseñado en tal forma, que aseguren una distribución uniforme de los materiales en toda la mezcla. No se debe usar ninguna mezcladora cuya capacidad indicada sea

inferior a la carga de un saco y que cuente con accesorio que cierre automáticamente el dispositivo de carga, con el fin de evitar que a la mezcladora se vacíe antes de que los materiales hayan sido mezclados durante el tiempo mínimo especificado. Las losas de concreto deben ser construidas sobre las superficies previamente preparadas de conformidad con éstas especificaciones.

Cuando en el área de construcción de la losa de concreto antes o después de colocar la formaleta, se produzcan baches o presiones causadas por el movimiento de equipo y actividades propias de la construcción, éstas deben corregirse antes de colocar el concreto, llenándolas con material igual al de la superficie preparada y nunca con concreto, lechada o mortero, seguidamente se debe proceder a conformar y compactar el material, con compactadora mecánica de operación manual, efectuándose el control de compactación conforme a lo establecido en éstas especificaciones técnicas. Todo el material excedente debe removerse, dejando la superficie nivelada y de acuerdo a la sección típica de pavimentación.

Inmediatamente después de pasar el equipo vibra terminador debe ejecutarse un alisado longitudinal por medio de un flotador o niveladora maniobrada con un movimiento de uno a otro lado de la losa; procediéndose al acabado final por medio de una escoba, colocada en dirección transversal y operada con un movimiento rápido de uno a otro lado de losa u deslizándose en sentido longitudinal del pavimento. La ejecución del acabado final debe ejecutarse antes del endurecimiento, eliminándose las aristas de la juntas. El acabado de los bordes debe ser igual al de la superficie, posteriormente al acabado se aplicará algún tipo de curador patentado, o en su defecto agua, con el objeto de evitar un fraguado brusco del concreto.

El concreto debe dosificarse y producirse para asegurar una resistencia a la compresión promedio de 280 Kg. /cm<sup>3</sup> (4000 lbs/plg<sup>2</sup>) a los 28 días. La resistencia del concreto debe basarse en previas de cilindros fabricados y aprobados de acero con el método AASHTO estipulado más adelante. La resistencia a la compresión del concreto se basará en pruebas a los 7 y 28 días. Las muestras para las pruebas de resistencia de cada clase de concreto producido por la planta mezcladora, deben consistir de por lo menos dos y preferentemente tres probetas para cada edad de prueba. Estas muestras deben tomarse no menos de una vez por cada 60 metros cúbicos o fracción de concreto. Las muestras para prueba de resistencia deben tomarse de acuerdo al método AASHTO T 14 y los cilindros deben de por lo menos dos probetas y preferiblemente tres, obtenidas de la misma muestra, deben hacerse ensayos a los 7 y a los 28 días.

Las formaletas no pueden ser retiradas, hasta después de transcurridas por lo menos 12 horas de haber sido colocado el concreto, y la operación debe ser hecha con cuidado para evitar dañar los bordes del concreto. El material sellante debe colocarse en las juntas previamente secas y limpias, debiéndose emplear herramientas que penetren en la ranura de las juntas. El material de relleno debe ser cuidadosamente colocado, sin producir desbordamiento. Cualquier exceso debe moverse inmediatamente, limpiando la superficie. No se permitirá que queden rebordes o túmulos, especialmente en juntas transversales.

Cualquier daño que se le ocasione al pavimento antes de su aceptación final, las operaciones de reparación correrá como riesgo del contratista. El pavimento no debe ser abierto al tránsito sino hasta transcurridos por lo menos 14 días después de la colocación del concreto o que lleguen las probetas de prueba, al ensayarlas a una resistencia de 250 Kg. /cm<sup>2</sup> (3500 lbs/pls<sup>2</sup>) a



compresión. Este tiempo puede ser mejorado utilizando aditivos como acelerantes de fraguado rápido.

Los acelerantes de fraguado hacen que el concreto se endurezca rápidamente. No se recomienda su uso en nuestro medio, salvo casos especiales con buena supervisión de laboratorio. En tiempo de mucho frío pueden ser útiles, ya que el frío retarda el endurecimiento del concreto. Defectos en la superficie, espesor deficiente, grietas, rajaduras o asentamientos, así como las juntas serán reparados por el contratista sin costo para la municipalidad.

Las fallas en los pavimentos rígidos pueden deberse a dos causas principales, una de ellas se refiere a deficiencias de la propia losa y comprende por un lado el defecto del concreto propiamente dicho, tales como utilización de materiales y agregados no adecuados, desintegración por reacción de los agregados del cemento, y por otro lado, defectos de construcción o de insuficiencia estructural en la losa, tales como inapropiada colocación o insuficiente dotación de elementos de transmisión de carga, insuficiente resistencia ante las restricciones de fricción impuestas a los movimientos de la losa por la sub-base, alabeo de las losas o mal comportamiento de las juntas de contracción y expansión.

La otra causa principal de falla en los pavimentos rígidos se refiere al inadecuado comportamiento estructural del conjunto losa, sub-base, sub - rasante y aún terracería y terreno de cimentación. De éste tipo son las fallas por bombeo, la distorsión general, la ruptura de esquinas o bordes, por la falta del apoyo necesario u otras del mismo estilo.

Los agrietamientos causados por trabajo defectuoso de los pasa-juntas son debidos casi siempre a que éstos elementos quedan mal lubricados y no permiten el movimiento para el que fueron diseñados. El espaciamiento excesivo de éstos elementos también es fuente de problemas.

Entre las fallas más comunes se encuentran: grietas por adición de agua, abultamiento por mal acabado, superficie antiderrapante, sangrado, deficiente curado, desportillamiento de losas, grietas plásticas y grietas duras o estructurales.

## **2.14 Estudio de Impacto Ambiental**

La construcción de vías pavimentadas, al igual que todos los proyectos de infraestructura, genera impactos en los componentes ambientales: ambiente físico, biológico y social. Para la construcción de un pavimento rígido los impactos generados se consideran poco significativos, debido a que generalmente no cruzan zona de alto valor escénico, área turística, sitio ceremonial, sitio arqueológico, área de protección agrícola, área de producción forestal, área de producción pecuaria.

Toda autorización derivada de un estudio de evaluación de impacto ambiental significativo, deberá garantizar su cumplimiento por parte de la persona interesada, individual o jurídica, por medio de una fianza que será determinada por el Ministerio de Ambiente.

### **Factores que puedan causar impacto ambiental y sus obras de mitigación**

#### **Suelos**

Impacto: deslaves de material, erosión de cortes.

Medida de mitigación: prevención durante la construcción, prevención de erosión usando estabilización física.

### **Recursos hídricos**

Impacto: alteración del drenaje superficial.

Medida de mitigación: construcción durante estación seca, minimizar la erosión de la ribera del río.

Impacto: disminución de la calidad del agua.

Medida de mitigación: alteración mínima de corrientes de aguas naturales.

Impacto: contaminación de cuerpos de agua por causa de los insumos utilizados durante la construcción.

Medida de mitigación: depositar los desechos de insumos en un lugar fuera de la zona del cause del río.

### **Calidad del aire**

Impacto: contaminación del aire por polvo generado en construcción.

Medida de mitigación: uso de agua para minimizar la generación de polvo.

### **Salud humana**

Impacto: riesgos para la salud de los trabajadores.

Medida de mitigación: desarrollar plan de seguridad e higiene.

Impacto: generación de desechos sólidos derivados de las actividades de los trabajadores de la obra.

Medida de mitigación: hacer servicio sanitario provisional, colocar toneles para la basura y para posterior disposición en zona adecuada.

### **Vegetación y fauna**

Impacto: remoción y afectación de cobertura vegetal.

Medida de mitigación: utilizar la infraestructura existente para la instalación de los trabajadores, separar la capa de material orgánico de la del material inerte, disponer adecuadamente el material orgánico para su posible reutilización, evitar el paso de maquinaria sobre el suelo con cobertura vegetal fuera del área de la obra, restaurar las zonas afectadas con especies establecidas en el lugar.

### **Población**

Impacto: incremento en los niveles de accidentes.

Medida de mitigación: transportar el material de excavación sin superar la capacidad del vehículo de carga, mantener una adecuada señalización en el área de la obra, en etapa de ejecución y operación, instalar cercos perimetrales en los frentes de trabajo.

## 2.15 Presupuesto del proyecto

Tabla VI. presupuesto de pavimento rígido.

### MUNICIPALIDAD DE ESTANZUELA, ZACAPA

**PROYECTO:** DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO DEL CAMINO QUE CONDUCE A LA ALDEA SAN NICOLÁS

**UBICACIÓN:** MUNICIPIO DE ESTANZUELA, ZACAPA  
**EPESISTA:** CARLOS HUMBERTO GUZMÁN CABRERA



#### CUADRO DE RESUMEN

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	COSTO	
			UNITARIO	TOTAL
Preliminares	3300	m	Q 23.55	Q 77,715.00
Movimiento de tierra	5834	m <sup>3</sup>	Q 119.43	Q 696,754.62
Sub-base de 10 cm de espesor	19800	m <sup>2</sup>	Q 56.82	Q1,125,036.00
Bordillo	6600	m	Q 37.42	Q 246,972.00
Pavimento de 15 cm de esp.	19800	m <sup>2</sup>	Q 198.15	Q3,923,370.00
Banqueta	6600	m	Q 44.92	Q 296,472.00
Cuneta	6600	m	Q 71.61	Q 472,626.00
Drenaje transversal	4	Unidades	Q 3,483.58	Q 13,934.32
			<b>TOTAL</b>	<b>Q6,852,879.94</b>

#### CUADRO DE RESUMEN DE MATERIALES

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	COSTO	
			UNITARIO	TOTAL
Trazo + estaqueo	3300	m	Q 1.25	Q 4,125.00
Selecto para sub-base	19800	m <sup>3</sup>	Q 10.50	Q 207,900.00
Cemento 3,000 psi	8654	Sacos	Q 50.00	Q 432,700.00
Cemento 4,000 psi	29106	Sacos	Q 51.50	Q1,498,959.50
Arena	2157	m <sup>3</sup>	Q 130.00	Q 280,410.00
Piedrín	2193	m <sup>3</sup>	Q 160.00	Q 350,880.00
Tubería novaloc 2710 de 30"	4	Unidad	Q 2,925.00	Q 11,700.00
			<b>TOTAL</b>	<b>Q2,696,761.50</b>

Mano de obra	Q 3,157,901.20
Maquinaria y equipo	Q 104,299.00
Total costo directo	Q 5,958,961.70
Total costo indirecto	Q 893,918.24

**GRAN TOTAL** Q 6,852,879.94

\* Son: Seis millones ochocientos cincuenta y dos mil ochocientos setenta y nueve quetzales con noventa y cuatro centavos.

## 2.16 Cronograma de ejecución

**Tabla VII. Cronograma de ejecución de pavimento rígido**

	QUINCENAS											COSTO
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
<b>ACTIVIDAD</b>												
Preliminares	■											Q 77,715.00
Movimiento de tierra		■	■	■								Q 696,754.62
Bordillo			■	■	■	■						Q 246,972.00
Sub-base de 10 cm de espesor				■	■	■	■	■				Q 1,125,036.00
Pavimento de 15 cm de espesor					■	■	■	■	■	■		Q 3,923,370.00
Banqueta							■	■	■	■		Q 296,472.00
Cuneta								■	■	■	■	Q 472,626.00
Drenaje transversal		■	■									Q 13,934.32
<b>TOTAL</b>												<b>Q 6,852,879.94</b>

### **3. DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO DEL BARRIO LA LAGUNA, DEL MUNICIPIO DE ESTANZUELA, ZACAPA.**

#### **3.1 Descripción del proyecto**

El estudio de introducción de drenaje al Barrio La Laguna, en el municipio de Estanzuela, Zacapa es estrictamente sanitario, para su realización se hizo en primer lugar, un estudio poblacional y un levantamiento topográfico, en lo que se refiere a la altimetría y planimetría.

El proyecto comprende una línea principal sin ramales de 3,680 m lineales de tubería PVC, norma ASTM 3034, de diámetro de 6", 8", 10", contando con un sistema de 51 pozos de visita, con una altura promedio de 1.80 metros.

#### **3.2 Estudio de la población a servir**

El estudio de la población se efectúa con el objeto de estimar la población que tributará caudales al sistema, al final del período de diseño, será estimada utilizando alguno de los métodos conocidos. Para el caso del barrio La Laguna, se optó por el método geométrico, por ser el modelo que mejor se adapta para poblaciones en vías de desarrollo.

##### **3.2.1 Encuesta**

Se realizó una encuesta sanitaria del lugar donde se realizará el proyecto con el propósito de obtener datos de la población a brindar el servicio. Se hizo un recuento de las viviendas y se calculó un dato de 6 habitantes por vivienda el total de casas que existen actualmente en éste lugar es de 90 viviendas; no existen industrias ni comercios en este sector.

### **3.3 Levantamiento topográfico**

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

El estudio topográfico se realizó con el equipo siguiente:

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

#### **3.3.1 Planimetría**

Está definida como el conjunto de trabajos necesarios para representar gráficamente la superficie de la tierra, tomando como referencia el norte para su orientación.

En la medición de planimetría del proyecto se utilizó el método de conservación del azimut, el cual consiste en tomar un azimut inicial referido al



norte y fijando éste con una vuelta de campana en la vista atrás se toma la medida hacia la siguiente estación. Se utilizó éste método por ser muy exacto.

### **3.3.2 Altimetría**

Son los trabajos necesarios para representar sobre el plano horizontal la tercera dimensión sobre el terreno, definiendo las diferencias de nivel existentes entre los puntos de un terreno o construcción, para ello es necesario medir distancias verticales, ya sea directa o indirectamente, a todo éste procedimiento se le llama nivelación. Para la nivelación del proyecto se utilizó el método de nivelación compuesta, partiendo de una referencia (banco de marca). Se obtuvieron niveles a cada 20 m.

### **3.4 Trazo de la red**

El trazo de la red se realizó en el centro de la calle, ubicando los pozos en las intersecciones de calle, en las curvas para mantener la dirección y tomando el criterio de que la distancia entre pozos no tiene que ser mayor a 100 metros.

### **3.5 Diseño de la red**

Para el diseño de la red de recolección de aguas negras se deben de considerar aspectos importantes como los que a continuación se presentan, los cuales servirán de ayuda para realizar un trabajo de acuerdo a las necesidades y condiciones que se presenten.

#### **3.5.1 Período de diseño**

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

- La cobertura considerada en el período de diseño estudiado
- Crecimiento de la población
- Capacidad de administración, operación y mantenimiento
- Según el criterio del diseñador y basándose en datos de instituciones como el Instituto de Fomento Municipal (I.N.F.O.M.); según el capítulo 2 de las normas generales para el diseño de alcantarillado los sistemas de alcantarillado serán proyectados para llenar adecuadamente su función durante un período de 30 a 40 años a partir de la fecha en que se desarrolle el diseño, para el proyecto se tomó 30 años por ser el tiempo de vida útil del proyecto y por los costos del mismo.

### 3.5.2 Población de diseño

Para determinar la población, con la que se va a diseñar el sistema, se optó por el método geométrico, ya que éste requiere nada más que una información acerca de la población actual del lugar, y la tasa de crecimiento es un dato que se puede establecer con censos recientes y tomando en cuenta el área en que se puede expandir el lugar, así como el período de diseño, el cual ya se tiene establecido. La expresión a utilizar para el cálculo de la población futura es:

$$P_f = P_A (1 + R)^n$$

donde:

$P_f$  = población futura

$P_A$  = población actual

n = período de diseño

R = tasa de crecimiento

La tasa de crecimiento con la que se trabajó es de 3% anual, según Instituto Nacional de Estadística (INE).

$P_A$  = (No. de viviendas) (hab/vivienda)

$P_A$  = (90 viviendas) (6 hab/vivienda) = 540 hab.

$P_f$  = 540 hab  $(1+0.03)^{30}$  = 1,310 habitantes

La población proyectada para el año 2038 es de 1,310 habitantes.

### 3.5.3 Dotación

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

Las dotaciones se establecen de acuerdo al clima y región donde se está trabajando el proyecto. Para éste caso se estableció una dotación de 120 lts/hab/día ya que el clima es cálido, y el dato fue obtenido del departamento de agua potable de la municipalidad de Estanzuela.

### 3.5.4 Factor de retorno

Es el factor que indica la relación que existe entre la cantidad de agua que se consume al día y la dotación destinada para cada persona.

Este factor puede variar de 0.70 a 0.80 dependiendo del clima de la región y el acceso al agua, para el proyecto se optó por un factor de 0.80 por ser el

más crítico, ya que la precipitación pluvial en la región es alta y existen varios yacimientos de agua.

### 3.5.5 Factor de caudal medio

Es el factor relacionado con la aportación media de agua por persona, una vez computado el valor de los caudales anteriormente descritos, y al no contar con caudales comerciales e industriales, se procede a integrar el caudal medio del área a drenar, que a su vez, al ser distribuido entre el número de habitantes, se obtiene un factor del caudal medio, el cual varía entre el rango de 0.002 a 0.005; si el cálculo del factor está entre esos dos límites, se utiliza el calculado; en cambio, si es inferior o excede, se utiliza el límite más cercano según sea el caso.

$$Q_{\text{medio}} = Q_{\text{domiciliar}} + Q_{\text{infiltración}} + Q_{\text{c. ilícitas}}$$

$$fqm = \frac{Q_{\text{medio}}}{\text{núm.hab.}}$$

### 3.5.6 Factor de Harmond

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

$$FH = \left( \frac{18 + \sqrt{P/1000}}{4 + \sqrt{P/1000}} \right)$$

donde:

FH: Factor de Harmond

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

### 3.5.7 Caudal sanitario

#### 3.5.7.1 Caudal domiciliar

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

$$Q_d = \frac{D_t * F.R * Hab}{86400 \text{ seg/día}}$$

donde:

Q<sub>d</sub>: Caudal de diseño lts/ seg.

F.R.: Factor de retorno

D<sub>t</sub>: Dotación lts. / Hab. / Día

Hab: Número de habitantes

#### 3.5.7.2 Caudal de diseño

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

$$Q_{\text{diseño}} = \text{hab} * f_{\text{qm}} * \text{FH}$$

donde:

hab. = Número de habitantes en cada uno de los tramos

Fqm = Factor de caudal medio

FH = Factor de Harmond

Es importante mencionar que el flujo que se encauzará y circulará dentro de las tuberías al construirse el sistema con la población actual, será menor al que existirá en el sistema cuando a éste se le incorporen futuras conexiones domiciliarias y otros caudales.

### **3.5.7.3 Caudal de infiltración**

Es considerado como la cantidad de agua que se infiltra o penetra a través de las paredes de la tubería, éste depende de: la permeabilidad de la tubería, la transmisibilidad del suelo, la longitud de la tubería y de la profundidad a la que se coloca la tubería.

Pero como depende de muchos factores externos, se calcula en función de la longitud de la tubería y del tiempo, generalmente se expresa en litros por kilómetro por día, su valor puede variar entre 12,000 y 18,000 litros por kilómetro por día.

### **3.5.7.4 Caudal de conexiones ilícitas**

Es producido por las viviendas que conectan aguas pluviales al alcantarillado sanitario. Para el diseño, se puede estimar que un porcentaje de las viviendas de una localidad pueden hacer conexiones ilícitas, cuyo porcentaje puede variar de 0.5% a 2.5%.

### **3.6 Relación de diámetros y caudales**

La relación  $q/Q$  deberá ser igual a 0.75, la relación  $d/D$  debe ser mayor o igual a 0.10 y menor o igual a 0.75 para alcantarillado sanitario.

### **3.7 Velocidades mínimas y máximas**

Se debe diseñar de modo que la velocidad mínima del flujo, para tubería de pvc, trabajando a cualquier sección, debe ser 0.60 m/s. No siempre es posible obtener esa velocidad, debido a que existen ramales que sirven sólo a pocas casas y producen flujos bastantes bajos; en tales casos, se acepta una velocidad de 0.30 m/s; una velocidad menor permite que ocurra decantación de sólidos. La velocidad máxima será de 3.00 m/s, ya que las velocidades mayores causan efectos dañinos, debido a que los sólidos en suspensión (arena, cascajo, piedras, etc.) producen un efecto abrasivo en la tubería.

### **3.8 Cotas invert**

Son las cotas inferiores e interiores de la tubería de drenaje, que indican a que profundidad de la superficie se encuentra la tubería de llegada y la de salida en un pozo de visita.

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

Para los detalles de las cotas invert es importante tener en cuenta lo siguiente:

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

### **3.9 Pozos de visita**

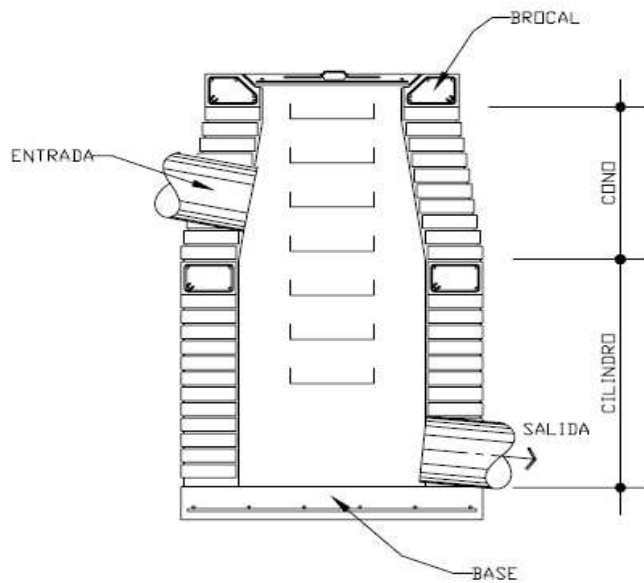
Los pozos de visita siempre son necesarios en el lugar donde concurren dos o más tuberías así como también en los lugares donde hay cambio de dirección o de pendiente en la línea central de diseño. Son parte de las obras accesorias de un alcantarillado y son empleados como medios de inspección y limpieza. Según las normas para construcción de alcantarillados, se recomienda colocar pozos de visita en los siguientes casos:

- En toda intercepción de colectores
- Al comienzo de todo colector
- En cambios de dirección



- En líneas de conducción rectas, a distancias no mayores de 100 metros
- En cambios de pendiente

**Figura 5. Partes de un pozo de visita**



### 3.10 Conexiones domiciliarias

Tienen la finalidad de descargar las aguas provenientes de las casas o edificios y llevarlas al alcantarillado central. Constan de las siguientes partes:

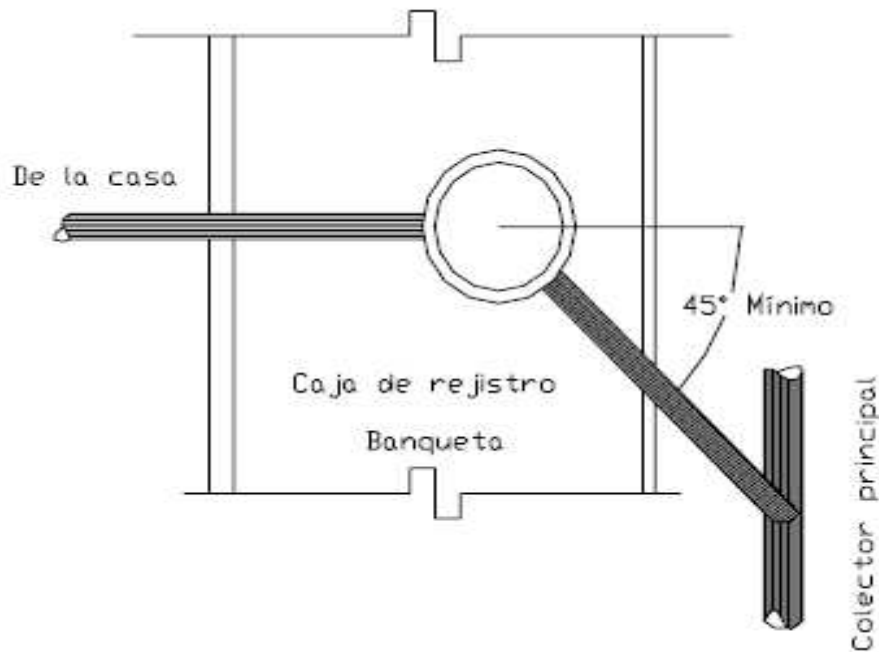
**Caja o Candela:** La conexión se realiza por medio de una caja de inspección, construida de mampostería o con tubos de concreto colocados verticalmente; el lado menor de la caja será de 45 centímetros, si fuese circular tendrá un diámetro no menor de 12 pulgadas; deben estar impermeabilizadas por dentro y tener una tapadera para realizar inspecciones.

**Tubería secundaria:** La conexión de la candela domiciliar con la tubería central se hará por medio de la tubería secundaria, la cual tiene un diámetro de 6 pulgadas en tubería de concreto y de 4 pulgadas en tubería de PVC; debe tener una pendiente mínima del 2.00% para evacuar adecuadamente el agua.

La conexión con la alcantarilla central se hará en el medio diámetro superior, a un ángulo de 45 grados aguas abajo.

Los sistemas que permitan un mejor funcionamiento del alcantarillado, se emplearán en situaciones en las cuales el diseñador lo considere conveniente, según las características del sistema que se diseñe y de las condiciones físicas donde se construirá. Algunos de éstos sistemas son: tubería de ventilación, tanques de lavado, sifones invertidos, disipadores de energía, pozos de luz, derivadores de caudal, etc.

## **Figura 6. Conexiones domiciliarias**



### 3.11 Profundidades mínimas de tuberías

La profundidad mínima adoptada fue de 1.20 mts, por debajo de la rasante de la calle, para evitar que la tubería se rompa por el tránsito vehicular u otra carga viva o de impacto, que se pueda presentar.

### 3.12 Tratamiento propuesto

En éste proyecto para el tratamiento de las aguas negras se propuso el proceso biológico por medio de fosa séptica y pozos de absorción ya que la población no es muy alta, y es el tipo común de tratamiento que se le da a las aguas negras en los barrios del municipio de Estanzuela, Zacapa.

Es importante mencionar que el objetivo principal de una fosa séptica es retener el lodo durante un período de tiempo, tal que pueden tener lugar la

licuefacción parcial del lodo y, de ese modo, se reduzca a un mínimo las dificultades de su evacuación.

A continuación se dará una breve explicación respecto al sistema de tratamiento de aguas negras por medio de fosa séptica.

### **3.12.1 Fosa séptica**

Una fosa séptica es un contenedor hermético de un sólo piso cerrado en donde se acumulan las aguas negras y donde se les da un tratamiento primario, separando los sólidos de las aguas negras. Elimina los sólidos al acumular las aguas negras en el tanque y al permitir que parte de los sólidos, se asienten en el fondo del tanque mientras que los sólidos que flotan (aceites y grasas) suben a la parte superior. Para darles tiempo a los sólidos a asentarse, el tanque debe retener las aguas negras por lo menos 24 horas.

Algunos de los sólidos se eliminan del agua, algunos se digieren y otros se quedan en el tanque. Hasta un 50 por ciento de los sólidos que se acumulan en el tanque se descomponen; el resto se acumula como lodo en el fondo y debe bombearse periódicamente del tanque.

El sistema a utilizar será el de fosa séptica y pozos de absorción. La fosa séptica y el sistema de campo de absorción es el método más económico disponible para tratar las aguas negras. Para que pueda funcionar apropiadamente, debe escoger el sistema séptico adecuado y el tipo de suelo, y debe dársele un mantenimiento periódico.

Este tipo de sistema de tratamiento de aguas negras tiene dos componentes: tanque séptico y sistema de campo de absorción.

### 3.13 Diseño de la red del alcantarillado sanitario

#### Parámetros de diseño

Tipo de sistema	Alcantarillado sanitario
Período de diseño	30 años
Población actual	540 habitantes
Población futura	1,310 habitantes
Tasa de crecimiento	3 %
Habitantes por vivienda	6 habitantes
Dotación	120 L/hab/día
Factor de retorno	0.80

- **Cálculo de tramo PV-1 a PV-2**

Cota de terreno inicial (CTi)=	263.59
Cota de terreno final (CTf)=	260.90
Distancia entre pozos (DH)=	62.00 mts
Población actual en el tramo=	12 hab.
Población futura en el tramo=	26 hab.

- **Pendiente del terreno (S%)**

Fórmula:

$$S\%_{\text{terreno}} = \left( \frac{CTi - CTf}{DH} \right) * 100$$

$$S\%_{\text{terreno}} = \left( \frac{263.59 - 260.90}{62.00} \right) * 100 = 4.33\%$$

- **Factor de flujo instantáneo (FH)**

Fórmula:

$$FH = \left( \frac{18 + \sqrt{P/1000}}{4 + \sqrt{P/1000}} \right)$$

$$FH_{\text{actual}} = \left( \frac{18 + \sqrt{12/1000}}{4 + \sqrt{12/1000}} \right) = 4.35$$

$$FH_{\text{futuro}} = \left( \frac{18 + \sqrt{26/1000}}{4 + \sqrt{26/1000}} \right) = 4.30$$

- **Caudal de diseño (Q diseño)**

Fórmula:

$$Q_{\text{diseño actual}} = P_{\text{actual}} * FH_{\text{actual}} * f_{qm}$$

$$Q_{\text{diseño actual}} = 12 * 4.35 * 0.002 = 0.104 \text{ l/s}$$

$$Q_{\text{diseño futuro}} = P_{\text{futuro}} * FH_{\text{futuro}} * f_{qm}$$

$$Q_{\text{diseño futuro}} = 26 * 4.30 * 0.002 = 0.224 \text{ l/s}$$

- **Diseño hidráulico**

Diámetro= 6 pulgadas

S%= 4.30%

Utilizando la fórmula de Manning. Se encuentra la velocidad a sección llena.

$$V = \frac{1}{N} * \left( \frac{D * 0.0254}{4} \right)^{2/3} * S^{1/2}$$

$$Q = \frac{\pi}{4} * (D * 0.0254)^2 * V * 1000$$

donde:

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

Q= Caudal del flujo a sección llena (l/s)

D= Diámetro de la sección circular (pulgadas)

S= pendiente de tubería (%)

N= coeficiente de rugosidad de Manning

$$V = \frac{1}{0.010} * \left( \frac{6 * 0.0254}{4} \right)^{2/3} * 4.30^{1/2} = 2.93 \text{ m/s}$$

$$Q = \frac{\pi}{4} * (6 * 0.0254)^2 * 2.93 * 1000 = 53.46 \text{ l/s}$$

- **Relaciones hidráulicas**

$$\frac{q_{\text{actual}}}{Q} = \frac{0.104}{53.46} = 0.00520781$$

Los siguientes valores los obtenemos de las tablas de relaciones hidráulicas para sección circular. Ver anexos.

$$\frac{v}{V} = 0.264$$

$$\frac{d}{D} = 0.341$$

$$\frac{q_{\text{futuro}}}{Q} = \frac{0.224}{53.46} = 0.01241362$$

$$\frac{v}{V} = 0.348$$

$$\frac{d}{D} = 0.450$$

### **Velocidad de diseño**

$$\text{Velocidad de diseño} = \frac{V}{V} * V \text{ sección llena}$$

$$\text{Velocidad actual} = 0.264 * 2.93 = 0.77 \text{ m/s}$$

$$\text{Velocidad futura} = 0.648 * 2.93 = 1.89 \text{ m/s}$$



Las dos velocidades cumplen con las velocidades admisibles para el INFOM que oscilan entre 0.60 m/s. y 2.50 m/s.

- **Cálculo de las cotas invert**

Fórmulas:

$$CIS1 = \text{cota de terreno} - \text{prof. de pozo}$$

$$CIE2 = CIS1 - \frac{S\%}{100} * \text{dist. horizontal}$$

$$CIS2 = CIE2 - 0.03$$

$$CIS1 = 263.59 - 1.20 = 262.39 \text{ m}$$

$$CIE2 = 262.39 - \frac{4.30}{100} * 62 = 259.724 \text{ m}$$

$$CIS2 = 259.724 - 0.03 = 259.694 \text{ m}$$

### **3.14 Estudio de Impacto Ambiental**

En sentido estricto, la ecología ha definido al ambiente como el conjunto de factores externos que actúan sobre un organismo, una población o una comunidad. Estos factores son esenciales para la supervivencia, el crecimiento y la reproducción de los seres vivos e inciden directamente en la estructura y dinámica de las poblaciones y de las comunidades. Sin embargo, la naturaleza es la totalidad de lo que existe.

Dentro de ella, también, entra lo que la sociedad construye a través de su accionar. Generalmente, éste es lo que se identifica como "ambiente".

Podría definirse el Impacto Ambiental (IA) como la alteración, modificación o cambio en el ambiente, o en alguno de sus componentes de cierta magnitud y complejidad originado o producido por los efectos de la acción o actividad humana. Esta acción puede ser un proyecto de ingeniería, un programa, un plan, o una disposición administrativo-jurídica con implicaciones ambientales. Debe quedar explícito, sin embargo, que el término impacto no implica negatividad, ya que éste puede ser tanto positivo como negativo. Se puede definir el Estudio de Impacto Ambiental como el estudio técnico, de carácter interdisciplinario, que incorporado en el procedimiento del Estudio de Impacto Ambiental, está destinado a predecir, identificar, valorar y corregir, las consecuencias o efectos ambientales que determinadas acciones pueden causar sobre la calidad de vida del hombre y su entorno. Es un documento técnico que debe presentar el titular del proyecto y sobre la base del cual se produce la Declaración o Estimación de Impacto Ambiental.

### **Identificación de factores que puedan causar impacto ambiental y a qué parte está afectando**

Al analizar el diseño del proyecto, se determinó que los elementos bióticos, abióticos y socioeconómicos que serán impactados por el proyecto son.

**El agua:** debido a que existen fuentes superficiales pequeñas, quebradas, ríos, que pueden contaminarse con el movimiento de tierra, al momento del zanjeo.

**El suelo:** si impactaran negativamente el mismo si no se verifica la etapa del zanjeo porque habrán movimientos de tierra por el mismo solamente se dará en la etapa de construcción y sus efectos son fácilmente prevenibles.

**El aire:** si no se verifican las fugas de aguas negras rápidamente hay peligro en el ambiente con malos olores.

**Salud:** hay un impacto relativamente pequeño en la salud en la etapa de construcción que debido al movimiento de tierras se producirá polvo en las sucesivas etapas del proyecto.

### **Impactos negativos**

Los impactos negativos del proyecto se dan sólo en las etapas de construcción y operación del proyecto y la mayoría se da en la fase de construcción los elementos más impactados negativamente son:

- El suelo
- El agua
- Las partículas en suspensión.

### **Medidas de mitigación**

- Para evitar las polvaredas, será necesario programar adecuadamente el horario de las labores de zanjeo, las que deberán efectuarse en el tiempo más

corto posible, compactándose, adecuadamente, las mismas para evitar; el arrastre de partículas por el viento.

- Deberá de capacitarse al o a las personas encargadas del mantenimiento del sistema, referente al manejo de las aguas servidas y reparaciones menores.
- Capacitar a las amas de casa, sobre el adecuado uso del sistema para evitar que los mismos sean depositarios de basura producidas en el hogar.

### **Plan de contingencia**

En áreas planas, ríos y riachuelos cercanos, es común que en épocas de lluvia ocurran inundaciones con el consecuente arrastre de fango y otros materiales o cuerpos extraños que en un dado caso pudieran dañar el proyecto.

- Integrar un comité de emergencia contra inundaciones, asolvamiento en la comunidad beneficiada y además deben velar por que los lugares en donde se ubican las obras civiles se encuentran lo más despejado posible.
- Elaborar un programa de capacitación para prevención de accidentes.
- Capacitar al (o a los) trabajadores que se encargarán de darle mantenimiento al sistema especialmente sobre aspectos de limpieza de pozos de visita.
- Se debe velar porque los comunitarios no depositen su basura en las aguas negras para evitar obstaculizaciones al sistema.
- Para la disposición de desechos generados por las familias se debe contar con depósitos, distribuidos en lugares estratégicos.

- Capacitar al personal que laborará en el proyecto en el momento de entrar en operación para su mantenimiento y limpieza, así se evita la creación de basureros clandestinos.

### **Programa de monitoreo ambiental**

- Supervisar periódicamente si están siendo ejecutadas las medidas de supervisión y mantenimiento del sistema.
- Monitorear si el personal utiliza el equipo necesario para la prevención de accidentes y de salud.
- Monitorear si está organizada la comunidad de acuerdo en lo propuesto en las medidas o plan de contingencia.

### **Plan de seguridad humana**

- El personal que trabajará en la ejecución del proyecto debe contar con el equipo adecuado, tal como mascarillas, guantes, overoles, botas, casco, etc., que minimicen los riesgos de accidentes de salud.
- Plan de capacitación al personal que laborará en la ejecución del proyecto sobre aspectos de salud y manejo del sistema, y del equipo a utilizar.
- Mantener en un lugar de fácil acceso un botiquín con medicamentos de primeros auxilios.

### **Plan de seguridad ambiental**

- En el análisis de los impactos se observa que el proyecto tiene aspectos negativos al ambiente, solamente en la etapa de construcción, pero éstos son fácilmente manejables mediante la implementación de las medidas de mitigación que se explicaron en el apartado de alternativas de ahí en adelante no se visualizan impactos que dañen el ambiente.

### Impactos positivos

Cabe resaltar que uno de los impactos positivos que tendrá el proyecto en el ambiente es el evitar la contaminación de los acuíferos, pues el objetivo del proyecto es que las aguas servidas no corran a flor de tierra y por lo tanto no contaminen el nivel freático. También cabe mencionar que se evitará la proliferación de bacterias en el ambiente, causantes de enfermedades a los pobladores, ayudando con ello al mejoramiento de las condiciones de salud.

### 3.15 Presupuesto del proyecto

#### Tabla VIII. Presupuesto de drenaje sanitario

#### MUNICIPALIDAD DE ESTANZUELA, ZACAPA

**PROYECTO:** DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO DEL BARRIO LA LAGUNA  
**UBICACIÓN:** MUNICIPIO DE ESTANZUELA, ZACAPA  
**EPESISTA:** CARLOS HUMBERTO GUZMAN C.



#### CUADRO DE RESUMEN

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD DE	COSTO	COSTO
-------------	----------	-----------	-------	-------

		MEDIDA	UNITARIO	TOTAL
Preliminares	3712	m	Q 94.51	Q 350,821.12
Línea de drenaje de 6"	2378	m	Q 105.46	Q 250,783.88
Línea de drenaje de 8"	1134	m	Q 157.66	Q 178,786.44
Línea de drenaje de 10"	150	m	Q 212.35	Q 31,852.50
Conexiones domiciliarias de 6"	62	Unidades	Q 811.72	Q 50,326.64
Conexiones domiciliarias de 8"	27	Unidades	Q 915.22	Q 27,710.94
Conexiones domiciliarias de 10"	1	Unidades	Q 1,000.32	Q 1,000.32
Pozos de visita	51	Unidades	Q 6,470.73	Q 330,007.23
Fosa séptica	1.00	Unidad	Q73,075.18	Q 73,075.18
			<b>TOTAL</b>	<b>Q 1,294,364.25</b>

## Continuación presupuesto.

### MUNICIPALIDAD DE ESTANZUELA, ZACAPA

**PROYECTO:** DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO DEL BARRIO LA LAGUNA

**UBICACIÓN:** MUNICIPIO DE ESTANZUELA, ZACAPA  
**EPESISTA:** CARLOS HUMBERTO GUZMÁN CABRERA



### MATERIALES

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
Trazo + estaqueo	3712	m	Q 1.25	Q 4,640.00
Relleno compactado	459.41	m <sup>2</sup>	Q 95.00	Q 43,643.95
Tubería PVC 4"	90	m	Q 171.79	Q 15,461.10
Tubería PVC 6"	2378	m	Q 66.97	Q 159,254.66
Tubería PVC 8"	1134	m	Q 110.13	Q 124,887.42
Tubería PVC 10"	150	m	Q 154.90	Q 23,235.00

Yee de 6"x4"	62	Unidades	Q 116.00	Q 7,192.00
Yee de 8"x4"	27	Unidades	Q 206.00	Q 5,562.00
Yee de 10"x4"	1	Unidades	Q 280.00	Q 280.00
Candela domiciliar	90	Unidades	Q 330.00	Q 29,700.00
Hierro 3/8"	1015	qq	Q 28.07	Q 28,491.05
Hierro 1/4"	298	qq	Q 11.45	Q 3,412.10
Alambre de amarre	319	Lb	Q 6.25	Q 1,993.75
Cemento	579	Sacos	Q 51.50	Q 29,818.50
Arena	80.87	m <sup>3</sup>	Q 130.00	Q 10,513.10
Piedrín	91.9	m <sup>3</sup>	Q 160.00	Q 14,704.00
Cal	76.5	Sacos	Q 21.50	Q 1,644.75
Arena amarilla	165.75	m <sup>3</sup>	Q 90.00	Q 14,917.50
Tabla 2 x 12 x 12"	46.00	Unidad	Q 84.00	Q 3,864.00
Párales 3 x 4 x 12	40.00	Unidad	Q 38.30	Q 1,532.00
Block de 0.15 x 0.20 x 0.40	586	Unidades	Q 2.90	Q 1,699.40
Ladrillo tayuyo 0.065x0.11x0.23	32232	Unidades	Q 3.50	Q 112,812.00

<b>TOTAL</b>	<b>Q 639,258.28</b>
--------------	---------------------

Mano de obra	Q 480,742.68
Maquinaria y equipo	Q 23,339.32
Total costo directo	Q 1,143,340.28
Total costo indirecto	Q 151,023.97

**GRAN TOTAL** Q 1,294,364.25

\* Son: Un millón doscientos noventa y cuatro mil trescientos sesenta y cuatro quetzales con veinticinco centavos).

### 3.16 Evaluación socio-económica

#### 3.16.1 Valor presente neto (VPN)



El Valor Presente Neto (VPN) es el método más conocido a la hora de evaluar proyectos de inversión a largo plazo. El Valor Presente Neto permite determinar si una inversión cumple con el objetivo básico financiero, maximizar la inversión. Si es positivo significará que el valor de la firma tendrá un incremento equivalente al valor del Valor Presente Neto. Si es negativo quiere decir que la firma reducirá su riqueza en el valor que arroje el VPN. Si el resultado del VPN es cero, la empresa no modificará el monto de su valor.

$$\text{VPN} < 0; \quad \text{VPN} = 0; \quad \text{VPN} > 0$$

Cuando el  $\text{VPN} < 0$ , y el resultado es un valor negativo muy grande alejado de cero, nos está alertando que el proyecto no es rentable. Cuando el  $\text{VPN} = 0$  nos está indicando que exactamente se está generando el porcentaje de utilidad que se desea, y cuando el  $\text{VPN} > 0$ , está indicando que la opción es rentable y que inclusive podría incrementarse el % de utilidad.

Las fórmulas del VPN son:

$$P = F \left[ \frac{1}{(1+i)^n - 1} \right]$$

$$P = A \left[ \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right]$$

donde:

$P$  = Valor de pago único en el valor inicial a la operación, o valor presente.

$F$  = Valor de pago único al final del período de la operación, o valor de pago futuro.

$A$  = Valor de pago uniforme en un período determinado o valor de pago constante o renta, de ingreso o egreso.

$i$  = Tasa de interés de cobro por la operación, o tasa de utilidad por la inversión a una solución.

$n$  = Período de tiempo que pretende durar la operación.

Datos del proyecto:

Costo total del proyecto = Q 1, 294,364.25

Costo total del mantenimiento = Q 65,400.00

Como es un proyecto de tipo social, la municipalidad absorberá el 50% del costo total y la comunidad pagará el otro 50% en un período de 5 años.

datos:

$$A_1 = 129,436.43$$

$$A_2 = 65,400.00$$

$$n = 5 \text{ años}$$

$$i = 10\%$$

$$VPN = -1,806,318.89 + 129,436.43 \left[ \frac{(1+0.1)^5 - 1}{0.1(1+0.1)^5} \right] - 65,400.00 \left[ \frac{(1+0.1)^5 - 1}{0.1(1+0.1)^5} \right]$$

$$VPN = -680,982.21$$

$$i = -10\%$$

$$VPN = -1,806,318.89 + 129,4736.43 \left[ \frac{(1-0.1)^5 - 1}{-0.1(1-0.1)^5} \right] - 65,400.00 \left[ \frac{(1-0.1)^5 - 1}{-0.1(1-0.1)^5} \right]$$

$$VPN = 246,975.67$$

### 3.16.2 Tasa interna de retorno (TIR)

Es la tasa máxima de utilidad que puede pagarse u obtenerse en la evaluación de una alternativa.

Lo que se busca es un dato que sea menor al dato buscado y otro que sea mayor y así poder interpolar de la manera siguiente:

Tasa 1	VPN (+)
TIR	VPN = 0
Tasa 2	VPN (-)

$$TIR = \left[ \frac{(Tasa1 - Tasa2)(0 - VPN(-))}{(VPN(+)) - (VPN(-))} \right] + Tasa2$$
$$TIR = \left[ \frac{(-10 - 10)(0 - (-680,982.21))}{(246,975.67) - (-680,982.21)} \right] + 10 = 4.65\%$$

La tasa interna de retorno es 4.65% anual, lo cual nos indica que el proyecto es rentable debido a la tasa positiva.

### 3.17 Cronograma de ejecución

Tabla IX. Cronograma de ejecución

	QUINCENAS											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
<b>ACTIVIDAD</b>												
Preliminares												Q 350,821.12
Línea de drenaje de Ø 6"												Q 250,783.88
Línea de drenaje de Ø 8"												Q 178,786.44
Línea de drenaje de Ø 10"												Q 31,852.50
Conexiones domiciliars de Ø 6"												Q 50,326.64
Conexiones domiciliars de Ø 8"												Q 27,710.94
Conexiones domiciliars de Ø 10"												Q 1,000.32
Pozos de visita												Q 330,007.23
Fosa séptica												Q 73,075.18
											TOTAL	Q1,294,364.25

## **CONCLUSIONES**

1. El Ejercicio Profesional Supervisado –EPS- permitió conocer a profundidad la situación en que se encuentran las comunidades del interior de la República. Con el trabajo de campo se hace un mejor estudio para diseñar con certeza, los proyectos de infraestructura que se adecúan a las necesidades de la comunidad, contribuyendo de ésta manera, con un servicio para la población guatemalteca.

2. Con la realización de éstos proyectos disminuye en un porcentaje los niveles de enfermedad, ya que al conducir las aguas negras para ser tratadas, se elimina el problema de contaminación que causa el empozamiento en las calles de las mismas; con el proyecto de pavimento no se daría el problema de la nube de polvo que se forma en la actualidad; la cual, causa daños respiratorios.
3. La experiencia adquirida en la realización del Ejercicio Profesional Supervisado, contribuye a la formación del estudiante dándole la habilidad para resolver problemas y poder determinar la mejor solución.
4. El método simplificado que propone la PCA para el diseño de pavimentos rígidos, utilizado en este caso, es bastante simple y práctico, especialmente en las áreas del interior de la República de Guatemala, se basa en buena parte en tablas, que son resultados de ensayos y experimentos de laboratorio y de campo.

## **RECOMENDACIONES**

1. Para la construcción de los proyectos debe haber coordinación entre el departamento técnico de la Municipalidad y los beneficiados, para evitar atrasos en todo el proceso.
2. Para garantizar el período de diseño de los proyectos, es necesario que los que trabajen en su construcción, sigan las indicaciones de los planos

y especificaciones. Que el supervisor indique cambios, si los hay, y que los trabajadores directos de campo, sigan las indicaciones del supervisor.

3. Es necesario tomar en cuenta la opinión de los habitantes de las comunidades para identificar los problemas y necesidades que afrontan haciendo énfasis en los problemas básicos.
4. Crear un plan de mantenimiento preventivo, así como utilizar la maquinaria y equipo necesario, para garantizar el buen funcionamiento de los proyectos.
5. La Oficina Municipal de Planificación deberá exigir el cumplimiento de las especificaciones contenidas en los planos a la entidad ejecutora del proyecto.
6. Cuando la municipalidad ejecute los proyectos, es necesario llevar un control de los materiales de construcción y de supervisión del trabajo siguiendo las especificaciones contenidas en los planos, para que el diseño trabaje de la mejor manera.



## **BIBLIOGRAFÍA**

1. Cabrera Riepele, Ricardo Antonio. Apuntes de Ingeniería sanitaria 2. Tesis de graduación de ingeniero civil. Facultad de ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala. 1996.
2. Contreras Barrientos, Walter Giovanni. Aplicaciones de Microsoft Excel al diseño, cálculo y estimación de costos de sistemas de alcantarillado en la república de Guatemala. Tesis de graduación de ingeniero civil.

Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. 2000.

3. García Mérida, Melvin Luís. Diseño de alcantarillado sanitario y pavimentación. Trabajo de graduación. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. 2002.
4. Instituto de fomento municipal (INFOM). Normas generales para diseño de alcantarillados. 2001.
5. López López, Juan Carlos. Manual de curso de pavimentos. Tesis de graduación de ingeniero civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala 1998.



## APÉNDICE

**Tabla X. Relaciones hidráulicas para sección circular**

d/D	a/A	v/V	q/Q	d/D	a/A	v/V	q/Q
0.0100	0.0017	0.0880	0.00015	0.1025	0.0540	0.4080	0.02202
0.0125	0.0237	0.1030	0.00024	0.1050	0.0558	0.4140	0.02312
0.0150	0.0031	0.1160	0.00036	0.1075	0.0578	0.4200	0.02429
0.0175	0.0039	0.1290	0.00050	0.1100	0.0599	0.4260	0.02550
0.0200	0.0048	0.1410	0.00067	0.1125	0.0619	0.4320	0.02672
0.0225	0.0057	0.1520	0.00087	0.1150	0.0639	0.4390	0.02804
0.0250	0.0067	0.1630	0.00108	0.1175	0.0659	0.4440	0.02926
0.0275	0.0077	0.1740	0.00134	0.1200	0.0680	0.4500	0.03059
0.0300	0.0087	0.1840	0.00161	0.1225	0.0701	0.4560	0.03194
0.0325	0.0099	0.1940	0.00191	0.1250	0.0721	0.4630	0.03340
0.0350	0.0110	0.2030	0.00223	0.1275	0.0743	0.4680	0.03475
0.0375	0.0122	0.2120	0.00258	0.1300	0.0764	0.4730	0.03614
0.0400	0.0134	0.2210	0.00223	0.1325	0.0786	0.4790	0.03763
0.0425	0.0147	0.2300	0.00338	0.1350	0.0807	0.4840	0.03906
0.0450	0.0160	0.2390	0.00382	0.1375	0.0829	0.4900	0.04062
0.0475	0.0173	0.2480	0.00430	0.1400	0.0851	0.4950	0.04212
0.0500	0.0187	0.2560	0.00479	0.1425	0.0873	0.5010	0.04375
0.0525	0.0201	0.2640	0.00531	0.1450	0.0895	0.5070	0.04570
0.0550	0.0215	0.2730	0.00588	0.1475	0.0913	0.5110	0.04665
0.0575	0.0230	0.2710	0.00646	0.1500	0.0941	0.5170	0.04863
0.0600	0.0245	0.2890	0.00708	0.1525	0.0964	0.5220	0.05031
0.0625	0.0260	0.2970	0.00773	0.1550	0.0986	0.5280	0.05208
0.0650	0.0276	0.3050	0.00841	0.1575	0.1010	0.5330	0.05381
0.0675	0.0292	0.3120	0.00910	0.1600	0.1033	0.5380	0.05556
0.0700	0.0308	0.3200	0.00985	0.1650	0.1080	0.5480	0.05916
0.0725	0.0323	0.3270	0.01057	0.1700	0.1136	0.5600	0.06359
0.0750	0.0341	0.3340	0.01138	0.1750	0.1175	0.5680	0.06677
0.0775	0.0358	0.3410	0.01219	0.1800	0.1224	0.5770	0.07063
0.0800	0.0375	0.3480	0.01304	0.1850	0.1273	0.5870	0.07474
0.0825	0.0392	0.3550	0.01392	0.1900	0.1323	0.6960	0.07885
0.0850	0.0410	0.3610	0.01479	0.1950	0.1373	0.6050	0.08304
0.0875	0.0428	0.3680	0.01574	0.2000	0.1424	0.6150	0.08756
0.0900	0.0446	0.3750	0.01672	0.2050	0.1475	0.6240	0.09104
0.0925	0.0464	0.3810	0.01792	0.2100	0.1527	0.6330	0.09663

**Continuación tabla X.**

d/D	a/A	v/V	q/Q	d/D	a/A	v/V	q/Q
0.2200	0.1631	0.6510	0.10619	0.5900	0.6140	1.0700	0.65488
0.2250	0.1684	0.6590	0.11098	0.6000	0.6265	1.0700	0.64157
0.2300	0.1436	0.6690	0.11611	0.6100	0.6389	1.0800	0.68876
0.2350	0.1791	0.6760	0.12109	0.6200	0.6513	1.0800	0.70537
0.2400	0.1846	0.6840	0.12623	0.6300	0.6636	1.0900	0.72269
0.2450	0.1900	0.6920	0.13148	0.6400	0.6759	1.0900	0.73947
0.2500	0.1955	0.7020	0.13726	0.6500	0.6877	1.1000	0.75510
0.2600	0.2066	0.7160	0.14793	0.6600	0.7005	1.1000	0.77339
0.2700	0.2178	0.7300	0.15902	0.6700	0.7122	1.1100	0.78913
0.3000	0.2523	0.7760	0.19580	0.7000	0.7477	1.1200	0.85376
0.3100	0.2640	0.7900	0.20858	0.7100	0.7596	1.1200	0.86791
0.3200	0.2459	0.8040	0.22180	0.7200	0.7708	1.1300	0.88384
0.3300	0.2879	0.8170	0.23516	0.7300	0.7822	1.1300	0.89734
0.3400	0.2998	0.8300	0.24882	0.7400	0.7934	1.1300	0.91230
0.3500	0.3123	0.8430	0.26327	0.7500	0.8045	1.1300	0.92634
0.3600	0.3241	0.8560	0.27744	0.7600	0.8154	1.1400	0.93942
0.3700	0.3364	0.8680	0.29197	0.7700	0.8262	1.1400	0.95321
0.3800	0.3483	0.8790	0.30649	0.7800	0.8369	1.3900	0.97015
0.3900	0.3611	0.8910	0.32172	0.7900	0.8510	1.1400	0.98906
0.4000	0.3435	0.9020	0.33693	0.8000	0.8676	1.1400	1.00045
0.4100	0.3860	0.9130	0.35246	0.8100	0.8778	1.1400	1.00045
0.4200	0.3986	0.9210	0.36709	0.8200	0.8776	1.1400	1.00965
0.4400	0.4238	0.9430	0.39963	0.8400	0.8967	1.1400	1.03100
0.4500	0.4365	0.9550	0.41681	0.8500	0.9059	1.1400	1.04740
0.4600	0.4491	0.9640	0.43296	0.8600	0.9149	1.1400	1.04740
0.4800	0.4745	0.9830	0.46647	0.8800	0.9320	1.1300	1.06030
0.4900	0.4874	0.9910	0.48303	0.8900	0.9401	1.1300	1.06550
0.5000	0.5000	1.0000	0.50000	0.9000	0.9480	1.1200	1.07010
0.5100	0.5126	1.0090	0.51719	0.9100	0.9554	1.1200	1.07420
0.5200	0.5255	1.0160	0.53870	0.9200	0.9625	1.1200	1.07490
0.5300	0.5382	1.0230	0.55060	0.9300	0.9692	1.1100	1.07410
0.5400	0.5509	1.0290	0.56685	0.9400	0.9755	1.1000	1.07935
0.5500	0.5636	1.0330	0.58215	0.9500	0.9813	1.0900	1.07140



**Figura 7. Resultados de laboratorio de suelos**



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

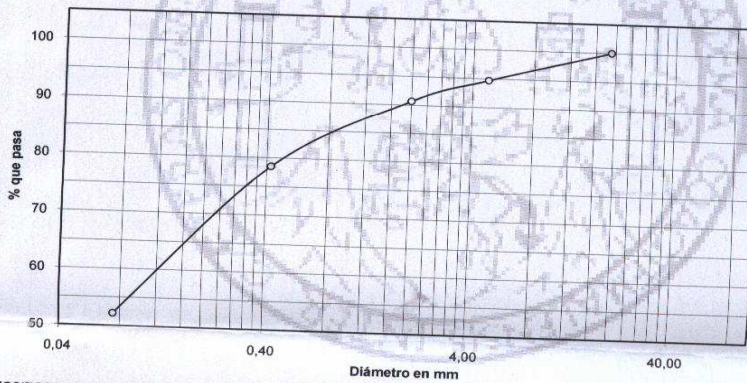


INFORME No. 033 S.S. O.T. No. 22,584  
 Interesado: Carlos Humberto Guzman  
 Tipo de Ensayo: Análisis Granulométrico, con tamices y lavado previo.  
 Norma: A.A.S.H.T.O. T-27,  
 Proyecto: E.P.S. Diseño de sistema de drenajes del Barrio la Laguna

Procedencia: Estanzuela, Zacapa  
 Fecha: 15 de Febrero 2008  
 Sondeo No. 1

Tamiz	Abertura (mm)	% que pasa
3/4"	19,00	100,00
4	4,76	94,73
10	2,00	90,70
40	0,42	78,49
200	0,074	52,16

% de Grava: 5,27  
 % de Arena: 42,57  
 % de Finos: 52,16



Clasificación: S.C.U.: ML P.K.A.: A-4  
 Observaciones: Muestra proporcionada por el interesado.

Atentamente,  
 Vo. Bo.   
 Ing. Oswaldo Romeo Escobar Alvarez  
 DIRECTOR CII/USAC.



Ing. Omar Enrique Medrano Méndez  
 Jefe Sección Mecánica de Suelos

**Continuación.**



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



INFORME No. 034 S.S.

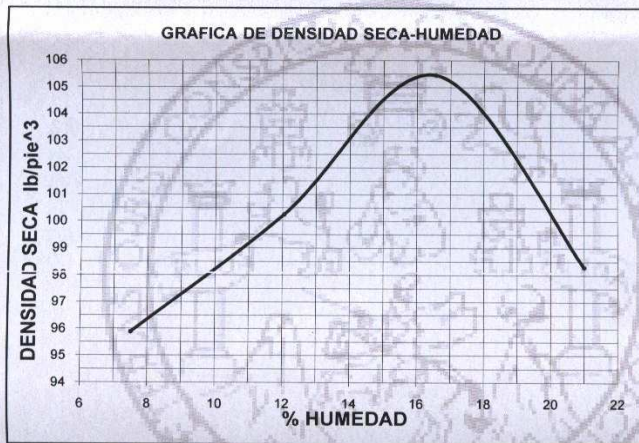
O.T. No.: 22,584

Interesado: Carlos Humberto Guzman  
Asunto: ENSAYO DE COMPACTACIÓN.

Proctor Estándar: ( ) Norma:  
Proctor Modificado: (X) Norma: A.A.S.T.H.O. T-180

Proyecto: Trabajo de graduación - EPS

Ubicación: Estanzuela, Zacapa  
Fecha: 14 de febrero de 2008



Muestra No.: 1

Descripción del suelo: limo arenoso color café

Densidad seca máxima  $\gamma_d$ : 1690,43 Kg/m<sup>3</sup> 105,52 lb/pe<sup>3</sup>

Humedad óptima Hop.: 16,6 %

Observaciones: Muestra proporcionada por el interesado.

Atentamente,

Vo. Bo.:

Ing. Oswaldo Romeo Escobar Alvarez

DIRECTOR CII/USAC

MECANICA DE SUELOS

Ing. Omar Enrique Medrano Mendez  
Jefe Sección Mecánica de Suelos

FACULTAD DE INGENIERIA-USAC

Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12

Teléfono directo 2476-3992, Planta 2443-9500 Ext. 1502. FAX: 2476-3993

Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

**Continuación.**



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

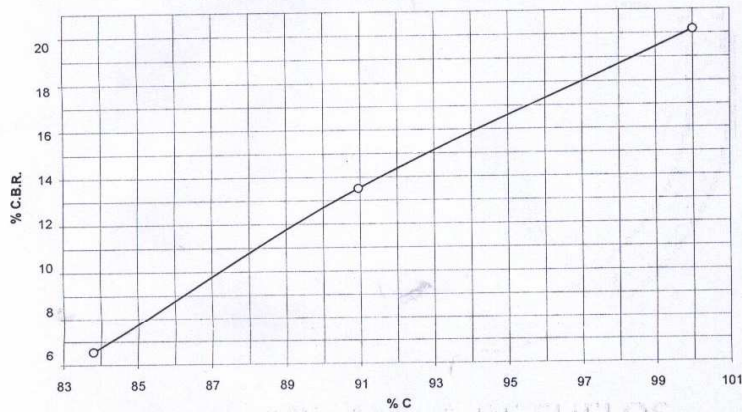


INFORME No.: 035 S.S. O.T. No.: 22,584  
 Interesado: Carlos Humberto Guzman  
 Asunto: Ensayo de Razón Soporte California (C.B.R.) Norma: A.A.S.H.T.O. T-193  
 Proyecto: Trabajo de graduación - EPS

Ubicación: Estanzuela, Zacapa  
 Descripción del suelo: Arcilla Limo arenosa color café  
 Muestra No.: 1  
 Fecha: 15 de febrero de 2008

PROBETA No.	GOLPES No.	A LA COMPACTACION		C (%)	EXPANSION (%)	C.B.R. (%)
		H (%)	$\gamma_{-1}$ (Lb/pie <sup>3</sup> )			
1	10	14,96	88,4	83,8	1,5	6,5
2	30	14,96	96,0	90,9	1,0	13,5
3	65	14,96	105,5	100,0	0,7	20,2

GRAFICA DE % C.B.R.-% DE COMPACTACION



Atentamente,

Vo. Bo.:

Ing. Oswaldo Romeo Escobar Alvarez  
DIRECTOR CIUSAC

Ing. Omar Enrique Médrano Méndez  
Jefe Sección Mecánica de Suelos

**Continuación.**



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



INFORME No.036 S. S.

O.T.: 22,584

Interesado: Carlos Humberto Guzman  
Proyecto: E.P.S. Diseño de sistema de drenajes del Barrio la Laguna

Asunto: ENSAYO DE LIMITES DE ATTERBERG  
Norma: AASHTO T-89 Y T-90

Banco No: 1  
Ubicación: Estanzuela, Zacapa

FECHA: 15 de Febrero 2008

RESULTADOS:

ENSAYO No.	MUESTRA No.	L.L. (%)	I.P. (%)	C.S.U. *	DESCRIPCION DEL SUELO
1	1	34,48	7,79	S.M.	Arcilla limo arenosa color cafe

(\*) C.S.U. = CLASIFICACION SISTEMA UNIFICADO

Observaciones: Muestra proporcionada por el interesado.

Atentamente,

Vo. Bo.

Ing. Oswaldo Romeo Escobar Alvarez  
DIRECTOR SII/USAC

Ing. Omar Enrique Medrano Méndez  
Jefe Sección Mecánica de Suelos

MECANICA DE SUELOS





POZOS DE VISITA		COTAS TERRENO		DH (M)	PENDIENTE (%)		No. DE CASAS		HABIT.		DIAM. PULG.	FACT. HARM	
DE	A	INICIAL	FINAL		TERR.	ASUM.	LOCAL	ACUM.	ACT.	FUT		ACT	FUT
1	2	263.59	260.90	62.00	4.33	4.30	2	2	12	26	6	4.35	4.27
2	3	260.90	259.90	74.00	1.75	1.70	2	4	24	52	6	4.32	4.22
3	4	259.60	257.51	100.00	2.09	2.00	2	6	36	78	6	4.16	4.00
4	5	257.51	254.52	72.00	4.15	4.10	1	7	42	91	6	4.15	4.15
5	6	254.52	253.22	64.00	2.03	2.00	1	8	48	104	6	4.15	3.98
6	7	253.22	251.53	80.00	2.11	2.10	0	8	48	104	6	4.15	3.98
7	8	251.53	250.02	80.00	1.88	1.80	2	10	60	130	6	4.14	3.96
8	9	250.02	248.88	79.00	1.44	1.40	2	12	72	156	6	4.10	3.92
9	10	248.88	247.88	92.00	1.88	1.80	3	15	90	195	6	4.04	3.83
10	11	247.88	245.66	72.00	3.08	3.00	1	16	96	208	6	4.03	3.83
11	12	245.66	244.10	70.00	2.22	2.00	0	16	96	208	6	4.03	3.83
12	13	244.10	240.77	90.00	3.70	3.60	1	17	102	221	6	4.03	3.82
13	14	240.77	239.34	61.00	2.34	2.30	2	19	114	247	6	3.99	3.77
14	15	239.34	237.35	61.50	3.24	3.20	2	21	126	294	6	3.98	3.76
15	16	237.35	235.59	64.00	2.28	2.25	2	23	138	299	6	3.98	3.75
16	17	235.59	235.61	35.00	1.00	0.70	2	25	150	325	6	3.94	3.70
17	18	235.61	234.10	55.00	2.75	2.70	3	28	168	364	6	3.90	3.65
18	19	234.10	232.52	72.00	2.19	2.15	2	30	180	390	6	3.87	3.61
19	20	232.52	232.10	37.00	1.14	1.10	2	32	192	416	6	3.84	3.57
20	21	232.10	230.80	59.00	2.20	2.10	2	34	204	442	6	3.82	3.65
21	22	230.80	229.38	75.00	1.90	1.75	3	37	222	481	6	3.81	3.53
22	23	229.38	227.90	75.50	1.96	1.90	1	38	228	494	6	3.79	3.51
23	24	227.90	226.81	67.00	1.63	1.60	2	40	240	520	6	3.77	3.49
24	25	226.81	226.67	30.50	0.50	0.50	2	42	252	546	6	3.75	3.48
25	26	226.67	225.89	87.50	0.90	0.70	3	45	270	585	6	3.73	3.43
26	27	225.89	224.45	77.00	2.62	2.50	1	46	276	598	6	3.73	3.43
27	28	224.45	223.48	77.00	1.26	1.20	2	48	288	624	6	3.71	3.41
28	29	223.48	222.04	63.00	3.51	3.45	1	49	294	637	6	3.71	3.41
29	30	222.04	220.47	92.00	1.71	1.65	2	51	306	663	6	3.70	3.39
30	31	220.47	220.24	32.00	0.72	0.65	3	54	324	702	6	3.68	3.37

POZOS DE VISITA		COTAS TERRENO		DH (M)	PENDIENTE (%)		No. DE CASAS		HABIT.		DIAM. PULG.	FACT. HARM	
DE	A	INICIAL	FINAL		TERR.	ASUM.	LOCAL	ACUM.	ACT.	FUT		ACT	FUT
31	32	220.24	216.65	86.00	3.94	3.85	2	56	336	728	6	3.66	3.34
32	33	216.65	214.50	100.00	2.35	2.30	3	59	354	767	6	3.63	3.31
33	34	214.50	213.59	54.50	1.67	1.60	1	60	360	780	6	3.63	3.31
34	35	213.59	211.55	82.00	3.40	3.30	2	62	372	806	6	3.62	3.30
35	36	211.55	210.40	80.50	1.97	1.90	2	64	384	832	8	3.62	3.30
36	37	210.40	209.50	42.50	2.12	2.10	1	65	390	846	8	3.62	3.29
37	38	209.50	207.79	58.00	2.95	2.90	2	67	402	872	8	3.61	3.29
38	39	207.79	206.73	79.00	1.34	1.30	3	70	420	911	8	3.60	3.28
39	40	206.73	206.05	80.00	0.85	0.80	1	71	426	924	8	3.60	3.27
40	41	206.05	204.11	100.00	1.94	1.90	1	72	432	937	8	3.60	3.27
41	42	204.11	203.59	72.00	0.72	0.70	1	73	438	963	8	3.60	3.27
42	43	203.59	202.61	100.00	0.98	0.95	2	75	450	976	8	3.60	3.27
43	44	202.61	202.09	82.00	0.63	0.60	2	77	462	1002	8	3.59	3.26
44	45	202.09	201.18	82.00	1.10	1.05	3	80	480	1041	8	3.59	3.26
45	46	201.18	200.35	77.00	1.07	1.05	3	83	498	1080	8	3.58	3.26
46	47	200.35	199.45	88.00	1.02	1.00	2	85	510	1106	8	3.58	3.25
47	48	199.45	197.91	88.00	1.75	1.70	2	87	522	1132	8	3.56	3.23
48	49	197.91	196.76	69.00	1.71	1.68	1	88	528	1145	8	3.56	3.23
49	50	196.76	195.62	94.00	1.23	1.20	1	89	534	1158	8	3.56	3.23
50	51	195.62	195.10	100.00	0.52	0.50	1	90	540	1171	10	3.56	3.22
51	F.S	195.10	195.10	50.00	0.00	0.00	0	90	540	1171	10	3.56	3.22

POZOS DE VISITA DE A		CAUDAL DE DISEÑO ACT FUT		SECCION LLENA VELOCIDAD (m/s) Q( l/s)		q/Q ACTUAL FUTURA		v/V ACTUAL FUTURA		VELOCIDAD DE DISEÑO ACTUAL FUTURA	
1	2	0.28	0.66	2.93	53.46	0.00520781	0.012413624	0.264	0.341	0.773706621	0.99937105
2	3	0.41	0.98	1.79	32.66	0.01269448	0.030146114	0.348	0.450	0.622994531	0.80559638
3	4	1.53	3.57	1.86	33.94	0.04512022	0.105253065	0.507	0.651	0.943245684	1.21114978
4	5	1.80	1.60	2.77	50.59	0.03153367	0.105437753	0.456	0.456	1.264664885	1.26466487
5	6	1.66	3.86	2.01	36.66	0.04526402	0.105437753	0.479	0.615	0.952555491	1.23584891
6	7	1.66	3.86	1.96	35.77	0.04638182	0.108041547	0.511	0.651	1.002112577	1.27666397
7	8	1.79	4.16	1.79	32.88	0.07414419	0.171840024	0.538	0.684	0.963135222	1.22450649
8	9	2.17	5.02	1.60	29.21	0.13723708	0.315954837	0.587	0.747	0.939913926	1.19610852
9	10	2.97	6.84	1.19	21.66	0.08277282	0.190477577	0.702	0.891	0.833620604	1.05805692
10	11	3.03	6.98	2.01	36.66	0.09793812	0.225376101	0.605	0.776	1.215753803	1.59938009
11	12	3.03	6.98	1.70	30.98	0.07791597	0.179220664	0.633	0.804	1.075053196	1.36547041
12	13	3.10	7.12	2.18	39.73	0.09584486	0.219548233	0.596	0.761	1.298022161	1.65737393
13	14	3.70	8.48	2.12	38.54	0.08280046	0.189522778	0.633	0.790	1.340826910	1.67338588
14	15	3.82	8.75	2.53	46.18	0.10356814	0.236881132	0.605	0.761	1.531705819	1.92665806
15	16	3.94	9.02	2.09	38.08	0.15546789	0.354348811	0.644	0.817	1.344498457	1.70567585
16	17	4.54	10.35	1.60	29.21	0.11978089	0.271993521	0.730	0.913	1.188878471	1.92665806
17	18	5.25	11.92	2.40	43.81	0.18093281	0.364222518	0.669	0.856	1.606620486	2.05596104
18	19	5.95	13.46	2.03	36.95	0.19200192	0.433227472	0.730	0.921	1.478539171	1.86538953
19	20	6.64	14.97	1.89	34.56	0.18352328	0.413324364	0.775	0.964	1.470197643	1.82637955
20	21	7.09	15.97	2.12	36.95	0.21895809	0.492472925	0.761	0.955	1.611957786	2.02289052
21	22	7.43	16.71	1.86	33.94	0.23222136	0.521425045	0.805	1.000	1.495797895	1.86044514
22	23	7.88	17.70	1.86	33.94	0.25854737	0.579711846	0.817	1.009	1.519983677	1.87718914
23	24	8.27	18.55	1.75	32.00	0.32783462	0.733660241	0.843	1.033	1.478659512	1.81192796
24	25	8.83	19.76	1.48	26.93	0.37298335	0.833044213	0.891	1.094	1.315337343	1.61501577
25	26	9.43	21.07	1.39	25.30	0.28494966	0.636313344	0.921	1.120	1.277145111	1.55309720
26	27	9.49	21.19	1.83	33.30	0.36220334	0.807458214	0.856	1.060	1.562771290	1.93520744
27	28	10.04	22.37	1.52	27.71	0.26115953	0.522105976	0.921	1.112	1.399042373	1.68918037
28	29	10.09	22.49	2.12	38.64	0.33625037	0.748751953	0.843	1.033	1.785651003	2.18811090

29	30	10.42	23.20	1.70	30.98	0.37873699	0.838372968	0.902	1.098	1.531908345	1.86478422
30	31	10.96	24.36	1.72	31.32	0.34983837	0.777800745	0.913	1.104	1.567724267	1.89569287
POZOS DE VISITA		CAUDAL DE DISEÑO		SECCION LLENA VELOCIDAD		q/Q		v/V		VELOCIDAD DE DISEÑO	
DE	A	ACT	FUT	(m/s)	Q( l/s)	ACTUAL	FUTURA	ACTUAL	FUTURA	ACTUAL	FUTURA
31	32	11.76	26.09	2.58	47.10	0.24975069	0.554057047	0.830	1.023	2.142963379	2.64126691
32	33	12.56	27.81	1.89	34.56	0.36342882	0.804593042	0.921	1.112	1.744912409	2.10677807
33	34	12.61	27.92	1.83	33.30	0.37873699	0.838372968	0.921	1.120	1.681439670	2.04474748
34	35	12.93	28.60	2.09	38.08	0.33951704	0.750968907	0.902	1.098	1.883132945	2.29232813
35	36	13.14	29.05	1.89	61.31	0.21432534	0.473818862	0.790	0.983	1.493589912	1.85847958
36	37	13.19	29.16	2.81	91.16	0.14473061	0.319922296	0.716	0.891	2.012635570	2.50455069
37	38	13.35	29.50	2.94	95.40	0.13994704	0.309223232	0.702	0.879	2.065111496	2.58580250
38	39	13.72	30.28	1.84	59.68	0.22986682	0.507486310	0.804	1.000	1.479516387	1.84019451
39	40	13.77	30.40	1.47	47.70	0.28867937	0.637252205	0.868	1.060	1.276721353	1.55912976
40	41	13.82	30.51	1.89	61.31	0.22544098	0.497595242	0.804	1.000	1.520058582	1.89062013
41	42	13.87	30.62	1.37	44.48	0.31192313	0.688396893	0.879	1.078	1.205636410	1.47858401
42	43	13.98	30.84	1.30	42.20	0.33126929	0.730918626	0.902	1.094	1.173695038	1.42352813
43	44	14.08	31.07	1.23	39.78	0.35394846	0.780854063	0.913	1.108	1.120065054	1.35929034
44	45	14.24	31.40	1.68	54.48	0.26138111	0.057637725	0.843	1.033	1.416122035	1.73529545
45	46	14.40	31.73	1.68	54.48	0.26424377	0.582487467	0.843	1.033	1.416122035	1.73529545
46	47	14.55	32.06	1.56	50.71	0.28691359	0.632242726	0.868	1.060	1.357434484	1.65769649
47	48	15.17	33.39	2.08	67.46	0.22490242	0.494933267	0.804	1.000	1.672428051	2.08013439
48	49	15.33	33.79	2.08	67.46	0.22719338	0.499812426	0.817	1.000	1.699469798	2.08013439
49	50	15.38	33.83	1.73	56.26	0.27330999	0.601201649	0.856	1.049	1.485118925	1.81996466
50	51	15.43	33.94	3.64	65.54	0.05829644	0.12820759	0.548	0.684	1.994316746	2.48925667
51	F.S	15.48	34.04	1.59	80.65	0.19194815	0.422139171	0.776	0.955	1.235082229	1.51997877

POZ. DE VIST. DE A		COTAS INVERT INICIO FINAL		PROF. POZO INICIO FINAL		POZO ALTURA	ANCHO ZANJA (m)	EXC. ( m3)
1	2	262.19	259.51	1.40	1.39	1.40	0.60	52.08
2	3	259.48	258.18	1.42	1.42	1.42	0.60	63.05
3	4	258.15	256.04	1.45	1.47	1.45	0.60	87.00
4	5	256.01	253.66	1.50	1.51	1.50	0.60	64.80
5	6	252.98	251.66	1.54	1.56	1.54	0.60	59.14
6	7	251.63	249.98	1.59	1.55	1.59	0.60	76.32
7	8	249.95	248.58	1.58	1.44	1.58	0.60	75.84
8	9	248.55	247.41	1.47	1.47	1.47	0.60	69.68
9	10	247.38	246.36	1.50	1.52	1.50	0.60	82.80
10	11	246.33	244.13	1.55	1.53	1.55	0.60	66.96
11	12	244.10	242.52	1.56	1.58	1.56	0.60	65.52
12	13	242.49	239.09	1.61	1.68	1.61	0.60	86.94
13	14	239.06	237.70	1.71	1.64	1.71	0.60	62.59
14	15	237.67	235.69	1.67	1.66	1.67	0.60	61.62
15	16	235.66	234.23	1.69	1.66	1.69	0.60	64.90
16	17	234.20	233.94	1.69	1.67	1.69	0.60	35.49
17	18	233.91	232.43	1.70	1.67	1.70	0.60	56.10
18	19	232.40	230.80	1.70	1.72	1.70	0.60	73.44
19	20	230.77	230.35	1.75	1.75	1.75	0.60	38.85
20	21	230.32	229.02	1.78	1.78	1.78	0.60	63.01
21	22	228.99	227.56	1.81	1.82	1.81	0.60	81.45
22	23	227.53	226.09	1.85	1.81	1.85	0.60	83.81
23	24	226.06	224.98	1.84	1.83	1.84	0.60	73.97
24	25	224.95	224.80	1.86	1.87	1.86	0.60	34.04
25	26	224.77	223.79	1.90	2.10	1.90	0.60	99.75
26	27	223.76	222.33	2.13	2.12	2.13	0.60	98.41
27	28	222.30	221.31	2.15	2.17	2.15	0.60	99.33

28	29	221.28	219.84	2.20	2.20	2.20	0.60	83.16
29	30	219.81	218.24	2.23	2.23	2.23	0.60	123.10
30	31	218.21	217.98	2.26	2.26	2.26	0.60	43.39
POZ. DE VIST. DE	A	COTAS INVERT INICIO	FINAL	PROF. POZO INICIO	FINAL	POZO ALTURA	ANCHO ZANJA (m)	EXC. ( m3)
31	32	217.95	214.62	2.29	2.23	2.29	0.60	118.16
32	33	214.59	212.21	2.26	2.29	2.26	0.60	135.6
33	34	212.18	211.34	2.32	2.25	2.32	0.60	75.86
34	35	211.31	209.27	2.28	2.28	2.28	0.60	112.18
35	36	209.22	208.11	2.33	2.29	2.33	0.60	112.53
36	37	208.08	207.21	2.32	2.25	2.32	0.60	59.16
37	38	207.18	205.53	2.32	2.26	2.32	0.60	80.74
38	39	205.50	204.47	2.29	2.26	2.29	0.60	108.55
39	40	204.44	203.78	2.29	2.27	2.29	0.60	109.92
40	41	203.75	201.85	2.30	2.26	2.30	0.60	138.00
41	42	201.82	201.32	2.29	2.27	2.29	0.60	98.93
42	43	201.29	200.39	2.30	2.22	2.30	0.60	138.00
43	44	200.36	199.88	2.25	2.21	2.25	0.60	110.70
44	45	199.85	198.95	2.24	2.23	2.24	0.60	110.20
45	46	198.92	198.09	2.26	2.26	2.26	0.60	104.41
46	47	198.06	197.20	2.29	2.25	2.29	0.60	120.91
47	48	197.17	195.65	2.28	2.26	2.28	0.60	120.38
48	49	195.62	194.54	2.29	2.24	2.29	0.60	94.81
49	50	194.51	193.36	2.27	2.26	2.27	0.60	128.03
50	51	193.31	192.81	2.31	2.29	2.31	0.60	138.60
51	F.S	192.78	192.28	2.32	2.32	2.32	0.60	139.20

