



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

**DISEÑO DE AMPLIACIÓN DE LA RED DE ALCANTARILLADO  
SANITARIO PARA EL MUNICIPIO DE SAN RAFAEL LAS FLORES  
Y DISEÑO DE PUENTE EN ENTRADA AL MUNICIPIO DE  
SAN RAFAEL LAS FLORES, SANTA ROSA**

**Jorge Antonio García Méndez**

**Asesorado por el Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta**

**Guatemala, octubre de 2007**

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**DISEÑO DE AMPLIACIÓN DE LA RED DE ALCANTARILLADO  
SANITARIO PARA EL MUNICIPIO DE SAN RAFAEL LAS FLORES  
Y DISEÑO DE PUENTE EN ENTRADA AL MUNICIPIO DE  
SAN RAFAEL LAS FLORES, SANTA ROSA**

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

POR:

**JORGE ANTONIO GARCÍA MÉNDEZ**

ASESORADO POR EL ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA OCHAETA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE  
**INGENIERO CIVIL**

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2007

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

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

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Geovany Rudaman Miranda Castañon
EXAMINADOR	Ing. Ángel Roberto Sic García
EXAMINADOR	Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

**HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

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

**DISEÑO DE AMPLIACIÓN DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO  
PARA EL MUNICIPIO DE SAN RAFAEL LAS FLORES  
Y DISEÑO DE PUENTE EN ENTRADA AL MUNICIPIO DE  
SAN RAFAEL LAS FLORES, SANTA ROSA,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, el 29 de enero de 2007.

Jorge Antonio García Méndez



Guatemala, 10 de julio de 2007  
Ref. EPS. C. 386.07.07

Ing. Fernando Amilcar Boiton Velásquez  
Director Escuela de Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería  
Presente

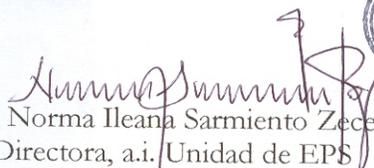
Estimado Ingeniero Boiton Velásquez.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"DISEÑO DE AMPLIACIÓN DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL MUNICIPIO DE SAN RAFAEL LAS FLORES Y DISEÑO DE PUENTE EN ENTRADA AL MUNICIPIO DE SAN RAFAEL LAS FLORES, SANTA ROSA"** que fue desarrollado por el estudiante universitario **JORGE ANTONIO GARCÍA MÉNDEZ**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte de la asesor – supervisor, en mi calidad de Directora, a.i. apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,  
"Id y Enseñad a Todos"

  
Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña  
Directora, a.i. Unidad de EPS



NISZ/jm



Guatemala, 10 de julio de 2007  
Ref. EPS. C. 386.07.07

Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña  
Directora, a.i. Unidad de EPS  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimada Ingeniera Sarmiento Zeceña.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor – Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) del estudiante universitario de la Carrera de Ingeniería Civil, **JORGE ANTONIO GARCÍA MÉNDEZ**, procedí a revisar el informe final de la práctica de EPS, cuyo título es **“DISEÑO DE AMPLIACIÓN DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL MUNICIPIO DE SAN RAFAEL LAS FLORES Y DISEÑO DE PUENTE EN ENTRADA AL MUNICIPIO DE SAN RAFAEL LAS FLORES, SANTA ROSA”**.

Cabe mencionar que las soluciones planteadas en este trabajo, constituyen un valioso aporte de nuestra Universidad a uno de los muchos problemas que padece el área rural del país, beneficiando así a los pobladores del municipio de **San Rafael Las Flores**.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”

Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta  
Asesor Supervisor de EPS  
Área de Ingeniería Civil



MAAO/jm



FACULTAD DE INGENIERÍA

Guatemala,  
22 de agosto de 2007

Ingeniero  
Fernando Amilcar Boiton Velásquez  
Director de la Escuela de Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ing. Boiton.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DE AMPLIACIÓN DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL MUNICIPIO DE SAN RAFAEL LAS FLORES Y DISEÑO DE PUENTE EN ENTRADA AL MUNICIPIO DE SAN RAFAEL LAS FLORES, SANTA ROSA**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Jorge Antonio García Méndez, quien contó con la asesoría del Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta.

Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte para la comunidad del área y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

  
Ing. Ronald Estuardo Galindo Cabrera  
Jefe del Departamento de Estructuras



FACULTAD DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO  
DE  
ESTRUCTURAS  
USAC

/bbdeb.



Guatemala,  
24 de agosto de 2007

Ingeniero  
Fernando Amilcar Boiton Velásquez  
Director de la Escuela de Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ing. Boiton.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DE AMPLIACIÓN DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL MUNICIPIO DE SAN RAFAEL LAS FLORES Y DISEÑO DE PUENTE EN ENTRADA AL MUNICIPIO DE SAN RAFAEL LAS FLORES, SANTA ROSA**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Jorge Antonio García Méndez, quien contó con la asesoría del Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta.

Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte para la comunidad del área y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS



Ing. Rafael Enrique Morales Ochoa  
Revisor por el Departamento de Hidráulica

FACULTAD DE INGENIERIA  
DEPARTAMENTO  
DE  
HIDRAULICA  
USAC

/bbdeb.



FACULTAD DE INGENIERÍA

El Director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta y de la Directora de la Unidad de E.P.S., Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña, al trabajo de graduación del estudiante Jorge Antonio García Méndez, titulado DISEÑO DE AMPLIACIÓN DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL MUNICIPIO DE SAN RAFAEL LAS FLORES Y DISEÑO DE PUENTE EN ENTRADA AL MUNICIPIO DE SAN RAFAEL LAS FLORES, SANTA ROSA, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

Ing. Fernando Amilcar Boiton Velásquez



Guatemala, octubre 2007.

/bbdeb.

## **ACTO QUE DEDICO A:**

- Mis padres** Por su grandísimo e incondicional apoyo y confianza, todos sus consejos y enseñanzas y por su amor.
- Mis hermanos** Jhoselyn, Alex y Oscar, por su cariño y apoyo en cada momento que hemos vivido.
- Mis abuelos** Por todo su amor y la forma en que me han guiado para salir adelante.
- Mis tíos** Henry, Ana, Estuardo, Willy, Koky, Doris, Víctor, Mary, Chepi, por su apoyo y cariño.
- Mi Madrina** Por su inmenso cariño y sinceridad.
- Mis primos** Ana, Rodrigo, José, Shirley, Mario, Christa, por su cariño, amistad y compañía.
- Mis amigos** July, Fernando, Doña Vilma, Willy, Josué, compañeros de trabajo, por tantos momentos y por su apoyo.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

### **Dios**

Por hacer de mí una persona de bien y por todas las bendiciones con las que me ha llenado. Me ha dado sabiduría y me ha iluminado para lograr unos de mis sueños.

### **Universidad de San Carlos de Guatemala**

Por ser el centro de enseñanza que me ha dado el conocimiento para ser un profesional útil a mí patria.

### **Mi supervisor de E. P. S.**

Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta, por ser el guía profesional y por brindarme sus conocimientos para la buena realización de este trabajo de graduación.

## ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</b>	<b>VII</b>
<b>LISTA DE ABREVIATURAS</b>	<b>IX</b>
<b>GLOSARIO</b>	<b>XI</b>
<b>JUSTIFICACIÓN</b>	<b>XVII</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>XIX</b>
<b>OBJETIVOS</b>	<b>XXI</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>XXIII</b>

### **1. INVESTIGACIÓN**

1.1	Monografía del municipio de San Rafael las Flores	
1.1.1	Límites y localización	1
1.1.2	División político-administrativa	2
1.1.3	Suelo y topografía	3
1.1.4	Accidentes hidrográficos	3
1.1.5	Clima	3
1.2	Principales necesidades del municipio	
1.2.1	Drenajes sanitarios	4
1.2.2	Puente de acceso	6

### **2. AMPLIACIÓN DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL MUNICIPIO DE SAN RAFAEL LAS FLORES**

2.1	Antecedentes	9
2.2	Censos existentes	9

2.3	Cálculo de población futura	10
2.3.1	Período de diseño	10
2.3.2	Método geométrico	10
2.4	Diseño de la red	11
2.4.1	Cálculo del caudal	11
2.4.1.1	Caudal sanitario	11
2.4.1.2	Velocidad de diseño	11
2.4.1.3	Tirante	12
2.4.1.4	Diámetros mínimos	12
2.4.1.5	Dotación y demanda	13
2.4.2	Caudal domiciliar	14
2.4.3	Caudal de conexiones ilícitas	14
2.4.4	Caudal de infiltración	15
2.4.5	Caudal comercial y caudal industrial	16
2.4.6	Factor de caudal medio	16
2.4.7	Factor de flujo	17
2.4.8	Caudal de diseño	17
2.4.9	Cotas invert	17
2.4.10	Pozos de visita	18
2.4.11	Conexiones domiciliarias	19
2.4.12	Profundidad de tubería	20
2.5	Costos	20
2.6	Desfogue	21
2.7	Evaluación económica financiera	22
2.7.1	Valor presente neto	22
2.7.2	Tasa interna de retorno	23
2.8	Cálculo hidráulico	23

### **3. DISEÑO DE PUENTE SOBRE CALZADA DE ENTRADA AL MUNICIPIO DE SAN RAFAEL LAS FLORES**

3.1	Antecedentes	25
3.2	Estructuras de drenaje	25
3.3	Aplicación de puentes	26
3.4	Tipos de puentes	26
3.5	Materiales para puentes	27
3.6	Análisis de cargas	27
	3.6.1 Carga muerta	27
	3.6.2 Carga viva	27
3.7	Estudio hidrológico	28
	3.7.1 Cálculo de caudal	30
	3.7.2 Cálculo del tirante máximo	31
3.8	Diseño del puente	32
	3.8.1 Subestructura	32
	3.8.2 Superestructura	33
	3.8.3 Aproxes y obras de protección	34
3.9	Dimensionamiento de la superestructura	34
	3.9.1 Momentos en la losa	35
	3.9.1.1 Momento por carga muerta	36
	3.9.1.2 Momento por carga viva	36
	3.9.1.3 Carga de impacto	37
	3.9.1.4 Momento último	37
	3.9.1.5 Momento por carga muerta	37
	3.9.1.6 Momento por carga viva	38
	3.9.2 Acero de refuerzo	38
	3.9.2.1 Refuerzo en sentido transversal	38
	3.9.2.2 Refuerzo longitudinal	40
	3.9.2.3 Refuerzo por corte	40

3.9.3	Bombeo y drenajes	41
3.9.4	Análisis y diseño de los diafragmas	42
3.9.4.1	Dimensionamiento	42
3.9.4.2	Diafragma interior	42
3.9.4.3	Diafragma exterior	45
3.9.5	Diseño de vigas	48
3.9.6	Apoyo de superestructura a subestructura	58
3.10	Diseño de la subestructura	59
3.10.1	Estudio de suelos	60
3.10.1.1	Ensayo granulométrico	60
3.10.1.2	Límites de Atterberg	60
3.10.2	Diseño del estribo	61
3.10.2.1	Chequeos del estribo sin superestructura	62
3.10.2.2	Chequeos del estribo con superestructura y carga viva	63
3.10.2.3	Chequeos del estribo por efectos de sismo sin carga viva	64
3.10.3	Viga de apoyo	66
3.11	Costos	70
3.12	Evaluación económica financiera	71
3.12.1	Valor presente neto	71
3.12.2	Tasa interna de retorno	72

#### **4. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA)**

4.1	Resumen	73
4.2	Metodología de evaluación	73
4.2.1	Actividades de los proyectos	73
4.2.2	Impactos potenciales	76
4.2.3	Matriz de interacción de componentes ambientales y actividades de cada proyecto	76
4.2.4	Resumen de los resultados	77
4.3	Posibles efectos ambientales	77
4.3.1	Aire	77
4.3.2	Ruido	77
4.3.3	Agua	77
4.3.4	Suelo	79
4.3.5	Flora y fauna	79
4.3.6	Social	79
4.4	Medidas de mitigación	79
4.4.1	Aire	79
4.4.2	Ruido	79
4.4.3	Agua	80
4.4.4	Suelo	80
4.4.5	Social	80
	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>81</b>
	<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>83</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>85</b>
	<b>APÉNDICE 1</b>	<b>87</b>
	<b>LIBRETAS TOPOGRÁFICAS Y ENSAYOS DE SUELOS</b>	
	<b>APÉNDICE 2</b>	<b>92</b>
	<b>PLANOS</b>	



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1	Ubicación de San Rafael las Flores	1
2	Pozo de visita típico	19
3	Conexión domiciliar	20
4	Sección transversal del cauce	29
5	Base del trapecio sección trapezoidal para cálculo de tirante	30
6	Dimensionamiento de la superestructura	35
7	Modelo matemático para el análisis de la losa	35
8	Detalle de armado final de losa	41
9	Detalle de drenaje	41
10	Armado de diafragmas	48
11	Sección transversal de la superestructura	49
12	Distribución de la carga viva producida por el camión	51
13	Diagrama de carga para viga exterior	52
14	Diagrama de cargas para esfuerzo cortante máximo	55
15	Detalle de armado de viga	58
16	Detalle de apoyos	59
17	Geometría y diagrama de presiones en estribo	61
18	Diagrama trapezoidal en estribo	63
19	Viga de apoyo	67
20	Armado de viga de apoyo	69

## TABLAS

I	Disposición de excretas	5
II	Hoja de cálculo hidráulico	24
III	Estación hidrológica los Esclavos	30
IV	Carga muerta en voladizo	36
V	Carga muerta entre vigas	37
VI	Armado principal de diafragmas	48
VII	Carga que soportan las vigas	50
VIII	Momento de volteo en estribo	62
IX	Momento estabilizante en estribo	62
X	Momento de volteo del muro con sismo	65
XI	Identificación de actividades constructivas y acciones para proyectos de drenajes sanitarios	75
XII	Identificación de actividades constructivas y acciones para proyectos de puentes	76
XIII	Tipos de impactos potenciales	77
XIV	Clasificación de los impactos	77
XV	Matriz de interacciones de componentes ambientales y actividades de los proyectos	79

## LISTA DE ABREVIATURAS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
@	A cada cierta distancia
AT	Área total
AASHTO	Asociación Oficial Americana de Carreteras y Transporte
ACI	Instituto Americano del Concreto
As	Área de acero
b	Base
CP	Cota piezométrica
C. I. I.	Cota invert inicial
C. I. F.	Cota invert final
C.B.R.	Relación de soporte California
d	Peralte
<i>d</i>	Tirante de agua dentro del tubo
D	Diámetro total de tubo
E	Empuje
e	Excentricidad
Est.	Estación
E.P.S	Ejercicio Profesional Supervisado
<i>f'c</i>	Resistencia nominal del concreto
<i>fy</i>	Resistencia del acero
h	Altura
Ha.	Hectáreas
H 1	Profundidad del primer pozo de vista
H 2	Profundidad del segundo pozo de vista
H 20-44	Sobrecarga, camión Standard
I	Impacto

<b>L</b>	Luz entre puntos distintos
<b>lts/ hab/ día</b>	Litros por habitantes al día
<b>lts/ Km/día</b>	Litros por kilómetros al día
<b>lts/ seg</b>	Litros por segundo
<b>M<sup>3</sup> / seg</b>	Metros cúbicos por segundo
<b>Mcm</b>	Momento por carga muerta
<b>Mcv</b>	Momento por carga viva
<b>Msnm</b>	Metros sobre el nivel del mar
<b>mt/ seg</b>	Metros por segundo
<b>m/ m</b>	Metros por cada metro
<b>Mt</b>	Momento total
<b>Mu</b>	Momento último
<b>ρ</b>	Cuantía de acero
<b>P</b>	Presión
<b>PO</b>	Punto observado
<b>PV</b>	Pozo de vista
<b>Q</b>	Caudal
<b>S</b>	Luz eficaz entre vigas
<b>s</b>	Pendiente
<b>t</b>	Espesor de losa
<b>V</b>	Velocidad a sección llena
<b>v</b>	Velocidad de diseño a sección parcialmente llena
<b>V máx</b>	Corte máximo
<b>Vol</b>	Volumen
<b>Vs</b>	Valor soporte del suelo
<b>Y máx</b>	Altura de tirante máximo

## **GLOSARIO**

<b>Acera</b>	Espacio más elevado de la capa de rodadura donde circulan los peatones.
<b>Acero de refuerzo</b>	Cantidad de acero requerido para un esfuerzo determinado.
<b>Altimetría</b>	Procedimiento utilizado para definir las diferencias de niveles existentes entre puntos distintos de terreno o construcción.
<b>Canal de rejás</b>	Son unidades que tienen como función retener los sólidos gruesos por medio de rejás o barras y están constituidas por dispositivos de retención y dispositivos de remoción.
<b>Caudal</b>	Es la cantidad de agua que brota de un manantial o cantidad de aguas negras producto del uso humano, por unidad de tiempo.
<b>Caudal de infiltración</b>	Es la cantidad por volumen de agua subterránea que se infiltra dentro del sistema de drenajes debido al nivel de la capa freática.
<b>Caudal de diseño</b>	Es la elevación de tramo por tramo del sistema sanitario aplicado en un período de diseño

determinado, el cual está integrado por el caudal máximo de origen doméstico, caudal de infiltración, por conexiones ilícitas y aguas de origen comercial e industrial.

**Cota de cimentación**

Altura donde se construyen los cimientos referidos a un nivel determinado.

**Cota invert**

Es la parte más baja de un colector en donde entra una o varias tuberías pero solo una de ellas es de seguimiento.

**Deslizamiento**

Fuerza que tiende a deslizar horizontalmente el muro.

**Diafragmas**

Unidades utilizadas para evitar la deformación de las vigas y rigidizar la superestructura.

**Dotación**

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

**Empuje**

Fuerza ejercida por el suelo a la estructura

**Estribo**

Muro que soporta la superestructura y transmite su peso al suelo.

**Factor de retorno**

Es el factor que indica la relación que existe entre la cantidad de agua que se consume al día y la

dotación destinada para cada persona, puede variar este factor en función del clima y otras condiciones de la región en estudio.

**Fosa séptica**

Unidad destinada para el tratamiento primario de las aguas residuales, consisten en una o dos cámaras convenientemente construidas para detener las aguas negras, por un período establecido.

**Fuerza de sismo**

Carga que es inducida por un sismo y provoca esfuerzos en la superestructura.

**Impacto**

Carga provocada por el impacto del camión estandarizado sobre la superestructura.

**Losa**

Elemento estructural, plano que soporta directamente las cargas y las transmite a diferentes apoyos.

**Pendiente**

Es la inclinación necesaria con respecto a una línea horizontal, diseñada para que el agua que conducen las alcantarillas se desplace libremente haciendo uso de la fuerza de gravedad, la cual en alcantarillados cumple con especificaciones establecidas.

**Período de diseño**

Es el tiempo durante el cual un sistema, ya sea de agua potable, drenajes, pavimentación, etc., dará un servicio satisfactorio a la población.

<b>Planimetría</b>	Es la proyección del terreno sobre un plan horizontal imaginario, que es la superficie media de la tierra y que toma un punto de referencia para su orientación.
<b>Pozo de absorción</b>	Son unidades para la filtración o absorción de agua, tienen la función que el efluente líquido de las otras unidades sea absorbido por el suelo subterráneamente.
<b>Pozo de vista</b>	Es una estructura que forma parte de un alcantarillado y tiene por objeto dar inspección, limpieza y ventilación al sistema.
<b>Puente</b>	Estructura que permite el tráfico de un punto a otro, a través de cualquier interrupción.
<b>Relaciones hidráulicas</b>	Es la relación que existe entre cada uno de los parámetros de diseño a sección llena y los parámetros de diseño a sección parcialmente llena, las cuales deben cumplir con condiciones para que las tuberías no trabajen a sección llena.
<b>Sobrecarga</b>	Carga adicional a la aplicada, que se toma como factor de seguridad.

<b>Subestructura</b>	Es un conjunto de elementos, que han sido diseñados para soportar la superestructura de un puente y transmitir las cargas al suelo.
<b>Superestructura</b>	Conjunto de elementos, diseñados para soportar las cargas del tráfico y transmitir las a la subestructura.
<b>Viga</b>	Es el elemento estructural más importante de la superestructura, que transmite la carga a los apoyos.
<b>Volteo</b>	Es el momento de la fuerza horizontal, que tienden a voltear el estribo respecto al borde exterior.
<b>Zapata</b>	Es el elemento estructural del estribo que distribuye las cargas provenientes de la superestructura al suelo.



## **JUSTIFICACIÓN**

El servicio de drenajes sanitarios en el área urbana del municipio de San Rafael las Flores, Santa Rosa, funciona en forma aceptable, solo falta la ampliación del sistema en el barrio El Otro Lado, para así cubrir al 100 % a la población. Por lo que es indispensable realizar este proyecto para un mejor desarrollo.

El municipio de San Rafael las Flores cuenta con varias vías de acceso, las cuales se encuentran en regular estado, algunas de terracería, otras de adoquín y la más importante que es una calzada de dos carriles de pavimento rígido que se construyó recientemente.

En dicha calzada existe un puente antiguo que es insuficiente para el tránsito, ya que es de un solo carril.

El municipio se dedica principalmente a la agricultura, y siendo ésta la principal fuente de ingreso para la población, es necesario tener un buen acceso al municipio, por lo que la sustitución de un puente beneficiaría a toda la población.



## **RESUMEN**

El presente proyecto consiste en el diseño de un alcantarillado sanitario y el diseño de un puente vehicular, ambos en el casco urbano de San Rafael las Flores.

Los dos proyectos son de beneficio para el municipio mencionado, ya que en el presente es evidente su falta de aplicación.

Es de suma importancia que para su realización se disponga del capital necesario ya que los dos proyectos se encuentran en un precio accesible, por eso se debe acudir a instituciones del gobierno y a la municipalidad de San Rafael las Flores para llevar a cabo el proyecto con sus respectivos fondos.

Hay que recordar que en los dos proyectos se debe dar un mantenimiento rutinario, así evitar la acumulación de basura como también algún daño en las tuberías y pozos.

Los dos proyectos ayudarán al municipio a desarrollarse y a darles un mejor nivel de vida a todos los pobladores.



## **OBJETIVOS**

1. Diseñar la ampliación del sistema de drenaje sanitario para el casco urbano del Municipio de San Rafael las Flores.
2. Diseñar el puente en la calzada principal de acceso al municipio de San Rafael las Flores.



## INTRODUCCIÓN

La Universidad de San Carlos de Guatemala, a través del Ejercicio Profesional Supervisado de la Facultad de Ingeniería (E.P.S.), ha contribuido a satisfacer las principales necesidades de muchas comunidades, permitiendo así el desarrollo de éstas.

Este trabajo de graduación es producto del E.P.S. prestado a la Municipalidad de San Rafael las Flores, departamento de Santa Rosa, como un aporte de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Consiste en el diseño de un puente en la calzada de entrada al municipio y la ampliación de drenajes sanitarios en uno de los barrios del casco urbano.

En primer lugar, se presenta la monografía del municipio y una investigación sobre las principales necesidades en cuanto a infraestructura, que tiene actualmente. A continuación se presenta el diseño de ampliación de drenaje sanitario, en el cual se muestran los diferentes tipos de caudales, diámetro de tubería, pozos de visita, tablas de resultados del diseño y de la topografía del terreno.

En el diseño del puente se muestra el análisis de cargas, los esfuerzos del puente, la hidrología, el dimensionamiento de los elementos estructurales y los cálculos.

Para ambos diseños se desarrollarán presupuestos, tanto de materiales como de mano de obra.

Además, se incluirá un estudio de impacto ambiental y una evaluación económica financiera.





Sus colindancias son:

- Al norte: con el municipio de Mataquescuintla del departamento de Jalapa.
- Al sur: con el municipio de Casillas del departamento de Santa Rosa.
- Al oriente: con los municipios de San Carlos Alzatate y Casillas, de los departamentos de Jalapa y Santa Rosa respectivamente.
- Al occidente: con el municipio de Casillas del departamento de Santa Rosa.

Geográficamente, el municipio de San Rafael las Flores se encuentra localizada en: latitud 14°28'28'', longitud 90°10'52''. Tiene una extensión territorial de 84 kilómetros cuadrados.

### **1.1.2 División político-administrativa**

El municipio de San Rafael las Flores tiene además de su cabecera municipal, quince aldeas, las cuales se describen a continuación:

- Sabana Redonda, a una distancia de 2 km. con carretera de asfalto.
- Los Planes, a una distancia de 1 km. con carretera de terracería.
- Las Nueces, a una distancia de 5 km. con carretera de terracería.
- El Copante, a una distancia de 9 km. con carretera de terracería.
- Estanzuelas, a una distancia de 8 km. con carretera de asfalto.
- San Juan Bosco, a una distancia de 14 km. con carretera de terracería.
- El Chán Grande, a una distancia de 16 km. con carretera de terracería.
- El Chanito, a una distancia de 8 km. con carretera de terracería.
- La Vega, a una distancia de 6 km. con carretera de terracería.
- San Rafaelito, a una distancia de 5 km. con carretera de terracería.
- El Fucío, a una distancia de 3 km. con carretera de terracería.
- El Quequexque, a una distancia de 6 km. con carretera de terracería.
- Media Cuesta, a una distancia de 10 km. con carretera de terracería.
- El Volcancito, a una distancia de 5 km. con carretera de terracería.

- La Cuchilla, a una distancia de 4 km. con carretera de terracería.

### **1.1.3 Suelo y topografía**

Las características básicas del suelo son: quebrados, con roca grandes y su textura es franco-arcillosa, imperfectamente drenados de color pardo, el potencial es para cultivos hortícolas, cítricos, café, caña de azúcar, maíz, frijol, pastos y bosques energéticos, los cuales representan el potencial de esta zona.

### **1.1.4 Accidentes hidrográficos y holográficos**

#### **Ríos**

Dorado, Tapalapa, Los Vados, Abajo, Los Esclavos, El Salto.

#### **Quebradas**

Las Culebras, Piedras de Afilar, Peña Oscura y Quebrada Onda.

#### **Laguna**

De Ayarza.

#### **Cerros**

La Muñeca, Las Flores, Del Mudo, El Volcancito y La Cumbre.

### **1.1.5 Clima**

Según datos tomados del centro de salud, con base a la estación meteorológica Los Esclavos, estos son los siguientes:

- Temperatura media anual: de 12 a 18 grados centígrados.
- Altitud: varía de 900 a 1,400 metros sobre el nivel del mar, esto se debe a la irregularidad del terreno.

- Precipitación: de 1,000 a 2,300 mm. Anuales.
- Vientos: de norte a sur.

Por su altitud, en el municipio generalmente se encuentra un clima templado, la temperatura más baja se halla de noviembre a enero, y los meses más cálidos son en marzo y abril, para luego entrar a la época de lluvias, que es de mayo a octubre, teniendo en este último mes las precipitaciones más grandes.

Los vientos fuertes se caracterizan de octubre a febrero y en dirección de norte a sur.

## **1.2 Principales necesidades del municipio**

### **1.2.1 Drenajes sanitarios**

La cabecera municipal cuenta con un sistema de drenaje solamente sanitario, dicho sistema abarca casi al total de viviendas en el área urbana, lo cual es de mucha importancia dado a que se reducen enfermedades e infecciones.

La falta de drenajes sanitarios causa diversos problemas, entre ellos:

- Alto índice de morbilidad, principalmente en niños.
- Alteración de alimentos y limpieza general.
- Malos olores.
- Alteración ambiental.
- Aspecto visual desagradable.
- Alteración hidrológica.

Según con datos estadísticos proporcionados por el centro de salud de San Rafael las Flores, la disposición de excretas esta distribuida de la siguiente manera:

**Tabla I. Disposición de excretas**

<b>DISPOSICIÓN DE EXCRETAS</b>	
<b>Número de Viviendas</b>	
2,634	
<b>URBANA</b>	<b>RURAL</b>
Adecuado	Adecuado
523	1,929
No Adecuado	No Adecuado
33	149

Como se puede observar en el cuadro anterior, existen pocas viviendas en la cabecera municipal que no cuentan con servicio sanitario. Solamente el 5.94 % de la población urbana pertenece al sector en donde se realizará el diseño de drenaje sanitario (urbano no adecuado), por lo tanto disminuirá el riesgo de infecciones y enfermedades y mejorará la calidad de vida de la población.

Los servicios estatales están a cargo del centro de salud tipo A, con sede en la cabecera municipal, laboran en el centro, un médico residente, un inspector de saneamiento, siete auxiliares de enfermería, una enfermera, un oficinista y un doctor del SIAS con un auxiliar de enfermería que atiende a las comunidades rurales.

De acuerdo a los datos estadísticos del centro de salud las diez primeras causas de morbilidad son:

1. Resfriado común
2. Parasitismo
3. I.T.U. (Infección del trato urinario)
4. Enfermedad péptica
5. Enfermedad diarreica

6. Amebiasis
7. Neumonía
8. Amigdalitis
9. Neuralgia
10. Artritis

Según la clasificación anterior, se ve que existen varias enfermedades del estomago e infecciones relacionadas con la alteración de alimentos y del ambiente, y dado a la mala disposición de excretas es cuando los alimentos son alterados debido a vectores y roedores, se alteran también los mantos freáticos y el ambiente en general.

Por lo tanto, es indispensable llegar a realizar el proyecto de drenajes en el barrio El Otro Lado para reducir enfermedades y lograr un desarrollo a la comunidad.

### **1.2.2 Puente de acceso**

Para llegar al municipio de San Rafael las Flores se cuenta con tres accesos; del norte, vía Mataquescuintla, San José Pinula. Del sur, vía Casillas, Barberena. Donde su carretera es transitable todo el tiempo. Del oriente, vía Ayarza, Jutiapa.

Para ingresar al área urbana existen varios caminos, hay de terracería de adoquín y pavimentados. Entre los accesos mencionados está la entrada principal, que es una calzada de dos carriles de pavimento rígido.

Dicha calzada no es muy utilizada por los vecinos del municipio, debido a que existe un puente antiguo que es insuficiente para el tránsito ya que es de un solo carril y además se encuentra en mal estado.

Las ocupaciones a la cual se dedica la población urbana y rural, es la agricultura, el comercio y la ganadería.

La principal actividad de la población de San Rafael las Flores es la agricultura (93 %), únicamente un 4 % se dedica a la producción de block y adobe y el 3 % se dedica al comercio.

Una parte de la producción agrícola se destina al consumo familiar y el resto de esa producción se destina a la venta, la cual es realizada en la cabecera municipal y fuera del municipio, hay que señalar que no existen mercados en el pueblo.

Debido a la actividad comercial señalada anteriormente, es necesario contar con un acceso al municipio en buenas condiciones, por lo tanto, la ejecución del puente sobre la calzada principal de acceso es de mucha importancia para el beneficio de la población en general.

De lo anterior se concluye que las principales necesidades del municipio de San Rafael las Flores son: la ampliación de la red de alcantarillado sanitario y el puente en la entrada principal, ambos proyectos se hallan localizados en el área urbana de dicho municipio.



## **2. AMPLIACIÓN DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL MUNICIPIO DE SAN RAFAEL LAS FLORES**

### **2.1 Antecedentes**

Actualmente, la cobertura del servicio de drenajes sanitarios en el municipio se encuentra en un 90 %. Entre los barrios del casco urbano, solamente existe uno que no cuenta con una disposición de excretas adecuado, y es en este en el que se ampliaría la red de drenajes para el área urbana de San Rafael las Flores. Hay que recordar que el sistema que se diseñará será sanitario únicamente, dejando la evacuación del agua pluvial según desniveles y topografía del terreno a desfogues naturales.

Con una mejor evacuación de excretas se mejora la calidad de vida de las personas, se evita la alteración ambiental y estratigráfica y lo más importante, se reducen los casos de morbilidad.

### **2.2 Censos existentes**

De acuerdo a la Secretaria de Coordinación Ejecutiva de la Presidencia de la República junto al Banco Centroamericano de Integración Económica (BCIE) y al Desarrollo Integral de Comunidades Rurales (DICOR), se tomaron los datos de la población del municipio, que fueron realizadas en los proyectos de investigación "DIAGNÓSTICOS COMUNALES Y MUNICIPAL, SAN RAFAEL LAS FLORES, MUNICIPALIDAD", en los años 2000, 2004 y 2006.

Los datos son los siguientes:

Año 2000	8,900 habitantes
Año 2004	9,500 habitantes
Año 2006	9,615 habitantes

## 2.3 Población futura

### 2.3.1 Período de diseño

El período de diseño es el tiempo durante el cual el sistema funcionará eficientemente. Las estructuras y tuberías del sistema están diseñadas en función del período de diseño.

En el sistema de alcantarillado es común usar períodos de diseño que varían de 30 a 40 años, por lo que en el presente trabajo se utilizará un período de diseño de 40 años.

### 2.3.2 Método geométrico

Es uno de los métodos más usados para calcular el crecimiento poblacional, para este método se cuenta con la información necesaria. La fórmula de este método es la siguiente:

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

donde:

$P_f$  = Población futura

$P_o$  = Población último censo = 9,615

$r$  = Tasa de incremento de la población = 0.55 %

$n$  = Diferencia de años entre el último censo y  
el final del período de diseño = 40

$$P_f = 11,973 \text{ habitantes}$$

Ya que solamente el 5.94 % de la población es la necesitada del sistema de alcantarillado, la población futura a tomar es de 711 habitantes.

## **2.4 Diseño de la red**

### **2.4.1 Cálculo de caudal**

En sistemas sanitarios el caudal de diseño será determinado de acuerdo con lo siguiente:

- Población tributaria, que será el dato hallado en el cálculo por incremento aritmético.
- Caudal medio diario, que será una contribución mínima para satisfacer las necesidades de los habitantes en lt./hab./día.
- Caudal de hora máximo, como mínimo será 2.5 por el caudal medio.
- Caudal máximo de origen doméstico, se calculará para cada tramo en base al número de conexiones futuras que contribuyan al tramo.

#### **2.4.1.1 Caudal sanitario**

El caudal con que se diseñará cada tramo del sistema sanitario será la suma de: a) caudal máximo de origen doméstico; b) caudal de infiltración; c) caudal ilegal por aguas de lluvia que se conecten en patios o bajadas de techos; d) caudal comercial; e) caudal industrial; por si existieran comercios y/o industrias.

#### **2.4.1.2 Velocidad de diseño**

Para los sistemas de alcantarillado existen dos clases de tubería, de tubo de concreto y tubo P.V.C. Para cada tipo de tubería se asumen diferentes velocidades máximas y mínimas, las cuales son:

Tubo de concreto  
 $0.60 \leq V \leq 3.00$  m/seg.

P.V.C.  
 $0.40 \leq V \leq 3.50$  m/seg.

La velocidad del caudal se puede determinar por medio de relaciones hidráulicas, siendo la más común la fórmula de Manning, la cual es la siguiente:

$$V = \frac{R^{2/3} S^{1/2}}{n}$$

V = velocidad (m/seg.)

n = coeficiente de rugosidad

R = radio hidráulico (m.)

S = pendiente (m/m)

Donde "n" varía dependiendo del tipo de tubería, si se usa PVC el valor es 0.010 y si es tubo de concreto el valor es 0.014.

#### **2.4.1.3 Tirante**

Para los elementos hidráulicos de una alcantarilla de sección transversal circular lo ideal sería que el tirante de un drenaje sanitario estuviera entre:

$$0.1 \leq d/D \leq 0.75$$

D = sección llena  
d = sección parcial

#### **2.4.1.4 Diámetros mínimos**

El diámetro mínimo a utilizar en los alcantarillados sanitarios será de 8" para tubos de concreto o de 6" para tubos de PVC en el colector principal.

En las conexiones domiciliarias, el diámetro mínimo será de 6" en concreto y de 4" en PVC, usando en éste último caso un reductor de 4" x 3" como protección de obstrucciones a la entrada de la conexión. La candela de registro domiciliario será de un diámetro mínimo de 12".

#### **2.4.1.5 Dotación y demanda**

Por dotación se entiende, la cantidad de agua que se asigna a cada habitante, comprendiendo todos los consumos de los servicios que se hacen en un día medio anual, incluyendo pérdidas. Generalmente se da en litros por habitante por día.

La dotación está en función de varios factores como:

- Clima
- Condiciones socioeconómicas
- Nivel de vida
- Tipo de sistema de abastecimiento
- Costo de servicio al usuario
- Presión de agua
- Medidas de control de fugas

Para el municipio de San Rafael las Flores se usará una dotación de 120 lt./hab./día.

Por demanda se entiende, la cantidad de agua requerida para satisfacer las necesidades de una población en un día de consumo normal, se maneja en litros por habitante por día.

El consumo varía de acuerdo a los países y regiones, y se ve influenciado por:

- Cantidad de agua disponible
- Tamaño de la población
- Características de la población
- Nivel económico de la población
- Existencia de alcantarillado
- Clase de abastecimiento
- Calidad de agua

A continuación se muestran algunos datos de consumos domiciliarios:

Para bebida, cocina y limpieza	20-30 lt./hab./día.
Descarga de muebles sanitarios	30-45 lt./hab./día.
Baño de regadera	20-30 lt./hab./día.
Lavado de vehículo	20-150 lt./vehículo.
Riego de patios y jardines	1-7 lt./m <sup>2</sup> .

### 2.4.2 Caudal domiciliar

Es el caudal producido por las actividades diarias en un domicilio, se toman en cuenta las aguas provenientes de muebles sanitarios, duchas, lavatrastos y pilas, el resultado se obtiene de la multiplicación de la población futura por la dotación asignada por un factor de retorno, este factor varía de 0.70 a 0.95.

$$Q_{DOM} = \frac{No.hab \times dot.lt / hab / dia \times F.R.}{86,400seg} = Q_{DOM} \text{ lt / seg.}$$

### 2.4.3 Caudal de conexiones ilícitas

Es una estimación que se hace con el fin de abarcar cualquier aumento al caudal de diseño, ya que en algunas viviendas añaden al drenaje sanitario aguas provenientes de la lluvia o riegos en patios y jardines.

Para hallar este valor se hace el método racional al área y se multiplica por un porcentaje de viviendas que varía de 0.5 a 2.5 %.

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

$Q$  = caudal (m<sup>3</sup>/seg.)  
 $C$  = coeficiente de escorrentía  
 $I$  = intensidad de lluvia (mm/h)  
 $A$  = área de terreno (ha.)

Para el coeficiente de esorrentía  $C$  se muestran algunas superficies:

Techos	0.75 – 0.90
Pavimento	0.85 – 0.90
Calles de grava	0.15 – 0.30
Parques y jardines	0.05 – 0.25
Bosques y tierra cultivada	0.01 – 0.20

$$Q_{C.III.} = \left( \frac{CIA}{360} \right) \times 1000 \times \%viviendas = Q_{C.III.} \text{ lt / seg.}$$

#### 2.4.4 Caudal de infiltración

Para la estimación del caudal de infiltración que entra a las alcantarillas, se tomará en cuenta la profundidad del nivel freático con relación a la profundidad de las tuberías y el tipo de tubería. Los caudales por cada kilómetro de tubería que contribuya al tramo se estimarán, calculando los tubos centrales y los de conexión domiciliar.

A continuación se muestra el cálculo respectivo:

a) Para tuberías que quedarán sobre el nivel freático

Tuberías de cemento:  $q_i = 0.025 \times \text{diámetro en pulgadas}$

Tuberías de P.V.C.:  $q_i = 0.01 \times \text{diámetro en pulgadas}$

b) Para tuberías que quedarán bajo el nivel freático

Tuberías de cemento:  $q_i = 0.15 \times \text{diámetro en pulgadas}$

Tuberías de P.V.C.:  $q_i = 0.02 \times \text{diámetro en pulgadas}$

$$Q_{INF.} = \text{valor} \times \text{diametro en pulgadas} = Q_{INF.} \text{ lt / seg.}$$

### 2.4.5 Caudal comercial y caudal industrial

Son las descargas que se producen en edificaciones y diseños específicos, se pueden mencionar como comercios a centros comerciales, hoteles, restaurantes, cines, plazas, etc. y el caudal industrial lo producen fábricas textiles, embotelladoras, rastros o mataderos.

Este tipo de caudales se obtiene de la sumatoria de cada comercio o industria por su respectiva dotación.

$$Q_{COM.oIND.} = \sum \left( \frac{No.Com.o Ind. x dotación}{86,400seg} \right) = Q_{COM.oIND.} \text{ lt / seg.}$$

### 2.4.6 Factor de caudal medio

Es un factor promedio que resulta constante para toda la población y para todo el sistema. Es un factor que regula la aportación de caudal en la tubería, se considera que es el caudal que contribuye un habitante debido a sus actividades sumando los caudales: doméstico, de infiltración, por conexiones ilícitas, caudal comercial e industrial, entre la población total. Para encontrar este valor se divide el caudal sanitario dentro del número de habitantes calculados en población futura.

$$fqm = \frac{Q_s}{No.hab_{Fut}}$$

si  $fqm < 0.002$  entonces se usa 0.002  
si  $fqm > 0.005$  entonces se usa 0.005

Como se puede ver, este factor se encuentra en el rango de 0.002 y 0.005. Para Guatemala Empagua usa un valor de 0.003.

### 2.4.7 Factor de flujo

Es un factor que está en función del número de habitantes, localizados en el área de influencia, regula un valor máximo de las aportaciones por uso doméstico, para las horas pico.

Por lo general se usa el Factor de Harmond, el cual, su valor disminuye si la población aumenta y su valor aumenta si la población analizada disminuye, se encuentra con la fórmula siguiente:

$$F.H. = \frac{18 + \sqrt{P}}{4 + \sqrt{P}} \quad P = \text{Población}_{\text{FUT.}} / 1,000$$

### 2.4.8 Caudal de diseño

También es llamado caudal máximo, es el caudal total con el cual se diseñará la red de alcantarillado. Con éste, se encuentran velocidades, tirantes, diámetros de tubería y todos los componentes que forman el sistema para que sea eficiente.

Para hallar este caudal de diseño se multiplica el Factor de Caudal Medio por el Factor de Harmond por la Población Futura.

### 2.4.9 Cotas invert

Es la distancia entre el nivel de la rasante del suelo y el nivel inferior de la tubería, tomando en cuenta que la cota invert sea, al menos, igual al recubrimiento mínimo necesario de la tubería.

Se debe tomar en cuenta para el cálculo de cotas invert, que la cota invert de salida de un pozo se coloca, al menos, 3 centímetros más baja que la cota invert de llegada de la tubería más baja.

Las cotas invert de entrada y de salida se calculan de la siguiente forma:

$$CI_{S1} = C_T - Hp^1$$
$$CI_{E2} = CI_{S1} - \left( \frac{S \%_{TUBO} \times DH}{100} \right)$$
$$CI_{S2} = CI_{E2} - 0.03m$$

Donde:

$CI_{S1}$  = Cota invert de salida del pozo de visita 1

$C_T$  = Cota del terreno

$Hp^1$  = Altura de pozo de visita 1

$CI_{E2}$  = Cota invert de entrada del pozo de visita 2

$CI_{S2}$  = Cota invert de salida del pozo de visita 2

$S \%$  = Pendiente del tubo

$DH$  = Distancia horizontal entre pozos

#### 2.4.10 Pozos de visita

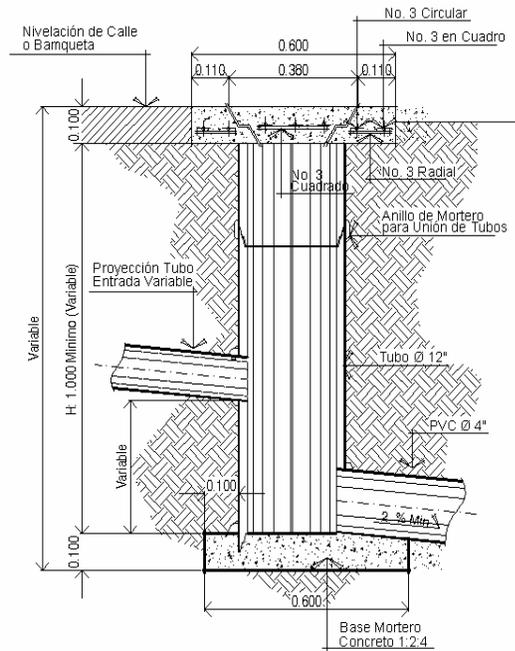
Son estructuras que sirven para verificar el funcionamiento del sistema de alcantarillado, su limpieza y mantenimiento en general.

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

- En cambios de diámetro
- En cambios de pendiente
- En cambios de dirección horizontal para diámetros menores de 24"
- En las intersecciones de tuberías colectoras
- En los extremos superiores ramales iniciales
- A distancias no mayores de 100 m. en línea recta en diámetros hasta de 24"
- A distancias no mayores de 300 m. en diámetros superiores a 24"



**Figura 3. Conexión domiciliar**



#### **2.4.12 Profundidad de tubería**

La profundidad mínima del coronamiento de la tubería con respecto a la superficie del terreno será de 1.00 metro.

Cuando la altura de coronamiento de la tubería principal resulte a una profundidad mayor de 3.00 metros bajo la superficie del terreno, se diseñará una tubería auxiliar sobre la principal, para las conexiones domiciliarias del tramo correspondiente.

#### **2.5 Costos**

A continuación, se presenta el presupuesto del proyecto, el cual contiene los costos de materiales y la mano de obra.

REGLON	U	CANTIDAD	P.U.	TOTAL
<b>1.000 – PRELIMINARES</b>				
1.001 - Trazo y topografía	m	955.85	Q 8.56	Q 8,182.08
<b>2.000 - POZOS DE VISITA</b>				
2.001 – Excavación	m <sup>3</sup>	24.50	Q 46.19	Q 1,131.66
2.002 - Fundición base 0.10	m <sup>2</sup>	0.85	Q 110.76	Q 94.15
2.003 - Levantado de ladrillo tayuyo	m <sup>2</sup>	83.75	Q 474.12	Q 39,707.55
2.004 - Tapadera de 0.10	U	9.00	Q 104.61	Q 941.49
<b>3.000 - COLECTOR PRINCIPAL</b>				
3.001 – Excavación	m <sup>3</sup>	716.90	Q 38.83	Q 27,837.23
3.002 - Tubería PVC Ø 6"	m	889.00	Q 183.29	Q162,944.81
3.003 - Tubería PVC Ø 8"	m	115.00	Q 233.30	Q 26,829.50
3.004 – Relleno	m <sup>3</sup>	699.69	Q 43.49	Q 30,429.52
<b>4.000 - CONEXION DOMICILIAR</b>				
4.001 – Excavación	m <sup>3</sup>	159.85	Q 38.83	Q 6,206.98
4.002 - Candela TC Ø 12"	m	60.00	Q 79.42	Q 4,765.20
4.003 - Tubería PVC Ø 4"	m	222.00	Q 169.30	Q 37,584.60
4.004 - Silleta PVC 12"x4"	U	55.00	Q 377.41	Q 20,757.55
4.005 - Y PVC 4"x4"	U	29.00	Q 173.78	Q 5,039.62
4.006 - Y PVC 6"x4"	U	18.00	Q 180.78	Q 3,254.04
4.007 - Y PVC 8"x4"	U	8.00	Q 180.78	Q 1,446.24
4.008 – Relleno	m <sup>3</sup>	157.85	Q 43.49	Q 6,864.90
<b>Total Proyecto</b>				<b>Q384,017.09</b>

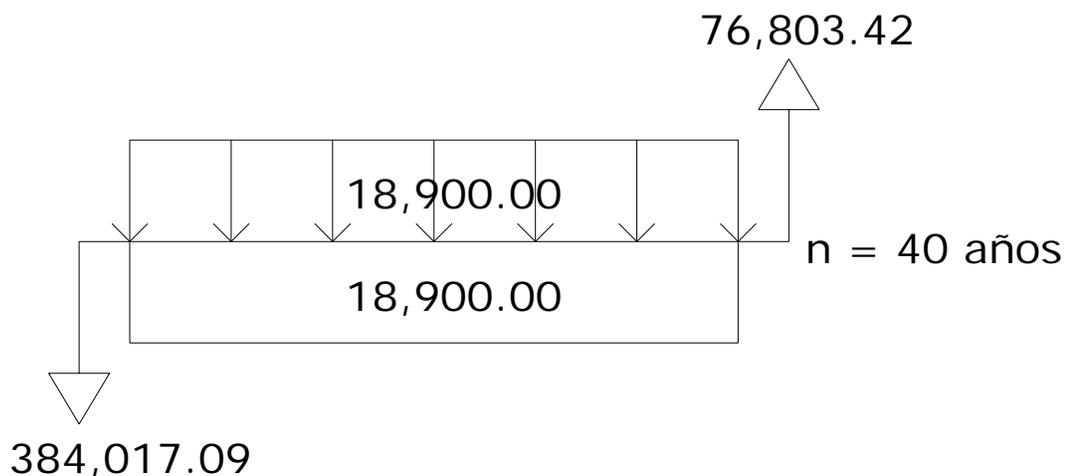
## 2.6 Desfogue

La cabecera municipal de San Rafael las Flores cuenta en su sistema de alcantarillado con un cuerpo receptor ya establecido; en el presente trabajo, por tratarse de una ampliación, el caudal sanitario obtenido del diseño se unirá a un colector de tubo de cemento de 24 pulgadas ya existente.

Es conveniente señalar que el caudal sanitario obtenido en el diseño, no afectará de manera notable el tirante y la velocidad de las aguas residuales que se transportan en dicho colector.

## 2.7 Evaluación económica financiera

### 2.7.1 Valor presente neto (VPN)



Se cobrará un costo simbólico por conexión domiciliar del 20% del costo total del proyecto distribuidos entre el total de los habitantes.

$$\text{Por conexión domiciliar} = 0.20 \times Q 384,017.09 = Q 76,803.42$$

$$\text{Cuota por conexiones domiciliarias} = Q 1,396.43 \approx Q 1,397.00$$

El costo de mantenimiento incluirá 5% de materiales y operación de mantenimiento al año.

$$\text{Mantenimiento} = Q 1,500 \times 12 \times 1.05 = Q 18,900.00$$

$$\text{Cuota mensual} = Q 28.65$$

$$VAN = Costo\ Conex.\ Dom\left(\frac{1}{(1+i)^n}\right) + Costo\ Mant.\left((1+i)^n - \frac{1}{i(1+i)^n}\right) - Costo\ Mant.\left((1+i)^n - \frac{1}{i(1+i)^n}\right) - Costo\ Pr\ oy$$

$$VPN_1 = i = 12\% \quad VPN_1 = -383,191.70$$

$$VPN_2 = i = 50\% \quad VPN_2 = -384,017.08$$

Los valores obtenidos a tasas de interés de retorno de 12 y 50 por ciento son negativos, pero no es de preocuparse, ya que es un proyecto de tipo social, además los beneficios del proyecto se obtendrán con la prevención de la salud de los habitantes y la prevención de la contaminación ambiental.

### 2.7.2 Tasa interna de retorno (TIR)

$$TIR = i_1 + \frac{VPN_1}{VPN_1 + VPN_2} (i_2 - i_1)$$

$$TIR = 0.12 + \frac{383,191.70}{383,191.70 + 384,017.08} (0.50 - 0.12) = 0.309 = 31\%$$

El criterio por emplear cuando se usa la TIR para decisiones de aceptación-rechazo es que si la  $TIR \geq$  costo de capital, se acepta el proyecto, de lo contrario se rechaza. Si se asume que la municipalidad utiliza una tasa de interés del 12% en relación al 31% que de obtención al proyecto, es viable, en virtud que se obtiene un porcentaje mayor al interés que pagaría el banco si el capital estuviera a un plazo fijo.

### 2.8 Cálculo hidráulico

Para hallar velocidad, caudal, diámetro y tirante y comprobar que se encuentran entre los rangos establecidos, se usan tablas que indican datos y relaciones en base al tipo de tubería que se usará.

**DISEÑO HIDRÁULICO**

**PROYECTO: ALCANTARILLADO SANITARIO, SAN RAFAEL LAS FLORES, SANTA ROSA**

DE A	COTA TERRENO		DH	S (%)	NO CASAS		FACTOR CAUDAL MEDIO		Ø S (%)		SECC. LLENA		ACTUAL			FUTURO			VEL (m/s)		COT. INVERT		PROF. POZO							
	PV	FINAL			LOCAL	ACUM.	HMB. A SERVIR	F. HARMONID	ACT	FUT	ACT	FUT	Ø	TUBO	Q (l/s)	Q (l/s)	q10	q10	q10	q10	q10	q10	ACT	FUT	INICIO	FINAL	INICIO	FINAL		
E1	4	100,716	100,000	92,497	0,774	3	3	15	25	4,396	4,367	0,002	0,145	0,240	6	2,894	1,94	35,35	0,004104	0,250157	0,060	0,006795	0,289158	0,060	0,48	0,56	99,716	97,039	1,00	2,99
4	1	100,000	97,759	72,977	3,071	3	6	15	25	4,396	4,367	0,002	0,290	0,480	6	2,316	1,73	31,62	0,009176	0,319412	0,070	0,015192	0,372532	0,090	0,55	0,65	97,009	95,319	2,99	1,00
E2	1'	103,637	100,698	79,490	3,697	5	11	25	40	4,367	4,333	0,002	0,240	0,361	6	3,771	2,21	40,35	0,005953	0,279709	0,060	0,009451	0,322342	0,071	0,62	0,71	102,637	99,639	1,00	1,09
1'	1	100,698	97,759	79,490	3,697	5	16	25	35	4,367	4,344	0,002	0,480	0,716	6	3,771	2,21	40,35	0,011906	0,345215	0,060	0,017741	0,385717	0,094	0,76	0,85	99,609	96,612	1,09	0,50
5	1	95,292	97,759	64,220	-3,841	10	26	50	75	4,315	4,276	0,002	0,475	0,705	6	1,221	1,26	22,96	0,020673	0,408730	0,103	0,030729	0,459284	0,124	0,51	0,59	94,792	94,008	0,50	3,78
1	2	97,759	97,949	98,491	-0,191	2	28	10	15	4,415	4,396	0,002	1,342	2,047	6	0,835	1,04	18,99	0,070697	0,565154	0,164	0,107803	0,659259	0,226	0,61	0,69	93,978	93,147	3,78	1,00
E1	2	100,716	97,949	78,227	3,537	6	34	30	45	4,355	4,324	0,002	0,287	0,428	6	4,041	2,29	41,77	0,006881	0,292267	0,060	0,010249	0,348007	0,080	0,67	0,80	99,716	96,555	1,00	0,97
6	2	98,205	97,949	51,680	0,495	5	39	25	40	4,367	4,333	0,002	0,240	0,381	6	3,033	1,98	36,18	0,006638	0,289156	0,060	0,010539	0,331034	0,074	0,57	0,66	97,235	95,668	0,97	4,83
2	2'	97,949	95,946	82,460	2,429	3	42	15	20	4,396	4,380	0,002	2,015	3,049	6	1,766	1,51	27,61	0,072975	0,590864	0,187	0,110422	0,671122	0,232	0,89	1,02	93,117	91,661	4,83	4,32
2'	3	95,946	93,943	82,460	2,429	3	45	15	25	4,396	4,367	0,002	2,160	3,269	6	1,766	1,51	27,61	0,078229	0,602140	0,193	0,119121	0,686065	0,240	0,91	1,04	91,631	90,175	4,32	0,50
7	3	91,532	93,943	63,816	-3,778	8	53	40	60	4,333	4,298	0,002	0,381	0,567	6	1,067	1,18	21,46	0,017768	0,385717	0,094	0,026635	0,435721	0,114	0,45	0,51	91,032	90,351	0,50	3,80
3	Colil	93,943	85,230	109,030	7,991	2	55	10	15	4,415	4,396	0,002	2,638	4,001	8	5,687	3,29	106,81	0,024702	0,423599	0,110	0,037463	0,484236	0,135	1,40	1,59	90,145	83,944	3,80	0,00

### **3. DISEÑO DE PUENTE SOBRE CALZADA DE ENTRADA AL MUNICIPIO DE SAN RAFAEL LAS FLORES**

#### **3.1 Antecedentes**

La población de San Rafael las Flores necesita de un vía cómoda y rápida para entrar y salir del casco urbano, lo cual aumentaría el nivel de comercio, ya que éste es la principal fuente de ingreso, y así contribuir al desarrollo del municipio.

Con un puente eficiente sobre la calzada principal, el tránsito vehicular se hará más fluido y los vecinos de dicho municipio podrán acceder sin tomar vías alternas.

#### **3.2 Estructuras de drenajes**

Para el buen recorrido y descargas que deben tener los cauces, ríos o aguas pluviales existen varias estructuras que nos ayudan a mantener éstas corrientes en su lugar, sin obstrucciones a los caminos ni daños alrededor de los mismos.

Estas estructuras de drenajes pueden ser menores o mayores.

Como estructuras de drenaje menor se tienen:

- Cunetas
  - Trapezoidales
  - Media luna
  - Triangulares
  - (con tubo de concreto, metálicas o PVC.)
- Alcantarillas transversales (  $30'' \leq \text{diámetro} \leq 72''$  )
- Contracunetas
- Badén
- Copantes

Para las estructuras de drenaje mayor se tienen:

- Puentes
- Bóvedas
- Alcantarillas

### **3.3 Aplicación de puentes**

Cada puente será diseñado de acuerdo a la aplicación que se le dará, el diseño variará en las secciones de sus estructuras, en la capacidad soporte de sus elementos o en la forma del puente.

Según su aplicación, los puentes se clasifican en:

- Puentes vehiculares
- Puentes peatonales
- Puentes para trenes
- Puentes especiales

### **3.4 Tipos de puentes**

Existen varios tipos de puentes que se construyen de acuerdo a cada necesidad, como por ejemplo, la topografía del terreno, recursos económicos, tránsito a absorber, tipo de comunidad, etc. Entre los tipos de puentes se pueden mencionar los siguientes:

- De arco
- Colgantes
- De marco rígido
- Concreto armado
- De acero estructural
- En voladizo
- Mixtos

### **3.5 Materiales para puentes**

De acuerdo al tipo de cada puente y su aplicación, así será el material de construcción que se empleará para que el puente sea factible.

Se deben buscar materiales que llenen requisitos garantizados de durabilidad y que estén entre las normas de calidad para una buena resistencia y un buen soporte en toda la estructura.

Los materiales más utilizados para la construcción de puentes son: concreto reforzado, acero, mampostería, madera, entre otros.

### **3.6 Análisis de cargas**

Será necesario analizar todos los tipos de cargas que puedan afectar al puente, las cargas muertas y las cargas vivas, ya que de alguna manera éstas influyen en el funcionamiento y en el tiempo de vida útil del puente.

#### **3.6.1 Carga muerta**

La definición de carga muerta es: son aquellas que se mantienen constantes en magnitud y fijas en posición durante la vida de la estructura. Generalmente la mayor parte de la carga muerta es el peso propio de la estructura.

#### **3.6.2 Carga viva**

La definición de carga viva es: son aquellas que pueden o no estar presentes en la vida de la estructura, su magnitud y distribución son inciertos en un momento dado, y su máxima intensidad a lo largo de la vida de la estructura no se conocen con precisión.

La carga viva está en función del paso de vehículos, por una parte, además, entre las cargas vivas encontramos las cargas ocasionadas por el viento, por impacto, la fuerza de flotación, la fuerza centrífuga, el empuje de suelos, las cargas sísmicas, etc.

Todas estas cargas incrementan en un porcentaje a la carga viva.

Para el diseño de un puente vehicular las cargas de diseño son:

- AASHTO H 15-44
- AASHTO H 20-44
- AASHTO HS 15-44
- AASHTO HS 20-44

Para el diseño del puente en este proyecto, se usará la carga viva de diseño AASHTO H 20-44, donde el tránsito promedio diario de camiones TPDC es 10 %.

### **3.7 Estudio hidrológico**

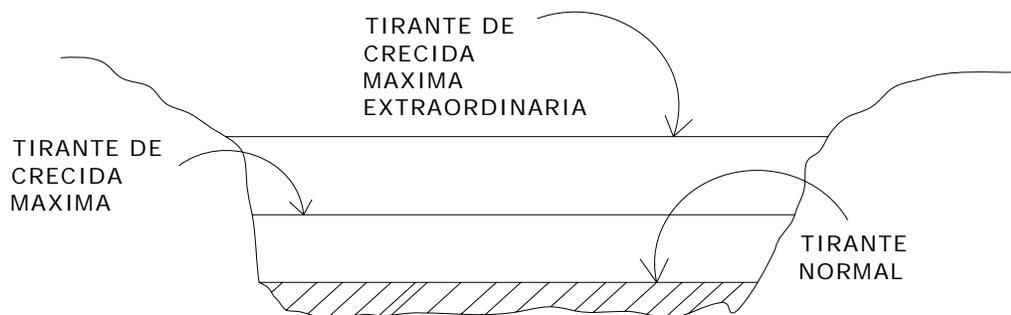
En proyectos sobre puentes, el dato más útil e indispensable en el perfil transversal del cauce es el que corresponde al tirante normal, tirante de creciente máxima y tirante de creciente máxima extraordinaria, los cuales son necesarios para calcular la luz y altura del puente. El tirante normal de un río, es aquel que lleva cuando se realiza el levantamiento topográfico y que varía dentro de cierto rango durante la época de estiaje. La creciente máxima es aquella que se produce con mayor frecuencia en las épocas de lluvia y además se determinan vestigios o señales que deja, o por la información de vecinos del lugar; este tipo de crecidas ocurren cada año.

La creciente máxima extraordinaria ocurre en épocas de tormentas u otros fenómenos naturales que se distancian en muchos años, y que las huellas que éstas dejan desaparecen con el tiempo, por lo cual es necesario hacer estudios para determinar el nivel de este tipo de crecidas.

En el presente trabajo, el punto de estudio que interesa pasa sobre un ramal que se conduce hacia el río Los Esclavos, y por tratarse de un cauce definido de sección más o menos trapezoidal fue posible trabajar con el nivel de crecida máxima extraordinaria, el cual sirve para salvar esta crecida, al elevar la rasante. Ver figura 2.

Es conveniente que la superestructura se diseñe como mínimo 2 metros arriba de la cota de crecida máxima extraordinaria.

**Figura 4. Sección transversal del cauce**



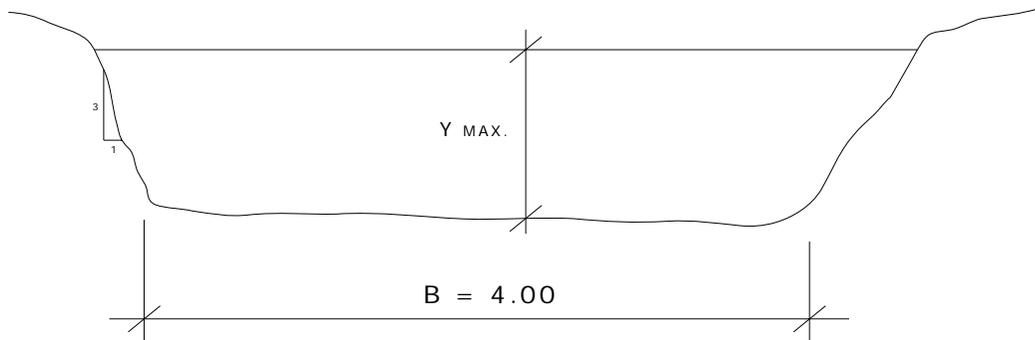
Para el cálculo del tirante máximo extraordinario, lo primero que se hizo fue definir el período de retorno. Como en la mayoría de casos, en un proyecto de este tipo el período de retorno escogido es para 50 años, además se calculó el área de la minicuenca, intensidad de lluvia para el período de 50 años, el coeficiente de escorrentía para el punto de estudio, pendiente desde el punto más alto de la cuenca al punto de estudio y la rugosidad del río.

En los cuales se obtuvieron los siguientes datos:

- Intensidad de lluvia,  $i = 21.93$  mm/h.
- Área de cuenca,  $A = 188$  Ha.

- Coeficiente de escorrentía,  $C = 0.45$
- Pendiente,  $S = 5 \%$
- Rugosidad,  $n = 0.045$

**Figura 5. Base del trapecio  
seccion trapezoidal para calculo de tirante**



### 3.7.1 Cálculo de caudal

Con los datos obtenidos y suponiendo una geometría trapezoidal a la sección del cauce, se calcula el caudal que pasará para un período de retorno de 50 años.

$$Q = \frac{CIA}{360} = \frac{(0.45)(21.93)(188)}{360} = 5.15 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

**Tabla III. Estación hidrológica los Esclavos**

<b>Tr (años)</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>25</b>	<b>30</b>	<b>50</b>
<b>A</b>	6,986	2,855	1,620	1,532	1,365	1,350	1,327
<b>B</b>	30	20	12	12	11	11	11
<b>n</b>	1.168	0.94	0.812	0.786	0.76	0.755	0.747
<b>R2</b>	0.992	0.993	0.998	0.998	0.998	0.998	0.998

**Fuente. INSIVUMEH 2004. Informe meteorológico**

### 3.7.2 Cálculo del tirante $Y_{MAX}$

El área en función del tirante máximo  $Y_{MAX}$  es:

$$A_{TRAPECIO} = \frac{(b1+b2)Y_{MAX}}{2} \quad \text{donde:} \quad b1 = 4.00$$

$$b2 = 6Y_{MAX} + 4.00$$

$$A_T = \frac{(4.00 + 6.00Y_{MAX} + 4.00)Y_{MAX}}{2}$$

$$A_T = \frac{8.00Y_{MAX} + 6Y_{MAX}^2}{2}; \quad A_T = 4.00Y_{MAX} + 3Y_{MAX}^2$$

Se usa la ecuación de continuidad y la fórmula de Manning para hallar la velocidad.

$$Q = V \times A; \quad V = \frac{R^{2/3} S^{1/2}}{n}$$

se sustituyen datos en la ecuación de continuidad para obtener todo en función del tirante máximo,  $Y_{MAX}$ .

$$4.00Y_{MAX} + 3Y_{MAX}^2 = \frac{Q}{\frac{R^{2/3} S^{1/2}}{n}}$$

$$\text{radio hidráulico, } R = \frac{Y_{MAX}}{2}$$

Sustituyendo

$$4.00Y_{MAX} + 3Y_{MAX}^2 = \frac{Q}{\frac{\left(\frac{Y_{MAX}}{2}\right)^{2/3} S^{1/2}}{n}}$$

$$(Y_{MAX})^{2/3} (4.00Y_{MAX} + 3Y_{MAX}^2) = \frac{1.587 Q n}{S^{1/2}}$$

$$4.00Y_{MAX}^{5/3} + 3Y_{MAX}^{8/3} = \frac{(5.15)(0.045)(1.587)}{0.2236}$$

$$4.00Y_{MAX}^{5/3} + 3Y_{MAX}^{8/3} = 1.65 ; \quad \text{resolviendo la ecuación, se obtiene:}$$

$$Y_{MAX} = 0.92 \text{ m.} \quad \text{el cual es el tirante máximo de la sección del río para un período de retorno de 50 años.}$$

Este dato es muy importante debido a que con éste se calculará la altura del puente y así poder salvar la superestructura de la creciente máxima extraordinaria.

### **3.8 Diseño del puente**

El diseño del Puente sobre Calzada de Entrada consiste en la construcción de un puente vehicular de concreto armado de dos vías, que estará diseñado para soportar una carga viva AASHTO H 20-44 (camión de doble eje cargado), con una luz libre entre apoyos de 15 metros y un ancho de 8.50 metros.

El puente vehicular de concreto armado tendrá tres fases de construcción:

- La subestructura
- La superestructura
- Aproches y obras de protección

#### **3.8.1 Subestructura**

La subestructura del puente se define como el conjunto de elementos estructurales diseñados para transmitir las cargas al suelo, además, para darle estabilidad a toda la estructura. La subestructura se compone de los siguientes elementos:

- Estribo (talón y pie)
- Cortina central
- Cortina superior
- Aletón

Estos elementos han sido diseñados para soportar las cargas críticas, sobre todo a carga de empuje de tierra, además, carga muerta, carga viva, carga de pista, carga de sismo. La integración de estas cargas dan como resultado los parámetros de diseño de los elementos anteriores. Para el diseño de la subestructura, fue fundamental la realización del estudio de suelos del lugar, el cual consistió en determinar los límites de Atterberg y la granulometría, estos ensayos se realizaron en el laboratorio de Mecánica de Suelos del Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Facultad de Ingeniería de la USAC.

### **3.8.2 Superestructura**

La superestructura de un puente se define como el conjunto de elementos estructurales diseñados para soportar directamente las cargas que se aplican al mismo. Además de lo anterior, la superestructura de un puente es la unidad que cubre la luz que transporta vehículos, camiones y otros de un punto a otro.

La superestructura se compone de los siguientes elementos:

- Losa
- Voladizo
- Vigas
- Diafragmas
- Pasamanos y postes

Estos elementos son diseñados para soportar cargas críticas, como carga viva, carga muerta, carga de impacto y carga de frenado. La integración de estas cargas dan como resultado el diseño eficiente de cada uno de los elementos antes mencionados.

### 3.8.3 Aproches y obras de protección

Los aproches de los puentes son unidades que sirven para conectar la carretera al puente. Generalmente, los aproches son rellenos para alcanzar la razante deseada. En este proyecto, como en la mayoría de proyectos de puentes, es necesaria la construcción de obras de protección, con el fin de proteger las bases del puente y evitar la socavación, así como el colapso de la estructura. Para la protección de deslaves y la erosión del terreno cercano al puente es común utilizar muros de gaviones, ya que son prácticos y de buen funcionamiento; para este proyecto, no será necesario la colocación de gaviones, ya que las laderas cuentan con la vegetación necesaria para que el suelo no se desprenda tan fácilmente.

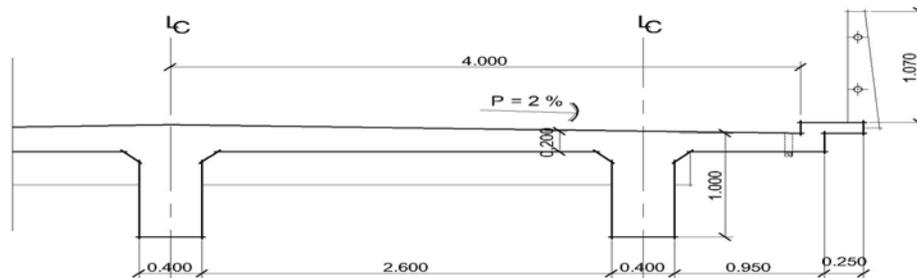
### 3.9 Dimensionamiento de la superestructura

La superestructura se divide en losa, voladizo, pasamanos, postes, diafragmas y vigas. El dimensionamiento de estos consiste en la determinación del ancho de rodadura y de la sección de vigas. Para puentes, el ancho usual de vía es de 3.66 metros, para este proyecto, se usará un ancho de vía de 4.00 metros, por lo cual el ancho de rodadura es de 8.00 metros. Para el diseño de vigas la AASHTO sugiere un peralte de  $L/16$  o  $L/12$ , en este caso usaremos  $L/15$ , y para la base de la viga se usará  $2/5D$ . Ver figura 4.

#### Dimensionamiento de viga

$$\begin{array}{ll} \text{Luz} & L = 15.00 \text{ m.} \\ \text{Peralte} & D = \frac{L}{15}; \quad D = \frac{15}{15}; \quad D = 1.00 \text{ m.} \\ \text{Base} & B = \frac{2}{5} D; \quad B = \frac{2}{5} (1); \quad B = 0.40 \text{ m.} \end{array}$$

**Figura 6. Dimensionamiento de la superestructura**



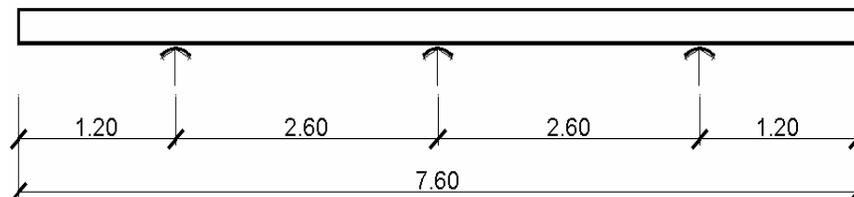
### **Dimensionamiento de losa**

Para este caso, la losa trabaja en un solo sentido, que es el sentido corto y por lo tanto el refuerzo principal de la losa es perpendicular al tráfico. La separación entre vigas que hace la luz de la losa es de 2.60 metros.

El espesor de losas para puentes de concreto armado va de 15 cm. a 25 cm, según AASHTO. En el presente trabajo se usará un espesor de losa de 18 centímetros.

#### **3.9.1 Momentos en la losa**

**Figura 7. Modelo matemático para el análisis de la losa**



### 3.9.1.1 Momento por carga muerta

**Tabla IV. Carga muerta en voladizo**

Elemento	Área ( m <sup>2</sup> )	W ( kg/m <sup>3</sup> )	Carga ( kg/m ) *
Voladizo	0.083	2,400	200.00
Losa	0.144	2,400	346.00
Barandal	0.015	2,400	36.00
		<b>Total</b>	582.00

\* por un metro en el sentido longitudinal

$$M_{CM} = \frac{PL}{2} \quad \text{Para tramo en voladizo}$$

$L$  = tramo de la losa + longitud de voladizo = 1.20 m.

$$M_{CM} = \frac{582(1.20)}{2} = 349 \text{ kg-m}$$

### 3.9.1.2 Momento por carga viva

Para el tramo que se encuentra en voladizo se determina de acuerdo al artículo de la AASHTO 3.24.5.1.1 de la siguiente forma:

$$M_{CV} = \frac{PX}{E}$$

Donde:  $X$  = distancia entre el rostro de la viga y el eje de la carga aplicada

$E$  = distribución de cada carga por rueda sobre la losa

$$X = 0.295 \text{ m}$$

$$E = 0.8X + 1.143$$

$$E = 0.8(0.295) + 1.143 = 1.379 \text{ m.}$$

$P$  = Carga de medio eje del camión H 20-44

$$P = 7,240 \text{ kg}$$

$$M_{cv} = \frac{7,240(0.295)}{1.379} = 1,548 \text{ kg-m/m}$$

### 3.9.1.3 Carga de impacto

Esta carga de impacto es un incremento en el momento producido por la carga viva, y tiene que ser menor o igual al 30%.

$$I = \frac{100(15.24)}{L+38} \quad \text{donde:} \quad I = \text{impacto en \%}$$

$L$  = luz libre en m.

$$I = \frac{100(15.24)}{1.20+38}; \quad I = 38.88\% > 30\%; \text{ entonces uso } 30\%$$

$$M_{cv+I} = (1 + I) M_{cv}$$

$$M_{cv+I} = 1.3(1,548) = 2,012 \text{ kg-m / m}$$

### 3.9.1.4 Momento último

La fórmula que se emplea para obtener el momento último es:

$$M_U = 1.3 M_{CM} + 2.17 M_{cv+I}$$

$$M_U = 1.3 (349) + 2.17 (2,012) = 4,820 \text{ kg-m}$$

### 3.9.1.5 Momento por carga muerta

**Tabla V. Carga muerta entre vigas**

Elemento	Área ( m <sup>2</sup> )	W ( kg/m <sup>3</sup> )	Carga ( kg/m ) *
Losa	0.468	2,400	1,123.00
		<b>Total</b>	1,123.00

\* por un metro en el sentido longitudinal

$$M_{CM} = \frac{PL}{10} \quad \text{Para tramos entre vigas}$$

$$M_{CM} = \frac{1,123(2.60)}{10} = 292 \text{ kg-m}$$

### 3.9.1.6 Momento por carga viva

Se calcula de acuerdo a los artículos 3.24.3 y 3.24.3.1 de las normas AASHTO.

$$M_{CV} = \frac{(L+0.61)P}{9.74} \quad \text{donde:} \quad P = \text{carga de medio eje del camión}$$

$L$  = luz libre en m.

$$M_{CV} = \frac{(2.60+0.61)(7,240)}{9.74} = 2,386 \text{ kg-m/m}$$

$$M_{CV+I} = 1.3(2,386) = 3,102 \text{ kg-m / m}$$

En losas continuas sobre tres o más apoyos, se debe aplicar un factor de 0.8 por continuidad.

$$0.8M_{CV+I} = 0.8(3,102) = 2,482 \text{ kg-m / m}$$

Para el momento último se calcula de igual forma que en el tramo en voladizo.

$$M_U = 1.3(292) + 2.17(2,482) = 5,765 \text{ kg-m}$$

## 3.9.2 Acero de refuerzo

### 3.9.2.1 Refuerzo en sentido transversal

De los valores de momento último que se encontraron en los dos casos analizados, se escoge el mayor y con este se calcula el acero de refuerzo por flexión, utilizando la siguiente fórmula:

$$A_s = \left[ bd - \sqrt{(bd)^2 - \frac{M_u b}{0.003825 f'c}} \right] \left( \frac{0.85 f'c}{f_y} \right)$$

Donde:

$A_s$  = Área de acero en  $\text{cm}^2$

$f'c$  = Esfuerzo máximo del concreto en  $\text{kg/cm}^2$

$f_y$  = Esfuerzo de fluencia del acero en  $\text{kg/cm}^2$

$M_u$  = Momento último en  $\text{kg-m}$

$b$  = base en  $\text{cm}$

$d$  = peralte efectivo en  $\text{cm}$

Datos:

$f'c = 281 \text{ kg/cm}^2$                        $b = 100 \text{ cm}$

$f_y = 2,810 \text{ kg/cm}^2$                        $rec = 4 \text{ cm}$

$M_u = 5,765 \text{ kg-m}$                        $d = 18 - 4 = 14 \text{ cm}$

$$A_s = 17.58 \text{ cm}^2$$

$$A_{S \text{ MIN}} = \frac{14.1 \times b \times d}{f_y}; \quad A_{S \text{ MIN}} = \frac{14.1(100)(14)}{2,810} = 7.03 \text{ cm}^2$$

El área de acero necesaria para soportar flexión es  $17.58 \text{ cm}^2$  para un metro de largo.

Se propone un armado de varilla No.5 @ 0.11 para la cama inferior.

En la cama superior se coloca acero por temperatura

$$A_{S \text{ TEMP}} = 0.002 bt$$

$$A_{S \text{ TEMP}} = 0.002(100)(18) = 3.60 \text{ cm}^2$$

Se propone un armado de varilla No.4 @ 0.35 para la cama superior.

### 3.9.2.2 Refuerzo longitudinal

Es necesario proporcionar rigidez adecuada a los elementos estructurales de un puente para moderar las deflexiones y deformaciones que puedan influir negativamente en la capacidad de resistencia al ser aplicadas las cargas en los elementos. Por tal razón se debe de colocar acero en sentido longitudinal o paralelo al tránsito.

Para la cama inferior se calcula por medio de un porcentaje de repartición del acero transversal, esto para distribuir lateralmente las cargas vivas concentradas, con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ repartición} = \frac{1.21(100)}{\sqrt{L}} \leq 67\% \quad \text{donde: } L = \text{longitud entre ejes de vigas en m.}$$

$$\% \text{ repartición} = \frac{1.21(100)}{\sqrt{3}} = 69.86\% \geq 67\%$$

$$A_s = 0.67(17.58) = 11.78 \text{ cm}^2$$

Se propone un armado de varilla No.4 @ 0.10.

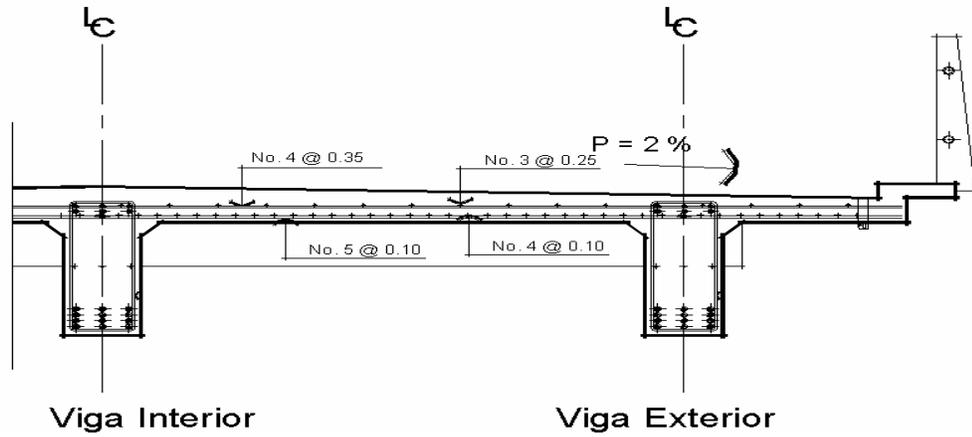
Para la cama superior es necesario colocar como mínimo  $2.64 \text{ cm}^2$  por cada metro, debido a refuerzo de temperatura y retracción de fraguado.

El espaciamiento no debe de ser mayor a tres veces el espesor de la losa o de 18 pulgadas. Se propone un armado de varilla No.3 @ 0.25.

### 3.9.2.3 Refuerzo por corte

Cuando la losa se diseña para momentos de flexión, según las especificaciones que se hacen en la AASHTO y que es como se ha trabajado en este proyecto, no es necesario hacer revisiones por corte y adherencia.

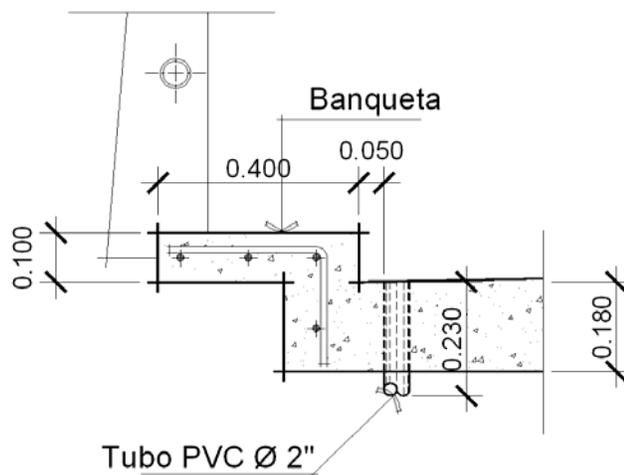
**Figura 8. Detalle de armado final de losa**



### 3.9.3 Bombeo y drenajes

Para los drenajes de la capa de rodadura del puente se definió un bombeo transversal de 2%, además se colocarán tubos de PVC de  $\varnothing 2''$  a cada 3.75 metros a lo largo de la losa y con una separación de 5 centímetros del bordillo.

**Figura 9. Detalle de drenaje**



### 3.9.4 Análisis y diseño de los diafragmas

Los diafragmas son elementos estructurales diseñados para soportar las deformaciones laterales y transversales de las vigas de la superestructura de un puente. Los diafragmas se utilizan en el centro y a los tercios de luz, cuando  $L > 40$  metros, y se ubican a tercios de luz cuando  $L < 40$  metros.

#### 3.9.4.1 Dimensionamiento

En este proyecto se utilizarán dos diafragmas exteriores y un diafragma interior, debido a que la luz del puente es de 15 metros. La altura de los diafragmas exteriores será  $1/2H$  del peralte de la viga exterior, y en los diafragmas internos la altura será  $3/4H$  del peralte de la viga interna. Para ambos diafragmas, el peralte no debe ser menor de 0.50 metros, además, el ancho que se usa generalmente es de 0.30 metros.

Viga interior  $D = 1.00$  m.    Diafragma interior     $h = 0.75$  m.

Viga exterior  $D = 1.00$  m.    Diafragma exterior     $h = 0.50$  m.

#### 3.9.4.2 Diafragma interior

##### Momento y corte por carga muerta

$$W = (0.75 \times 0.30)(2,400) = 540 \text{ kg/m}$$

$$M_{CM} = \frac{WL^2}{10} = \frac{(540 \times 3^2)}{10} = 486 \text{ kg-m}$$

$$V_{CM} = \frac{WL}{2} = \frac{(540 \times 3)}{2} = 810 \text{ kg}$$

##### Momento y corte por carga viva

$$P = 7,240 \text{ kg} \quad (\text{Carga de medio eje de camión H 20-44})$$

$$M_{CV} = \frac{PL}{4}; \quad \frac{(7,240 \times 3)}{4} = 5,430 \text{ kg-m}$$

Se debe de aplicar un factor por continuidad de 0.8 para el valor de momento y de impacto, encontrado con anterioridad y de 1.3 al valor de momento y de corte.

$$0.8M_{CV} = (0.8)5,430 = 4,344 \text{ kg-m}$$

$$M_{CV+I} = 1.3(4,344) = 5,647 \text{ kg-m}$$

$$V_{CV} = P$$

$$V_{CV+I} = 1.3(7,240) = 9,412 \text{ kg}$$

### Momento y corte último

$$M_U = 1.3 M_{CM} + 2.17 M_{CV}$$

$$M_U = 1.3(486) + 2.17(5,647) = 12,886 \text{ kg-m}$$

$$V_U = 1.3 V_{CM} + 2.17 V_{CV+I}$$

$$V_U = 1.3(810) + 2.17(9,412) = 21,477 \text{ kg}$$

### Refuerzo longitudinal

$$A_s = \left[ bd - \sqrt{(bd)^2 - \frac{M_u b}{0.003825 f'c}} \right] \left( \frac{0.85 f'c}{f_y} \right)$$

$$f'c = 281 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_y = 2,810 \text{ kg/cm}^2$$

$$M_U = 12,886 \text{ kg-cm}$$

$$b = 30 \text{ cm}$$

$$rec = 4 \text{ cm};$$

$$d = 75 - 4 = 71 \text{ cm}$$

$$A_s = 7.32 \text{ cm}^2$$

$$A_{s\text{MIN}} = 14.1(30)(71) / 2,810 = 10.69 \text{ cm}^2$$

El área de acero encontrada es menor al área de acero mínima, por lo que se utiliza un área de  $10.69 \text{ cm}^2$  para la cama inferior. Para la cama superior se coloca  $\frac{1}{4}$  del acero de la cama inferior.

$$A_s = \frac{1}{4}(10.69) = 2.67 \text{ cm}^2$$

Se debe colocar acero intermedio cuando la separación entre la cama inferior y superior excede de 30 cm. necesitando  $5.29 \text{ cm}^2$  de acero por cada metro de alto del diafragma.

$$A_s = 5.29(0.75) = 3.97 \text{ cm}^2$$

### Refuerzo a corte

El espaciamiento de cada estribo se calcula de la siguiente manera:

$$S = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_n - V_c}$$

donde:

$A_v$  = Área de varilla en  $\text{cm}^2$

$f_y$  = Esfuerzo de fluencia  $\text{kg/cm}^2$

$d$  = Peralte efectivo en cm

$V_n$  = Esfuerzo de corte nominal

$V_c$  = Esfuerzo de corte nominal que resiste el concreto

Debido a la forma cuadrada del estribo se tiene que:

$$A_v = 2(\text{área de varilla No.3}) = 2(0.71) = 1.42 \text{ cm}^2$$

$$V_n = \frac{V_u}{0.85}$$

$$V_n = \frac{21,477}{0.85} = 25,267 \text{ kg}$$

$$V_c = 0.53 \sqrt{f'c} b d$$

$$V_c = 0.53 \sqrt{281} (30)(71) = 18,924 \text{ kg}$$

$$S = \frac{1.42 \times 2,810 \times 71}{25,267 - 18,924} = 44.66 \text{ cm}$$

El espaciamiento máximo permitido se calcula de la siguiente manera:

$$S_{MAX} = \frac{d}{2} ; \quad \frac{71}{2} = 35.5 \text{ cm}$$

El espaciamiento encontrado es mayor al espaciamiento máximo, por lo que se proponen varillas No.3 @ 0.35.

### 3.9.4.3 Diafragma exterior

#### Momento y corte por carga muerta

$$W = (0.50 \times 0.30)(2,400) = 360 \text{ kg/m}$$

$$M_{CM} = \frac{WL^2}{10} = \frac{(360 \times 3^2)}{10} = 324 \text{ kg-m}$$

$$V_{CM} = \frac{WL}{2} = \frac{(360 \times 3)}{2} = 540 \text{ kg}$$

#### Momento y corte por carga viva

$$P = 7,240 \text{ kg} \quad (\text{Carga de medio eje de camión H 20-44})$$

$$M_{CV} = \frac{PL}{4} ; \quad \frac{(7,240 \times 3)}{4} = 5,430 \text{ kg-m}$$

Se debe de aplicar un factor por continuidad de 0.8 para el valor de momento y de impacto, encontrado con anterioridad y de 1.3 al valor de momento y de corte.

$$0.8M_{CV} = (0.8)5,430 = 4,344 \text{ kg-m}$$

$$M_{CV+I} = 1.3(4,344) = 5,647 \text{ kg-m}$$

$$V_{CV} = P$$

$$V_{CV+I} = 1.3(7,240) = 9,412 \text{ kg}$$

### Momento y corte último

$$M_U = 1.3 M_{CM} + 2.17 M_{CV}$$

$$M_U = 1.3(324) + 2.17(5,647) = 12,675 \text{ kg-m}$$

$$V_U = 1.3 V_{CM} + 2.17 V_{CV+I}$$

$$V_U = 1.3(540) + 2.17(9,412) = 21,126 \text{ kg}$$

### Refuerzo longitudinal

$$A_s = \left[ bd - \sqrt{(bd)^2 - \frac{M_u b}{0.003825 f'c}} \right] \left( \frac{0.85 f'c}{f_y} \right)$$

$$f'c = 281 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_y = 2,810 \text{ kg/cm}^2$$

$$M_U = 12,675 \text{ kg-cm}$$

$$b = 30 \text{ cm}$$

$$rec = 4 \text{ cm}; \quad d = 50 - 4 = 46 \text{ cm}$$

$$A_s = 11.46 \text{ cm}^2$$

$$A_{s \text{ MIN}} = \frac{14.1(30)(46)}{2,810} = 6.92 \text{ cm}^2$$

El área de acero encontrada es mayor al área de acero mínima, por lo que se utiliza un área de 11.46 cm<sup>2</sup> para la cama inferior. Para la cama superior se coloca ¼ del acero de la cama inferior.

$$A_s = \frac{1}{4} (11.46) = 2.87 \text{ cm}^2$$

Para el acero intermedio tenemos:

$$A_s = 5.29(0.50) = 2.65 \text{ cm}^2$$

### Refuerzo a corte

$$S = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_N - V_C} \qquad A_v = 2(\text{área de varilla No.3}) = 2(0.71) = 1.42 \text{ cm}^2$$

$$V_N = \frac{V_u}{0.85}$$

$$V_N = \frac{21,126}{0.85} = 24,854 \text{ kg}$$

$$V_C = 0.53 \sqrt{f'_c} b d$$

$$V_C = 0.53 \sqrt{281} (30)(46) = 12,261 \text{ kg}$$

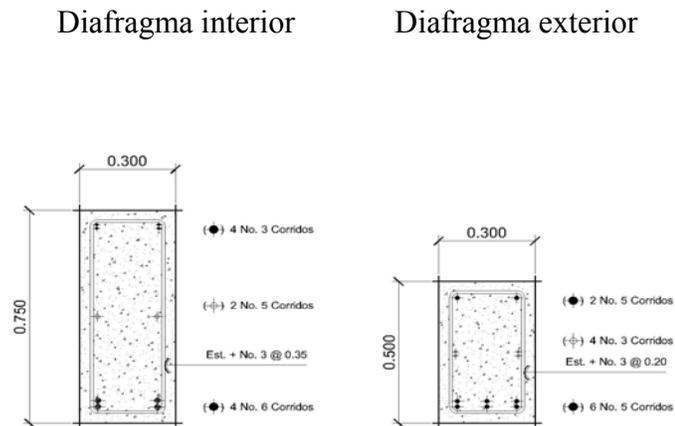
$$S = \frac{1.42 \times 2,810 \times 46}{24,854 - 12,261} = 14.60 \text{ cm}$$

El espaciamiento máximo:

$$S_{MAX} = \frac{d}{2}; \quad \frac{46}{2} = 23 \text{ cm}$$

El espaciamiento encontrado es menor al espaciamiento máximo, por lo que se proponen varillas No.3 @ 0.20.

**Figura 10. Armado de diafragmas**



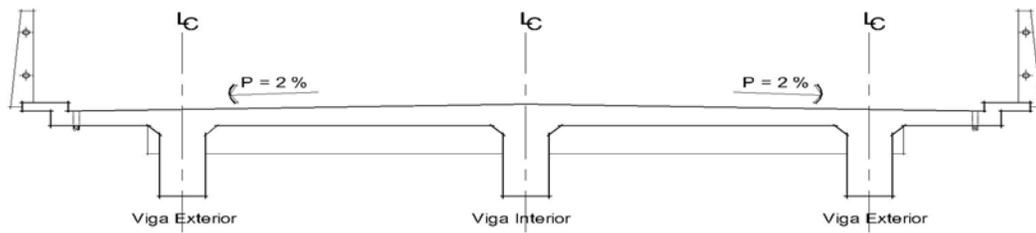
**Tabla VI. Armado principal de diafragmas**

Armado	Diafragma interior	Diafragma exterior
Superior	4 No.3	2 No.5
Intermedio	2 No.5	4 No.3
Inferior	4 No.6	6 No.5

### 3.9.5 Diseño de vigas

Las vigas son los elementos estructurales más importantes de la superestructura, ya que éstas transmiten cargas externas transversales, tanto carga muerta como carga viva, que provocan momentos flexionantes y fuerzas cortantes en su longitud. Además, las vigas son las que soportan toda la carga de la superestructura y le dan la estabilidad a ésta. Las vigas de concreto para superestructuras de puentes pueden ser vigas reforzadas (para luces cortas) y vigas preesforzadas (para luces largas). Según el ancho de rodadura que tenga el puente, así es la cantidad de vigas que se diseñan. Para este proyecto, la superestructura contará con tres vigas, dos externas y una interna.

**Figura 11. Seccion transversal de la superestructura**



### **Momento por carga muerta**

La carga distribuida total que soportarán las tres vigas es igual a la sumatoria de las cargas de cada componente de la superestructura. En la tabla se muestra el resultado de la carga total.

Para determinar la carga distribuida total producida por los diafragmas y las vigas se determina de la manera siguiente:

$$C_{M \text{ DIAF}} = \frac{(\text{Área} \times W \times L_{\text{DIAF}}) \times \text{No. diafragmas}}{L_{\text{VIGA}}}$$

$$C_{M \text{ VIGAS}} = (\text{Área} \times W) \times \text{No. vigas} \times 1 \text{ m}$$

**Tabla VII. Carga que soportan las vigas**

Elemento	Área	W	Carga	Unidad
Losa	1.44	2,400	3,456	kg/m
Voladizo	0.083	2,400	400	kg/m
Barandal	0.015	2,400	72	kg/m
Diafragma interior		2,400	175	kg/m
Diafragma exterior		2,400	197	kg/m
Viga		2,400	2,362	kg/m
	<b>Total</b>		<b>6,662</b>	<b>kg/m</b>

$$\text{Carga para cada viga} = \frac{\text{Carga total}}{\text{No. Vigas}}$$

$$\text{Carga para cada viga} = \frac{6,662}{3} = 2,221 \text{ kg/m}$$

El momento por carga muerta se determina con la siguiente fórmula:

$$M_{CM} = \frac{WL^2}{8} \quad \text{donde: } W = \text{carga muerta para cada viga}$$

$L = \text{longitud total de la viga}$

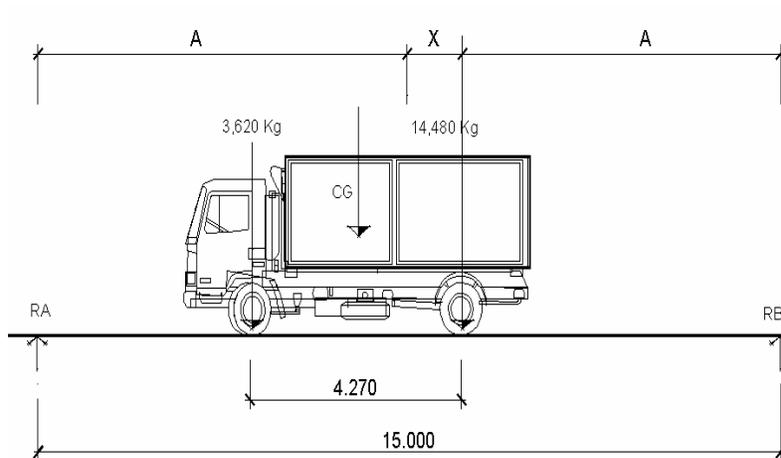
$$M_{CM} = \frac{(2,221)(15^2)}{8} = 62,465.63 \text{ kg-m}$$

### **Momento por carga viva**

Se debe de establecer la posición de carga debida al camión que pueda ocasionar el momento máximo en la viga.

A continuación se muestran como están distribuidas las cargas del camión y así poder encontrar las reacciones.

**Figura 12. Distribucion de la carga viva  
producida por el camion**



Es necesario hallar los valores de A y de X. Se hace sumatoria de momentos del camión para encontrar el centro de gravedad.

$$\sum M_{CG} = 0 = 3,620(4.27 - X) - 14,480X = -14,480X + 15,441.4 = 14,480X$$

$$X = 0.85 \text{ m.}$$

Encontrando A :  $2A + 0.85 = 15$

$$A = 7.075 \text{ m.}$$

Hallar las reacciones en los apoyos:

$$\sum M = 0 \quad 18,100(7.925) = R_A(15) \quad R_A = 9,563 \text{ kg}$$

$$R_B = 18,100 - 9,563 \quad R_B = 8,537 \text{ kg}$$

Para encontrar el momento máximo, se calcula el momento en el punto en que se aplica la carga central.

$$M_{\max} = 9,563 (7.925) - 3,620 (4.27) \quad M_{\max} = 60,329.38 \text{ kg-m}$$

Para el momento por carga viva se debe de aplicar la fracción de carga por rueda del camión, según artículo 3.23.2.2 de las normas AASHTO.

Para vigas interiores se obtiene el factor de rueda de la siguiente forma:

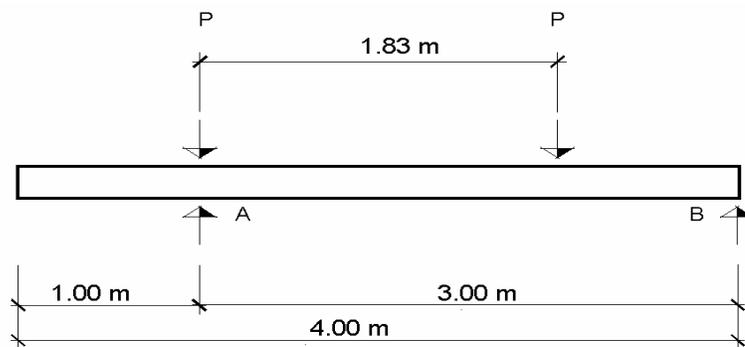
$$FR = \frac{S}{1.83} \quad \text{donde:} \quad S = \text{distancia entre ejes de vigas}$$

Este factor es específicamente para losas sostenidas por vigas de concreto y que cuenten con dos carriles para el tránsito.

$$FR = \frac{3}{1.83} = 1.64$$

Para vigas exteriores se debe de hacer una consideración de carga para obtener el factor de rueda como se muestra a continuación:

**Figura 13. Diagrama de carga para viga exterior**



Se debe hacer sumatoria de momentos en el punto B para obtener la reacción en el punto A.

$$R_A = \frac{P(3.00) + P(0.17)}{3}; \quad R_A = \frac{3.17P}{3}; \quad FR = \frac{3.17}{3}; \quad FR = 1.06$$

Una viga exterior no puede tener menor capacidad de carga que una viga interior, por lo que se utilizará un factor de rueda de 1.64 para vigas interiores y exteriores.

Se calcula el factor de impacto para vigas con la siguiente fórmula:

$$I = \frac{100(15.24)}{15 + 38}$$

$$I = 28.75 \% < 30 \%$$

$$V_{CV+I} = 60,329.38 (1.2875) = 77,674.10 \text{ kg-m}$$

$$V_{CV+I} \times Frueda = 77,674.10(1.64) = 127,385.50 \text{ kg-m}$$

### **Momento último**

$$M_U = 1.3(62,465.63) + 2.17(127,385.50)$$

$$M_U = 357,631.85 \text{ kg-m}$$

### **Refuerzo a tensión**

Para vigas principales se utilizará un valor de  $f_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$  para el refuerzo principal, para el acero de refuerzo por corte se usará un valor de  $f_y = 2810 \text{ kg/cm}^2$ .

Datos:

$$f'_c = 281 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$$

$$M_U = 357,631.85 \text{ kg-cm}$$

$$b = 40 \text{ cm}$$

$$rec = 4 \text{ cm}; \quad d = 100 - 4 = 96 \text{ cm}$$

$$A_s = \left[ bd - \sqrt{(bd)^2 - \frac{M_u b}{0.003825 f'c}} \right] \left( \frac{0.85 f'c}{f_y} \right); \quad A_s = 150.22 \text{ cm}^2$$

### Refuerzo a compresión

Se utiliza un valor del 33% del acero a tensión por efectos de sismo y se chequea con el acero mínimo.

$$A_s = 33\% A_{s \text{ TENSION}}$$

$$A_s = 0.33(150.22) = 49.57 \text{ cm}^2$$

$$A_{s \text{ MIN}} = \frac{14.1(40)(96)}{4,200} = 12.89 \text{ cm}^2$$

### Refuerzo intermedio

Debe de colocarse acero intermedio cuando la distancia entre las dos camas es mayor a 30 cm de la siguiente manera:

$$A_s = 5.29 \text{ cm}^2 \text{ ( cada metro de alto de viga )}$$

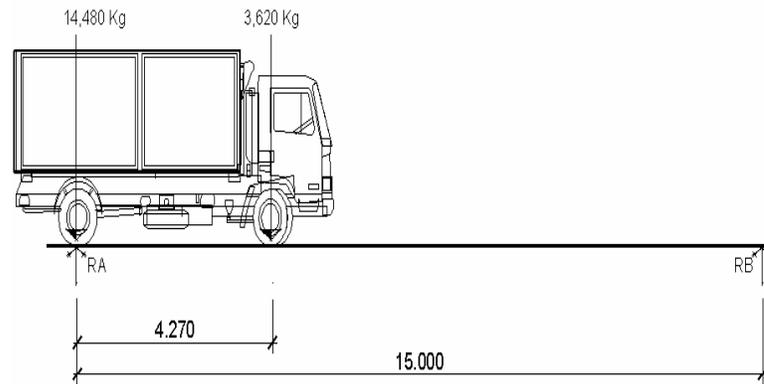
$$A_s = 5.29(1.00) = 5.29 \text{ cm}^2$$

### Refuerzo a corte

Se debe de hacer consideraciones de carga para que se produzca el esfuerzo a corte máximo, la posición de la carga para tal efecto se muestra a continuación:

Se debe de hacer sumatoria de momentos en el punto de aplicación de  $R_B$  para hallar la reacción en  $R_A$ .

**Figura 14. Diagrama de cargas para esfuerzo cortante maximo**



$$R_A = \frac{14,480(15) + 3,620(10.73)}{15} = 17,070 \text{ kg}$$

El esfuerzo cortante se determina con la siguiente fórmula:

$$V_{CM} = \frac{WL}{2} \quad \text{donde:} \quad W = \text{carga muerta para cada viga}$$

$L = \text{longitud total}$

$$V_{CM} = \frac{2,221(15)}{2} = 16,658 \text{ kg}$$

$$V_{CV} = R_A$$

$$V_{CV} = 17,070 \text{ kg}$$

$$V_{CV+I} = 1.2875(17,070) = 21,978 \text{ kg}$$

El esfuerzo último que debe de resistir es:

$$V_U = 1.3 V_{CM} + 2.17 V_{CV+I}$$

$$V_U = 1.3(16,658) + 2.17(21,978) = 69,348 \text{ kg}$$

Para el espaciamiento de cada estribo se usa:

$$S = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_N - V_C}$$

$$A_v = 2(\text{área de varilla No.4}) = 2(1.27) = 2.54 \text{ cm}^2$$

$$V_N = \frac{V_u}{0.85}$$

$$V_N = \frac{69,348}{0.85} = 81,586 \text{ kg}$$

$$V_c = 0.53 \sqrt{f'_c} b d$$

$$V_c = 0.53 \sqrt{281} (40)(96) = 34,117 \text{ kg}$$

$$S = \frac{2.54 \times 2,810 \times 96}{81,586 - 34,117} = 14.43 \text{ cm}$$

El espaciamiento máximo:

$$S_{MAX} = \frac{d}{2}; \quad \frac{96}{2} = 48 \text{ cm}$$

El espaciamiento encontrado es menor al espaciamiento máximo, por lo que se proponen varillas No.4 @ 0.15.

Para obtener la distancia que cubre el concreto por esfuerzos de corte se usa:

$$X = \frac{V_c \left( \frac{L}{2} \right)}{V_u}; \quad X = \frac{34,117 \left( \frac{15}{2} \right)}{69,348} = 3.69 \text{ m}$$

La distancia que falta cubrir por corte es:

$$D = \frac{L}{2} - X; \quad D = \frac{15}{2} - 3.69 = 3.81 \text{ m}$$

Se tiene un primer espaciamiento de 15 cm

El primer estribo se debe de colocar a una distancia igual a  $\frac{S}{2}$ .

$$\frac{S}{2} = \frac{15}{2} = 7.5 \text{ cm}$$

Colocando 25 estribos con una separación de 15 cm se cubre una distancia de 3.75 m.

Con esta distancia se encuentra un segundo valor de esfuerzo cortante requerido para encontrar un segundo espaciamiento para los estribos.

El valor obtenido es 48,540 kg

Para calcular el espaciamiento, se propone varilla No.4, por lo tanto:

$$V_N = \frac{V_U}{0.85}$$

$$V_N = \frac{48,540}{0.85} = 57,106 \text{ kg}$$

$$V_C = 0.53 \sqrt{f'c} b d$$

$$V_C = 0.53 \sqrt{281} (40)(96) = 34,117 \text{ kg}$$

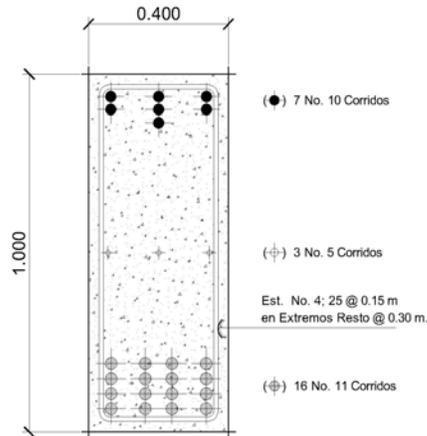
$$S = \frac{2.54 \times 2,810 \times 96}{57,106 - 34,117} = 29.81 \text{ cm}$$

El espaciamiento máximo:

$$S_{MAX} = \frac{d}{2}; \quad \frac{96}{2} = 48 \text{ cm}$$

El espaciamiento encontrado es menor al espaciamiento máximo, por lo que se proponen varillas No.4 @ 0.30.

**Figura 15. Detalle de armado de viga**



### 3.9.6 Apoyo de superestructura a subestructura

Los apoyos entre la superestructura y subestructura sirven para amortiguar la vibración causada por el impacto de los vehículos sobre la estructura. Entre los apoyos más utilizados en el diseño de puentes se encuentra el neopreno, además se coloca una placa de acero para distribuir mejor las cargas sobre el apoyo.

Para hallar el espesor del neopreno se usa la siguiente fórmula:

$$SF = \frac{BL}{2(B+L) \cdot t} \quad \text{donde:} \quad SF = \text{área cargada sobre área perímetro,}$$

no debe ser menor a 5

$B$  y  $L$  = sección de carga de la viga en pulgadas.

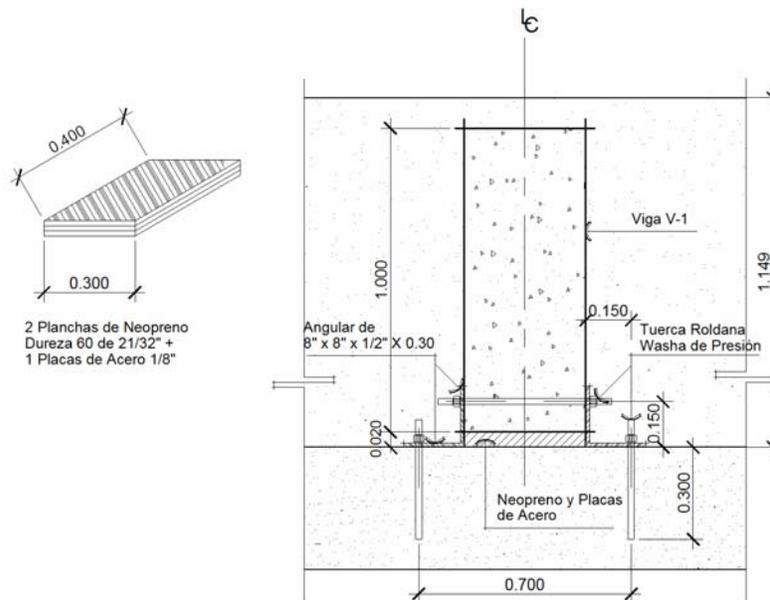
$t$  = espesor del neopreno, en pulgadas.

$$t = \frac{15.75 \cdot 11.81}{2(15.75 + 11.81) \cdot 5} = 0.675 \text{ plg.} \approx 21/32 \text{ plg.}$$

Para las placas de acero por lo general se usan de 1/8 de pulgada de espesor.

Por lo que se usarán dos planchas de neopreno y una placa de acero para cada apoyo.

**Figura 16. Detalle de apoyos**



### 3.10 Diseño de la subestructura

La subestructura de un puente es el conjunto de elementos estructurales destinados a transmitir la carga procedente de la superestructura hacia el suelo. La subestructura está constituida por estribos y pilas. Los estribos son los apoyos externos de la superestructura, que además de transmitir las cargas al terreno contienen al relleno o terraplén de la carretera.

Las pilas son los apoyos internos que dividen en tramos la luz del puente y también transmiten cargas al suelo. Generalmente, el diseño y la construcción de las pilas son más simples que la de los estribos, ya que no están sujetos al empuje del relleno; pero sí están soportando la fuerza de flotación y los efectos de la corriente del agua.

Para este trabajo, no es necesaria la construcción de pila al medio del puente, debido a la corta luz; la subestructura solamente estará compuesta de dos estribos.

Los estribos que se establecieron son de muro en gravedad, ya que son resistentes, de estructura sólida y de un diseño simple, que requiere de tres chequeos para que el funcionamiento sea eficiente.

### **3.10.1 Estudio de suelos**

#### **3.10.1.1 Ensayo granulométrico**

El conocimiento de la composición granulométrica de un suelo sirve para discernir sobre la influencia que pueda tener en el comportamiento del suelo bajo la aplicación de carga. En este trabajo, el análisis granulométrico fue realizado para comparar el valor soporte del suelo con otros suelos de características similares, y además sirvió para afirmar la ausencia de material plástico (arcilla y limo).

Como resultado de este ensayo, se tiene que el suelo es:

#### **Grava con arena de color gris.**

La clasificación del suelo en dos sistemas es:

Sistema CU: GW

Sistema PRA: A-1-a

El tipo de suelo estudiado tiene del 70% al 100% de CBR a 95% de compactación.

Ver hoja de resultados en anexo 1.

#### **3.10.1.2 Límites de atterberg**

Las propiedades plásticas de los suelos pueden ser analizadas a través de este laboratorio. Los límites de este ensayo son: límite plástico, límite líquido y límite de retracción. Para este proyecto fue imposible poder calcular estos límites, ya que el suelo es grava con arena, por lo tanto no tiene cohesión ni plasticidad.

Como conclusión se tiene que el valor soporte del suelo es: 20 ton/m<sup>2</sup>.

### 3.10.2 Diseño del estribo

El estribo a diseñar es muro en gravedad, este estribo es de concreto ciclópeo y la ventaja de este tipo de subestructura es que su diseño es más simple, ya que consiste en asumir una sección de muro y verificar tres condiciones que son: volteo, deslizamiento y presión.

Estabilidad al volcamiento:  $\frac{M_e}{M_v} > 1.5$ ; estabilidad al deslizamiento:  $\frac{0.5W}{E} > 1.5$

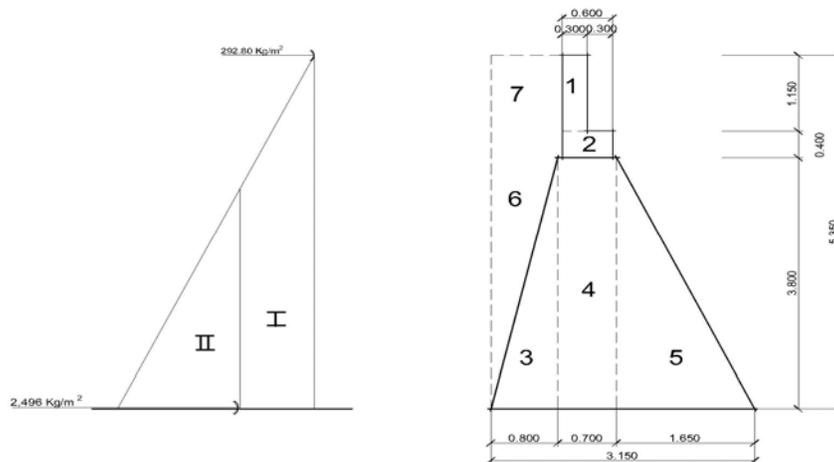
y esfuerzos en el terreno menores o iguales que los esfuerzos admisibles del terreno:

$$P = \frac{W}{A} \left[ 1 \pm \left( \frac{6e}{b} \right) \right] < V_s$$

Para este muro se cuentan con los siguientes datos:

Peso concreto armado	2,400 kg/m <sup>3</sup>
Peso concreto ciclópeo	2,700 kg/m <sup>3</sup>
Peso suelo	1,750 kg/m <sup>3</sup>
Equivalente líquido	480 kg/m <sup>3</sup>
Valor soporte del suelo	20,000 kg/m <sup>3</sup>

**Figura 17. Geometría y diagrama de presiones en estribo**



**Tabla VIII. Momento de volteo en estribo**

Sección	Empuje (kg)	Brazo (m)	Momento (kg-m)
I	1,522	2.60	3,957
II	<u>6,490</u>	1.70	<u>11,033</u>
	$W_v = 8,012$		$M_v = 14,990$

**Tabla IX. Momento estabilizante en estribo respecto a B**

Sección	Área (m <sup>2</sup> )	Peso (kg)	Brazo (m)	Momento (kg-m)
1	0.35	840	2.15	1,806.00
2	0.24	576	2.00	1,152.00
3	1.52	4,104	2.62	10,752.50
4	2.66	7,182	2.00	14,364.00
5	3.14	8,478	1.10	9,325.80
6	1.52	2,660	2.88	7,660.80
7	1.19	<u>2,083</u>	2.73	<u>5,686.60</u>
		$W_e = 25,923$		$M_e = 50,747.70$

### 3.10.2.1 Chequeos del estribo sin superestructura

Volteo:  $\frac{50,747.70}{14,990} = 3.39 > 1.5$  ( chequea )

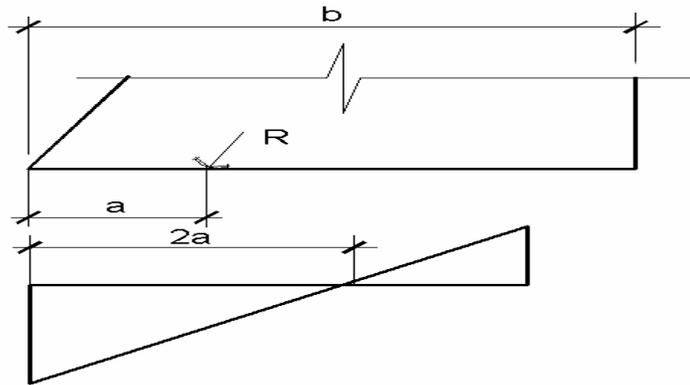
Deslizamiento:  $\frac{0.5 \times 25,923}{8,012} = 1.62 > 1.5$  ( chequea )

$$a = \frac{M_e - M_v}{W_e}$$

Presiones:  $a = \frac{50,747.70 - 14,990}{25,923}$  ( chequea )

$$3a = 3(1.38) = 4.14 > 3.15$$

**Figura 18. Diagrama trapezoidal en estribo**



$$\text{Excentricidad : } e = \frac{b}{2} - a = \frac{3.15}{2} - 1.38 = 0.195$$

$$P = \left( \frac{25,923}{3.15 \times 1} \right) \left[ 1 \pm \frac{6(0.195)}{3.15} \right]$$

$$P_{MAX} = 11,286 \text{ kg/m}^2 < 20,000 \text{ kg/m}^2 \text{ ( chequea )}$$

$$P_{MIN} = 5,172 \text{ kg/m}^2 < 20,000 \text{ kg/m}^2 \text{ ( chequea )}$$

### 3.10.2.2 Chequeos del estribo con superestructura y carga viva

Se convierte la carga viva y muerta de la superestructura en carga distribuida, dividiendola por la longitud de la viga de apoyo, para calcular por un metro de largo del estribo.

$$W_2 = \frac{CV + CM}{L_{VA}} = \frac{14,480 + 49,965}{8} = 8,056 \text{ kg/m}$$

$$\text{Brazo} = \frac{b}{2} = \frac{3.15}{2} = 1.575 \text{ m}$$

### **Momento estabilizante**

$$ME_2 = 8,056 \times 1.575 = 12,688 \text{ kg-m}$$

$$M \text{ estabilizante total } _2 = 50,747.7 + 12,688 = 63,436 \text{ kg-m}$$

$$\text{Volteo} = \frac{ME_{TOT2}}{MV} = \frac{63,436}{14,990} = 4.23 > 1.5 \text{ ( chequea )}$$

$$\text{Deslizamiento : } D = \frac{0.5(W_2 + W_e)}{W_v} = \frac{0.5(8,056 + 25,923)}{8,012} = 2.12 > 1.5 \text{ ( chequea )}$$

Presiones:

$$a = \frac{(ME_{TOT2} - M_v)}{(W_2 + W_e)} = \frac{63,436 - 14,990}{8,056 + 25,923} = 1.43$$

$$3a = 3(1.43) = 4.29 > 3.15 \text{ ( chequea )}$$

$$e = 1.575 - 1.43 = 0.145$$

$$P = \left( \frac{8,056 + 25,923}{3.15 \times l} \right) \left[ 1 \pm \frac{6(0.145)}{3.15} \right]$$

$$P_{MAX} = 13,766 \text{ kg/m}^2 < 20,000 \text{ kg/m}^2 \text{ ( chequea )}$$

$$P_{MIN} = 7,808 \text{ kg/m}^2 < 20,000 \text{ kg/m}^2 \text{ ( chequea )}$$

### **3.10.2.3 Chequeos del estribo por efectos de sismo sin carga viva**

Se deben tomar momentos de volteo en el sentido horizontal

Carga total:

$$W_{subestructura} = 25,923 \text{ kg}$$

$$W_{superestructura} = \frac{49,965}{8} = 6,246 \text{ kg}$$

$$W_{tot \ 3} = W_{subestructura} + W_{superestructura} = 32,169 \text{ kg}$$

$$Brazo_3 = 1.575 \text{ m.}$$

Momento Estabilizante:  $W \text{ superestructura} \times brazo_3$

$$ME_3 = (6,246)(1.575) = 9,838 \text{ kg-m}$$

$$ME_{TOT3} = 9,838 + 50,747.70 = 60,586 \text{ kg-m}$$

Fuerza horizontal:  $1.08 W_v + 0.08 W_{TOT3}$

$$FH = (1.08)(8,012) + (0.08)(32,169) = 11,227 \text{ kg}$$

**Tabla X. Momento de volteo del muro con sismo**

Sección	Peso (kg)	Brazo (m)	Momento (kg-m)
1	840	4.775	4,011.00
2	576	4.00	2,304.00
3	4,104	1.27	5,212.00
4	7,182	1.90	13,646.00
5	8,478	1.27	10,767.00
6	2,660	2.53	6,730.00
7	<u>2,083</u>	4.575	<u>9,529.00</u>
	P = 25,923		M = 52,199.00

$$MS = 0.08M = 0.08(52,199) = 4,176 \text{ kg-m}$$

$$M_{volteo_3} = 1.08 M_v + 0.08(W \text{ superestructura})(h')$$

$$h' = H - h_{cortina}$$

$$h' = 5.35 - 1.15 = 4.20 \text{ m}$$

$$M_{volteo_3} = 1.08(14,990) + 0.08(6,246)(4.20) = 18,288 \text{ kg-m}$$

$$M_{volteo_{TOT3}} = MS + M_{volteo_3} = 4,176 + 18,288 = 22,464 \text{ kg-m}$$

$$Volteo = \frac{ME_{TOT3}}{Mvolteo_{TOT3}} = \frac{60,586}{22,464} = 2.70 > 1.5 \text{ ( chequea )}$$

$$Deslizamiento : D = \frac{0.5(W_{TOT3})}{FH} = \frac{0.5(32,169)}{11,227} = 1.43 > 1.5 \text{ ( chequea )}$$

Presiones:

$$a = \frac{(ME_{TOT3} - Mvolteo_{TOT3})}{W_{TOT3}} = \frac{60,586 - 22,464}{32,169} = 1.19$$

$$3a = 3(1.19) = 3.57 > 3.15 \text{ ( chequea )}$$

$$e = 1.575 - 1.19 = 0.385$$

$$P = \left( \frac{32,169}{3.15 \times l} \right) \left[ 1 \pm \frac{6(0.385)}{3.15} \right]$$

$$P_{MAX} = 17,702 \text{ kg/m}^2 < 20,000 \text{ kg/m}^2 \text{ ( chequea )}$$

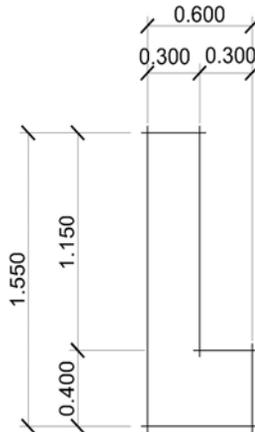
$$P_{MIN} = 2,723 \text{ kg/m}^2 < 20,000 \text{ kg/m}^2 \text{ ( chequea )}$$

### 3.10.3 Viga de apoyo

Este elemento de la subestructura es donde se apoyarán las vigas principales. La viga de apoyo no se ve sometida a esfuerzos de flexión y únicamente se diseña por aplastamiento, siendo en este caso el refuerzo por corte el refuerzo principal y el refuerzo longitudinal se calcula con el requerimiento de acero mínimo.

El largo de la viga de apoyo será de 8.00 metros.

**Figura 19. Viga de apoyo**



### **Carga muerta**

Carga total distribuida = 6,662 kg/m

Carga total = carga distribuida x L

Carga total = 6,662 x 15 = 99,930 kg

Carga muerta para cada viga de apoyo =  $\frac{99,930}{2} = 49,965$  kg

Se calcula la carga muerta distribuida a lo largo de la viga de apoyo:

$$C_M = \frac{\text{Carga para cada viga de apoyo}}{L_{V.A.}} = \frac{49,965}{8} = 6,246 \text{ kg/m}$$

$$C_{M \text{ CORTINA}} = (2,400)(0.30)(1.15) = 828 \text{ kg/m}$$

$$C_{M \text{ TOTAL}} = 6,246 + 828 = 7,074 \text{ kg/m}$$

### **Carga viva**

$C_v$  = Carga de eje del camión

$$C_v = 14,480 \text{ kg}$$

Se calcula la carga viva distribuida a lo largo de la viga de apoyo:

$$C_v = \frac{\text{Carga de camión}}{L_{V.A.}}$$

$$C_V = \frac{14,480}{8} = 1,810 \text{ kg/m}$$

Para los componentes de la subestructura no se deben de considerar factores de impacto según el artículo 3.8.1.2 de la AASHTO.

### **Carga última**

$$C_U = 1.3 C_M + 2.17 C_V$$

$$C_U = 1.3(7,074) + 2.17(1,810) = 13,124 \text{ kg/m}$$

### **Refuerzo por corte**

$$b = 60 \text{ cm}$$

$$rec = 4 \text{ cm}$$

$$d = 36 \text{ cm}$$

$$f_y = 2,810 \text{ kg/cm}^2$$

$$V_N = \frac{V_U}{0.85}$$

$$V_n = 13,124 / 0.85 = 15,440 \text{ kg}$$

$$V_{CR} = 0.53 \sqrt{f'c} b d$$

$$V_{CR} = 0.53 \sqrt{281} (60)(36) = 19,190.4 \text{ kg}$$

se propone varilla No.2

$$S = \frac{0.63 \times 2,810 \times 36}{19,190.4 - 15,440} = 16.99 \text{ cm}$$

$$S_{MAX} = \frac{d}{2} = \frac{36}{2} = 18 \text{ cm.} \quad \text{Se usará un espaciamiento de 15cm.}$$

### Refuerzo longitudinal

$$b = 60 \text{ cm}$$

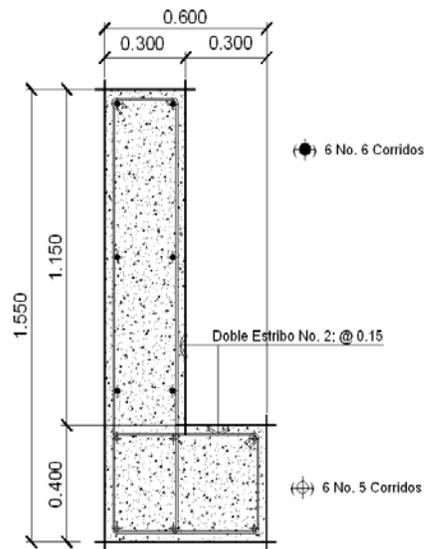
$$d = 36 \text{ cm}$$

$$f_y = 2,810 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_{S \text{ MIN}} = \frac{14.1(60)(36)}{2,810} = 10.84 \text{ cm}^2$$

Se propone 6 varillas No.5

**Figura 20. Armado de viga de apoyo**



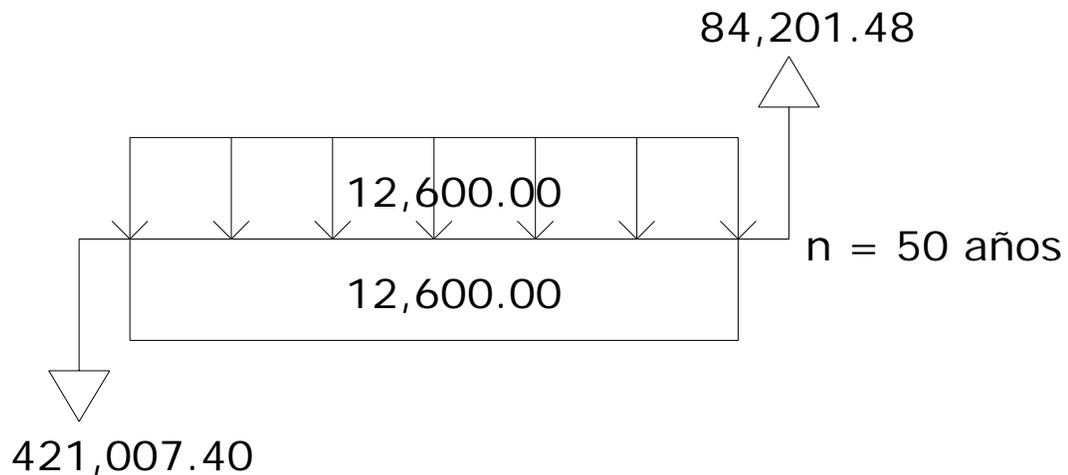
### 3.11 Costos

A continuación, se presenta el presupuesto del proyecto, el cual contiene los costos de materiales y la mano de obra.

REGLON	U	CANTIDAD	P.U	TOTAL
<b>1.000 - PRELIMINARES</b>				
1.001 - Limpieza y chapeo	m <sup>2</sup>	180.00	Q 5.00	Q 900.00
1.002 - Obra falsa	m	15.00	Q 885.00	Q 13,275.00
<b>2.000 - ESTRIBOS</b>				
2.001 - Excavación	m <sup>3</sup>	80.35	Q 50.05	Q 4,021.52
2.002 - Formaleteado	m <sup>2</sup>	68.17	Q 268.00	Q 18,269.56
2.003 - Fundición concreto ciclópeo	m <sup>3</sup>	124.35	Q 880.58	Q 109,500.12
<b>3.000 - VIGA DE APOYO</b>				
3.001 - Viga tipo L	m	17.00	Q 1,373.73	Q 23,353.41
<b>4.000 - VIGAS</b>				Q 96,622.20
4.001 - Viga de 1.00 * 0.40	m	45.00	Q 2,147.16	Q 96,622.20
<b>5.000 - DIAFRAGMAS</b>				
5.001 - Diafragmas exteriores	m	17.00	Q 520.50	Q 8,848.50
5.002 - Diafragma interior	m	8.50	Q 639.89	Q 5,439.07
<b>6.000 - LOSA</b>				
6.001 - Armado y fundición	m <sup>2</sup>	127.50	Q 843.04	Q 107,487.60
6.002 - Formaleteado	m <sup>2</sup>	127.50	Q 196.29	Q 25,026.98
6.003 - Banqueta	m <sup>2</sup>	12.00	Q 234.58	Q 2,814.96
<b>7.000 - BARANDA</b>				
7.001 - Postes de concreto	m <sup>3</sup>	0.40	Q 871.21	Q 348.48
7.002 - Tubo galvanizado Ø 2"	m	68.00	Q 75.00	Q 5,100.00
-				
<b>Total Proyecto</b>				<b>Q 421,007.40</b>

### 3.12 Evaluación económica financiera

#### 3.12.1 Valor presente neto (VPN)



Se cobrará un costo simbólico por derecho de paso del 20% del costo total del proyecto distribuido entre el total de buses extraurbanos y microbuses.

$$\text{Por derecho de paso} = 0.20 \times Q 421,007.40 = Q 84,201.48$$

$$\text{Cuota por derecho de paso} = Q 2,405.76 \approx Q 2,406.00$$

El costo de mantenimiento incluirá 5% de materiales y operación de mantenimiento al año.

$$\text{Mantenimiento} = Q 1,000 \times 12 \times 1.05 = Q 12,600.00$$

$$\text{Cuota mensual} = Q 30.00$$

$$VAN = \text{Costo Conex. Dom.} \left( \frac{1}{(1+i)^n} \right) + \text{Costo Mant.} \left( (1+i)^n - \frac{1}{i(1+i)^n} \right) - \text{Costo Mant.} \left( (1+i)^n - \frac{1}{i(1+i)^n} \right) - \text{Costo Pr oy}$$

$$VPN_1 = i = 12\% \quad VPN_1 = -420,716.05$$

$$VPN_2 = i = 50\% \quad VPN_2 = -421,007.39$$

Los valores obtenidos a tasas de interés de retorno de 12 y 50 por ciento son negativos, pero no es de preocuparse, ya que es un proyecto de tipo social, además los beneficios del proyecto se obtendrán con el fácil acceso al municipio y por consiguiente un mejor comercio para los vecinos.

### 3.12.2 Tasa interna de retorno (TIR)

$$TIR = i_1 + \frac{VPN_1}{VPN_1 + VPN_2} (i_2 - i_1)$$

$$TIR = 0.12 + \frac{420,716.05}{420,716.05 + 421,007.39} (0.50 - 0.12) = 0.309 = 31\%$$

El criterio por emplear cuando se usa la TIR para decisiones de aceptación-rechazo es que si la  $TIR \geq$  costo de capital, se acepta el proyecto, de lo contrario se rechaza. Si se asume que la municipalidad utiliza una tasa de interés del 12% en relación al 31% que de obtención al proyecto, es viable, en virtud que se obtiene un porcentaje mayor al interés que pagaría el banco si el capital estuviera a un plazo fijo.

## **4. EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL ( EIA )**

La importancia de realizar una evaluación de impacto ambiental es para establecer los efectos positivos y negativos que la ejecución de un proyecto tendrá sobre el ambiente y las medidas de prevención y/o mitigación que deben aplicarse en caso de desarrollarse.

### **4.1 Resumen**

Este capítulo es la evaluación de impacto ambiental de los dos proyectos realizados dentro del casco urbano del municipio de San Rafael las Flores, los proyectos son drenajes sanitarios y un puente, ambos tienen poco impacto ambiental; el impacto social es el que más se verá afectado; ambos proyectos mejorarán las condiciones de vida de la comunidad.

### **4.2 Metodología de evaluación**

#### **4.2.1 Actividades de los proyectos**

Las principales actividades asociadas con los proyectos son las típicas actividades de construcción, excavaciones, tendido de tubos, rellenos, mezclas de concreto, actividades de mantenimiento, etc. A continuación se resumen las actividades para cada uno.

**Tabla XI. Identificación de actividades constructivas  
y acciones para proyectos de drenajes sanitarios**

<b>ACTIVIDAD</b>		<b>ACCIÓN</b>					
		Mov. Maquinaria	Requerimiento M.O.	Transporte de Mat.	Cierre de la Vías	Emisión de polvo	Emisión de ruido
<b>ETAPA</b>							
<b>Construcción</b>	Excavación						
	Nivelación						
	Colocación de tubería						
	Construcción de pozos de visita						
	Relleno de zanjas						
	Compactación						
	Retiro del suelo y basura sobrante						
	Limpieza final y entrega						
	Prueba de filtrado en la tubería						
<b>Uso</b>	Tránsito						
	Mantenimiento rutinario						
	Reparaciones						

**Tabla XII. Identificación de actividades constructivas  
y acciones para proyectos de puentes**

<b>ACTIVIDAD</b>		<b>ACCIÓN</b>					
		Mov. Maquinaria	Requerimiento M.O.	Transporte de Mat.	Cierre de la Vías	Emisión de polvo	Emisión de ruido
<b>ETAPA</b>							
<b>Construcción</b>	Excavación						
	Formaleteado						
	Fundición de bases						
	Armado de elementos estructurales						
	Fundición de superestructura						
	Construcción de baranda						
	Acabados						
	Limpieza final y entrega						
<b>Uso</b>	Tránsito						
	Mantenimiento rutinario						
	Reparaciones						

#### 4.2.2 Impactos potenciales

Basado en las actividades del proyecto y en las acciones asociadas se identificaron impactos potenciales de acuerdo con los variados componentes ambientales.

**Tabla XIII. Tipos de impactos potenciales**

COMPONENTE AMBIENTAL	IMPACTO POTENCIAL	IDENTIFICACIÓN
Aire	Alteración en la calidad del aire debida al polvo	A-1
Ruido	Incremento en los niveles de ruido	R-1
Agua	Posibles fisuras en las tuberías que contaminen el manto freático	H-1
Suelo	Modificaciones al suelo y posibles contaminaciones	S-1
Vegetación, flora y fauna	No se perturba ninguna planta o animal nativo de la región	VFF-1
Social	Obstrucción temporal de tránsito	S-1
Económico	Generación de empleos	E-1

#### 4.2.3 Matriz de interacción de componentes ambientales y actividades de cada proyecto

Esta matriz tiene como objetivo priorizar los impactos, cuanto más alta sea la calificación final de cada impacto potencial así será la importancia que deberá tener la medida de mitigación. Cada impacto se califica de la siguiente manera:

**Tabla XIV. Clasificación de los impactos**

Bajo impacto	1
Mediano impacto	2
Alto impacto	3

#### **4.2.4 Resumen de los resultados**

Como se puede ver en ambos casos, los resultados de las columnas son similares, el mayor impacto es el social, debido a que los proyectos se encuentran dentro del casco urbano, por lo que no existen perturbaciones de flora y fauna en estado natural. Los impactos físicos son los únicos que se pudieran considerar de algún riesgo mientras esté en la fase de construcción, ya que se levantará polvo, se hará ruido con la maquinaria y herramientas y probablemente se perturbe el manto freático.

### **4.3 Posibles efectos ambientales**

#### **4.3.1 Aire**

La contaminación del aire podrá resultar del manejo del suelo y los materiales.

#### **4.3.2 Ruido**

El control de ruido durante la construcción de estos proyectos es relativamente bajo, debido a que el uso de maquinaria será poco, la mayor parte del tiempo se usará solamente la mano de obra, por lo que se puede mantener el ruido en niveles aceptables.

#### **4.3.3 Agua**

Los cambios que podrán tener los mantos de agua debido a los proyectos son pocos, el mayor problema será la contaminación a los mantos freáticos por parte de alguna tubería mal aclopada en el caso de los drenajes sanitarios.

**Tabla XV. Matriz de interacciones de componentes ambientales  
y actividades de los proyectos**

Medio	Componente	Excavación del suelo	Nivelación	Colocación de la tubería	Construcción de pozos de visita	Relleno de zanjas	Compactación	Retiro del suelo y basura	Limpieza final y entrega	Prueba de filtrado de tubería	Funcionamiento del proyecto	Mantenimiento rutinario	Reparaciones	<b>PROYECTO DE DRENAJE</b>
Físico	Aire	1				1	1	1	1			1	1	
	Ruido						2	1						
	Agua									2				
	Suelo	3	3			3								
Biótico	Vegetación													
	Fauna													
Humano	Social	1	1	1	1	1	1	1	1			1	1	
	Recreativo										1			
	Económico										1			

Medio	Componente	Excavación	Formateado	Fundición de bases	Armado de elementos estruct.	Fundición de superestructura	Construcción de baranda	Acabados	Limpieza final y entrega	Funcionamiento del proyecto	Mantenimiento rutinario	Reparaciones	<b>PROYECTO DE PUENTE</b>
Físico	Aire	1							1		1	1	
	Ruido		1			2							
	Agua												
	Suelo	3		2									
Biótico	Vegetación												
	Fauna												
Humano	Social	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	
	Recreativo									1			
	Económico									1			

#### **4.3.4 Suelo**

No habrán cambios en la estructura del suelo en ninguno de los dos proyectos.

#### **4.3.5 Flora y fauna**

En el caso de flora y fauna no habrá ningún efecto ambiental adverso ya que los proyectos se encuentran dentro del casco urbano del municipio.

#### **4.3.6 Social**

La comunidad será beneficiada ya que los vecinos del municipio podrán acceder fácilmente por la calzada principal de acceso al casco urbano, en el caso del puente; además se mejorará el nivel de vida por parte de la construcción de los drenajes y se reducirán las enfermedades y contaminaciones.

### **4.4 Medidas de mitigación**

#### **4.4.1 Aire**

Para controlar las emisiones de polvo despedidas por los movimientos de materiales y suelo, se recomienda controlar la humedad de las mezclas y del suelo al trabajar; así como también las emisiones de CO<sub>2</sub> de la maquinaria.

También se deberá dotar a los trabajadores de mascarillas en las actividades con más riesgo de producir y respirar polvo.

#### **4.4.2 Ruido**

El control de ruido en la etapa de construcción es bajo, únicamente la comunidad se deberá acostumbrar a tener automotores pasando frente a sus casas, para el caso de la construcción del puente.

#### **4.4.3 Agua**

En el proyecto del drenaje se hará una revisión de cada tubo y acoples que se utilicen. También se deberá hacer una prueba de la eficiencia de la red de tubería y la absorción que tenga, esta prueba se hará de sección en sección, aguas arriba se dejará caer agua en la tubería y se recogerá al final de la misma, la cantidad de agua recibida aguas abajo deberá ser cuando menos el 90% de la que se suelta aguas arriba.

#### **4.4.4 Suelo**

El suelo tendrá modificaciones mínimas, y el manto freático finalmente tendrá un paso normal al consolidarse el suelo, aunque debido a esto se recomienda un buen control en la fase de compactación para que no existan asentamientos una vez finalizados los trabajos.

#### **4.4.5 Social**

Una de las alteraciones que tendrá la comunidad es el cambio de costumbres debido a personas ajenas a lugar de los proyectos, el impacto se relaciona con el comportamiento de éstas personas; por lo que se recomienda implementar un código de buena conducta que regule la relación entre ambas sociedades.

## CONCLUSIONES

- 1 Cada uno de los proyectos diseñados anteriormente, son factibles y recomendables para su posible realización; lo cual ayudará al desarrollo del municipio.
- 2 El criterio por emplear cuando se usa la tasa interna de retorno TIR, para decisiones de aceptación-rechazo es que si la TIR es mayor o igual al costo de capital, se acepta el proyecto, de lo contrario se rechaza, pero en los dos proyectos realizados se aceptarán los dos, ya que son proyectos de tipo social.
- 3 Según el costo de los dos proyectos presentados, éstos se encuentran entre los límites de construcción usados en nuestro ámbito, en Fonapaz se maneja un valor de Q 350 por metro lineal en los proyectos de alcantarillado y Q 3,000 por metro cuadrado para el caso de los puentes y quedará a disposición de la municipalidad el manejo de los contratos y costos.
- 4 Se decidió hacer el diseño de la red de alcantarillado sanitario en el casco urbano de San Rafael las Flores para ampliar el sistema existente y mejorar las condiciones de vida de los vecinos. Por consiguiente, se recomienda la implementación de este sistema para promover el desarrollo.
- 5 Es necesario que halla un buen acceso al municipio de San Rafael las Flores, ya que la principal actividad y fuente de ingreso es la agricultura y su comercio, por lo tanto, se debe tomar en cuenta la construcción de un nuevo puente en la calzada principal del municipio.

- 6 El diseño del puente sobre la calzada principal vendrá a sustituir al puente en función actualmente, ya que este puente es solamente de un carril y la capa de rodadura se encuentra en malas condiciones, además su estructura de cimentación se encuentra dañada y en general está construido de mampostería y no de concreto armado o concreto ciclópeo como se hizo en el diseño anterior.

## **RECOMENDACIONES**

- 1 Dado al crecimiento de la población, es necesario contar con estructuras y sistemas eficientes y modernos, por lo tanto, se insta a llevar a cabo obras para beneficio de la población.
- 2 Se sugiere solicitar apoyo a las instituciones por parte de las municipalidades para llevar a cabo proyectos de infraestructura.
- 3 Es aconsejable que entidades del gobierno o entidades privadas efectúen conjuntamente con la municipalidad el manejo de fondos para la realización de proyectos.
- 4 Es necesario que la población beneficiada con los drenajes sea consciente que este sistema es solamente para aguas negras, por lo que no deberán añadir caudales provenientes de bajadas de aguas o patios, y así mantener el sistema en su máxima eficiencia y con el período de diseño propuesto.
- 5 Se recomienda que en el punto donde se encuentra el puente, la municipalidad junto a la población mantengan el río libre de basura, piedras grandes, troncos o cualquier material que obstruya el cauce, ya que se puede dañar la superestructura o podrá socavar las bases si su cauce no es el natural.
- 6 Debe darse un adecuado mantenimiento a todo sistema que lo requiera, para así evitar daños grandes y garantizar un buen funcionamiento durante el período de diseño.



## BIBLIOGRAFÍA

1. Reyes Valenzuela, Marleny. Diseño de drenaje sanitario para la aldea Valle Abajo y barrio Los Laureles y diseño de tanques de almacenamiento y líneas de conducción para el sistema de agua potable de las aldeas Pozas de Agua, Piletas y El Pino del municipio de El Progreso, Jutiapa. Tesis ingeniero civil. Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala. 1998.
2. Divas Paiz, Carlos Manuel. Trazo y diseño del camino que unirá las aldeas Las Flores con Las Brisas en Mataquescuintla, departamento de Jalapa. Tesis ingeniero civil. Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala. Abril de 1983.
3. Canales Portillo, Marvin Enrique. Diseño de tres puentes vehiculares y de un camino vecinal, para el municipio de El Tumbador, departamento de San Marcos. Tesis ingeniero civil. Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala. Octubre de 2002.
4. Instituto de Fomento Municipal, INFOM. **Guía para el diseño de abastecimiento de agua potable a zonas rurales.** Manual de unidad ejecutora del programa de acueductos rurales. Instituto de Fomento Municipal, INFOM – Guatemala. Junio de 1997.

5. Instituto de Fomento Municipal, INFOM. **Sistema nacional de información de agua y saneamiento.** Boleta General (SAS – 1). Instituto de Fomento Municipal, y Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, Guatemala. Enero de 1997.
  
6. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto. **Reglamento de las construcciones de concreto reforzado: *American Concrete Institute* (ACI 318 – 99) y comentarios.** Reglamento internacional de construcción. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto. Diciembre, 1990.
  
7. Cámara Guatemalteca de la Construcción. **Especificaciones generales para Construcción de Puentes y Carreteras.** Libro Azul de Caminos. Ministerio de Comunicaciones y Obras Públicas, república de Guatemala. Febrero de 1997.

## **APÉNDICE 1**

# Libreta topográfica de alcantarillado sanitario

Est	HI	PO	Azimut	Zenit	hm	Abi	Observaciones	Azm. Rads	Zen. Rads	DH	PARCIALES			TOTALES		
											y	x	AY(z)	Y	X	Z
E1	157,5	R1.1	268° 6' 40"	89° 16' 0"	150	43,80	Inicio	4,679	1,558	43,793	-1,443	-43,769	0,636	998,537	100,636	100
	157,5	R1.2	278° 16' 40"	88° 46' 30"	150	43,20	odc	4,805	1,549	43,180	3,972	-43,997	0,998	1003,972	957,003	100,998
	157,5	R1.3	321° 48' 40"	88° 38' 30"	150	4,35	EsN Pos	5,617	1,547	4,348	3,417	-2,688	0,178	1003,417	997,312	100,178
	157,5	R1.4	238° 11' 0"	89° 37' 0"	150	5,10	EsS Pos	4,122	1,564	5,100	2,838	-4,237	0,109	997,162	995,763	100,109
	157,5	R1.5	10° 19' 0"	87° 2' 0"	150	21,40	odc	1,820	1,519	21,343	20,998	3,822	1,181	1020,998	1003,822	101,181
	157,5	R1.6	339° 28' 0"	87° 14' 0"	150	21,40	odc	6,274	1,523	21,330	21,349	-0,199	1,107	1021,349	999,801	101,107
	157,5	R1.7	177° 22' 20"	91° 7' 0"	150	41,80	odc cs	3,086	1,590	41,784	-41,740	1,916	-0,739	998,280	1001,916	99,261
	157,5	R1.8	186° 43' 0"	91° 46' 0"	150	41,00	odc cs	3,259	1,602	40,961	-40,680	-4,791	-1,188	999,320	995,209	98,812
	157,5	R1.9	272° 45' 40"	89° 59' 0"	100	88,80	EsN	4,761	1,571	88,800	4,278	-88,697	0,601	1004,278	911,303	100,601
	157,5	R1.10	272° 33' 20"	90° 1' 0"	100	94,00	EsN	4,757	1,571	94,000	4,191	-93,907	0,548	1004,191	906,093	100,548
	157,5	R1.11	289° 57' 20"	88° 51' 0"	300	91,00	EsS	4,712	1,551	90,963	-0,071	-90,963	0,401	999,929	908,037	100,401
	157,5	E2	181° 43' 20"	92° 10' 30"	100	74,35	Es	3,172	1,609	74,243	-74,210	-2,231	-2,241	925,790	997,769	97,759
E2	156	R2.1	87° 35' 20"	87° 47' 0"	200	154,50	EsN	1,529	1,532	154,269	6,490	154,132	5,531	932,280	1151,901	103,290
	156	R2.2	88° 37' 20"	87° 43' 0"	200	158,70	PVE-2	1,547	1,531	158,448	3,810	158,402	5,878	929,600	1156,171	103,637
	156	R2.3	89° 35' 0"	87° 59' 0"	150	153,00	EsS	1,564	1,536	152,811	1,111	152,806	5,441	926,902	1150,375	103,200
	156	R2.4	89° 10' 20"	87° 0' 0"	150	56,00	odc	1,556	1,518	55,847	0,807	55,841	2,987	926,597	1033,609	100,746
	156	R2.5	84° 50' 20"	87° 3' 0"	150	56,10	odc	1,481	1,519	55,951	5,033	55,725	2,943	930,824	1033,493	100,702
	156	R2.6	309° 54' 0"	90° 24' 0"	150	5,50	EsN	5,409	1,578	5,500	3,528	-4,219	0,022	929,318	993,549	97,781
	156	R2.7	240° 0' 0"	90° 34' 0"	150	4,65	EsS Pos	4,323	1,581	4,650	-1,767	-4,301	0,014	924,024	993,468	97,773
	156	R2.8	31° 0' 20"	89° 40' 0"	150	6,90	EsN	0,543	1,565	6,908	5,908	0,100	0,100	931,698	1001,333	97,731
	156	R2.9	98° 5' 40"	91° 36' 0"	150	3,15	EsS	1,712	1,599	3,148	1,399	3,116	-0,028	925,347	1000,885	97,731
	156	R2.10	183° 54' 0"	92° 43' 0"	100	63,30	odc	3,210	1,618	63,138	-63,012	-4,296	-2,437	862,779	993,473	95,322
	156	R2.11	186° 36' 0"	92° 47' 0"	100	65,00	odc	4,673	1,619	62,851	-62,392	-7,587	-2,496	863,399	990,182	95,263
	156	E3	267° 13' 20"	90° 12' 40"	100	100,30	Es	4,673	1,574	100,469	-4,004	-100,419	0,190	921,786	897,330	97,949
E3	157	R3.1	7° 13' 20"	88° 4' 0"	150	80,00	PVE-1	0,126	1,537	79,909	79,275	10,046	2,767	1001,061	907,396	100,716
	157	R3.2	3° 39' 40"	88° 0' 0"	150	74,90	EsS	0,084	1,536	74,809	74,656	4,777	2,682	996,442	902,127	100,631
	157	R3.3	338° 51' 0"	90° 32' 0"	150	4,65	EsN	5,914	1,580	4,630	4,336	-1,678	0,027	926,123	895,672	97,975
	157	R3.4	237° 8' 0"	89° 59' 0"	150	5,05	EsS Pos	4,139	1,571	5,030	-2,741	-4,242	0,071	919,046	893,108	98,020
	157	R3.5	47° 2' 20"	90° 35' 0"	150	6,30	EsN	0,821	1,381	6,299	4,293	4,610	0,006	926,079	901,960	97,954
	157	R3.6	112° 20' 20"	92° 50' 0"	150	2,80	EsS	1,961	1,620	2,793	-1,062	2,584	-0,068	920,725	899,933	97,880
	157	R3.7	273° 34' 0"	89° 46' 0"	150	51,10	odc	4,775	1,567	51,099	3,179	-51,000	0,278	924,965	846,330	98,227
	157	R3.8	267° 17' 20"	89° 49' 0"	150	51,20	odc	4,665	1,568	51,199	-2,422	0,234	0,234	919,365	846,208	98,182
	157	R3.9	187° 46' 40"	91° 24' 0"	100	72,00	odc	3,277	1,595	71,957	-71,295	-9,738	-1,189	830,491	887,612	96,760
	157	R3.10	184° 8' 40"	91° 21' 0"	100	72,00	odc	3,213	1,594	71,960	-71,778	-5,117	-1,126	830,009	892,233	96,823
	157	E4	186° 4' 20"	91° 35' 40"	100	164,30	Es	3,249	1,599	164,373	-63,430	-17,378	-4,005	758,356	879,772	93,943
	E4	157,5	R4.1	184° 3' 20"	92° 17' 0"	150	62,90	odc pos	3,212	1,611	62,800	-62,643	-4,441	-2,429	695,713	875,331
157,5		R4.2	174° 11' 40"	91° 41' 0"	150	24,30	odc	3,040	1,600	24,279	-24,155	2,456	-0,639	734,202	882,228	93,305
157,5		R4.3	186° 35' 0"	91° 27' 0"	150	23,20	odc cs	3,256	1,596	23,185	-23,032	-2,638	-0,512	735,324	877,114	93,481
157,5		R4.4	212° 29' 20"	92° 35' 0"	150	1,90	EsS	3,709	1,616	1,896	-1,599	-1,018	-0,011	756,737	878,754	93,933
157,5		R4.5	116° 11' 0"	89° 13' 0"	150	5,00	EsS	2,028	1,557	4,486	2,206	4,486	0,143	756,130	884,238	94,087
157,5		R4.6	54° 31' 0"	87° 50' 0"	150	6,05	EsN	0,951	1,533	6,041	3,507	4,919	0,304	761,863	884,691	94,247
157,5		R4.7	342° 23' 0"	88° 25' 0"	150	4,35	EsN	5,976	1,543	4,347	4,143	-1,316	0,195	762,499	878,457	94,138
157,5		R4.8	269° 44' 40"	90° 44' 0"	150	20,30	odc	4,708	1,584	20,497	-0,091	-20,496	-0,187	758,265	839,276	93,756
157,5		R4.9	278° 45' 40"	91° 4' 0"	150	20,30	odc	4,865	1,589	20,483	3,121	-20,254	-0,307	761,478	839,518	93,637
157,5		R4.10	270° 14' 0"	92° 28' 0"	300	56,10	odc	4,716	1,614	55,996	0,228	-55,996	-3,837	758,584	823,776	90,106
157,5		R4.11	276° 14' 20"	94° 24' 0"	200	54,90	odc	4,821	1,648	54,577	5,931	-54,254	-4,624	764,287	825,518	89,319
157,5		R4.12	271° 18' 40"	94° 41' 0"	150	108,00	Puente	4,735	1,653	107,280	2,455	-107,252	-8,714	760,811	772,520	85,230

Máxima: 1.021,349  
Mínima: 695,713  
Diferencia: 325,636

Máxima: 1.156,171  
Mínima: 772,520  
Diferencia: 383,651





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



INFORME No. 343 S.S.

O.T. No.

20,479

Interesado: Jorge Antonio García Méndez

Tipo de Ensayo: Análisis Granulométrico, con tamices y lavado previo.

Norma: A.A.S.H.T.O. T-27, T-11

Proyecto: Trabajo de Graduación - EPS

Procedencia: San Rafael Las Flores, Santa Rosa

Fecha: 30 de agosto de 2006

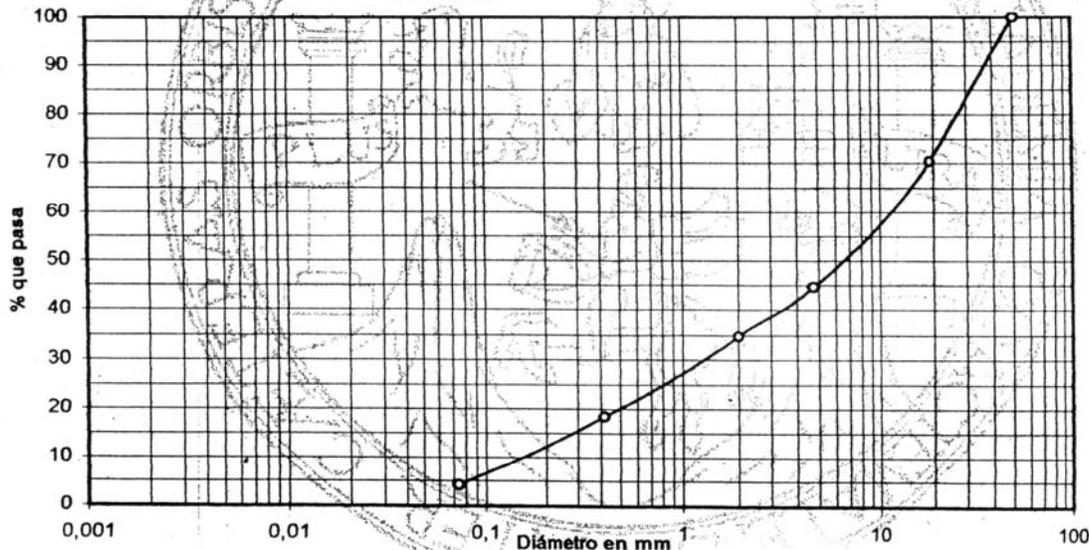
Muestra No. Balasto

Análisis con Tamices:		
Tamiz	Abertura (mm)	% que pasa
2"	50,8	100,00
3/4"	19,00	70,39
4	4,76	44,64
10	2,00	34,76
40	0,42	18,45
200	0,074	4,29

% de Grava: 55,36

% de Arena: 40,35

% de Finos: 4,29



Descripción del suelo: Grava con arena color gris  
 Clasificación: S.C.U.: GW P.R.A.: A-1-a  
 Observaciones: Muestra tomada por el interesado.

Atentamente,



Vo. Bo. X

Ing. Cesar Alfonso García Guerra  
 DIRECTOR CII/USAC.



*Omar E. Medrano Méndez*  
 Ing. Omar Enrique Medrano Méndez  
 Jefe Sección Mecánica de Suelos



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



INFORME No. 344 S.S.

O.T. No. 20,479

Interesado: Jorge Antonio García Méndez  
Proyecto: Trabajo de Graduación - EPS

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

Ubicación: San Rafael Las Flores, Santa Rosa

FECHA: 30 de agosto de 2006

**RESULTADOS:**

ENSAYO No.	MUESTRA	L.L. (%)	I.P. (%)	C.S.U. *	DESCRIPCION DEL SUELO
1	Balasto	Material no plástico		GW	Grava con arena color gris

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

Observaciones: Muestra tomada por el personal del laboratorio

Atentamente,

Vo. Bo.

*X*  
Ing. Cesar Alfonso García Guerra  
DIRECTOR CH/USAC

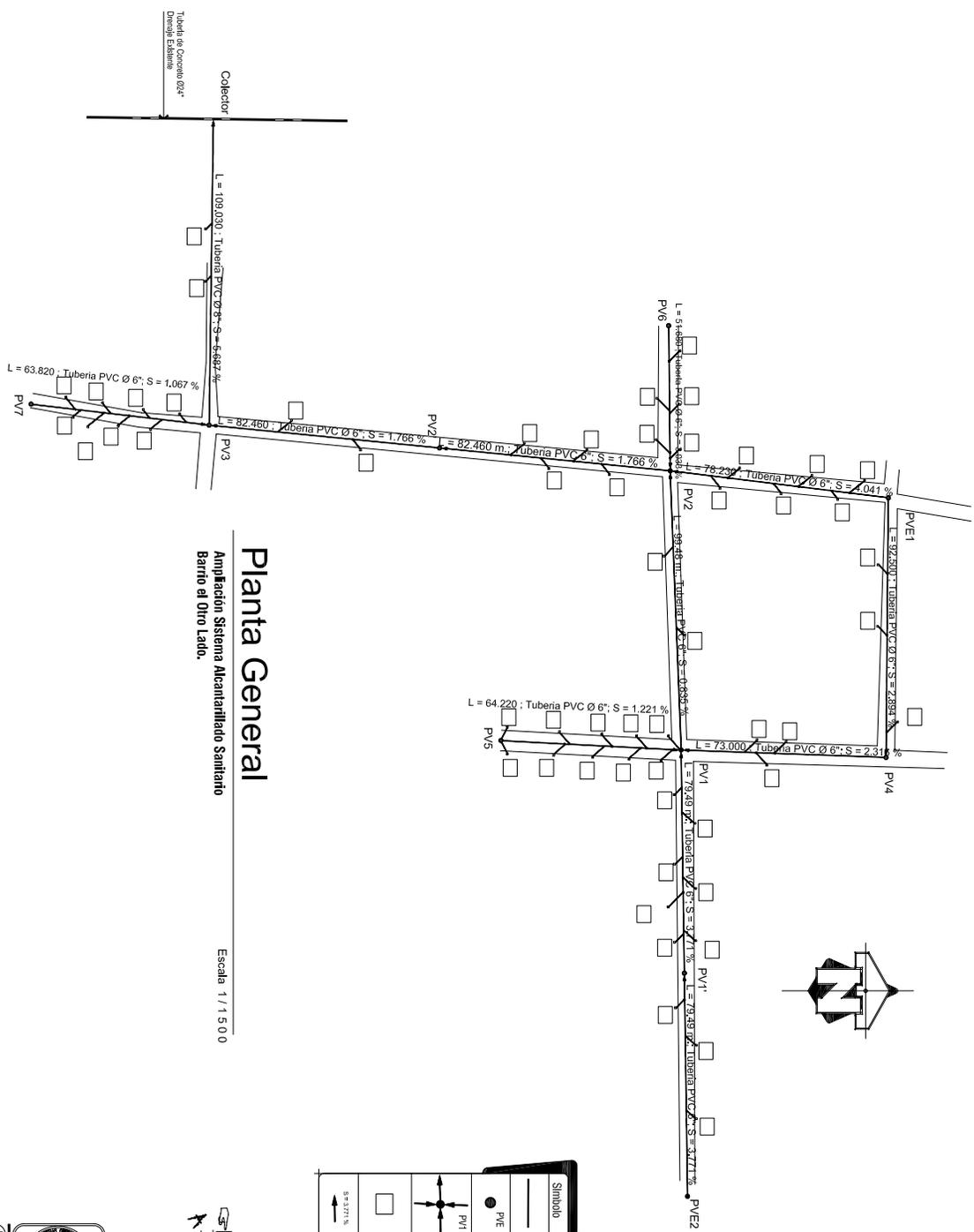


*Omar E. Medrano Méndez*  
Ing. Omar Enrique Medrano Méndez  
Jefe Sección Mecánica de Suelos





## **APÉNDICE 2**



# Planta General

Ampliación Sistema Alcantarillado Sanitario  
Barrio el Otro Lado.

Escala 1/1500

Nomenclatura	
	Tubería Alcantarillado Sanitario o Inducido
	Pozos de Vistas Exteriores
	Pozos de Vistas
	Indica Casas y/o Domicilios
	Indica Dirección de Flujo y Pendiente

## Notas

Tubería PVC Norma ASTM 3034

**Universidad de San Carlos de Guatemala**  
Facultad de Ingeniería (E.P.S.)  
Escuela Profesional Supervisado (E.P.S.)

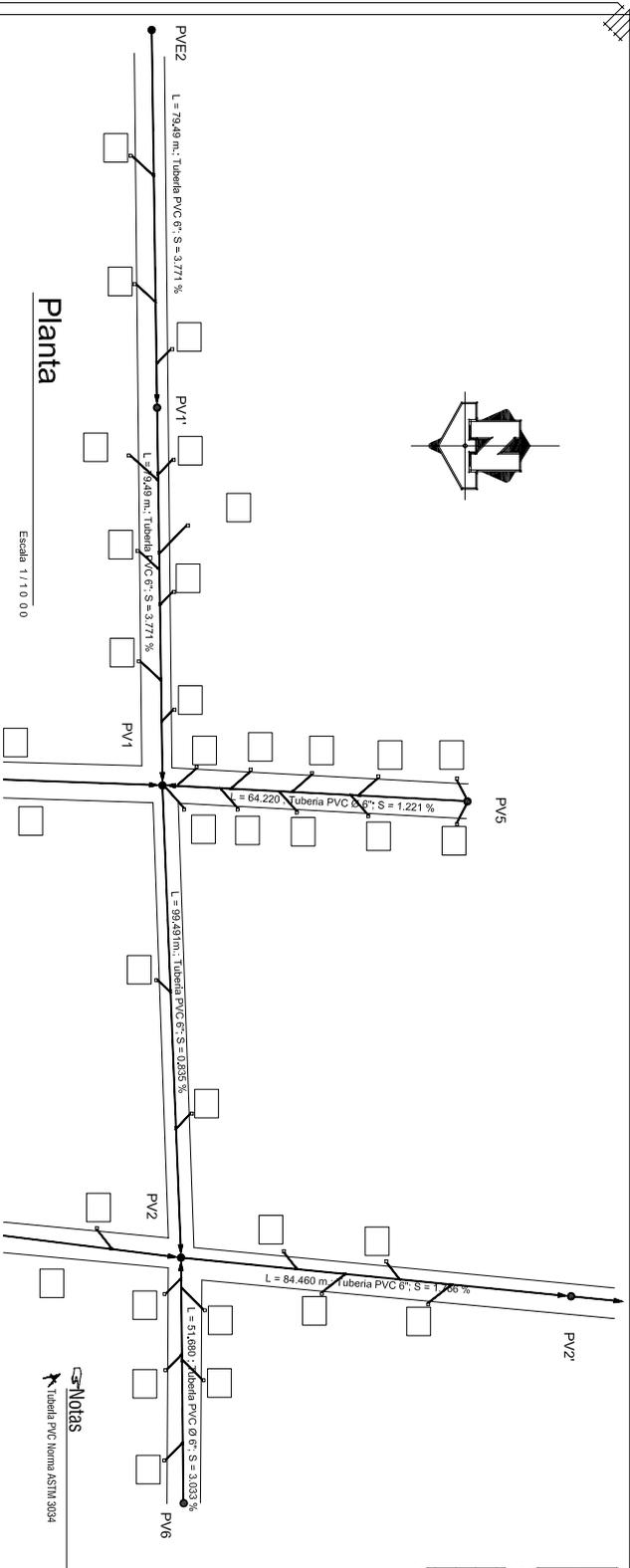
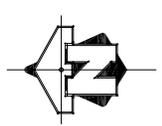
**Proyecto:** Ampliación Sistema Alcantarillado Sanitario Barrio el Otro Lado.

**Proyectista:** Msc. Carlos de San Román Las Flores, Sarda Rosa

**Coordinador:** Msc. José Antonio Cruz Méndez, Departamento de Saneamiento

**Comité:**

Presidente:	José Antonio Cruz Méndez	Colegio:	2008-11127
Vicepresidente:	José Antonio Cruz Méndez	Fecha:	1
Secretario:	José Antonio Cruz Méndez	Hoja No.:	6

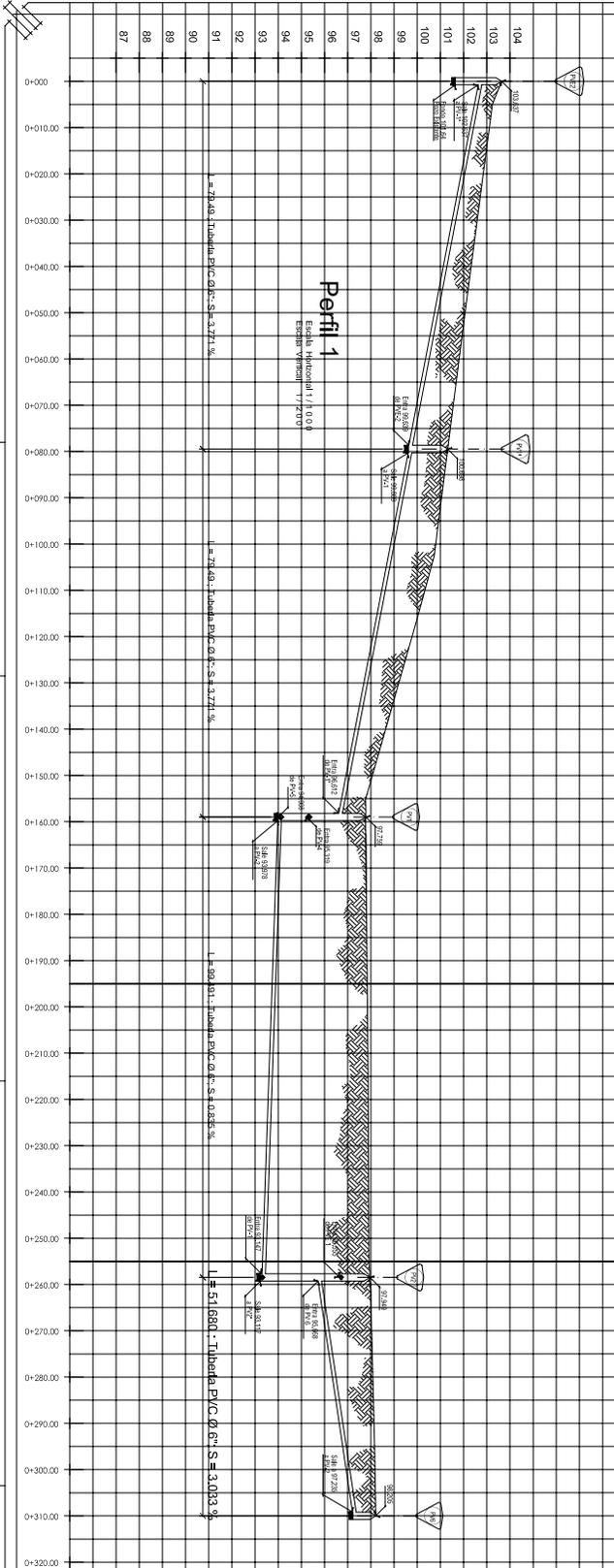


# Planta

Escala 1/1 0 0 0

Notas  
 Tubería PVC Norma ASTM 3034

Nomenclatura	
	Perfil del Terreno
	Tubería Alcantarillado Simbolo Ø Indicado
	Considera Ductillar
	Pozos de Vías
	Pozos de Vías Externos



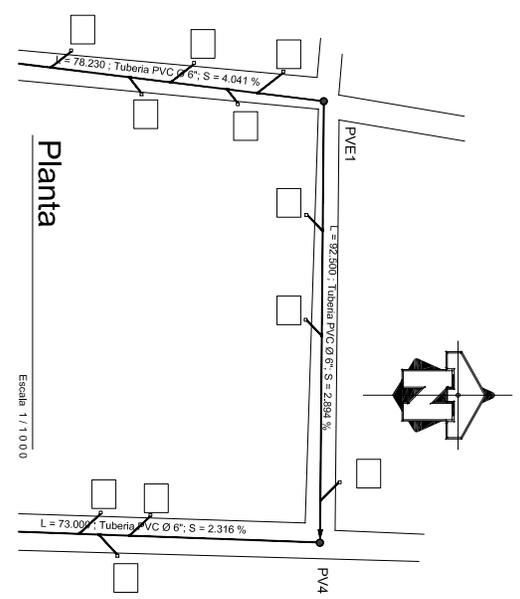
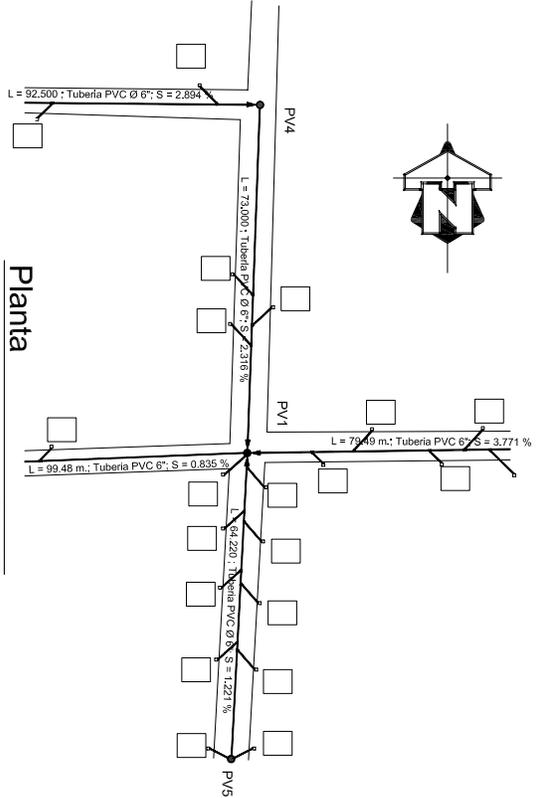
**Universidad de San Carlos de Guatemala**  
**Facultad de Ingeniería (E.P.S.)**  
**Escuela Profesional de Ingeniería**

**Proyecto: Instalación de Saneamiento Básico**  
 Instalación de Saneamiento Básico en el Barrio San Juan, Municipio de San Rafael Las Flores, Zona Rosa, Guatemala.

**Planta - Perfil 1**  
 Autor: Jorge Acosta Cardo Alvarado  
 Fecha: 2006-11-27  
 Hoja No. 2  
 Total: 6

Nombre: **Jorge Acosta Cardo Alvarado**  
 Cédula Profesional: **1000-1127**  
 Firma: **Jorge Acosta Cardo Alvarado**  
 Fecha: **May 2007**





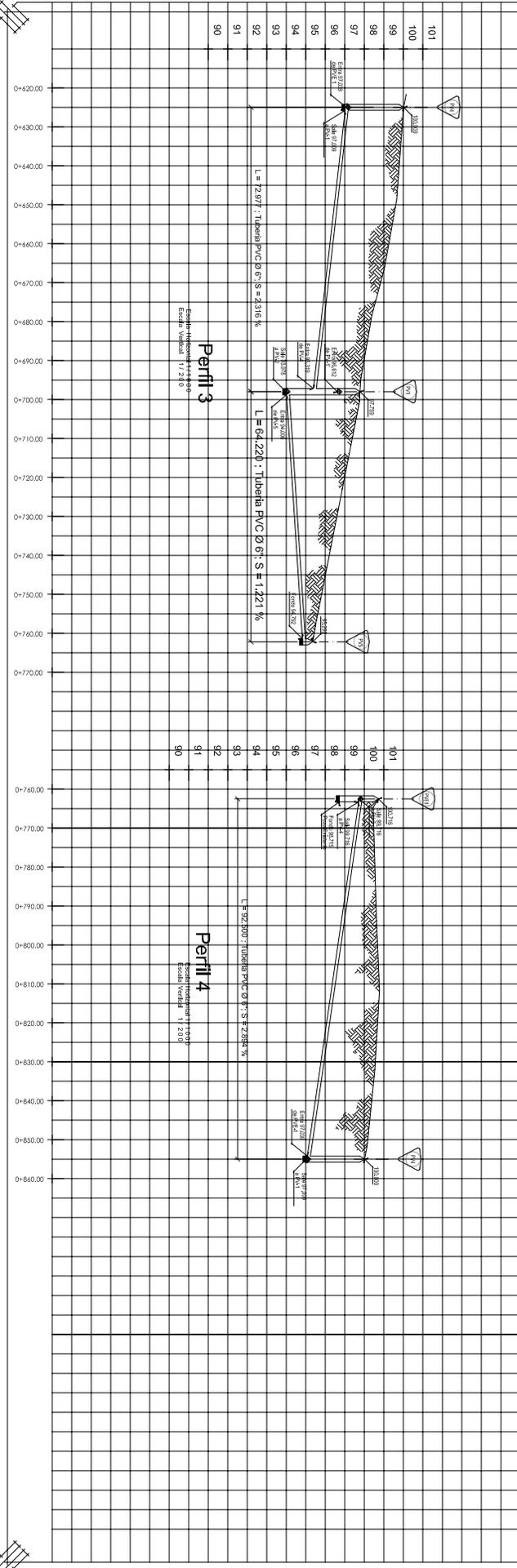
Planta

Escala 1/1.000

Planta

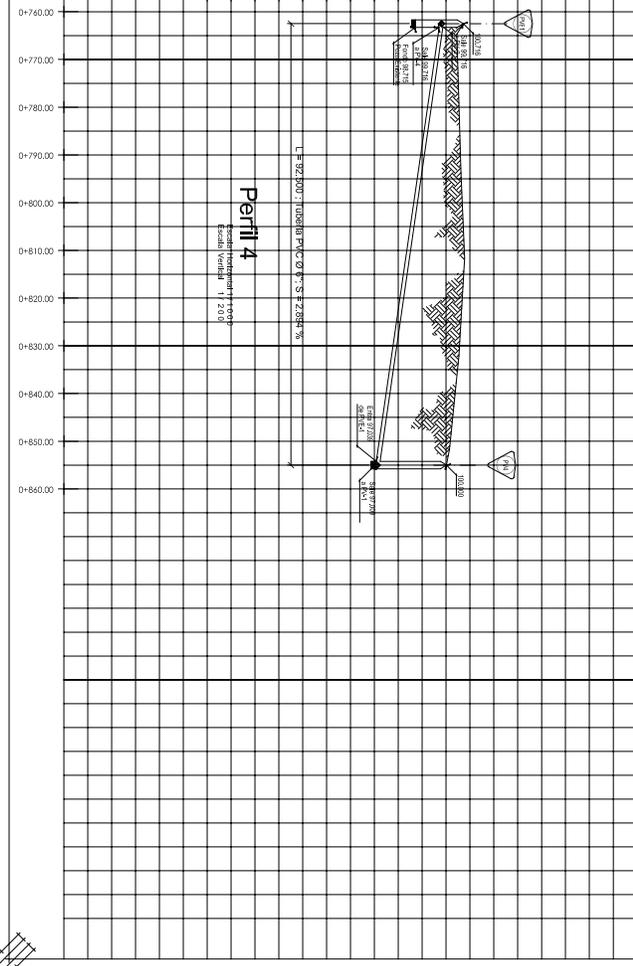
Escala 1/1.000

Notas  
 Tubería PVC Norma ASTM 3034



Perfil 3

Escala Horizontal 1/1.000  
 Escala Vertical 1/2.00

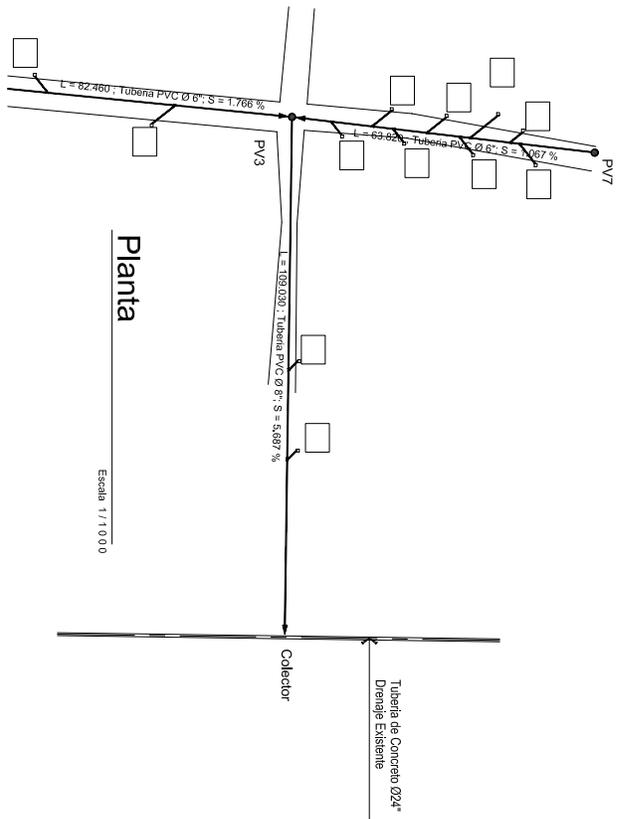


Perfil 4

Escala Horizontal 1/1.000  
 Escala Vertical 1/2.00

	
<b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b> <b>Facultad de Ingeniería (E.P.S.)</b> <b>Escuela Profesional de Ingeniería</b>	
<b>Proyecto: Instalación de un sistema de drenaje</b> <b>Sistema de drenaje</b>	
<b>Problema:</b> Manifiestación de San Rafael Las Flores, Zona Rosa <b>Ubicación:</b> San Rafael Las Flores, Departamento de San José	
<b>Comentarios:</b>	<b>Planta - Perfil 3 y 4</b>
<b>Elaborado por:</b> Jorge Antonio Cardo Muñoz <b>Fecha:</b> 2008-11-27	<b>Hojas:</b> 4 <b>Total:</b> 6
<b>Revisado por:</b> NERISSA <b>Fecha:</b> Mayo 2009	<b>Trayectoria:</b> 4 <b>Estado:</b> 6

Nomenclatura	
	Perifoneo
	Tubería de drenaje
	Perifoneo con tubería
	Perifoneo con tubería y pendiente
	Perifoneo con tubería y pendiente y manhole



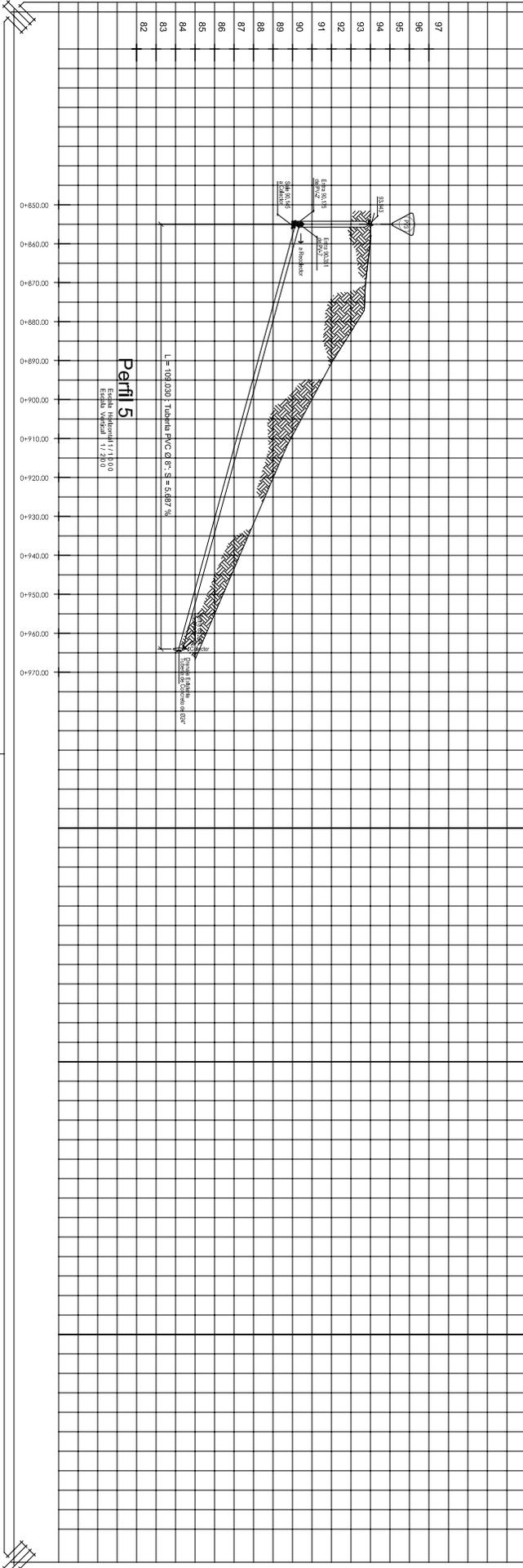
**Planta**

Escala 1/1'000



Nomenclatura	
	Perfil del orero
	Tubera Aceroalloy Sintina Ø Indefinido
	Compuja Dornáiler
	Pozos de Vías
	Pozos de Vías Existentes

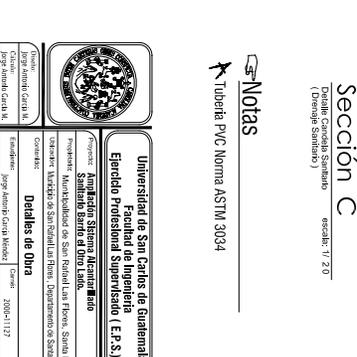
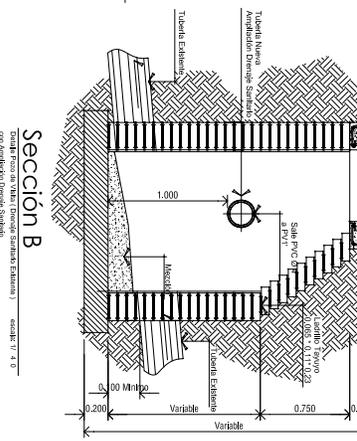
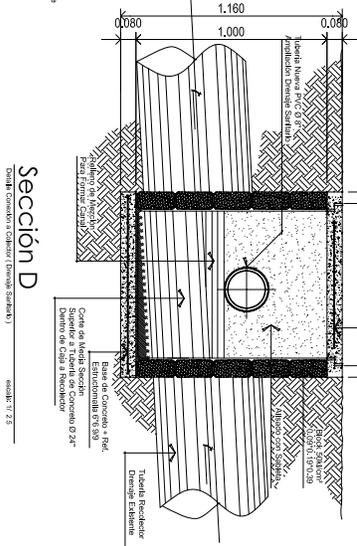
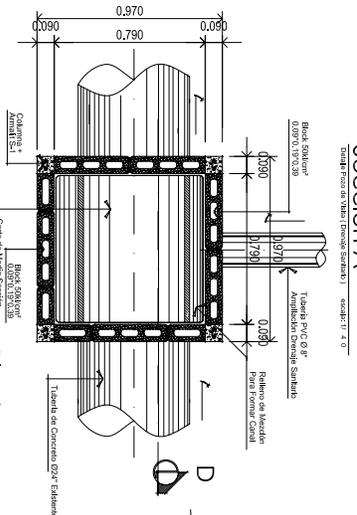
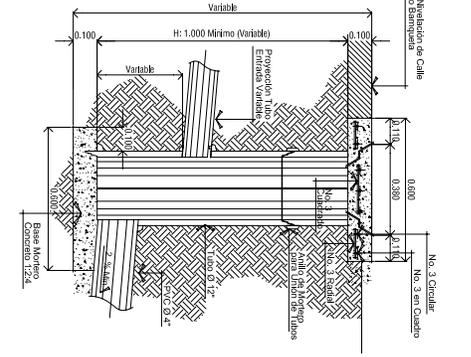
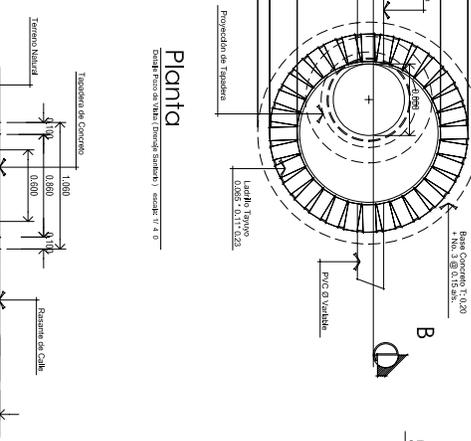
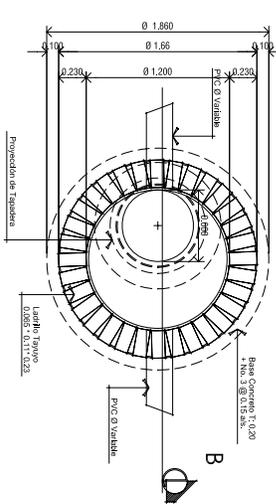
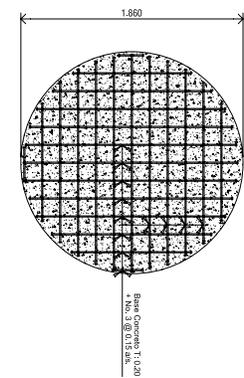
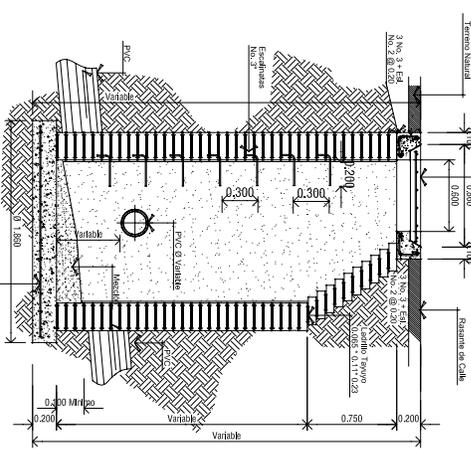
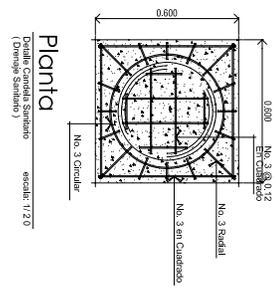
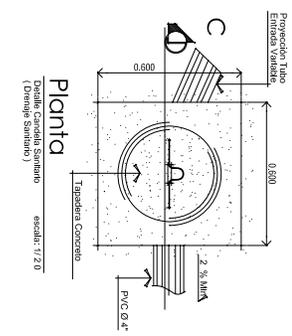
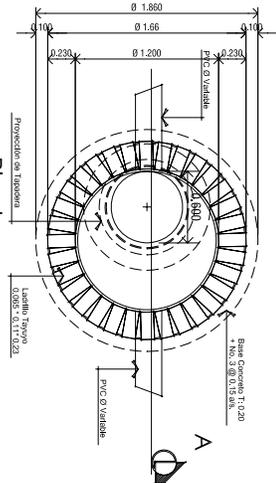
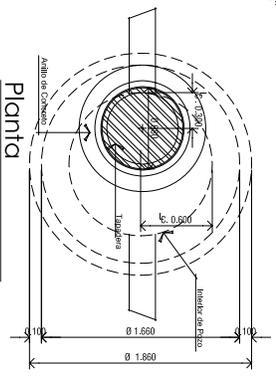
**Notas**  
 1 Tubera PVC Norma ASTM 3034



**Perfil 5**

Escala Vertical 1/1'000  
 Escala Horizontal 1/2'000

<b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b> <b>Facultad de Ingeniería (E.P.S.)</b> <b>Ejercicio Profesional Supervisado</b>	
<b>Proyecto: Instalación de Saneamiento Básico</b> Instalación de Saneamiento Básico en el Barrio San Juan de los Rios, Sanarate, Departamento de Sanarate	
<b>Comentarios:</b>	
<b>Proyecto:</b> Instalación de Saneamiento Básico	<b>Fecha:</b> 2008-11-27
<b>Proyectista:</b> José Antonio Carril Muñoz	<b>Escala:</b>
<b>Revisor:</b>	<b>Hoja No.:</b> 5
<b>Fecha:</b> Mayo 2008	<b>Total Hojas:</b> 6



**Notas**  
 Tubo PVC Norma ASTM 3034

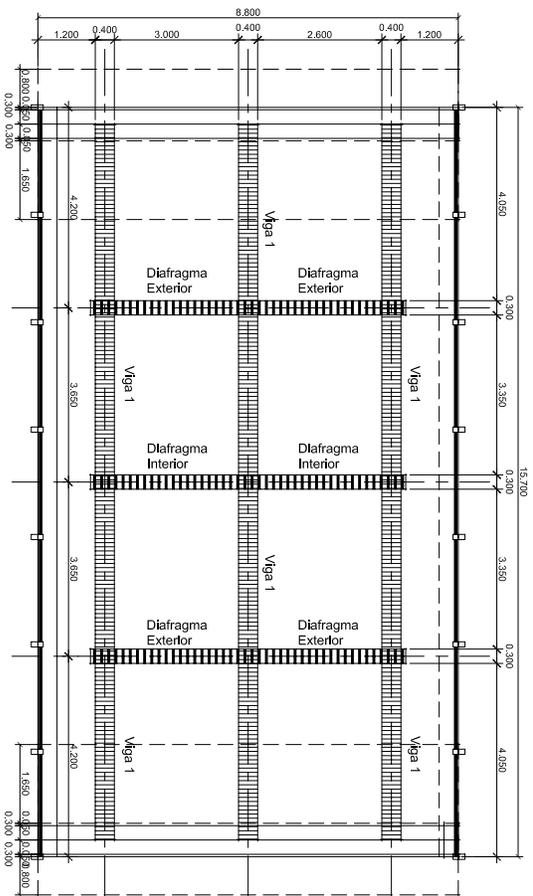
**Universidad de San Carlos de Guatemala**  
**Facultad de Ingeniería**  
**Escuela Profesional de Ingeniería (E.P.S.)**

**San Carlos de Guatemala**  
 Ingeniería de San Carlos de Guatemala

**Detalles de obra**

Proyecto	San Carlos de Guatemala
Proyectista	Manuel Alejandro de San Carlos de Guatemala
Revisor	Manuel Alejandro de San Carlos de Guatemala
Fecha	Marzo 2020
Hoja No.	6
Total	6

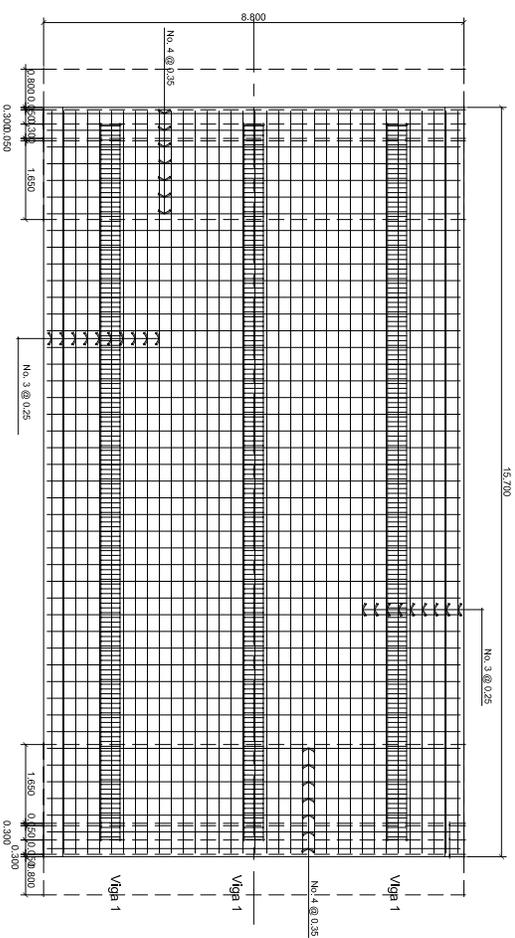




### Planta

Ubicación de Vigas + Diafragmas

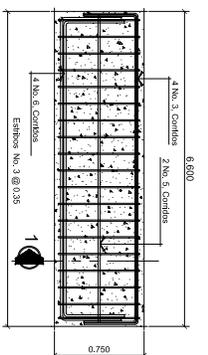
Escala 1 / 100



### Planta

Armado de Losa (Cama Superior)

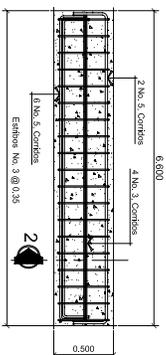
Escala 1 / 100



### Detalle

Diafragma Externo

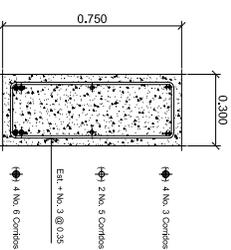
Escala Horizontal 1 / 100  
Escala Vertical 1 / 20



### Detalle

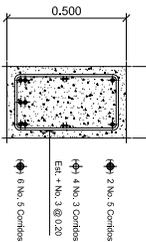
Diafragma Interno

Escala Horizontal 1 / 100  
Escala Vertical 1 / 20



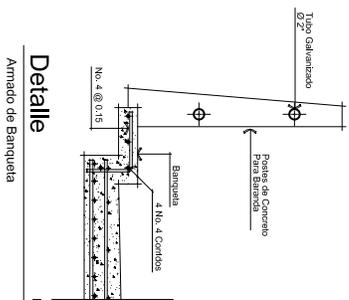
### Sección 1

Diafragma Interno  
Escala 1 / 20



### Sección 2

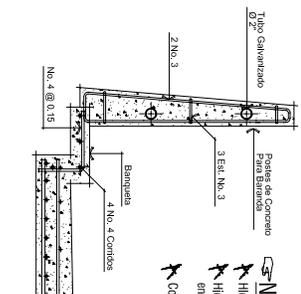
Diafragma Externo  
Escala 1 / 20



### Detalle

Armado de Banqueta

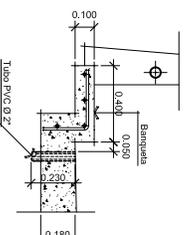
Escala 1 / 25



### Detalle

Armado de Poste

Escala 1 / 25



### Detalle

Bajada de Agua Pluvial

Escala 1 / 25



**Universidad de San Carlos de Guatemala**  
Facultad de Ingeniería  
Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.)

Proyecto: Diseño Puente en Entrada a San Rafael Las Flores  
Propietario: Municipio de San Rafael Las Flores, Departamento de Santa Rosa  
Ubicación: Carretera San Rafael Las Flores, Departamento de Santa Rosa

**Planta + Detalles**

Elaborado: Jorge Zavala García Michel | Carrer. 20/04/11/27  
Vigilado: Jorge Zavala García Michel | Carrer. 20/04/11/27

Autores:  
Cálculo: Jorge Zavala García Michel  
Diseño: Jorge Zavala García Michel  
Escala: INOCIDA  
Fecha: Mayo 2007

Ingeniería de Estructuras  
Ingeniero de Estructuras  
Ingeniero de Estructuras

Página No. 2 / 3

