



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

**DISEÑO DE DRENAJE Y PAVIMENTACIÓN, COLONIA LA  
REPEGUA, SANTO TOMÁS DE CASTILLA, MUNICIPIO DE  
PUERTO BARRIOS, DEPARTAMENTO DE IZABAL**

**Marcelo Quiñonez Guerrero**  
**Asesorado por el Ing. Luis Gregorio Alfaro Véliz**

Guatemala, junio de 2006

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE DRENAJE Y PAVIMENTACIÓN, COLONIA LA  
REPEGUA, SANTO TOMÁS DE CASTILLA, MUNICIPIO DE  
PUERTO BARRIOS, DEPARTAMENTO DE IZABAL**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**MARCELO QUIÑONEZ GUERRERO**

ASESORADO POR EL ING. LUIS GREGORIO ALFARO VÉLIZ  
AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO CIVIL**

GUATEMALA, JUNIO DE 2006

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO:	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I:	
VOCAL II:	Lic. Amahán Sánchez Álvarez
VOCAL III:	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV:	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V:	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIA:	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO:	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR:	Ing. Oswaldo Romeo Escobar Álvarez
EXAMINADOR:	Ing. Luis Gregorio Alfaro Véliz
EXAMINADOR:	Ing. Ángel Roberto Sic García
SECRETARIA:	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

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

**“DISEÑO DE DRENAJE Y PAVIMENTACIÓN, COLONIA LA REPEGUA,  
SANTO TOMÁS DE CASTILLA, MUNICIPIO DE PUERTO BARRIOS,  
DEPARTAMENTO DE IZABAL”,**

tema que me fuera asignado por la dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, el 14 de octubre de 2005.

---

MARCELO QUIÑONEZ GUERRERO

## **AGRADECIMIENTOS A:**

- DIOS** por haberme dado la vida y fortalecerme en todo momento.
- MIS PADRES** por su interminable esfuerzo y apoyo.
- ING. MARIO CORZO** por compartir sus experiencias y conocimientos y brindarme su apoyo durante el transcurso de mi carrera.
- LA FACULTAD DE  
INGENIERÍA DE LA  
UNIVERSIDAD DE  
SAN CARLOS** por formarme como profesional.

## **ACTO QUE DEDICO A:**

### **MIS PADRES**

Juan Manuel Quiñonez Coronado, por hacerme entender la verdad de la vida, a mi madre Martha Isabela Guerrero Quintana, por guiarme en un buen camino y juntos darme todo el amor que un padre le puede dar a un hijo.

### **UN AMIGO**

Ferdy Alanzó Juárez, que en paz descansa (†).

# ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE ILUSTRACIONES.....	V
LISTADO DE SÍMBOLOS.....	VII
GLOSARIO.....	IX
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN.....	XVII

## 1. FASE DE INVESTIGACIÓN.

### 1.1 Monografía del lugar

1.1.1 Ubicación geográfica.....	1
1.1.2 Límites y colindancias.....	1
1.1.3 Flora y fauna.....	1
1.1.4 Suelo.....	2
1.1.5 Situación socio-económica.....	2
1.1.6 Servicios públicos.....	3
1.1.6.1 Educación.....	3
1.1.6.2 Comunicación.....	4
1.1.6.3 Salud.....	5
1.1.6.4 Agua potable.....	5
1.1.6.5 Drenajes.....	6
1.1.6.6 Transporte.....	6
1.1.6.7 Energía eléctrica.....	6

### 1.2 Encuesta Sanitaria.....

7

1.2.1 Datos de población.....	7
-------------------------------	---

1.2.2 Datos de vivienda.....	7
1.2.3 Datos sobre el uso del agua.....	7
1.2.4 Disposición de aguas servidas .....	8

**2. DISEÑO DE SISTEMA DE DRENAJE, COLONIA LA REPEGUA, SANTO TOMÁS DE CASTILLA, MUNICIPIO DE PUERTO BARRIOS, DEPARTAMENTO DE IZABAL.**

2.1 Descripción del proyecto.....	9
2.2 Levantamiento topográfico.....	9
2.2.1 Levantamiento planimétrico.....	9
2.2.2 Levantamiento altimétrico.....	10
2.3 Sistema de drenaje a utilizar.....	10
2.4 Período de diseño.....	10
2.5 Velocidad de diseño.....	11
2.6 Estimación de la población de diseño.....	11
2.6.1 Método del incremento geométrico.....	12
2.7 Determinación del caudal de aguas servidas.....	12
2.7.1 Población tributaria.....	13
2.7.2 Dotación.....	13
2.7.3 Factor de retorno al sistema.....	13
2.7.4 Factor de flujo instantáneo.....	13
2.7.5 Relación de diámetros y caudales.....	14
2.7.6 Caudal domiciliar.....	14
2.7.7 Caudal de infiltración.....	15
2.7.8 Caudal de conexiones ilícitas.....	15
2.7.9 Caudal comercial.....	15
2.7.10 Factor de caudal medio.....	16
2.7.11 Caudal de diseño.....	17

2.7.12	Diseño de secciones y pendientes.....	17
2.7.13	Obras accesorias.....	19
2.7.13.1	Pozos de visita.....	19
2.7.14	Diseño de red de alcantarillado sanitario.....	20
2.8	Desfogue de aguas negras.....	23
2.8.1	Selección del punto.....	23
2.9	Evaluación de Impacto Ambiental.....	24
2.9.1	Definición.....	24
2.9.2	Fines de estudio de Impacto Ambiental.....	24
2.9.3	Plan de mitigación.....	25
2.9.4	Control ambiental.....	25
2.10	Presupuesto general del proyecto.....	26

### **3. DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO PARA LA PRIMERA AVENIDA PRINCIPAL DE LA COLONIA REPEGUA, SANTO TOMÁS DE CASTILLA, MUNICIPIO DE PUERTO BARRIOS, DEPARTAMENTO DE IZABAL.**

3.1	Antecedentes.....	29
3.2	Condiciones actuales de la superficie de la calzada.....	29
3.3	Diseño geométrico y gabarito.....	30
3.3.1	Estudios topográficos.....	30
3.4	Evaluación de las características del suelo.....	30
3.4.1	Toma de muestras.....	31
3.4.2	Ensayos de laboratorio.....	32
3.4.2.1	Granulometría.....	32
3.4.2.2	Límites de consistencia.....	33
3.4.2.3	Ensayo de compactación o proctor modificado.....	35
3.4.2.4	Ensayo de valor soporte (C.B.R.).....	39

3.5 Elementos estructurales del pavimento.....	42
3.5.1 Pavimento.....	42
3.5.2 Subrasante.....	42
3.5.3 Sub-base.....	45
3.5.4 Base.....	46
3.5.5 Riego de imprimación.....	47
3.5.6 Superficie de rodadura.....	48
3.5.7 Juntas.....	48
3.5.7.1 Juntas longitudinales.....	48
3.5.7.2 Juntas transversales.....	49
3.5.7.3 Juntas de expansión.....	49
3.5.7.4 Juntas de construcción.....	50
3.6 Diseño y dimensionamiento del espesor del pavimento.....	50
3.6.1 Método y proceso de diseño para pavimento rígido.....	50
3.6.2 Etapas del método simplificado.....	51
3.6.3 Tránsito.....	51
3.6.4 Cálculo del espesor del pavimento.....	52
3.6.5 Diseño de la mezcla de concreto.....	57
3.6.6 Maquinaria a utilizar.....	60
3.6.7 Presupuesto general.....	63
CONCLUSIONES.....	69
RECOMENDACIONES.....	71
BIBLIOGRAFÍA.....	73
ANEXOS.....	75

## ÍNDICE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1	Planta general, drenaje sanitario.....	76
2	Planta perfil E-0 a E-7.....	77
3	Planta perfil E-7 a E-10.....	78
4	Planta perfil E-0 a E-35.....	79
5	Planta perfil E-5 a E-23.....	80
6	Planta perfil E-24 a E-29.....	81
7	Planta perfil E-29a a E-29.....	82
8	Planta perfil E-13 a E-19.....	83
9	Planta perfil E-3 a E-54.....	84
10	Planta perfil E-40 a E-41.....	85
11	Planta perfil E-52 a E-47.....	86
12	Detalles.....	87
13	Planta perfil E-3 a E-51 y detalles.....	88
14	Planta perfil E-41 a E-52.....	89

## TABLAS

XII	Anchuras de zanja.....	18
XIII	Presupuesto drenaje La Repegua.....	26
I	Interrelación aproximada de las clasificaciones de suelos y los valores de soporte.....	57
II	Categorías de carga por eje.....	58
III	Tipos de suelos de subrasantes y valores aproximados de K.....	58
IV	Valores de K para diseño sobre bases granulares (de PCA).....	59
V	TPDC permisible, carga por eje categoría 1. Pavimentos con juntas de trabe por agregados. (No necesita dovelas).....	60
VI	Variación total, desviación estándar Mpa (psi).....	62
VII	Relación agua-cemento para distintas resistencias. ....	62
VIII	Estimación de agua de mezcla y contenido de aire.....	63
IX	Porcentaje de agregado fino sobre agregado total en volumen.....	63
XI	Presupuesto pavimentación La Repegua.....	66
XII	Cálculo hidráulico de drenaje sanitario.....	72

## LISTADO DE SÍMBOLOS

<b>%</b>	Porcentaje
<b>cm</b>	Centímetro
<b>CI</b>	Cota invert
<b>D</b>	Diámetro de la sección circular
<b>F'c</b>	Resistencia a compresión
<b>FH</b>	Factor de Harmond
<b>H</b>	Altura
<b>hab.</b>	Habitantes
<b>kg</b>	Kilogramos
<b>Kg/cm<sup>2</sup></b>	Kilogramo sobre centímetro cuadrado
<b>Kg/m<sup>3</sup></b>	Kilogramo sobre metro cúbico
<b>lbs/plg<sup>3</sup></b>	Libras sobre pulgada cúbica
<b>lbs/plg<sup>2</sup></b>	Libra sobre pulgada cuadrada
<b>lts/m<sup>3</sup></b>	Litros sobre metros cúbicos
<b>L</b>	longitud
<b>lb</b>	Libras
<b>L<sub>t</sub></b>	Litros
<b>m</b>	Metros
<b>m<sup>3</sup></b>	Metros cúbicos
<b>m<sup>2</sup></b>	Metros cuadrados
<b>mm</b>	Milímetros
<b>n</b>	Diferencia en años
<b>n</b>	Coefficiente de rugosidad Manning
<b>P</b>	Población en miles de habitantes
<b>Plg</b>	Pulgadas
<b>P<sub>n</sub></b>	Población buscada

<b>P<sub>o</sub></b>	Población actual
<b>q</b>	Caudal de diseño
<b>PVC</b>	Cloruro de polivinilo
<b>Q</b>	Caudal
<b>qq</b>	Quintales
<b>r</b>	Tasa de crecimiento
<b>S</b>	Pendiente de la gradiente hidráulica
<b>U</b>	Unidades
<b>V</b>	Velocidad del flujo a sección llena

## GLOSARIO

<b>AASHTO</b>	American Association of State Highway and Transportation Officials.
<b>Abrasión</b>	Desgaste de los materiales por medio de fricción.
<b>Acarreo</b>	Es el transporte de materiales no clasificados, provenientes del corte y de préstamo, así como el transporte del material desperdicio a cualquier distancia que exceda de un kilómetro menos la distancia de acarreo libre, en este caso, no se considera sobreacarreo.
<b>Agregados pétreos</b>	Materiales inertes resultantes de la desintegración natural de rocas, o que se obtienen de la trituración de las mismas de otros materiales inertes suficientemente duros.
<b>ASTM</b>	American Society for Testing and Materials
<b>Aguas negras</b>	En general, se llama así a las aguas de desechos provenientes de usos domésticos e industriales.
<b>Balasto</b>	Es el material selecto que se coloca sobre la subrasante terminada de una carretera, con el objeto de protegerla y que sirva de superficie de rodadura.
<b>Bituminoso</b>	Es el material que contiene mineral natural rico en carbono e hidrógeno.

<b>Banco de materiales</b>	Lugar aprobado para la extracción de materiales de estructuras de estructuras y capas del balasto.
<b>Contracunetas</b>	Son los canales que se construyen en uno o ambos lados de una carretera, paralelamente a ellas y fuera de los límites de construcción, con el objeto de drenar el agua de lluvia que cae sobre las áreas contiguas a dichos límites.
<b>Contratista</b>	Es la persona individual o jurídica con quien el Gobierno celebra un contrato para la ejecución de una obra.
<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 pedrín y agua.
<b>Contaminación</b>	Efecto nocivo sobre el medio ambiente que afecta a todos los seres vivos.
<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>Descarga</b>	Lugar donde se vierten las aguas negras provenientes de un colector, las que pueden estar crudas o tratadas, en un cuerpo receptor.
<b>Dotación</b>	Estimación de la cantidad de agua que en promedio consume cada habitante por día.
<b>Excavación</b>	Es la operación de extraer y remover cualquier clase de material dentro de los límites de construcción, para incorporarlo al camino.
<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>Formaleta</b>	Armazón provisional que sostiene un elemento de construcción mientras se está ejecutando, hasta que alcanza resistencia propia suficiente.
<b>INE</b>	Instituto Nacional de Estadística.

<b>Rasante</b>	Es trazo vertical que determina el nivel superior, sobre la línea central que se proyecta construir a lo largo de la carretera.
<b>Pozo de visita</b>	Es una obra accesoria 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>Superficie de rodadura</b>	Área destinada a la circulación de vehículos, o bien la capa sobre la cual se aplican directamente las cargas de tránsito.
<b>Tirante</b>	Altura de las aguas negras o pluviales dentro de una alcantarilla.
<b>Topografía</b>	Ciencia y arte de determinar posiciones relativas de puntos situados encima de la superficie terrestre, sobre dicha superficie y debajo de la misma.
<b>T.P.D.A.</b>	Tránsito promedio diario anual

## RESUMEN

El presente trabajo de graduación consiste en la realización del estudio y diseño de un sistema de drenaje y pavimentación de la colonia La Repegua, Santo Tomas de Castilla, municipio de Puerto Barrios, departamento de Izabal.

Actualmente, la colonia La Repegua no cuenta con un sistema de drenaje de aguas servidas y sus calles se encuentran en mal estado, por lo que el desarrollo y mejoramiento solucionará en gran medida las necesidades de los habitantes. El mejoramiento involucra un sistema de drenaje de tubería PVC, pozos de visita y accesorios para su correcto funcionamiento. La pavimentación contará con un ancho promedio de calle de seis metros, una base de 20 centímetros, una carpeta de rodadura de 15 centímetros y bordillo de 15 X 10 centímetros en ambos lados. El diseño del sistema de drenaje se basó en las normas y especificaciones ASTM 3034 e IMFOM, de igual manera la pavimentación con normas y especificaciones de la PCA, ASTM, AASHTO y dirección general de caminos.

Con la realización de este proyecto se persigue que la comunidad mejore las condiciones de vida de sus pobladores y tengan una vía de acceso con adecuadas condiciones.



## **OBJETIVOS**

### **GENERAL**

Diseñar una red de drenajes para la colonia La Repegua y diseñar la pavimentación de la primera avenida principal.

### **ESPECÍFICOS**

1. Recopilar información para la realización de la monografía de la comunidad.
2. Analizar y determinar las necesidades prioritarias de las comunidades.
3. Realizar pláticas para hacer conciencia de la importancia de un buen mantenimiento de ambos proyectos.



## INTRODUCCIÓN

Con el fin de contribuir al desarrollo del municipio de Puerto Barrios del departamento de Izabal, se diseñarán los drenajes de aguas servidas de la colonia la Repegua; es común en este municipio el problema de drenajes ya que se encuentra ubicado a nivel del mar, y esto ha provocado que la fluidez de flujo dentro de la tubería sea incorrecta; en la colonia La Repegua, Santo Tomas de Castilla, municipio de Puerto Barrios, no se cuenta con una red de drenajes, lo que ha ocasionado innumerables problemas, siendo los más importantes las enfermedades gastrointestinales.

A su vez se diseñará la pavimentación de la primera avenida principal de la colonia Repegua, con lo que se beneficiará a los habitantes de la colonia y unirá a las lotificaciones buena vista, las brisas, así como también a la escuela de dicha localidad.

Con dichos proyectos se pretende tener un acceso más eficiente y seguro, el cual permita descongestionar la única entrada que existe actualmente; además, brindar un servicio de drenajes a la colonia La Repegua, con el cual se reducirá en gran parte el riesgo de enfermedades.

# **1. FASE DE INVESTIGACIÓN**

## **1.1 Monografía del municipio de Puerto Barrios**

### **1.1.1 Ubicación geográfica**

Puerto Barrios cabecera municipal del departamento de Izabal, se encuentra ubicado en el extremo nororiental de la república, en los recodos de la bahía de Amatique, tiene una elevación municipal promedio de 0.67 metros sobre el nivel del mar y cuenta con un Área aproximada de 1,292 Km. cuadrados. La cabecera municipal Puerto Barrios, se encuentra localizada en las coordenadas geodésicas:

- Latitud 14°44'06"
- Longitud 88°36'17"

### **1.1.2 Límites y colindancias**

Puerto Barrios colinda al norte con la bahía de Amatique y Golfo de Honduras, al sur con la República de Honduras y el municipio de Morales (Izabal), al oeste con los municipios de Morales y Livingston (Izabal).

### **1.1.3 Flora y fauna**

La situación actual en el municipio indica una deforestación creciente, entre las causas que la originan se pueden citar: la existencia de aserraderos ilegales, destrucción de bosques por cosechas y producción ganadera, el

consumo familiar de leña y las invasiones de terrenos. En Puerto Barrios se localizan dos grandes extensiones de bosque, las cuales son:

- Punta de Manabique que cuenta con un Área de 66,900 Hectáreas, se le considera zona protegida y esta bajo el control de FUNDARY.
- Cerro San Gil cuenta con un Área de 47,428 Hectáreas, también esta considerada zona protegida y la administra FUNDAECO.

Por su ubicación privilegiada, el municipio cuenta con una amplia variedad de especies, tanto de flora como fauna.

#### **1.1.4 Suelo**

Las elevaciones varían desde el nivel del mar hasta más de los 1,500 metros de altitud. En las secciones de los cerros de caliza y las tierras bajas del Petén-caribe la caliza, la arcilla esquistosa y la serpentina son comunes; el esquisto y la arcilla esquistosa son comunes en la sección de la altiplanicie central. Gran parte del área de la sección de las tierras bajas del Petén-caribe yace sobre sedimentos marinos y los grandes valles de los ríos Motagua y Polochic están formados por depósitos aluviales.

Los suelos del departamento de Izabal han sido divididos en 26 unidades que consisten de 23 series de suelo y tres clases de terreno misceláneo. Las series han sido clasificadas en cuatro grupos I. Suelos de la altiplanicie central, II. Suelos de los cerros de caliza, III. Suelos de las tierras bajas del petén-caribe, IV. Clases misceláneas de terreno.

### **1.1.5 Situación socio-económica**

La base económica de Puerto Barrios se debe a la actividad portuaria, ya que posee dos de los tres muelles más importantes del país. Los productos de importación y exportación llegan a través de la zona libre de industria y comercio, ZOLIC, lo que promueve la actividad comercial del lugar; tanto por las bodegas de almacenamiento de esa zona, como por el tránsito de transporte comercial, constituyéndose en parte primordial del empleo e ingreso a los habitantes de Puerto Barrios.

Sin dejar de mencionar la destacada producción agrícola, pecuaria, avícola, industrial, pesquera, produciendo 4,679,190 cajas anuales de banano, siendo una producción que se dirige a Estados Unidos y Europa, 21,320 quintales anuales de arroz, 15,675 quintales anuales de hule, 12,480 animales sacrificados al año, 4,106,250 de huevos, 29,543 quintales anuales de pesca, 3,410 metros cúbicos anuales de plywood, siendo una distribución nacional.

A pesar de contar con una diversidad de atractivos turísticos no son explotados adecuadamente, por esta razón, actualmente el puerto sólo es utilizado como puente para acceder a otros lugares como Livingston y Belice. Por tal motivo la población económicamente activa se ubica en un rango de 15 a 64 años de edad.

### **1.1.6 Servicios públicos**

#### **1.1.6.1 Educación**

Puerto Barrios cuenta con 86 escuelas de nivel primario, con un instituto experimental y extensiones de universidades privadas y de la universidad de

San Carlos de Guatemala. Según datos del censo realizado en noviembre del 2,002 de una población de 66,302 habitantes 54,431 habitantes son alfabetos que representa un 82.19% y 11,871 habitantes son analfabetas que representan un 17.81%, teniendo en cuenta que esta cantidad es de personas encuestadas de 7 a más años de edad.

**Fuente: oficina municipal de planificación (O.M.P). Puerto Barrios**

### **1.1.6.2 Comunicación**

La principal vía de comunicación terrestre es la carretera Interoceánica CA-9, que en dirección suroeste va a la capital de la Republica a una distancia aproximada de 301 Km. Esta carretera comunica con el resto de la república por medio de otras vías asfaltadas que la cruzan.

Cinco kilómetros antes de llegar a la cabecera municipal, un ramal se dirige al oeste, dirigiéndose al puerto nacional Santo Tomas de Castilla a unos 4 km. aproximadamente. Asimismo existen carreteras departamentales, municipales, roderas y veredas que unen a sus poblados y propiedades rurales entre sí y con los municipios vecinos. Cuenta a la vez con una extensa línea férrea, la cual anteriormente servía como medio de transporte de pasajeros, pero en los últimos años únicamente se utiliza como medio de transporte de carga. Existen dos vías más de comunicación que son la aérea y la marítima.

Los materiales usados en las calles de Puerto Barrios son: asfalto 20%, pavimentación 15%, adoquinado 5% y de tierra 60%.

### **1.1.6.3 Salud**

Puerto Barrios cuenta con dos hospitales nacionales; uno para adultos y otro para niños, por parte del estado, y un hospital que pertenece al Instituto Guatemalteco de Seguridad Social. Un centro de salud pública un centro, un centro de asistencia atendido por la Cruz Roja departamental, un dispensario médico por un grupo de religiosas, hermanas Carmelitas, y un centro de asistencia médica, auspiciado por la municipalidad del puerto.

Actualmente el Hospital nacional es una obra hecha por Japón la cual tiene unas condiciones óptimas para atender las emergencias tanto de Puerto Barrios como de Santo Tomas de Castilla.

### **1.1.6.4 Agua potable**

La municipalidad de Puerto Barrios es el socio mayoritario de hidroeléctricas del Atlántico, ya que cuenta con en el 90% de las acciones, además del servicio que presta la hidroeléctrica, esta funcionando la empresa Municipal de Agua, la cual abastece a varios sectores dentro del casco urbano.

El agua potable es captada del río Las Escobas, que corre al suroeste de Santo Tomas de Castilla, por medio de un dique para su conducción a la cabecera, con una distancia de casi 13 km. La primera parte fue instalada en 1963. Originalmente la conducción se efectuaba por medio de tuberías submarinas que atravesaban la bahía, sustituida por la actual, debido que al incrementarse el tráfico marítimo en varias ocasiones las anclas de los barcos rompieron la tubería.

Esta empresa proporciona servicio gratuito a oficinas públicas, escuelas, pilas y llena cántaros, se ha tenido noticia que en algunos sectores de la ciudad, cierto número de viviendas carecen de servicio domiciliario.

#### **1.1.6.5 Drenajes**

Es común en este municipio el problema de drenajes ya que se encuentra ubicado a nivel del mar, y esto ha provocado que la fluidez de flujo dentro de la tubería sea incorrecta. Puerto Barrios no cuenta con ningún tipo de drenaje, más que quineles ubicados en las orillas de las calles y avenidas, provocando malos olores, de igual modo elevando el riesgo de enfermedades en el área urbana.

#### **1.1.6.6 Transporte**

Existe un servicio de taxi, el cual tiene una tarifa de Q. 4.00, para los viajes dentro del casco urbano de Puerto Barrios y Santo Tomas de Castilla, cobrando una tarifa especial en caso de viajes expresos, el servicio de transporte urbano es eficiente ya que se cuenta con varias empresas, el precio de este transporte es de Q.2.00, también se cuenta con el servicio de transporte extraurbano, Puerto Barrios-Guatemala, con unas tarifas que varían de Q 40.00 a Q 80.00, según sea la comodidad deseada.

#### **1.1.6.7 Energía eléctrica**

Este servicio lo presta la municipalidad a través de La Empresa Eléctrica Municipal, la cual cobra las siguientes tarifas:

- Kilovatio/hora = Q 0.61 domiciliar y comercial
- Instalación 110 voltios = Q.110.00 presupuesto e instalación

- Instalación 220 voltios = Q 250.00 presupuesto Q.250.00 instalación

El servicio de energía eléctrica es regular ya que solo cubre el 72% del municipio, y la misma es interrumpida constantemente.

## **1.2 Encuesta sanitaria, colonia La Repegua**

### **1.2.1 Datos de población**

La población ha crecido notablemente, en la actualidad se registra una población de 776 mujeres y 640 hombres para un total de 1,416 habitantes, de los cuales el 60% están económicamente activos. Haciendo un total de 236 casas.

### **1.2.2 Datos de vivienda**

Las calles son de terracería, el 85% de las casas están construidas de block, el resto son de madera con techos de lamina, las dimensiones de las viviendas varían de 8 x 15 metros hasta 20 x 40 metros. Los terrenos no son uniformes y no están debidamente diseñados bajo el concepto de urbanización planificada, esto en la primera y segunda avenida principal hasta la lotificación las brisas, no así en la primera, segunda, tercera, cuarta y quinta avenida denominadas secundarias.

### **1.2.3 Datos sobre el uso del agua**

Las distribución de agua fue mejora por medio del proyecto agua potable por parte de UNEPAR y la colaboración de la comunidad con mano de obra no calificada, posee un tanque de distribución con capacidad de 67,000 litros para abastecer a más de 150 familias. El proyecto no es suficiente para abastecer de

buena forma a todas las familias. La distribución es por medio de agua entubada.

#### **1.2.4 Disposición de aguas servidas**

La mayoría de las casas ubicadas en donde se realizará el diseño, cuentan con pozos ciegos, fosas sépticas, pozos de absorción, dando problemas al medio ambiente, contaminando los mantos freáticos ya que estos pueden servir para extracción de agua para el consumo humano. En algunos lugares, las aguas negras corren sobre las calles, provocando malos olores y enfermedades.

## **2. DISEÑO DE SISTEMA DE DRENAJE COLONIA LA REPEGUA, SANTO TOMAS DE CASTILLA, MUNICIPIO DE PUERTO BARRIOS, DEPARTAMENTO DE IZABAL**

### **2.1 Descripción del proyecto**

El proyecto consiste en diseñar un sistema de drenaje sanitario para la colonia La Repegua. Se inició el estudio mediante una investigación detallada de tipo monográfica, luego se realizó el levantamiento topográfico por medio del cual se determinó el comportamiento del terreno.

El proyecto a diseñar es de 2,991.57 metros. (2.99 km.). En las partes más bajas establecidas por la altimetría del terreno, serán los desfogues, los cuales se unirán a plantas de tratamiento que se encuentran en proceso de estudio y diseño.

La tubería que se utilizó para el diseño en este proyecto fué de P.V.C., siguiendo las especificaciones de instalación y diseño hidráulico, también se utilizará las normas del IMFOM.

### **2.2 Levantamiento topográfico**

#### **2.2.1 Planimetría**

La planimetría estudia los procedimientos para fijar las posiciones de puntos, proyectados en un plano horizontal, sin importar sus elevaciones. Para la realización de la planimetría se utilizó un teodolito proporcionado por la escuela de civil.

### 2.2.2 Altimetría

Tiene por objeto determinar las diferencias de alturas entre puntos de terreno. Para la realización de la altimetría se utilizó un nivel proporcionado por la escuela de civil.

### 2.3 Sistema de drenaje a utilizar

Existen tres tipos básicos, de acuerdo con su finalidad.

- a) **Drenaje sanitario:** consiste en un conjunto de tuberías que recogen las aguas servidas domiciliarias, comerciales.
- b) **Alcantarillado pluvial:** conduce exclusivamente aguas producto de las lluvias.
- c) **Drenaje combinado:** Se conducen tanto las aguas negras como las aguas producto de las lluvias. Este sistema no es adecuado para el saneamiento del ambiente, debido a que el Ministerio de Medio Ambiente exige el tratamiento de las aguas negras.

Es por ello que se dispuso diseñar solamente el drenaje sanitario y posteriormente cuando se decida diseñar la pavimentación de toda la colonia, el diseño de un alcantarillado pluvial.

### 2.4 Período de diseño

Es el periodo de funcionamiento eficiente del sistema. Para seleccionar el periodo de diseño de una red de drenajes, se debe considerar factores como

la vida útil de las estructuras y del equipo componente así como también el crecimiento de la población, incluyendo en lo posible el desarrollo urbanístico, comercial o industrial de las áreas adyacentes.

El periodo de diseño recomendado por el Instituto de Fomento Municipal –IMFOM- es de 20 años. Para este proyecto se diseño un periodo de 20 años.

## **2.5 Velocidades de diseño**

Para el diseño de este proyecto se utilizará tubería de P.V.C., norma ASTM 3420, se recomienda que la velocidad de flujo dentro de la tubería no sea menor de 0.40 m/seg., ni mayor de 5.00 m/seg.

La velocidad mínima tiene como objeto principal evitar la sedimentación de sólidos dentro de la tubería que obstruya la circulación del flujo. La velocidad máxima tiene por objetivo evitar la abrasión de la tubería debido a los sólidos que se transportan dentro de la misma.

## **2.6 Estimación de la población de diseño**

Para la estimación del número de habitantes futuros de una población, existen varios métodos, dentro de los cuales podemos mencionar los siguientes:

- Método del crecimiento aritmético
- Método del crecimiento geométrico
- Método del crecimiento gráfico

En el diseño se utilizará el método del crecimiento geométrico para estimar la población futura de la colonia La Repegua.

### **2.6.1 Método del crecimiento geométrico**

Este método es el más utilizado para la estimación de poblaciones en los países en vías de desarrollo como el nuestro. Este método tiene la ventaja de que no necesita muchos datos para su aplicación y se adapta más a la realidad.

La fórmula del crecimiento geométrico es la siguiente:

$$P_n = P_o (1+r)^n$$

$P_n$  = Población buscada

$P_o$  = Población actual

$r$  = Tasa de crecimiento

$n$  = Diferencia en años

Se utiliza una tasa de crecimiento del 2.5%, dato obtenido por la oficina municipal de planificación. La población actual es de 1,416 habitantes, y en un periodo de 20 años, se tendrá una población de 2,320 habitantes. Dato obtenido utilizando la siguiente fórmula.

- $P_n = P_o (1+r)^n$

$$P_n = 1,416 * (1+0.025)^{20} = 2,320 \text{ hab.}$$

### **2.7 Determinación del caudal de aguas servidas**

En un sistema de drenaje sanitario el caudal de diseño será determinado de acuerdo a los siguientes parámetros.

### **2.7.1 Población tributaria**

En este caso se obtuvo la población tributaria en base al número de casas localizadas, multiplicándose por el número de habitantes por casa.

Población = 6 hab. X 236 casa = 1,416 habitantes.

Habitantes por casa = 1,416 hab. / 236 casa = 6 habitantes.

### **2.7.2 Dotación**

Es la cantidad de agua asignada en un día a cada habitante, se expresa en litros por habitante por día. (lts/hab/día).

Para considerar una dotación hay que tomar en cuenta los siguientes factores clima, costumbres, servicios públicos, calidad de agua, actividades de la población. Para el diseño se estimó una dotación de 110 l/hab/día, por los factores antes mencionados.

### **2.7.3 Factor de retorno al sistema**

Se considera que del 75% al 95% del consumo de agua retorna al alcantarillado, este rango es considerado para agua de origen doméstico. Para el diseño se consideró perderse un 20%, por lo cual el factor de retorno es del 80%.

### **2.7.4 Factor de flujo instantáneo**

Este factor actúa principalmente en las horas pico, es la probabilidad de que múltiples artefactos sanitarios se utilicen simultáneamente.

Es llamado también factor de Harmond (F.H.), está en función del número de habitantes localizados en el área de influencia. Regula un valor máximo de las aportaciones por uso doméstico.

La formula de Harmond es la siguiente:

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

FH = Factor de Harmond

P = población en miles de habitantes

El Factor de Harmond se encuentra entre los valores de 1.5 a 4.5, según sea el tamaño de la población a servir.

### **2.7.5 Relación de diámetros y caudales**

La relación de caudales deberá estar dentro del rango  $0.10 < q/Q \leq 0.75$ . y la relación de diámetros  $0.10 < d/D \leq 0.75$ . para drenaje sanitario. Esto es para que funcione como canales abiertos, en los cuales circula el flujo por acción de la gravedad sin ninguna presión, pues la superficie libre del líquido está en contacto con la atmósfera.

### **2.7.6 Caudal domiciliar**

Es el agua que está relacionada con la dotación del suministro del agua potable, que ha sido usada por los humanos, para la limpieza o producción de alimentos, es desechada y conducida hacia la red de drenaje, menos una porción que no retornara, como la que se usa para el riego de jardines o el lavado de vehículos.

La formula para calcular el caudal domiciliar es la siguiente:

$Q_{\text{dom}} = (\text{dotación} * \text{Número de habitantes} * \text{Factor de retorno}) / 86,400 \text{ seg.}$

$Q_{\text{dom}} = (110 \text{ lts/hab/día} * 2,320 \text{ hab} * 0.80) / 86,400 \text{ seg.} = 2.36 \text{ lts/seg.}$

Caudal domiciliar = 2.36 lts/seg.

### **2.7.7 Caudal de infiltración**

Para la estimación del caudal de infiltración que entra a los drenajes, se toma en cuenta la profundidad del nivel freático del agua subterránea con relación a la profundidad de la tubería, la permeabilidad del terreno, el tipo de junta usada en la tubería, la calidad de la mano de obra y la supervisión durante la construcción.

En el diseño de este proyecto, el caudal de infiltración es cero debido a que el material a utilizar es P.V.C., norma ASTM 3034.

### **2.7.8 Caudal de conexiones ilícitas**

Este caudal es producido por las viviendas que se conectan ilícitamente, y cuando conectan las tuberías del agua pluvial al sistema de drenaje de aguas servidas. En este caso se utilizó la norma del IMFOM, que dice usar el 10% del caudal domestico.

### **2.7.9 Caudal comercial**

Es el agua que desechan los comercios, escuelas, mercados, hoteles, restaurantes, etc.

Para este diseño se contó con una escuela, la cual se utilizó un caudal de 1,000 lit/día, que es igual a 0.01157 lts/seg.

### 2.7.10 Factor de caudal medio (FQM)

Es la suma de los caudales doméstico, de infiltración, por conexiones ilícitas, comercial e industrial, este factor regula la aportación del caudal en la tubería. Este factor debe estar entre los rangos de 0.002 a 0.005. si da un valor menor, se tomará 0.002, y si fuera mayor se tomará 0.005.

La fórmula factor de caudal medio es la siguiente:

$$f_{qm} = (Q_{\text{medio}}) / (\text{No. habitantes})$$
$$Q_{\text{medio}} = Q_{\text{doméstico}} + Q_{\text{infiltración}} + Q_{\text{conexiones ilícitas}} + Q_{\text{comercial}}$$

En este diseño no se tomó en cuenta el caudal de infiltración e industrial, porque se utilizará tubería de P.V.C. y se carece de industrias.

El factor de caudal medio se calculó de la forma siguiente:

$$Q_{\text{medio}} = 2.36 \text{ lts/seg} + 0.236 \text{ lts/seg} + 0.01157 \text{ lts/seg} = 2.61 \text{ lts/seg}$$
$$f_{qm} = (2.61 \text{ lts/seg}) / (2,320 \text{ hab}) = 0.001125$$

Como el factor de caudal medio es menor de 0.002 se tomará 0.002 por los rangos ya establecidos.

### **2.7.11 Caudal de diseño**

El caudal de diseño de cada tramo será igual a multiplicar el factor de caudal medio, el factor de harmond y el número de habitantes a servir, que en este caso se diseño para población actual y futura.

$$Q_{\text{diseño}} = (f_{qm}) * (FH) * (\text{Número de habitantes por tramo})$$

### **2.7.12 Diseño de secciones y pendientes**

La mayoría de sistemas de drenajes funciona como caudales, sus momentos variables son desde que se diseñan y permiten que el área de drenaje aumente o disminuya, se considera como flujo en canales abiertos. En sistemas de drenaje por gravedad, el flujo se encuentra en contacto directo con la atmósfera, por lo tanto, carece de cualquier tipo de presión.

El análisis y la investigación del flujo hidráulico han establecido que las condiciones del flujo y las pendientes hidráulicas en sistemas sanitarios de P.V.C. por gravedad, pueden ser diseñadas conservadoramente utilizando la ecuación de Manning.

$$V = 0.03429/n * D^{2/3} * S^{1/2}$$

En la cual:

V = velocidad del flujo a sección llena (m/seg)

D = diámetro de la sección circular (pulg)

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

n = coeficiente de rugosidad Manning (0.009 para tubos de P.V.C.)

Según el Instituto de Fomento Municipal, el diámetro mínimo a utilizar en los drenajes sanitarios, será de 6", el cual puede aumentar según el criterio del

ingeniero diseñador. En este diseño se usarán secciones circulares de tuberías de P.V.C. funcionando como canales abiertos.

Las pendientes en las conexiones domiciliarias, el diámetro mínimo será de 4", con una pendiente mínima de 2% y una máxima de 6%, y que forme un ángulo horizontal con respecto a la línea central de aproximadamente 45 grados, en el sentido de la corriente del mismo.

El tubo de la conexión domiciliar debe ser de menor diámetro que el del tubo de la red principal, con el objeto de que sirva como retenedor de algún objeto que pueda obstruir el colector principal. La velocidad estará comprendida dentro de este intervalo  $0.41 \text{ m/seg} < V < 5 \text{ m/seg}$ .

El ancho de zanja es muy importante, para evitar el exceso de excavación y, que a la vez, permita trabajar dentro de ésta.

A continuación se presenta una tabla de anchuras de zanja, dependiendo del diámetro del tubo y la profundidad de la zanja.

Tabla XII. Anchuras de zanja

Diámetro (pulg)	Menos de 1.86 m	Menos de 2.86 m	Menos de 3.86 m	Menos de 5.36 m	Menos de 6.36 m
6	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80
8	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80
10	0.70	0.70	0.70	0.75	0.80
12	0.75	0.75	0.75	0.75	0.80
15	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
18	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10
21	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10
24	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35

### **2.7.13 Obras accesorias**

Estas se diseñan para garantizar el buen funcionamiento del sistema de drenaje.

#### **2.7.13.1 Pozos de visita**

Sirven para efectuar operaciones de limpieza y mantenimiento, se pueden construir de cualquier material, siempre que sea impermeable y duradero.

Se diseñan pozos de visita en los siguientes casos:

- Cambio de pendiente
- Cambio de diámetro
- Las intersecciones de dos o más tuberías
- Cambios de dirección
- Los extremos superiores de ramales iniciales
- A distancias no mayores de 100 metros en línea recta, en diámetros de hasta 24"
- A distancias no mayores de 300 metros en diámetros superiores a 24"

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

### 2.7.14 Diseño de la red de alcantarillado sanitario

Para el diseño se eligió el tramo E-43 al E-42 de la colonia La Repegua, el diámetro mínimo a utilizar es de 6 pulgadas para el inicio de los tramos, 8 pulgadas y 10 pulgadas en los colectores más bajos.

#### Especificaciones de Diseño:

- Población actual.....1,416 habitantes
- Población futura..... 2,320 habitantes
- Tasa de crecimiento ..... 2.5%
- Periodo de diseño..... 20 años
- Densidad de vivienda..... 6 habitantes/casa
- Dotación de agua potable..... 110 lts/hab/día
- Factor de retorno..... 80%
- Material a utilizar..... Tubería P.V.C.
- Coeficiente de rugosidad..... 0.009
- Factor de caudal medio (fqm)..... 0.002
- Cota inicial de terreno..... 97.619 metros
- Cota final de terreno.....96.251 metros
- Distancia horizontal..... 91.00 metros

La pendiente se define como la diferencia de nivel dividido la distancia horizontal del tramo. Pendiente del terreno del tramo E-43 al E-42 es 1.50%.

El número de casas del tramo son 4 casas, no posee casas acumuladas, por ser un inicio de avenida.

El número de habitantes actuales del tramo se calcula multiplicando la densidad de habitantes por vivienda por el número de viviendas existentes de dicho tramo. Se utilizaron las poblaciones actuales y futuras, para que funcione el sistema correctamente al inicio y al final del periodo de diseño.

No. de habitantes actual = 24

No. de habitantes futuro = 39

Para el factor de Harmond (FH) se utilizó la siguiente fórmula:

$$FH = (18 + p^{1/2}) / (4 + p^{1/2})$$

P = población en miles

$$FH_{\text{actual}} = (18 + 0.024^{1/2}) / (4 + 0.024^{1/2}) = 4.37$$

$$FH_{\text{futuro}} = (18 + 0.039^{1/2}) / (4 + 0.039^{1/2}) = 4.33$$

El caudal de diseño es igual al número de habitantes a servir, multiplicado por el factor de caudal medio y el factor de Harmond.

$$Q_{\text{diseño}} = (fqm) * (FH) * (\text{Número de habitantes por tramo})$$

$$Q_{\text{diseño actual}} = 0.002 * 24 * 4.37 = 0.209 \text{ lts/seg.}$$

$$Q_{\text{diseño futuro}} = 0.002 * 39 * 4.33 = 0.341 \text{ lts/seg.}$$

Utilizando una tubería de 6" de diámetro y una pendiente de 1.20%, se utiliza la fórmula de Manning, calculando la velocidad y el caudal a sección llena del tubo.

$$V = 0.03429/n * D^{2/3} * S^{1/2}$$

$$Q = V * A$$

La velocidad a sección llena es:

$$V = 0.03429/0.009 * 6^{2/3} * 0.012^{1/2} = 1.378 \text{ m/s}$$

El Caudal a sección llena es:

$$Q = (1.378 * 0.00050671 * (6^2)) * 100^3 / 1000 = 25.138 \text{ lts/seg.}$$

Con estos datos se obtiene la relación q/Q actuales y futuros:

$$q/Q_{\text{actual}} = 0.20974/25.138 = 0.008343$$

$$q/Q_{\text{futuro}} = 0.34094/25.138 = 0.01356$$

Con ello se obtiene las relaciones v/V y d/D, las cuales fueron obtenidas con las tablas de elementos hidráulicos de una alcantarilla de sección transversal circular, obtenidas en el curso de ingeniería sanitaria dos.

Teniendo el dato de la relación v/V, es multiplicado por la velocidad a sección llena.

$$v/V_{\text{actual}} = 0.302512 \quad , \quad v/1.378 = 0.302512 \quad , \quad v = 1.378 * 0.302512 = 0.42 \text{ m/s.}$$

$$v/V_{\text{futuro}} = 0.350786 \quad , \quad v/1.378 = 0.350786 \quad , \quad v = 1.378 * 0.350786 = 0.48 \text{ m/s.}$$

De acuerdo con los resultados, se comprueba que se cumplen los rangos de velocidades máximas y mínimas dentro de una tubería de P.V.C...

Cota invert inicial = cota de terreno inicial – altura anterior de pozo.

$$\text{Cota invert inicial} = 97.619 - 1.20 = 96.419 \text{ m}$$

Cota invert final = cota invert inicial – (Dist. Horizontal X S% tubo)

$$\text{Cota invert final} = 96.419 - (91.00 * 1.20/100) = 95.327 \text{ m}$$

La altura de pozo inicial es la diferencia de la cota inicial de terreno y la cota invert final.

Altura pozo de inicio = cota de terreno inicial – cota invert inicial.

Altura pozo de inicio = 97.619 – 96.419 = 1.20 m

Altura pozo final = Cota de terreno final – cota invert final.

Altura pozo final = 96.251 – 95.327 = 0.92 m

El volumen de excavación es igual al producto del ancho de zanja, por el promedio de altura de pozo por la distancia horizontal. Los demás tramos se diseñan de la misma forma. (Ver en anexos. Cuadro de cálculo hidráulico)

## **2.8 Desfogue de Aguas Negras**

En la actualidad, es un delito desfogar las aguas residuales o contaminadas a los cuerpos de agua receptores superficiales, subterráneos, costeros y alterar la naturaleza de los mismos.

Para evitar que el agua contaminada llegue a los cuerpos de agua receptores, es instalando una planta de tratamiento de aguas residuales o agua negras. En este sentido, es importante que antes de disponer de las aguas negras en los cauces de los ríos, éstas reciban previamente un tratamiento que permita que se remuevan las bacterias, los patógenos y parásitos, ya que estos son los causantes de las enfermedades más comunes en nuestro país.

### **2.8.1 Selección del punto**

A la oficina municipal de planificación de Puerto Barrios se le hizo saber sobre el tema del tratamiento de las aguas residuales, ya que es un requisito indispensable del Ministerio de Ambiente antes de desfogar las aguas servidas a los cuerpos de agua receptores.

Los puntos de desfogue se localizan en la E-54 cota de terreno 89.089, y E-8 cota de terreno 94.902. Estos puntos están acompañados de terrenos los cuales están en proceso de compra por parte de la municipalidad, para ser utilizados en la construcción de plantas de tratamiento, previo a hacer el desfogue de aguas menos contaminadas al río El Derrumbe.

## **2.9 Evaluación de impacto ambiental**

### **2.9.1 Definición**

La evaluación de impacto ambiental, conocida también como evaluación ambiental, es una manera estructurada de obtener y evaluar información ambiental como la alteración, modificación o cambio en el ambiente, o en alguno de sus componentes de cierta magnitud y complejidad originando o produciendo por los efectos de la acción o actividad humana.

Se puede definir el estudio de impacto ambiental como el estudio técnico, de carácter interdisciplinario, que 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.

### **2.9.2 Fines de estudio de impacto ambiental**

Consiste básicamente de predicciones de cómo se espera que el ambiente cambie si ciertas alternativas de acción se implementan y de consejos para saber como manejar de la mejor manera los cambios ambientales, si se selecciona e implementa una de esas alternativas de esta manera, se provee a los responsables de la toma de decisión con información sobre las consecuencias de sus acciones.

### **2.9.3 Plan de Mitigación**

Previo a realizar las excavaciones se humedecerá el suelo para evitar que se genere polvo. Al estar excavados los primeros metros y colocada la tubería, se procederá a rellenar las zanjas lo antes posibles para evitar accidentes y contaminación visual.

Deberá de capacitarse al o a las personas encargadas del mantenimiento del sistema, referente al manejo de las aguas servidas y reparaciones menores.

Inmediatamente después de rellenar las zanjas, retirar del área de trabajo el material sobrante del proyecto ejecutado. Informar a los habitantes del lugar, sobre el adecuado uso del sistema de drenaje para evitar daños a la misma.

### **2.9.4 Control ambiental**

Desechos sólidos: durante la construcción de cajas para protección de accesorios o pozos de visita se irán acumulando bolsas o sacos vacíos de cemento y sobrantes de otros materiales como son los tubos, los cuales serán llevados hacia otro lugar donde se podrán arrojar a la basura o reutilizados si se pudiera. Contaminación visual: se generará algún tipo de contaminación visual por la acumulación del material suelto, el cual al rellenar las zanjas se reutilizará y el resto se recogerá y depositará en un lugar adecuado, con lo cual dicha contaminación desaparecerá.

Residuos y/o contaminantes: durante el proceso de construcción será generado suelo suelto y polvo, el cual será humedecido para minimizar dicho impacto.

Emisiones a la atmósfera: tanto en la etapa de construcción como en la de operación, no se generará ningún tipo de emisión de gases, ni humo a la atmósfera.

## 2.10 Presupuesto general del proyecto

A continuación se presenta el presupuesto estimado para este proyecto de drenaje sanitario:

Tabla XIII. Presupuesto drenaje La Repegua

Costo de materiales de un pozo de visita promedio de 3 mts de altura					
No.	Material	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Monto
1	Cemento	22.00	sacos	Q 40.00	Q 847.00
2	Arena	1.50	m <sup>3</sup>	Q 135.00	Q 202.05
3	Piedrín	1.75	m <sup>3</sup>	Q 171.00	Q 299.25
4	Hierro 3/4"	2.00	varillas	Q 49.50	Q 99.00
5	Hierro 1/2"	3.18	qq	Q 264.15	Q 839.99
6	Hierro 3/8"	2.44	varillas	Q 12.75	Q 31.11
7	Hierro 1/4"	3.20	varillas	Q 7.65	Q 24.48
8	Madera	70.00	pie tabla	Q 5.95	Q 416.50
9	Clavos de 3"	3.00	Libras	Q 3.80	Q 11.40
10	Alambre de amarre	6.10	Libras	Q 4.60	Q 28.06
				Total	<b>Q 2,798.84</b>
Costo de materiales para la construcción de una conexión domiciliar					
No.	Material	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Monto
1	Tubo PVC Ø 4"	1.00	U	Q 195.56	Q 195.56
2	1 codo de 45° Ø 4"	1.00	U	Q 27.60	Q 27.60
3	Tubo de concreto Ø12"	1.00	U	Q 36.25	Q 36.25
4	Tapadera de candela	1.00	U	Q 31.75	Q 31.75
5	Cemento	1.00	saco	Q 40.00	Q 40.00
6	Arena	0.21	m <sup>3</sup>	Q 90.00	Q 18.90
7	Piedrín	0.17	m <sup>3</sup>	Q 161.00	Q 27.37
8	Silleta Y 6"X4"	1.00	U	Q 85.40	Q 85.40
9	Pegamento de 100gr	1.00	Galón	Q 332.15	Q 332.15
10	Sierra para cortar	1.00	Unidad	Q 7.60	Q 7.60
				Total	<b>Q 803.03</b>

**Presupuesto de materiales de drenaje sanitario colonia La Repegua**

No.	Material	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Monto
1	Pozo de Visita promedio	71.00	U	Q 2,584.09	Q 183,470.05
2	Tubería de PVC Ø 6"	382.00	Tubos	Q 400.15	Q 152,857.30
3	Tubería de PVC Ø 8"	88.00	Tubos	Q 613.95	Q 54,027.60
4	Tubería de PVC Ø 10"	50.00	Tubos	Q 1,203.45	Q 60,172.50
5	Conexión domiciliar	236.00	U	Q 801.08	Q 189,054.88
				<b>Total</b>	<b>Q 640,383.41</b>

**Costo de mano de obra de un pozo de visita promedio**

No.	Material	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Monto
1	Excavación	7.29	m <sup>3</sup>	Q 26.10	Q 190.27
2	Formaleta	23.55	m <sup>2</sup>	Q 15.00	Q 353.25
3	Armadura y fundición	1.00	m <sup>3</sup>	Q 100.01	Q 100.01
4	Desencofrado	23.55	m <sup>2</sup>	Q 4.00	Q 94.20
5	Aramadura y fundición tapadera	1.00	U	Q 21.00	Q 21.00
				<b>Total</b>	<b>Q 758.73</b>

**Costo de mano de obra de un metro lineal de tubería**

No.	Material	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Monto
1	Excavación	1.50	m <sup>3</sup>	Q 26.10	Q 39.15
2	Nivelación de zanja	1.00	ml	Q 4.00	Q 4.00
3	Colocación de tubo	1.00	ml	Q 21.00	Q 21.00
4	Relleno y Compactación	1.50	m <sup>3</sup>	Q 18.30	Q 27.45
				<b>Total</b>	<b>Q 91.60</b>

**Costo de mano de obra de una conexión domiciliar**

No.	Material	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Monto
1	Excavación	3.00	m <sup>3</sup>	Q 26.10	Q 78.30
2	Nivelación de zanja	6.00	ml	Q 4.00	Q 24.00
3	Colocación de tubo Ø 4"	6.00	ml	Q 140.00	Q 840.00
4	Colocación de candela	1.00	U	Q 20.00	Q 20.00
5	Tapadera de candela	1.00	U	Q 21.00	Q 21.00
6	Colocación de siletas	1.00	U	Q 32.00	Q 32.00
7	Relleno y compactación	1.80	m <sup>3</sup>	Q 18.30	Q 32.94
				<b>Total</b>	<b>Q 1,048.24</b>

**Presupuesto de mano de obra de drenaje sanitario colonia La Repegua**

No.	Material	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Monto
1	Topografía trazo y nivelación	2991.57	ml	Q 7.25	Q 21,688.88
2	Pozo de visita promedio	71.00	U	Q 758.73	Q 53,869.76
3	Colocación de tubería	2991.57	ml	Q 91.60	Q 274,027.81
4	Conexión domiciliar	236.00	U	Q 1,048.24	Q 247,384.64
				<b>Total</b>	<b>Q 596,971.09</b>

**Costo Total del Proyecto**

No.	Tipo de costo	Descripción	Sub-total	Total
1	Costo Directo	materiales	Q 640,383.41	
		mano de obra	Q 596,971.09	
				Q 1,237,354.50
2	Costo Indirecto	Administración, gastos generales imprevistos 31%	Q 383,579.90	Q 383,579.90
		<b>Costo total del proyecto</b>		<b>Q 1,620,934.40</b>
				<b>\$ 207,546.02</b>

### **3. DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO PARA LA PRIMERA AVENIDA PRINCIPAL DE LA COLONIA REPEGUA, SANTO TOMAS DE CASTILLA, MUNICIPIO DE PUERTO BARRIOS, DEPARTAMENTO DE IZABAL.**

#### **3.1 Antecedentes**

El desarrollo de la colonia La Repegua ha ido en aumento ya que posee los servicios básicos para el desarrollo de una comunidad, los servicios con los que cuenta son energía eléctrica, agua potable, alumbrado público, y contará con un sistema de alcantarillado sanitario, y posterior a esto, es viable la construcción de la pavimentación de sus calles.

La creación de esta pavimentación implica un mejor acceso a las colonias repegua, las brisas, buena vista y a la única escuela de esta comunidad.

Representa una forma de asegurar que en el futuro cualquier tipo de proyecto será más fácil de ser realizado puesto que ya se cuenta con parte del acceso, lo cual con anterioridad había sido una limitante.

#### **3.2 Condiciones actuales de la superficie de la calzada**

Las condiciones del terreno no son aceptables, ya que sus calles no están balastadas, las pendientes del terreno son mínimas a lo largo de la primera avenida principal.

### **3.3 Diseño geométrico y gabarito**

Para este diseño, se tomaron en cuenta los criterios mínimos para pendientes, curvas verticales, curvas horizontales, longitudinales, tangentes de intersección, distancias mínimas de visibilidad y frenado, todo de acuerdo a las especificaciones mínimas de vías terrestres.

El garabito fué fijado, por razones de tipo económico y anchos de calle promedió en 6.00 metros, teniendo un área para circular en ambos sentidos los automóviles que transitan por el lugar.

#### **3.3.1 Estudios topográficos**

La información necesaria la constituyen la planimetría y altimetría, que son bases fundamentales para todo proyecto vial. Es necesario en la etapa de topografía, radiar desde los puntos de intersección de las calles y avenidas, todos los datos que nos servirán en el proyecto tales como ubicación de tragantes, postes, bordillos, cajas, niveles de plataformas de casas, etc.

### **3.4 Evaluación de las características del suelo**

En todo trabajo de pavimentación es necesario conocer las características del suelo. El diseño del pavimento se basa en los resultados de los ensayos de laboratorio que se realizan a las muestras de suelo, las cuales se extraen del lugar donde se construirá la pavimentación.

Esta evaluación consiste en pruebas normalizadas por la AASHTO (American Association of State Highway Officials) y la ASTM (American Society for Testin Materials). Las pruebas más comunes que se realizan a los suelos

que soportarán un pavimento son: la granulometría, límites de consistencia, proctor o compactación, C.B.R. o valor soporte.

Estos ensayos no se pudieron llevar a cabo, ya que la municipalidad de Puerto Barrios Izabal, no colaboró con los gastos necesarios para la elaboración de los mismos. Por lo tanto con la información recabada por la oficina municipal de planificación y el laboratorio de Sistemas de información Geográfica, se determinó un suelo que predomina en toda el área a construir la pavimentación.

Nota.

Se explicarán los procedimientos y el equipo utilizado para la realización de los cuatro ensayos de laboratorio, los cuales son granulometría, Límites de consistencia, proctor o compactación, C.B.R. o valor soporte.

### **3.4.1 Tomas de muestras**

La subrasante es la capa de terreno de una carretera, que soporta la estructura del pavimento y que se extiende hasta una profundidad en que no le afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto.

Para la toma de la muestra se hace una perforación de un metro de diámetro aproximadamente y unos cincuenta centímetros de profundidad. Estas muestras se extraen en donde visualmente el terreno cambie de características o cada cien metros.

### **3.4.2 Ensayos de laboratorio**

Además del estudio del suelo de fundición del pavimento, es necesario se estudien los depósitos o bancos de materiales que se pueden emplear en sub-bases, bases. Es necesario apuntar que estos laboratorios estén manejados por personas competentes y de amplio criterio, a fin de que sepan darle a las especificaciones la elasticidad necesaria en cada caso particular; en otras palabras, por personas con experiencia.

#### **3.4.2.1 Granulometría**

Esta prueba sirve para clasificar por tamaño de partículas el suelo, este ensayo constituye una parte importante de los criterios de aceptabilidad de suelos para carreteras. El análisis granulométrico consiste en separar y clasificar por tamaños los granos que lo componen.

Para lograr determinar el tamaño real de cada partícula independiente de suelo, se debe obtener la cantidad de material que pasa a través de un tamiz con un tamaño de abertura dado, pero que es retenido en un siguiente tamiz cuya malla tiene aberturas ligeramente menores a la anterior, y se relaciona la cantidad retenida en cada tamiz con el total de la muestra inicial pasada a través de todos los tamices. Es evidente que el material retenido de esta forma consistente en partículas de muchos tamaños, todos los cuales son menores al tamaño de las mallas en las que todo el material pasó, pero mayores que el tamaño del tamiz en el cual el suelo se retuvo. Luego, se obtiene el porcentaje de material retenido en cada tamiz, dividiendo el peso del suelo retenido con el peso total del suelo y esto por cien.

Una mejor forma de representar la composición granulométrica de un suelo es por medio de la curva granulométrica. Los distintos tamaños de los

granos se dibujan en escala logarítmica en las abscisas y los porcentajes en peso de los granos de suelo más finos que un tamaño determinado, escala natural en las ordenadas.

La forma de la curva nos indica la relación entre los tamaños de los diferentes granos del suelo. Una curva empinada indica que los granos son todos casi del mismo tamaño, es un suelo uniforme. Una curva suave indica graves variaciones en el tamaño, es un suelo de buena graduación. Las inflexiones en la curva indican que el suelo está compuesto de dos o más suelos uniformes, es un suelo de graduación incompleja. Una curva empinada en la sección que corresponde a la arena y que se hace larga y aplanada en la sección de los finos indica que el suelo se formó, originalmente, por meteorización mecánica y luego se alteró químicamente.

#### **3.4.2.2 Límites de consistencia**

Para efectuar este ensayo se utiliza el material que pasa el tamiz No. 40, mezclándolo con agua hasta formar una pasta suave. Se coloca en el platillo del aparato de casa grande hasta llenarlo, aproximadamente, 1/3 de su capacidad formando una masa lisa. Se divide esta pasta en dos partes por medio del ranurador especial. Se hace girar la manivela del aparato a razón de dos golpes por segundo, contando el número de golpes necesarios para que el fondo del surco se cierre en una longitud de 1/2", aproximadamente. El número de golpes debe ser 15 a 35. Luego, se toma la muestra y se le determina el contenido de humedad.

Para determinar el límite plástico se utiliza una porción de la misma muestra preparada en el ensayo del límite líquido. Se tiene que dejar secar hasta que posea una consistencia que no tenga adherencia a la palma de la

mano; se hace rodar con la palma sobre una superficie lisa no absorbente, formando cilindros de aproximadamente 1/8; por medio del manipuleo de estos cilindros, se va reduciendo el contenido de humedad hasta que el cilindro empiece a desmoronarse. En este instante se determina el contenido de humedad y el valor del límite líquido.

El índice plástico no es más que la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico. Este 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; sin embargo, el índice de plasticidad, depende, generalmente de la cantidad de arcilla en el suelo. Según Atterberg IP=0 suelo no plástico, IP=7 suelo de baja plasticidad, 7 IP 17 suelo medianamente plástico.

El índice de grupo es un valor que indica la calidad del suelo dependiendo de su granulometría y los valores obtenidos para el límite líquido y el índice de plasticidad. Debe ser un número entero positivo comprendido entre los valores de cero y veinte (si resulta un número fraccionario se redondea al entero más cercano) si resultara un valor negativo, se adopta el cero y si es mayor de 20, se toma el 20.

El índice de grupo se calcula con la siguiente fórmula:

$$I = 0.2 a + 0.005 ac + 0.01 bd$$

- a. Porcentaje de material que pasa por el tamiz No. 200, menos 35%. Si el porcentaje que pasa por el tamiz No. 200 es mayor de 75%, se anotará 75, y si es menor de 35% se anotará 0.

- b. Porcentaje del material que pasa por el tamiz No. 200, menos 15%. Si el porcentaje que pasa por el tamiz No. 200 es mayor de 55%, se anotará 55, si es menor de 15%, se anotara 0.
- c. Valor del límite líquido, menos 40%. Si el límite líquido es mayor de 60% se anotara 60 y si es menor de 40% se anotará 0.
- d. Valor del índice de plasticidad menos 10. si el índice de plasticidad es mayor de 30%, se anotará 30, y si es menor de 10 se anotará 0.

El valor resultante del índice de grupo esta en función de la calidad del suelo.

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

La densidad que se puede obtener en un suelo por medio de un método de compactación dado, depende de su contenido de humedad. Un suelo está formado por diferentes tamaños de partículas, éstas tienen formas diversas, existiendo entre ellas espacios ínter granulares que se denominan vacíos, los que pueden estar ocupados por aire, agua o ambos a la ve. Si una masa de tierra se presenta en estado suelto, su volumen es mayor que si está comprimido, es decir, su volumen de vacíos es mayor que si está comprimido, es decir, su volumen de vacíos es mayor, el cual se puede reducir a base de una acción de comprimir la masa de tierra, a está operación se le denomina compactación.

Al compactar un suelo se obtienen las siguientes ventajas.

- a. Se establece un contacto más firme entre las partículas.
- b. Aumenta su valor soporte y se hace más estable.
- c. Las partículas de menor tamaño son forzadas a ocupar los vacíos formados por los de mayor dimensión.
- d. Se puede decir que el objetivo principal de la compactación de un suelo es mejorar sus propiedades y en particular, aumentar su resistencia y su capacidad de carga, reducir su compresibilidad y disminuir su aptitud para absorber carga.

### **Métodos para determinar la humedad óptima y densidad máxima**

Se determina la densidad seca de un suelo después de haberle aplicado una misma intensidad de compactación para varios contenidos diferentes de humedad. Para obtener la humedad óptima y la densidad máxima, existen diferentes métodos, que se pueden resumir en dos grupos.

- a. Dinámicos: son aquellos, en los que la energía de compactación se aplica por medio de golpes de pisón (mazo o martillo) dinámicamente (proctor).
- b. Estáticos: son aquellos en que la energía de compactación se aplica por medio de presión (prensas hidráulicas).

En nuestro medio, los más usados son los dinámicos, y para el proceso de obtención de la densidad máxima y la humedad óptima sólo se describirá en detalle uno de ellos: el método AASHTO Standard T-180 (proctor modificado).

## **Forma del ensayo-proctor modificado**

### **Equipo**

- Balanza de 20Kg. de capacidad y aproximación de 1gr. o una de 35lbs. De capacidad y aproximaciones de 0.01lb.
- Balanza de 3 escalas de 0.01 de aproximación.
- Tarros metálicos para determinación de humedad.
- Molde de compactar, puede ser de 4" o 6".
- Pisón de compactar de 10lbs. de peso y 18" de caída.
- Estufa u horno capaz de mantener una temperatura de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ .
- Tamiz de 2", tamiz No.4 y tamiz de  $\frac{3}{4}$ ".
- Espátula, cucharón de mezclar, cuchara de albañil y otras herramientas para mezclar.
- Rodillo.
- Extractor de muestra (opcional).
- Regla de acero de 12".

### **Preparación de la muestra**

- a) Se seca al aire en un horno a  $60^{\circ}\text{C}$ , una muestra representativa que contenga aproximadamente 16 libras de material.
- b) Se disgregan los terrones de material fino, pasándoles el rodillo, sobre una superficie plana.
- c) Se criba a través del tamiz No.4, desechando la porción retenida.

## Procedimiento de ensayo

- a) Se amasa a fondo la muestra con agua suficiente para formar una mezcla húmeda que se desmenuza cuando se suelta, después de haber sido estrujada en la mano. Procúrese no hacer esta mezcla inicial demasiado húmeda. La experiencia indica a que humedad aproximada debe compactarse el primer punto del proctor.
- b) Se divide la mezcla húmeda en cinco porciones aproximadamente iguales.
- c) Se pesa el molde de compactar de 6" en la balanza de 20Kg. Con una aproximación de 1 gramo o en la de 35lbs. con aproximación de 0.01lb.; luego se le une la placa de base y el anillo de extensión se le coloca sobre un apoyo firme.
- d) Se pone una porción de la mezcla húmeda en el molde, nivelando la superficie con la mano o con una cuchara de albañil.
- e) Se coloca el pisón de compactar con guía sobre el material, dentro del molde, se eleva luego sobre el mango hasta que el pisón alcanza la parte superior de la guía, entonces se suelta aquél, permitiendo que el pisón caiga libremente sobre la muestra, sin darle impulso adicional con la mano.
- f) Se cambia la posición de la guía y otra vez se deja caer el pisón. Se repite el proceso cubriendo sistemáticamente la superficie entera de la muestra hasta que el pisón haya caído 56 veces.
- g) Se saca el pisón del molde, se pone otra porción de la muestra, en él, y se apisona como antes. Se repite todo el proceso con las otras porciones que quedan. Cada capa compactada debe ser de 2.54cm. (una pulgada) aproximadamente y la muestra compactada entera debe extenderse 1.27cm. (1/2") dentro del anillo de extensión, como mínimo.

- h) El peso de la muestra necesario para el objeto se determina por tanteo y variará con los diferentes suelos.
- i) Se quita el anillo y con un cuchillo se recorta la muestra hasta enrasar con los bordes del molde de compactación. Comprobar la nivelación con la regla de acero.
- j) Se quita la placa de la base y se pesa el molde que contiene la muestra compactada con una aproximación de 1 gramo o 0.01 libra.
- k) Se toman 2 muestras con contenido de humedad (10 ó 25 gramos cada una) del centro del material extraído del molde. Para los cálculos se usa el valor medio, si salen muy distantes habrá que descartar uno de los dos.
- l) Se saca el suelo compactado del molde, se vuelve a pulverizar con el rodillo y se le coloca en un recipiente.

#### **3.4.2.4 Ensayo de valor soporte (C.B.R)**

Este ensayo sirve para determinar el valor soporte del suelo compactado a la densidad máxima y humedad óptima, simulando las peores condiciones probables en el terreno en el terreno para lo cual las probetas obtenidas se sumergen completamente a una pila llena de agua.

El ensayo permite obtener un número de la relación de soporte, sin embargo, por las condiciones de humedad y densidad, es evidente que este número no es constante para un suelo dado sino que se aplica sólo al estado en el cual se encontraba el suelo durante el ensayo.

El número de C.B.R. se obtiene como la relación de la carga unitaria necesaria para lograr una cierta profundidad de penetración del pistón de un área de 19.4 cm<sup>2</sup>, entre la muestra compactada de suelo a un contenido de humedad y densidad, respecto de una carga patrón requerida para obtener la misma profundidad de penetración en una muestra estándar de material triturado. Lo anterior se resume en la siguiente ecuación:

$$\text{C.B.R} = \frac{\text{CUE}}{\text{CUP}} * 100\%$$

CUE: Carga unitaria del ensayo  
CUP: Carga unitaria patrón

De esta ecuación se puede ver que el número C.B.R. es un porcentaje de la carga unitaria patrón. En la práctica, el símbolo de porcentaje se obvia y la relación se presenta por el número entero. El número C.B.R., usualmente se basa en la relación de carga para una penetración de 0.10 plg. Sin embargo, si el valor de penetración de 0.20 plg. es mayor, el ensayo debería de repetirse. Si un segundo ensayo produce nuevamente un valor de C.B.R. mayor de 0.20 plg. de penetración, dicho valor debe aceptarse como valor final del ensayo.

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.

El ensayo de C.B.R. comprende, además, la determinación de las propiedades expansivas del material. Se debe hacer el C.B.R. sobre muestras a diferentes grados de compactación a la humedad óptima, después se elabora un diagrama de C.B.R. contra densidad, de donde se puede determinar el valor

de C.B.R. a la densidad deseada, según la especificación de construcción que deba cumplir el material. Sin embargo, el C.B.R. también puede hacerse sobre una muestra compactada con el contenido de humedad óptimo, para un suelo específico, utilizando un ensayo de compactación proctor ya sea estándar o modificado.

En el laboratorio, ordinariamente deberían compactarse dos moldes de suelo, uno para penetración inmediata y otro para después de dejarlo saturar en agua por un periodo de 96 horas o más, bajo una carga aproximadamente igual al peso del pavimento que se utilizará en el campo, pero, en ningún caso, menor de 4.5 Kg. Es durante este periodo cuando se toman registros de expansión para instantes escogidos arbitrariamente. Al final del periodo de saturación se hace la penetración para obtener el valor de C.B.R., para el suelo en condiciones de saturación completa.

El ensayo con la muestra saturada cumple con dos propósitos, los cuales son: dar información sobre la expansión esperada en el suelo, bajo la estructura del pavimento cuando el suelo se satura y dar indicación de la pérdida de resistencia debida a la saturación en el campo.

El valor final de C.B.R. se utiliza para establecer una relación entre el comportamiento de los suelos, principalmente con fines de utilización de bases y subrasantes.

<b>Número de CBR</b>	<b>Clasificación general</b>	<b>Usos</b>
0 – 3	muy pobre	subrasante
3 – 7	pobre o regular	subrasante
7 – 20	regular	sub-base
20 – 50	bueno	sub-base, base
50 ó más	excelente	base

Finalmente, el CBR es el factor que determinara el diseño de espesores de capas de pavimento. Usualmente, el valor CBR se convierte en módulo de valor soporte del suelo. El procedimiento para el CBR deberá realizarse como lo indica la norma AASHTO T – 193.

### **3.5 Elementos estructurales del pavimento**

#### **3.5.1 Pavimento**

Pavimento 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. Además, el pavimento debe ofrecer 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.

Tradicionalmente, se han definido dos tipos de pavimentos, atendiendo a la forma como distribuyen las cargas sobre el suelo subyacente o subrasante; estos son:

- Pavimentos rígidos
- Pavimentos flexibles

Los pavimentos de concreto son pavimentos rígidos, mientras que los pavimentos de asfalto son pavimentos flexibles.

El pavimento rígido, debido a su consistencia y alto módulo de elasticidad, utiliza la acción de viga para distribuir la carga a un área de suelo relativamente grande. En este tipo de pavimento la mayor parte de la capacidad estructural es proporcionada por la losa de concreto. En el pavimento flexible, la carpeta produce una mínima distribución de cargas, distribuyéndose ésta por el contacto de partícula a partícula en todo el espesor del pavimento.

En base a las características de la losa de concreto de cemento Pórtland, se conoce los siguientes tipos de pavimentos rígidos:

- a) Pavimentos de concreto simple con refuerzo en las juntas. En estos pavimentos, las juntas (zonas estructurales más críticas) se entrelazan con varillas para transmitir las cargas impuestas en una losa y las que las rodean; con lo cual se aumenta la capacidad de carga del pavimento y, por ende, se disminuye el espesor de la losa.
- b) Pavimento de concreto simple. Son aquellos cuya resistencia estructural depende, exclusivamente, de la resistencia del concreto simple, los cuales carecen de varillas pasajuntas.
- c) Pavimentos de concreto con refuerzo continuo. Para este pavimento el refuerzo es considerado en la zona de juntas, además, se arma en todo

lo ancho y largo del pavimento con varillas que forman una malla continua. Con esto se reduce el espesor de losa, pues, aumenta la capacidad de carga de la losa; además se controla el agrietamiento en el concreto.

- d) Pavimentos de concreto preesforzado. En este tipo de pavimento se considera el aumento de la capacidad estructural de la losa de concreto por medio de un preesfuerzo. Se logra con esto reducir el espesor de la losa y que el espaciamiento entre las juntas sea más grande.
- e) Pavimentos fundidos monolíticamente el bordillo (de concreto). Los manuales de diseño modernos aceptan que se reduzca el espesor de las losas hasta en 2", en la construcción de calles y carreteras, así las losas externas se construyen integradas al bordillo y cunetas o se pone hombros de concreto, conectados a las losas.

### **3.5.2 Subrasante**

Es la capa o superficie que se utiliza como cimiento del pavimento. Es la que resulta del corte y relleno proveniente del movimiento de tierras del suelo y que, una vez conformada y compactada sus secciones transversales y pendientes son las que se especifican en los planos de diseño. Del valor de soporte de la subrasante dependerá en gran parte el espesor total del pavimento, que incluye las capas de sub-base, base y capa de rodadura.

Especificaciones básicas.

El material de la subrasante será escarificado en una profundidad no menor de 0.15 mts. y después pulverizado y homogenizado. Si se hace necesario se incorporará agua sobre el material de la superficie, en cantidad

suficiente para que el mismo alcance la humedad especificad de compactación. El material de la subrasante, humedecido y conformado, deberá ser compactado, inmediatamente, con el equipo adecuado para el tipo de suelo de la subrasante, hasta alcanzar una densidad máxima seca del 95% o del porcentaje que se indica en las especificaciones obtenidas en el laboratorio con el método AASHTO T-180.

La compactación se hará gradualmente de las orillas hacia el centro, paralelamente, a un eje longitudinal, de modo que se traslape uniformemente cada pasada anterior de la máquina por la mitad de ancho de la misma y deberá continuarse en esa forma hasta obtener la especificación sobre compactación anotada.

Las superficie de la subrasante deberá quedar cuando esté terminada, completamente lisa y de acuerdo con los alineamientos, perfiles longitudinales y secciones transversales indicados en los planos o por la supervisión.

El contenido de humedad de compactación deberá ser ajustado a un valor tal que se halle comprendido entre el 80 y 100% del contenido óptimo de humedad de compactación, determinado en el ensayo de compactación de laboratorio del material en cuestión.

### **3.5.3 Sub-base**

Es la capa de la estructura que soporta, transmite y distribuye uniformemente, las cargas de tránsito de modo que la subrasante las soporte

en forma adecuada. Regularmente en los pavimentos rígidos no se utiliza; sólo si las condiciones de la subrasante así lo requieren.

La capa sub-base se incluye en los pavimentos rígidos para:

- a) Contrarrestar la expansión y contracción excesiva del suelo de la subrasante.
- b) Evita fallas por bombeo y agua en la subrasante.
- c) Evita el congelamiento de los suelos finos.
- d) Auxiliar en la construcción de subrasante muy arenosas.

Si el suelo de la subrasante es de tipo granular o si el pavimento no estará sujeto a tránsito intenso, no se utilizará capa sub-base. Para corregir una mala subrasante es suficiente una sub-base de 10 a 12 cms. de espesor, en condiciones normales de tránsito.

Especificaciones básicas.

La sub-base para pavimentos flexibles con un CBR no menor del 40% al 95% de compactación es la fijada aquí, según el método AASHTO T-180-74, compactadas en capas de espesores no mayores de 15 cms., hasta alcanzar un grado de compactación no mayores de 95% según el mismo método.

#### **3.5.4 Base**

Capa de la estructura destinada a transmitir y distribuir las cargas del tránsito a las capas subyacentes y sobre la cual se coloca la losa de concreto.

Es de suma importancia recalcar que en los pavimentos rígidos no se distingue entre lo que es base y sub-base.

Tipos de base: bases de piedra o grava triturada, base de materiales seleccionados, base de suelo cemento.

Las bases de materiales seleccionados están formadas por materiales seleccionados en estado natural de una mezcla de dos o más materiales seleccionados y agregados pétreos procedentes de bancos de préstamo cuyos materiales están de acuerdo con las especificaciones de la AASHTO.

Las bases de suelo cemento está formado por la unión íntima y homogénea de un suelo con una cantidad de cemento Portland, la cual deberá ser compactada a una densidad predeterminada y con una humedad óptima.

### **3.5.5 Riego de imprimación**

Únicamente se utilizará para el caso del pavimento flexible. Se coloca sobre la base de un pavimento flexible. El riego consiste en colocar una mezcla bituminosa sobre la base compactada, luego de que ésta ha sido barrida para quitar todo material suelto sobre ella.

El material bituminoso se agrega a razón de 0.30 galones por metro cuadrado. Después de 24 hrs. De colocado el material bituminoso, se riega arena gruesa y se compacta para hacerla penetrar en la imprimación. El riego de imprimación sirve para impermeabilizar la base, además sirve de adherente entre la base y la capa de rodadura.

### **3.5.6 Superficie de rodadura**

Es la capa que se coloca sobre la base, el material consiste en una mezcla bituminosa si es un pavimento flexible, una losa de concreto si es un pavimento rígido o adoquines

### **3.5.7 Juntas**

Son los espacios entre las losas de un pavimento, las cuales permiten los movimientos de contracción y expansión del mismo. Para construir una junta que funciones en forma apropiada es necesario entender el propósito que con ellas se busca. Los ingenieros de diseño de pavimentos han elaborado cuidadosamente varios tipos diferentes de juntas, cada uno de los cuales intenta servir una función especial en el pavimento.

Las juntas más comunes en un pavimento rígido son:

- Juntas longitudinales.
- Juntas transversales.
- Juntas de expansión.
- Juntas de contracción.

#### **3.5.7.1 Juntas longitudinales**

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

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

### **3.5.7.2 Juntas transversales**

También llamadas juntas de contracción, ya que el pavimento de hormigón normal se encoge al endurecerse y secarse, por lo tanto nunca tendrá la misma longitud, ni ocupará el mismo volumen que recién construido.

Las juntas de contracción son planos que se debilitan a propósito para predeterminar los sitios de ocurrencia de las grietas transversales, y asegurar así que se formen según líneas rectas.

Otros factores que provocan liberación de tensiones en el pavimento son la temperatura, humedad y fricción, los cuales causan agrietamiento, en particular, agrietamiento transversal por los largos carriles de pavimentos que se usan normalmente.

### **3.5.7.3 Juntas de expansión**

Se construyen para disminuir las tensiones, cuando el concreto se expande. Se coloca obligadamente frente a estructuras existentes y en intersecciones irregulares, por ejemplo como losas de acercamiento a puentes o paredes de hormigón. Cuando las juntas de contracción controlan adecuadamente el agrietamiento transversal, las juntas de expansión no son necesarias.

Su construcción consiste en dejar una separación de 2 cms. en todo el espesor de la losa. La cual se rellena con un sello impermeable y comprensible.

#### **3.5.7.4 Juntas de construcción**

Son las que se colocan al final del día de trabajo o para traslape de juntas frías entre diferentes losas. Estas juntas pueden ser transversales o longitudinales (entre carriles).

### **3.6 Diseño y dimensionamiento del espesor del pavimento**

#### **3.6.1 Método y proceso de diseño para pavimento rígido**

La PCA (Asociación de Cemento Portland) ha desarrollado dos métodos para determinar el espesor de la losa adecuada para soportar las cargas de tránsito en las calles y carreteras con pavimentos rígidos.

Método simplificado: es un procedimiento de diseño en el cual no se utilizan estaciones de control vehicular y se pueden diseñar losas con y sin bordillos.

Método de capacidad: procedimiento de diseño con posibilidad de obtener datos de carga. Ello asume que detallados de carga-eje tienen que ser obtenidos de estaciones representativas de peso de camiones. ( volúmenes de tránsito). Para el diseño del espesor y dimensionamiento del pavimento rígido de la colonia La Repegua, se utilizo el método simplificado, debido a que no fue posible encontrar datos reales de tránsito.

Para este método la PCA ha elaborado tablas que se basan en la distribución de carga-eje, para diferentes categorías de calles y carreteras. Estas tablas están diseñadas para un periodo de 20 años y contemplan un factor de seguridad de carga. Este factor es de 1.0, 1.1, 1.2, y 1.3 por las categorías 1,2,3 y 4 respectivamente.

### **3.6.2 Etapas del método simplificado**

Los pasos para el cálculo del espesor de un pavimento por medio de este método son:

- Estimar el tránsito promedio diario de camiones, en ambos sentidos si los hubiera, no incluyendo camiones de doble eje.
- Determinar la categoría de carga por eje según la tabla
- Determinar el espesor de la losa requerida, por medio de la tabla

Conociendo el CBR de la subrasante, se busca el módulo de reacción en la tabla (interrelación aproximada de las clasificaciones de suelos y los valores de soporte), conociendo el modulo de ruptura del concreto y los tipos de juntas, buscar el espesor de la losa en la tabla correspondiente.

### **3.6.3 Tránsito**

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

TPD: tránsito promedio diario en ambas direcciones de todos los días.

TPDA: tránsito promedio diario anual.

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

### **3.6.4 Cálculo del espesor del pavimento**

Para el diseño de este pavimento y la falta del conteo real del tránsito en la colonia La Repegua, se basó únicamente en la categoría correspondiente.

#### **Paso No.1**

Según el tipo de tránsito que pasará sobre este pavimento y siendo no tan transitada, corresponde a la descripción de calles residenciales, carreteras y secundarias (bajo o medio), y esta descripción corresponde a la categoría 1 con rango de TPD de 200 a 800 vehículos y de 1 a 3% de TPDA, según la tabla de categorías de carga por eje.

#### **Paso No.2**

Para este pavimento se estimó un módulo de ruptura del concreto de 650 psi; que es equivalente a un  $f'c$  de 4000 psi ( $281 \text{ kg/cm}^2$ ), a los 28 días de curado. Las losas de concreto se construirán con bordillo integrado y juntas por trabe con agregados.

#### **Paso N0.3**

Se estableció que el tipo de suelo que predomina en el área de la pavimentación es una arcilla arenosa con grava de la clasificación ASTM un CL, utilizando la tabla de interrelación aproximada de las clasificaciones de suelo y

los valores de soporte y un suelo en la clasificación CL, correspondiéndole un CBR crítico de 5.5% le corresponde un módulo de reacción K de 150 lbs/plg<sup>3</sup>. Luego de la tabla de efectos de sub-base no tratada sobre los valores de K, con este valor de K observamos que Ks, en la tabla es 150 lbs/plg<sup>3</sup>, que corresponde a un espesor de 9 pulgadas de base, que por comodidad se trabajará con 20 centímetros de base.

#### Paso No.4

Según la clasificación del tipo de tránsito, en la tabla de categorías de cargas por eje, escogemos la No.1 que describe calles residenciales, carreteras rurales y secundarias (bajo a medio), con un tránsito de 200 a 800 TPD y del 1 al 3% de TPDA, junto con la tabla de suelos de subrasantes y valores aproximados de K, se determina un tipo de suelo, soporte y rango de valor de K, la cual comprende un soporte medio y un rango entre 130 a 170, con estos datos se calcula el espesor de losa, utilizando la tabla TPDA permisible, carga por eje categoría 1. Pavimento con juntas de trabe por agregados, se obtiene un espesor de 5 pulgadas, que por comodidad se trabajará con 15 centímetros de espesor.

- Losa de concreto 15 centímetros.
- Base 20 centímetros.
- Espesor total 35 centímetros.

La base será estabilizada con cemento al 3%, esto provocará mejores propiedades mecánicas del suelo, aumentará su resistencia y disminuirá su plasticidad.

Como la Subrasante no cumple con las condiciones requeridas para ser una buena base de pavimentación, esta misma será estabilizada con cemento, esto significa que no será necesario llevar un material selecto de algún banco de material.

Cálculo de la cantidad de cemento para estabilizar el suelo.

Datos:

Peso por saco de cemento: 42.5 kg.

Peso específico del material: 1020 kg/m<sup>3</sup>.

Volumen: 3%

Total de m<sup>3</sup> a estabilizar: 1181.98 m<sup>3</sup>.

$$(1,181.98 \text{ m}^3) \times (1,020 \text{ kg/m}^3) = 1,205,619.20 \text{ kg.}$$

$$(1,205,619.20 \text{ kg}) \times (0.03) = 36,168.58 \text{ kg.}$$

$$36,168.58 \text{ kg} / 42.5 \text{ kg} = 851 \text{ sacos.}$$

Se colocará 0.71 saco por metro cúbico de suelo a estabilizar a un 3%.

Tabla I. interrelación aproximada de las clasificaciones de suelos.

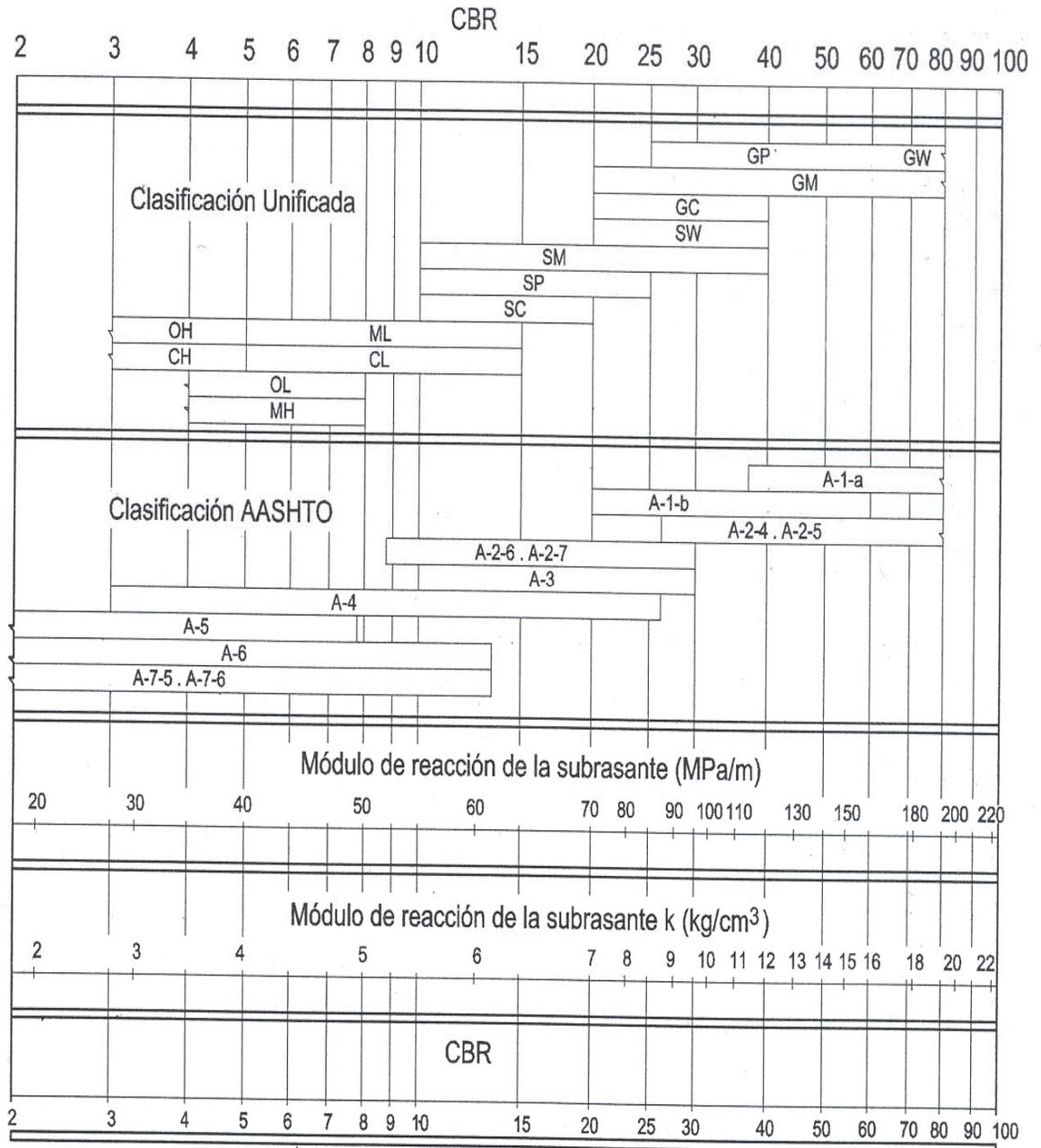


Tabla II. Categorías de carga por eje.

Categorías de carga por eje	Descripción	Tránsito			Máximas cargas por eje, kN	
		TPD	TPD-C		Ejes simples	Ejes tándem
			%	Diario		
1	Calles residenciales, carreteras rurales y secundarias (bajo a medio)	200 - 800	1 - 3	Hasta 25	98	160
2	Calles colectoras, carreteras rurales y secundarias (alto), calles, arterias y carreteras primarias (bajo)	700 - 5.000	5 - 18	40 - 1.000	115	195
3	Calles arterias y carreteras primarias (medio) Vías expresas y autopistas urbanas e interestatales (bajo a medio)	3.000 - 12.000 (2 carriles) 3.000 - 50.000+ (4 carriles o más)	8 - 30	500 - 5.000+	133	230
4	Calles arterias y carreteras primarias y vías expresas (alto) Autopistas urbanas e interestatales (medio a alto)	3.000 - 20.000 (2 carriles) 3.000 - 150.000 (4 carriles o más)	8 - 30	1.500 - 8.000+	151	267

Tabla III. Tipos de suelos de subrasantes y valores aproximados de K.

Tipo de suelo	Soporte	Rango de valores k, MPa/m
Suelos de grano fino, en los que predominan partículas del tamaño del limo y la arcilla	Bajo	20 - 34
Arenas y mezclas de grava y arena con cantidades moderadas de limo y arcilla	Medio	35 - 49
Arenas y mezclas de grava y arena, relativamente libres de finos plásticos	Alto	50 - 60
Subbase tratada con cemento	Muy alto	70 - 110

Tabla IV. Valores de K para diseño sobre bases granulares (de PCA).  
K sobre la base lbs/plg<sup>3</sup>

Valores de K de la subrasante Lb/plg.	Espesor 4 pulgadas	Espesor 6 pulgadas	Espesor 9 pulgadas	Espesor 12 pulgadas
50 100 200 300	65 130 220 320	75 140 230 330	85 160 270 370	110 190 320 430
Valores de K de la subrasante Lb/plg.	Espesor 4 pulgadas	Espesor 6 pulgadas	Espesor 9 pulgadas	Espesor 12 pulgadas
50 100 200	170 280 470	230 400 640	310 520 830	390 640 -----

Tabla V TPDA permisible, carga por eje categoría 1. Pavimentos con juntas de trabe por agregados. (No necesita dovelas).

Espesor de losa cm		Sin acotamiento ni guarnición			Espesor de losa, cm	Acotamiento o guarnición		
		Apoyo del terreno natural o de sub-base				Apoyo del terreno natural o de sub-base		
		Bajo	Medio	Alto		Bajo	Medio	Alto
MR = 46 kg/cm <sup>2</sup>					10.0		0.2	0.9
	11.5			0.1	11.5	2	8	25
	12.5	0.1	0.8	3	12.5	30	130	330
	14.0	3	15	45	14.5	320		
	15.0	40	160	430				
	16.5	330						
MR=42 kg/cm <sup>2</sup>	12.5		0.1	0.4	10.0			0.1
	14.0	0.5	3	9	11.5	0.2	1	5
	15.0	8	36	98	12.5	6	27	75
	16.5	76	300	760	14.5	73	290	730
	17.8	520			15.0	610		
MR=39 kg/cm <sup>2</sup>	14.0	0.1	0.3	1	11.5		0.2	0.6
	15.0	1	6	18	12.5	0.8	4	13
	16.5	13	60	160	14.0	13	57	150
	17.8	110	400		15.0	130	480	
	19.0	620						

### 3.6.5 Diseño de la mezcla de concreto

Para el diseño de la mezcla del concreto se utilizo el método actualizado del que hace años fue desarrollado en el centro de investigación de ingeniería de la usac, tomando en cuenta en lo posible las características reales de los mismos y datos prácticos basados en experiencias locales, que permitan obtener mezclas trabajables y de las características de resistencia requeridas.

Datos previos al diseño:

Tamaño máximo del agregado grueso	1"
Asentamiento requerido	4"
Resistencia especifica	4000 psi. (f'c)
Exposición a Congelamiento	No
Tipo de concreto	Normal, sin aire incorporado.

Características de los materiales a utilizar:

Material	Masa Unitaria Kg/m <sup>3</sup>	Densidad Relativa	Módulo de Finura	Tamaño Máximo	Absorción %	Humedad %
Cemento UGC	1,500	3.05	—	—	—	—
Arena	1,475	2.55	2.6	—	3.4	6
Piedrín	1,550	2.60	—	1"	2.1	1

Resistencia requerida (f'cr):

Esta resistencia se calcula con la fórmula  $f'_{cr} = f'c + (p \times s)$

S = desviación estándar = 1.4 (Ver. Tabla VI)

P = Factor de probabilidad estadístico basado en resultados de ensayos que permitan sean menores de f'c. (norma COGUANOR NGO 41068:90 criterio 2, cuadro 7 ó reglamento ACI 318, Capitulo 5)

$$f'_{cr} = 27.6 \text{ Mpa} + (1.34 * 1.4) = 29 \text{ Mpa} = 4300 \text{ psi}$$

Relación Agua – Cemento:

$$A/C = 0.50 \text{ (Ver. Tabla VII)}$$

Estimación de Agua de mezcla y contenido de Aire:

$$\text{Agua} = 195 \text{ kg/m}^3 \text{ de concreto}$$

$$\text{Aire} = 1.5 \% \text{ (Ver. Tabla VIII)}$$

Estimación del contenido de cemento:

$$\text{Cemento} = 195 / 0.50 = 390 \text{ kg/m}^3.$$

Estimación de % de agregado fino:

$$\text{Arena} = 42 \% \text{ (Ver. Tabla IX)}$$

Cálculo de proporciones iniciales en masas y volúmenes absolutos:

	<b>Masa (kg)</b>		<b>Vol. Absoluto (m<sup>3</sup>)</b>
<b>Agua</b>	195	195/1000	0.195
<b>Cemento</b>	390	390/3050	0.128
<b>Aire</b>	–	–	<u>0.015</u>
<b>∑ vol. Agua+cem+aire</b>	–	–	0.338
<b>Volumen Agregados</b>	–	1-0.338	0.662
<b>Arena</b>	709	0.42x0.662 2550x0.278	0.278
<b>Piedrín</b>	<u>998</u>	0.58x0.662 2600x0.384	<u>0.384</u>
<b>TOTAL</b>	2292		1000

Primera Mezcla Teórica:

Agua	9.75 kg.
Cemento	19.5 kg.
Arena	35.45 kg.
Piedrín	<u>49.90 kg.</u>
	114.6 kg.

Corrección por humedad:

$$\text{Arena} = \frac{35.45(1+0.06)}{(1+0.034)} = 36.34kg$$

$$\text{Piedrín} = \frac{49.90(1+0.01)}{(1+0.021)} = 49.36kg$$

Agua de mezcla a pesar:

$$\text{Agua neta (mezcla teórica)} = 9.75 \text{ kg.}$$

$$\text{Agua en arena} = 36.34 - 35.45 = 0.89 \text{ kg. +}$$

$$\text{Agua en piedrín} = 49.90 - 49.36 = 0.54 \text{ kg. -}$$

$$\text{Agua real de mezcla} = 9.75 - 0.89 + 0.54 = 9.40 \text{ kg.}$$

Mezcla Corregida:

Vol.	0.05	1000
Agua	9.40 kg.	188 kg/m <sup>3</sup>
Cemento	19.5 kg.	390 kg/m <sup>3</sup>
Arena	36.34 kg.	727 kg/m <sup>3</sup>
Piedrín	49.36 kg.	987 kg/m <sup>3</sup>

Tabla VI. Variación total, desviación estándar Mpa (psi).

<b>Control</b>	<b>Excelente</b>	<b>Muy bueno</b>	<b>Bueno</b>	<b>Regular</b>	<b>Malo</b>
<b>Obra</b>	< 2.8 (400)	2.8 a 3.5 (400 a 500)	3.5 a 4.1 (500 a 600)	4.1 a 4.8 (600 a 700)	> 4.8 (700)
<b>Laboratorio</b>	< 1.4 (200)	1.4 a 1.7 (200 a 250)	1.7 a 2.1 (250 a 300)	2.1 a 4.2 (300 a 350)	> 2.4 (350)

Tabla VII. Relación agua-cemento para distintas resistencias. ( para concretos de agregados finos conteniendo material de baja densidad (pómez) y con absorción de agua de 2% ó mayor).

<b>RESISTENCIA</b>		<b>RELACIÓN</b>
<b>Mpa</b>	<b>Psi</b>	<b>A/C</b>
13.8	2000	0.92
17.2	2500	0.86
20.7	3000	0.77
24.7	3500	0.68
27.6	4000	0.61
31.0	4500	0.56
34.5	5000	0.52
37.9	5500	0.48
41.3	6000	0.44

Nota: Para concretos con agregados finos sin material de baja densidad y con absorción de agua de 1% ó menor, las relaciones agua/cemento pueden bajarse en 10%.

Tabla VIII. Estimación de agua de mezcla y contenido de aire. (Para concretos con agregados finos conteniendo material de baja densidad (pómez) y con absorciones de agua de 2%).

Asentamiento mm	Litros de agua por m <sup>3</sup>				
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"
25 – 50	238	229	219	206	191
75 – 100	262	248	235	222	208
150 – 175	279	262	248	232	219
% de aire atrapado	3	2.5	2	1.5	1

Nota: Para concretos con agregados finos son material de baja densidad (pómez) y con absorciones de agua de 1% ó menor, las cantidades De agua pueden ser disminuidas en 12%.

Tabla IX. Porcentaje de agregado fino sobre agregado total en volumen.

Tamaño Nominal Agregado		% agregado fino sobre agregado total en volumen absoluto Para diferentes módulos de finura de agregado fino.			
mm	"	MF: 2.4	2.6	2.8	3
9.5	3/8	46	48	50	52
12.5	1/2	44	46	48	50
19	3/4	42	44	46	48
25	1	40	42	44	46
37.5	1-1/2	38	40	42	44
50	2	36	38	40	42

### **3.6.6 Maquinaria a utilizar**

El rendimiento de una máquina debe medirse como el costo por unidad de material movido, una medida que incluye tanto producción como costo. Influyen directamente en la productividad factores tales como la relación de peso a potencia, la capacidad, el tipo de transmisión, las velocidades y los costos de operación. Existen otros factores menos directos que influyen en el funcionamiento y productividad de las máquinas pero no por eso dejan de ser importantes de mencionar; por ejemplo, facilidad de servicios, disponibilidad de repuestos y la competencia del operador.

Al comparar características de operación y rendimiento, deben considerarse todos los factores por mínimos que sean. Es importante seleccionar la maquinaria adecuada para cada tipo de trabajo.

#### **Motoniveladora**

Como su nombre lo indica se utiliza para la nivelación del terreno antes de la compactación del suelo, tiene la capacidad de adaptarse a las diferentes regiones geográficas de trabajo. Para poder nivelar consta de una cuchilla que mide 3.66 m. de ancho, colocada al centro, la cual está adaptada a una tornamesa que gira en el sentido horizontal y vertical, dando la facilidad al operador de poder distribuir uniformemente el material a los niveles requeridos, previo a su compactación.

#### **Rodo Vibratorio**

Se sabe que la compactación es muy importante, porque ayuda a elevar la densidad del suelo, o sea el peso por unidad de volumen; la función que tiene

un rodo vibratorio es el reacondicionamiento de las partículas del suelo. El rodo tiene la ventaja de contar con un vibrador y pretende que la compactación sea mucho más rápida y eficiente, si el material es el adecuado y contiene la humedad óptima.

### **Compactadora de llantas para suelo**

Esta máquina es importante ya que determina y finaliza una buena compactación de la siguiente manera: al concluir el rodo vibratorio o simultáneamente se pasa la compactadora de llantas y ésta termina de acomodar las partículas y llenar vacíos, quedando una compactación mucho más eficiente. Aparte de esto con todo el peso que proporciona esta máquina puede detectarse si hay excesos de humedad en la base, ocasionando deformaciones, grietas, etcétera.

### **Concreteras**

En la actualidad se han inventado y desarrollado las autoconcreteras autocargables. Se han desarrollado con el fin de producir concreto de alta calidad a bajo costo, ya que con el transporte inmediato en la obra se evitara que las propiedades ideales del concreto de la hora de la fundición no se pierdan.

También se cuenta con concreteras de trabajo liviano, con capacidad de 1-1.5 sacos de cemento. Estas concreteras son ideales para la obra pequeña. Sus cualidades les permite ser jaladas por un vehiculo sin dañar sus llantas y su chasis en delta les otorga mayor estabilidad y rigidez alargando si vida útil.

## Cortadora de concreto

La cortadora de concreto es utilizada después de la fundición del pavimento, donde el objetivo es hacer las juntas de dilatación transversal y longitudinal, y evitar que el concreto se agriete antes de los 28 días que es donde alcanza su resistencia máxima.

### 3.6.7 Presupuesto general

A continuación se presenta el presupuesto estimado para este proyecto de pavimentación:

Tabla XI. Presupuesto pavimentación La Repegua

No.	Renglón	Cantidad	Unidad	Costo unitario	sub-total
<b>I</b>	<b>Movimiento y Preparación Subrasante</b>	<b>2068.48</b>	<b>m<sup>3</sup></b>		
1	Motoniveladora	47	horas	Q 325.00	Q 15,275.00
1	Regadora	15	horas	Q 375.00	Q 5,625.00
1	Rodo compactador	37	horas	Q 395.00	Q 14,615.00
2	Camion de volteo 12 m3	40	horas	Q 225.00	Q 18,000.00
1	Cargador frontal	40	horas	Q 220.00	Q 8,800.00
	Palas	4	U	Q 35.00	Q 140.00
4	Ayudante	6	dia	Q 40.00	Q 960.00
<b>Total</b>					<b>Q 63,415.00</b>

No.	Renglón	Cantidad	Unidad	Costo unitario	sub-total
<b>II</b>	<b>Preparación de la Base</b>	<b>1181.98</b>	<b>m3</b>		
	Cemento ugc	851	sacos	Q 41.00	Q 34,891.00
1	Motoniveladora	44	horas	Q 325.00	Q 14,300.00
1	Regadora	15	horas	Q 375.00	Q 5,625.00
1	Rodo compactador	37	horas	Q 395.00	Q 14,615.00
6	Ayudante	5	dias	Q 120.00	Q 3,600.00
<b>Total</b>					<b>Q 73,031.00</b>

No.	Renglón	Cantidad	Unidad	Costo unitario	sub-total
<b>III</b>	<b>Carpeta de rodadura</b>	<b>886.49</b>	<b>m3</b>		
	Cemento	8135	sacos	Q 41.50	Q 337,602.50
	Arena	434	m3	Q 130.00	Q 56,420.00
	Piedrín	567	m3	Q 180.00	Q 102,060.00
	Concretera	30	dia	Q 150.00	Q 4,500.00
	Costanera	40	U	Q 180.00	Q 7,200.00
	Colocación de concreto	889.49	m3	Q 27.50	Q 24,460.98
	Acabado de superficie	5909.94	m2	Q 5.25	Q 31,027.19
	Corte de juntas de dilatación	2461	ml	Q 4.00	Q 9,844.00
	Sellado de juntas de dilatación	2461	ml	Q 4.00	Q 9,844.00
	<b>Total</b>				<b>Q 491,158.67</b>

No.	Renglón	Cantidad	Unidad	Costo unitario	sub-total
<b>IV</b>	<b>Bordillo</b>	<b>1849.98</b>	<b>ml</b>		
	Cemento	291	sacos	Q 41.50	Q 12,076.50
	Arena	16	m3	Q 130.00	Q 2,080.00
	Piedrín	24	m3	Q 180.00	Q 4,320.00
	Bordillo fundido en el lugar 30 cm de alto	1849.98	ml	Q 15.00	Q 27,749.70
	<b>Total</b>				<b>Q 46,226.20</b>

No.	Renglón	Cantidad	Unidad	Costo	Costo Unitario
I	Movimiento y Preparación Subrasante	2068.48	m3	Q 63,415.00	Q 30.66
II	Preparación de la Base	1181.98	m3	Q 73,031.00	Q 61.79
III	Carpeta de rodadura	886.49	m3	Q 491,158.67	Q 554.05
IV	Bordillo	1849.98	ml	Q 46,226.20	Q 24.99
	<b>Total Costo Directo</b>			<b>Q 673,830.87</b>	

No.	Descripción	Sub-total	Total
1	Costo Directo		
	Materiales y Mano de Obra		<b>Q 673,830.87</b>
2	Costos Indirectos		
	Administración, gastos generales e imprevistos 30%	<b>Q 202,149.26</b>	<b>Q 202,149.26</b>
	<b>Costo Total del Proyecto</b>		<b>Q 875,980.13</b>
			<b>\$ 112,305.14</b>



## CONCLUSIONES

1. Con la construcción y utilización de dicho sistema sanitario se evitan las enfermedades causadas por aguas negras. El uso de tubería de P.V.C., en lugar de la de concreto, ofrece mayor eficiencia, seguridad y durabilidad del proyecto.
2. En el análisis y diseño del pavimento rígido se aplicaron diferentes criterios, dentro de los cuales a los que más importancia se les dio, fueron los contenidos en especificaciones generales para construcción de carreteras y normas AASHTO, con el propósito de garantizar una estructura segura.
3. Para el diseño del espesor del pavimento rígido, el método utilizado fue el procedimiento simplificado de la Portland Cement Association (P.C.A.), porque está basado en experiencias generales de comportamiento de pavimentos hechos a escala natural, sujetos a ensayos controlados de tránsito y a la acción de juntas y hombros de concreto.
4. El Ejercicio Profesional Supervisado realizado en el municipio de Puerto Barrios, departamento de Izabal, contribuirá, de alguna manera, al desarrollo del mismo, con lo cual se logra el objetivo de la Universidad de San Carlos de Guatemala, a través de la Facultad de Ingeniería, de proyectarse a la población más necesitada del país y a la vez, proporcionar a sus estudiantes la forma de poner en práctica los conocimientos adquiridos.



## **RECOMENDACIONES**

1. Contemplar un fondo para el mantenimiento preventivo y correctivo que sea necesario para que los proyectos se mantengan en buen estado.
2. La municipalidad y vecinos del lugar deben agilizar todas las gestiones, con el propósito de obtener lo más pronto posible, el financiamiento necesario para la construcción del proyecto.
3. Efectuar una campaña informativa en la comunidad con el objeto de educar a la población respecto del uso adecuado de los proyectos.
4. Durante la construcción de la pavimentación deben respetarse los espesores y calidad de materiales utilizados en el respectivo diseño, para garantizar que la estructura de pavimento cumpla satisfactoriamente su función durante el período de diseño.



## BIBLIOGRAFIA

1. Meneses Gonzáles, Stuardo Arnoldo. **Diseño de espesores de pavimento para carreteras.** Trabajo de graduación de Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, 1980.
2. Orozco Gonzáles, Juan Adolfo. **Diseño de Drenaje Sanitario de Aldea San Pedro,** municipio de San Pedro Sacatepéquez, Departamento de San Marcos. Trabajo de graduación Ing. Civil, Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2002.
3. Barrios Botzoc, Sergio David. **Diseño de red de alcantarillado sanitario y Diseño de pavimentación,** para las colonias los planes, el frutal y panorámica, del municipio de Villa Nueva, Guatemala. Trabajo de graduación ing. Civil, Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de ingeniería, 2004.
4. Quinteros Rosales, Víctor Manuel Antonio Salvador. **Manual de Laboratorio de Mecánica de Suelos.** Trabajo de graduación Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería.
5. Zúñiga Colindres, Jorge Alberto. **Diseño de Pavimento Rígido del Proyecto Desvió de Mazatenango.** Trabajo de graduación Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1993.
6. Cabrera Riepele, Ricardo Antonio. **Apuntes de Ingeniería Sanitaria.** Trabajo de graduación de Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala 1989. 135 pág.
7. Girón López, Alexander. **Terminal Intermodal de la Ciudad de Puerto Barrios, Izabal.** Trabajo de graduación de Arquitecto, Facultad de Arquitectura. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala 2005.

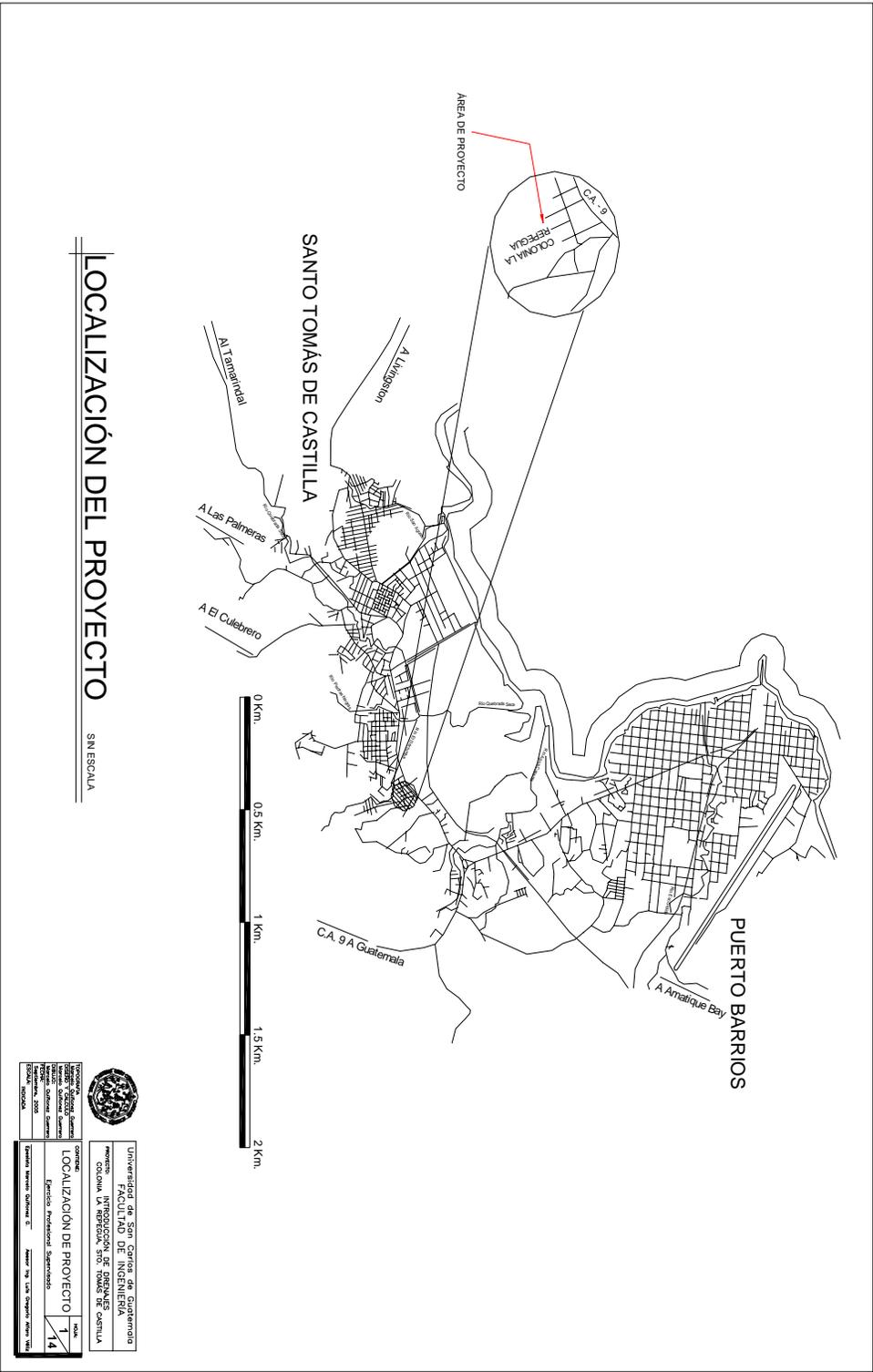


# **ANEXOS**

BLA XII CALCULO HIDRAULICO, DRENAJE SANITARIO, COLONONI LA REPEGUA

															ACTUAL				FUTURA															
DE	A	COTAS DE TERRENO		DH	S ( % )	No. De casa:	HAB.	SERVIR	FH	Qdomestico (L/s)	fqm			DIAM	S ( % )	SECC. LLENA	v(m/s)	q/Q	v/V	d/D	q/Q	v/V	d/D	COTA INVERT	ROFUN.	POZI	ANCHO							
PV	PV	INICIO	FINAL	(m)	TERRENLO	CAIA	CUMACTUA	IAIFUTUR	ACTUAIFUTUR	ACTUAL	FUTURO	ACTUAL	FUTURO	(Pulg.)	TUBO	VEL. (m/s)	Q (l/s)	ACTUAIA	FUTURA					INICIO	FINAL	INICIC	FINAL	zanja m						
35	13	100.525	101.604	41.00	-2.63	5	5	30	49	4.35	4.32	0.03056	0.05007	0.00200	0.00200	0.26128	0.42435	6	0.90	1.193476	21.77087	0.41	0.47	0.012	0.3396	0.077	0.01949	0.39349	0.097	99.325	98.956	1.20	2.65	0.6
15	14	102.041	101.827	30.35	0.71	2	2	12	20	4.41	4.38	0.01222	0.02003	0.00200	0.00200	0.10576	0.17231	6	2.00	1.779129	32.45409	0.41	0.47	0.00326	0.2293	0.042	0.00531	0.26353	0.052	100.841	100.234	1.20	1.59	0.6
14	13	101.827	101.604	29.85	0.75	1	3	18	29	4.39	4.36	0.01833	0.03004	0.00200	0.00200	0.15791	0.25696	6	2.00	1.779129	32.45409	0.45	0.53	0.00487	0.2502	0.48	0.00792	0.29843	0.063	100.234	99.637	1.59	1.97	0.6
13	12	101.604	101.569	37.18	0.09	3	11	66	108	4.29	4.23	0.06722	0.11015	0.00200	0.00200	0.56612	0.91583	6	0.50	0.889565	16.22705	0.42	0.48	0.03489	0.4685	0.128	0.05644	0.53968	0.161	98.956	98.770	2.65	2.80	0.6
12	11	101.569	100.722	27.67	3.06	1	12	72	118	4.28	4.22	0.07333	0.12017	0.00200	0.00200	0.61632	0.99651	6	0.50	0.889565	16.22705	0.43	0.49	0.03798	0.4798	0.133	0.06141	0.55385	0.168	98.770	98.632	2.80	2.09	0.6
11	0	100.722	99.788	67.80	1.38	5	17	102	167	4.24	4.18	0.10389	0.17023	0.00200	0.00200	0.86521	1.39576	6	0.50	0.889565	16.22705	0.47	0.54	0.05332	0.5314	0.157	0.08601	0.61139	0.198	98.632	98.293	2.09	1.50	0.6
0	1	99.788	100.322	34.00	-1.57	2	19	114	187	4.23	4.16	0.11611	0.19026	0.00200	0.00200	0.96388	1.55371	6	0.50	0.889565	16.22705	0.49	0.56	0.0594	0.5478	0.165	0.09575	0.63131	0.209	98.293	98.123	1.50	2.20	0.6
1	2	100.322	100.622	44.73	-0.67	3	22	132	216	4.21	4.14	0.13444	0.22030	0.00200	0.00200	1.11106	1.78897	6	0.40	0.795651	14.51391	0.47	0.54	0.07655	0.5909	0.187	0.12326	0.67947	0.237	98.123	97.944	2.20	2.68	0.6
2	3	100.622	100.79	49.00	-0.34	6	28	168	275	4.17	4.09	0.17111	0.28039	0.00200	0.00200	1.40270	2.25413	6	0.50	0.889565	16.22705	0.55	0.63	0.08644	0.6132	0.199	0.13891	0.70387	0.252	97.944	97.699	2.68	3.09	0.6
19	18	105.16	104.93	23.80	0.97	1	1	6	10	4.43	4.42	0.00611	0.01001	0.00200	0.00200	0.05320	0.08682	6	3.90	2.484419	45.31967	0.42	0.49	0.00117	0.1674	0.026	0.00192	0.1958	0.033	103.960	103.032	1.20	1.90	0.6
18	17	104.93	103.947	51.20	2.83	9	10	60	98	4.30	4.25	0.06111	0.10014	0.00200	0.00200	0.51576	0.83483	6	1.50	1.540771	28.10607	0.59	0.69	0.01835	0.3857	0.094	0.02970	0.44525	0.118	103.032	102.264	1.90	1.22	0.6
17	16	103.947	102.671	34.80	2.32	5	15	90	147	4.26	4.19	0.09167	0.15021	0.00200	0.00200	0.76605	1.23685	6	2.40	1.948938	35.55168	0.79	0.91	0.02155	0.4037	0.101	0.03479	0.46847	0.128	102.264	101.429	1.22	1.24	0.6
16	15	102.671	102.041	33.66	1.87	3	18	108	177	4.23	4.17	0.11000	0.18025	0.00200	0.00200	0.91460	1.47485	6	2.50	1.989127	36.28478	0.84	0.98	0.02521	0.4236	0.109	0.04065	0.49088	0.138	101.429	100.587	1.24	1.45	0.6
15	17	102.041	101.232	58.00	1.39	6	24	144	236	4.20	4.12	0.14667	0.24033	0.00200	0.00200	1.20866	1.94478	6	2.50	1.989127	36.28478	0.92	1.06	0.03331	0.4236	0.125	0.05360	0.53352	0.158	100.587	99.137	1.45	2.09	0.6
37	4	101.232	100.87	30.20	1.20	2	26	156	256	4.19	4.11	0.15889	0.26036	0.00200	0.00200	1.30586	2.09892	6	1.90	1.734081	31.63234	0.85	0.98	0.04128	0.4909	0.138	0.06638	0.56576	0.174	99.137	98.563	2.09	2.31	0.6
5	4	100.099	100.87	55.46	-1.39	6	6	36	59	4.34	4.30	0.03667	0.06008	0.00200	0.00200	0.31259	0.50727	6	0.90	1.193476	21.77087	0.43	0.49	0.01436	0.359	0.084	0.02330	0.41373	0.105	98.899	98.400	1.20	2.47	0.6
4	3	100.87	100.79	15.00	0.53	2	34	204	334	4.14	4.06	0.20778	0.34047	0.00200	0.00200	1.69112	2.71299	6	0.50	0.889565	16.22705	0.58	0.66	0.10422	0.6472	0.218	0.16719	0.74257	0.277	98.400	98.325	2.47	3.09	0.6
3	39	100.79	98.072	49.25	5.52	5	67	402	659	4.02	3.91	0.40984	0.67092	0.00200	0.00200	3.23298	5.15073	8	2.00	2.155261	69.89392	1.10	1.26	0.04626	0.5104	0.147	0.07369	0.58515	0.184	97.700	96.715	3.09	1.36	0.6
40	39	98.072	98.072	111.80	0.56	7	7	42	69	4.33	4.28	0.04278	0.07010	0.00200	0.00200	0.36367	0.58975	6	0.60	0.974469	17.77584	0.39	0.42	0.02046	0.3986	0.099	0.03318	0.43332	0.113	97.496	96.825	1.20	1.25	0.6
41	39	95.991	98.072	98.00	-2.12	9	9	54	88	4.31	4.26	0.05500	0.09012	0.00200	0.00200	0.46525	0.75349	6	0.55	0.932983	17.01907	0.41	0.47	0.02734	0.4357	0.114	0.04427	0.5018	0.143	94.791	94.252	1.20	3.82	0.6
39	42	98.072	96.251	44.08	4.13	5	88	528	865	3.96	3.84	0.53778	0.88121	0.00200	0.00200	4.18381	6.64408	8	0.90	1.445793	46.88627	0.89	1.02	0.08923	0.6187	0.202	0.141771	0.70706	0.254	94.252	93.855	3.82	2.40	0.6
43	42	97.619	96.251	91.00	1.50	4	4	24	39	4.37	4.33	0.02444	0.04006	0.00200	0.00200	0.20974	0.34094	6	1.20	1.378108	25.13883	0.42	0.48	0.00834	0.3025	0.065	0.01356	0.35079	0.081	96.419	95.327	1.20	0.92	0.6
44	42	95.279	96.251	76.00	-1.28	10	10	60	98	4.30	4.25	0.06111	0.10014	0.00200	0.00200	0.51576	0.83483	6	0.55	0.932983	17.01907	0.42	0.48	0.03031	0.45	0.12	0.04905	0.5189	0.151	94.079	93.661	1.20	2.59	0.6
42	45	96.251	95.369	47.90	1.84	4	106	636	1042	3.92	3.79	0.64778	1.06146	0.00200	0.00200	4.98394	7.89617	8	3.00	2.639645	80.60222	1.44	1.65	0.05822	0.5458	0.164	0.09224	0.62414	0.205	93.661	92.224	2.59	3.15	0.6
46	45	96.699	95.369	78.00	1.71	5	5	30	49	4.35	4.32	0.03056	0.05007	0.00200	0.00200	0.26128	0.42435	6	1.50	1.540771	28.10607	0.48	0.56	0.0093	0.3135	0.068	0.01510	0.36448	0.086	95.499	94.329	1.20	1.04	0.6
47	45	93.219	95.369	97.00	-2.22	9	9	54	88	4.31	4.26	0.05500	0.09012	0.00200	0.00200	0.46525	0.75349	6	0.55	0.932983	17.01907	0.41	0.47	0.02734	0.4357	0.114	0.04427	0.5018	0.143	92.019	91.486	1.20	3.88	0.6
45	48	95.369	94.769	52.30	1.15	4	124	744	1219	3.88	3.74	0.75778	1.24171	0.00200	0.00200	5.77217	9.12610	8	0.50	1.077631	34.94696	0.80	0.91	0.16517	0.7396	0.275	0.26114	0.84172	0.349	91.486	91.224	3.88	3.55	0.6
49	48	95.331	94.769	72.50	0.78	6	6	36	59	4.34	4.30	0.03667	0.06008	0.00200	0.00200	0.31259	0.50727	6	0.90	1.193476	21.77087	0.43	0.49	0.01436	0.359	0.084	0.02330	0.41373	0.105	94.131	93.479	1.20	1.29	0.6
50	48	94.831	94.769	26.90	0.23	8	8	48	79	4.32	4.27	0.04889	0.08011	0.00200	0.00200	0.41455	0.67181	6	1.00	1.258034	22.94451	0.49	0.56	0.01806	0.3857	0.094	0.02927	0.44288	0.117	93.631	93.362	1.20	1.41	0.6
48	51	94.769	93.851	66.70	1.38	8	146	876	1435	3.84	3.69	0.89222	1.46201	0.00200	0.00200	6.72126	10.60292	10	1.50	2.165894	29.94878	1.20	1.37	0.06124	0.5539	0.168	0.09661	0.63309	0.21	91.224	90.224	3.55	3.63	0.6
52	51	94.034	93.851	73.56	0.25	3	3	18	29	4.39	4.36	0.01833	0.03004	0.00200	0.00200	0.15791	0.25696	6	1.50	1.540771	28.10607	0.42	0.48	0.00562	0.2701	0.054	0.00914	0.3135	0.068	92.922	91.731	1.20	2.12	0.6
51	53	93.851	92.914	56.95	1.65	5	154	924	1514	3.82	3.68	0.94111	1.54212	0.00200	0.00200	7.06282	11.13340	10	0.90	1.677695	85.01046	0.88	1.01	0.08308	0.5252	0.154	0.13097	0.60027	0.192	90.224	89.711	3.63	3.20	0.6
53	54	92.914	89.089	34.72	11.02	4	158	948	1553	3.81	3.67	0.96556	1.58218	0.00200	0.00200	7.23292	11.39741	10	1.90	2.437634	123.5173	0.97	1.11	0.05856	0.3961	0.099	0.09227	0.45464	0.122	89.711	89.051	3.20	0.04	0.6
32	31	123.255	120.595	30.50	8.72	1	1	6	10	4.43	4.42	0.00611	0.01001	0.00200																				

FIGURA No. 1

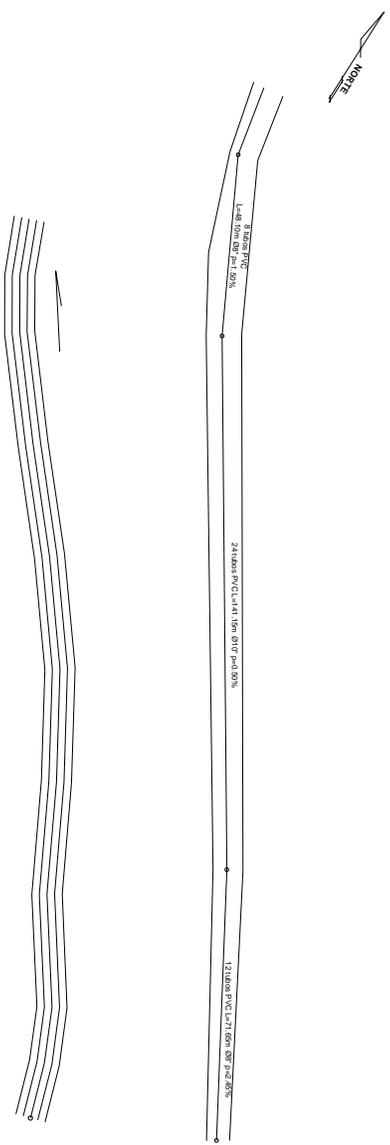


**LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO**  
SIN ESCALA

Universidad del Sur Centro de Guatemala	
FACULTAD DE INGENIERÍA	
Módulo COLOMILLA LA REGIUN, STO. TOMÁS DE CASTILLA	
Carrera: Ingeniería de Servidumbre	
LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO	
Escuela: Ingeniería de Servidumbre	Hoja: 14
Autor: Ing. Luis Enrique Pérez Vill	

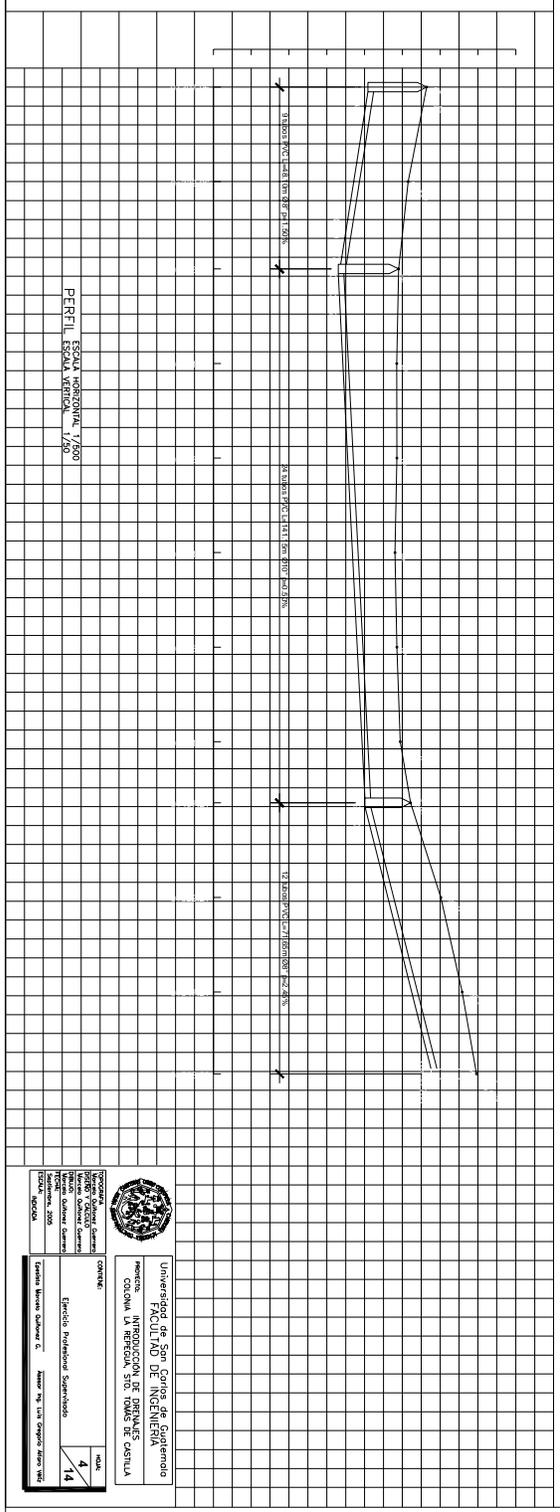






PLANTA

MONUMENTOS	
Taller de P.V.C.	
Pago de Villo	
Superficie de cota de terreno	CT
Cota de Terreno	Q
Cota invert	E
Estación	E
Longitud	L
Orden	1
Orden	2
Orden	3
Orden	4
Orden	5
Orden	6
Orden	7
Orden	8
Orden	9
Orden	10
Orden	11
Orden	12
Orden	13
Orden	14
Orden	15
Orden	16
Orden	17
Orden	18
Orden	19
Orden	20
Orden	21
Orden	22
Orden	23
Orden	24
Orden	25
Orden	26
Orden	27
Orden	28
Orden	29
Orden	30
Orden	31
Orden	32
Orden	33
Orden	34
Orden	35
Orden	36
Orden	37
Orden	38
Orden	39
Orden	40
Orden	41
Orden	42
Orden	43
Orden	44
Orden	45
Orden	46
Orden	47
Orden	48
Orden	49
Orden	50
Orden	51
Orden	52
Orden	53
Orden	54
Orden	55
Orden	56
Orden	57
Orden	58
Orden	59
Orden	60
Orden	61
Orden	62
Orden	63
Orden	64
Orden	65
Orden	66
Orden	67
Orden	68
Orden	69
Orden	70
Orden	71
Orden	72
Orden	73
Orden	74
Orden	75
Orden	76
Orden	77
Orden	78
Orden	79
Orden	80
Orden	81
Orden	82
Orden	83
Orden	84
Orden	85
Orden	86
Orden	87
Orden	88
Orden	89
Orden	90
Orden	91
Orden	92
Orden	93
Orden	94
Orden	95
Orden	96
Orden	97
Orden	98
Orden	99
Orden	100



PERFIL ESCALA VERTICAL 1/50 ESCALA HORIZONTAL 1/50

Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería de Obras Civiles

<p>CONTENIDO:</p> <p>1. Introducción</p> <p>2. Descripción del Proyecto</p> <p>3. Metodología</p> <p>4. Resultados</p> <p>5. Conclusiones</p> <p>6. Anexos</p>	<p>PÁGINAS</p> <p>4</p> <p>14</p>
--	-----------------------------------



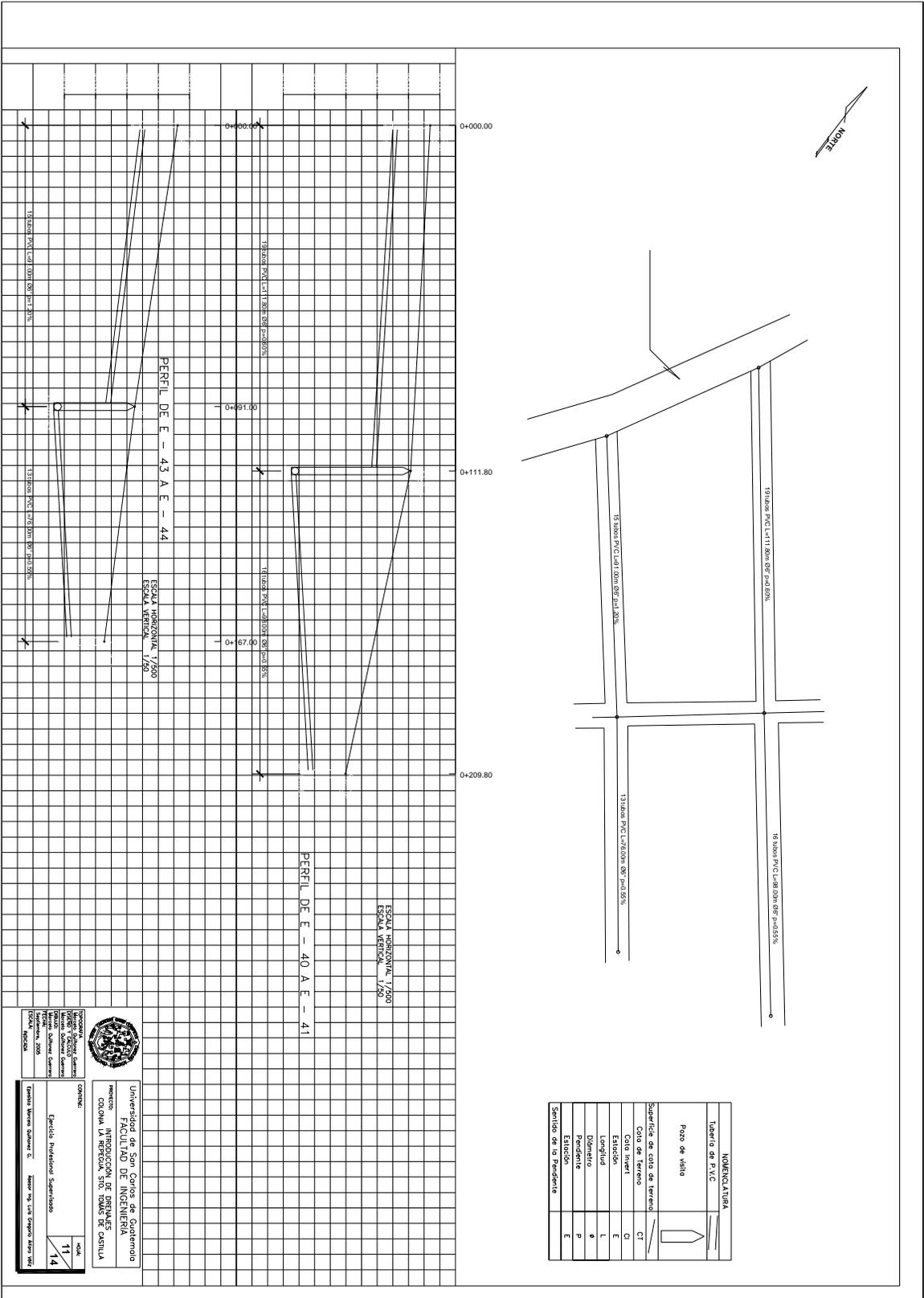




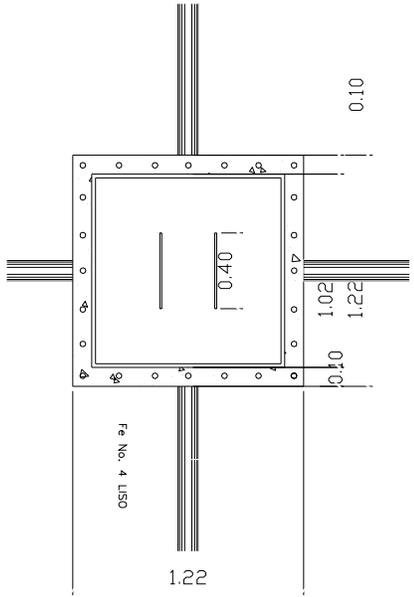






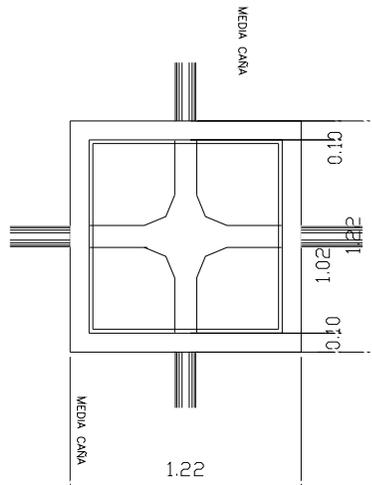






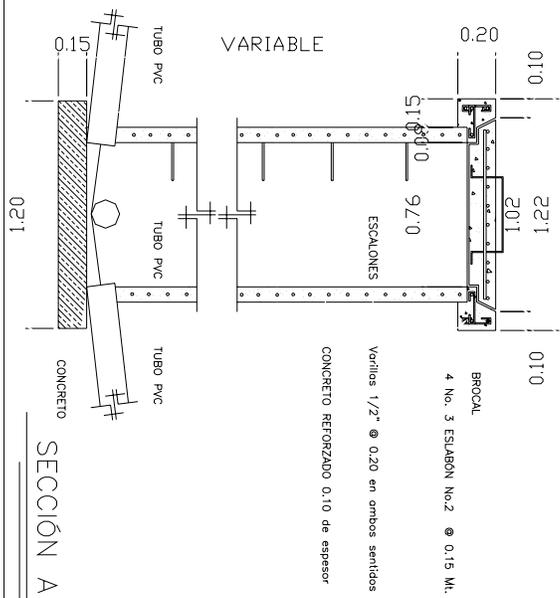
PLANTA POZO DE VISTA

ESCALA 1:20



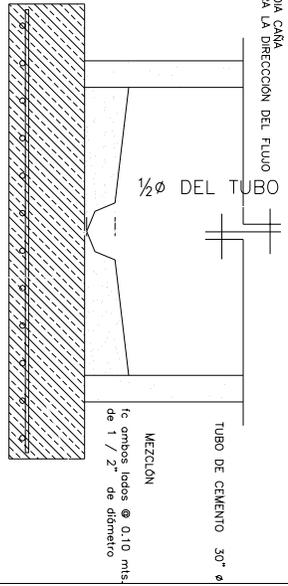
PLANTA DIRECCIÓN DE FLUJOS

ESCALA 1:20



SECCIÓN A - A

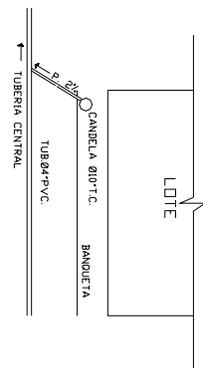
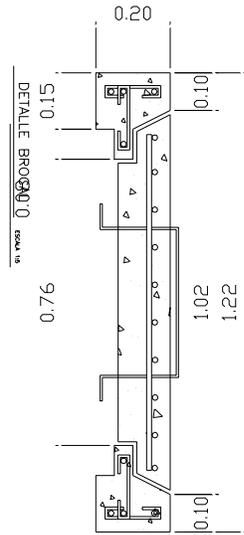
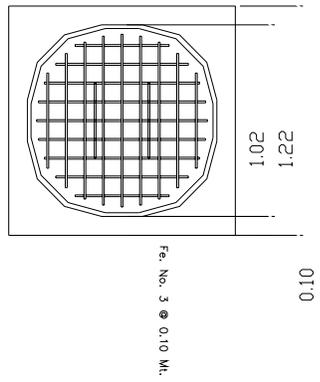
ESCALA 1:10



DETALLE MEDIA CAÑA

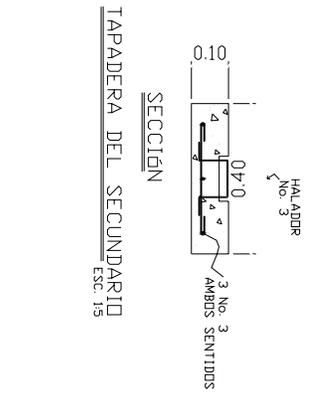
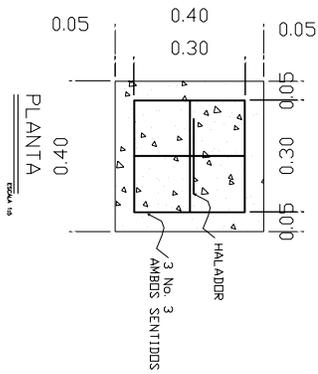
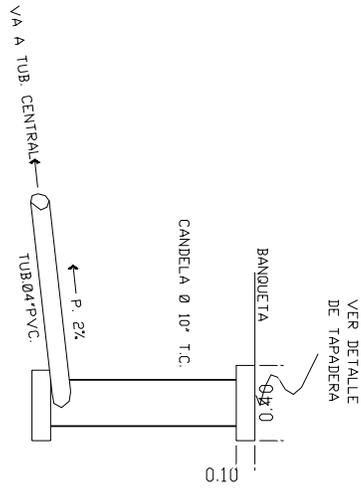
ESCALA 1:10

Universidad de San Carlos de Guatemala FACULTAD DE INGENIERIA INGENIERIA EN INGENIERIA DE BARRIALES CARRANZA LA REFORMA, S.O. 1000 DE CASULLA	
Nombre del Proyecto: Proyecto de Construcción de un Pozo Artesiano	Nombre del Cliente: Empresa Maximo Dominguez S.
Nombre del Diseñador: Maximo Dominguez S.	Nombre del Profesor Supervisor: Maximo Dominguez S.
Fecha de Emisión: 13/07/2008	Fecha de Revisión: 14/07/2008



PLANTA ARMADURA TAPADERA FOZO DE VISTA

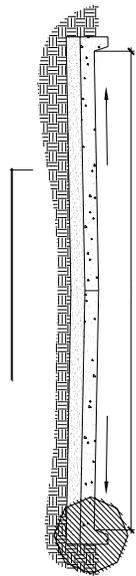
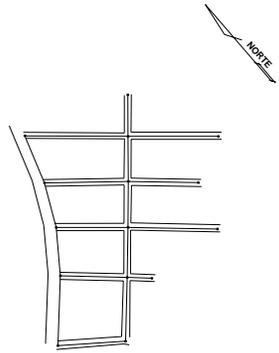
DOMICILIAR SIMPLE SIN ESCALA



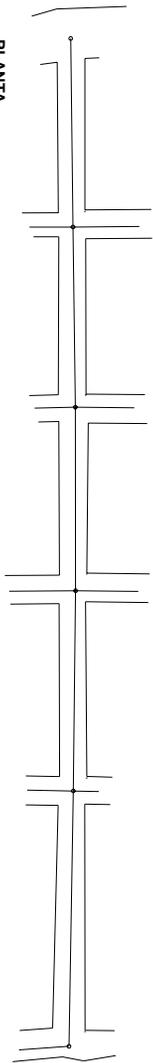
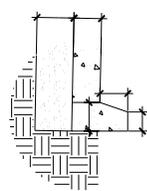
TAPADERA DEL SECUNDARIO ESC. 1:5

DOMICILIAR SIMPLE  
ESC. 1/10

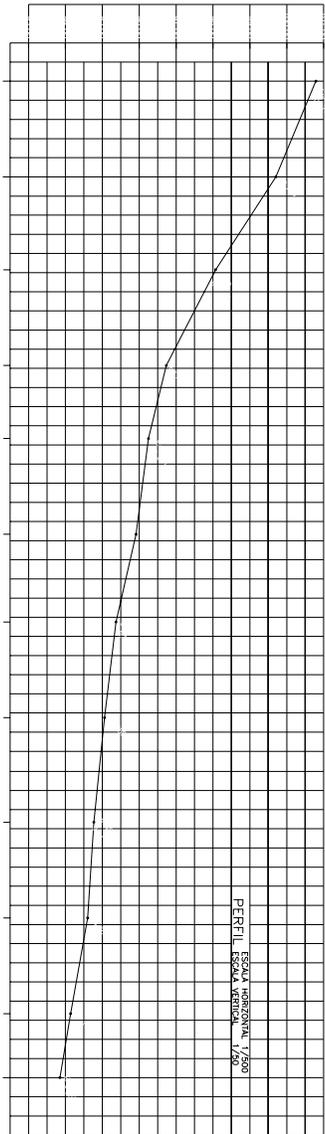
	Universidad de San Carlos de Guatemala FACULTAD DE INGENIERIA PROYECTO: INTRODUCCION DE DISEÑOS EN COLONIA LA BERGAL, SIT. TOMAS DE CASTILLA	ESCALA: 1/10 FECHA: 14/14
	Ing. <b>Francisco Rodríguez Sánchez</b> Ing. <b>Francisco Rodríguez Sánchez</b> Ing. <b>Francisco Rodríguez Sánchez</b> Ing. <b>Francisco Rodríguez Sánchez</b> Ing. <b>Francisco Rodríguez Sánchez</b>	



PLANTA DE LOCALIZACIÓN Y NIVELACIÓN EJE CENTRAL



PLANTA



PERFIL ESCALA HORIZONTAL 1/500  
ESCALA VERTICAL 1/200

EST	PO	AZIMUT	DISTANCIA
3	39	231°24'0"	48.25
39	40	323°24'0"	114.80
39	41	14°42'0"	98.00
39	42	231°24'0"	48.25
42	43	323°24'0"	91.00
42	44	142°12'0"	76.00
42	45	232°21'0"	47.50
45	46	321°39'40"	78.00
45	47	142°46'20"	97.00
45	48	232°48'1"	52.50
48	49	323°24'0"	72.50
48	50	143°41'20"	26.50
48	51	233°17'50"	66.70
51	52	318°8'10"	72.50

  
 Universidad de San Carlos de Guatemala  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 Promoción: INTRODUCCION DE DISEÑOS  
 COLUMA LA REDONDA, S.O.A. ROMA DE CASTILLA

COMITENTE: Servicio Profesional Supervisado  
 Elaborado por: SANTIAGO MORALES GONZALEZ C.  
 Fecha: 2008

ESCALA: 1/200  
 Hoja: 1/2

