

**Universidad de San Carlos de Guatemala**

**Facultad de Ingeniería**

**Escuela de Ingeniería Civil**

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA  
EL CANTÓN SALACHÉ Y PUENTE VEHICULAR PARA EL CASERÍO  
MANGALES, MUNICIPIO DE MAZATENANGO, DEPARTAMENTO DE  
SUCHITEPÉQUEZ.**

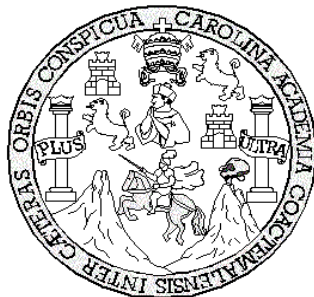
**Manuel Daniel Tzicap López**

**Asesorado por el Ing. Juan Merck Cos**

**Guatemala, marzo de 2010**



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA  
EL CANTÓN SALACHÉ Y PUENTE VEHICULAR PARA EL CASERÍO  
MANGALES, MUNICIPIO DE MAZATENANGO, DEPARTAMENTO DE  
SUCHITEPÉQUEZ.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

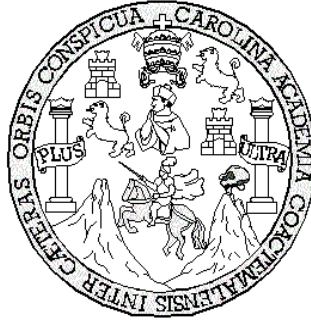
**MANUEL DANIEL TZICAP LÓPEZ.**  
ASESORADO POR EL ING. JUAN MERCK COS  
AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO CIVIL**

GUATEMALA, MARZO DE 2010



**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 Spinola
VOCAL III	Ing. Miguel Angel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Luis Pedro Ortiz de León
VOCAL V	Br. José Alfredo Ortiz Herincx
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Juan Merck Cos
EXAMINADOR	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
SECRETARIO	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas



## HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA  
EL CANTÓN SALACHÉ Y PUENTE VEHICULAR PARA EL CASERÍO  
MANGALES, MUNICIPIO DE MAZATENANGO, DEPARTAMENTO DE  
SUCHITEPÉQUEZ,**

tema que me fue asignado por la Dirección de Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 05 de agosto de 2009.

Manuel Daniel Tzicap López.

Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería



UNIDAD DE E.P.S.

Guatemala 15 de enero de 2010.  
Ref.EPS.DOC.34.01.10.

Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano  
Directora 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 **Manuel Daniel Tzicap López** de la Carrera de Ingeniería Civil, con carné No. **200512062**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **“DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL CANTÓN SALACHÉ Y PUENTE VEHICULAR PARA EL CASERÍO MANGALES, MUNICIPIO DE MAZATENANGO, DEPARTAMENTO DE SUCHITEPÉQUEZ”**.

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. Juan Merck Cos  
Asesor-Supervisor de EPS  
Área de Ingeniería Civil

c.c. Archivo  
JMC/ra



---

Edificio E.P.S., Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala,  
Ciudad Universitaria zona 12, tel. (502) 2442-3509



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería



UNIDAD DE E.P.S.

Guatemala, 15 de enero de 2010.  
P.IC.34.01.10.

Ingeniero  
Hugo Leonel Montenegro Franco  
Director de Escuela de Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería  
Su Despacho

Estimado Ingeniero Montenegro Franco.

Por este medio le envío para el dictamen y aprobación respectiva el anteproyecto del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.) titulado: **“DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL CANTÓN SALACHÉ Y PUENTE VEHICULAR PARA EL CASERÍO MANGALES, MUNICIPIO DE MAZATENANGO, DEPARTAMENTO DE SUCHITEPÉQUEZ”**. Para realizar dicho proyecto en un período mínimo de **Seis meses** fue seleccionado el estudiante universitario **Manuel Daniel Tzicap López** carné No. **200512062**, quien cursa la Carrera de Ingeniería Civil y es debidamente asesorado y supervisado por el Ingeniero Juan Merck Cos.

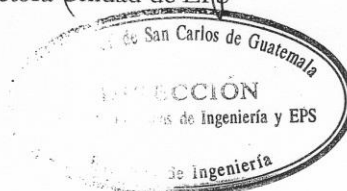
Sin otro particular y agradeciendo de antemano su colaboración.

Atentamente,

*“Id y Enseñad a Todos”*

Inga. Norma Ileana Sarmiento Zecena de Serrano  
Directora Unidad de EPS

cc. Archivo  
NISZ/ra





FACULTAD DE INGENIERIA

Guatemala,  
19 de febrero de 2010

Ingeniero  
Hugo Leonel Montenegro Franco  
Director de la Escuela de Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería  
Presente

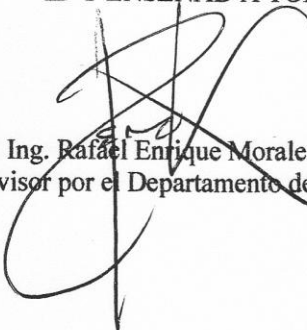
Estimado Ing. Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL CANTÓN SALACHÉ Y PUENTE VEHICULAR PARA EL CASERÍO MANGALES, MUNICIPIO DE MAZATENANGO, DEPARTAMENTO DE SUCHITEPÉQUEZ**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Manuel Daniel Tzicap López, quien contó con la asesoría del Ing. Juan Merck Cos..

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 INGENIERIA

Guatemala,  
5 de febrero 2010

Ingeniero  
Hugo Leonel Montenegro Franco  
Director de la Escuela de Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería  
Presente

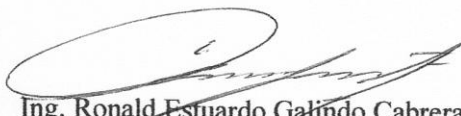
Estimado Ing. Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL CANTÓN SALACHÉ Y PUENTE VEHICULAR PARA EL CASERÍO MANGALES, MUNICIPIO DE MAZATENANGO, DEPARTAMENTO DE SUCHITEPÉQUEZ** desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Manuel Daniel Tzicap López, quien contó con la asesoría del Ing. Juan Merck Cos.

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 INGENIERIA  
DEPARTAMENTO  
DE  
ESTRUCTURAS  
USAC

/bbdeb.



**FACULTAD DE INGENIERIA**

El Director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Juan Merck Cos y de la Directora de la Unidad de E.P.S. Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña, al trabajo de graduación del estudiante Manuel Daniel Tzicap López, titulado DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL CANTÓN SALACHÉ Y PUENTE VEHICULAR PARA EL CASERÍO MANGALES, MUNICIPIO DE MAZATENANGO, DEPARTAMENTO DE SUCHITEPÉQUEZ, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

  
Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, marzo de 2010

/bbdeb.

Universidad de San Carlos  
De Guatemala



Facultad de Ingeniería  
Decanato

Ref. DTG.086-2010

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL CANTÓN SALACHÉ Y PUENTE VEHICULAR PARA EL CASERÍO MANGALES, MUNICIPIO DE MAZATENANGO, DEPARTAMENTO DE SUCHITEPÉQUEZ**, presentado por el estudiante universitario **Manuel Daniel Tzicap López**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  
Decano

Guatemala, marzo de 2010



/cc



## **AGRADECIMIENTOS A:**

- Dios** Por brindarme sabiduría, fuerza y valor para alcanzar esta meta.
- Mis padres** Por su amor, sus sabios consejos, sacrificios, esfuerzo y dedicación manifestados cada día.
- Mis hermanos** Por su ayuda y apoyo incondicional, dándome motivaciones para alcanzar este triunfo.
- Ing. Erik Tzicap** Por su ayuda y colaboración en el desarrollo de mi EPS.
- Ing. Juan Merkc Cos** Por su asesoría en el presente trabajo de graduación.
- Juan José Cordero** Por su ayuda en mi EPS.
- La Universidad de San Carlos de Guatemala** Por brindarme la formación académica.





## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Dios</b>	Por permitirme alcanzar esta meta.
<b>Mis padres</b>	Manuel Aparicio Tzicap Tzoc. Paula Guadalupe López Pivaral.
<b>Mis hermanos</b>	Erik, Byron, Lily y Paola.
<b>Mis amigos</b>	Por compartir conmigo dentro y fuera de la universidad.
<b>Mi familia</b>	Por su apoyo y motivación.



# ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</b>	<b>V</b>
<b>LISTA DE SÍMBOLOS</b>	<b>VII</b>
<b>GLOSARIO</b>	<b>IX</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>XIII</b>
<b>OBJETIVOS</b>	<b>XV</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>XVII</b>
<b>1. FASE DE INVESTIGACIÓN</b>	
1.1 Monografía del lugar	1
1.1.1. Localización y ubicación	1
1.1.2. Colindancias	2
1.1.3. Vías de acceso	2
1.1.4. Topografía	3
1.1.5. Población e idioma	4
1.1.6. Actividades económicas y productivas	5
1.1.7. Aspectos climáticos	5
1.1.8. Educación	5
1.1.9. Servicios públicos	5
1.1.9.1 Comunicación y transporte	5
1.1.9.2 Agua potable	6
1.1.9.3 Drenajes	6

1.1.9.4 Electricidad	6
1.2. Investigación diagnóstica sobre necesidades y servicios básicos e infraestructura.	6
1.2.1. Descripción de necesidades	6
1.2.2. Evaluación y priorización de las necesidades	7
<b>2. SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL</b>	<b>9</b>
2.1 Diseño del puente vehicular para el caserío Mangales	9
2.1.1 Descripción del proyecto	9
2.1.2 Estudios preliminares	11
2.1.3 Levantamiento topográfico	11
2.1.4 Evaluación de la calidad del suelo por medio del ensayo de compresión triaxial	11
2.1.4.1 Determinación del valor soporte del suelo	11
2.1.5 Criterios y especificaciones para el diseño de puente de concreto de sección de viga y losa	13
2.1.6 Cálculo de caudales máximos	14
2.1.6.1 Método sección pendiente	14
2.1.7 Diseño de la superestructura	17
2.1.7.1 Diseño del tramo de 19.50 m de luz	17
2.1.7.2 Diseño de losa	17
2.1.7.3 Diseño de pasamanos	24
2.1.7.4 Diseño de diafragmas en losa	28
2.1.7.5 Diseño de vigas	30
2.1.8 Diseño de subestructura	42
2.1.8.1 Diseño de cortina y viga de apoyo	42
2.1.8.2 Diseño de estribo	49
2.1.8.3 Diseño de zapata	55
2.1.9 Obras de protección	62

2.1.10	Elaboración de planos	62
2.1.11	Elaboración de presupuesto	63
<b>3.</b>	<b>DISEÑO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL CANTÓN SALACHÉ.</b>	<b>65</b>
3.1	Descripción del proyecto	65
3.2	Levantamiento topográfico	65
3.3	Fuentes de abastecimiento de agua potable	66
3.4	Caudal de aforo	66
3.5	Análisis de la calidad del agua	66
3.5.1	Exámen bacteriológico	67
3.5.2	Análisis físico-químico sanitario	67
3.6	Criterios de diseño hidráulico	68
3.6.1	Período de diseño	68
3.6.2	Población de diseño	68
3.6.3	Dotación	68
3.6.4	Factores de consumo	69
3.6.4.1	Factor de día máximo	69
3.6.4.2	Factor de hora máxima	69
3.7	Determinación de caudales	69
3.7.1	Caudal medio diario	70
3.7.2	Caudal día máximo	70
3.7.3	Caudal hora máxima	70
3.8	Línea de conducción	71
3.8.1	Línea de distribución	71
3.8.2	Red de distribución	73
3.9	Desinfección	74
3.10	Cálculo hidráulico de la red	74
3.10.1	Caudal de uso instantáneo	74

3.10.2	Caudal unitario	75
3.10.3	Diámetro de tubería	75
3.10.4	Velocidad del agua	76
3.10.5	Cota piezométrica	77
3.10.6	Presión dinámica	77
3.11	Conexiones domiciliarias	78
3.12	Obras de arte	79
3.13	Válvulas	79
3.13.1	Válvulas de compuerta	80
3.14	Programa de operación y mantenimiento	80
3.15	Tarifa	80
3.16	Evaluación socio-económica	81
3.16.1	Valor presente neto	81
3.16.2	Tasa interna de retorno	81
3.17	Evaluación de impacto ambiental	82
3.18	Elaboración de planos	83
3.19	Elaboración de presupuesto	83
	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>85</b>
	<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>87</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>89</b>
	<b>ANEXOS</b>	<b>91</b>
	<b>APÉNDICE</b>	<b>105</b>

# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## FIGURAS

1	Mapa del departamento de Suchitepéquez	1
2	Mapa de localización del caserío Mangales	2
3	Mapa fisiográfico del departamento Suchitepéquez	3
4	Mapa geológico del departamento Suchitepéquez	4
5	Geometría de superestructura	18
6	Corte seccional de losa	19
7	Esquema final armado de losa	24
8	Diagrama de cargas y punto de aplicación para diseño de barandal	25
9	Diagrama de cargas para diseño de postes	26
10	Detalle armado de diafragma externo	29
11	Detalle armado de diafragma interno	30
12	Sección transversal de superestructura	31
13	Diagrama de carga viva sobre viga	33
14	Diagrama de factor de distribución de carga viva en puente	35
15	Diagrama de posición de camión que produce el cortante máximo	39
16	Diagrama para relación de corte en viga	40
17	Detalle armado de viga principal	41
18	Esquema de planchas de neopreno	48
19	Detalle armado de cortina y viga de apoyo	49
20	Geometría de subestructura	50

21	Esquema de áreas para cálculo de corte simple en zapata	57
22	Esquema de áreas para cálculo de corte punzonante en zapata	58
23	Esquema de zapata	62

### **TABLAS**

I	Necesidades del caserío Mangales	7
II	Priorización del caserío Mangales	7
III	Momento de volteo	52
IV	Momento estabilizante	52
V	Presupuesto para la construcción del puente	64
VI	Presupuesto para la construcción de abastecimiento de agua potable	84



## LISTA DE SÍMBOLOS

AASHTO	Asociación Oficial Americana de Carreteras y Transporte
$\rho$	Peso volumétrico del suelo
ACI	Instituto Americano del Concreto
As	Área de acero
As máx	Área de acero máxima
As mín	Área de acero mínima
B	Ancho de Zapata
b	Base
Cu	Cohesión del suelo
d	Peralte efectivo
f'c	Resistencia nominal del concreto
fy	Resistencia nominal del acero
h	Altura de la viga
H	Altura de carga disponible
hf	Pérdida de carga
L	Longitud de tubería en metros
M cm	Momento por carga muerta
M cv	Momento por carga viva
Mu	Momento último
N $\rho$	Factor de capacidad de carga debido al peso del suelo
n	Coefficiente de rugosidad
Nc	Factor de capacidad de carga debido a la cohesión
Nq	Factor de capacidad de carga debido a la sobrecarga
$\phi$	Ángulo de fricción Interna

P	Sobrecarga
P máx	Presión máxima sobre el suelo
Q	Caudal
qu	Capacidad de carga límite
R	Radio hidráulico
S	Pendiente
t	Espesor de losa
V	Velocidad
V cm	Corte por carga muerta
V cv	Corte por carga viva
V u	Esfuerzo cortante último
Vs	Valor soporte del suelo
Z	Profundidad de realización de prueba de triaxial

## GLOSARIO

<b>Aforo.</b>	Es el promedio de llenado de un recipiente con volumen conocido, está dado en litros sobre segundo.
<b>Aproche.</b>	Son estructuras o rellenos para alcanzar la rasante.
<b>Carga muerta.</b>	Es el peso propio de la estructura y es permanente.
<b>Carga última.</b>	Sumatoria de las cargas actuantes en una estructura amplificadas por un factor de seguridad.
<b>Carga viva.</b>	Es el peso de las cargas que pueden variar en magnitud y posición.
<b>Caudal.</b>	Es la cantidad de fluido que avanza en una unidad de tiempo.
<b>Concreto reforzado.</b>	Es la mezcla proporcionada de arena, grava y cemento, amasada con agua, combinada con acero para obtener un elemento resistente y duradero.
<b>Consumo.</b>	Es la cantidad de recursos naturales (agua), que utiliza el ser humano.
<b>Cota piezométrica.</b>	Es la altura hidráulica que se tiene en un punto dado.

<b>Demanda de agua.</b>	Es la cantidad de agua que requiere una unidad consumidora.
<b>Diseño.</b>	Es el de trabajo de gabinete, en el que se elabora cada elemento del proyecto, según los datos obtenidos en el estudio preliminar y de campo.
<b>Dotación.</b>	Es la cantidad de agua asignada a una unidad consumidora.
<b>Esfuerzo.</b>	Es la fuerza aplicada por unidad de área.
<b>Estribos.</b>	Son varillas transversales de acero, que resisten los esfuerzos de corte en el alma de la viga.
<b>Momento.</b>	Es el producto de la intensidad de una fuerza por la distancia a un punto.
<b>Peralte.</b>	Es la altura efectiva de una viga.
<b>Recubrimiento.</b>	Es la distancia desde la fibra extrema en un elemento de concreto reforzado hacia la ubicación del acero para su protección.
<b>Subestructura.</b>	Es el conjunto de elementos estructurales que transmiten las cargas al suelo y le dan estabilidad a toda la estructura.

**Superestructura.** Es el conjunto de elementos estructurales que soportan directamente las cargas que se le aplican.



## **RESUMEN**

El presente trabajo de graduación es el resultado del Ejercicio Profesional Supervisado, realizado en la municipalidad de Mazatenango, contiene el diseño de dos proyectos: el primero trata sobre el diseño del puente vehicular en el caserío Mangales y el segundo es el diseño del sistema de agua potable en el cantón Salaché.

El puente vehicular contiene las siguientes características: luz de 19.50 m, ancho de rodadura de 3.66 m, carga viva AASHTO HS15-44 de 12,000 lb en el eje más pesado.

El sistema de agua potable contiene un circuito cerrado, cuatro ramales abiertos y funcionará por medio de gravedad, se determinaron la cota piezométrica, presiones, velocidades y caudales en cada tramo.

Cada estudio contiene sus respectivos planos, especificaciones técnicas y presupuestos.





## OBJETIVOS

- **General:**

Diseñar el sistema de abastecimiento de agua potable para el cantón Salaché y puente vehicular para el caserío Mangales, municipio de Mazatenango, departamento de Suchitepéquez.

- **Específicos:**

1. Desarrollar una investigación tipo monográfica y un diagnóstico sobre necesidades de servicios básicos e infraestructura del cantón Salaché y caserío Mangales, municipio de Mazatenango, departamento de Suchitepéquez.
2. Capacitar a los miembros del COCODE y repartir manuales de operación y mantenimiento, para que los proyectos a ejecutar puedan tener un funcionamiento adecuado y mantenerse en buenas condiciones.



## INTRODUCCIÓN

El Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.) es un medio que ofrece servicio técnico profesional a diversas entidades, dando prioridad a las que realicen funciones de interés social, para lograr satisfacer las necesidades de obras, que mejoren la calidad de vida de los guatemaltecos y, de esta manera, permitir al estudiante con cierre de pensum, para optar al título de Ingeniero Civil, de manera que confronte la teoría impartida en los cursos con la práctica.

El presente documento describe la planificación del Ejercicio Profesional Supervisado, en el municipio de Mazatenango, departamento de Suchitepéquez, que de acuerdo a los problemas que aquejan a la comunidad y expresada así por la Oficina Municipal de Planificación de la municipalidad de Mazatenango, se han priorizado los proyectos de diseño del sistema de abastecimiento de agua potable del cantón Salaché, y puente vehicular en el caserío Mangales.

Al respecto, en la primera parte se presenta la monografía y el diagnóstico sobre necesidades de servicios básicos e infraestructura del caserío Mangales; la segunda parte contiene el desarrollo de los diseños del sistema de abastecimiento de agua potable, el cual está conformado por una red de distribución, un circuito principal y cuatro ramales abiertos y el diseño del puente vehicular constituido por losa de rodadura, vigas principales, diafragmas internos y externos, banquetas, barandales, pasamanos, viga y cortina de apoyo, muro de contención y zapata de cimentación.

Al final se presentan las conclusiones y recomendaciones del trabajo, planos y presupuestos de los proyectos.







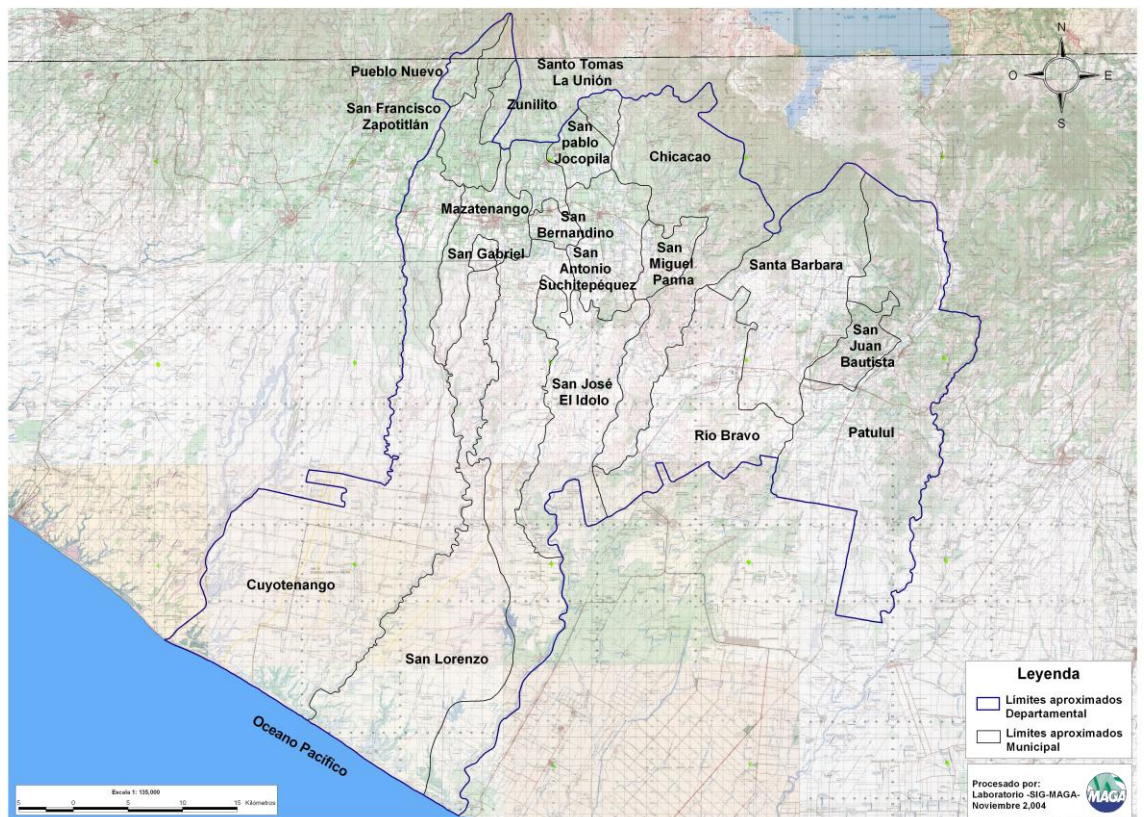
# 1. FASE DE INVESTIGACIÓN

## 1.1 Monografía de caserío Mangales

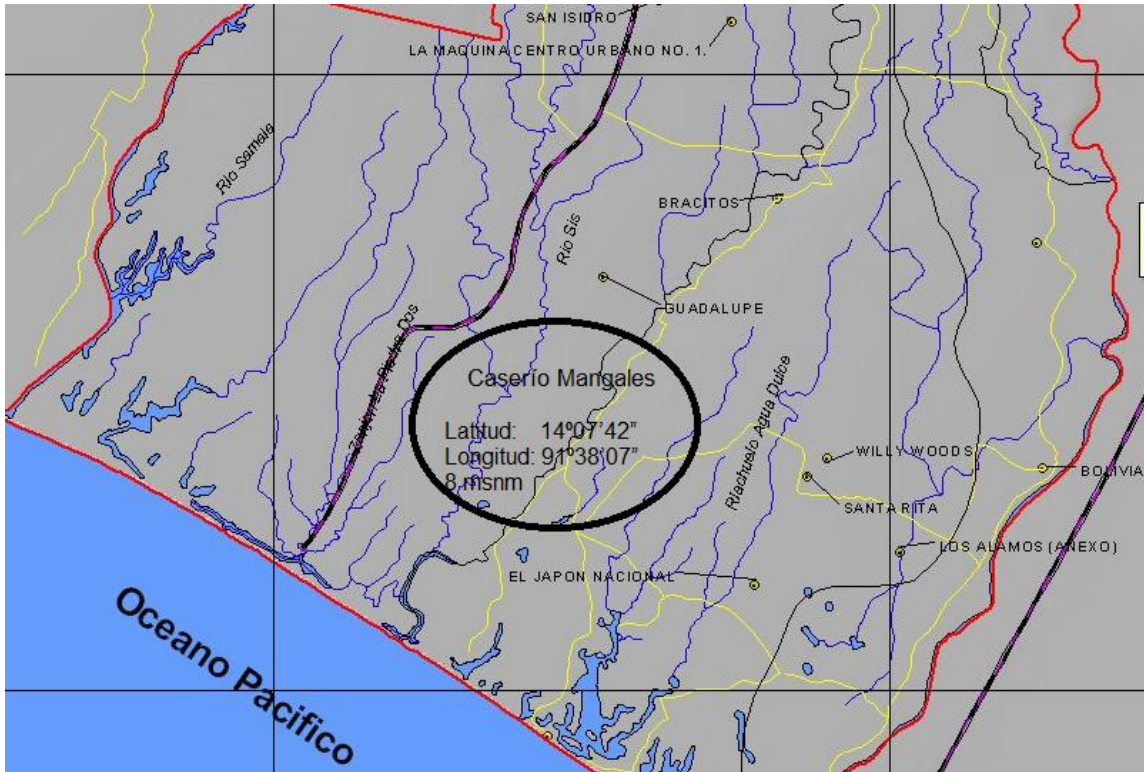
### 1.1.1 Localización y ubicación

El caserío Mangales se encuentra a una distancia de 60 kilómetros de la cabecera departamental de Mazatenango, Suchitepéquez; con una extensión territorial de 8.35 kilómetros cuadrados, ubicado a una Latitud de  $14^{\circ}07'42''$  y una Longitud de  $91^{\circ}38'07''$  a 8 metros sobre el nivel del mar.

**Figura 1. Mapa del departamento de Suchitepéquez escala 1:135,000  
MAGA.**



**Figura 2. Extracción del mapa de Suchitepéquez, escala 1:50,000  
MAGA, localización del caserío Mangales.**



### 1.1.2 Colindancias

Colinda al norte con aldea Montecarlo; al este con comunidad La Vega; al sur con aldea Chiquistepeque, y al Oeste con parcelamiento La Máquina.

### 1.1.3 Vías de acceso

De la Ciudad Capital por la carretera CA-2 dirigirse al municipio de Cuyotenango, continuar en la carretera asfaltada hacia el parcelamiento La Máquina, hasta la línea B-14 llegando al cruce del puente del río Icán en la

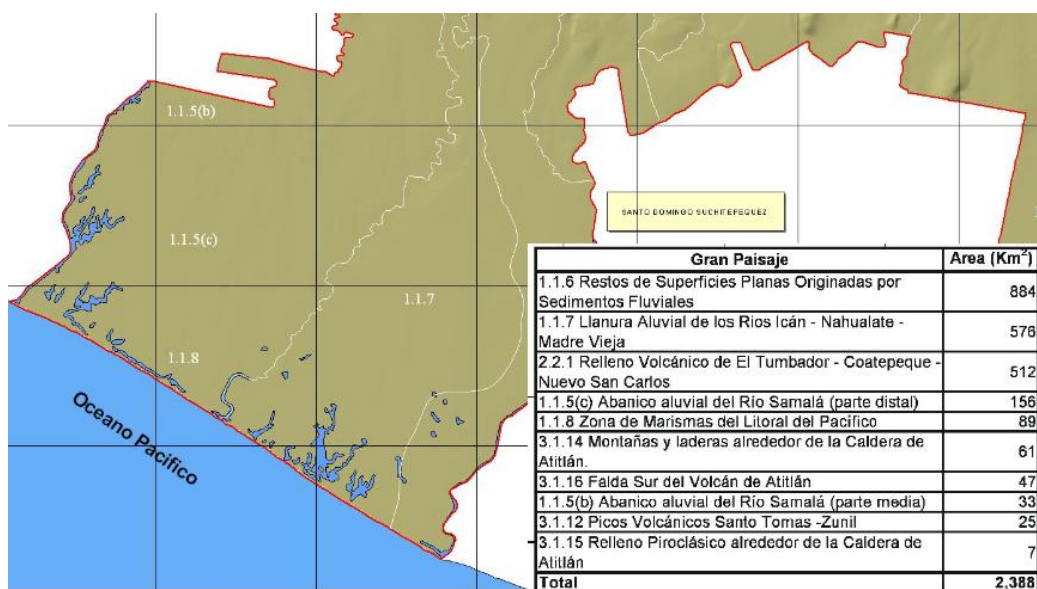


Línea B-20 llegando al caserío Mangales, ruta que es transitable durante todo el año; al sur-este de la cabecera municipal de Mazatenango por aldea Bracitos, a Santo Domingo colindante con aldea Montecarlo y asimismo del caserío Mangales, es una carretera de terracería que es transitable de mejor forma en verano.

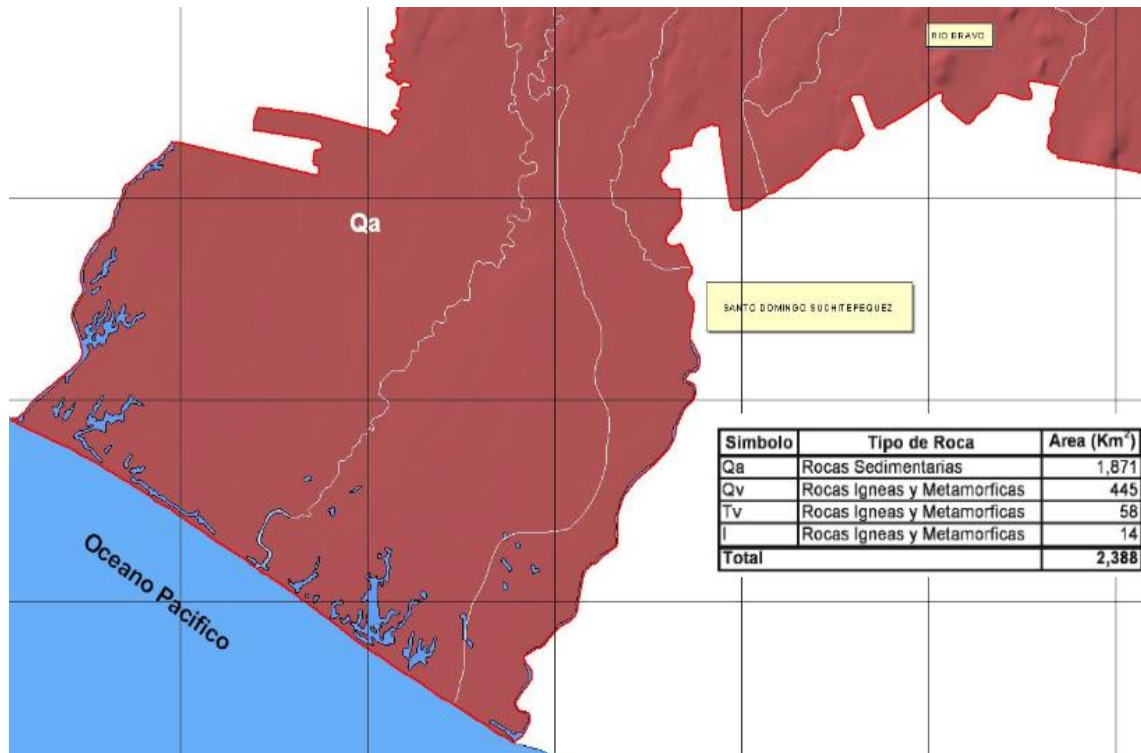
### 1.1.4 Topografía y suelo

La topografía es relativamente plana con 1.5% de pendiente, los estratos del suelo cuentan con buenas características de textura granular, retención de humedad y drenaje, apto para los cultivos de la región. Según la evaluación de calidad del suelo, se determinó que el área es arcilla color café oscuro, fisiográficamente el paisaje compende un abanico aluvial del río Samalá, lo que significa que es una llanura costera del pacífico, y geológicamente el área es del tipo de rocas sedimentarias.

**Figura 3. Mapa fisiográfico del departamento Suchitepéquez, MAGA.**



**Figura 4. Mapa geológico del departamento Suchitepéquez, MAGA.**



### 1.1.5 Población e idioma

La población por grupo étnico se estima que el 95% de la población pertenece al grupo no indígena, y el restante 5% al indígena, de las etnias k'che' y kaqchikel.

Considerando la población anterior, la densidad poblacional asciende a 70 habitantes por kilómetro cuadrado de territorio.

Los pobladores hablan el idioma español.

### **1.1.6 Actividades económicas y productivas**

Las principales actividades económicas son de comercio, con salinas y ganado; de agricultura con siembra de maíz, ajonjolí, plátano, sandía, yuca y papaya.

### **1.1.7 Aspectos climáticos**

Según estación meteorológica más cercana del INSIVUMEH, ubicada en el departamento de Retalhuleu, la zona presenta una temperatura promedio de 30°C, debido a la proximidad a la playa y la poca altura sobre el nivel del mar en que se encuentra ubicada, que es de 8 metros; con una temperatura máxima de 35°C y una temperatura mínima de 25°C, siendo los meses más calurosos de marzo a mayo y con distribución de lluvia de abril a octubre. Cuenta con una humedad relativa de 70% al 75% siendo esto variable, debido a las fuertes sequías que se han padecido últimamente.

### **1.1.8 Educación**

El caserío Mangales cuenta únicamente con escuela del nivel primario, la cual se encuentra localizada a unos 5 kilómetros del centro de la comunidad.

### **1.1.9 Servicios públicos**

#### **1.1.9.1 Comunicación y transporte**

Para su movilización, la población de Mangales utiliza medios de transporte por carretera, consistentes en autobuses que cubren la ruta

únicamente 3 veces al día hacia la cabecera departamental, y algunos lugares de importancia comercial.

#### **1.1.9.2 Agua potable**

Se abastecen de agua por medio de pozos artesanales, excavados a mano.

#### **1.1.9.3 Drenajes**

Los pobladores cuentan con sistemas de fosa séptica por no disponer de un sistema de alcantarillado sanitario.

#### **1.1.9.4 Electricidad**

El total de las viviendas cuenta con este servicio.

### **1.2. Investigación diagnóstica sobre necesidades servicios básicos e infraestructura**

#### **1.2.1 Descripción de necesidades**

Se determinó que el caserío Mangales es pequeño y está lejos de la cabecera municipal, lo cual hace que los servicios públicos no estén al alcance. Entre las necesidades más prioritarias, se encuentran la construcción de un puente para la comunicación y transporte de las actividades económicas y un sistema de alcantarillado para la deposición de desechos.

**Tabla I. Necesidades del caserío Mangales**

No.	Tipo de necesidad	Clasificación
1	Sistema de alcantarillado	Servicio básico
2	Puente vehicular	Infraestructura vial

**1.2.2 Evaluación y priorización de las necesidades**

Por medio de pláticas con la comunidad e información por parte del COCODE, se llegó a la conclusión de priorizar la construcción del puente vehicular, para obtener mejor acceso y comunicación de las actividades económicas.

**Tabla II. Priorización del caserío Mangales**

No.	Tipo de necesidad	Clasificación
1	Puente vehicular	Infraestructura vial
2	Sistema de alcantarillado	Servicio básico



## **2. SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL**

### **2.1 Diseño del puente vehicular, caserío Mangales, municipio de Mazatenango, departamento de Suchitepéquez.**

#### **2.1.1 Descripción del proyecto**

El proyecto consiste en el diseño de un puente vehicular de concreto reforzado de un carril, para soportar una carga viva AASHTO HS15-44, con una longitud de 20 m y un ancho de rodadura de 4.9 metros, el cual es necesario para el paso de vehículos de gran tamaño tales como camionetas y camiones, obteniendo así una comunicación y acceso adecuado para las actividades comerciales del lugar.

El puente consta de tres partes, las cuales son:

- Superestructura
- Subestructura
- Aproches y obras de protección

#### **Superestructura**

Se define como el conjunto de elementos estructurales, que soportan directamente las cargas que se aplican. Además, la superestructura de un puente es la unidad que cubre la luz, sobre la que se transportan vehículos, camiones, personas y otros.

Se compone de los siguientes elementos:

- Losa
- Banqueta

- Diafragmas
- Pasamanos
- Vigas principales

### **Subestructura del puente**

Se define como el conjunto de elementos estructurales, que transmiten las cargas al suelo y le dan estabilidad a toda la estructura. Sus componentes son:

- Estribo
- Viga de apoyo
- Cortina

Esto se diseña para soportar las cargas críticas, debido al empuje del suelo, carga muerta, carga de pista, carga viva y carga de sismo. La integración de estas cargas dan como resultado los parámetros para el diseño de dichos elementos.

### **Aproches y obras de protección**

Son unidades que sirven para conectar la carretera al puente, generalmente son rellenos para alcanzar la rasante.

Es necesaria la construcción de las obras de protección, con el fin de proteger las bases del puente y evitar la socavación, así como, el colapso de la estructura. Consiste básicamente en muros que protegen los taludes de la erosión y deslizamientos del terreno.



### **2.1.2 Estudios preliminares**

Se realizaron visitas técnicas al lugar para verificar la calidad del terreno y muestreo del suelo, seguidamente el ensayo de laboratorio de compresión triaxial para hallar el valor soporte del suelo. Asimismo obtener información de importancia con relación al comportamiento del río en diferentes épocas.

### **2.1.3 Levantamiento topográfico**

Proceso:

**Planimetría:** Para localizar el puente dentro de la sección del río, con el propósito de ubicarlo donde se encuentra la menor luz posible, para el efecto se aplicó el método taquimétrico, el equipo utilizado fue 1 teodolito marca Sokkia con su trípode, 1 estadal, una plomada de punta y una cinta métrica de 25.00 metros.

**Altimetría:** Se trazó un eje central, tomando como referencia 50 m río arriba y 50 m río abajo, luego se trazaron secciones transversales a cada 1 m, con estos datos, se dibujó el eje central, perfil transversal y longitudinal (ver planos), el equipo utilizado fue 1 teodolito marca Sokkia con su trípode, 1 estadal, una plomada de punta y una cinta métrica de 25.00 metros.

### **2.1.4 Evaluación de la calidad del suelo por medio del ensayo de compresión triaxial**

#### **2.1.4.1 Determinación del valor soporte del suelo**

El suelo encontrado en el área es arcilla color café oscuro, se realizó una excavación a 4.00 metros de profundidad, donde se obtuvo una muestra

inalterada de  $1.00 \text{ pie}^3$ , que se sometió al ensayo de compresión triaxial y tipo de ensayo no consolidado y no drenado para obtener los parámetros de corte (ver anexo), siendo éstos los siguientes:

Tipo de ensayo = No consolidado y no drenado

Descripción del suelo = Arcilla color café oscuro

Ángulo de fricción interna  $\phi = 9.34^\circ$

Cohesión  $C_u = 1.35 \text{ T/m}^2$

Densidad seca =  $1.57 \text{ T/m}^3$

Para el cálculo del valor soporte se utilizó la ecuación general del Dr. Karl Terzaghi.

$$q_u = C \cdot N_c + Z \cdot \gamma \cdot N_q + 0.5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\phi$$

En donde:

$q_u$  = Capacidad de carga límite en  $\text{T/m}^2$

$c$  = Cohesión del suelo en  $\text{kg/cm}^2$

$\gamma$  = Peso volumétrico del suelo en  $\text{T/m}^3$

$Z$  = Profundidad donde se realizó la prueba

$B$  = Ancho de zapata

$N_c$  = Factor de capacidad de carga debido a la cohesión

$N_q$  = Factor de capacidad de carga debido a la sobrecarga

$N_\phi$  = Factor de capacidad de carga debido al peso del suelo

Cálculo de los factores de capacidad de carga

$$N_q = \tan^2(45 + \phi/2) \cdot e^{\pi \cdot \tan \phi} = 2.33$$

$$N_c = (N_q - 1) \cdot \cot \phi = 8.08$$

$$N_\phi = 2 \cdot (N_q - 1) \cdot \tan \phi = 0.44$$

$$q_u = C \cdot N_c + Z \cdot \rho \cdot N_q + 0.5 \cdot \rho \cdot B \cdot N_{\rho}$$

$$q_u = 0.14 \cdot 8.08 + 400 \cdot 0.0016 \cdot 2.33 + 0.5 \cdot 0.0016 \cdot 1.50 \cdot 0.44$$

$$q_u = 2.67 \text{ kg/cm}^2 = 26.72 \text{ T/m}^2$$

El valor encontrado de  $q_u$ , es el esfuerzo límite, Terzaghi recomienda un factor de seguridad no menor de tres para  $q_{adm}$ , que es el esfuerzo admisible o de diseño de cimentación.

$$q_{adm} = q_u / F.S.; \text{ con } F.S. = 3$$

$$q_{adm} = 8.90 \text{ T/m}^2$$

Por lo tanto, se adopta un valor soporte de suelo  $V_s = 8.90 \text{ T/m}^2$

### **2.1.5 Criterios y especificaciones para el diseño de puente de concreto de sección de viga y losa**

Son recomendaciones necesarias para obtener un adecuado análisis y diseño, basado en códigos de construcción (AASHTO, ACI 318-02), siendo estos los siguientes:

#### **Carga viva**

Se utilizó una carga viva de diseño HS15-44 (AASHTO) equivalente a 12,000 libras en el eje más pesado.

#### **Recubrimientos**

AASHTO 8.22 recomienda para cimientos y muros 8.00 cm, losa 5.00 cm cama superior, 2.50 cm para cama inferior, 5.00 cm para columnas y vigas.

## **Traslapes**

Según AASHTO 8.25 (DGC 509.080), se calculará con base en la longitud de desarrollo establecida en cada caso.

Se recomienda el uso de uniones mecánicas para las barras No. 11, de tal forma que desarrollen un 125% del  $f_y$  nominal de la barra, siguiendo la especificación de la AASHTO 8.33.2, y así evitar localizarlas en los puntos donde se producen esfuerzos de tensión críticos y nunca en una misma línea; deberán colocarse alternos a cada 60cm.

## **Ganchos**

Según AASHTO 8.23.2.2. los dobleces deberán ser hechos en frío y un equivalente a 6 diámetros en su lado libre, cuando se trata de 180 grados o 12 diámetros, cuando se trate de 90 grados.

### **2.1.6 Cálculo de caudales máximos**

La creciente máxima extraordinaria ocurre en época de invierno, tormentas u otros fenómenos naturales; con base a la crecida máxima se determina el caudal de diseño y así la determinación de la geometría de los elementos de la superestructura y subestructura, para este proyecto se utilizará el método sección-pendiente para determinar el caudal de diseño.

#### **2.1.6.1 Método sección-pendiente**

Este método surgió de la necesidad de estimar crecidas de ríos, donde prácticamente no se tienen datos suficientes para efectuar un cálculo de confianza, aplicando con este método un margen de seguridad adecuado.

Para la determinación de crecidas por este método, se necesita definir la máxima altura de agua alcanzada por una corriente en el pasado, esto se logra siguiendo el procedimiento de consultar a los habitantes del lugar, buscar señales que han dejado grandes crecidas, buscar en archivos contiguos, etc. se estableció una altura máxima alcanzada de 3.25 mts.

Una vez determinada la altura máxima, se obtiene el valor del área de la sección de la corriente. En la misma forma como se hace en los aforos, para poder obtener el caudal máximo se utiliza la ecuación  $Q = V * A$ . El valor de la velocidad "V" de la corriente se obtiene por medio de la ecuación de Manning.

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

Donde:

V = Velocidad (m/s)

R = Radio hidráulico

n = Coeficiente de rugosidad

S = Pendiente (m/m)

Los datos básicos para poder determinar la crecida máxima por este método fueron el área de la sección de la corriente y la pendiente, obtenidos del levantamiento topográfico y dibujos de secciones del cauce del río.

### **Cálculo de la pendiente**

Para la determinación de la pendiente del terreno se utilizó la información del levantamiento topográfico.

Cota 1 = 98.21 m

Cota 2 = 98.075 m

Distancia horizontal = 50.00 mts

$$S = ((98.21 - 98.075) * 100) / 36.00 = 0.40 \%$$

### **Cálculo de área de la sección de la corriente**

El valor del área de la sección de la corriente se calcula a partir del dibujo de sección transversal, obtenida del levantamiento topográfico y la determinación de la altura máxima que alcanza la corriente del río.

De estos datos se obtuvo el área de 25.71 m<sup>2</sup>

### **Cálculo del caudal máximo**

Datos:

Área: 25.71 m<sup>2</sup>

Perímetro mojado: 17.75 m

Pendiente: 0.40 %

Coefficiente de rugosidad: 0.028

Tipo de superficie: Rocas medianas, arena y poca maleza.

$R = \text{Área} / \text{Perímetro mojado} = 25.71 / 17.75 = 1.45$

$V = ((1/0.028) * 1.45^{2/3} * 0.00375^{1/2}) = 2.80 \text{ m/s}$

$Q = V * A = 2.80 * 25.71 = 72.00 \text{ m}^3/\text{s}$

Por lo tanto la altura mínima del puente es de 5.25 m sobre el lecho del río.

## 2.1.7 Diseño de la superestructura

### 2.1.7.1 Diseño del tramo de 19.50 m de luz

Sobre carga	HS 15-44
Ancho útil	3.66 mts
Luz efectiva	19.10 mts
Peso específico del concreto	2400 kg/m <sup>3</sup>
Peso específico del asfalto	2100 kg/m <sup>3</sup>
f'c	210 kg/cm <sup>2</sup> (3000 PSI)
fy	2810 kg/cm <sup>2</sup> (40000 PSI)

### Dimensionamiento y descripción de la superestructura

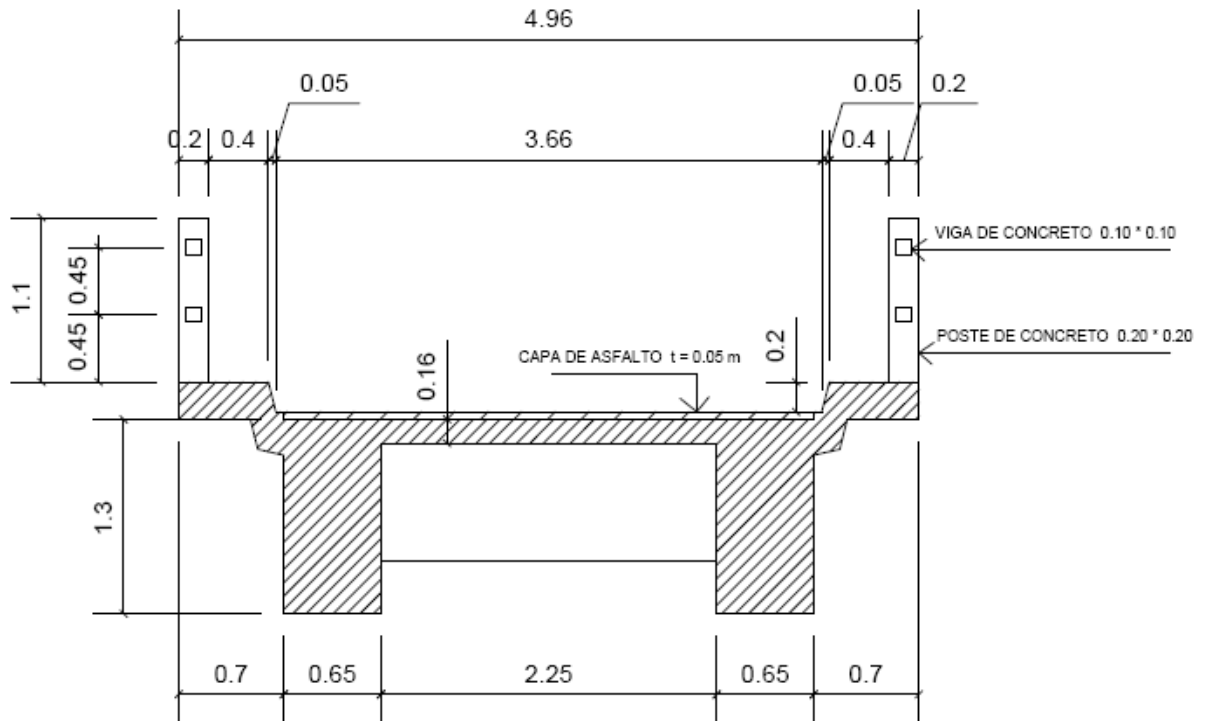
La superestructura se divide en losa de rodadura, banquetas, pasamanos, diafragmas internos, externos y vigas principales. El dimensionamiento consiste en la determinación del ancho de rodadura y de la sección de vigas. Para puentes, el ancho usual de vía es de 12 pies (3.66 metros). En cuanto al diseño de vigas, se sugiere un peralte de L/16, esto es para no chequear deflexión; la base está dada por 2/5 del peralte como mínimo.

### 2.1.7.2 Diseño de losa

#### Cálculo del peralte

El espesor de losas para puentes de concreto reforzado va desde 15 cm hasta 25 cm máximo, según especifica AASHTO; para este proyecto en particular, se seleccionó un espesor (t) de 16 cm, equivalente a 6 pulgadas.

**Figura 5. Geometría de superestructura**



### **Integración de cargas**

Se tiene la carga muerta, carga viva y de impacto; esta última es aplicada directamente al momento producido por la carga viva.

#### **Carga muerta**

W losa = 384 kg/m

W asfalto = 105 kg/m

W viga pasamanos = 24 kg/m

Wcm = 513 kg/m

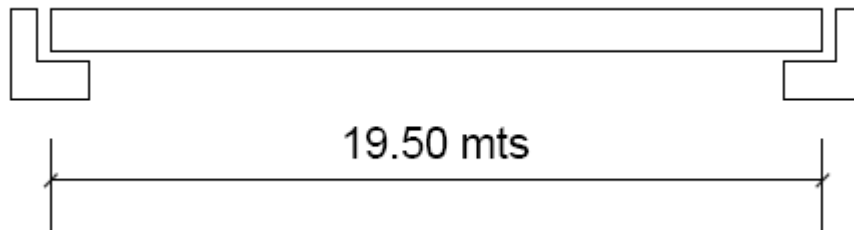


### Sobrecarga

P = 12,000 lb ó 5500 kg

### Diseño de losa

Figura 6. Corte seccional de losa



Según AASHTO la losa trabaja en un solo sentido, que es el sentido corto, por lo tanto el refuerzo principal de la losa es perpendicular al tránsito.

### Cálculo de momentos

Los momentos que se analizarán son: momento por carga muerta, momento por carga viva e impacto, obteniendo con ello el momento total, con el cual se procederá al cálculo del refuerzo.

### Momento debido a carga muerta

$$M_{cm} = \frac{W_{cm} * S^2}{10} \quad \text{o} \quad \frac{W_{cm} L^2}{2}$$

En donde:

W<sub>cm</sub> = carga muerta total ( 513 kg/m )

S = distancia entre vigas a ejes ( 3.00 m )

L = longitud del voladizo ( 0.93 m )

$$M_{cm} = WS^2/10 = ( 513 * 3^2 ) / 10 = 462 \text{ kg-m}$$

$$M_{cm} = WL^2/2 = ( 513 * 0.93^2 ) / 2 = 222 \text{ kg-m}$$

Se toma el mayor valor entre ellos, siendo de 462 kg-m

### **Momento debido a sobrecarga**

Según especificación AASHTO 3.24.3 caso A, para refuerzo principal perpendicular a la dirección del tránsito, el momento por carga viva está dado por:

$$M_{cv} = 0.8 ((S+2)/32) P$$

En donde:  $M_{cv}$  = momento por carga viva ( kg-m )

S = Luz libre entre vigas (8.036 pies)

P = carga del eje mas pesado (12000 lbs)

$$M_{cv} = 3011 \text{ lb-pie} = 418 \text{ kg-m}$$

### **Momento debido al impacto (AASHTO 3.8.2.1)**

Es el incremento que se le hace al momento producido por la carga viva, y tiene que ser menor o igual al 30%.

$$I = (15/(S+38))$$

En donde: S = 3.00 m (espaciamiento entre vigas)

$$I = 36.0 \% \text{ esto es } > 30\%$$

$$I = 30.0 \%$$

### **Momento último (AASHTO 1.2.22)**

La ecuación que integra los momentos para dar el momento último es:

$$M_u = 1.3 [M_{cm} + (5/3) (M_{cv} + I)]$$

Donde:

M<sub>cm</sub>: 462 kg-m (momento por carga muerta)

M<sub>cv</sub>: 418 kg-m (momento por carga viva)

I: 30 % (impacto)

M<sub>u</sub> = 1800 kg-m

### **Cálculo del peralte efectivo**

Se determina por medio de:

$$d = t - \text{recubrimiento} - \varnothing/2 \text{ ( varilla No. 4 )}$$

$$d = 16 - 2.50 - 1.27/2$$

$$d = 12.86 \text{ cm.}$$

### **Cálculo del refuerzo transversal cama inferior**

Para calcular el área de acero se utiliza la siguiente ecuación y el M<sub>u</sub>. está dado en kg-m.

$$A_s = [bd - ((bd)^2 - (M_u * b) / (0.003825 f'_c))^{1/2}] (0.85 f'_c) / f_y$$

Valuando en la ecuación del área de acero (A<sub>s</sub>)

$$A_s = 5.75 \text{ cm}^2$$

Calculando área de acero mínimo (A<sub>s</sub> mín.)

$$A_s \text{ mín.} = (14.1 / f_y) (b * d)$$

Valuando en la ecuación del A<sub>s</sub> mín.

$$A_s \text{ mín.} = 6.45 \text{ cm}^2$$

Calculando área de acero máximo (As máx.)

$$As \text{ máx} = \rho * b * d$$

$\rho$  máx : porcentaje de acero máximo

$$\rho \text{ máx} : (0.5)(0.85)(0.85)(f'c/fy)(6120)/(6120+fy)$$

$$\rho \text{ máx} : 0.0124$$

$$As \text{ máx} = \rho \text{ máx} b * d$$

Valuando en la ecuación de As máx.

$$As \text{ máx} = 15.95 \text{ cm}^2$$

Como  $As < As \text{ mín.}$ , usar  $As \text{ mín.} = 6.45 \text{ cm}^2$

#### **Hallando espaciamiento (S) entre varillas No.4**

El espaciamiento (s) se calcula en una relación proporcional.

As: área de acero requerido

A varilla: área de la varilla a utilizar

S: espaciamiento entre varillas

$$As \frac{100\text{cm}}{S} \quad \text{o} \quad S = (A \text{ varilla} * 100) / As$$

$$A \text{ varilla} \frac{100\text{cm}}{S}$$

Valuando en la ecuación se obtiene lo siguiente:

$$6.45 \text{ cm}^2 \frac{100\text{cm}}{S}$$

$$1.27 \text{ cm}^2 \frac{100\text{cm}}{S}$$

$$S = 19 \text{ cm.}$$

Adoptando  $S = 15 \text{ cm.}$

Con los datos obtenidos, se concluye que se necesitan varillas No. 4 G40 @ 15 cm, lo cual es acero para el área transversal de la cama inferior.

### **Refuerzo longitudinal, cama superior e inferior**

Según AASHTO 3.24.10.2, recomienda que el refuerzo longitudinal se calcule de la siguiente manera:

$$FL = 2.20 / (S)^{1/2} \leq 67 \%$$

En donde:  $S = 8.036$

$$FL = 2.20 / (8.036)^{1/2} = 0.77 \text{ entonces se tomará el } 67\%$$

$$FL = 67 \%$$

Entonces:

$$As = 0.67 * 6.45 = 4.32 \text{ cm}^2$$

### **Hallando espaciamiento (S) entre varillas No.4**

$$4.32 \text{ cm}^2 \text{ _____ } 100\text{cm}$$

$$1.27 \text{ cm}^2 \text{ _____ } S$$

$$S = 29 \text{ cm.}$$

Adoptando  $S = 25 \text{ cm.}$

Se concluye que se necesitan varillas No. 4 G40 @ 25 cm, lo cual es el acero para el área longitudinal de la cama inferior y superior.

### **Cálculo del refuerzo transversal cama superior**

Se calcula el refuerzo por temperatura

$$As = 0.002bt$$

En donde  $As$ : área de acero

$b$ : base unitaria (100 cm)

$t$ : espesor

$$As = 3.20 \text{ cm}^2$$

### Hallando espaciamiento (S) entre varillas No. 3

$$3.20 \text{ cm}^2 \text{ _____ } 100\text{cm}$$

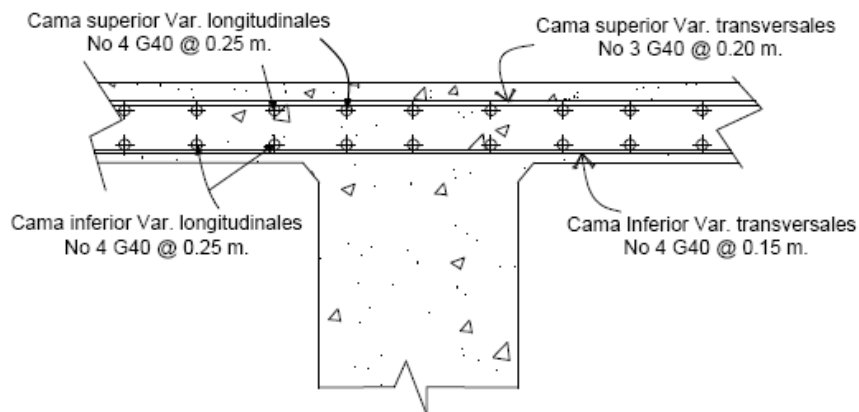
$$0.71 \text{ cm}^2 \text{ _____ } S$$

$$S = 22 \text{ cm.}$$

Adoptando  $S = 20 \text{ cm.}$

Se concluye que se necesitan varillas No. 3 G40 @ 20 cm, lo cual es el acero para el área transversal de la cama superior.

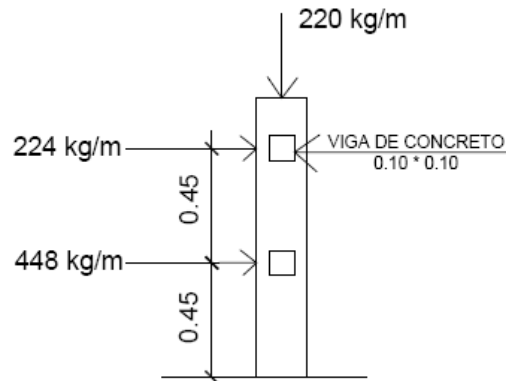
**Figura 7. Esquema final armado de losa**



### 2.1.7.3 Diseño de pasamanos

Están formados por unidades longitudinales, que funcionan para la protección de los peatones, soportados por postes de concreto reforzado. La altura mínima que deben poseer los postes de los pasamanos es de 42 pulgadas. AASHTO recomienda para el diseño de los postes una carga vertical de 100 lb/pie (149 kg/m), y una carga horizontal de 300 lb/pie (448 kg/m), que son producto de los peatones que circulan por la acera.

**Figura 8. Diagrama de cargas y punto de aplicación para diseño de barandal**



El pasamanos se diseñará como una viga continua de concreto reforzado, debido a que el puente estará ubicado en una zona muy cercana al mar, lo cual ocasionaría problemas de corrosión si se diseña con tubería HG.

$$M_u = WL^2 / 10$$

En donde:  $W$  = Peso de la viga (240 kg./m)

$$M_u = (240 * 3^2) / 10 = 216 \text{ kg-m}$$

Proponiendo 4 varillas No. 3 para la viga de 0.10 m. \* 0.10 m.

$$a = (A_s * f_y) / (0.85 f'_c * b)$$

$$a = (0.44 * 40) / (0.85 * 3 * 3.94) = 1.75 \text{ plg.}$$

$$M_n = A_s * f_y (d - a/2)$$

$$M_n = 0.44 * 40000 (3 - 1.75/2) = 37,400 \text{ lb-plg.}$$

$$M_n = 432 \text{ kg-m.} > 216 \text{ kg-m}$$

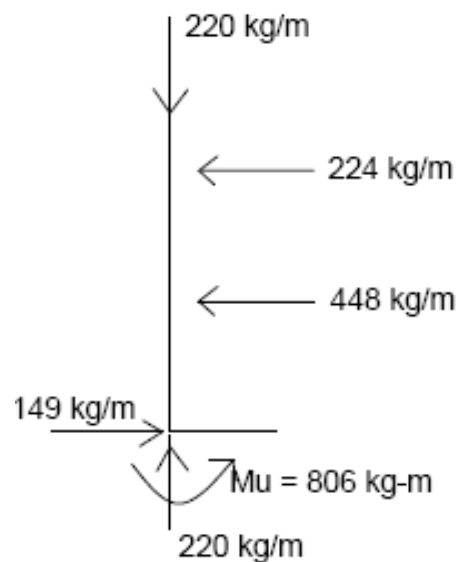
Como el  $M_n$  es mayor al  $M_u$ , significa que la propuesta resiste a la sollicitud de momento último.

El armado de la viga de 0.10 m. \* 0.10 m será de 4 No. 3 + est No.3 @ 0.20 m.

## Diseño de postes

Se colocarán postes de concreto reforzado a cada 3.00 m. cada uno se diseñará como una columna a flexocompresión, es decir que actúa sobre ella una carga axial más un momento flexionante, de acuerdo al diagrama de cuerpo libre de cargas actuantes que se muestra en la siguiente figura.

**Figura 9. Diagrama de cargas para diseño de postes**



Se seguirá el procedimiento del ACI-05 para el diseño de columna a flexocompresión, calculando primero su esbeltez, para clasificar la columna.

## Cálculo de esbeltez

$$E = (K l_u) / r$$

Donde: E = esbeltez de la columna

K = Factor de longitud efectiva de la columna



$l_u$  = Luz de la columna

$r$  = radio de giro (0.25  $h$ )

$$k = (20 * (1.10+0)^{1/2})/20 = 1.05$$

$E = 19.22 < 21$  se considera como columna corta

Proponiendo 4 varillas No. 3 para el poste de de 0.20 m. \* 0.20 m.

$$P_u/A_g = 484 \text{ lb.}/(7.87 * 7.87) = 7.82 \text{ lb/plg.}^2$$

$$M_u/A_g * h = 5850/(7.87*7.87*7.87) = 12 \text{ lb/plg.}^2$$

$$\phi = (h - \text{recubrimiento})/h$$

$$\phi = (7.87 - 2)/7.87 = 0.75$$

Con los valores anteriormente encontrados, se procede a interpolar en la tabla A.1a (ver anexo), encontrando un valor de cuantía.

$$\rho = 0.001 < 0.01$$

$$A_s = \rho * b * d$$

$$A_s = 0.01 * 7.87 * 6.87 = 0.54 \text{ plg.}^2$$

### **Confinamiento**

$$L_u/6 = 1.10 / 6 = 0.18 \text{ m}$$

$$48 \text{ } \emptyset = 48 * 3/8 = 18" = 0.45 \text{ m}$$

Lado menor = 0.20 m.

Se utilizarán 4 varillas No. 3 + estribos No. 3 G40 @ 0.20 m., a lo largo de todo el poste.

#### 2.1.7.4 Diseño de diafragmas en losa

Los diafragmas se utilizan al centro y/o en los tercios de la luz, lo cual depende del criterio del diseñador. Los diafragmas transmiten su peso a los apoyos interiores de las vigas como cargas puntuales.

Para este proyecto, se diseñarán un diafragma interno y un externo.

##### **Diafragma externo**

$$h = 0.5 \text{ h viga}$$

$$h = 0.5 (1.25)$$

$$h = 0.60 \text{ m.} \quad b = 0.30 \text{ m.}$$

De acuerdo a especificaciones AASHTO, el refuerzo será el equivalente al acero mínimo requerido por la sección.

Según especificación ACI:

$$A_s \text{ mín.} = (14.1/f_y) * b * d$$

$$A_s \text{ mín.} = (14.1/2810) * (30\text{cm} * 54.05 \text{ cm}) = 8.14 \text{ cm}^2$$

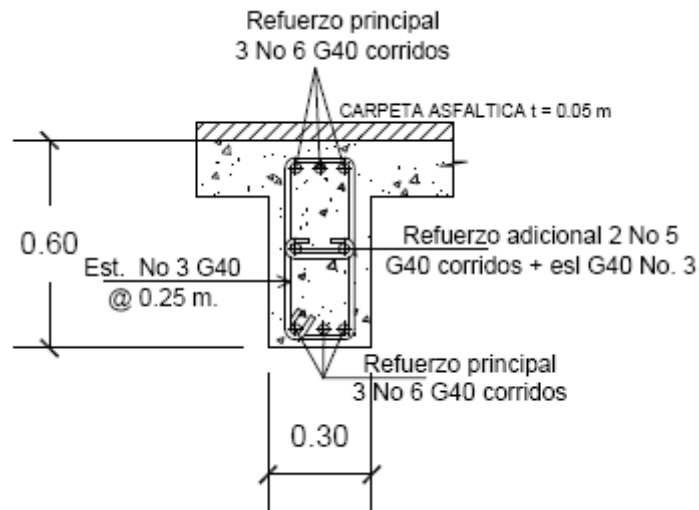
Equivalente a utilizar 3 No. 6 G40 en cada cama.

$$\text{Refuerzo adicional} = 1.61 \text{ cm}^2 / 30 \text{ cm}$$

Colocar 1 No. 5 G40 corrido en cada cara.

Refuerzo transversal =  $d/2 \leq 30 \text{ cm} = 55/2 = 27 \text{ cm.}$ , estribos No. 3 G40 @ 0.25 m.

**Figura 10. Detalle armado de diafragma externo**



**Diafragma interno**

$h = 0.75 h \text{ viga}$

$h = 0.75 (1.25)$

$h = 0.95 \text{ m.} \quad b = 0.30 \text{ m.}$

De acuerdo a especificaciones AASHTO, el refuerzo será el equivalente al acero mínimo requerido por la sección.

Según especificación ACI:

$As \text{ mín.} = (14.1/f_y) * b * d$

$As \text{ mín.} = (14.1/2810) * (30\text{cm} * 89.50\text{cm}) = 13.47 \text{ cm}^2$

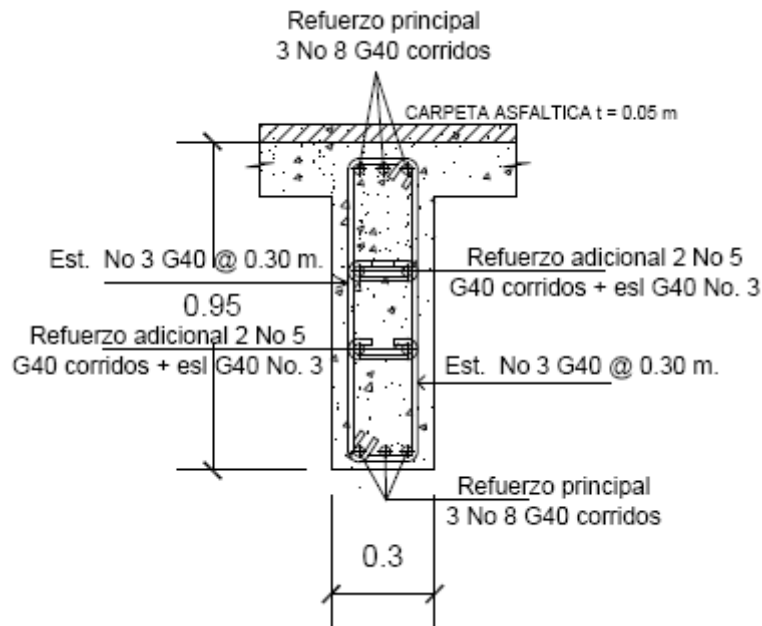
Equivalente a utilizar 3 No. 8 G40 en cada cama.

$\text{Refuerzo adicional} = 1.61 \text{ cm}^2 / 30 \text{ cm}$

Colocar 1 No. 5 G40 corrido en cada cara.

$\text{Refuerzo transversal} = d/2 \leq 30 \text{ cm} = 89.5/2 = 44.75 \text{ cm.},$  estribos No. 3 G40 @ 0.30 m.

**Figura 11. Detalle armado de diafragma interno**



### 2.1.7.5 Diseño de vigas

Las vigas son los elementos estructurales más importantes de la superestructura, ya que éstas transmiten cargas externas transversales hacia los apoyos, tanto carga muerta como carga viva, que provocan momentos flexionantes y fuerzas cortantes. Además las vigas de concreto para superestructuras de puentes pueden ser vigas reforzadas para vigas cortas y preesforzadas para luces grandes; la cantidad de vigas a diseñar dependerá del ancho de rodadura del puente; en este proyecto en particular; se diseñaran dos vigas por ser el puente de un solo carril.

Para las superestructuras simplemente apoyadas de luces iguales o menores a 25.00 m, la carga que produce mayores efectos es la carga del camión y no la carga de pista, por lo que para este análisis no fue tomada en cuenta.

El momento máximo en las vigas se calcula por medio de la siguiente ecuación:

$$M_u = 1.3 * (M_{cm} + 5/3 (M_{cv} * I * FD))$$

En donde:

$M_u$  = momento último (kg-m)

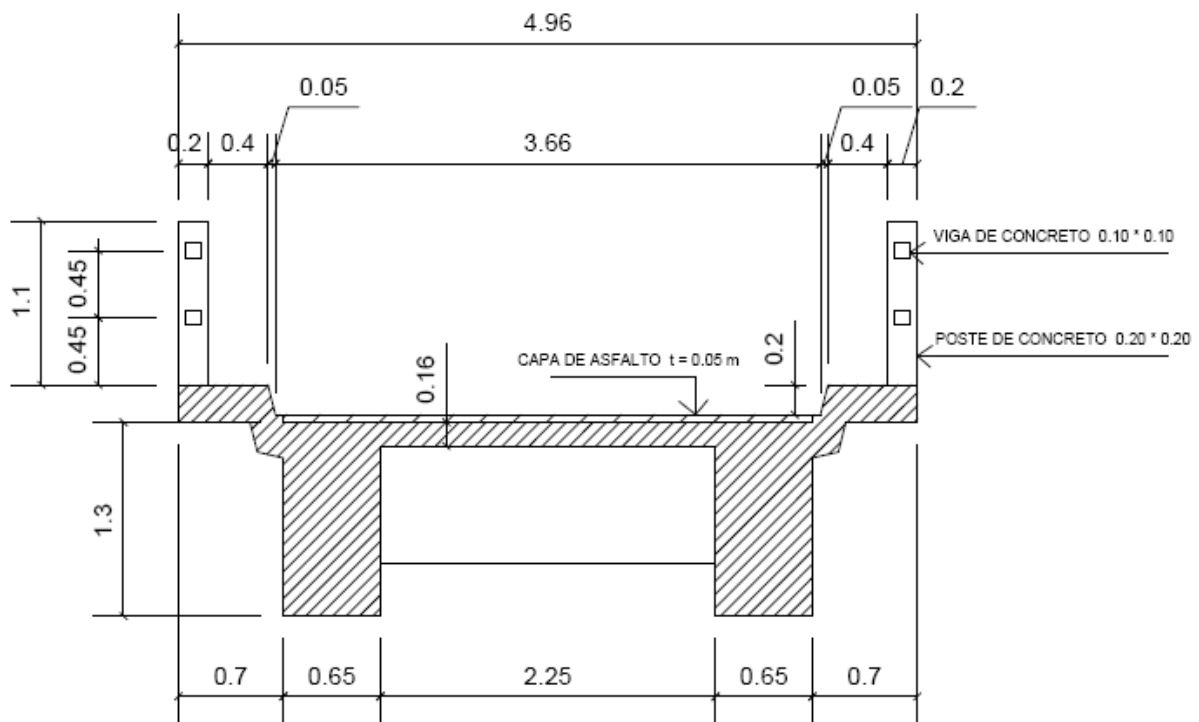
$M_{cm}$  = momento por carga muerta (kg-m)

$M_{cv}$  = momento por carga viva (kg-m)

$I$  = factor de impacto ( $\leq 30\%$ )

$FD$  = factor de distribución

**Figura 12. Sección transversal de superestructura**



## Integración de cargas

Para no revisar deflexiones y alabeo, se toma el peralte  $d = L/16$ , y base  $b = d/3.5$ .

Peralte =  $19.10/16 = 1.20$  asumiendo  $d = 1.25$  m.

Base  $b = 1.25/3.5 = 0.36$  asumiendo  $b = 0.55$  para una mejor distribución del refuerzo.

### Carga muerta

W losa	952.32 kg/m
W asfalto	192.15 kg/m
W barandal	96 kg/m
W viga en postes	24 kg/m
W viga	<u>1650 kg/m</u>
W cm	2,915 kg/m

El peso del diafragma se toma como carga puntual.

W diafragmas = 1215 kg

### Sobrecarga

P = 12000 lb. ó 5500 kg.

### Cálculo del momento por carga muerta

$$M_{cm} = WL^2/8 + Pa$$

Donde:

$M_{cm}$  = momento debido a carga muerta (kg-m)

W = carga muerta integrada

L = longitud de la viga principal

P = peso de diafragma

a = distancia al apoyo (6.25 m)

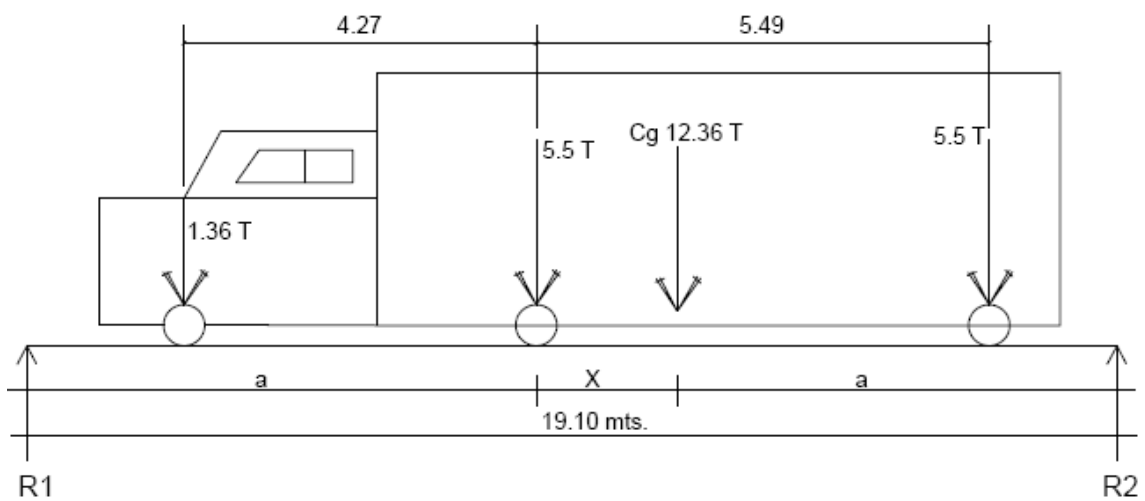
$$M_{cm} = ((2,915 * (19.10)^2) / 8) + (5500 * 6.25)$$

$$M_{cm} = 140.53 \text{ Ton-m}$$

### Cálculo del momento por sobrecarga

Según especificación AASHTO, el momento máximo por sobrecarga se presenta cuando el camión se encuentra ubicado a lo largo del puente en el lugar crítico. El punto crítico ocurre cuando la carga más cercana al centro de gravedad del camión, se encuentra a la misma distancia de un apoyo, como su centro de gravedad del otro apoyo.

Figura 13. Diagrama de carga viva sobre viga



Para hallar la distancia x se hace sumatoria de momentos en Cg

$$\Sigma M_{cg} = 0$$

$$1.36 * (4.27 + x) + 5.5x - 5.5 * (5.49 - x) = 0$$

$$12.36 x = 24.395$$

$$X = 1.97 \text{ m.}$$

$$a = (L - x) / 2$$

$$a = (19.10 - 1.97) / 2$$

$$a = 8.57 \text{ m.}$$

Para hallar R1 se hace sumatoria de momentos en R2

$$\Sigma MR_2 = 0$$

$$12.36 (8.57) = 19.10 R_1$$

$$R_1 = 5.55 \text{ Ton}$$

El momento máximo por sobrecarga se calcula, haciendo sumatoria de momentos en el eje más cercano al centro de gravedad.

$$M \text{ máx. Cv} = \Sigma M P_2$$

$$M \text{ máx. Cv} = 8.57 * (5.55) - 1.36 * (4.27)$$

$$M \text{ máx. Cv} = 41.80 \text{ Ton-m}$$

### **Carga de impacto**

La aplicación de las cargas dinámicas, producidas por camiones a los puentes, no se efectúa de manera suave, sino violenta, lo cual produce incrementos en las fuerzas internas de la estructura; por esta razón, se deben



considerar cargas adicionales, denominadas cargas de impacto, las cuales se calculan como una fracción de la carga viva que la incrementa en un porcentaje ( $\leq 30\%$  máx.) que, según especificación AASHTO 1.2.12, se calcula de la siguiente forma:

$$I = 15/(L+38)$$

Donde L: luz del puente (19.10 metros)

$$I = 15 / (19.10 + 38)$$

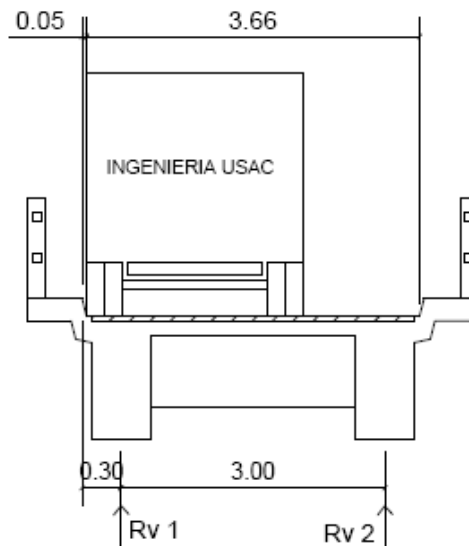
$$I = 0.26 \leq 0.30$$

$$I = 0.26$$

### Factor de distribución

La carga que soportan las vigas es diferente debido a que el camión puede ocupar cualquier posición en la losa, por lo cual el momento por sobrecarga debe multiplicarse por un factor de distribución (FD); para vigas exteriores basta con determinar la reacción en función de P (carga de rueda).

**Figura 14. Diagrama de factor de distribución de carga viva en puente**



Para hallar la reacción de cada viga se hace sumatoria de momentos en R2.

$$\Sigma MR2 = 0$$

$$3R1 - P * (3.33 - 0.3) - P * (3.33 - 0.3 - 1.85) = 0$$

$$3R1 - 3.03 P - 1.18 P = 0$$

$$R1 = 1.40 P$$

$$FD = R1 = 1.40$$

### **Cálculo del momento último**

$$Mu = 1.3 * (Mcm + 5/3 (Mcv * I * FD))$$

$$Mu = 1.3 * (140.53 + 5/3 (41.80 * 1.26 * 1.40))$$

$$Mu = 342.45 \text{ Ton-m.}$$

### **Cálculo del refuerzo**

Para el refuerzo en el centro de la viga se tiene:

$$Mu = 342.45 \text{ Ton-m}$$

$$b = 55 \text{ cm.}$$

$$h = 125 \text{ cm.}$$

$$d = 118 \text{ cm.}$$

$$f'c = 210 \text{ kg./cm}^2$$

$$fy = 2810 \text{ kg./cm}^2$$

$$As \text{ mín.} = (14.1 / fy) * b * d = (14.1 / 2810) * 55. * 118 = 32.57 \text{ cm}^2$$

$$As = [bd - ((bd)^2 - (Mu*b)/(0.003825 f'c))^{(1/2)}] / (0.85f'c) / fy$$

$$As = 137 \text{ cm}^2$$

$$A_s \text{ máx.} = \rho \text{ máx } b * d$$

$$A_s \text{ máx.} = 0.0185 ( 55 * 118 ) = 120.00 \text{ cm}^2$$

Como  $A_s > A_s \text{ máx.}$ , se opta por aumentar el  $f_y$  a grado 60 (4200 kg./cm<sup>2</sup>)

$$\rho \text{ máx} : (0.5)(0.85)(0.85)(f'c/f_y)(6120)/(6120+f_y)$$

$$\rho \text{ máx} : (0.5)(0.85)(0.85)(210/4200)*(6120 / (6120+4200))$$

$$\rho \text{ máx} : 0.011$$

$$A_s \text{ máx.} = \rho \text{ máx } b * d$$

$$A_s \text{ máx.} = 0.011 ( 55 * 118 ) = 71.39 \text{ cm}^2$$

$$A_s = [bd - ((bd)^2 - (Mu*b)/(0.003825 f'c))^{(1/2)}](0.85f'c)/f_y$$

$$A_s = 92.17 \text{ cm}^2$$

Como  $A_s > A_s \text{ máx.}$ , se opta por aumentar la sección a 65 cm de base y 130 cm de altura.

Nuevos valores:

$$Mu = 342.45 \text{ Ton-m}$$

$$b = 65 \text{ cm.}$$

$$h = 130 \text{ cm.}$$

$$d = 123 \text{ cm.}$$

$$f'c = 210 \text{ kg./cm}^2$$

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

$$A_s \text{ mín.} = (14.1 / f_y) * b * d = (14.1 / 4200) * 60 * 123 = 26.84 \text{ cm}^2$$

$$A_s = [bd - ((bd)^2 - (Mu*b)/(0.003825 f'c))^{(1/2)}](0.85f'c)/f_y$$

$A_s = 84.05 \text{ cm}^2$ ; equivalente a 9 varillas No. 11

$A_s \text{ máx.} = \rho \text{ máx } b * d$

$\rho \text{ máx} : 0.011 ( 65 * 123 ) = 87.95 \text{ cm}^2$

De acuerdo a estos datos  $A_s \text{ mín.} < A_s < A_s \text{ máx.}$

El armado de la viga será de la siguiente manera, refuerzo en cama inferior 5 No. 11 G60 corridos + 4 No. 11 G60 como bastones en  $L/2$  +  $I_d$  al centro de la viga.

Refuerzo para cama superior:  $A_s \text{ min.} \text{ ó } 33\% A_s$ ;  $0.33 * A_s = 0.33 * 84.05 = 27.74 \text{ cm}^2 = 6 \text{ No. } 8 \text{ G60}$  corridos.

Refuerzo cama inferior en los apoyos:  $A_s \text{ min.} \text{ ó } 50\% A_s$ ;  $0.5 * A_s = 0.5 * 84.05 = 42 \text{ cm}^2$ , utilizar refuerzo corrido 5 No. 11 G60.

Refuerzo adicional =  $1.61 \text{ cm}^2 / 30 \text{ cm}$ .

Colocar 3 No. 5 G60 corrido en cada cara, a cada 0.30 m.

## **Diseño a corte**

### **Carga muerta**

El esfuerzo cortante máximo se obtiene en los apoyos y se calcula por medio de la siguiente ecuación:

$$V_{cm} = WL/2 + \text{suma } P/2$$

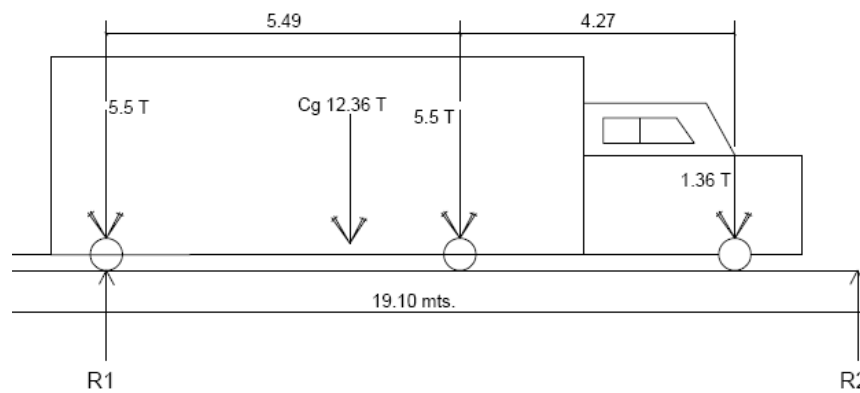
$$V_{cm} = ((2,944.47 * 19.10) / 2) + 3961.8 / 2$$

$$V_{cm} = 30,100.6 \text{ kg} = 30.11 \text{ Ton}$$

## Sobrecarga

El corte máximo por sobrecarga ocurre cuando la carga mayor del camión se encuentra sobre el apoyo.

**Figura 15. Diagrama de posición de camión que produce el cortante máximo**



Para hallar el cortante máximo se hace sumatoria de momentos en R2.

$$V_{cv} = R1$$

$$\sum MR2 = 0$$

$$19.10 R1 - 5.5 (19.10) - 5.5 (13.61) - 1.36 (9.34) = 0$$

$$19.10 R1 = 192.61$$

$$R1 = 10.11 \text{ Ton}$$

### Esfuerzo cortante último

$$Vu = 1.3 (V_{cm} + 5/3 (V_{cv} * I))$$

$$Vu = 1.3 (30.10 + 5/3 (10.11 * 1.26))$$

$$Vu = 66.74 \text{ Ton}$$

## Cálculo del refuerzo

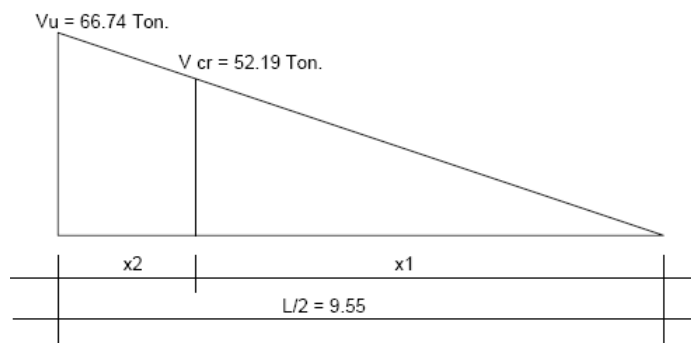
El corte que resiste el concreto es:

$$V_{cr} = 0.85 * 0.53 f'c^{1/2} * b * d$$

$$V_{cr} = 0.85 * 0.53 (210)^{1/2} (65*123)$$

$$V_{cr} = 52.19 \text{ Ton}$$

**Figura 16. Diagrama para relación de corte en viga**



Donde:

$x_1$  = Distancia donde hay que colocar refuerzo mínimo por corte

$x_2$  = Distancia donde hay que colocar refuerzo por corte en ambos extremos de la viga.

$$x_1 = (52.19 * 9.55) / 66.74 = 7.45 \text{ m.}$$

$$x_2 = 9.55 - 7.45 = 2.10 \text{ m.}$$

## Cálculo del espaciamiento de refuerzo en apoyos

$$S = (2 * A_v * f_y * d) / V_u$$

Donde:

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

$d$  = peralte efectivo de viga

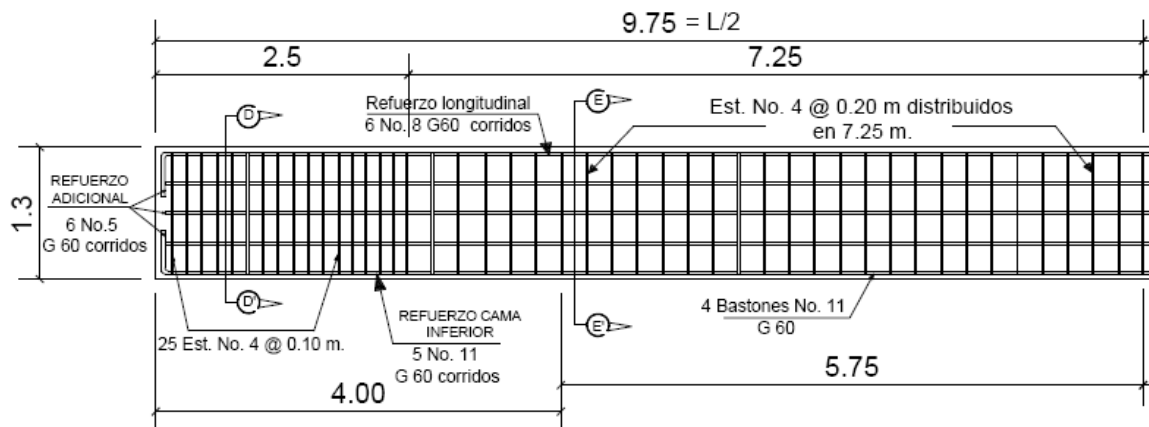
$V_u$  = cortante actuante máximo en viga

$$S = ( 2 * 1.27 * 2810 * 123 ) / 66,740 = 13.15 \text{ cm}$$

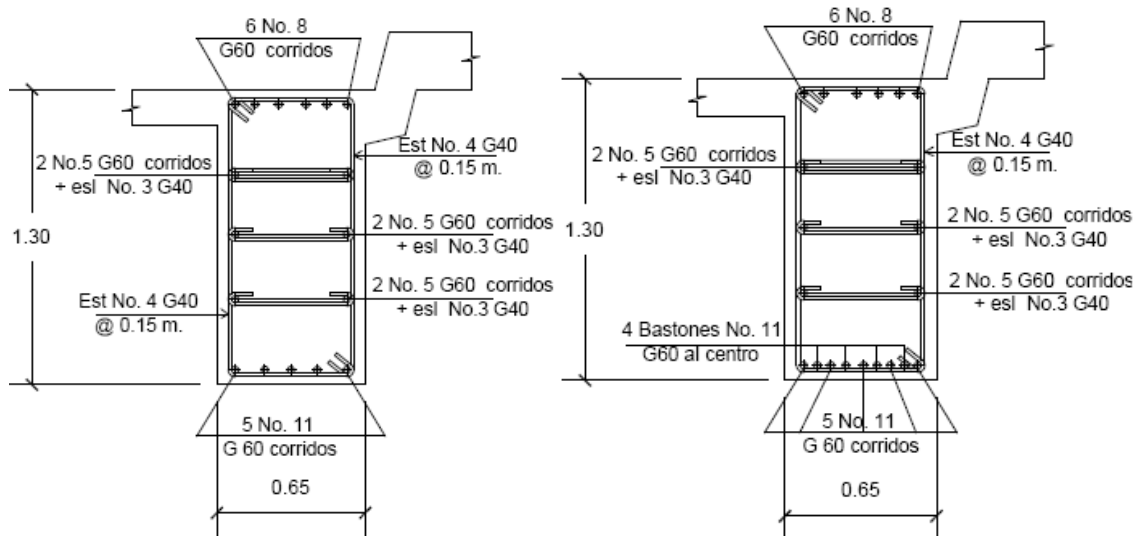
Adoptando  $S = 10 \text{ cm}$

El refuerzo en zona confinada será de 25 est G40 No. 4 @ 10 cm (4 plg.), de los apoyos hacia el centro, hasta cubrir una distancia de 2.50 en cada extremo y estribos G40 No. 4 @ 0.20 (8 plg.), del centro de la viga hacia ambos lados lo que cubra una distancia de 14.50 m.

**Figura 17. Detalle armado de viga principal**



**ELEVACIÓN DE VIGA PRINCIPAL**



**SECCIÓN D-D'**

**SECCIÓN E-E'**

### 2.1.8 Diseño de subestructura

Es la parte inferior del puente y está compuesta por los siguientes elementos: cortina y vigas de apoyo, estribos y cimentación.

#### 2.1.8.1 Diseño de cortina y viga de apoyo para tramo de 19.50 m.

##### Diseño de cortina

Sirve para detener el relleno en sentido longitudinal y se considera empotrado a la viga de apoyo, el alto depende de la altura de la viga principal del puente.



Sobre la cortina actúan fuerzas de empuje de tierra (E), fuerza de sismo (S), fuerza longitudinal (FL), según especificación AASHTO 3.20 la cortina debe diseñarse considerando una sobrecarga del suelo al equivalente líquido de 2 pies de alto, con una presión de 480 kg/m<sup>3</sup>.

### **Cálculo de la fuerza de sismo**

$$S = 0.12 W$$

Donde:

W = peso de la viga de apoyo

$$W = (2400 * 0.40 * 0.75) + (2400 * 0.30 * 1.25) = 1620 \text{ kg}$$

$$S = 0.12 * 1620 = 194.4 \text{ kg}$$

### **Cálculo de fuerza longitudinal (FL)**

La fuerza longitudinal (FL) será producida por las llantas del camión en el terraplén o aproche, la cual es transmitida a la cortina de la siguiente manera:

$$FL = 0.05 * (P/2H)$$

Donde:

P: peso camión (12000 lb. o 5500 kg.)

H: altura de la cortina (1.25 m.)

FL: fuerza longitudinal

$$FL = 0.05 * (5500 / (2 * 1.25))$$

$$FL = 110 \text{ kg.}$$

### **Cálculo de la fuerza debido al empuje de tierra (E)**

$$E = E_s + E_{sob}$$

Donde:

$E_s$  = empuje de la tierra sobre la cortina

$E_{sob}$  = sobrecarga del suelo equivalente líquido de 2' de alto con una presión de  $480 \text{ kg/m}^3$ .

$$E_s = 480 * (1.25 + 0.61) / 2 = 446.40 \text{ kg}$$

$$E_{sob} = 480 * (0.61 * 1.25) = 366 \text{ kg.}$$

$$E = 812.40 \text{ kg}$$

### **Cálculo de momentos**

$$M_{Esob} = E_{sob} * \text{centroide de la figura}$$

Donde:

$M_{Esob}$ : momento empuje de sobrecarga

$$M_{Esob} = 366 * (1.25/2)$$

$$M_{Esob} = 228.75 \text{ kg-m}$$

$$M_{Es} = E_s * \text{centroide de la figura}$$

Donde:

$M_{Es}$ : momento empuje del suelo

$$M_{Es} = 446.40 * (1.25/3) = 186 \text{ Kg.-m}$$

$$M_{Sismo} = \text{fuerza de sismo} * \text{centroide de la figura}$$

Donde:

M Sismo: momento debido a sismo

$$M \text{ Sismo} = 194.4 * (1.25/2)$$

$$M. \text{ Sismo} = 121.5 \text{ kg-m}$$

$$M \text{ FL} = FL * \text{centroide de la figura}$$

Donde:

M FL: momento debido a fuerza longitudinal

$$M \text{ FL} = 110 * (1.25/2) = 68.75 \text{ kg-m}$$

### **Combinación de cargas**

Según especificación AASHTO 3.22.1 cuando existe sismo, se deberán comparar las ecuaciones del grupo III Y VII y se tomará en cuenta el grupo con el valor crítico.

$$\text{Grupo III} = 1.3 * (M \text{ Esob} + M \text{ Es} + M \text{ FL})$$

$$\text{Grupo VII} = 1.3 * (M \text{ Esob} + M \text{ Es} + M \text{ Sismo})$$

$$\text{Grupo III} = 1.3 * (228.75 + 186 + 68.75) = 628.55 \text{ kg-m}$$

$$\text{Grupo VII} = 1.3 * (228.75 + 186 + 121.5) = 697.13 \text{ kg-m}$$

### **Cálculo del refuerzo por flexión con varillas No. 5**

$$M_u = 697.13 \text{ kg-m}$$

$$b = 100 \text{ cm.}$$

$$d = 26.70 \text{ cm.}$$

$$f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_y = 2810 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_s \text{ mín.} = (14.1 / f_y) * b * d = (14.1 / 2810) * 100 * 26.70 = 13.40 \text{ cm}^2$$

$$A_s = [bd - ((bd)^2 - (Mu*b)/(0.003825 f'c))^{(1/2)}] / (0.85f'c) / f_y$$

$$A_s = 1.05 \text{ cm}^2$$

Como  $A_s < A_s \text{ mín.}$  se utilizará  $A_s \text{ mín.}$

### **Hallando espaciamiento (S) entre varillas No. 5**

$$13.40 \text{ cm}^2 \text{ _____ } 100\text{cm}$$

$$1.97 \text{ cm}^2 \text{ _____ } S$$

$$S = 15 \text{ cm.}$$

Adoptando  $S = 15 \text{ cm.}$

Se concluye que se necesitan varillas No. 5 G40 @ 0.15 m. en ambas camas.

### **Refuerzo por corte**

Grupo III

$$V = 1.3 * (E + FL)$$

$$V = 1.3 * (812.40 + 110) = 1200 \text{ kg.}$$

Grupo VII

$$V = 1.3 * (E + S)$$

$$V = 1.3 * (812.40 + 194.4) = 1,308.84 \text{ kg.}$$

### **Cálculo del refuerzo por corte**

$$V \text{ máx.} = 1,308.84 \text{ kg}$$

El corte que resiste el concreto es:

$$V_{cr} = 0.85 * 0.53 f'_c{}^{1/2} * b * d$$

$$V_{cr} = 0.85 * 0.53 (210)^{1/2} * 100 * 26.70$$

$$V_{cr} = 17,430 \text{ kg}$$

Como  $V_{cr} > V \text{ máx.}$  el concreto resiste a corte, entonces se colocará el refuerzo mínimo con varillas No. 4 G40 @ 0.20 m. en cada cama.

### **Diseño de viga de apoyo**

Va apoyada a lo largo de todo el estribo, no existe flexión y sólo se revisa por aplastamiento. Se refuerza con acero mínimo.

$$b = 45 \text{ cm}$$

$$d = 36.70$$

$$\varnothing = 1.59 \text{ cm (varilla No. 5)}$$

$$A_s \text{ mín.} = (14.1 / f_y) * b * d = (14.1 / 2810) * 45 * 36.70 = 8.29 \text{ cm}^2$$

Utilizar 5 varillas No. 5 G40 en cada cama corridas + estribos No. 3 G40 @ 0.20 m.

### **Diseño de apoyo elastomérico**

El neopreno es un elemento que está elaborado con un caucho altamente resistente, y que en combinación con el acero, forman un elemento de apoyo

simple entre la viga principal y la viga de apoyo, esto con el fin de disipar las energías causadas en la superestructura por fuerzas vibratorias o de impacto, causadas por los movimientos de las cargas móviles, las cuales son transmitidas a la subestructura, con este elemento aseguramos que estas fuerzas no dañen la estructura.

$$A_p = P / (f'_c * \phi_c)$$

$$A_p = 67,000 / (0.7 * 210) = 455 \text{ cm}^2$$

$$h = b = (A_p)^{1/2} = (455)^{1/2} = 21.25 \text{ cm, redondeando a 25 cm}$$

Donde:

P = carga última

A<sub>p</sub> = área de aplastamiento

f'<sub>c</sub> = esfuerzo máximo del concreto (210 kg/cm<sup>2</sup>)

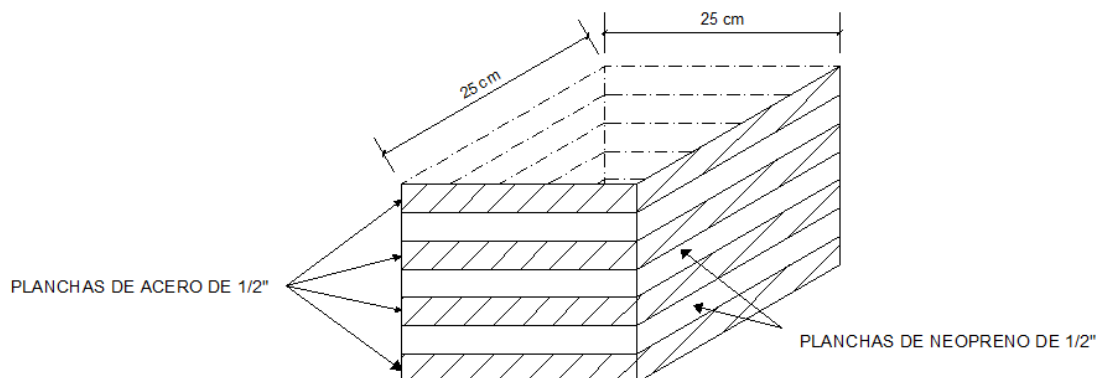
ϕ<sub>c</sub> = constante de corte

b = base de neopreno

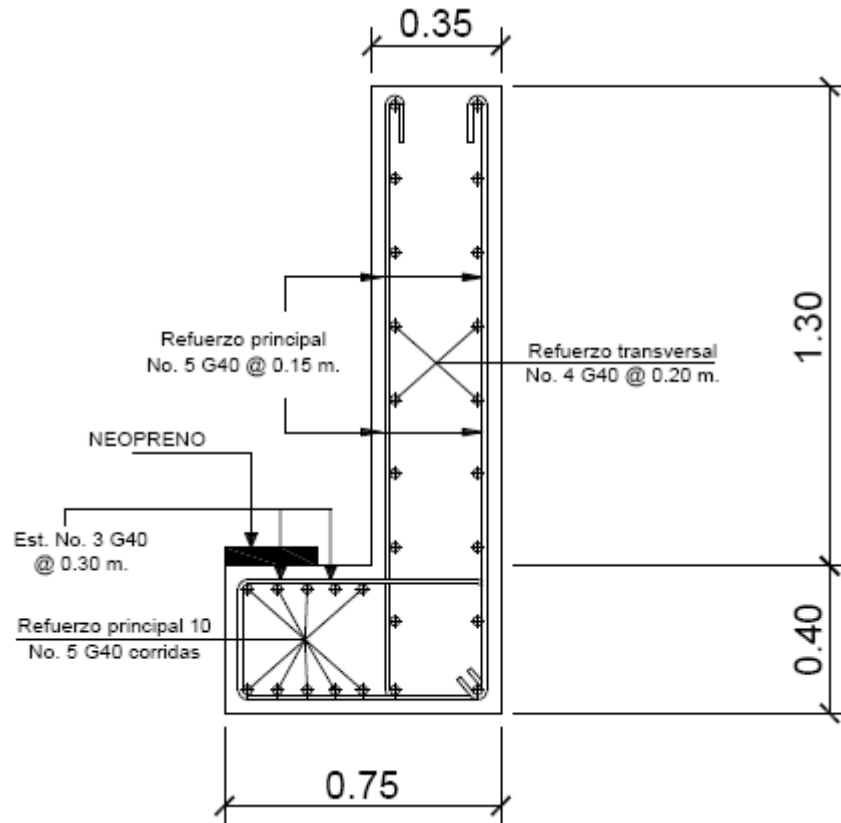
h = altura de neopreno

Utilizar neopreno de 0.25 m \* 0.25 m, con una dureza SHORE real de 60 según ASTM D2240, con un espesor de 2 pulgadas según ASTM D330, se recomienda una base de acero y neopreno pegadas tipo sándwich.

**Figura 18. Esquema planchas de neopreno y acero tipo sándwich**



**Figura 19. Detalle armado de cortina y viga de apoyo**



### 2.1.8.2 Diseño de estribo

Los estribos son los componentes del puente, que soportan la superestructura en los lados extremos y transmiten la carga al terreno o a la cimentación.

El tipo de estribo por diseñar corresponde al de un muro de gravedad de concreto ciclópeo. Se asume una sección del muro y se verifica por volteo, deslizamiento y presiones. Para el cálculo, se utilizan los siguientes pesos específicos.

Peso específico concreto = 2400.00 Kg. /m<sup>3</sup>

Peso específico del suelo = 1080.00 Kg. /m<sup>3</sup>

Peso específico concreto ciclópeo = 2700.00kg/m<sup>3</sup>

Valor soporte 8,900 kg /m<sup>2</sup>

base = 3.40 m

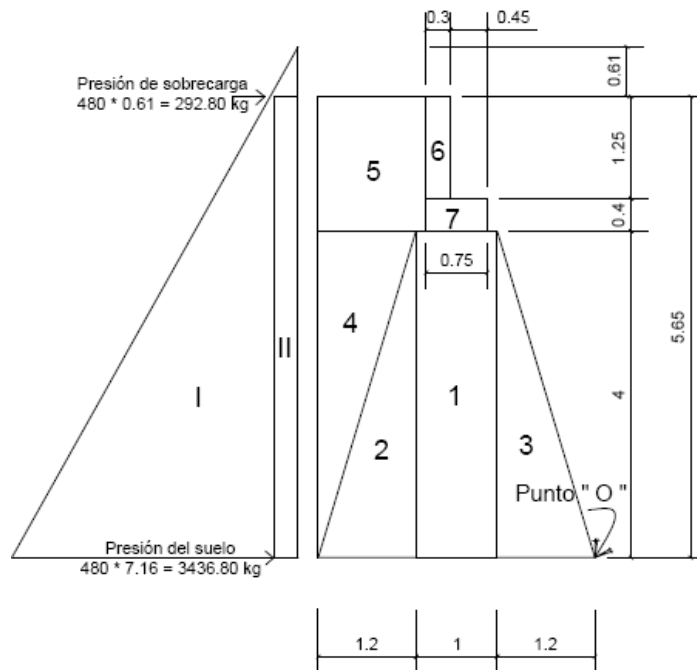
altura total = 5.65 m

Eqv. Liquido = 480.00 kg/m<sup>3</sup>

2 pies = 0.61 m.

Ancho = 1.00 m.

**Figura 20. Geometria de subestructura**





## Momento de volteo (MV)

Primero se calculan las presiones, después la fuerza de empuje y posteriormente los momentos.

$$\text{Pres. sob} = 480 \cdot 0.61$$

$$\text{Pres. sob} = 292.80 \text{ kg /m}^2$$

Pres. Sob. = presión de sobrecarga

$$\text{Pres. s} = \text{Eqv. liq.} \cdot (H)$$

$$\text{Pres. s} = 480 \cdot 5.65 = 2,712 \text{ kg./m}^2$$

altura total (H) = 5.65 m.

Pres.s = presión del suelo

$$E_{\text{sob}} = \text{Pres. sob} \cdot H$$

$$E_{\text{sob}} = 292.80 \cdot 5.65 = 1,654.32 \text{ kg}$$

$$E_{\text{s}} = \text{Pres.s} \cdot (H/2)$$

$$E_{\text{s}} = 2712 \cdot (5.65/2) = 7,661.40 \text{ kg}$$

M .E.sob =  $E_{\text{sob}}$  \* centroide de la figura

$$M. E \text{ sob} = 1,654.32 \cdot (2.825) = 4,673.45 \text{ kg-m}$$

M. E.s =  $E_{\text{s}}$  \* centroide de la figura

$$M. E.s = 7,661.40 \cdot (1.88) = 14,428.97 \text{ kg.-m}$$

**Tabla III. Momentos de volteo (kg-m)**

Sección	Empuje	Momento
I	7,661.40 kg.	14,428.97kg- m
II	1,654.32 kg.	4,673.45 kg-m
	E = 9,315.75 kg.	MV = 19,102.42 kg-m

**Cálculo del momento estabilizante**

Es producido por el peso propio de la estructura y el relleno.

**Tabla IV. Momento estabilizante (kg-m)**

Sección	Área (m <sup>2</sup> )	P esp. (kg/m <sup>3</sup> )	Peso (kg.)	Brazo (m.)	Momento (kg-m)
1	4.00	2700	10,800	1.70	18,360
2	2.40	2700	6,480	0.80	5,184
3	2.40	2700	6,480	2.60	16,848
4	2.40	1080	2,592	3.00	7,776
5	2.18	1080	2,354.4	2.74	6,451.05
6	0.255	2400	612	1.925	1,178.10
7	0.30	2400	720	1.70	1,224
			W = 30,038.40		ME1 = 57,021.45

### **Verificación de estribo con superestructura**

W de superestructura = 62,084.60 kg

W viva = 6,820 kg

W total = 68,904.60 kg

### **Momento estabilizante**

ME = ME1 + ME2

ME2 = (W total \* b/2)

Donde:

ME = Momento estabilizante total

W total = Peso de estribo + peso de superestructura

b = base de estribo (3.40 metros)

ME2 = (68,904.60 \* 1.70) = 117,137.82 kg-m

ME = 57,021.45 + 117,137.82 = 174,159.27 kg-m

### **Volteo**

Según especificación, el volteo debe ser mayor que 1.5

Volteo = ME/MV > 1.5 OK

Donde: ME = momento estabilizante

MV = momento de volteo

Volteo = (174,159.27 / 19,102.42)

Volteo = 9.12 > 1.5 OK

## Deslizamiento

$$\text{Deslizamiento} = 0.5 \cdot (W_{\text{sub.}} + W_{\text{súper}}) / E$$

Donde:

$W_{\text{sub.}}$  = peso de subestructura (30,038.40 kg)

$W_{\text{súper}}$  = peso de superestructura y carga viva  
(68,904.60 kg)

E: empuje (9,315.75 kg)

$$D = (0.5 \cdot 98,943) / 9,315.75$$

$$\text{Deslizamiento} = 5.31 > 1.5 \text{ OK}$$

## Presiones

$$\text{Presiones} = (W_{\text{total}} + W_{\text{estribo}}) / A \left( (1 \pm (6 \cdot e / b)) \right)$$

Donde:  $W_{\text{total}}$  = peso de carga muerta y carga viva

$W_{\text{estribo}}$  = peso de estribo

e = excentricidad =  $(b / 2) - a$

A = área

a =  $(ME - MV) / (W_{\text{total}} + W_{\text{estribo}})$

b = base

$$a = (174,159.27 - 19,102.42) / 98,943$$

$$a = 1.57 \text{ m.}$$

$$3a > b$$

$$3 \cdot 1.57 = 4.70 > 3.40$$

$$e = (b / 2) - a = (3.40 / 2) - 1.57 = 0.13$$

$$\text{Presiones} = (W_{\text{total}} + W_{\text{estribo}})/A ((1 \pm (6 \cdot e/b))$$

$$P \text{ máxima} = 98,943 / (3.40 \cdot 1) \cdot ((1 \pm (6 \cdot 0.13/3.40))$$

$$P \text{ máxima} = 29,100 \cdot (1 + 0.23)$$

$$P \text{ máxima} = 35,793 \text{ kg/m}^2 > \text{Valor soporte (8900 kg/m}^2)$$

$$P \text{ mínima} = 29,100 \cdot (1 - 0.23)$$

$$P \text{ mínima} = 22,407 \text{ kg/m}^2 > 0$$

Debido a que la presión máxima alcanzada es mayor que el valor soporte y para no tener un muro con una base muy grande se opta por incorporar una zapata de concreto reforzado.

### **2.1.8.3 Diseño de Zapata**

Se colocará una zapata por tener un valor soporte de suelo bajo y para cumplir con el chequeo de presiones.

Para diseñar el área de la zapata se utilizan las cargas de trabajo y no las cargas últimas, para tener un margen de seguridad más alto.

#### **Cargas de trabajo**

$$V_{\text{trabajo}} = V_{\text{cm}} + V_{\text{cv}}$$

$$V_{\text{trabajo}} = 62,084.60 + 6,820$$

$$V_{\text{trabajo}} = 68,904.60 \text{ kg}$$

#### **Factor de carga última**

$$F_{\text{cu}} = 1.20$$

### **Carga última**

$$q_u = F_{cu} * V_{\text{trabajo}}$$

$$q_u = 1.20 * 68,904.60$$

$$q_u = 82,685.76$$

### **Carga total de trabajo**

$$W_{\text{total trabajo}} = V_{\text{trab}} * \text{No.vigas princ.} / L_{\text{estribo}} + W_{\text{viga de apoyo+cortina}}$$

$$W_{\text{total trabajo}} = (68,904.60 * 2) / 4.96 + 1368$$

$$W_{\text{total trabajo}} = 29,152.11 \text{ kg/m}$$

### **Cálculo de la carga total del estribo**

$$W_{\text{zapata}} = W_{\text{trab}} + W_{\text{estribo}}$$

$$W_{\text{zapata}} = 29,152.11 + 23,760$$

$$W_{\text{zapata}} = 52,912.11 \text{ kg/m}$$

### **Cálculo del área de la zapata**

$$A_{\text{zapata}} = W_{\text{zapata}} / V_{\text{suelo}}$$

$$A_{\text{zapata}} = 52,912.11 / 8,900$$

$$A_{\text{zapata}} = 5.95 \text{ m}^2$$

$$A = b * h \quad h = 1 \text{ m.}$$

$$b = 6.0 \text{ m.}$$

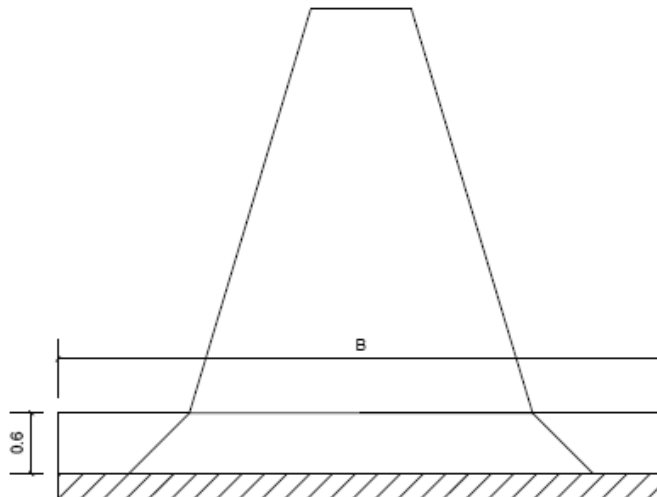
### Encontrando Wu de la zapata

$$W_u = 52,912.11 * 1.2$$

$$W_u = 63,494.53 \text{ kg/m}$$

### Chequeo por corte simple

Figura 21. Esquema de áreas para cálculo de corte simple en zapata



La falla de las zapatas por esfuerzo cortante, ocurre a una distancia igual a  $d$  (peralte efectivo) del borde de la columna o muro, por tal razón se debe comparar en ese límite si el corte resistente es mayor que el actuante.

Peralte efectivo con varillas No. 4

$$d = t - \text{rec.} - \varnothing_{\text{var}}/2$$

con un  $t$  asumido = 0.60 m

$$d = 60 - 8 - 1.27/2$$

$$d = 51.36 \text{ cm.}$$

$$x = B/2 - b/2 - d$$

$$x = 6.00/2 - 4.00/2 - 0.5136$$

$$x = 3.00 - 2.00 - 0.5136 = 0.49 \text{ m}$$

### Corte actuante

$$V_{act} = Area * W_u = 6.00 * 0.49 * 63,494.53 = 186,673 \text{ kg.}$$

### Corte resistente

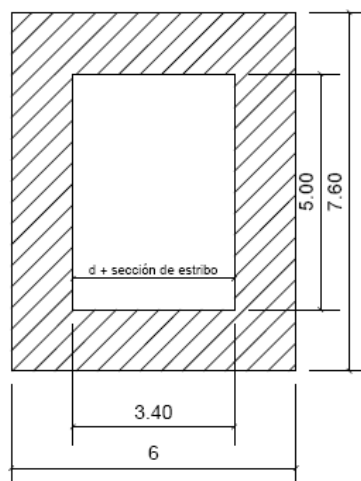
$$V_r = 0.85 * 0.53 * (f'c)^{1/2} * B * d = 0.85 * 0.53 * (210)^{1/2} * 600 * 51.36$$

$$V_r = 201,178 \text{ kg.}$$

$V_{act} < V_r$ , si cumple, por lo tanto, el peralte propuesto resiste al corte simple.

### Chequeo por corte punzonante

Figura 22. Esquema de áreas para cálculo de corte punzonante en zapata





El muro tiende a punzonar la zapata, debido a los esfuerzos de corte que se producen en el perímetro del estribo; el límite donde ocurre la falla se encuentra a una distancia igual a  $d/2$  del perímetro del muro.

### **Corte actuante por punzonamiento**

$$d + \text{sección de muro} = 51.36 + 500 = 551.36 \text{ cm.}$$

$$V_{\text{act pun}} = \text{Área} \cdot W_u = (6.00 \cdot 4.96 - 5.5136 \cdot 4.96) \cdot 63,494.53$$

$$V_{\text{act pun}} = 153,183 \text{ kg.}$$

### **Corte resistente a punzonamiento**

$$V_{r \text{ pun}} = \phi \cdot 1.06 \cdot (f' c)^{1/2} \cdot b_o \cdot d$$

$b_o$  = perímetro de sección crítica de punzonamiento

$$b_o = 2 \cdot (d + \text{sección del estribo})$$

$$b_o = 2 \cdot (51.36 + 500) = 1,102.72 \text{ cm}$$

$$V_{r \text{ pun}} = 0.85 \cdot 1.06 \cdot (210)^{1/2} \cdot 1,102.72 \cdot 51.36$$

$$V_{r \text{ pun}} = 739,447 \text{ kg.}$$

$V_{\text{act pun}} < V_{r \text{ pun}}$  cumple, por lo tanto el peralte propuesto resiste el corte punzonante

### **Chequeo de presiones**

Esto se hace con la finalidad de determinar las presiones y verificar si estas son negativas o mayor que el valor soporte del suelo, para este caso donde el estribo se apoya sobre una zapata se usará la ecuación de presiones para zapatas.

$$Q = \frac{P}{A} \pm \frac{M_x}{I_x} \pm \frac{M_y}{I_y}$$

Por ser un elemento simplemente apoyado se asume que los momentos en “x” y en “y” son igual a cero.

Entonces:

$$q = P/A$$

$$q = 52,912.11 / (6.0 * 1.00)$$

$$q = 8,820 \text{ kg/m}^2 < \text{Valor soporte de suelo (8,900 kg/m}^2)$$

Por lo tanto:  $q < V_s$  y  $q > 0$  si cumple el chequeo de presiones, asegurando que no habrán presiones negativas.

### **Diseño del refuerzo por flexión**

El empuje hacia arriba del suelo produce un momento flector en la zapata, por tal razón, es necesario reforzarla con acero para soportar los esfuerzos inducidos.

### **Momento último**

Se define tomando la losa en voladizo con la siguiente ecuación:

$$M_u = W_u L^2 / 2$$

$$M_u = 52,912.11 * (1.30)^2 / 2$$

$$M_u = 44,711 \text{ kg-m}$$

Para calcular el área de acero se utiliza la siguiente ecuación:

$$A_s = [b*d - \sqrt{(b*d)^2 - (Mu*b)/(0.003825*f'c)}] * \Phi * f'c / f_y$$

Datos:

$$Mu = 44,711 \text{ kg-m}$$

$$b = 100 \text{ cm}$$

$$d = 51.05 \text{ cm}$$

$$f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$$

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

$$A_s = 24.56 \text{ cm}^2$$

$$A_s \text{ mín} = 17.14 \text{ cm}^2$$

### Hallando espaciamiento (S) entre varillas No. 6

$$24.56 \text{ cm}^2 \frac{100 \text{ cm}}{2.85 \text{ cm}^2} = 861.75 \text{ cm}$$

$$2.85 \text{ cm}^2 \frac{100 \text{ cm}}{S} = 285 \frac{100}{S}$$

$$S = 11.60 \text{ cm.}$$

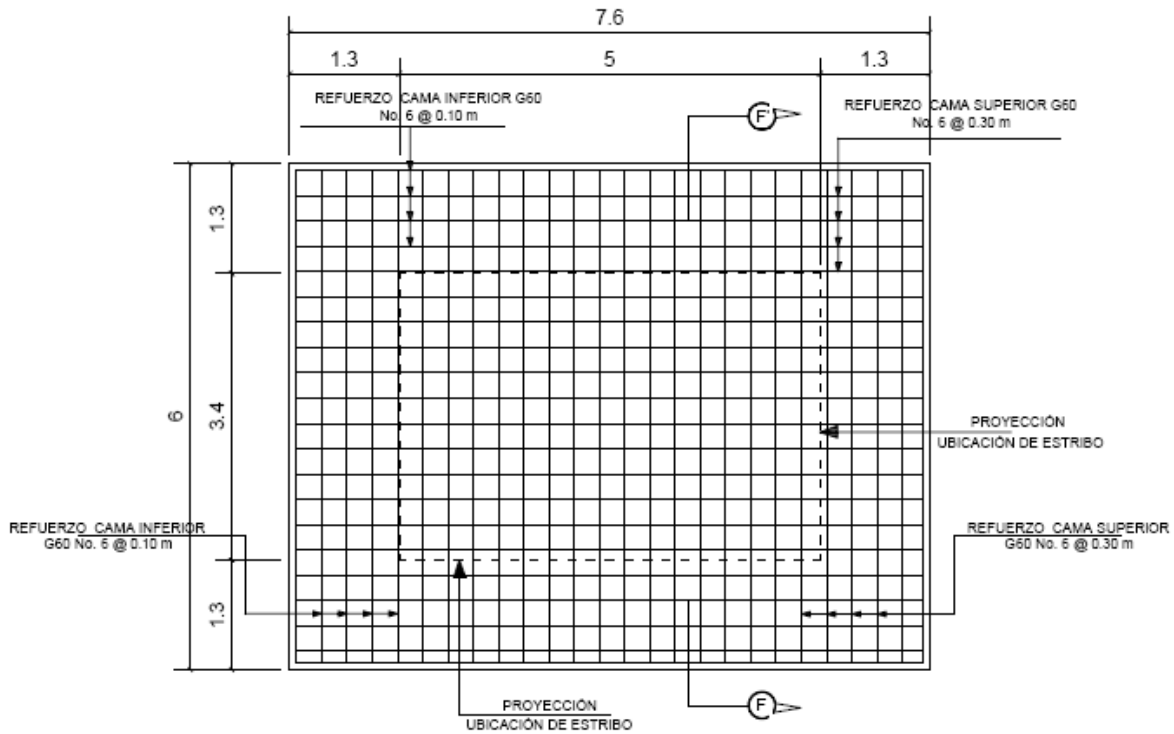
Adoptando S = 10 cm.

$$A_s \text{ temp} = 0.002 b * t = 0.002 * 100 * 60 = 12 \text{ cm}^2$$

$$S = 30 \text{ cm en ambos sentidos}$$

El armado de la zapata será; cama inferior varillas No 6 @ 0.10 m, cama superior varillas No. 6 @ 0.30 m, las dos camas en ambos sentidos.

**Figura 23. Esquema de zapata**



### **2.1.9 Obras de protección**

Para la protección del puente vehicular se utilizarán gaviones, para evitar erosión y socavación debido a que el suelo es de baja calidad; sus dimensiones serán de 2 m \* 1m hasta alcanzar la altura donde se encuentra ubicada la viga de apoyo.

### **2.1.10 Elaboración de planos**

Los planos fueron elaborados en base al diseño del puente y todos sus componentes, siendo estos los siguientes:

1. Plano de planta, elevación y perfil
2. Plano de superestructura
3. Plano de superestructura
4. Plano de subestructura

#### **2.1.11 Elaboración de presupuesto**

Con base a los planos elaborados del proyecto, se procedió a la cuantificación de materiales y cantidades de trabajo. Los precios de materiales fueron basados en cotizaciones realizadas en la región de Mazatenango y la mano de obra, según los salarios que la Municipalidad asigna para casos similares.

El costo total del proyecto asciende a la cantidad de **UN MILLON NOVENTA Y UN MIL CIENTO SETENTA Y SIETE QUETZALES CON 33/100 (Q. 1,091,177.33)**.

**Tabla V. Presupuesto para la construcción del puente**

**PROYECTO** *PUENTE VEHICULAR*  
**COMUNIDAD** *CASERÍO MANGALES*  
**MUNICIPIO** *MAZATENANGO*  
**DEPARTAMENTO** *SUCHITEPÉQUEZ*  
**FECHA:** *Sep-09*

**CUADRO DE RENGLONES DE TRABAJO**

<b>No</b>	<b>RENLÓN</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD CONTRATADA</b>	<b>PRECIO UNITARIO Q</b>	<b>COSTO APORTE ENTIDAD Q</b>
1	PRELIMINARES	M2	125.00	Q 539.40	Q 67,425.53
2	TRAZO Y NIVELACIÓN	MI	31.00	Q 1,661.70	Q 51,512.66
3	EXCAVACIÓN ESTRUCTURAL	M3	218.75	Q 168.71	Q 36,906.25
4	GAVIONES DE (1.00 * 2.00 Mts.)	Unidad	50.00	Q 1,320.01	Q 66,000.53
5	APROCHES	M3	56.00	Q 602.83	Q 33,758.53
6	ZAPATA (7.00 * 5.00 * 0.60 Mts.)	M3	42.00	Q 2,673.25	Q 112,276.40
7	ESTRIBOS DE CONCRETO CICLÓPEO	m3	218.40	Q 1,533.03	Q 334,813.76
8	CORTINA Y VIGA DE APOYO	Unidad	2.00	Q 17,798.82	Q 35,597.65
9	VIGAS DE CONCRETO REFORZADO	ML	39.00	Q 4,043.27	Q 157,687.66
10	DIAFRAGMA EXTERNO	Unidad	2.00	Q 11,166.03	Q 22,332.06
11	DIAFRAGMA INTERNO	Unidad	2.00	Q 13,088.96	Q 26,177.91
12	SEÑALIZACIÓN	Unidad	4.00	Q 3,814.81	Q 15,259.25
13	LOSA DE CONCRETO (t= 0.16)	m2	71.37	Q 844.89	Q 60,300.05
14	BANQUETA	M2	27.30	Q 1,175.37	Q 32,087.68
15	PASAMANOS	ML	39.00	Q 484.99	Q 18,914.65
16	POSTES	ML	15.40	Q 1,125.11	Q 17,326.76
17	NEOPRENO	Unidad	8.00	Q 350.00	Q 2,800.00
<b>COSTO TOTAL DEL PROYECTO</b>					<b>Q 1,091,177.33</b>

### **3. DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL CANTÓN SALACHÉ, MUNICIPIO DE MAZATENANGO, DEPARTAMENTO DE SUCHITEPÉQUEZ.**

#### **3.1 Descripción del proyecto**

El proyecto consiste en diseñar el sistema de abastecimiento de agua potable para el cantón Salaché, localizado en el casco urbano de la ciudad de Mazatenango, cuenta con una población de 1850 habitantes. El sistema funcionará por gravedad y está conformado por 1565.60 metros en línea de distribución, 6,210.40 metros en la red de distribución y 416 conexiones domiciliarias.

Se diseñará la red de distribución de forma combinada, la cual tendrá 1 circuito cerrado, conformado por tuberías principales encargadas de transportar el agua hacia diferentes zonas y tuberías secundarias encargadas de conducir el agua hasta los domicilios, y 4 ramales abiertos para conducir el agua hacia los demás sectores, manteniendo el caudal y presiones compensadas en toda la red, necesario para una distribución adecuada del abastecimiento de agua.

#### **3.2 Levantamiento topográfico**

Al efectuar el levantamiento y trazo de la línea y red de distribución, se contó con la colaboración de la Municipalidad en lo concerniente a recurso humano. Se utilizó un teodolito marca Sokkia con su trípode, cinta métrica, estadal, clavos y pintura, se aplicó el método taquimétrico para planimetría y altimetría.

### **3.3 Fuentes de abastecimiento de agua potable**

Para el abastecimiento de agua potable se tomará la misma utilizada para el casco urbano de Mazatenango, la cual es por medio de gravedad para la demanda de la población, consistente en la captación de agua que viene de la cuenca del río Sis, que cuenta con una planta de tratamiento conformada por sedimentadores en forma de caracol y floculadores, filtros y clorinadores, que hacen que el agua sea potable. Además, tanques de distribución que se encuentran a un costado de la colonia villas de Zapotitlán, las cuales llevan el agua hacia diferentes sectores de la ciudad.

### **3.4 Caudal de aforo**

El aforo se realizó por el método volumétrico en el cual se miden los tiempos de llenado de un recipiente de volumen conocido, tomando el tiempo 5 veces consecutivas, tomando el promedio de tiempo en el cual se llena, seguidamente aplicando la ecuación de  $Q = V/t$  dando como resultado un aforo de 8.85 Litros/seg.

### **3.5 Análisis de la calidad del agua**

Para establecer la calidad del agua, se deben verificar los resultados obtenidos de los exámenes físico-químico sanitario y bacteriológico, realizados en laboratorio y con ello verificar si el agua es apta para consumo humano (ver anexo).



### **3.5.1 Examen bacteriológico**

El objetivo principal de este examen es indicar el grado de contaminación bacteriana y con materia fecal, para lo cual se busca la presencia del grupo coliforme, que comprende los bacilos, Escherrichia Coli y el Aerobater Aerógenes. Según informe se concluye que el agua no es potable bajo la norma COGUANOR NGO 29001. Debido a este resultado el agua requiere de tratamiento para su consumo, a realizarse en la planta de tratamiento existente, por medio de desinfección a base de pastillas de tricloruro, que se utilizan para evitar cualquier contaminación que exista en los accesorios, elementos estructurales y tuberías del sistema.

### **3.5.2 Análisis físico-químico sanitario**

El análisis físico sirve para medir y registrar aquellas propiedades que pueden ser observados por los sentidos, como aspecto, color, turbiedad, olor, sabor, PH, temperatura y conductividad eléctrica.

El análisis químico tiene el propósito de determinar las cantidades de minerales y materia orgánica existentes en el agua, que afectan su calidad, como lo son: amoniaco, nitritos, nitratos, cloro residual, manganeso, cloruros, fluoruros, sulfatos, hierro total, dureza total, sólidos totales, sólidos volátiles, sólidos fijos, sólidos en suspensión, sólidos disueltos y también su alcalinidad (clasificación).

El análisis físico-químico sanitario demostró que el agua es potable, según la Norma COGUANOR NGO 29001, indica que estas determinaciones se encuentran dentro de los límites máximos aceptables.

## **3.6 Criterios de diseño hidráulico**

### **3.6.1 Período de diseño**

El período de diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable es el tiempo durante el cual el sistema dará un servicio de manera eficiente, el cual varía de acuerdo a la capacidad de la administración en aspectos de operación y mantenimiento, además de la duración aproximada de las instalaciones y equipo utilizado. Para el diseño de este proyecto se adoptó un período de diseño de 20 años.

### **3.6.2 Población de diseño**

La población a estudiar se encuentra en el sur-occidente del país específicamente en el cantón Salaché ubicado en el casco urbano de la ciudad de Mazatenango, cuenta con una población actual de 1850 habitantes, con un promedio de 6 habitantes/vivienda, para el cálculo de la población futura se consideró el método por saturación, debido a que casas, calles, avenidas y lotes están bien definidos y porque la zona no podrá ampliarse ni incrementarse considerablemente, determinando así una población futura de 2,500 habitantes por medio del plano de densidad de vivienda.

Población actual (1850 habitantes)

Población futura (2500 habitantes)

### **3.6.3 Dotación**

En cuanto a la adopción de una dotación adecuada, es recomendable tomar en cuenta las características del lugar, tipo de clima y nivel de vida de la

población, en este caso se tomará el dato proporcionado por la Oficina de Aguas y Drenajes de la municipalidad de Mazatenango, el cual es de 150 lt/hab/día.

### **3.6.4 Factores de consumo**

#### **3.6.4.1 Factor de día máximo (Fdm)**

Coeficiente o factor del día de mayor consumo, el cual se define como la relación entre el valor del consumo máximo diario registrado en un año y el consumo medio diario relativo a ese mismo año, este factor varía de 1.3 para poblaciones grandes y 2.0 para poblaciones pequeñas.

#### **3.6.4.2 Factor de hora máxima (Fhm)**

El factor de hora máxima sirve para compensar las variaciones en las horas de mayor consumo y satisfacer la demanda de la población, está relacionado con el número de habitantes y tipo de costumbres. Este factor varía de 2.0 para poblaciones mayores a 1000 habitantes y 3.0 para poblaciones menores a 1000 habitantes, para este proyecto se utilizará un factor de 2.0 debido a que la población sobrepasa los 1000 habitantes.

### **3.7 Determinación de caudales**

Se define como gasto o caudal, a la cantidad de agua que demanda la población en lt/s, el cual puede ser afectado por factores que lo convierten en caudal de línea de conducción, caudal de línea o red de distribución.

### **3.7.1 Caudal medio diario (Qmd)**

Se refiere al promedio de consumo diario que se espera tendrá la población, se utiliza para el diseño del tanque de distribución y se expresa en lt/s. Para el caserío Salaché, se estima:

$$Qm. = (\text{Dotación} * \text{Número de habitantes}) / (\text{segundos de un día})$$

$$Qm. = (150 \text{ lt/hab/día} * 2500 \text{ hab}) / (86400 \text{ seg.})$$

$$Qm. = 4.34 \text{ lt/s}$$

### **3.7.2 Caudal día máximo (Qdm)**

Es utilizado para el diseño de la línea de conducción, está en función del factor de día máximo y el caudal medio diario.

Su ecuación es:

$$Qdm = Fdm * Qmd$$

$$Qdm = 1.3 * 4.34$$

$$Qdm = 5.64 \text{ lt/s}$$

### **3.7.3 Caudal hora máxima (Qhm)**

Es utilizado para el diseño de la línea y red de distribución, está en función del factor de hora máxima y el caudal medio diario.

Su ecuación es:

$$Qhm = Fhm * Qmd$$

$$Qhm = 2 * 4.34 = 8.68 \text{ lt/s}$$

### **3.8 Línea de conducción**

Se define como el conjunto de elementos, que incluyen las obras de arte, que servirán para transportar el agua potable hasta las viviendas, desde el lugar de captación.

Sus componentes son:

- Tubería de distinto diámetro según las pérdidas (PVC, HG)
- Válvulas de compuerta
- Válvulas de aire
- Válvulas de limpieza
- Accesorios

#### **3.8.1 Línea de distribución**

Es el conjunto de tuberías que conducen el agua desde el tanque de distribución al inicio de la red de distribución.

La línea de conducción se diseña con el caudal de hora máxima, en este caso con un caudal de aforo de 8.85 lt/s, por medio de la ecuación de Hazen & Williams y los siguientes datos:

Aforo	8.85 lt/s
Período de diseño	20 años
Tipo de distribución	Domiciliar
Dotación	150 lt/hab/día
Población actual	1850 habitantes
Población futura	2500 habitantes

Viviendas actuales	308 viviendas
Viviendas futuras	416 viviendas
Habitantes por vivienda	6
Factor de día máximo	1.3

$$\begin{aligned} \varnothing_i &= ((1743.811 * L * Q_{hm}^{1.85}) / (C^{1.85} * H))^{1/4.87} \\ hf_i &= (1743.811 * L * Q_{hm}^{1.85}) / (C^{1.85} * \varnothing_i^{4.87}) \end{aligned}$$

Donde:

$\varnothing_i$  = Diámetro interno de la tubería (plg).

L = Longitud de tubería multiplicado por un factor del 5% por la fotografía del terreno.

$Q_{hm}$  = Caudal de hora máxima o caudal de distribución (lts/seg).

C = Coeficiente de rugosidad (150 para PVC).

H = Altura disponible entre estaciones.

hf = Pérdida de carga.

### **Cálculo de la línea de distribución de E-0 a E-78**

Cota inicial del terreno = 100 m

Presión en E-0 = 31.5 m

Cota piezométrica en E-0 = 131.5 m

Cota de terreno en E-78 = 80.116 m

Diferencia de alturas = 51.38 m

L = 1625.60 m

$$\varnothing_{i \text{ teórico}} = ((1743.811 * 1525.60 * 1.05 * 8.85^{1.85}) / (150^{1.85} * 51.38))^{1/4.87} = 3.17''$$

$$hf_{3'' \text{ real}} = ((1743.811 * 1525.60 * 1.05 * 8.85^{1.85}) / (150^{1.85} * 3))^{1/4.87} = 67.21 \text{ m}$$

$$hf_{4'' \text{ real}} = ((1743.811 * 1525.60 * 1.05 * 8.85^{1.85}) / (150^{1.85} * 4))^{1/4.87} = 16.56 \text{ m}$$

Se utilizará el de mayor diámetro, debido a que se desea obtener la menor pérdida de carga.  $\varnothing_{\text{comercial}} = 4''$  de 160 psi.

La longitud horizontal de la línea de conducción; se incrementó en un 5%, considerando la pendiente del terreno. Se proyectó instalar un total de 1600 metros de tubería de cloruro de polivinilo PVC.

### **3.8.2 Red de distribución**

Son los conductos de abastecimiento que alimentan de agua a cada propiedad, su capacidad debe ser suficiente para satisfacer la demanda más alta que puede ocurrir durante el período de diseño.

La red recibe el agua de la línea de distribución, para luego entregarla a los sectores de consumo.

Los conductos de la red de distribución estarán conformados por 1 circuito cerrado (tubería principal), para obtener caudales y presiones compensados y 4 ramales abiertos (tubería secundaria). Los conductos principales serán de mayor diámetro, los cuales alimentan a los secundarios, el diámetro mínimo a utilizar es de 2'' en tubería principal.

### **3.9 Desinfección**

La desinfección es el proceso de destrucción de microorganismos presentes en el agua, mediante la aplicación directa de medios físicos o químicos.

Según los resultados de laboratorio para calidad del agua, se determinó que el agua requiere de tratamiento para su consumo, a base de pastillas de tricloro y que se usa para evitar cualquier contaminación existente en tuberías y accesorios del sistema, la cual se llevará a cabo en la planta de tratamiento de Mazatenango, encargada de la verificación del agua para consumo humano.

### **3.10 Cálculo hidráulico de la red**

Se diseña aplicando la ecuación de Hazen & Williams, considerando el mayor de los caudales de uso instantáneo y el caudal unitario.

#### **3.10.1 Caudal de uso instantáneo**

$$Q = (k * (n-1))^{1/2}/n$$

En donde:

K = Un valor constante que esta entre 0.15 y 0.20

n = número de viviendas futuras que abastecerá el ramal

$$Q = (0.15 * (416-1))^{1/2}/416 = 0.019 \text{ lt/s}$$



### 3.10.2 Caudal unitario

$$Q = (\text{Dot} * n * F_{hm})/86400$$

Donde:

Dot = Dotación (lt/hab/día)

n = Número de habitantes futuros

F<sub>hm</sub> = Factor de hora máxima

$$Q = (150 \text{ lt/hab/día} * 2496 * 2)/86400 = 0.021 \text{ lt/s}$$

### 3.10.3 Diámetro de tubería

El diámetro de tubería se determina aplicando la ecuación de Hazen & Williams, para cada tramo en estudio.

$$\varnothing_i = ((1743.811 * L * Q_{hm}^{1.85}) / (C^{1.85} * H))^{1/4.87} = \text{Plg.}$$

Donde:

L = Longitud de la tubería en metros

Q<sub>hm</sub> = Caudal de hora máxima en l/s

H = Altura de carga disponible en metros

C = Coeficiente adimensional (PVC = 150, Hg = 100)

### Ejemplo de cálculo de diámetro en ramal abierto de E-83 a E-84

Datos:

$$Q = 2.98 \text{ lt/s}$$

$$L = 20.05 \text{ m}$$

$$H = 26.95 \text{ m}$$

$$\varnothing = ((1743.811 * L * Q^{1.85}) / (C^{1.85} * H))^{1/4.87}$$

$$\varnothing = ((1743.811 * 20.05 * 2.98^{1.85}) / (150^{1.85} * 26.95))^{1/4.87}$$

$$\varnothing = 0.98''$$

En este tramo es necesaria la menor pérdida de carga hf, para que exista una presión adecuada en los tramos siguientes, por ello se colocará un  $\varnothing_{\text{comercial}} = 1.50''$ , con un  $\varnothing_{\text{interno}} = 1.75''$  (160 psi).

$$hf_{\text{real}} = (1743.811 * L * Q_{\text{hm}}^{1.85}) / (C^{1.85} * \varnothing_i^{4.87})$$

$$hf_{\text{real}} = (1743.811 * 20.05 * 2.98^{1.85}) / (150^{1.85} * 1.75^{4.87})$$

$$hf_{\text{real}} = 1.61 \text{ m}$$

### 3.10.4 Velocidad del agua

La velocidad del agua en tuberías de conducción forzada recomendada va de 0.60 m/s como mínimo a 3.00 m/s como máximo, para que no exista sedimentación o desgaste de acuerdo a las normas del INFOM, sin embargo los fabricantes recomiendan velocidades con rangos mas altos y bajos que varían de 0.40 m/s a 5.00 m/s.

$$V = \frac{1.9735 * Q_{\text{hm}}}{\varnothing_i^2}$$

Donde:

V = Velocidad del agua en m/s

Q<sub>hm</sub> = Caudal de hora máxima en l/s

$\varnothing_i$  = Diámetro interno de la tubería en plg

### Ejemplo de cálculo de velocidad en línea de distribución

$$V = \frac{1.9735 * 8.85 \text{ lt/s}}{(4)^2} = 1.09 \text{ m/s}$$

La velocidad del agua es aceptable ya que se encuentra entre el rango recomendado, garantizando que no habrá sedimentación o desgaste.

#### 3.10.5 Cota piezométrica

La cota piezométrica es la altura hidráulica en cualquier punto de una línea de conducción o distribución, se calcula restando a la cota del punto anterior la pérdida de carga ( $h_f$ ) en el tramo.

$$C_p = \text{Cota del punto anterior} - \text{Pérdida de carga}$$

#### Cálculo de cota piezométrica de E-0 a E-78

Cota de salida	=	131.50 m
<u>Pérdida de carga</u>	=	<u>16.56 m</u>
Cota piezométrica en E-78	=	114.94 m

#### 3.10.6 Presión dinámica

Se produce cuando en la tubería, que está llena de agua, existe flujo y es la diferencia entre la cota piezométrica y la cota del terreno del punto en estudio, se calcula por medio de la siguiente ecuación.

$$\text{Presión final} = \text{Cota piezométrica} - \text{Cota de terreno}$$

### **Cálculo de presión en E-78**

Cota piezométrica en E-78	=	114.94 m
<u>Cota final de terreno en E-78</u>	=	<u>80.116 m</u>
Presión final	=	34.83 m

Para el diseño hidráulico del circuito cerrado se aplicó el método de Hardy Cross, el cual por medio de iteraciones compensa los caudales que circulan por la tubería, logrando con ello obtener las mismas presiones en los puntos de consumo. Los circuitos se consideran compensados cuando las correcciones del circuito son menores al uno por ciento del caudal de entrada ( $\Delta < 1\% Q_e$ ).

Los diámetros encontrados son de 2" en todo el circuito, el resumen de cálculo del diseño hidráulico se pueden observar en el anexo.

### **3.11 Conexiones domiciliarias**

La componen la tubería y accesorios destinados al servicio exclusivo del usuario, que une la tubería de servicio de la red de distribución con el inmueble, para este caso las conexiones domiciliarias ya existen en cada vivienda y son de tipo intradomiciliar.

Las conexiones domiciliarias están compuestas por los siguientes elementos:

- Conexión a la tubería con diámetro de ½"
- Válvula de paso
- Contador
- Llave de compuerta
- Válvula de cheque

### **3.12 Obras de arte**

Son utilizadas cuando en algún tramo de tubería, se tienen características especiales de condiciones desfavorables en el diseño hidráulico, como una mayor presión de trabajo, que la resistente en la tubería, o cuando es necesario salvar una depresión de terreno o atravesar un río, entre las obras de arte utilizadas se encuentran:

- Caja rompe-presión
- Pasos aéreos
- Cajas unificadoras de caudal
- Cajas distribuidoras de caudal
- Cajas para válvulas

En este proyecto únicamente se incorporarán al diseño, cajas para válvulas de compuerta, ubicadas en el punto inicial del circuito principal y en los puntos iniciales de los 4 ramales de la red de distribución, para controlar la circulación del agua.

### **3.13 Válvulas**

Se pueden definir como un dispositivo mecánico con el cual se puede iniciar, detener o regular la circulación (paso) de líquido, mediante una pieza movable que abre, cierra u obstruye de forma parcial o total un conducto, ubicadas en el punto inicial del circuito principal y en los puntos iniciales de los 4 ramales de la red de distribución.

### **3.13.1 Válvulas de compuerta**

Son accesorios que controlan el flujo del caudal por la tubería, ya sea en la línea de conducción o en la red de distribución.

Estos dispositivos se utilizan para cerrar circuitos o ramales en casos de reparación en la tubería. Se protegen por medio de una pequeña caja de concreto.

### **3.14 Programa de operación y mantenimiento**

En inversiones de un sistema de abastecimiento de agua potable la calidad, fiabilidad y garantía de funcionamiento a lo largo de toda la vida útil, aseguran la rentabilidad del proyecto.

El programa consiste en mantenimiento preventivo, por medio de monitoreos de la calidad del agua en la planta de tratamiento, por medio de revisiones eventuales en instalaciones y tubería; y correctivo en caso de estar dañadas las instalaciones o tubería.

### **3.15 Tarifa**

En este tipo de proyectos se busca generar beneficios sociales en cuanto a reducción de costos, pero con una eficiencia del sistema, ello debe ser sostenible durante la vida útil del proyecto por medio de una tarifa que cada uno de los usuarios debe cancelar, en función de costos de operación, mantenimiento y administración, se recomienda que no sobrepase del 5% del valor del costo del proyecto. La municipalidad de Mazatenango tiene una tarifa asignada de Q. 30.00 mensuales por usuario.

### **3.16 Evaluación socio-económica**

La evaluación de este proyecto, se realizó mediante la información obtenida de visitas y encuestas a los propietarios de las viviendas, dándoles a conocer los beneficios a obtener con la construcción del proyecto, considerando la situación económica actual de la población, identificando, midiendo y valorando en términos monetarios la posibilidad de una tarifa mensual, por lo que se concluye están de acuerdo, ya que les representaría beneficios en salud, eliminación de molestias por falta de agua, mayor consumo del recurso, manteniendo un servicio regular y eficiente todos los días del año.

#### **3.16.1 Valor presente neto (VPN)**

Es un método para evaluar proyectos de inversión a largo plazo, determinar si la inversión es positiva, negativa o si continúa de igual forma; si es positivo indica que habrá un incremento al valor presente neto, si es negativo indica que se reducirá.

#### **3.16.2 Tasa interna de retorno (TIR)**

Es la tasa de interés con la cual el valor presente neto (VPN) es igual a cero, el cual es un indicador de la rentabilidad del proyecto, a mayor TIR, mayor rentabilidad.

Al ejecutarse el proyecto generará un impacto económico local y temporal, al utilizar mano de obra no calificada en el área de influencia, en la fase de construcción, pero en la etapa de operación no generará ningún beneficio económico adicional, por lo que no se hace necesario el cálculo de indicadores financieros.

Por ser un proyecto social, no generará ingresos económicos, solamente se calcula la relación costo beneficio, a través del costo total del proyecto dividido entre la cantidad de beneficiarios.

$$RC / B = Q. 768,295.11 / 2500 \text{ Hab} = Q. 307.32 / \text{Hab}$$

### **3.17 Evaluación de impacto ambiental**

Es el procedimiento que sirve para identificar, prevenir e interpretar cualitativamente los impactos ambientales positivos y/o negativos, que producirá el proyecto en el entorno, en caso de ser ejecutado.

#### **Suelo**

No se causará ningún impacto negativo, debido a que el área a excavar únicamente tendrá un ancho de 0.60 m y una profundidad de 0.80 m, no se levantará demasiado desperdicio ni suelo, que pudiera causar daño a la población.

#### **Hídrico**

Es un impacto positivo, ya que por medio de este recurso, las familias serán beneficiadas con agua potable.

#### **Población**

Constituye un impacto positivo, debido a que mejorará la calidad de vida y desarrollo de la población.



## **Ruido**

Existirá un impacto negativo en los alrededores, al momento de la excavación y relleno del suelo, ya que hay que remover en algunos sectores el adoquinado existente.

### **3.18 Elaboración de planos**

Los planos fueron elaborados con base al diseño hidráulico, siendo los siguientes:

1. Plano de planta general y densidad de vivienda
2. Plano de curvas de nivel y curvas de presión
3. Plano de planta-perfil
4. Plano de planta-perfil
5. Plano de planta-perfil

### **3.19 Elaboración de presupuesto**

Se aplicaron los mismos criterios del caso del puente vehicular.

El costo total del proyecto asciende a la cantidad de **SETECIENTOS SESENTA Y OCHO MIL DOSCIENTOS NOVENTA Y CINCO QUETZALES CON 11/100 (Q. 768,295.11)**.

**Tabla VI. Presupuesto para la construcción del sistema de abastecimiento de agua potable**

**PROYECTO:** SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE  
**COMUNIDAD:** CANTÓN SALACHÉ  
**MUNICIPIO:** MAZATENANGO  
**DEPARTAMENTO:** SUCHITEPÉQUEZ

**CUADRO DE RENGLONES DE TRABAJO**

<b>No.</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>P. UNITARIO</b>	<b>TOTAL</b>
1	Excavación	m3	3600	Q 25.00	Q 140,000.00
2	Tubería PVC 4" 160 psi	unidad	262.58	Q 747.74	Q 196,339.85
3	Tubería PVC 2" 160 psi	unidad	227.20	Q 253.04	Q 57,490.57
4	Tubería PVC 1 1/2" 160 psi	unidad	90.85	Q 620.13	Q 56,337.11
5	Tubería PVC 1" 160 psi	unidad	520.00	Q 153.72	Q 79,933.48
6	Válvulas de compuerta con caja	unidad	4.00	Q 2,850.00	Q 36,400.00
7	Reparación de adoquín	m2	2115.36	Q 20.00	Q 87,307.20
8	Relleno	m3	4140	Q 15.00	Q 114,486.91
<b>COSTO TOTAL DEL PROYECTO</b>					<b>Q 768,295.11</b>

## CONCLUSIONES

1. La realización del Ejercicio Profesional Supervisado permitió conocer las diferentes necesidades que existen en el interior del país, principalmente en áreas de servicios básicos, infraestructura, salud, educación y otros. Por lo cual fue necesario desarrollar el diseño de los proyectos del puente vehicular y sistema de abastecimiento de agua potable.
2. La construcción del puente vehicular en el caserío Mangales, solucionará el problema de comunicación y acceso, permitiéndoles transportar productos agrícolas y el paso de peatones que en época de invierno es peligroso, ya que atenta contra la vida; por lo que contribuye al desarrollo de la comunidad y su área de influencia, beneficiando directamente a los pobladores del lugar.
3. La realización del proyecto de abastecimiento de agua potable en el cantón Salaché, beneficiará a una población de 2,500 habitantes, al elevar la calidad de vida de la población, con agua potable de manera regular y evitar con ello problemas gastrointestinales por el uso de fuentes inadecuadas, el costo al que asciende el proyecto es de Q. 768,295.11.
4. El sistema de agua potable funcionará por gravedad y estará conformado por medio de un circuito cerrado (tubería principal) y cuatro ramales abiertos (tubería secundaria), para la distribución de agua potable a la comunidad.
5. Con la realización del diseño de los proyectos del puente vehicular y sistema de abastecimiento de agua, la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, a través del Ejercicio

Profesional Supervisado está cumpliendo su labor de proyección social con el apoyo técnico profesional, realizado por el Asesor-Supervisor de EPS.

## RECOMENDACIONES

A la municipalidad de Mazatenango, Suchitepéquez

1. Garantizar la supervisión y ejecución de los proyectos a través de un profesional de la ingeniería civil, debiéndose apegar y cumplir con las especificaciones contenidas en los planos.
2. Contratar personal calificado para la construcción del puente vehicular en el caserío Mangales.
3. Verificar el valor soporte del suelo, preferiblemente a través del ensayo de penetración dinámica (SPT), previo a la construcción del puente vehicular.
4. Organizar a los pobladores de la comunidad, para proveerle el mantenimiento al puente vehicular, por medio del COCODE.
5. Dar un continuo mantenimiento y revisión al sistema de agua potable, para garantizar un adecuado funcionamiento.
6. Mantener un control constante de la calidad del agua.
7. Capacitar por medio de instituciones del Estado o municipalidad a la población, para un uso consciente y adecuado del recurso agua.



## BIBLIOGRAFÍA

1. Arthur H. Nilson. Diseño de estructuras de concreto  
12va. edición. Editorial McGraw Hill  
Colombia, marzo 2004
2. Crespo Villaláz, Carlos. Mecánica de suelos y cimentaciones. 4a edición.  
México: Editorial Limusa, 1999, 639 pp.
3. López Cuc, Luis Fernando. Diseño de puente vehicular para la  
comunidad Río Grande, Los Llanos, municipio de Joyabaj, Quiché.  
Trabajo de graduación de Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San  
Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería, 2008.
4. Reglamento para la construcción de concreto estructural y comentarios  
con ejemplos de diseño. ACI 318-02 Instituto Americano del Concreto.
5. American Association of State and Transportation Officials. Standard  
Specifications for Highway Bridges; 16a. ed. Washington, 1996.
6. Jack C. McCormac. Diseño de concreto reforzado. 5a edición. México:  
Editorial Alfaomega, 2007, 788 pp.
7. Ruiz, Pedro Aguilar. Apuntes sobre el curso de Ingeniería Sanitaria 1.  
Trabajo de graduación de Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San  
Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería, 2007.





## **ANEXOS**



# ANEXO 1

## Informe de ensayo de compresión triaxial



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

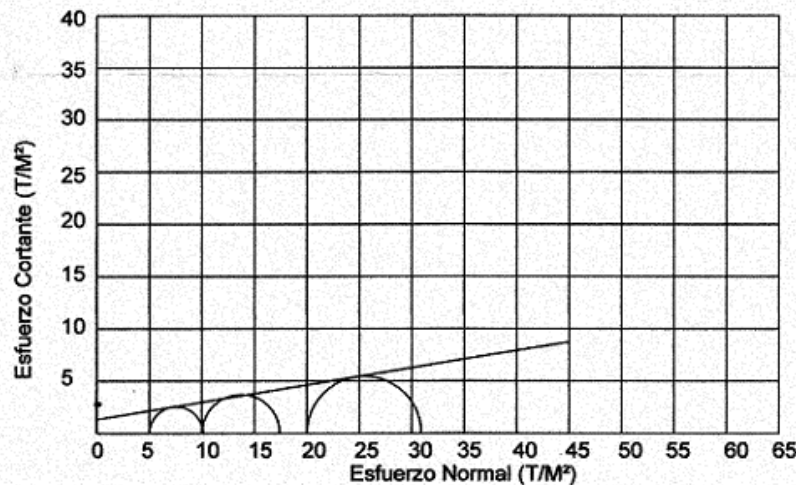


Nº 003352

### ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL, DIAGRAMA DE MOHR

INFORME No.: 202 S.S. O.T.No.: 25,035

INTERESADO: Manuel Daniel Tzicap López  
PROYECTO: Diseño de puente vehicular - EPS  
UBICACIÓN: Caserío Mangales Zanjón Agua Dulce Mazatenango, Suchitepequez  
pozo: 1 Profundidad: 4.00 m Muestra: 1  
Fecha: 06 de mayo de 2009



#### PARAMETROS DE CORTE:

ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA :  $\phi = 9.34^\circ$  COHESIÓN:  $C_u = 1.35 \text{ T/m}^2$

TIPO DE ENSAYO: No consolidado y no drenado.

DESCRIPCION DEL SUELO: Arcilla color café oscuro

DIMENSION Y TIPO DE LA PROBETA: 2.5" X 5.0"

OBSERVACIONES: Muestra tomada por el interesado.

PROBETA No.	1	1	1
PRESION LATERAL (T/m <sup>2</sup> )	5	10	20
DESVIADOR EN ROTURA $q$ (T/m <sup>2</sup> )	5.10	7.43	10.91
PRESION INTERSTICIAL $u$ (T/m <sup>2</sup> )	x	x	x
DEFORMACION EN ROTURA $E_r$ (%)	3.5	7.5	12.0
DENSIDAD SECA (T/m <sup>3</sup> )	1.08	1.08	1.08
DENSIDAD HUMEDA (T/m <sup>3</sup> )	1.57	1.57	1.57
HUMEDAD (%H)	47.3	47.3	47.3



Atentamente,

Vo. Bo.

Inga. Telma Marcela Cano Morales  
DIRECTORA CIUSAC



Ing. Omar Enrique Médrano Méndez  
Jefe Sección Mecánica de Suelos

FACULTAD DE INGENIERIA -USAC



**ANEXO 2**  
**Examen bacteriológico**



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



**Nº 004291**

<b>EXAMEN BACTERIOLOGICO</b>			
<b>O.T. No. 26 043</b>		<b>INF. No. A-305 848</b>	
INTERESADO	<u>MANUEL DANIEL TZICAP LÓPEZ</u> <small>(Carné No. 200512062)</small>	PROYECTO:	<u>EPS "Diseño del sistema de agua potable para el cantón Salaché, Mazatenango"</u>
MUESTRA RECOLECTADA POR	<u>Interesado</u>	DEPENDENCIA:	<u>FACULTAD DE INGENIERIA/USAC</u>
LUGAR DE RECOLECCIÓN DE LA MUESTRA:	<u>CANTÓN SALACHÉ</u>	FECHA Y HORA DE RECOLECCIÓN:	<u>2009-09-17; 10 h35</u> <u>min.</u>
FUENTE:	<u>Grifo</u>	FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LABORATORIO:	<u>2009-09-21; 12 h 30</u> <u>Min</u>
MUNICIPIO:	<u>Mazatenango</u>	DEPARTAMENTO:	<u>Suchitepéquez</u>
DEPARTAMENTO:	<u>Suchitepéquez</u>	CONDICIONES DE TRANSPORTE:	<u>Con refrigeración</u>
SAZOR:	<u>-----</u>	SUSTANCIAS EN SUSPENSIÓN	<u>Lig. cantidad</u>
ASPECTO:	<u>Claro</u>	COLOR RESIDUAL	<u>-----</u>
OLOR:	<u>Inodora</u>		
<b>INVESTIGACION DE COLIFORMES (GRUPO COLI - AEROGENES)</b>			
		PRUEBA CONFIRMATIVA	
PRUEBAS NORMALES	PRUEBA PRESUNTIVA	FORMACION DE GAS	
CANTIDAD SEMBRADA	FORMACION DE GAS - 35°C	TOTAL	FECAL 44.5 °C
10,00 cm <sup>3</sup>	++++-	+++	+++
01,00 cm <sup>3</sup>	++++-	+-	+
00,10 cm <sup>3</sup>	-----	Innecesaria	Innecesaria
RESULTADO: NÚMERO MAS PROBABLE DE GERMENES COLIFORMES/100.cm <sup>3</sup>		11	11
TÉCNICA "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" DE LA A.P.H.A. - W.E.F. 21 <sup>TH</sup> NORMA COGUANOR NGO 4010. SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES (SI), GUATEMALA.			
OBSERVACIONES: <u>Bacteriológicamente el agua NO ES POTABLE, según norma COGUANOR NGO 20.00.</u>			
Guatemala, 2009 -10-02			
Vo.Bo.	 <b>Inga. Telma Maricela Cano Morales</b> <b>DIRECTORA USAC</b>	 <b>Zanón Much Sandoval</b> <b>Ing. Químico Col. No. 426</b> <b>M. Sc. en Ingeniería Sanitaria</b> <b>Jefe Técnico Laboratorio</b>	



## ANEXO 3

### Exámen físico-químico sanitario



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



**Nº 004290**

O.T. No. 16 045		ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO SANITARIO		INF. No. 23 809	
INTERESADO:	MANUEL DANIEL TZICAP LÓPEZ (Carné No. 200512062)	PROYECTO:	EPS "Diseño de abastecimiento de agua potable para el cantón Salacá, Mazatenango"		
RECOLECTADA POR:	Interesado	DEPENDENCIA:	USAC-FACULTAD DE INGENIERÍA		
LUGAR DE RECOLECCIÓN:	CANTON SALACRÉ	FECHA Y HORA DE RECOLECCIÓN:	2009-05-17; 10 h 35 min.		
FUENTE:	Ceño	FECHA Y HORA DE LLEGADA ALLAB:	2009-05-21; 12 h 30 min.		
MUNICIPIO:	Mazatenango	CONDICIÓN DEL TRANSPORTE:	Sin refrigeración		
DEPARTAMENTO:	Suchitepéquez				
RESULTADOS					
1. ASPECTO:	Claro	4. OLOR:	Inodora	7. TEMPERATURA: (En el momento de medición)	...° C
2. COLOR:	01,00 Unidades	5. SABOR:	-----	8 CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	51,00 umbos/cm
3. TURBIDEZ:	04,00 UNT	6. potencial de Hidrógeno (pH)	07,00 unidades		
SUSTANCIAS	mg/L	SUSTANCIAS	mg/L	SUSTANCIAS	mg/L
1. AMONIACO (NH <sub>3</sub> )	00,18	6. CLORUROS (Cl <sup>-</sup> )	07,00	11. SÓLIDOS TOTALES	57,00
2. NITRITOS (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	00,00	7. FLUORUROS (F <sup>-</sup> )	00,12	12. SÓLIDOS VOLÁTILES	14,00
3. NITRATOS (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	04,62	8. SULFATOS (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	10,00	13. SÓLIDOS FIJOS	53,00
4. CLORO RESIDUAL	--	9. HIERRO TOTAL (Fe)	00,06	14. SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	05,00
5. MANGANESO (Mn)	00,010	10. DUREZA TOTAL	24,00	15. SÓLIDOS DISUELTOS	48,00
ALCALINIDAD (CLASIFICACIÓN)					
HIDROXIDOS mg/L	CARBONATOS mg/L	BICARBONATOS mg/L	ALCALINIDAD TOTAL mg/L		
00,00	30,00	30,00	10,00		

**OTRAS DETERMINACIONES**

**OBSERVACIONES:** Desde el punto de vista físico-químico sanitario, el Agua Es BLANDA. COLOR en Límites Máximos Permisibles. Las demás determinaciones se encuentran dentro de los Límites Máximos Aceptables de normalidad. Según Norma COGUANOR-NGO 29 001.

TÉCNICA "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" DE LA A.Z.I.L.A. - A.V.W.A. - W.E.F. 21<sup>ra</sup> EDICIÓN 2 005. NORMA COGUANOR-NGO 29 001. NORMA COGUANOR-NGO 29 001.

Guatemala, 2004-10-03

Vo.Bo.

Inga Telma Maricela Cano Morales  
DIRECTORA ZUSAC



*[Signature]*  
Zenón Muñoz Sanjuán  
Ing. Químico Col. No. 479  
M. Sc. en Ingeniería Sanitaria  
Jefe Técnico Laboratorio



FACULTAD DE INGENIERIA -USAC  
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12  
Teléfono directo 2476-3991. Planta 2443-9500 Ext. 1502. FAX: 2476-3991  
Página web: <http://ciil.usac.edu.gt>





## ANEXO 4

Memoria de cálculo del diseño hidráulico del sistema de agua potable

<b>LINEA DE DISTRIBUCIÓN</b>										
		<b>Presión medida con manómetro</b>						Cota Piezométrica	31.5	Velocidad (m/s)
EST.	EST	L (mts)	Q (L/s)	H (mt)	Ø (plg)	hf (mt)	Ø A USAR (plg)		Presión (m.c.a)	
E-0	E-78	1525.6	8.85	51.38	3.17	16.56	4	114.94	34.83	1.09
<b>CIRCUITO CERRADO</b>										
		<b>CIRCUITO 1</b>						Cota Piezométrica	Presión (m.c.a)	Velocidad (m/s)
EST.	EST	L (mts)	Q (L/s)	H (mt)	Ø (plg)	hf (mt)	Ø A USAR (plg)			
E-78	E-83	100.23	4.52	33.00	2	5.86	2	109.08	27.14	1.86
E-83	E-137	154.41	1.08	21.40	2	0.64	2	108.44	34.84	0.44
E-137	E-166	37.61	0.20	30.23	2	0.01	2	108.43	37.61	0.10
E-78	E-201	189.74	2.98	44.093	2	5.13	2	109.81	38.97	1.22
E-201	E-166	103.97	2.03	30.00	2	1.38	2	108.43	37.61	0.83



## ANEXO 5

### Memoria de cálculo del diseño hidráulico del sistema de agua potable

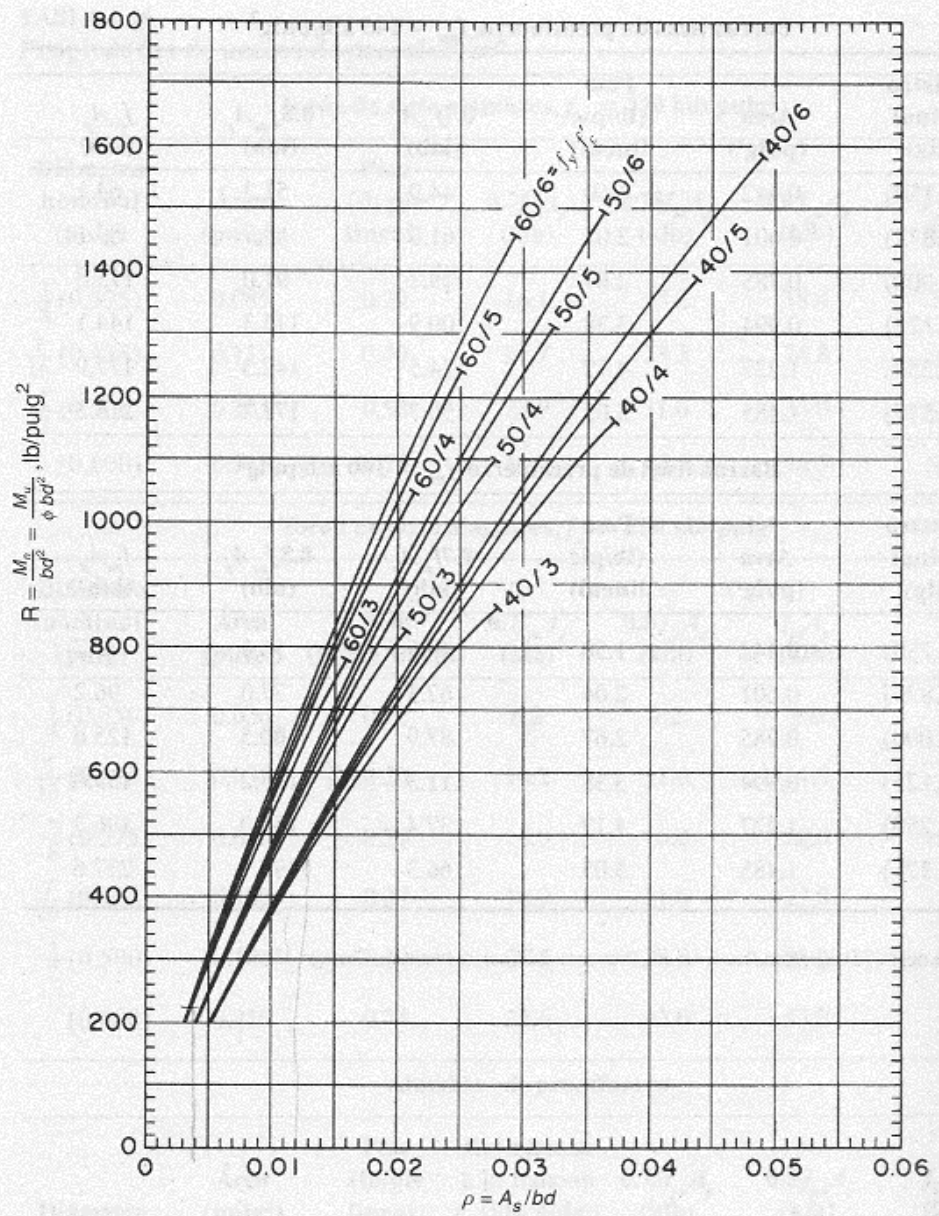
<b>RAMALES ABIERTOS</b>										
<b>RAMAL 1</b>										
EST.	EST	L (mts)	Q (L/s)	H (mt)	Ø (plg)	hf (mt)	Ø A USAR (plg)	Cota Piezométrica	Presión (m.c.a)	Velocidad (m/s)
83	84	20.05	2.98	26.95	0.98	1.61	1.50	107.47	25.34	1.91
84	130a	115.27	0.30	29.96	0.58	0.86	1.00	106.61	29.10	0.41
84	89	92.92	2.64	24.40	1.31	5.96	1.50	101.51	18.44	1.69
89	124	133.71	0.40	19.57	0.72	1.69	1.00	99.82	17.88	0.55
89	90	24.06	2.15	18.65	0.97	1.06	1.50	100.45	17.59	1.38
90	117	100.23	0.40	18.44	0.69	1.27	1.00	99.19	17.17	0.55
90	94	80.19	1.71	18.16	1.15	2.30	1.50	98.15	15.86	1.10
94	112	120.28	0.40	16.11	0.74	1.52	1.00	96.63	14.59	0.55
94	95	20.05	1.23	16.05	0.78	0.31	1.50	97.84	15.74	0.79
95	232	48.92	0.32	20.13	0.54	0.41	1.00	97.43	19.72	0.44
95	97	43.88	0.87	16.40	0.80	0.36	1.50	97.48	16.03	0.56
97	106	139.63	0.45	15.59	0.80	2.20	1.00	95.28	13.39	0.62
97	99	40.09	0.36	15.96	0.57	0.42	1.00	97.06	15.49	0.50
99	231	95.50	0.30	17.92	0.62	0.71	1.00	96.35	17.21	0.41
<b>RAMAL 2</b>										
201	205	80.19	0.25	37.44	0.48	0.44	1.00	109.37	37.00	0.35
201	199	40.00	0.70	38.14	0.61	1.43	1.00	108.39	36.71	0.97
199	212a	139.63	0.44	38.10	0.66	2.11	1.00	106.28	35.99	0.61
199	166	64.80	0.13	37.57	0.35	0.10	1.00	108.29	37.47	0.18
<b>RAMAL 3</b>										
137	151	278.00	0.88	35.27	1.00	15.15	1.00	93.30	20.13	1.22
<b>RAMAL 4</b>										
166	160	256.20	0.55	39.48	0.81	5.87	1.00	102.56	33.61	0.76
166	169	41.21	1.68	39.40	0.85	7.43	1.00	101.00	31.97	2.32
169	185	100.00	0.72	30.49	0.78	3.76	1.00	97.25	26.73	1.00
185	230	45.94	0.10	27.89	0.32	0.04	1.00	97.20	27.89	0.14
185	196	220.00	0.31	26.32	0.68	1.74	1.00	95.51	24.58	0.43
169	171	40.00	0.87	33.24	0.68	2.13	1.00	98.87	31.11	1.20
171	233	63.22	0.19	28.87	0.43	0.20	1.00	98.67	40.00	0.26
171	174	50.77	0.57	31.61	0.61	1.24	1.00	97.63	30.37	0.79
174	180	78.00	0.23	25.53	0.50	0.36	1.00	97.27	25.16	0.32
174	176	50.42	0.23	30.31	0.44	0.23	1.00	97.40	30.07	0.32



## ANEXO 6

### Gráfico de valores de cuantía de acero

690 DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO



**GRÁFICO A.1a**

Capacidad de momento de secciones rectangulares.



ANEXO 6  
Cotización de neopreno



**Grupo Rubber  
Technologies, S.A.**

**COTIZACION  
No. 01-77**

**Alta Tecnología A Su Alcance**  
Carretera Al Mayan Golf  
Parque Industrial Las Americas  
Villa Nueva, Guatemala, Centro América  
PBX (502) 6685-5656, FAX 6636-8248  
www.rubbertech.com.gt

**Precios válidos por 15 días**

Señores: MANUEL TZICAP	Guatemala, 18 de Febrero de 2010
Atención: Sr. Manuel Tzicap	
Teléfono: 55811682	
Fax:	

PRODUCTO	DESCRIPCION	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
	A continuación cotizamos los siguientes artículos:			
	APOYOS DE 10' X 10' X 1/2' DE NEOPRENO PARA PUENTE	8.00	Q 350.00	Q 2,800.00
			<b>Total:</b>	<b>Q 2,800.00</b>
	<b>Observaciones:</b> *FAVOR EMITIR ORDEN DE COMPRA A NOMBRE DE GRUPO RUBBER TECHNOLOGIES, S.A. NIT. 6805851-9* <b>Tiempo de entrega:</b> 10 días hábiles después de recibir orden de compra <b>Condiciones de pago:</b> 50% anticipo, 50% contra entrega			

Claudia Melgar  
Tel. 56060852  
claudia.melgar@rubbertech.com.gt

Vo.Bo. Vendedor

Vo.Bo. Autorización Cliente





# **APÉNDICE**

## **APÉNDICE 1**

### **Planos del puente vehicular**

1. Plano de planta, elevación y perfil
2. Plano de superestructura
3. Plano de superestructura
4. Plano de subestructura

## **APÉNDICE 2**

### **Planos del sistema de abastecimiento de agua potable**

1. Plano de planta general y densidad de vivienda
2. Plano de curvas de nivel y curvas de presión
3. Plano de planta-perfil
4. Plano de planta-perfil
5. Plano de planta-perfil