



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

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE  
PARA LA ALDEA NIÑO PERDIDO Y PUENTE VEHICULAR EN LA ALDEA  
LOS PINOS, MUNICIPIO DE SALAMÁ, BAJA VERAPAZ**

**Edwin Geovani Turcios Flores**

Asesorado por la Inga. Mayra Rebeca García Soria de Sierra

Guatemala, marzo de 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE  
PARA LA ALDEA NIÑO PERDIDO Y PUENTE VEHICULAR EN LA ALDEA  
LOS PINOS, MUNICIPIO DE SALAMÁ, BAJA VERAPAZ**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**EDWIN GEOVANI TURCIOS FLORES**

ASESORADO POR LA INGA. MAYRA REBECA GARCÍA SORIA DE SIERRA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO CIVIL**

GUATEMALA, MARZO DE 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Narda Lucía Pacay Barrientos
VOCAL V	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
EXAMINADOR	Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
EXAMINADORA	Inga. Mayra Rebeca García Soria de Sierra
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

En cumplimiento 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 LA ALDEA NIÑO PERDIDO Y PUENTE VEHICULAR EN LA ALDEA LOS PINOS, MUNICIPIO DE SALAMÁ, BAJA VERAPAZ**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 7 de mayo de 2014.



**Edwin Geovani Turcios Flores**

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIDAD DE EPS

Guatemala, 27 de octubre de 2014  
REF.EPS.DOC.1094.10.2014

Ing. Silvio José Rodríguez Serrano  
Director  
Unidad de EPS  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ingeniero Rodríguez Serrano.

Por este medio atentamente le informo que como Asesora-Supervisora de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Edwin Geovani Turcios Flores** con carné No. **200416097**, de la Carrera de Ingeniería Civil, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA NIÑO PERDIDO Y PUENTE VEHICULAR EN LA ALDEA LOS PINOS, MUNICIPIO DE SALAMÁ, BAJA VERAPAZ.**

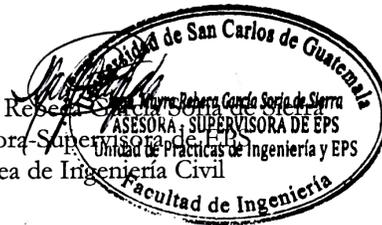
En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”

Inga. Mayra Rebeca García Sorja de Sierra  
ASESORA-SUPERVISORA DE EPS  
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS  
Área de Ingeniería Civil



c.c. Archivo  
MRGSdS/ra



**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>



Universidad de San Carlos de Guatemala  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

Guatemala,  
4 de noviembre de 2014

Ingeniero  
Hugo Leonel Montenegro Franco  
Director Escuela Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA NIÑO PERDIDO Y PUENTE VEHICULAR EN LA ALDEA LOS PINOS, MUNICIPIO DE SALAMÁ, BAJA VERAPAZ, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Edwin Geovani Turcios Flores, con Carnet No. 200416097, quien contó con la asesoría de la Inga. Mayra Rebeca García Soria de Sierra.

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,

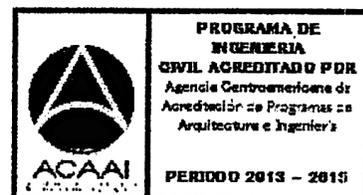
ID Y ENSEÑAD A TODOS

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



FACULTAD DE INGENIERIA  
DEPARTAMENTO  
DE  
HIDRAULICA  
USAC

May de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua





**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

Universidad de San Carlos de Guatemala  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil



Guatemala,  
9 de febrero de 2015

Ingeniero  
Hugo Leonel Montenegro Franco  
Director Escuela Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos

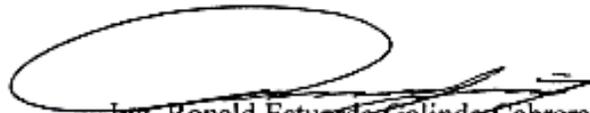
Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA NIÑO PERDIDO Y PUENTE VEHICULAR EN LA ALDEA LOS PINOS, MUNICIPIO DE SALAMÁ, BAJA VERAPAZ,** desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Edwin Geovani Turcios Flores, con Carnet No. 200416097, quien contó con la asesoría de la Inga. Mayra Rebeca García Soria de Sierra.

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.

**Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua**



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

UNIDAD DE EPS

Guatemala, 17 de febrero de 2015  
Ref.EPS.D.88.02.15

Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco  
Director Escuela de Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ingeniero Montenegro Franco.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA NIÑO PERDIDO Y PUENTE VEHICULAR EN LA ALDEA LOS PINOS, MUNICIPIO DE SALAMÁ, BAJA VERAPAZ**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Edwin Geovani Turcios Flores, carné 200416097**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por la Inga. Mayra Rebeca García Soria de Sierra.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte de la Asesora - Supervisora de EPS, en mi calidad de Director apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,  
"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Silvio José Rodríguez Serrano  
Director Unidad de EPS



SJRS/ra



**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

Universidad de San Carlos de Guatemala  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen de la Asesora Inga. Mayra Rebeca García Soria de Sierra y del Coordinador de E.P.S. Ing. Silvio José Rodríguez Serrano, al trabajo de graduación del estudiante Edwin Geovani Turcios Flores, titulado **DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA NIÑO PERDIDO Y PUENTE VEHICULAR EN LA ALDEA LOS PINOS, MUNICIPIO DE SALAMÁ, BAJA VERAPAZ,** da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

  
Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, marzo 2015.

/bbdeb.

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua



Universidad de San Carlos  
de Guatemala



Facultad de Ingeniería  
Decanato

DTG. 088 .2015

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 LA ALDEA NIÑO PERDIDO Y PUENTE VEHICULAR EN LA ALDEA LOS PINOS, MUNICIPIO DE SALAMÁ, BAJA VERAPAZ,** presentado por el estudiante universitario: **Edwin Geovanni Turcios Flores,** y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos  
Decano

Guatemala, 4 de marzo de 2015

/gdech



## **ACTO QUE DEDICO A:**

### **Mi madre**

A ti que me diste todo, sin pedir nada, que ante tus ojos siempre seré casi perfecto y carente de defectos. Gracias mamá.

### **Mi padre**

Por confiar en mi persona, mostrar el camino al éxito y hacerme saber que la educación es la mejor inversión.

### **Mis hermanas**

Con un cariño muy especial, por ser parte fundamental en mi vida.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Pueblo de Guatemala</b>	Por pagar la educación superior sancarlista, ayuda sin la cual, muchos de nosotros no tendríamos esta oportunidad.
<b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	La universidad del pueblo, mi alma máter, por formar profesionales de calidad y con sólidos valores éticos y morales.
<b>Facultad de Ingeniería</b>	Por brindar tantas experiencias enriquecedoras para el crecimiento personal y profesional.
<b>Compañeros de estudio</b>	Por tantas vivencias en nuestra formación, las cuales marcaron para bien la etapa estudiantil.
<b>Mi asesora</b>	Por compartir su conocimiento desinteresadamente, su colaboración y servir de guía durante el burocrático proceso de graduación.
<b>Amigos y amigas</b>	Por brindarme el regalo de la amistad, con quienes hemos compartido tantas cosas. Especialmente a quienes se han tomado la libertad y el tiempo de ayudarme a encauzar las energías hacia un camino positivo y de crecimiento personal.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS .....	XI
GLOSARIO .....	XIII
RESUMEN .....	XXI
OBJETIVOS.....	XXIII
INTRODUCCIÓN.....	XXV
1. FASE DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.1. Monografía del lugar .....	1
1.1.1. Antecedentes históricos .....	1
1.1.2. Localización geográfica y extensión.....	2
1.1.3. Clima .....	3
1.1.4. Orografía y fisiografía .....	3
1.1.5. Población y demografía.....	4
1.1.6. Costumbres y tradiciones.....	4
1.1.7. Sitios turísticos .....	4
1.2. Características de infraestructura y servicios públicos .....	5
1.2.1. Vías de acceso.....	5
1.2.2. Servicios públicos.....	6
1.2.2.1. Educación .....	6
1.2.2.2. Salud .....	6
1.2.2.3. Agua potable .....	7
1.2.2.4. Drenajes.....	7
1.2.2.5. Energía eléctrica .....	7
1.3. Principales necesidades del municipio.....	8

1.3.1.	Servicios de agua potable.....	8
1.3.2.	Servicios de infraestructura.....	8
2.	SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL.....	9
2.1.	Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para la aldea Niño Perdido, Salamá, Baja Verapaz.....	9
2.1.1.	Descripción del proyecto.....	9
2.1.2.	Aforos, dotación y tipo de servicio .....	9
2.1.3.	Calidad del agua y normas .....	10
2.1.3.1.	Análisis bacteriológico .....	12
2.1.3.2.	Análisis fisicoquímico.....	12
2.1.4.	Tasa de crecimiento poblacional.....	13
2.1.5.	Período de diseño.....	13
2.1.6.	Factores de consumo y caudales .....	14
2.1.6.1.	Caudal medio diario .....	14
2.1.6.2.	Caudal de día máximo.....	15
2.1.6.3.	Caudal de hora máximo.....	15
2.1.7.	Ecuaciones, coeficientes y diámetros de tubería....	16
2.1.8.	Presiones y velocidades .....	18
2.1.9.	Levantamiento topográfico.....	19
2.1.10.	Diseño hidráulico.....	20
2.1.10.1.	Captación.....	20
2.1.10.2.	Línea de conducción.....	20
2.1.10.3.	Tanque de almacenamiento .....	22
2.1.10.3.1.	Volumen del tanque.....	23
2.1.10.3.2.	Diseño estructural.....	23
2.1.10.4.	Línea de distribución.....	33
2.1.10.5.	Red de distribución .....	35
2.1.10.6.	Conexiones domiciliarias .....	35

2.1.10.7.	Obras de arte .....	36
2.1.10.7.1.	Válvula de aire .....	36
2.1.10.7.2.	Válvula de flote .....	37
2.1.10.7.3.	Válvula de limpieza .....	37
2.1.11.	Sistema de desinfección .....	37
2.1.12.	Programa de operación y mantenimiento .....	39
2.1.13.	Elaboración de planos.....	39
2.1.14.	Propuesta de tarifa .....	40
2.1.15.	Elaboración de presupuesto.....	40
2.1.16.	Evaluación socioeconómica .....	40
2.1.16.1.	Costo beneficio .....	41
2.1.17.	Evaluación Inicial de Impacto Ambiental.....	42
2.2.	Diseño de puente vehicular en aldea Los Pinos, Salamá, Baja Verapaz.....	45
2.2.1.	Descripción del proyecto .....	45
2.2.2.	Levantamiento topográfico .....	45
2.2.2.1.	Planimetría .....	46
2.2.2.2.	Altimetría .....	46
2.2.3.	Evaluación de la calidad del suelo .....	46
2.2.3.1.	Ensayo de penetración estándar .....	46
2.2.4.	Estudio hidrológico e hidráulico.....	50
2.2.4.1.	Cálculo del caudal.....	51
2.2.4.2.	Crecida máxima de diseño.....	55
2.2.5.	Datos y especificaciones de diseño .....	58
2.2.6.	Diseño de la superestructura .....	60
2.2.6.1.	Diseño del barandal .....	60
2.2.6.2.	Diseño de la losa.....	66
2.2.6.2.1.	Espesor de la losa .....	66

	2.2.6.2.2.	Momento debido a carga muerta .....	67
	2.2.6.2.3.	Momento producido por carga viva .....	69
	2.2.6.2.4.	Momento producido por carga dinámica .....	74
	2.2.6.2.5.	Momento de diseño .....	74
	2.2.6.2.6.	Cálculo del acero de refuerzo .....	75
2.2.6.3.		Diseño de vigas .....	80
	2.2.6.3.1.	Cálculo de peralte.....	80
	2.2.6.3.2.	Momento por carga muerta .....	81
	2.2.6.3.3.	Momento por carga viva .....	82
	2.2.6.3.4.	Momento de diseño .....	86
	2.2.6.3.5.	Cálculo del acero de refuerzo .....	86
	2.2.6.3.6.	Refuerzo adicional.....	88
	2.2.6.3.7.	Diseño por corte .....	89
	2.2.6.3.8.	Corte por carga muerta .....	89
	2.2.6.3.9.	Corte por carga viva .....	90
	2.2.6.3.10.	Esfuerzo cortante último .....	92
	2.2.6.3.11.	Cálculo de refuerzo a corte.....	92
2.2.6.4.		Diseño de diafragmas .....	94
	2.2.6.4.1.	Diafragma externo .....	95

	2.2.6.4.2.	Diafragma interno .....	96	
2.2.7.		Diseño de la subestructura.....	98	
	2.2.7.1.	Diseño de apoyo elastoméricos .....	98	
	2.2.7.2.	Diseño de estribos .....	103	
		2.2.7.2.1.	Carga viva..... 104	
		2.2.7.2.2.	Carga muerta..... 105	
		2.2.7.2.3.	Carga de frenado..... 106	
		2.2.7.2.4.	Presión del suelo .....	106
		2.2.7.2.5.	Sobrecarga por carga viva .....	108
		2.2.7.2.6.	Cálculo de sismo .....	109
		2.2.7.2.7.	Revisión por deslizamiento.....	112
		2.2.7.2.8.	Revisión por volteo .....	116
		2.2.7.2.9.	Revisión por presión ...	118
2.2.8.		Evaluación de Impacto Ambiental.....	121	
2.2.9.		Elaboración de planos.....	124	
2.2.10.		Elaboración de presupuesto.....	125	
CONCLUSIONES .....			127	
RECOMENDACIONES.....			129	
BIBLIOGRAFÍA.....			131	
APÉNDICE .....			133	
ANEXOS .....			165	



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Mapa del municipio de Salamá.....	2
2.	Aforo de la fuente.....	11
3.	Dimensiones del tanque (planta).....	25
4.	Diagrama de momentos.....	28
5.	Muro por gravedad del tanque.....	30
6.	Conexión domiciliar.....	36
7.	Mapa cartográfico con cuenca delimitada.....	52
8.	Alturas y afluentes de la cuenca.....	54
9.	Modelo de crecida máxima.....	56
10.	Modelo de crecida máxima en sección de puente.....	56
11.	Resultados y crecida máxima de la sección.....	57
12.	Esquema de baranda.....	61
13.	Esquema de poste de barandal.....	63
14.	Sección transversal del puente.....	67
15.	Diagrama de momentos.....	68
16.	Camión de diseño.....	70
17.	Caso 1.....	71
18.	Caso 2.....	71
19.	Caso 3.....	72
20.	Caso 4.....	72
21.	Armado de losa.....	78
22.	Esquina agrietada en losa con esviaje.....	79
23.	Armado de losa por esviaje.....	80

24.	Carga muerta en vigas .....	82
25.	Tándem de diseño .....	83
26.	Diagrama para ley de momentos.....	85
27.	Sección de armado viga principal.....	88
28.	Corte por carga de camión de diseño.....	90
29.	Corte por tándem.....	90
30.	Corte por carga de carril .....	91
31.	Refuerzo por corte .....	94
32.	Sección de armado de diafragma exterior.....	96
33.	Sección de armado de diafragma interior.....	97
34.	Neopreno reforzado.....	103
35.	Dimensión de estribos .....	104
36.	Fuerzas horizontales en estribo.....	111
37.	Fuerzas verticales en estribo.....	112
38.	Revisión por deslizamiento.....	113
39.	Revisión por volteo .....	115
40.	Presiones actuantes en la base del estribo.....	119

## TABLAS

I.	Población total del municipio de Salamá .....	4
II.	Aforo volumétrico.....	10
III.	Dotaciones recomendadas de diseño .....	11
IV.	Momento estabilizante respecto al punto A.....	31
V.	Resumen presupuesto del sistema de agua potable.....	41
VI.	Datos del ensayo dinámico 2.....	47
VII.	Valores empíricos basados en el SPT.....	48
VIII.	Franja equivalente .....	69
IX.	Factor de presencia múltiple.....	73

X.	Momento máximo por carga HI-93 con IM = 33 %.....	84
XI.	Constante de amplitud de fatiga .....	102
XII.	Ángulo de fricción entre diferentes materiales.....	107
XIII.	Altura equivalente por sobrecarga viva.....	108
XIV.	Factores de resistencia para cimentaciones.....	113
XV.	Momentos en muro sin súperestructura.....	117
XVI.	Momentos en muro resistencia 1 .....	117
XVII.	Momentos en muro evento extremo 1 .....	118
XVIII.	Revisión por volteo.....	118
XIX.	Momentos en estribo.....	120
XX.	Revisión por presión .....	121
XXI.	Resumen presupuesto de puente vehicular.....	125



## LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
@	A cada cierta distancia
$\Phi$	Ángulo de fricción interna
$\approx$	Aproximado a
$A_{s_{max}}$	Área de acero máxima
$A_{s_{min}}$	Área de acero mínima
$A_s$	Área de acero requerida
$A_v$	Área de varilla para estribo
Q	Caudal
cm	Centímetro
$\therefore$	Entonces
$S_{max}$	Espaciamiento máximo en estribos
FS	Factor de seguridad
°	Grados
°C	Grados Celsius
Kg	Kilogramo
$Kg/m^2$	Kilogramo por metro cuadrado
$Kg/m^3$	Kilogramo por metro cúbico
PSI	Libras por pulgada cuadrada
l / hab / día	Litros por habitante en un día
l/s	Litros por segundo
$\geq$	Mayor o igual que
$>$	Mayor que
Mpa	Megapascales

$\leq$	Menor o igual que
$<$	Menor que
<b>m</b>	Metros
<b>mca</b>	Metros columna de agua
<b>m<sup>3</sup>/s</b>	Metros cúbicos por segundo
<b>m/s</b>	Metros por segundo
<b>msnm</b>	Metros sobre el nivel del mar
<b>mm</b>	Milímetros
<b>min</b>	Minutos
<b>Mu</b>	Momento último
$\gg$	Mucho mayor que
$\ll$	Mucho menor que
<b>Hf</b>	Pérdida por carga
$\gamma$	Peso específico
%	Porcentaje
<b>RA</b>	Reacción en el punto A
<b>RB</b>	Reacción en el punto B
<b>Fy</b>	Resistencia del acero a tensión
<b>F'c</b>	Resistencia del concreto a compresión
<b>Vs</b>	Valor soporte del suelo

## **GLOSARIO**

<b>AASHTO</b>	American Association of State Highway and Transportation Officials (Asociación Oficial Americana de Carreteras y Transportes).
<b>Accesorios</b>	Elementos secundarios en los ramales de tuberías, tales como válvulas, codos, niples y tees.
<b>ACI</b>	American Concrete Institute (Instituto Americano de Concreto).
<b>Afloramiento</b>	Nacimiento de agua, accidente geográfico donde sale el agua a la superficie del suelo. Pueden ser verticales, horizontales, brote difuso, por lluvia o pozo.
<b>Aforo</b>	Acción de medir un caudal de una fuente.
<b>AGIES</b>	Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica.
<b>Agua potable</b>	Agua apta para el consumo humano y agradable a los sentidos.
<b>Alcalinidad</b>	Capacidad para neutralizar ácidos según constituyentes químicos.

<b>Altimetría</b>	Rama de la topografía que estudia el conjunto de métodos y procedimientos para determinar y representar la altura de cada punto respecto de un plano de referencia.
<b>Anclaje</b>	Conjunto de elementos destinados a mantener fijos, cualquier elemento al suelo.
<b>Articulación</b>	Unión de dos piezas rígidas que permite el movimiento relativo entre ellas.
<b>ASTM</b>	American Society for Testing and Materials (Asociación Americana de Pruebas y Materiales).
<b>Bacterias</b>	Microorganismos sencillos reproducibles por división.
<b>Calidad del agua</b>	Características físicas, químicas y bacteriológicas del agua que la hacen aptas para el consumo humano, sin riesgos para la salud, incluyendo apariencia, gusto y olor.
<b>Cámara rompe presión</b>	Estructura que permite disipar la energía y reducir la presión relativa a cero (presión atmosférica), con la finalidad de evitar daños a la tubería.
<b>Carga dinámica total (CDT)</b>	Es la presión real expresada en metros columna de agua contra la cual debe operar una bomba para elevar el caudal de agua hasta el nivel requerido.

<b>Carga estática</b>	También llamada presión estática y representa la diferencia de niveles entre el nivel estático de referencia de agua y cada punto de la línea del acueducto.
<b>Carga muerta</b>	Peso propio de la estructura y de todas las cargas inmóviles constantes en magnitud y asignadas, permanentes en la misma.
<b>Carga viva</b>	Cargas no permanentes y que varían durante el emplazamiento de la estructura.
<b>Caudal</b>	Cantidad de agua en unidades de volumen por unidad de tiempo, que pasa en un punto determinado donde circula un líquido.
<b>Caudal máximo diario (CMD)</b>	El máximo consumo de agua durante 24 horas observado durante un año.
<b>Cloración</b>	Aplicación de cloro con fines de desinfección.
<b>Clorador</b>	Dispositivo para aplicación de cloro.
<b>Cloro residual</b>	Es la cantidad total de cloro que queda en el agua después de un período de contacto definido.
<b>Coliforme</b>	Grupo de bacterias no patógenas que habitan el tracto digestivo humano.

<b>Concreto ciclópeo</b>	Material de construcción obtenido de una mezcla proporcionada de cemento, arena, piedra y agua; a diferencia del concreto reforzado, los áridos son mucho más gruesos.
<b>Conexión de agua potable</b>	Conjunto de tuberías y accesorios que permiten al usuario acceder al servicio de agua potable proveniente de la red de distribución.
<b>Consumo máximo horario (CMH)</b>	El máximo consumo en una hora del día en un período de un año.
<b>Consumo medio diario (CMD)</b>	Cantidad de agua que consume una población durante un día.
<b>Contaminación</b>	Alteración de la calidad por elementos que hagan el agua impropia para el consumo humano.
<b>Cota de terreno</b>	Indica la altura de un punto sobre el plano de referencia.
<b>Crecida máxima</b>	Estado que tiene una corriente de agua en el momento en que el caudal, que ha estado aumentando, pasa a ser mayor que cierto valor específico.
<b>Desinfección</b>	Extracción, desactivación o eliminación de los microorganismos patógenos que existen en el agua.

<b>DGC</b>	Dirección General de Caminos.
<b>Dotación</b>	Cantidad de agua asignada en un día a cada usuario. Se expresa en litros por habitante por día (l / hab. / día).
<b>Elastómero</b>	Material natural o artificial que, como el caucho, tiene gran elasticidad.
<b>Esfuerzo de fluencia</b>	Esfuerzo ante el cual el acero sufre una deformación considerable.
<b>Eslabón</b>	Pieza en figura de anillo o de otra curva cerrada que, enlazada a otra, forma una cadena.
<b>Estación</b>	Cada uno de los puntos en el que se coloca el instrumento topográfico en cualquier operación de levantamiento planimétrico o altimétrico.
<b>Golpe de ariete</b>	Se denomina a la sobrepresión que reciben las tuberías, por efecto del cierre brusco del flujo de agua.
<b>GPS</b>	Global Positioning System (Sistema de Posicionamiento Global).
<b>GTM</b>	Guatemala Transversa de Mercator (coordenadas).

<b>HL-93</b>	Camión de diseño para carga viva en puentes normado por AASHTO.
<b>IGN</b>	Instituto Geográfico Nacional.
<b>IM</b>	Incremento por carga dinámica vehicular.
<b>Línea de conducción</b>	En un sistema por gravedad, es la tubería que transporta el agua, desde el punto de captación hasta el reservorio.
<b>LRFD</b>	Load and Resistance Factor Design (factor de diseño por carga y resistencia).
<b>Metros columna de agua (mca)</b>	Unidad de presión del sistema técnico de unidades, y equivale a la presión ejercida por una columna de agua pura de un metro de altura.
<b>NSE</b>	Normas de seguridad estructural.
<b>Patógeno</b>	Que causa o produce enfermedad.
<b>Período de diseño</b>	Tiempo durante el cual el sistema dará un servicio con una eficiencia aceptable.
<b>Piezométrico</b>	Relativo a cargas de presión en el funcionamiento hidráulico de tuberías.
<b>Potabilización</b>	Serie de procesos para hacer el agua apta para consumo humano.

<b>PSI</b>	Pound Square Inch (libra por pulgada cuadrada).
<b>Red de distribución</b>	Sistema de tuberías unidas entre sí, que conduce el agua desde el tanque de distribución hasta la vivienda del consumidor.
<b>Sedimentación</b>	Remoción de material suspendido por acción de la gravedad.
<b>Sobrecarga</b>	Carga adicional a la aplicada sobre un elemento.
<b>SPT</b>	Standard Penetration Test (ensayo de penetración estándar).
<b>Subestructura</b>	Conjunto de elementos diseñados para soportar la superestructura de un puente y transmitir las cargas al suelo.
<b>Superestructura</b>	Conjunto de elementos en un puente diseñados para transmitir las cargas de diseño a la superestructura.
<b>Tabletas de tricloro</b>	Es una forma de presentación del cloro, la cual consiste en pastillas o tabletas, que tienen un tamaño de 3 pulgadas de diámetro, por una pulgada de espesor, con una solución de cloro al 90 por ciento y un 10 por ciento de estabilizador. El peso de la tableta es de 200 gramos y la velocidad a la que se disuelve en agua en reposo es de 15 gramos en 24 horas.

<b>Tanque de almacenamiento o de distribución</b>	Unidad destinada a compensar las variaciones horarias de caudal y garantizar la alimentación de la red de distribución.
<b>Topografía</b>	Ciencia y arte de determinar posiciones relativas de puntos situados encima y debajo de la superficie.
<b>Tramo</b>	Longitud comprendida entre dos puntos de una tubería.
<b>Uniones</b>	Accesorios que sirven para enlazar o juntar dos tramos de tubería.
<b>Válvula de aire</b>	Válvula para eliminar el aire existente en las tuberías; se les ubica en los puntos altos de la línea.
<b>Válvula de limpieza</b>	Válvula ubicada en los puntos más bajos de la red o conducción para eliminar acumulación de sedimentos.

## RESUMEN

El presente informe se generó como resultado del Ejercicio Profesional Supervisado, de la Facultad de Ingeniería, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, realizado en el municipio de Salamá del departamento de Baja Verapaz. Luego de un diagnóstico se priorizó la realización del diseño de abastecimiento de agua potable para la Aldea Niño Perdido y el puente vehicular en la aldea Los Pinos.

El proyecto de agua consiste en tomar parte del caudal de un nacimiento cercano a la comunidad por medio de una captación, de donde parte una línea de conducción de 966 metros, para llegar a un tanque de almacenamiento.

Luego partirá del tanque una línea de distribución de 1 122 m, la cual alimentará las 34 conexiones domiciliarias de los beneficiados. El diseño se rige principalmente por la *Guía de Normas Sanitarias para el diseño de Sistemas Rurales de Abastecimiento de agua para consumo humano en Guatemala*.

El puente vehicular es de un solo carril, con un ancho de vía de 3,60 m, un ancho total de 5,30 m y una longitud de 16 m. Consta de barandas, una losa apoyada en dos vigas de concreto armado, diafragmas, apoyos elastoméricos y estribos de concreto ciclópeo.

Está diseñado para un camión tipo HL-93, con base en las *Normas para el Diseño y Construcción de puentes en Guatemala*, el código de diseño AASHTO LRFD 2010 y las *Normas de Seguridad Estructural* AGIES edición 2010.



## **OBJETIVOS**

### **General**

Contribuir en el desarrollo de las comunidades del interior del país con obras de infraestructura, que mejoren la calidad de vida de los habitantes y proporcionar una guía para el análisis y diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable y un puente vehicular.

### **Específicos**

1. Proveer a la Municipalidad de Salamá, una base de datos que contenga la información de las características socioeconómicas y de infraestructura de los lugares donde se realizarán los proyectos.
2. Diseñar un sistema de abastecimiento de agua potable por gravedad para la aldea Niño Perdido y capacitar al Comité de Agua en cooperación con la Municipalidad de Salamá, sobre el manejo de operación y mantenimiento del mismo.
3. Diseñar un puente vehicular para la carretera principal de la aldea Los Pinos, permitiendo así el paso sobre este tramo durante todo el año.



## INTRODUCCIÓN

En todo el país, mayormente en áreas rurales, se puede observar que la población tiene muchas necesidades, entre ellas sobresalen los servicios básicos como el agua potable, drenajes, centros de salud, escuelas, puentes y carreteras, entre muchos otras. La ausencia de esta infraestructura no permite el desarrollo de las comunidades y contribuye con el atraso económico, social y educativo de los pobladores.

La Universidad de San Carlos de Guatemala, a través del programa de Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) de la Facultad de Ingeniería, busca que los estudiantes aporten parte de la solución a la problemática, por medio de la realización de estudios técnicos en proyectos de carácter social, para que luego las municipalidades o instituciones estatales contribuyan con el financiamiento.

Al realizar un diagnóstico del municipio de Salamá del departamento de Baja Verapaz, con la colaboración de la Municipalidad, se eligieron a: aldea Niño Perdido para realizar el diseño del sistema de abastecimiento de agua potable, para una parte de los pobladores que carecen de este servicio; y aldea Los Pinos para el estudio técnico y diseño de un puente vehicular en la principal vía de acceso.

Ambos estudios técnicos plantean soluciones reales y factibles, con ensayos, pruebas de laboratorio, memoria de cálculos, presupuestos y planos, con base en normas guatemaltecas y códigos de diseño internacionales.



# 1. FASE DE INVESTIGACIÓN

## 1.1. Monografía del lugar

Según el Sistema de Información de las Municipalidades (SIM), Salamá fue la capital del corregimiento de La Verapaz, que comprendía Alta y Baja Verapaz, así como parte de los departamentos de El Progreso, Zacapa Chiquimula e Izabal.

### 1.1.1. Antecedentes históricos

En los archivos de la Gobernación Departamental de Baja Verapaz, existen documentos auténticos que relatan y detallan construcciones de edificios municipales, puentes e iglesias entre otros.

Se cree que los primeros habitantes y pobladores de Salamá, fueron los pipiles, ya que, en 1883, el doctor Otto Estell, recopiló varios vocablos pipiles en distintos lugares de la región.

*Salamá* en idioma quiché significa Río de Tablas (*tzalam*-tablas, *ha*-agua), debido a la posibilidad de que parte del valle actual haya sido una laguna y que los indígenas se movilizaban sobre tablas figurando una canoa.

La ciudad de Salamá, como cabecera del departamento, fue fundada en 1562; posteriormente se le confirió la categoría de villa, por decreto de la Asamblea Nacional Constituyente, de fecha 12 de noviembre de 1825. Fue elevada al rango de municipio, por decreto del 4 de marzo de 1834 y finalmente

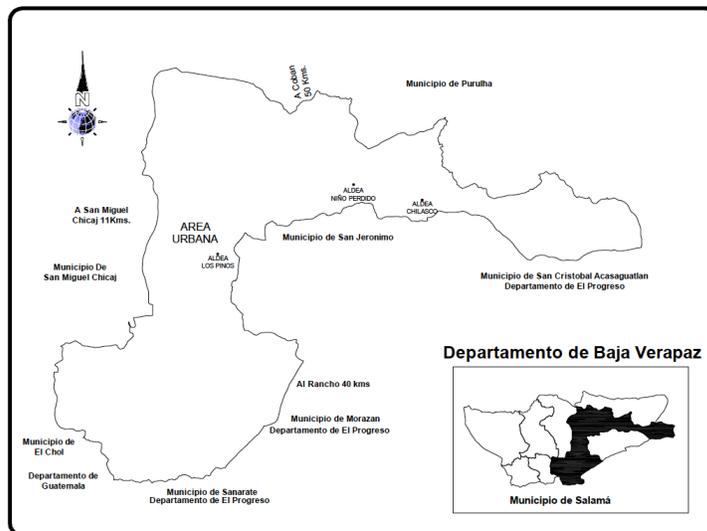
obtuvo la categoría de ciudad, por Decreto Legislativo de fecha 17 de enero de 1883.

### 1.1.2. Localización geográfica y extensión

Salamá está situada a 15°, 06" y 12' latitud norte y 90°, 16" y 00' latitud oeste, limita al norte con el municipio de Purulhá; al este con el municipio de San Jerónimo; al sur con el municipio de Santa Cruz El Chol; al suroeste con el municipio de Chuarrancho, departamento de Guatemala; al sureste con el municipio de Morazán, departamento de El Progreso y al oeste con los municipios de San Miguel Chicaj, Rabinal y Santa Cruz El Chol.

La extensión territorial es de 776 km<sup>2</sup>, está ubicada en la parte central del departamento, así como de la República de Guatemala.

Figura 1. Mapa del municipio de Salamá



Fuente: elaboración propia, con base en mapas de la DMP de Salamá, Baja Verapaz. 2014.

### **1.1.3. Clima**

Se encuentra a una altura de 940 metros sobre el nivel del mar, el clima es variado, en el norte es frío, en el centro templado y al sur es cálido. Se encuentran dos estaciones así: verano (noviembre a mayo), donde el clima es dominado por un cálido sol en el cielo; invierno (junio a octubre) donde la vegetación se ve más verde debido a las lluvias.

Según registros meteorológicos, la precipitación pluvial anual promedio es de 750 mm, el promedio de días de lluvias es 103, la temperatura media es de 20,9°, la máxima de 38,0° y la mínima de 0,2°.

La humedad relativa media es de 70,9 % y la máxima es de 100 %. El número de horas de sol al año es de 2 333,3. Los vientos predominantes son del este y su velocidad media de 5,0 km/hora con máximos hasta de 29,5 km/hora.

### **1.1.4. Orografía y fisiografía**

El municipio está cubierto casi en totalidad por la sierra de Chuacús por lo que algunos de los municipios, aunque son horizontalmente vecinos, están separados unos de otros por grandes cerros propios de esas montañas.

La fisiografía de superficie es quebrada con desniveles de hasta un 50 %. Sólo la llanura donde se encuentra asentada la ciudad y la de Llano Grande, no presenta desniveles pronunciados. Los suelos son un poco áridos pero los valles son ricos para el cultivo.

### 1.1.5. Población y demografía

Para el análisis de este indicador, se tomaron datos del XI Censo Nacional de Población y VI de Habitación de 2002. Para realizar la proyección se empleó el método geométrico, con una tasa de crecimiento del 3,28 % que según datos del Instituto Nacional de Estadística corresponden a este municipio.

Tabla I. **Población total del municipio de Salamá**

Área	Censo 1994	%	Censo 2002	%	Proyección 2014	%
Urbana	10 430	29,13	18 080	38,25	26 632	38,25
Rural	25 378	70,87	29 194	61,75	43 002	61,75
<b>Total</b>	<b>35 808</b>	<b>100</b>	<b>47 274</b>	<b>100</b>	<b>69,634</b>	<b>100</b>

Fuente: elaboración propia, con datos del INE.

### 1.1.6. Costumbres y tradiciones

La feria titular se celebra del 17 al 21 de septiembre, en honor al apóstol San Mateo, misma que se ha denominado Feria Departamental, se realizan las siguientes actividades: misas católicas, desfiles de carrozas, jaripeos, exposición y venta de ganado bovino, artesanías, orquídeas, juegos mecánicos, así como diferentes eventos sociales, culturales y deportivos.

### 1.1.7. Sitios turísticos

Como atracción turística, el municipio de Salamá ofrece al visitante los destinos siguientes:

- Iglesia parroquial
- Templo de Minerva
- Peña de Lego
- Río Agua Caliente

Otros atractivos turísticos del municipio son: El Salto de Chilascó, parque ecológico Los Cerritos, cerro de la Santa Cruz, mirador La Cumbre, Los Cerritos y Reserva Biosfera Sierra de las Minas.

## **1.2. Características de infraestructura y servicios públicos**

Para llegar al municipio existen 3 vías, las cuales se describen a continuación.

### **1.2.1. Vías de acceso**

- De la ciudad capital hacia el Atlántico hasta el Rancho, para tomar la ruta CA-9, CA-14 y RN-14 a las Verapaces, que se encuentra pavimentada y en buenas condiciones con un recorrido de 151 km.
- De la ciudad capital a través de la ruta RN-5 (asfalto aproximadamente 50 %) vía San Juan Sacatepéquez, que antes pasa por los municipios de Granados, El Chol, Rabinal y San Miguel Chicaj. La distancia es de 141 km.
- Salamá-Guatemala vía la Canoa, con una distancia aproximada de 80 km, que en la mayor parte se encuentra pavimentada, en estas dos últimas se debe usar preferiblemente vehículo de doble tracción.

## **1.2.2. Servicios públicos**

Es necesario conocer los servicios básicos que posee el municipio de Salamá para determinar las necesidades de este municipio.

### **1.2.2.1. Educación**

En relación a la infraestructura educativa según el *Plan de Desarrollo Municipal 2011-2025* determino que existen 51 centros para preprimaria; 186 escuelas de nivel primario, de ellas 179 son oficiales. Además se cuenta con 13 institutos básicos, de este total 4 son oficiales, también existen 2 de tipo telesecundaria.

Para estudios de nivel diversificado se cuenta con 12 centros, 4 oficiales y 8 de carácter privado. Entre las instituciones universitarias presentes están: San Carlos de Guatemala, Galileo, Mariano Gálvez y Panamericana.

De acuerdo a datos del XI Censo de Población y VI de Habitación del año 2002, la tasa de analfabetismo es del 31,30 %.

### **1.2.2.2. Salud**

Los servicios de salud, están prestados principalmente en el casco urbano por el Hospital Nacional de Salamá, centro de salud, clínicas y hospitales privados, los que son utilizados por personas con cierto nivel de ingresos; en contraposición, en el área rural, dichos servicios son prestados únicamente por puestos de salud y centros de convergencia.

### **1.2.2.3. Agua potable**

La mayoría del casco urbano se abastece de un sistema por gravedad de la represa ubicada en aldea Cachil. Mientras que el resto, especialmente en la parte alta del área urbana, utiliza pozos mecánicos.

Las comunidades restantes utilizan principalmente conducciones por gravedad y como fuente los nacimientos, debido al alto costo que representaría un sistema por bombeo. Algunas de estas comunidades sufren de escases en época de verano.

### **1.2.2.4. Drenajes**

Solo el casco urbano cuenta con un sistema de drenaje, sin embargo, no existe un sistema de canalización por separado de las aguas pluviales y residuales. Careciendo estas últimas de algún tipo de tratamiento previo a desfogar en los ríos. En invierno, los sistemas colapsan debido a la falta de limpieza y mantenimiento.

En Chilascó, se utilizan drenajes que van a dar a una planta de tratamiento, en la cual no se puede conocer la calidad del agua tratada, ya que, no se realizan análisis químicos periódicamente. En el resto de centros poblados, los drenajes se encuentran a flor de tierra o son conducidos a los ríos o a fosas sépticas.

### **1.2.2.5. Energía eléctrica**

La entidad que presta este servicio es Energía de Guatemala, teniendo cobertura en un 90 % del municipio. El casco urbano y las comunidades

aledañas cuentan con el servicio de alumbrado público, mientras que las comunidades lejanas, carecen de este servicio.

Actualmente en algunas comunidades existen algunos conflictos debido a la tasa de cobro domiciliario y del alumbrado público, por lo que el Comité de Desarrollo Campesino (CODECA) realiza conexiones no autorizadas.

### **1.3. Principales necesidades del municipio**

El municipio presenta distintas necesidades, dependiendo de la comunidad o población de interés, las más comunes en todo el municipio son las vías de acceso hacia los caseríos o aldeas, falta o mal funcionamiento de los sistemas de agua potable, ausencia de sistemas de alcantarillado sanitario y tratamiento de aguas, así como la falta de puentes vehiculares y edificios escolares en las aldeas.

#### **1.3.1. Servicios de agua potable**

Existen varias comunidades que tienen un sistema deficiente o carecen de este servicio, se priorizó el sistema de abastecimiento de agua potable para una parte de la población de la aldea Niño Perdido, ya que, se cuenta con el recurso natural y la disposición de la comunidad para aportar la mano de obra no calificada.

#### **1.3.2. Servicios de infraestructura**

Tratando de mejorar las rutas alternas para el municipio y contribuyendo al desarrollo de las comunidades, se optó por el puente vehicular en la aldea Los Pinos, como un proyecto factible técnicamente para realizarse a mediano plazo.

## **2. SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL**

### **2.1. Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para la aldea Niño Perdido, Salamá, Baja Verapaz**

Se priorizó este diseño debido a que la comunidad ya cuenta con los derechos de paso y se encuentran en la disposición de ayudar con la mano de obra no calificada.

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

El proyecto consiste en tomar una parte del caudal de un nacimiento cercano a la comunidad por medio de una captación, de donde saldrá una línea de conducción por gravedad de 966 m, la cual conectará con un tanque de almacenamiento con una capacidad mínima de 13 metros cúbicos.

Del tanque saldrá una línea de distribución de 1 122 m, la cual conducirá el caudal necesario para las 34 conexiones domiciliarias que se necesitan. Se diseñarán también 2 cajas rompepresión para regular la presión producida por la gran la diferencia de alturas.

#### **2.1.2. Aforos, dotación y tipo de servicio**

El aforo es la determinación del caudal de una fuente, existen varias maneras de realizarlo. Para este proyecto el aforo se realizó a través del método volumétrico, utilizando una cubeta con una capacidad de 5 galones y

tomando el tiempo de llenado por medio de un cronómetro. Este procedimiento se realizó cinco veces para sacar un caudal promedio.

Tabla II. **Aforo volumétrico**

<b>Aforo</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Volumen (litros)	18,93	18,93	18,93	18,93	18,93
Tiempo (segundos)	10,35	10,43	10,51	10,33	10,46
Caudal (l/s)	1,829	1,815	1,801	1,833	1,810

Caudal promedio : 1,818 litros/segundo

Fuente: elaboración propia.

La dotación es la cantidad de agua por unidad de tiempo asignada a la unidad consumidora, que en este caso serán los habitantes beneficiados. La dotación estará expresada en litros por habitante por día (l/hab/día).

Existen varios factores que inciden en la dotación asignada y el criterio del diseñador puede influir en dicho valor. La población a servir es rural, el clima del lugar es templado y el tipo de servicio será de conexión domiciliar. Dadas las características anteriores y con base en la tabla III, la dotación se asignará en 90 l/hab/día.

### **2.1.3. Calidad del agua y normas**

Para que el agua pueda considerarse potable y segura para el consumo humano, debe cumplir los parámetros establecidos en la Norma guatemalteca COGUANOR NGO 29001; la cual rige los límites máximos admisibles (LMA) y los límites máximos permisibles (LMP) de las características físicas, químicas y bacteriológicas del agua.

Por lo cual hay que efectuar un examen bacteriológico y un análisis fisicoquímico de la fuente y determinar la calidad sanitaria del agua.

Tabla III. **Dotaciones recomendadas de diseño**

<b>Descripción</b>	<b>Dotación (l/hab/día)</b>
Llena cántaros	15 - 40
Conexiones prediales	60 - 90
Conexiones domiciliarias en el área rural	90 - 150
Conexiones domiciliarias en el área urbana	150 - 250

Fuente: elaboración propia.

Figura 2. **Aforo de la fuente**



Fuente: aldea Niño Perdido, Salamá, Baja Verapaz.

### **2.1.3.1. Análisis bacteriológico**

El objetivo principal de este análisis es determinar el grado de contaminación bacteriana y con materia fecal encontrada en la muestra, para lo cual se busca la presencia del grupo coliforme.

La toma de muestra se realizó en un recipiente de 100 ml con sello hermético, la cual fue tomada, trasladada e ingresada el mismo día al laboratorio de la Facultad de Ingeniería para el análisis respectivo.

Los resultados del análisis bacteriológico indican que el agua no es potable, según la norma guatemalteca, por lo tanto se debe incorporar un sistema de desinfección utilizando hipoclorito de calcio, antes de ser consumida, aspecto que se describirá más adelante.

### **2.1.3.2. Análisis fisicoquímico**

Este análisis físico determina el aspecto, color, turbiedad, olor, sabor, pH, temperatura y conductividad eléctrica, mientras que el análisis químico mide las cantidades de minerales y materia orgánica existentes que afectan la calidad.

La toma de la muestra se realizó en las mismas condiciones que el análisis bacteriológico y el resultado que se obtuvo indica que desde el punto de vista de la calidad química, el agua cumple con la norma guatemalteca, todas las determinaciones se encuentran dentro de los límites aceptables.

#### **2.1.4. Tasa de crecimiento poblacional**

Este proyecto abarcará 34 casas, las cuales tienen en promedio 5 habitantes por casa, siendo un total de 170 habitantes. El método para la estimación futura de los habitantes, será de incremento geométrico, debido a que es el que más se adapta a las condiciones del lugar.

Este método consiste en el cálculo de la población con base en la tasa de crecimiento poblacional que se tiene registrada en los censos de población y debe proyectarse en el tiempo según el período de diseño que se estime. Se expresa con la siguiente ecuación.

$$Pf = Pa * (1 + r)^n$$

Donde:

Pf = población futura

Pa = población actual = 170 habitantes

r = tasa de crecimiento = 3,28 % (INE para el municipio de Salamá)

n = periodo de diseño en años = 22 años

Sustituyendo datos:

$$Pf = 170 * (1 + 0,0328)^{22} \approx 346 \text{ habitantes}$$

#### **2.1.5. Período de diseño**

Es el tiempo en que el sistema prestará un servicio satisfactorio, es decir atenderá la demanda y será eficiente. Este período depende de varios factores,

entre los más importantes está el mantenimiento, la vida útil de los materiales y la calidad de la construcción.

Basados en lo anterior, para el presente proyecto se asignará un período de diseño de 22 años.

### **2.1.6. Factores de consumo y caudales**

Estos factores tienen gran importancia en el diseño, ya que, determinan la cantidad de agua a utilizar por la población durante el período de vida útil.

#### **2.1.6.1. Caudal medio diario**

Conocido también como caudal medio, es la cantidad de agua que consume la población en un día. Se obtiene del promedio de consumos diarios durante un año, pero cuando no se cuenta con registros de consumo diario se puede calcular en función de la población futura y de la dotación asignada en un día.

$$Q_m = \frac{P_f * \text{dotación}}{86\,400}$$

Sustituyendo datos:

$$Q_m = \frac{346 * 90}{86\,400} = 0,36 \text{ l/s}$$

### **2.1.6.2. Caudal de día máximo**

Es el consumo máximo de agua que puede haber en un día durante el año, este valor se usará para el diseño de la línea de conducción y la captación.

Para determinar este caudal se debe multiplicar el consumo medio diario por el factor de día máximo (fmd), cuyo valor varía entre 1,2 y 1,5, dependiendo de las características de la población. Tomando en cuenta el clima, nivel socioeconómico y la cantidad de habitantes, se determina que el factor de día máxima es de 1,3.

$$Q_{md} = fmd * Q_m$$

Sustituyendo datos:

$$Q_{md} = 1,3 * 0,36 = 0,468 \text{ l/s}$$

### **2.1.6.3. Caudal de hora máximo**

Es el consumo máximo de agua que puede haber en una hora específica durante el día, este valor se usará para el diseño de la línea y red de distribución.

Para determinar este caudal se debe multiplicar el caudal medio diario por el factor de hora máxima (fhm), cuyo factor va de 2 a 3 para poblaciones menores de 1 000 habitantes y de 2 para poblaciones futuras mayores de 1 000 habitantes.

La selección del factor es inversa al número de habitantes a servir, el factor de hora máxima tendrá un valor de 2,5.

$$Q_{mh} = f_{hm} * Q_m$$

Sustituyendo datos:

$$Q_{mh} = 2,5 * 0,36 = 0,9 \text{ l/s}$$

### **2.1.7. Ecuaciones, coeficientes y diámetros de tubería**

En el diseño de las líneas de conducción se utilizará la ecuación de continuidad y conservación de la energía, además de la ecuación empírica para fluidos de Hazen y Williams, utilizada para la pérdida por carga en tuberías cerradas a presión.

Esta ecuación empírica contiene una constante para convertir las variables que no están en el mismo sistema de medidas. La ecuación se describe a continuación.

$$H_f = \frac{1\,743,811 * L * Q^{1,85}}{c^{1,85} * \emptyset^{4,87}}$$

Donde:

H<sub>f</sub> = pérdida por carga en metros

L = longitud en metros

Q = caudal en m<sup>3</sup>/s

C = coeficiente de fricción, para PVC se usa un valor adimensional de 150

$\emptyset$  = diámetro de la tubería en pulgadas

Para el diseño de los ramales de distribución deberá hacerse una comparación entre los cálculos del caudal obtenidos con el caudal unitario ( $Q_m * f_{md} * f_{hm}$ ) y el criterio de uso simultáneo. Deberá utilizarse el resultado que sea mayor de ambos.

$$q = k\sqrt{n - 1}$$

Donde:

q = caudal de uso simultáneo no menor de 0,20 l/s

k = coeficiente; 0,20 predial; 0,15 llena cántaros

n = número de conexiones o llena cántaros futuros

Conociendo la altura máxima disponible, se toma como  $H_f$ , la cual permitirá encontrar el diámetro teórico necesario para la conducción del agua, despejando el diámetro de la fórmula empírica se tiene:

$$\emptyset = \left( \frac{1\,743,811 * L * Q^{1,85}}{H_f * c^{1,85}} \right)^{1/4,87}$$

Obteniendo el diámetro teórico, se procede a seleccionar el o los diámetros comerciales disponibles en el mercado nacional y se calcula el  $H_f$  final.

### **2.1.8. Presiones y velocidades**

El diseño hidráulico, se hará con base en la pérdida de presión del agua que corre a través de la tubería. Para comprender el mecanismo que se emplea, se incluye los principales conceptos utilizados.

- Presión estática

Se produce cuando todo el líquido en la tubería y en el recipiente que la alimenta está en reposo. Es igual al peso específico del agua, multiplicado por la altura a que se encuentra la superficie libre del agua en el recipiente.

La máxima presión estática que soportaran las tuberías para este proyecto será del 90 por ciento de la presión de trabajo, teóricamente puede soportar más, pero por efectos de seguridad si hay presiones mayores que la presente, será necesario colocar una caja rompe presión o tubería más resistente.

- Presión dinámica

Se produce cuando hay movimiento de agua. La presión estática modifica su valor disminuyéndose, debido a la fricción que causan las paredes de la tubería. La presión dinámica en un punto es la diferencia entre la cota piezométrica y la cota del terreno.

La menor presión dinámica que se aceptará en la red de distribución será de 10 mca, que es la necesaria para que el agua pueda llegar con cierta presión a las llaves de chorros y regaderas.

- Velocidades

En todo diseño hidráulico es necesario revisar la velocidad del líquido, para verificar si estos se encuentran entre los límites recomendados.

Para el diseño de sistemas rurales de abastecimiento de agua para consumo humano, la guía del INFOM y el Ministerio de Salud Pública de Guatemala recomienda los siguientes límites:

Para conducciones: mínima = 0,40 m/s y máxima = 3,00 m/s

Para distribución: mínima = 0,60 m/s y máxima = 3,00 m/s

En casos en que inevitablemente se consideren velocidades mayores, estas deben justificarse y preverse la protección de las obras que puedan quedar expuestas a deterioro por ello.

### **2.1.9. Levantamiento topográfico**

Tiene como finalidad recabar toda la información de campo necesaria para elaborar un diseño eficiente. Constituye un elemento básico, ya que permite representar gráficamente los posibles puntos de ubicación de la obra en estudio. El equipo utilizado fue el siguiente:

- Estación total Leica TS-02
- GPS geodésico Trimble
- Prisma con bipode
- Cinta métrica de 25 m
- Estacas de madera, pintura, clavos, etc.

Se realizó la topografía del lugar por medio de estación total, geo referenciando todo el proyecto por medio de dos puntos fijos, de los cuales se había obtenido por medio de un GPS geodésico las coordenadas GTM y la elevación.

#### **2.1.10. Diseño hidráulico**

Consiste en la realización de los cálculos necesarios para determinar el diámetro de la tubería, que sea más económica y técnicamente funcional.

##### **2.1.10.1. Captación**

Es toda obra que se hace con la finalidad de recolectar el agua de una fuente. El caudal de la fuente es mucho mayor al que se necesita para la comunidad, por lo cual se construirá una estructura de captación de tipo rebalse, la cual se detalla en los planos correspondientes.

##### **2.1.10.2. Línea de conducción**

Es el conjunto de tuberías que trabajan a presión forzada, que viene desde la captación al tanque de distribución o almacenamiento. Se utilizará tubería PVC de 1 pulgada de diámetro y presión de 160 psi (112 mca).

La tubería a utilizar soportara un máximo del 90 % de la presión indicada por el fabricante y no se permitirán conexiones domiciliarias en el trayecto. Esto debido a la alta presión que tendrá la tubería y evitar daños en el sistema.

Se construirá una caja rompe presión entre la captación y el tanque de almacenamiento, debido a que la diferencia de alturas sobrepasa la soportada por la tubería que se utilizará.

Por lo cual se realizará el diseño de la línea de conducción en dos tramos utilizando la ecuación de Hazen y Williams.

Ejemplo de diseño:

- Tramo 1
  - Cota inicial = 1 784,15 m
  - Cota final = 1 735,07 m
  - Longitud = 580,52
  - Caudal máximo diario = 0,468 l/s
  - Coefficiente c de PVC = 150

Cálculo del diámetro teórico:

$$\emptyset = \left( \frac{1\,743,811 * 580,52 * 0,468^{1,85}}{(1\,784,15 - 1\,735,07) * 150^{1,85}} \right)^{1/4,87} = 0,86 \text{ ''}$$

Se tomó un diámetro comercial de 1", con diámetro interno de 1,195 ".

Cálculo de pérdida:

$$H_f = \frac{1\,743,811 * 580,52 * 0,468^{1,85}}{150^{1,85} * 1,195^{4,87}} = 9,83 \text{ m}$$

Cálculo de la velocidad:

$$V = \frac{1,9735 * Q}{\phi^2} = \frac{1,9735 * 0,468}{1,195^2} = 0,65 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad (\text{cumple})$$

Cota piezométrica:

$$CP = \text{Cota inicial} - H_f = 1\,784,15 - 9,83 = 1\,774,32 \text{ m}$$

Presión dinámica final:

$$\text{Presion} = CP - \text{cota final} = 1\,774,32 - 1\,735,07 = 39,25 \text{ m}$$

### **2.1.10.3. Tanque de almacenamiento**

EL objetivo es compensar las horas de mayor demanda, por lo cual debe cumplir con las siguientes funciones:

- Compensar las demandas máximas horarias esperadas en la red de distribución.
- Almacenar agua en horas de poco consumo, como reserva para contingencias.
- Regular presiones en la red de distribución.
- Reserva suficiente por eventual interrupción en la fuente de abastecimiento.

En este caso en particular, se aprovechará el tanque de almacenamiento para colocar el sistema de desinfección.

### 2.1.10.3.1. Volumen del tanque

“Se recomienda utilizar los datos de la demanda real de la comunidad para establecer el volumen del tanque de distribución. De lo contrario se considerará para el diseño del 25 a 40 % del caudal medio diario en el caso de sistemas por gravedad y de 40 a 65 % en sistemas por bombeo, entre los tanques de succión y distribución, justificándolo mediante un diagrama de masas”.<sup>1</sup>

Conforme la recomendación anterior, para calcular el volumen se tomará un 40 % del caudal medio diario.

$$\text{Volumen} = \frac{40 \% * Q_m * 86\ 400}{1\ 000}$$

Sustituyendo datos:

$$\text{Volumen} = \frac{40 \% * 0,36 * 86\ 400}{1\ 000}$$

$$\text{Volumen} = 12,44 \text{ m}^3 \approx 13 \text{ m}^3$$

### 2.1.10.3.2. Diseño estructural

Se necesita un almacenamiento mínimo de 13 m<sup>3</sup>, por lo cual se construirá un tanque semienterrado con unas dimensiones internas de 3 X 3 X 1,70 m, con muros de concreto ciclópeo y cubierta de losa de concreto reforzado (ver planos en apéndices).

---

<sup>1</sup> *Guía de Normas Sanitarias para el diseño de sistemas rurales de abastecimiento de agua para consumo humano*. Numeral 5.5.3 p. 30.

Para los muros, se considerará piedra bola que tendrá un diámetro desde 2 a 6 “, unidas entre sí con concreto.

El diseño se realiza normalmente cuando las condiciones son críticas y esto ocurre cuando el tanque está lleno de agua hasta el punto de rebalse. Para mayor seguridad se asumirá hasta estar lleno a la altura de la parte inferior de la losa, ya que por algún descuido el rebalse puede ser obstruido.

Los muros del tanque están sometidos tanto a fuerzas del agua como del suelo, por lo que se diseñará tomando en cuenta las dimensiones propuestas.

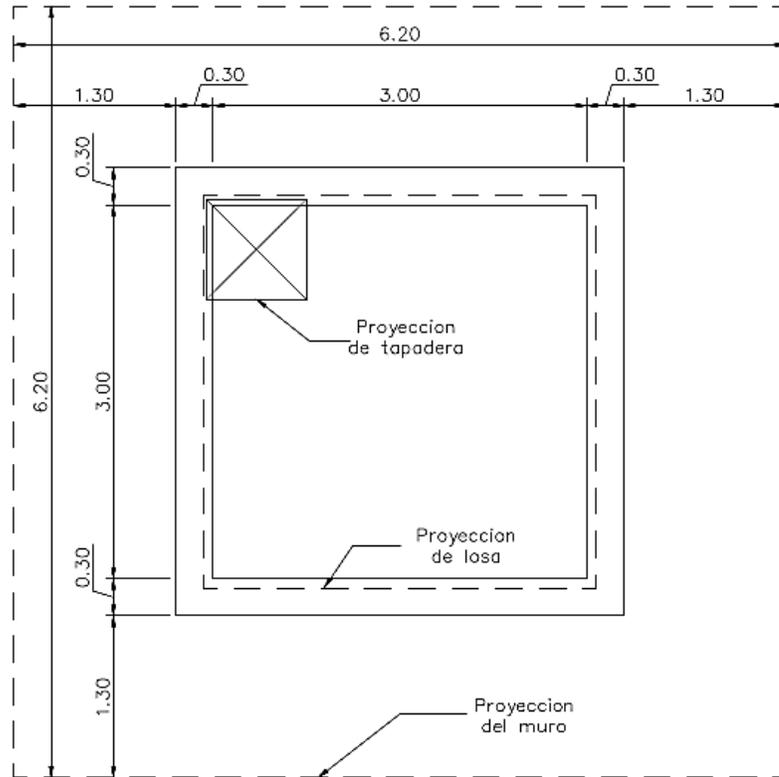
Tendrá las especificaciones siguientes:

- $F'_c$  = resistencia última a compresión del concreto = 210 kg / cm<sup>2</sup>
- $F_y$  = esfuerzo de fluencia del acero grado 40 = 2 810 kg / cm<sup>2</sup>
- $\gamma_c$  = peso específico del concreto = 2 400 kg / m<sup>3</sup>
- $\gamma_{cc}$  = peso específico del concreto ciclópeo = 2 400 kg / m<sup>3</sup>
- $\gamma_s$  = peso específico el suelo = 1 600 kg / m<sup>3</sup>
- $V_s$  = valor soporte del suelo = 15 000 kg / m<sup>2</sup>
- $\gamma_a$  = peso específico del agua = 1 000 kg / m<sup>3</sup>
- $\Phi$  = ángulo de fricción interna del suelo = 30° (asumido)
- $\mu$  = coeficiente de fricción suelo-muro = 0,50 (asumido)

Diseño de la losa:

La losa se diseñará conforme al método 3 ACI 318-63, ya que por las condiciones de la losa, se encuentra dentro de las limitaciones.

Figura 3. Dimensiones del tanque (planta)



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2012.

Cálculo de espesor mínimo de la losa:

$$t = \frac{\text{Perímetro}}{180} = \frac{3,15 * 4}{180} = 0,07 \text{ m (metodo 3 ACI 318 - 63)}$$

$$t = \frac{l_n}{36} = \frac{3,15}{36} = 0,0875 \text{ m (tabla 9.5 (c) ACI 318 - 08)}$$

Para fines prácticos de construcción se adoptará un peralte (t) de 10 cm.

Sentido de la losa:

- $m < 0,5$  losa en un sentido
- $m \geq 0,5$  losa en dos sentidos

Donde  $m$  es la relación entre el lado más corto y el lado más largo de la losa.

$$m = \frac{3}{3} = 1 = \text{losa en dos sentidos}$$

Integración de cargas, combinación CR2 AGIES NSE 2.10

$$W = 1,3 M + 1,6 V$$

Donde:

$W$  = es la carga mayorada

$M$  = es la carga muerta = peso de la losa + sobrecarga

$V$  = es la carga viva = techos sin acceso (AGIES NSE 2-10 tabla 3-1)

Sustituyendo datos:

$$W = 1,3 \left\{ \left( 2400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0,1\text{m} \right) + 90 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \right\} + 1,6 \left( 100 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \right)$$
$$W = (429 + 160) = 589 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

Calculo de momentos según método 3 del ACI 318-63 de losa con todos los bordes continuos o empotrados.

Momentos negativos:

$$M_{a-} = M_{b-} = C_{a-} * Wl_a^2$$

$$M_{a-} = 0,045 * 589 * 3^2 = 238,54 \text{ kg} - \text{m}$$

Momentos positivos:

$$M_{a+} = M_{b+} = (C_{a+} * WD * l_a^2) + (C_{a+} * WL * l_a^2)$$

$$M_{a+} = (0,018 * 429 * 3^2) + (0,027 * 160 * 3^2) = 108,38 \text{ kg} - \text{m}$$

Cálculo de peralte de losa:

$$d = t - \text{rec} - \frac{\emptyset}{2} = 10 - 3 - 0,5 = 6,5 \text{ cm}$$

Cálculo de acero mínimo:

$$A_{s_{\min}} = \frac{14,1}{f_y} (b * d)$$

$$A_{s_{\min}} = \frac{14,1}{2810} (100 * 6,5) = 3,26 \text{ cm}^2$$

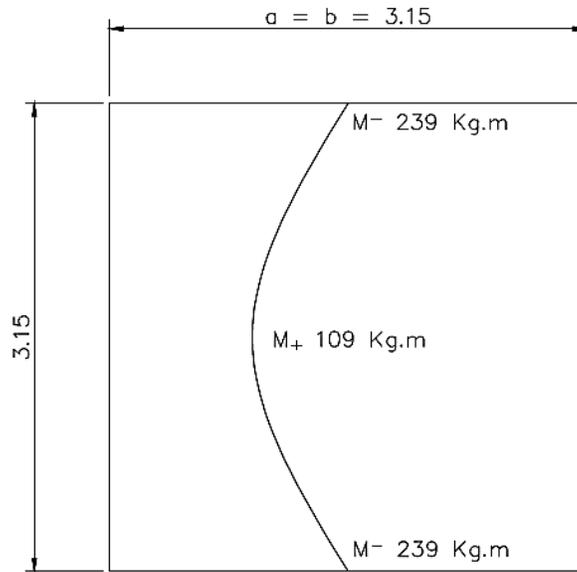
Cálculo de momento soportado usando  $A_s$  mínimo:

$$M_u = 0,9 \left\{ A_s * f_y \left( d - \frac{A_s * f_y}{1,7 * f' * c * b} \right) \right\}$$

$$M_u = 0,9 \left\{ 3,26 * 2810 \left( 6,5 - \frac{3,26 * 2810}{1,7 * 210 * 100} \right) \right\}$$

$$Mu = 51\,474 \text{ kg. cm} \approx 515 \text{ kg. m}$$

Figura 4. **Diagrama de momentos**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2012.

Como el momento soportado por el área de acero mínimo, es mayor a los momentos solicitados en el diseño, se usará como refuerzo el  $A_{s_{\min}}$ .

Cálculo del espaciamiento máximo:

$$S_{\max} = 3t = 3 * 10 = 30 \text{ cm}$$

Cálculo del espaciamiento necesario:

Por simple relación de triángulos semejantes se puede obtener el espaciamiento entre barras. Partiendo en que se tienen  $3,26 \text{ cm}^2$  para colocarlo

en 100 cm, se debe averiguar el espacio para ubicar este acero, utilizando varilla número 3.

$$\frac{S}{100 \text{ cm}} = \frac{0,71 \text{ cm}^2}{3,26 \text{ cm}^2} \therefore S = 21,78 \approx 20 \text{ cm}$$

El armado para la losa será acero número 3 grado 40 @ 0,20 m en ambos sentidos.

Revisión por cortante:

$$V_{\text{actuante}} = \frac{W * \text{área tributaria}}{L}$$

$$V_{\text{actuante}} = \frac{589 * 2,25}{3} = 442 \text{ kg}$$

$$V_{\text{resistente}} = \phi * 0,53 * \sqrt{f'c} * b * d$$

$$V_{\text{resistente}} = 0,85 * 0,53 * \sqrt{210} * 100 * 6,5 = 4\ 244 \text{ kg}$$

$$V_{\text{resistente}} \gg V_{\text{actuante}}$$

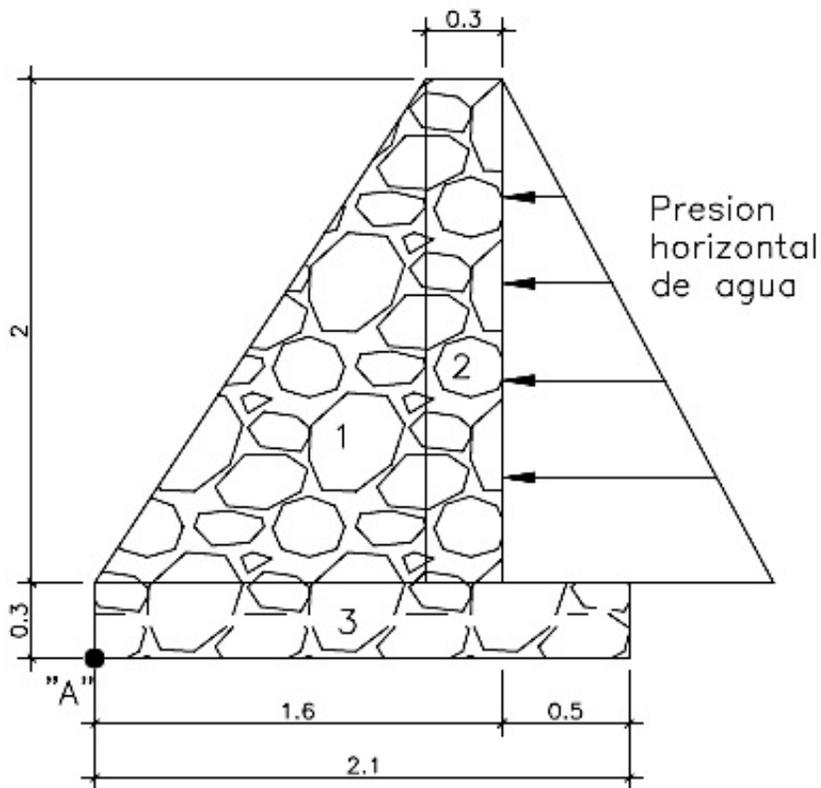
- Diseño de viga:

Las vigas son los elementos estructurales que transmiten las cargas tributarias de las losas de piso a las columnas verticales, están sometidas a esfuerzos de compresión, tensión y corte. En este caso en particular, las vigas no funcionarán como elementos estructurales sometidos a flexión, ya que, estarán sobre las paredes de los muros ciclópeos.

Únicamente tendrán la función de servir como un elemento de apoyo a la losa, como sistema de anclaje en el cual se pueden incorporar las longitudes de desarrollo necesario para el armado de la losa y generar estabilidad en la parte superior del tanque de almacenamiento.

Por las razones anteriormente descritas, se usará una cuantía de acero mínima, la cual constará de 4 hierros número 3 grado 40, como refuerzo longitudinal y estribos número 2 a cada 20 cm, como refuerzo transversal. Las dimensiones serán de 15 X 20 cm.

Figura 5. **Muro por gravedad del tanque**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2012.

- Diseño del muro del tanque de almacenamiento:

El tipo de tanque podrá estar superficial o enterrado, los muros serán de concreto ciclópeo y será diseñado como un muro de gravedad en la condición crítica.

Tabla IV. **Momento estabilizante respecto al punto A**

Figura	Altura (m)	Base (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Peso específico (kg/m <sup>3</sup> )	Peso (kg)	Brazo (m)	Momento (kg*m)
1	2	1,3	1,30	2 400	3 120	0,867	2 705
2	2	0,3	0,60	2 400	1 440	1,150	1 656
3	0,3	2,1	0,63	2 400	1 512	1,050	1 588
Sumatoria					6 072		5 949

Fuente: elaboración propia.

- Revisión del muro:

Deben realizarse las siguientes revisiones para verificar que la estructura cumple con los factores de seguridad recomendados. Se utilizarán las siguientes ecuaciones:

$$\text{Volteo} = ME/MV > 1,5$$

$$\text{Deslizamiento} = (W * \mu)/E > 1.5 \quad \mu = 0,9 * \tan \theta$$

$$\text{Presión máxima} = W/A[1 + (6e/b)] < Vs \quad e = b/2 - a$$

$$\text{Presiones mínima} = W/A[1 - (6e/b)] > 0 \quad a = (ME - MV)/W$$

Presión positiva =  $3a >$  base del muro

Donde:

ME = momento de empuje

MV = momento de volteo

W = peso propio de la estructura

E = empuje del agua

Vs = valor soporte del suelo

A = área de la base

E = excentricidad

b = base

Mv = fuerza del suelo sobre el muro

$\gamma$  = peso específico del agua

H = altura total de agua

h = punto donde actúa la presión ejercida por el agua

- Contra volteo

$$\text{Volteo} = \text{ME}/\text{MV} > 1,5$$

$$Mv = \gamma * \frac{H^2}{2} * h = 1\,000 * \frac{1,7^2}{2} * \left(0,3 + \frac{1,7}{3}\right) = 1\,252,33 \text{ kg. m}$$

$$\text{Volteo} = \frac{5\,948}{1\,252,33} = 4,75 > 1,5 \text{ (cumple)}$$

- Deslizamiento

$$\text{Deslizamiento} = (W * \mu)/E > 1,5$$

$$\text{Deslizamiento} = \frac{(6\,072 * 0,9 * \tan 30)}{0,5 * 1\,000 * 1,7^2} = 2,18 > 1,5 \text{ (cumple)}$$

- Presiones

$$a = (5\,948 - 1\,252,33)/6\,072 = 0,77$$

$$e = 2,1/2 - 0,77 = 0,28$$

$$\text{Presión máxima} = W/A[1 + (6e/b)] < V_s$$

$$\text{Presión máxima} = \frac{6\,072}{2,1} * \left[ 1 + \left( 6 * \frac{0,28}{2,1} \right) \right] = 5\,205 < V_s \text{ (cumple)}$$

$$\text{Presión mínima} = W/A[1 - (6e/b)] > 0$$

$$\text{Presión mínima} = \frac{6\,072}{2,1} * \left[ 1 - \left( 6 * \frac{0,28}{2,1} \right) \right] = 578 > 0 \text{ (cumple)}$$

$$\text{Presión positiva} = 3a > \text{base del muro}$$

$$\text{Presión positiva} = 3 * 0,77 = 2,31 > 2,1 \text{ (cumple)}$$

#### **2.1.10.4. Línea de distribución**

Es el conjunto de tuberías trabajando a presión forzada, que viene desde el tanque de almacenamiento y alimentan de agua a cada una de las conexiones domiciliarias de los usuarios. Se utilizará tubería PVC de 1¼ " de diámetro y presión de 160 psi (112 mca).

Se construirá una caja rompe presión entre el tanque de almacenamiento y la red de distribución, debido a que la diferencia de alturas sobrepasa los parámetros utilizados.

Estos cálculos se realizarán de igual forma que en la línea de conducción, tomando en cuenta que el caudal para diseño será el caudal de hora máxima y el caudal unitario.

Ejemplo de diseño:

- Tramo 4  
Cota inicial = 1 646,00 m  
Cota final = 1 583,88 m  
Longitud = 678,83 m  
Caudal de hora máximo = 0,90 l/s  
Coeficiente c de PVC = 150

Cálculo del diámetro teórico:

$$\emptyset = \left( \frac{1\,743,811 * 678,83 * 0,90^{1,85}}{(1\,646,00 - 1\,583,88) * 150^{1,85}} \right)^{1/4,87} = 1,083 \text{ "}$$

Se tomó un diámetro comercial de 1 1/4", con diámetro interno de 1,53 ".

Cálculo de pérdida:

$$H_f = \frac{1\,743,811 * 678,83 * 0,90^{1,85}}{150^{1,85} * 1,532^{4,87}} = 11,50 \text{ m}$$

Cálculo de la velocidad:

$$V = \frac{1,9735 * Q}{\phi^2} = \frac{1,9735 * 0,90}{1,532^2} = 0,76 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad (\text{cumple})$$

Cota piezométrica:

$$CP = \text{Cota inicial} - H_f = 1\,646,00 - 11,50 = 1\,634,50 \text{ m}$$

Presión dinámica final:

$$\text{Presión} = CP - \text{cota final} = 1\,634,50 - 1\,583,88 = 50,62 \text{ m}$$

#### **2.1.10.5. Red de distribución**

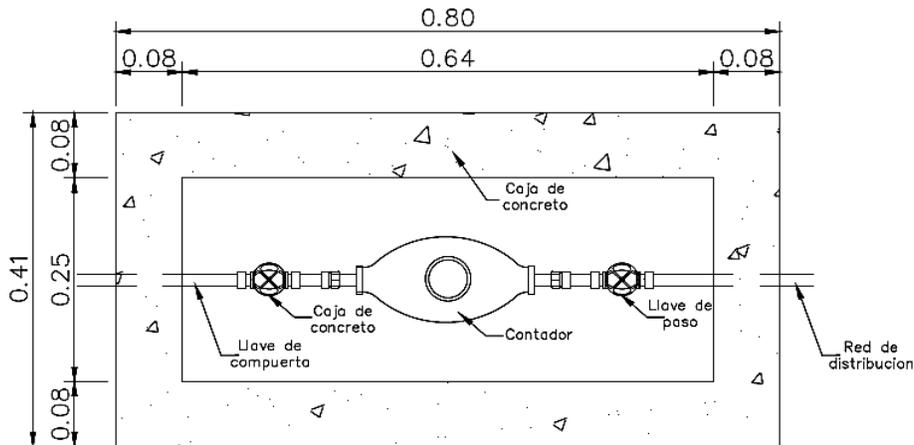
Son los ramales que alimentan de agua a cada uno de los usuarios, la red de distribución fue una red abierta y consta de los tramos 5, 6, 7 y 8, diseñados de la misma manera que la línea de distribución.

Para las conexiones domiciliarias, se tomará una conexión típica para todas las casas, la cual constará de una longitud de 15 m y tubería PVC de un diámetro de ½ pulgada.

#### **2.1.10.6. Conexiones domiciliarias**

Cada una consiste en un contador protegido por una caja de concreto, una llave de compuerta, una llave de paso y los respectivos accesorios, conectados a la red de distribución mediante tubería PVC de ½ " y que se dirige a la red interna de cada vivienda.

Figura 6. **Conexión domiciliar**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2012.

### 2.1.10.7. **Obras de arte**

Son utilizadas en el diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable para optimizar el funcionamiento y tener un adecuado sistema de mantenimiento.

#### 2.1.10.7.1. **Válvula de aire**

Las líneas de tuberías por gravedad acumulan aire en los puntos altos. Esto hace que se reduzca el área útil de la tubería, ya que cuando son presiones bajas el aire no puede ser expulsado, como consecuencia ocasiona un aumento de pérdidas y disminución del caudal.

Para este proyecto no se consideró ninguna válvula de aire, debido a que en las líneas de tubería existe una presión alta, de igual manera en el punto

donde se necesita una válvula de aire, la CRP 1 cumple satisfactoriamente esa función.

#### **2.1.10.7.2. Válvula de flote**

Este tipo de válvulas consta de un flote plástico o de cobre, en el que al llegar el agua a cierto nivel, hace que el flotador suba y cierre el paso de agua en la tubería. Se utilizarán en las CRP y en el tanque de almacenamiento, para evitar que se desperdicie el líquido.

Las tres válvulas de flote que se utilizarán deberían tener una resistencia a la presión igual a la tubería. Aunque observando el perfil de las líneas de conducción y distribución, la altura máxima que soportarían es de 72,60 metros (103,25 libras por pulgada cuadrada). Por lo cual se pueden instalar válvulas de flote con una resistencia a la presión mínima de 125 libras sobre pulgada cuadrada.

#### **2.1.10.7.3. Válvula de limpieza**

Se utilizan para extraer todos los sedimentos que se acumulan en los puntos bajos de las líneas de tubería. Regularmente se colocan únicamente en la línea de conducción. Por la topografía de este proyecto, se colocarán 2, una en la línea de conducción y la otra en la línea de distribución. La posición esta detallada en los planos constructivos.

### **2.1.11. Sistema de desinfección**

El proceso más común es la cloración, este proceso está destinado a destruir el desarrollo de microorganismos patógenos, algas y bacterias. Por el

bajo costo en operación y mantenimiento, en este proyecto se utilizará un alimentador automático en forma de termo de tabletas de tricloro.

En el mercado nacional existen alimentadores de diferentes capacidades, la cual depende de la concentración requerida y el caudal a tratar. Se utilizarán pastillas de 200 gramos y el análisis bacteriológico definirá la concentración necesaria. Para determinar la cantidad de tabletas en un mes se usará la siguiente ecuación:

$$G = \frac{C * M * D}{\% c}$$

Donde:

G = gramos de tricloro

C = miligramos por litro deseados = 0,001

M = litros de agua a tratarse por día =  $Q_m * 86\ 400$

D = número de días que durará = 30 días

% = concentración de cloro = 0,9

$$G = \frac{0,001 * 0,36 * 86\ 400 * 30}{0,9} = 1\ 036,8\ g = 5,184\ tabletas$$

Se necesitarán 6 tabletas de tricloro de 200 gramos cada mes, este valor puede variar en el tiempo y tendrá que ajustarse si cambian las características químicas de las tabletas y/o la calidad del agua.

### **2.1.12. Programa de operación y mantenimiento**

El encargado del funcionamiento debe ser preferiblemente alguien que tenga conocimientos de fontanería, el cual realizará inspecciones periódicas de todos los componentes del sistema para garantizar el adecuado funcionamiento.

Entre las tareas mínimas que deben cumplirse están: detectar y reparar posibles fugas, mantener limpias las cajas rompe presión y el tanque de almacenamiento, revisar las válvulas de flote para que funcionen correctamente, suministrar pastillas de tricloro según sea necesario y velar por el buen funcionamiento de todo el sistema.

### **2.1.13. Elaboración de planos**

Los planos que fueron elaborados para este proyecto son los que se consideran mínimos para la correcta ejecución del mismo. Se encuentran en anexos y se listan a continuación:

- Ubicación y localización
- Planta general
- Línea de conducción
- Línea de distribución
- Red de distribución
- Tanque de almacenamiento
- Captación y caja de válvulas
- Caja rompedor de presión
- Conexión domiciliar

#### **2.1.14. Propuesta de tarifa**

Se pretende que el mantenimiento del sistema, el suministro de pastillas de hipoclorito de calcio y las reparaciones menores del sistema sean cubiertos por las familias beneficiadas.

Por lo cual se propone una tarifa de Q 15,00 mensuales a cada conexión domiciliar. El cobro y el manejo de los recursos recaudados serán administrados por el comité de agua de la misma comunidad.

#### **2.1.15. Elaboración de presupuesto**

El presupuesto fue elaborado con los precios actuales, los cuales se encuentran desglosados en anexos, con la finalidad de actualizarlos si fuese necesario al momento de la ejecución del proyecto.

#### **2.1.16. Evaluación socioeconómica**

La evaluación socioeconómica del proyecto tiene como objeto principal, identificar los beneficios y luego valorizarlos, para elaborar indicadores de la rentabilidad social a través del análisis de beneficio costo.

Como el proyecto es de carácter social, no se perciben beneficios económicos. El principal beneficio será brindar un servicio básico a una población determinada y así mejorar la calidad de vida de los habitantes.

Da como resultado un ahorro de tiempo en actividades de acarreo y evitar enfermedades gastrointestinales, que producen gastos en médicos y medicina.

Asimismo, los terrenos de los beneficiados ganaran una plusvalía al contar con este servicio.

Tabla V. **Resumen presupuesto del sistema de agua potable**

**Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para la aldea Niño Perdido**

**Resumen Presupuesto general**

<b>No.</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>P.U.</b>	<b>Total</b>
1	Replanteo topográfico	2 088	ml	Q 1,93	Q 4 030,00
2	Captación	1	Unidad	Q 3 347,76	Q 3 347,76
3	Línea de conducción	966	ml	Q 44,43	Q 42 923,40
4	Tanque de almacenamiento	1	Unidad	Q 76 261,90	Q 76 261,90
5	Caja rompe presión	2	Unidad	Q 8 078,85	Q 16 157,70
6	Caja de válvulas	5	Unidad	Q 4 314,44	Q 21 572,20
7	Línea de distribución	735	ml	Q 46,40	Q 34 100,56
8	Red de distribución	388	ml	Q 43,56	Q 16 902,34
9	Conexión domiciliar	34	Unidad	Q 1 486,94	Q 50 555,96
<b>Costo total del proyecto:</b>					<b>Q 265 851,82</b>

Fuente: elaboración propia.

**2.1.16.1. Costo beneficio**

Este indicador dará el costo directo que se invertirá para que cada beneficiado obtenga el servicio. Servirá como ayuda para que las instituciones de inversión social tomen una decisión basados en el costo beneficio por habitante y la disposición económica disponible.

$$\frac{\text{Costo total}}{\text{Beneficio}} = \frac{265\,559,32}{170} = 1\,562,11$$

Es decir se deberá invertir Q 1 562,11 por cada habitante de la comunidad para que puedan beneficiarse del servicio.

### **2.1.17. Evaluación Inicial de Impacto Ambiental**

- Información general
  - Nombre del proyecto: Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para la aldea Niño Perdido, municipio de Salamá, departamento de Baja Verapaz.
  - Vida útil del proyecto: 22 años.
  - Área o situación legal donde se ubicará el proyecto: estará ubicado en terrenos propiedad de los vecinos y en las calles de la comunidad.
  - Superficie estimada del proyecto: 2 088 metros más la superficie del tanque y las cajas, un área aproximada de 60 metros cuadrados.
  - Colindancias y actividades que desarrollan en el predio: debido a que el proyecto se encuentra dentro de la comunidad, los colindantes serán los mismos vecinos y las actividades serán de excavación, colocación de tuberías y construcción de pequeñas estructuras en mampostería.

- Trabajos necesarios para la preparación del terreno: limpieza y señalización.
- Vías de acceso: carretera CA-14, calles internas y senderos de la aldea.
- Influencia del proyecto
  - Fuente de suministro y requerimiento de energía y combustible a utilizar: no se utilizará energía eléctrica ni combustible para el funcionamiento del sistema.
  - Fuentes de suministro de agua y los requerimientos de agua cruda y/o potable: se utilizará parte del caudal de una fuente que se encuentra en la comunidad para satisfacer la demanda requerida para el proyecto.
  - Recursos naturales que serán aprovechados en las diferentes etapas: se utilizará piedra bola y arena para la construcción del tanque; la tierra de la excavación servirá para cubrir nuevamente la tubería.
  - Indicar cada sustancia o material que será utilizado en el proceso: se utilizará piedra bola, pedrín, arena, cemento, acero, madera, tubería de PVC, pegamento para tubería y agua.
- Control ambiental

- Residuos y/o contaminantes que serán generados (en cantidades y contenidos): al estar instalada la tubería, se procederá a rellenar las zanjas lo antes posible y así evitar accidentes y contaminación visual.
  - Emisiones a la atmósfera (gases, humo, etc.): no se generará alguna.
  - Desechos sólidos (que clase de basura): los únicos desechos sólidos serán las bolsas de cemento y sobrantes de otros materiales, tales como tubos, acero, etc., los que serán llevados a un lugar autorizado para su depósito.
  - Ruidos y/o vibraciones: no se generará, debido a que la corriente fluirá por gravedad.
  - Contaminación visual: la única contaminación visual será la acumulación de material suelto, el cual deberá ser utilizado para rellenar las zanjas de nuevo y el resto se moverá a un lugar adecuado.
- Plan de mitigación
    - Al estar excavados los primeros metros y colocada la tubería, se procederá a rellenar las zanjas lo antes posible para evitar accidentes y contaminación visual.
    - Inmediatamente después de rellenada la zanja, retirar del área de trabajo el material sobrante del proyecto ejecutado.

- Dotar al personal encargado de la construcción, del equipo adecuado como cascos, botas, guantes, etc., para evitar accidentes.

## **2.2. Diseño de puente vehicular en aldea Los Pinos, Salamá, Baja Verapaz**

El proyecto se encuentra en la aldea Los Pinos, a 5 km de Salamá, comunicará principalmente a aldea Los Pinos y Los Encuentros. De esta manera funcionará también, como ruta alterna para las personas que quieran ir al sur del municipio sin pasar por el casco urbano.

### **2.2.1. Descripción del proyecto**

Consiste en el diseño de un puente vehicular, de un solo carril, con ancho de vía de 3,60 m, una luz libre de 16 m, losa de concreto armado, apoyada sobre dos vigas de concreto armado, apoyos elastoméricos, estribos de concreto ciclópeo y diseñado para una carga viva de un camión tipo HL-93.

### **2.2.2. Levantamiento topográfico**

Constituye uno de los elementos básicos para la realización del diseño, por lo cual se buscó tener una representación gráfica de la realidad lo más exacto posible. Por lo cual fue realizado un levantamiento de primer orden, con la utilización del equipo siguiente:

- Estación total Leica TS-02
- GPS geodésico Trimble
- Prisma con bipode

- Cinta métrica de 25 m
- Estacas de madera, pintura, clavos, etc.

#### **2.2.2.1. Planimetría**

Define la proyección horizontal de los detalles del terreno, para lo cual se procedió a tomar las coordenadas de una red puntos aguas abajo y aguas arriba del punto de interés.

#### **2.2.2.2. Altimetría**

La altimetría se realizó conjuntamente con la planimetría, para de esta forma obtener la altura de todos los puntos visados, en el área de interés. Las coordenadas reales se obtuvieron por medio de un GPS geodésico, las cuales fueron tomadas en la primera estación.

#### **2.2.3. Evaluación de la calidad del suelo**

Dependiendo de la calidad del suelo, se seleccionará el tipo de cimentación o subestructura del puente. Para determinar el valor soporte del suelo se utilizó el ensayo de penetración estándar.

##### **2.2.3.1. Ensayo de penetración estándar**

El ensayo se realizó conjuntamente con personal del Laboratorio de Suelos de la Facultad de Ingeniería. Consistió en dos sondeos dinámicos con una profundidad de 3 m cada uno, para obtener un perfil estratigráfico y las características mecánicas del suelo en donde se colocará la cimentación o subestructura.

Para encontrar el valor soporte del suelo se tomarán los datos del ensayo dinámico número dos y se supuso lo siguiente:

Base (B) = 2 m

Profundidad de desplante ( $D_f$ ) = 1,20 m

N = número de golpes

Tabla VI. Datos del ensayo dinámico 2

No.	Profundidad (metros)	$N_{\text{campo}}$ ( $N_{70}$ )	Tipo de suelo
1	0,60	10	Limo arenoso color gris
2	1,20	50	
3	1,80	15	
4	2,40	15	Limo arenoso color beige
5	3,00	10	Grava y arena limosa color gris

Fuente: elaboración propia.

El valor de N a utilizar en la ecuación de capacidad de carga es el valor promedio corregido en una zona de  $B/2$  sobre la base y  $2B$  debajo de la base.

$B/2 = 2/2 = 1$  m sobre la base ( $N_{\text{cor1}}$ ,  $N_{\text{cor2}}$ )

$2B = 2 \times 2 = 4$  m debajo de la base ( $N_{\text{cor3}}$ ,  $N_{\text{cor4}}$ ,  $N_{\text{cor5}}$ )

Con la tabla VII y tomando los valores promedio de golpes para cada estrato se supuso el peso específico del material.

Tabla VII. Valores empíricos basados en el SPT

Description	Very loose	Loose	Medium	Dense	Very dense
Relative density $D_r$	0	0.15	0.35	0.65	0.85
SPT $N'_{60}$ : fine	1-2	3-6	7-15	16-30	?
medium	2-3	4-7	8-20	21-40	> 40
coarse	3-6	5-9	10-25	26-45	> 45
$\phi$ : fine	26-28	28-30	30-34	33-38	
medium	27-28	30-32	32-36	36-42	< 50
coarse	28-30	30-34	33-40	40-50	
$\gamma_{wet}$ , kN/m <sup>3</sup>	11-16*	14-18	17-20	17-22	20-23

Fuente: Bowles, Joseph E. *Foundation analysis and design*. p. 163.

Se tomará un valor de densidad gruesa en el rango de 10-25 golpes, que corresponderá a un peso específico de  $18 \text{ kN/m}^3 = 1,84 \text{ ton/m}^3$ .

Para determinar la presión intergranular a nivel de la cimentación, se hace de la siguiente manera:

$$P = \gamma \times h$$

- $P1 = 1,84 \times 0,6 = 1,104 \text{ t/m}^2$
- $P2 = 1,104 + (1,84 \times 0,6) = 2,208 \text{ t/m}^2$
- $P3 = 2,208 + (1,84 \times 0,6) = 3,312 \text{ t/m}^2$
- $P4 = 3,312 + (1,84 \times 0,6) = 4,416 \text{ t/m}^2$
- $P5 = 4,416 + (1,84 \times 0,6) = 5,520 \text{ t/m}^2$

Se determinará el factor de corrección para el número de penetración estándar:

$$F_c = \sqrt{\frac{1}{P}}$$

- $F_{c1} = 0,952$
- $F_{c2} = 0,673$
- $F_{c3} = 0,549$
- $F_{c4} = 0,476$
- $F_{c5} = 0,426$

Para realizar la corrección únicamente se multiplica el número de golpes de campo con el factor de corrección.

$$N_{cor} = N_{campo} \times F_c$$

- $N_{cor1} = 10$
- $N_{cor2} = 34$
- $N_{cor3} = 8$
- $N_{cor4} = 7$
- $N_{cor5} = 4$

Si al efectuar la corrección algunos valores resultan mayores a 15, se efectúa el siguiente procedimiento:

$$N_{cor2} = 15 + 0,5 (N_{campo} - 15)$$

$$N_{cor2} = 15 + 0,5 (50 - 15) = 32$$

Para el promedio de los golpes corregidos, se tiene:

$$N_{\text{promedio}} = N'_{70} = \frac{10 + 32 + 8 + 7 + 4}{5} = 12$$

Para determinar la capacidad de carga se usa:

$$K_d = 1 + 0,33 \times \frac{D_f}{B} = 1 + 0,33 \times \frac{1,20}{2} = 1,2$$

$$q_{\text{adm}} = \frac{N_{\text{promedio}}}{0,06} \times \left( \frac{2 + 0,3}{2} \right)^2 \times K_d$$

$$q_{\text{adm}} = \frac{12}{0,06} \times \left( \frac{1,2 + 0,3}{1,2} \right)^2 \times 1,2 = 317,4 \text{ KPa} = 32,37 \text{ ton/m}^2$$

Se tomará un factor de seguridad de 2,5, para de esta manera obtener el valor admisible o de diseño de cimentación.

$$V_s = \frac{q_{\text{adm}}}{F_s} = \frac{32,37}{2,5} = 12,948 \text{ ton/m}^2$$

#### **2.2.4. Estudio hidrológico e hidráulico**

Se requiere de un estudio apropiado para estimar las crecidas máximas que pueden ocurrir. Ya que de esa manera, se puede evaluar el dimensionamiento, la tipología del puente y las medidas necesarias de protección para la infraestructura en el cauce del río.

Se realizó un estudio hidrológico, con base en el cual se determinaron los caudales que representan las crecidas máximas para diferentes períodos de retorno y por último se elaboró una modelación hidráulica de la sección de

interés, para el análisis de las crecidas máximas usando el programa HEC-RAS del cuerpo de la armada de ingenieros de los Estados Unidos.

El análisis de los resultados obtenidos de la modelación hidráulica con el programa anterior, permitirá obtener la altura máxima del nivel de agua, según el período de retorno escogido en la sección de cruce del viaducto y por tanto obtener el parámetro fundamental para el diseño del mismo.

#### **2.2.4.1. Cálculo del caudal**

Para determinar el caudal se utilizará el método racional, y se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$Q = \frac{CiA}{3,60}$$

Donde:

Q = caudal en m<sup>3</sup>/s

C = coeficiente de escorrentía (0,10 para terrenos montañosos)

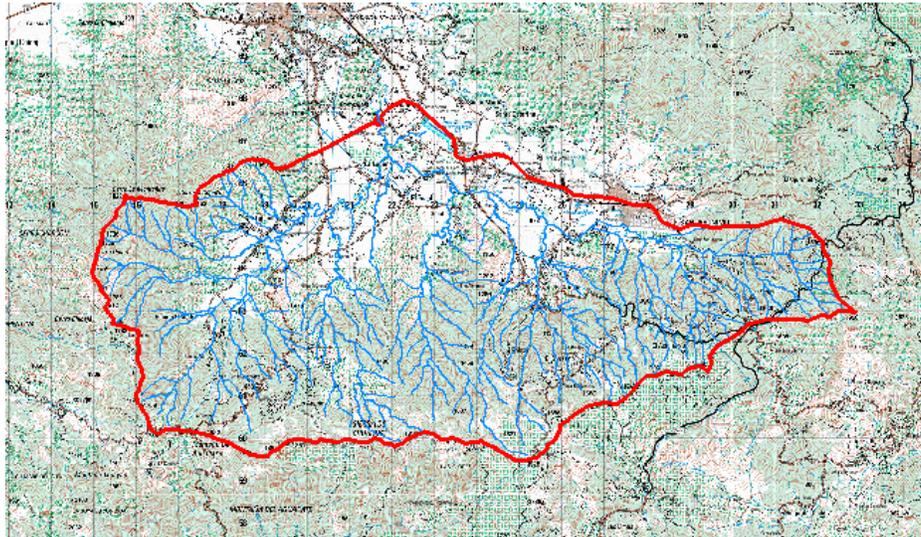
i = intensidad de lluvia en mm/hora

A = área tributaria de la cuenca en km<sup>2</sup>

- Área tributaria

Para determinar el área tributaria se utilizaron hojas cartográficas a escala 1:50 000, de Salamá, Baja Verapaz, del Instituto Geográfico Nacional. Se trazó de forma manual, dando como resultado un área de 90,49 kilómetros cuadrados.

Figura 7. Mapa cartográfico con cuenca delimitada



Fuente: Mapa cartográfico Salamá, B.V. IGN.

- Intensidad de lluvia

Es la determinación de lluvia para el período de retorno establecido, se analiza la distribución de frecuencias de lluvias máximas de 24 h, del mapa de isoyetas de precipitación máxima de período de retorno de 100 años.

Normalmente para este tipo de aplicaciones se hace uso de las curvas de duración-intensidad-frecuencia (DIF), para obtenerlas se utiliza el siguiente modelo matemático:

$$itr = \frac{A}{(B + Tc)^n}$$

Donde:

Itr = intensidad de lluvia en mm/hr

Tc = tiempo de concentración en minutos

A, B, n = parámetros de ajuste determinados por una estación meteorológica

Para este estudio se utilizarán los parámetros proporcionados por la estación meteorológica de San Jerónimo, Baja Verapaz, con código: 02.06.04 del Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH).

El período de retorno de diseño será de 100 años, según las *Normas Para el Diseño y Construcción de Puentes de Guatemala*, ya que el área de la cuenca es mayor a 10 kilómetros cuadrados. Los valores serán:

- A = 1 243
- B = 7
- N = 0,729
- R2 = 0,99

El tiempo de concentración, es el tiempo necesario para que el caudal se estabilice, está dado por:

$$T_c = \frac{3 * L^{1,15}}{154 * H^{0,38}}$$

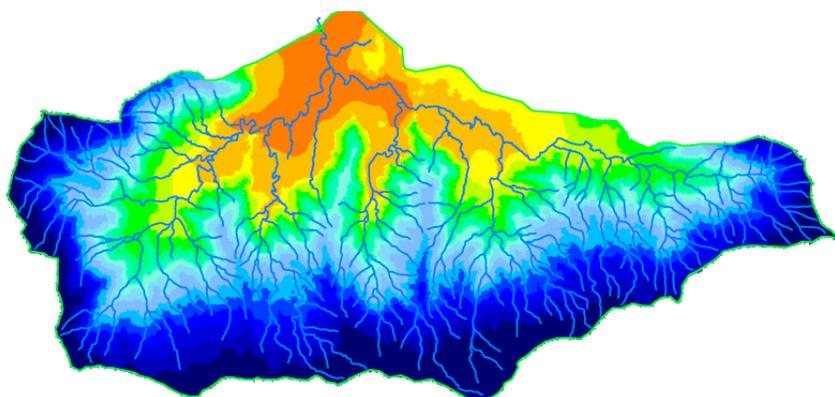
Donde:

L = longitud del cauce principal de la cuenca tributaria en metros

H = desnivel del cauce en metros

Figura 8. **Alturas y afluentes de la cuenca**

Tabla de elevaciones				
Numero	Altura minima	Altura maxima	Area (Km2)	Color
1	855.86	970.00	5.27	Orange
2	970.00	980.00	7.95	Yellow
3	980.00	990.00	4.52	Light Yellow
4	990.00	1000.00	4.14	Yellow-Green
5	1000.00	1040.00	5.98	Green
6	1040.00	1080.00	4.14	Light Green
7	1080.00	1120.00	4.04	Cyan
8	1120.00	1180.00	5.58	Light Blue
9	1180.00	1240.00	5.41	Blue
10	1240.00	1300.00	5.71	Dark Blue
11	1300.00	1360.00	5.77	Very Dark Blue
12	1360.00	1420.00	5.36	Black
13	1420.00	1480.00	5.25	Dark Blue
14	1480.00	1550.00	5.93	Very Dark Blue
15	1550.00	1620.00	5.41	Black
16	1620.00	1940.00	10.06	Black



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCad Civil 3D 2012.

Sustituyendo valores:

$$T_c = \frac{3 * 11\,178^{1,15}}{154 * 53,170,38} = 195 \text{ min}$$

$$i_{tr} = \frac{1\ 243}{(7 + 195)^{0,729}} = 25,93 \text{ mm/hora}$$

$$Q = \frac{0,10 \times 25,93 \times 90,49}{3,60} = 65,18 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

#### 2.2.4.2. Crecida máxima de diseño

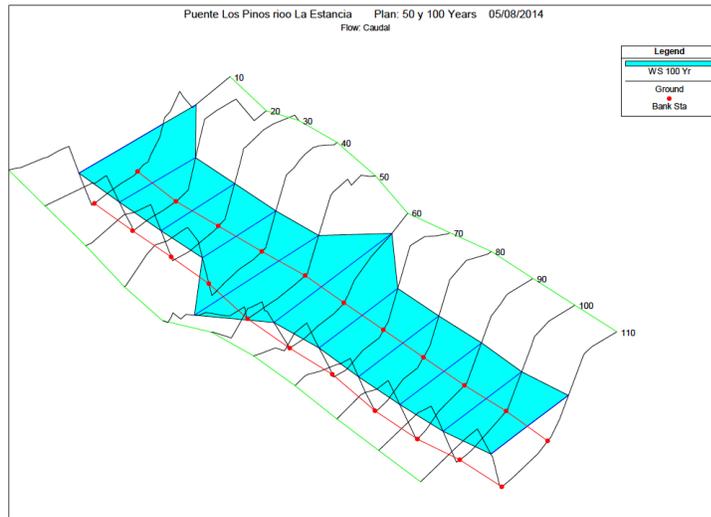
Se realizará una simulación del área inundable en el programa HEC-RAS, el cual es un modelo desarrollado por el Centro de Ingeniería Hidrológica del Cuerpo de Ingenieros de la Armada de los EE.UU. Este método es el recomendado por las *Normas Para el Diseño y Construcción de Puentes de Guatemala*. Los pasos para realizar el estudio por medio de HEC-RAS son:

- Introducir las secciones transversales obtenidas del estudio topográfico
- Introducir el periodo de retorno y la pendiente del terreno
- Solicitar al programa realizar la evaluación
- Analizar los resultados de crecida máxima

Análisis de resultados:

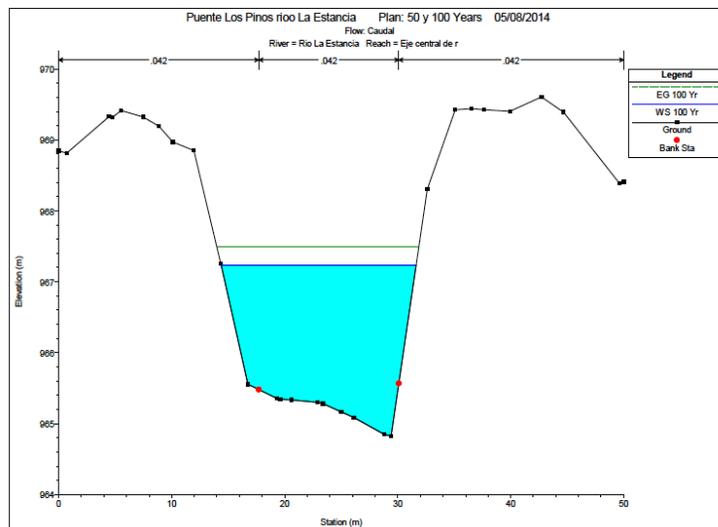
Con un caudal máximo probable de  $65,18 \text{ m}^3/\text{s}$ , en un período de retorno de 100 años, la elevación del cauce aumenta 2,41 metros desde el nivel del suelo. Dejando un galibo recomendado de 2 metros, la parte inferior de la viga del puente estará a una cota de 969,23 metros.

Figura 9. **Modelo de crecida máxima**



Fuente: elaboración propia, con programa de HEC-RAS 4.1.0

Figura 10. **Modelo de crecida máxima en sección de puente**



Fuente: elaboración propia, con programa de HEC-RAS 4.1.0

Todos estos datos provienen del análisis de resultados del programa HEC-RAS. A continuación se muestra el detalle de los datos obtenidos de la sección transversal de interés.

Figura 11. Resultados y crecida máxima de la sección

The screenshot shows the 'Cross Section Output' window in HEC-RAS. The window title is 'Cross Section Output'. The menu bar includes 'File', 'Type', 'Options', and 'Help'. The 'River' is set to 'Rio La Estancia', 'Profile' to '100 Yr', 'Reach' to 'Eje central de r', 'RS' to '40', and 'Plan' to '50 y 100 yr'. Below the controls is a table with the following data:

Plan: 50 y 100 yr Rio La Estancia Eje central de r RS: 40 Profile: 100 Yr					
E.G. Elev (m)	967.49	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.26	Wt. n-Val.	0.042	0.042	0.042
W.S. Elev (m)	967.23	Reach Len. (m)	10.07	10.00	10.00
Crit W.S. (m)		Flow Area (m2)	3.62	25.26	1.27
E.G. Slope (m/m)	0.003839	Area (m2)	3.62	25.26	1.27
Q Total (m3/s)	65.18	Flow (m3/s)	5.12	58.78	1.28
Top Width (m)	17.24	Top Width (m)	3.31	12.40	1.53
Vel Total (m/s)	2.16	Avg. Vel. (m/s)	1.41	2.33	1.01
Max Chl Dpth (m)	2.41	Hydr. Depth (m)	1.09	2.04	0.83
Conv. Total (m3/s)	1052.0	Conv. (m3/s)	82.6	948.8	20.7
Length Wtd. (m)	10.01	Wetted Per. (m)	3.85	12.75	2.26
Min Ch El (m)	964.82	Shear (N/m2)	35.36	74.58	21.19
Alpha	1.08	Stream Power (N/m s)	2393.89	0.00	0.00
Frctn Loss (m)	0.04	Cum Volume (1000 m3)	0.15	0.63	0.08
C & E Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m2)	0.13	0.32	0.08

Below the table is a section titled 'Errors, Warnings and Notes' which is currently empty. At the bottom of the window is a 'Select Profile' button.

Fuente: elaboración propia, con programa de HEC-RAS 4.1.0

### **2.2.5. Datos y especificaciones de diseño**

Se tomaron en cuenta los siguientes criterios y especificaciones:

- Diseño: para el diseño de puentes se utiliza la Norma de Standard Specifications Highway Bridges de la American Association of State Highway, and Transportation Officials, (AASHTO-LRFD 2010).
- Carga viva: se usó la carga viva de diseño tipo AASTHO HL-93.
- Recubrimientos. AASHTO 8.22: se utiliza a partir del rostro de la barra a la superficie del concreto. Para cimientos y muros 8 cm; para losas en cama superior 5 cm, cama inferior 2,5 cm; para columnas y vigas 5 cm.
- Longitud de desarrollo. AASHTO 8.24.1.2: se proporcionará a todas las barras la longitud necesaria, a partir del punto donde se requieren por diseño, la cual es la mayor de la profundidad efectiva del elemento, 15 diámetros de la barra o la luz dividido 20.
- Traslapes. Según AASHTO 8.25 (DGC 509.080): se calculó con base en la longitud de desarrollo establecida en cada caso. Se recomienda el uso de uniones mecánicas para las barras número 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 60 cm.

- Ganchos. AASHTO 8.23.2.2. DGC 509: los dobleces deberán ser hechos en frío y un equivalente a 6 diámetros en el lado libre, cuando se trata de 180 °, y 12 diámetros cuando se trata de 90 °.
- Formaletas: se construyen de acuerdo con la sección DGC 505.04.

Para la superestructura se deben tomar en cuenta:

- La acera y el barandal deben construirse posteriormente a la deflexión libre de las vigas.
- Todos los elementos de metal deben cubrirse con dos capas de diferente color de pintura anticorrosiva, exceptuando los pernos que deben estar debidamente engrasados.

Para la subestructura se deben tomar en cuenta:

- Los estribos deben ser diseñados para la capacidad establecida por el estudio de suelos.
- Debe evitarse la explotación de los bancos de materiales circundantes al punto de estudio, para evitar futuras socavaciones.

Parámetros de diseño:

- Luz libre: 16 m
- Ancho útil: 3,60 m
- Ancho total: 5,30 m
- Resistencia de concreto: 281 kg/cm<sup>2</sup>

- Resistencia de concreto para barandas:  $210 \text{ kg/cm}^2$
- Resistencia del acero:  $2\ 810 \text{ kg/cm}^2$
- Resistencia del acero para superestructura:  $4\ 210 \text{ kg/cm}^2$
- Módulo de elasticidad del acero:  $21\ 000\ 000 \text{ kg/cm}^2$
- Peso del concreto armado:  $2\ 400 \text{ kg/cm}^3$
- Peso del concreto ciclópeo:  $2\ 500 \text{ kg/cm}^3$
- Capacidad de soporte del suelo:  $12,948 \text{ ton/m}^2$
- Tipo de sobrecarga: HL-93

## **2.2.6. Diseño de la superestructura**

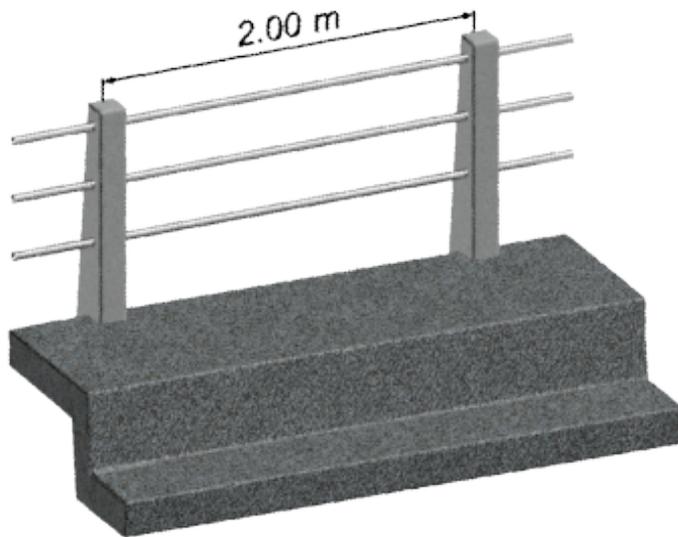
La superestructura está compuesta de elementos como: vigas, diafragmas, losas, barandas y banquetas. Sobre la superestructura se realiza la circulación de los vehículos y de los peatones.

### **2.2.6.1. Diseño del barandal**

Se diseñara como baranda peatonal según las especificaciones de AASHTO LRFD 2010, artículo 13.8, se asume que no existirá ningún tipo de impacto vehicular, ya que se trata de un camino rural y las velocidades de los vehículos son bajas.

Como elementos longitudinales, se contara con tres tubos estructurales de 1,5" de diámetro, conectados a postes de concreto armado, los cuales estarán separados 2 m.

Figura 12. Esquema de baranda



Fuente: elaboración propia, con programa de 3ds MAX 2013.

Según el artículo antes mencionado, los elementos longitudinales deben diseñarse para una carga concentrada de 890 N en cualquier punto y una carga distribuida de 0,73 N/mm vertical y horizontalmente.

Se evaluará la condición crítica de la siguiente forma:

$$M = \frac{P \times L}{8} + \frac{W \times L^2}{10}$$

Donde:

M = momento actuante

P = carga concentrada = 890 N = 91 kg

L = longitud del tubo = 2 m

W = carga distribuida = 0,73 N/mm = 75 kg/m

Sustituyendo datos:

$$M = \frac{91 \times 2}{8} + \frac{75 \times 2^2}{10} = 52,75 \text{ kg. m}$$

Evaluando la resistencia del tubo propuesto:

$$M_r = \frac{2 \times I \times F}{\phi}$$

Donde:

$M_r$  = momento resistente

$I$  = inercia = 0,31 plg<sup>4</sup>

$F$  = fluencia del tubo = 20 000 psi

$\phi$  = diámetro externo = 1,89 pulgadas

$$M_r = \frac{2 \times 0,31 \times 20\,000}{1,89} = 6\,561 \text{ lb. plg} = 76 \text{ kg. m}$$

$$M_r > M \text{ (cumple) } \checkmark$$

Para los postes de las barandas, la AASHTO LRFD solicita evaluar con una carga concentrada transversal, situada en el centro de gravedad del elemento longitudinal superior, siempre que el poste sea menor a 1,50 m. La altura mínima es de 1,060 m, se asumirá una altura libre de 1,10 m a partir de la acera. La carga se obtiene de la siguiente ecuación:

$$P_{LL} = 890 + 0,73 L$$

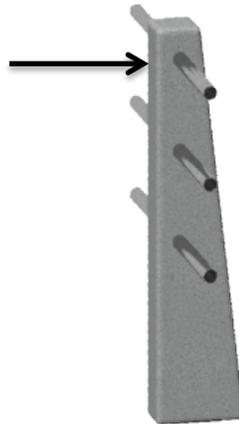
Donde:

$P_{LL}$  = valor de la carga concentrada en N

$L$  = separación entre postes en mm

$$P_{LL} = 890 + 0,73 \times 2\,000 = 2\,350 \text{ N} = 240 \text{ kg}$$

Figura 13. **Esquema de poste de barandal**



Fuente: elaboración propia, con programa de 3ds MAX 2013.

Evaluando la condición crítica:

$$M = P \times L$$

Donde:

$M$  = momento de diseño

$P$  = carga concentrada = 240 kg

P1 = carga concentrada para el diseño de los tubos = 150 kg

L = distancia desde el rostro de la acera al centro del tubo superior = 1 m

L1 = distancia desde el rostro de la acera al centro del tubo

$$M = (240 * 1) + (150 * 1) + (150 * 0,7) + (150 * 0,4) = 555 \text{ kg. m}$$

Datos de la sección crítica (al rostro de la acera):

Base (b) = 15 cm

Ancho (h) = 28 cm

Recubrimiento (t) = 3 cm

Peralte (d) = 25 cm

Acero mínimo:

$$A_{s_{\min}} = \frac{14,1}{f_y} \times b \times d = \frac{14,1}{2810} \times 15 \times 25 = 1,88 \text{ cm}^2$$

Acero máximo:

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \phi \times f'_c \times 6120}{f_y \times (6120 + f_y)} = \frac{0,85 \times 0,90 \times 210 \times 6120}{2860 \times (6120 + 2860)} = 0,039$$

$$A_{s_{\max}} = 0,5 \times \rho_b \times b \times d = 0,5 \times 0,039 \times 15 \times 25 = 7,31 \text{ cm}^2$$

Área de acero requerida:

$$A_s = \frac{0,85 f'_c * b d}{f_y} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 * M_u}{0,85 \phi * f'_c * b d^2}} \right)$$

Donde:

As = área de acero en cm<sup>2</sup>

b = ancho unitario en cm

d = peralte efectivo en cm

M = momento en kg-cm

f'c = resistencia especificada a la compresión del concreto en kg/cm<sup>2</sup>

fy = resistencia especificada a la fluencia del refuerzo den kg/cm<sup>2</sup>

$$A_s = \frac{0,85 * 210 * 15 * 25}{2 810} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 * 55 500}{0,85 * 0,9 * 210 * 15 * 25^2}} \right) = 0,89 \text{ cm}^2$$

Refuerzo a corte:

La fuerza de corte máxima que actúa sobre el poste será la suma de todas las fuerzas transversales.

$$V_{\text{actuante}} = 240 + 150 + 150 + 150 = 690 \text{ Kg}$$

Corte que resiste el concreto:

$$V_{\text{resistente}} = 0,53 \phi \sqrt{f'c} * bd = 0,53 * 0,85 * \sqrt{210} * 15 * 25 = 2 449 \text{ Kg}$$

El cortante que resiste el concreto es mayor al cortante actuante, por lo cual se colocara el mínimo refuerzo a corte aceptable.

El poste tendrá un refuerzo de 4 varillas número 3 longitudinalmente y estribos número 2 a cada 20 cm, ver plano para detalles.

Peso puntual de la baranda en un tramo de un metro:

$$P = P_{\text{poste}} + P_{\text{tubo}} = 105,48 + \left(3 \times 4 \frac{\text{kg}}{\text{ml}}\right) = 117,48 \text{ kg}$$

#### **2.2.6.2. Diseño de la losa**

La losa del puente se diseñará de acuerdo con las Normas AASHTO 2010, la losa trabaja en un sentido y por lo tanto, el refuerzo principal es perpendicular al tráfico. Estará apoyada en dos vigas separadas con una luz libre (S) de 2 metros.

Se utilizará el método de franja equivalente, el cual consiste en:

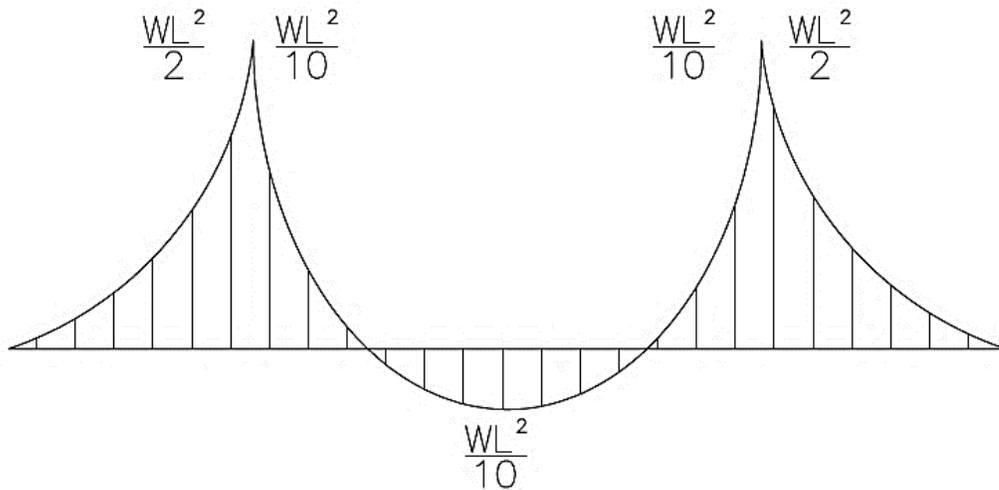
- Se asume un ancho de franja que soporta la carga de los ejes
- La franja es soportada por apoyos rígidos en el centro de las vigas
- El ancho de la franja está determinado por AASHTO LRFD
- El camión es movido lateralmente para encontrar los efectos máximos
- Los momentos calculados son divididos dentro del ancho de franja
- Se considera factor de presencia múltiple de carga viva e impacto

##### **2.2.6.2.1. Espesor de la losa**

Para tableros de concreto apoyados en elementos longitudinales el espesor mínimo es 18 centímetros (Art. 9.7.1.1). La losa no tendrá carpeta de rodadura, por lo cual por efectos de desgaste, se considerará un espesor de 20 centímetros.



Figura 15. Diagrama de momentos



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2012.

Momento para voladizo:

$$M = \frac{480 \times 1,15^2}{2} = 317,4 \text{ kg. m}$$

Momento para tramo interno:

$$M = \frac{480 \times 2^2}{10} = 192 \text{ kg. m}$$

Momento de carga puntual de baranda en voladizo:

$$M = P \times L = 117,48 \times 1,075 = 126,29 \text{ kg. m}$$

### 2.2.6.2.3. Momento producido por carga viva

Es el momento producido por el camión de diseño, para encontrar el ancho de franja equivalente, se procede según la tabla siguiente:

**Tabla VIII. Franja equivalente**

Type of Deck	Direction of Primary Strip Relative to Traffic	Width of Primary Strip (in.)
<b>Concrete:</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cast-in-place</li> <li>• Cast-in-place with stay-in-place concrete formwork</li> <li>• Precast, post-tensioned</li> </ul>	Overhang	$45.0 + 10.0X$
	Either Parallel or Perpendicular	+M: $26.0 + 6.6S$ -M: $48.0 + 3.0S$
	Either Parallel or Perpendicular	+M: $26.0 + 6.6S$ -M: $48.0 + 3.0S$
<b>Steel:</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Open grid</li> <li>• Filled or partially filled grid</li> <li>• Unfilled, composite grids</li> </ul>	Main Bars	$1.25P + 4.0S_b$
	Main Bars	Article 4.6.2.1.8 applies
	Main Bars	Article 4.6.2.1.8 applies
<b>Wood:</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prefabricated glulam               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Noninterconnected</li> <li>○ Interconnected</li> </ul> </li> </ul>	Parallel	$2.0h + 30.0$
	Perpendicular	$2.0h + 40.0$
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stress-laminated</li> </ul>	Parallel	$90.0 + 0.84L$
	Perpendicular	$4.0h + 30.0$
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Spike-laminated               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Continuous decks or interconnected panels</li> <li>○ Noninterconnected panels</li> </ul> </li> </ul>	Parallel	$0.8S + 108.0$
	Perpendicular	$10.0S + 24.0$
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Continuous decks or interconnected panels</li> <li>○ Noninterconnected panels</li> </ul>	Parallel	$2.0h + 30.0$
	Perpendicular	$4.0h + 40.0$
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Continuous decks or interconnected panels</li> <li>○ Noninterconnected panels</li> </ul>	Parallel	$2.0h + 30.0$
	Perpendicular	$2.0h + 40.0$

Fuente: Tabla 4.6.2.1.3-1 AASHTO LRFD 2010. p. 4-24.

Donde:

X = distancia entre carga a punto de apoyo en mm

S = espacio entre componentes de soporte en mm

Para voladizo:

$$1140 + 0,833X = 1140 + 0,833 \times 700 = 1723,1 = 1,72 \text{ m}$$

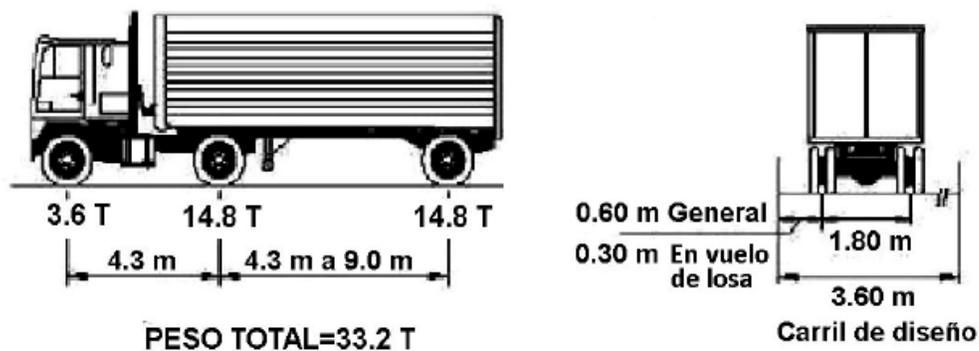
Para momento positivo:

$$660 + 0,55S = 660 + 0,55 \times 2500 = 2035 = 2,035 \text{ m}$$

Para momento negativo:

$$1220 + 0,25S = 1220 + 0,25 \times 2500 = 1845 = 1,845 \text{ m}$$

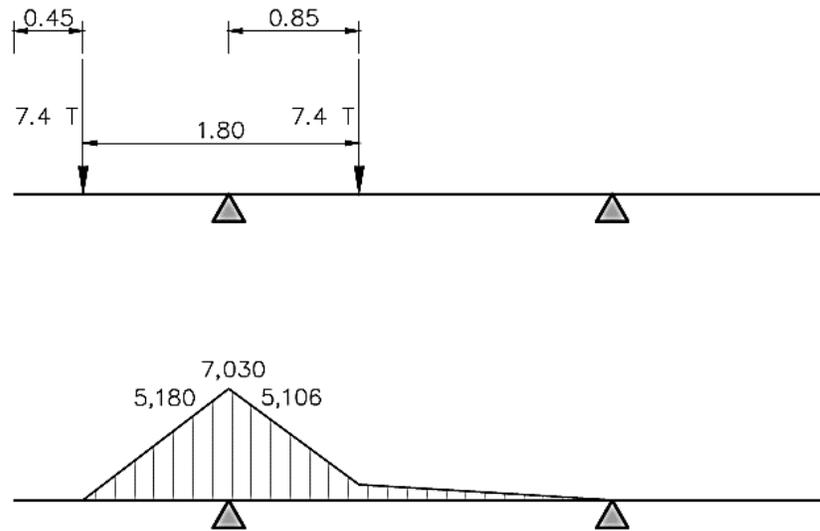
Figura 16. **Camión de diseño**



Fuente: AASHTO LRFD 2010.

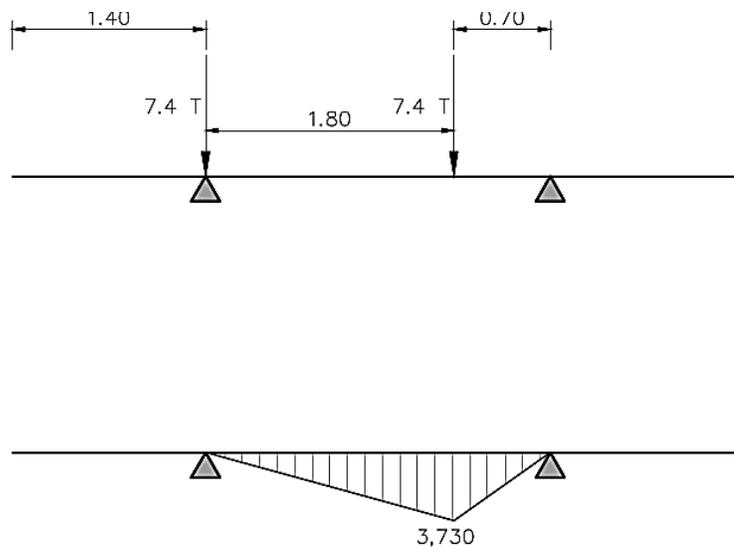
Para encontrar los efectos máximos, se procederá a evaluar cuatro diferentes posiciones críticas del camión de diseño con el programa Sap 2000 y elaborar la gráficas de momentos. Las cargas puntuales serán de 7,4 toneladas con una separación de 1,80 metros.

Figura 17. **Caso 1**



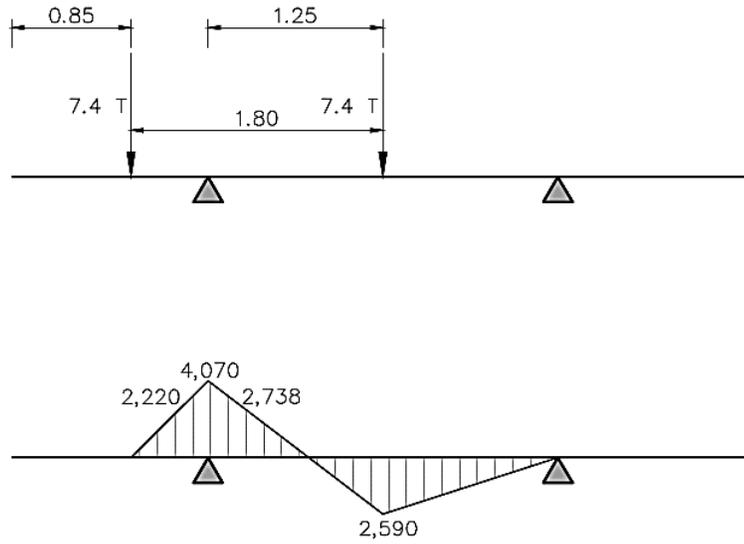
Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2012.

Figura 18. **Caso 2**



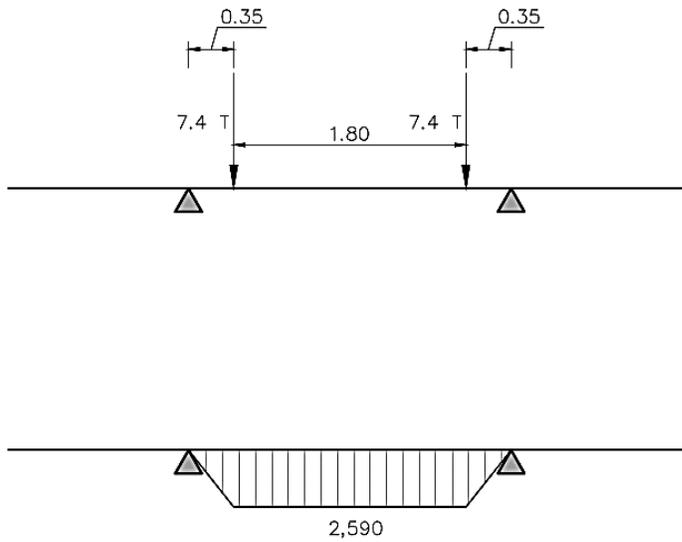
Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2012.

Figura 19. **Caso 3**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2012.

Figura 20. **Caso 4**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2012.

El caso 1 es el que da los valores para momento negativo más alto, este es el caso en que la llanta del camión esta sobre la banqueta. Debido a que es una vía de poca velocidad, se asumirá que la llanta del camión no estará sobre la banqueta peatonal.

Tomando los valores máximos a rostro de la viga para el tramo interno y voladizo, dividiéndolo entre la franja equivalente y multiplicándolo por el factor de presencia múltiple se tiene:

Tabla IX. **Factor de presencia múltiple**

Número de carriles cargados	Factor de presencia múltiple, <i>m</i>
1	1,20
2	1,00
3	0,85
> 3	0,65

Fuente: AASHTO LRFD 2010.

Para voladizo:

$$\frac{2\,220}{1,72} \times 1,2 = 1\,850 \text{ kg. m}$$

Para momento positivo:

$$\frac{3\,730}{2,035} \times 1,2 = 2\,200 \text{ kg. m}$$

Para momento negativo:

$$\frac{2\,738}{1,845} \times 1,2 = 1\,484 \text{ kg. m}$$

#### **2.2.6.2.4. Momento producido por carga dinámica**

El incremento por carga dinámica será de un 33 % del momento por carga viva, como se especifica en el inciso 3.6.2 de AASHTO LRFD 2010.

#### **2.2.6.2.5. Momento de diseño**

Se empleará la combinación por estado límite de resistencia 1, los siguientes factores serán aplicados según el capítulo 1 de AASHTO LRFD 2010.

$$n = n_D n_R n_1 = 1$$

$$M_u = n\{1,25M_{DC} + 1,5M_{DW} + 1,75M_{LL+IM}\}$$

Donde:

$n$  = modificador de carga

$M_u$  = momento de diseño

$M_{DC}$  = momento por carga muerta

$M_{DW}$  = momento por carpeta asfáltica (en este caso no hay)

$M_{LL+IM}$  = momento por carga viva y carga dinámica

Momento para voladizo:

$$M_u = 1\{1,25 \times (317,40 + 114,64) + 1,75 \times 1\ 850\} = 3\ 698 \text{ kg. m}$$

Momento positivo:

$$M_{u+} = 1\{1,25 \times 192 + 1,75 \times 1,33 \times 2\ 200\} = 5\ 169 \text{ kg. m}$$

Momento negativo:

$$M_{u-} = 1\{1,25 \times 192 + 1,75 \times 1,33 \times 1\ 484\} = 3\ 694 \text{ kg. m}$$

#### 2.2.6.2.6. Cálculo del acero de refuerzo

- Acero negativo (perpendicular al tráfico)

$$d = \text{peralte} - \text{recubrimiento} - \Phi/2 = 20 - 5 - 1,27/2 = 14,37 \text{ cm}$$

$$A_s = \frac{0,85f'_c * bd}{f_y} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2M_u}{0,85\phi * f'_c * bd^2}} \right)$$

$$A_s = \frac{0,85 * 280 * 100 * 14,37}{4\ 200} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 * 369\ 800}{0,85 * 0,90 * 280 * 100 * 14,37^2}} \right)$$

$$A_s = 7,12 \text{ cm}^2$$

Acero número 4 grado 60 @ 18 cm

Acero mínimo:

La cantidad de acero mínimo según AASHTO LRFD 2010 5.7.3.3.2 debe ser capaz de resistir el menor valor de:

- $1,2M_{cr} = 1,2(f_r S) = 0,402\sqrt{f'c} \cdot bh^2 = 0,402\sqrt{280} * 100 * 20^2 = 2\ 691 \text{ kg. m } \checkmark$
- $1,33M_u = 3\ 694 \times 1,5 = 5\ 547 \text{ kg. m}$

$$M_u > 1,2M_{cr} \text{ (cumple) } \checkmark$$

Acero máximo:

Según AASHTO LRFD 2010 5.7.3.3.2 la sección debe cumplir con:

$$\frac{c}{d} \leq 0,42 = \frac{\frac{a}{\beta}}{d} = \frac{\frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f'c \times b}}{d} = \frac{\frac{15,86 \times 4\ 200}{0,85 \times 280 \times 100}}{14,37} = 0,23 \leq 0,42 \checkmark$$

- Acero positivo (perpendicular al tráfico)

Se calcula igual que el inciso anterior, únicamente se modifica el recubrimiento a 2,5 cm, entonces:

$$A_s = 8,48 \text{ cm}^2$$

Acero número 4 grado 60 @ 15 cm

Acero mínimo:

- $1,2M_{cr} = 2\,691 \text{ kg. m} \checkmark$
- $1,33M_u = 6\,875 \text{ kg. m}$

$$M_u > 1,2M_{cr} \text{ (cumple) } \checkmark$$

Acero máximo:

$$0.104 \leq 0.42 \text{ (cumple) } \checkmark$$

- Acero por temperatura

$$A_{s_{tem}} = 0,0018 \times b \times d = 0,0018 \times 100 \times 20 = 3,6 \text{ cm}^2$$

Acero número 3 grado 60 @ 20 cm

- Acero de distribución

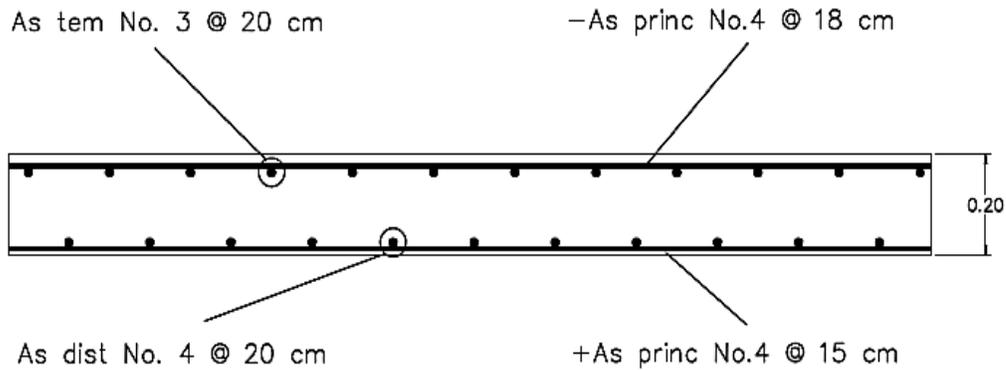
En la parte inferior de las losas se coloca armadura en la dirección secundaria en un porcentaje del acero positivo igual a:

$$\% = \frac{3\,840}{\sqrt{S}} \leq 67\% = \frac{3\,840}{\sqrt{2\,000}} \leq 67\% = 85,87\% > 67\% \therefore 67\%$$

$$8,48\text{cm}^2 \times 67\% = 5,68\text{cm}^2$$

Acero número 4 grado 60 @ 20 cm

Figura 21. Armado de losa



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2012.

- Acero por esviaje

El código AASHTO LRFD 2010 en el artículo 9.7.2.5, indica que, si el esviaje de la losa es mayor a  $25^\circ$ , se deberá duplicar el área de refuerzo calculado en los extremos de la losa.

El refuerzo por esviaje se aplicará en una longitud igual al largo efectivo de la losa. El largo efectivo de la losa se determina según AASHTO LRFD 2010 artículo 9.7.2.3, el cual indica que, para losas fundidas monolíticamente con las vigas, esta longitud es igual a la distancia entre los rostros de las vigas, que en este caso en particular es de 2 m.

Debido a que el ángulo de esviaje es menor a  $25^\circ$  ( $17^\circ$ ) el puente en teoría no necesita refuerzo adicional por esviaje, pero por recomendación del área de estructuras de la Facultad de Ingeniería y al observar grietas en puentes con similar geometría, se incluirá refuerzo por esviaje.

El refuerzo consiste en varillas de acero número 4 de grado 60 @ 18 cm intercalados con el acero principal por momento negativo perpendicular al tráfico. Se reforzaran únicamente los primeros dos metros en cada extremo de la losa.

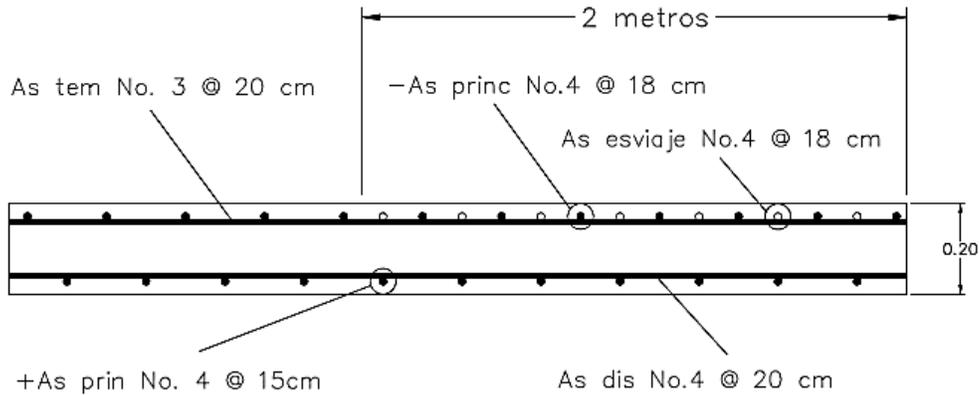
Figura 22. **Esquina agrietada en losa con esviaje**



Fuente: GONGKANG FU, Jihang Feng. *Bridge Deck Corner Cracking on Skewed Structures*. 2007. p.8.

El refuerzo adicional por esviaje quedará distribuido de acuerdo a la siguiente figura.

Figura 23. **Armado de losa por esviaje**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2012.

### 2.2.6.3. **Diseño de vigas**

Las características de las vigas dependen principalmente de la luz a cubrir y la carga a soportar. Tienen la función de soportar toda la carga de la superestructura y dar estabilidad a la misma. Las vigas se analizarán como vigas T, ya que estarán fundidas monolíticamente con la losa.

En este caso se proponen dos vigas que cubren una luz de 16 metros, con una separación a ejes de 2,50 m. Se diseñarán conforme a la normativa AASHTO LRFD 2010.

#### 2.2.6.3.1. **Cálculo de peralte**

Según tabla 2.5.2.6.2-1 para tramos simples, puede predimensionarse de la siguiente forma:

$$h = 0,07L = 0,07 \times 16 = 1,12 \text{ m}$$

Se asignará una altura de 1,20 metros.

Para la dimensión de la base, puede tomarse una dimensión que esta entre el 40 y 50 % de la altura. Se tomará una base igual a 50 centímetros.

### **2.2.6.3.2. Momento por carga muerta**

La carga muerta (DC) la constituirá el peso de la losa, las barandas y el peso de las vigas, el peso de los diafragmas se considerarán como cargas puntuales, en ambos extremos y en el centro. Debido a que hay dos vigas el ancho tributario será la mitad de la sección para cada una.

Cargas distribuidas:

$$W_{\text{losa}} = 0,20 \times 2,65 \times 2\,400 = 1\,272 \text{ kg/m}$$

$$W_{\text{viga}} = 1,00 \times 0,50 \times 2\,400 = 1\,200 \text{ kg/m}$$

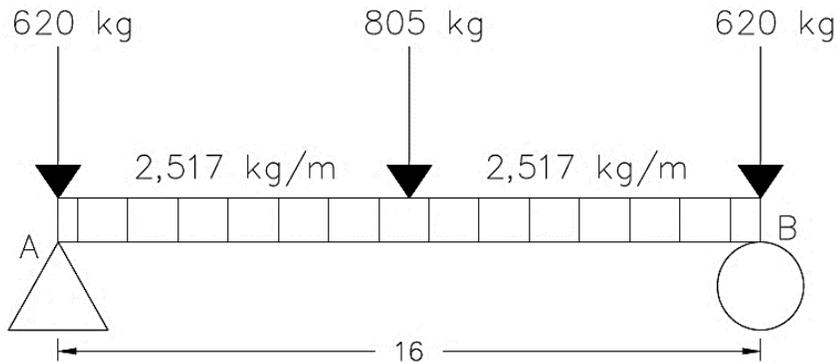
$$W_{\text{barrera}} = 117,48 / 2,65 = 45 \text{ kg/m}$$

$$\text{Total} = 2\,517 \text{ kg/m}$$

Cargas puntuales:

- $P_{\text{diafragma ext}} = (2,65-0,5) \times 0,4 \times 0,3 \times 2\,400 = 620 \text{ kg}$
- $P_{\text{diafragma int}} = (2,65-0,5) \times 0,52 \times 0,3 \times 2\,400 = 805 \text{ kg}$

Figura 24. **Carga muerta en vigas**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2012.

Momento por carga distribuida y carga puntual:

$$M_{DC} = \frac{Wl^2}{8} + \frac{PL}{4} = \frac{2\,517 \times 16^2}{8} + \frac{805 \times 16}{4} = 83\,764 \text{ kg}\cdot\text{m}$$

### 2.2.6.3.3. **Momento por carga viva**

Se busca el momento máximo producido en el eje longitudinal del puente, para luego multiplicarlo por un factor  $g$  de distribución en cada viga. Este momento será modificado acorde a la combinación de estado límite de resistencia 1 y el factor de esviaje.

Acorde con el artículo 3.6.1.3 de AASHTO LRFD 2010, deben tomarse los efectos máximos producidos por:

- El efecto de la carga tándem combinada con el efecto de la carga de carril.

- El efecto de un camión de diseño, con la distancia entre eje variable, combinado con el efecto de la carga de carril.

El camión de diseño será el HL-93 (figura 16), el tándem de diseño y la carga de carril se describen a continuación:

Figura 25. **Tándem de diseño**



Fuente: RODRIGUEZ SERQUEN, Arturo. *Puentes*. p. II-1.

La carga de carril consiste en una carga de 9,3 N/mm distribuido uniformemente en un ancho de 3 m (10 ´).

Para el cálculo de momento y corte máximo se utilizará la siguiente tabla, la cual está basada en el teorema de Barre, el cual es utilizado para la determinación de los flectores máximos que se producen a vigas sometidas a cargas móviles.

Tabla X. **Momento máximo por carga HI-93 con IM = 33 %**

MOMENTO (Tn·m)					REACCIÓN (Tn)				
LUZ (m)	X (m) PUNTO DE MOM. MAX.	CAMIÓN ó (1)= TANDEM	S/C EQUIV	M(LL+IM)	LUZ (m)	CAMIÓN	TANDEM	S/C EQUIV	V(LL+IM)
1	0.50	3.70	0.12	5.04	1	14.80	11.20	0.48	20.16
2	1.00	7.40	0.48	10.32	2	14.80	15.68	0.96	21.81
3	1.50	11.10	1.08	15.84	3	14.80	17.92	1.44	25.27
4	1.70	16.18 <sup>(1)</sup>	1.88	23.40	4	14.80	19.04	1.92	27.24
5	2.20	21.68 <sup>(1)</sup>	2.96	31.80	5	16.87	19.71	2.40	28.62
6	2.70	27.22 <sup>(1)</sup>	4.28	40.47	6	18.99	20.16	2.88	29.69
7	3.20	32.77 <sup>(1)</sup>	5.84	49.42	7	20.51	20.48	3.36	30.64
8	3.70	38.33 <sup>(1)</sup>	7.64	58.62	8	21.65	20.72	3.84	32.63
9	4.20	43.90 <sup>(1)</sup>	9.68	68.07	9	22.69	20.91	4.32	34.50
10	4.70	49.48 <sup>(1)</sup>	11.96	77.77	10	23.74	21.06	4.80	36.37
11	5.20	55.06 <sup>(1)</sup>	14.48	87.71	11	24.60	21.18	5.28	38.00
12	5.28	61.50	17.03	98.83	12	25.32	21.28	5.76	39.43
13	5.78	69.69	20.03	112.72	13	25.92	21.37	6.24	40.72
14	6.28	77.90	23.27	126.87	14	26.44	21.44	6.72	41.89
15	6.78	86.11	26.75	141.28	15	26.89	21.50	7.20	42.97
16	7.28	94.34	30.47	155.94	16	27.29	21.56	7.68	43.97
17	7.78	102.58	34.43	170.85	17	27.64	21.61	8.16	44.91
18	8.28	110.82	38.63	186.02	18	27.94	21.65	8.64	45.81
19	8.78	119.07	43.07	201.43	19	28.22	21.69	9.12	46.65
20	9.28	127.32	47.75	217.09	20	28.47	21.73	9.60	47.47

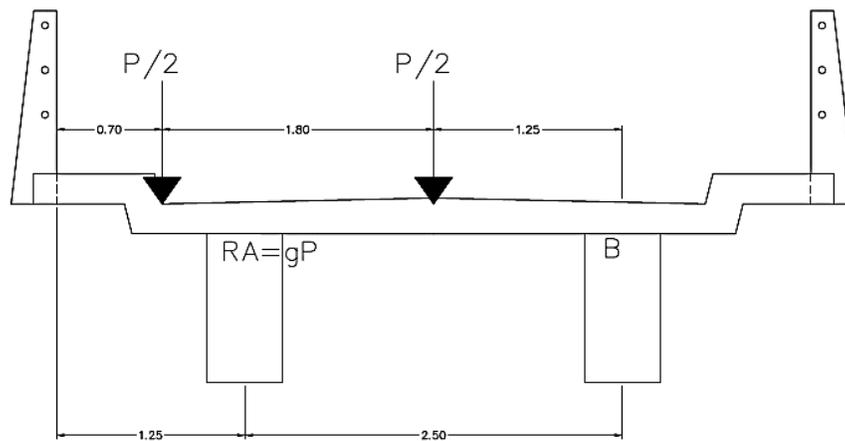
Fuente: RODRIGUEZ SERQUEN, Arturo. *Puentes*. p. II-18.

Tomando una luz igual a 16 m y con la consideración de carga dinámica en estado límite de resistencia, se tiene:

$$M = 155,94 \text{ T. m}$$

Para obtener el porcentaje de distribución (g) para una viga externa según 4.5.2.2.2d AASHTO LRFD 2010, suponemos la condición crítica siguiente y por la ley de momentos se despeja la reacción en A:

Figura 26. Diagrama para ley de momentos



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2012.

$$R_A = \frac{P}{2} \left( \frac{3,05 + 1,25}{2,5} \right) = 0,86P \therefore R_A = gP \text{ entonces } g = 0,86$$

El valor de gramos considerando diafragmas rígidamente conectados según artículo 4.6.2.2 d-1 AASHTO LRFD 2010 da el mismo resultado.

Este factor debe multiplicarse por el factor de distribución múltiple de un carril (1.2) y por el factor de esviaje. Siguiendo la metodología empleada en el artículo 4.6.2.2e de AASHTO LRFD 2010, debido a que el ángulo de esviaje es  $17^\circ$ , el factor multiplicador es 1.

$$M_{LL+IM} = 155,94 \times 0,86 \times 1,2 \times 1 = 160,93 \text{ T.m}$$

#### 2.2.6.3.4. Momento de diseño

Se empleara la combinación por estado límite de resistencia 1, de la misma forma que anteriormente se hizo en la losa.

$$M_u = n\{1,25M_{DC} + 1,5M_{DW} + 1,75M_{LL+IM}\}$$

$$M_u = 1\{1,25 \times 83\,764 + 1,75 \times 160\,930\} = 386\,333 \text{ kg.m}$$

#### 2.2.6.3.5. Cálculo del acero de refuerzo

Se utilizará el procedimiento de diseño para vigas T para momentos positivos, con las regulaciones del artículo 4.6.2 de AASHTO LRFD 2010. El cual indica que el ancho efectivo de la viga puede ser tomado como el ancho tributario de la misma.

- Ancho efectivo de patín (b) = 250 cm
- Ancho del alma ( $b_w$ ) = 50 cm
- Espesor (t) = 20 cm
- Recubrimiento (t) = 5 cm
- Peralte (d) = 108 cm

Suponiendo inicialmente  $c = t = 20$  cm

$$a = 0,85c = 0,85 \times 20 = 17 \text{ cm}$$

$$A_s = \frac{M_u}{0,9f_y \left(d - \frac{a}{2}\right)} = \frac{38\,633\,300}{0,9 \times 4\,210 \left(108 - \frac{17}{2}\right)} = 102,47 \text{ cm}^2$$

$$\rho = \frac{A_s}{bd} = \frac{102,47}{250 \times 108} = 0,0038$$

$$c = 1,18 \frac{\rho f_y d}{0,85 f'_c} = \frac{1,18 \times 0,0038 \times 4210 \times 108}{0,85 \times 280} = 8,57 \text{ cm}$$

Debido a que  $c \leq t$ , se diseña como viga rectangular de igual forma que en 2.2.6.2.6.

Acero requerido:

$$A_s = 97,53 \text{ cm}^2$$

Acero mínimo:

La cantidad de acero mínimo según AASHTO LRFD 2010 5.7.3.3.2 debe ser capaz de resistir el menor valor de:

- $1,2M_{cr} = 242\ 164 \text{ kg. m} \quad \checkmark$
- $1,33M_u = 513\ 823 \text{ kg. m}$

$$M_u > 1,2M_{cr} \text{ (cumple) } \checkmark$$

Acero máximo:

Según AASHTO LRFD 2010 5.7.3.3.2 la sección debe cumplir con:

$$\frac{c}{d} \leq 0,42 \therefore 0,11 \leq 0,42 \text{ (cumple) } \checkmark$$

Se utilizarán 12 varillas número 10 grado 60, para el refuerzo longitudinal en la cama inferior.

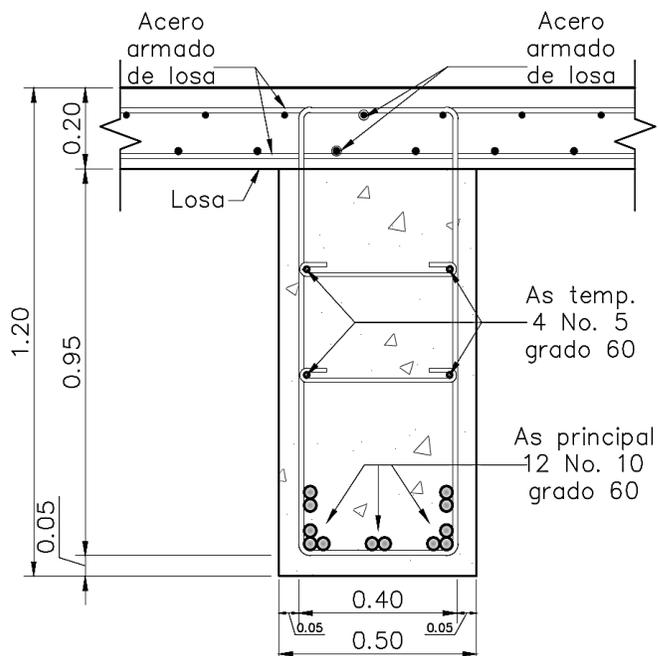
### 2.2.6.3.6. Refuerzo adicional

Se proveerá refuerzo adicional para contracción y temperatura debido a que la distancia entre las camas de armado es mayor a 30 cm.

$$A_{\text{stemp}} = 0,0018 \times A_{\text{gruesa}} = 0,0018 \times 50 \times 68 = 6,12 \text{ cm}^2$$

Se colocarán 2 varillas número 5 grado 60 en cada cara lateral.

Figura 27. Sección de armado viga principal



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2012.

### 2.2.6.3.7. Diseño por corte

Se procederá de acuerdo con el artículo 5.8 de AASHTO LRFD 2010, la sección crítica por corte se calcula desde la cara interna del apoyo. Se supone un apoyo de 25 cm.

La sección crítica se tomará de la siguiente manera:

$$d_v = \text{peralte de corte efectivo} = d - \frac{a}{2} = 108 - \frac{6,9}{2} = 104,55 \text{ cm}$$

No menor que el mayor valor de:

- $0,90d = 0,9 \times 104,55 = 94,1 \text{ cm}$
- $0,72h = 0,72 \times 1,20 = 86,4 \text{ cm}$

La sección por corte se ubica desde el eje del apoyo en:

$$0,125 + 0,941 = 1,07 \text{ m}$$

### 2.2.6.3.8. Corte por carga muerta

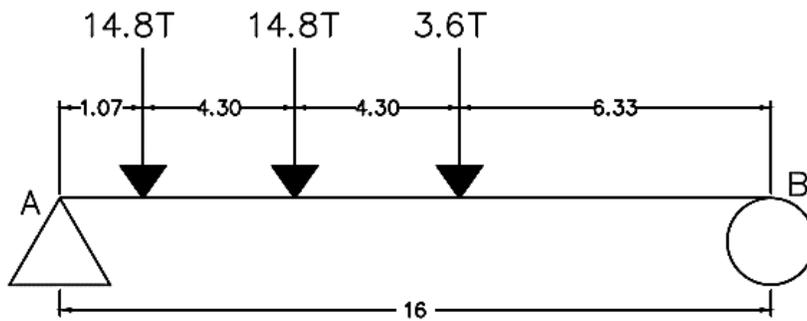
Tomando los valores de carga distribuida y cargas puntuales por diafragmas calculados anteriormente (figura 20), se tiene:

$$V_{DC} = 20\,538,5 - (1,07 \times 2\,517) = 17\,845 \text{ kg}$$

### 2.2.6.3.9. Corte por carga viva

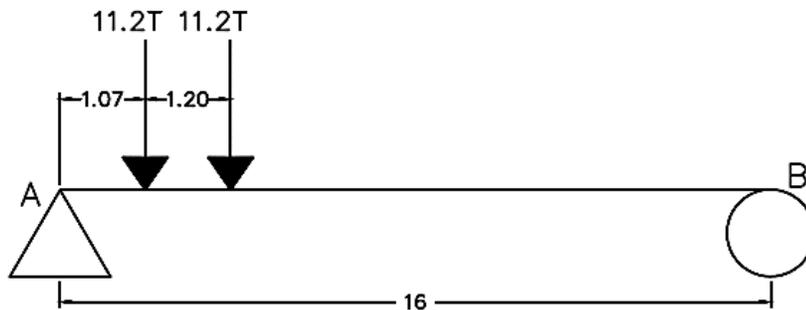
Se realizarán las combinaciones del camión de diseño con carga de carril y tándem con carga de carril, para evaluar la condición crítica, por sumatoria de momentos, se tiene:

Figura 28. **Corte por carga de camión de diseño**



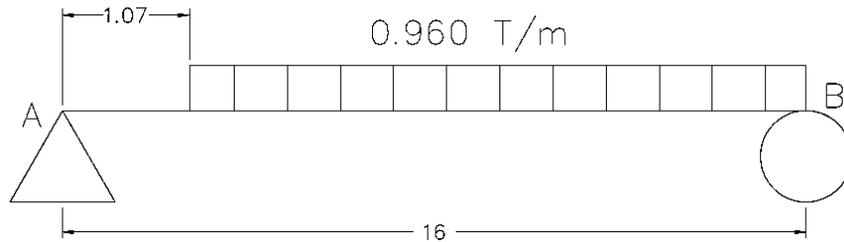
Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2012.

Figura 29. **Corte por tándem**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2012.

Figura 30. Corte por carga de carril



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2012.

- Camión de diseño:  $V = 25,07 T$
- Tándem :  $V = 20,06 T$
- Carga de carril :  $V = 6,69 T$

Entonces:

$$V_{LL+IM} = 25,07(1,33) + 6,69 = 40,03 T$$

El porcentaje de distribución (g) en corte para una viga externa, es el mismo que para momento (0,86). Para el porcentaje de distribución se debe considerar también el análisis con diafragmas rígidamente conectados.

El valor de g considerando diafragmas rígidamente conectados según artículo 4.6.2.2 d-1 AASHTO LRFD 2010 da el mismo resultado.

Este factor debe multiplicarse por el factor de distribución múltiple de un carril (1,2) y por el factor de esviaje. Siguiendo la metodología empleada en el artículo 4.6.2.2.3c de AASHTO LRFD 2010, debido a que el ángulo de esviaje es  $17^\circ$ , el factor multiplicador es 1,06.

$$V_{LL+IM} = 40,03 \times 0,86 \times 1,2 \times 1,06 = 43,79 \text{ T}$$

### 2.2.6.3.10. Esfuerzo cortante último

De igual forma que en el momento último, se empleara el estado límite de resistencia 1.

$$V_u = n\{1,25V_{DC} + 1,5V_{DW} + 1,75V_{LL+IM}\}$$

$$V_u = 1\{1,25 \times 17,845 + 1,75 \times 43,79\} = 98,94 \text{ T}$$

### 2.2.6.3.11. Cálculo de refuerzo a corte

Se propone un estribo número grado 60 y 2 eslabones número 3 grado 60, a cada 25 cm, dando una área de acero combinada igual a 3,96 cm<sup>2</sup>.

Calculando el cortante resistente por el concreto según 5.8.3.3-3 de AASHTO LRFD 2010:

$$V_c = 0,53\sqrt{f'_c} bd = 0,53\sqrt{280} \times 50 \times 104,55 = 46,36 \text{ T}$$

Calculando el cortante resistente del armado propuesto:

$$V_s = \frac{A_v f_y d}{S} = \frac{3,96 \times 4210 \times 104,55}{25} = 69,72 \text{ T}$$

Cortante resistente total debe ser mayor al cortante actuante:

$$V_{\text{resistente}} = \phi V_n = \phi(V_c + V_s) = 0,9(46,36 + 69,72) = 104,47 \text{ T}$$

$$V_{\text{resistente}} > V_{\text{actuante}} \text{ (cumple) } \checkmark$$

Refuerzo transversal mínimo usando espaciamiento de 25 cm, según 5.8.2.5-1 AASHTO LRFD 2010:

$$A_{v\text{min}} \geq 0.27\sqrt{f'c} \frac{bS}{f_y} = 0.27\sqrt{280} \times \frac{50 \times 25}{2810} = 2,01 \text{ cm}^2 < 3,96 \text{ cm}^2 \text{ (cumple)}$$

Espaciamiento máximo del refuerzo transversal, acorde a 5.8.2.7 de AASHTO LRFD 2010:

$$V = \frac{V_u}{\phi bd} = \frac{98\,940}{0,9 \times 50 \times 104,55} = 21,03 \text{ kg/cm}^2$$

También están las condicionantes siguientes:

- Si  $V < 0,125f'c$   $\checkmark$  entonces  $S_{\text{max}} = 0,8d \leq 60 \text{ cm}$
- Si  $V > 0,125f'c$   $\times$

$$S_{\text{max}} = 0,8 \times 104,55 = 83,64 \text{ cm} \quad \therefore \text{ entonces } S_{\text{max}} = 60 \text{ cm}$$

$$S < S_{\text{max}} \quad \therefore 25 < 60 \text{ (cumple)}$$

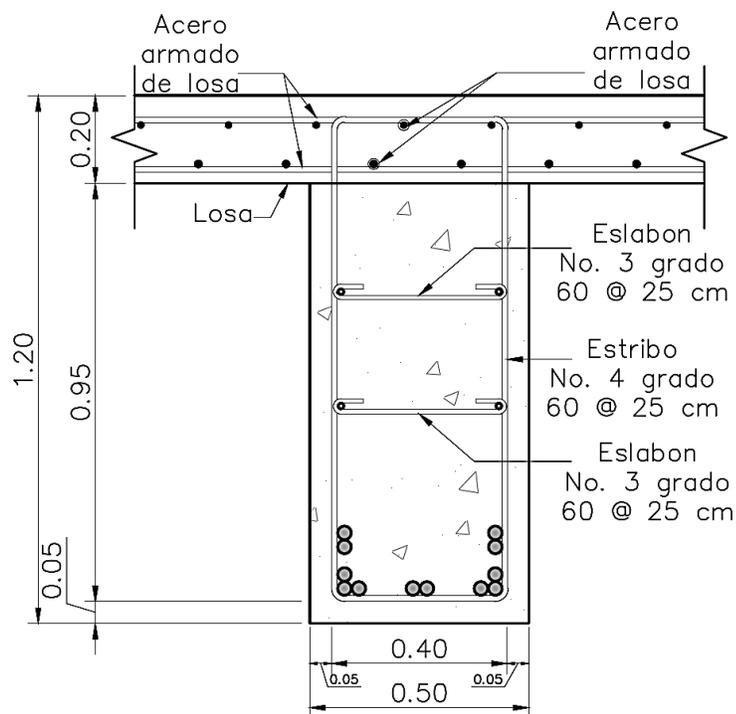
El código AASHTO LRFD 2010 indica que puede usarse el armado propuesto en toda la sección de la viga.

Toda la viga tendrá como refuerza a corte un estribo número 4 y 2 eslabones número grado 60, espaciados a cada 25 cm.

Cortante que resiste el acero mínimo con espaciamiento máximo:

$$V_s = \frac{A_v f_y d}{S} = \frac{4,82 \times 4\,210 \times 104,55}{60} = 35,36 \text{ T}$$

Figura 31. **Refuerzo por corte**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2012.

#### 2.2.6.4. **Diseño de diafragmas**

Según especificación AASHTO LRFD 2010 5.13.2 se deben utilizar diafragmas en los puntos intermedios entre vigas y los extremos cuando sea necesario proveer resistencia torsional y para soportar el tablero en puntos de discontinuidad o en los puntos de quiebre de vigas.

Disposiciones de ediciones anteriores sugerían colocar diafragmas a intervalos que no excedan los 40 pies (12,2 metros) y sugerían parámetros para el dimensionamiento. Se usaran dos diafragmas en los extremos y un diafragma interno con refuerzo mínimo longitudinal y a corte según ACI 318-08.

#### **2.2.6.4.1. Diafragma externo**

Tomando una base mínima de 30 centímetros y una altura igual a la mitad de la altura de la viga principal, se tiene los siguientes datos:

Base = 30 cm

$h = 0,5 \times 1,20 = 60 \text{ cm}$

$d = 54 \text{ cm}$

Refuerzo longitudinal (ACI 318-08 10.5):

$$A_{s_{\min}} = \frac{14,1}{f_y} (b * d) = \frac{14,1}{4\ 210} \times 30 \times 54 = 5,43 \text{ cm}^2$$

Se utilizarán 3 varillas número 5 grado 60, para el refuerzo longitudinal en la cama superior y en la cama inferior.

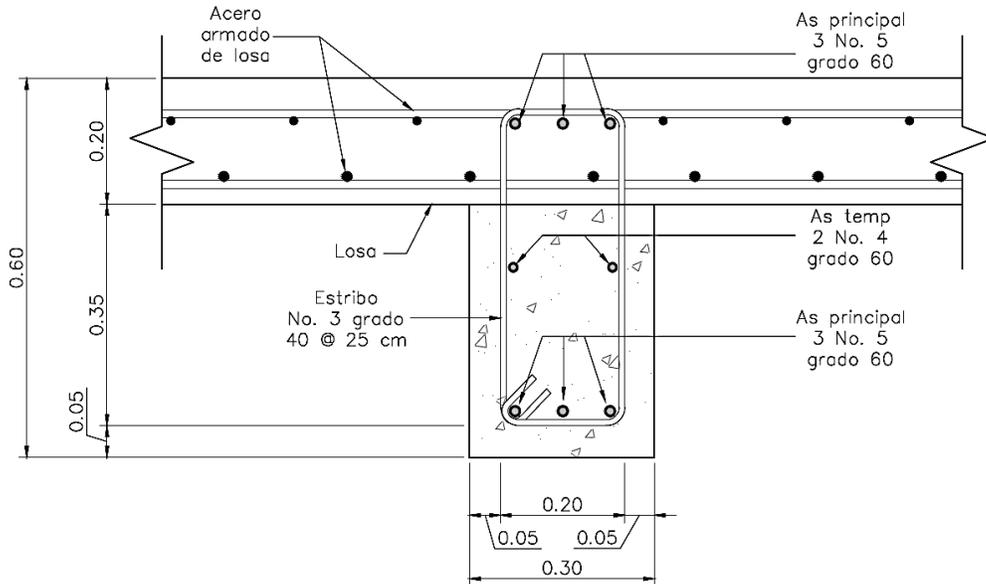
Adicionalmente se colocará 1 varilla número 4 grado 60 para el refuerzo de contracción y temperatura en cada cara lateral.

Refuerzo a corte (ACI 318-08 11.4.5):

El espaciamiento de refuerzo de cortante no debe exceder una distancia igual a  $d/2$ .

Se utilizará acero número grado 40 a cada 25 centímetros.

Figura 32. **Sección de armado de diafragma exterior**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2012.

#### 2.2.6.4.2. **Diafragma interno**

Tomando una base mínima de 30 centímetros y una altura igual a la tercera parte de la altura de la viga principal, se tiene los siguientes datos:

Base = 30 cm

$h = 0,75 \times 1,20 = 72 \text{ cm}$

$d = 66 \text{ cm}$

Refuerzo longitudinal (ACI 318-08 10.5):

$$A_{s_{\min}} = \frac{14,1}{f_y} (b * d) = \frac{14,1}{4210} \times 30 \times 66 = 6,63 \text{ cm}^2$$

Se utilizarán 2 varillas número 5 grado 60 y 4 varillas número 3 grado 60 para el refuerzo longitudinal en la cama superior y en la cama inferior.

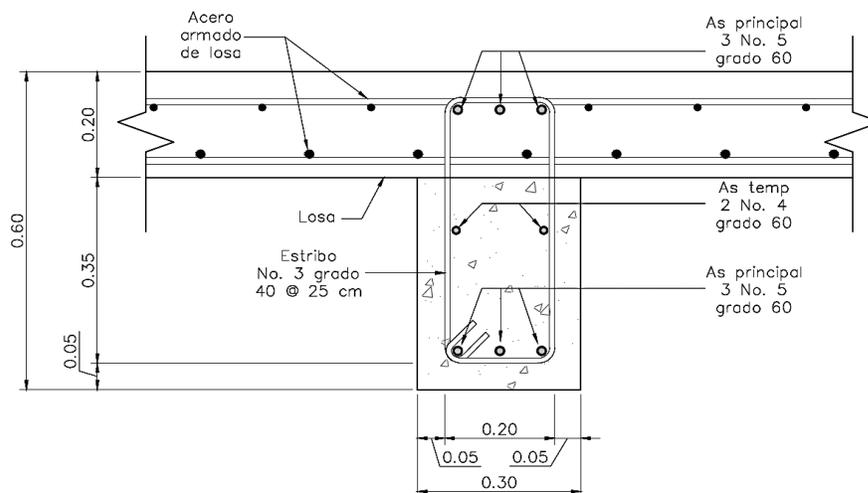
Adicionalmente se colocará 1 varilla número 4 grado 60 para el refuerzo de contracción y temperatura en cada cara lateral.

Refuerzo a corte (ACI 318-08 11.4.5):

El espaciamiento de refuerzo de cortante no debe exceder una distancia igual a la mitad del peralte efectivo.

Se utilizará acero número 3 grado 40 a cada 25 centímetros.

Figura 33. **Sección de armado de diafragma interior**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2012.

## **2.2.7. Diseño de la subestructura**

Estará compuesta por los apoyos elastoméricos, los estribos y una losa de aproximación en cada extremo.

### **2.2.7.1. Diseño de apoyo elastoméricos**

Es un dispositivo ubicado entre la superestructura y la infraestructura del puente, la función es transmitir cargas y posibilitar desplazamientos y rotaciones.

Se usará un apoyo elastomérico compuesto de neopreno y acero, el neopreno permitirá distribuir las cargas en la estructura de apoyo y absorberá las irregularidades de la superficie, el acero brindará resistencia al cortante producido.

Se diseñará conforme al método B artículo 14.7.5 AASHTO LRFD 2010, las cargas serán las mismas que se calcularon anteriormente para el diseño de la viga. Se utilizará un elastómero tipo SHORE A 60 según tabla 14.7.6.2-1.

- Ancho de la viga = 50 cm
- Carga muerta = 17,845 Ton
- Carga viva = 43,70 Ton
- Carga de servicio (P) = 61,545 Ton
- Rotación máxima en carga de servicio ( $\phi$ ) = 0,007 rad
- Resistencia de las placas de acero = 36 KSI
- Tipo de acero = A-36
- Módulo de cortante del elastómero (G) = 12 kg/cm<sup>2</sup>

Cálculo de área mínima de almohadilla:

Resistencia del elastómero ( $\sigma_s$ ) para almohadillas contra deformación cortante:

$$\sigma_s \leq 2,00GS \leq 122 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_{\text{req}} = \frac{P}{\sigma_s} = \frac{61\,545}{122} = 504,47 \text{ cm}^2$$

Se asumen las siguientes dimensiones para que cumplan con el área requerida:

Ancho (w) = 25 cm

Largo (L) = 25 cm

Factor de forma (S) mínimo:

- Con carga total:

$$S = \frac{\frac{P}{A}}{2G} = \frac{\frac{61\,545}{625}}{2 \times 12} = 4,103$$

- Con carga viva:

$$S = \frac{\frac{P}{A}}{G} = \frac{\frac{43\,700}{625}}{12} = 5,83$$

El factor de forma (S) mínimo a usar será 5,83.

Grosor de la capa interior ( $h_{ri}$ ):

$$h_{ri} \leq \frac{LW}{2S(S+W)} = \frac{25 \times 25}{2 \times 5,83(25+25)} = 1,07 \text{ cm}$$

Se adoptará un valor de  $h_{ri}$  igual a 1 cm (10mm).

Con este valor se verificará el factor de forma nuevamente:

$$S \geq \frac{LW}{2h_{ri}(L+W)} = \frac{25 \times 25}{2 \times 1(25+25)} = 6,25 > 5,83 \text{ cumple}$$

Número de capas interiores de elastómero (n):

- Compresión y rotación combinados:

$$n > \left(\frac{GS\phi}{\sigma_s}\right) \left(\frac{B}{h_{ri}}\right)^2 = \left(\frac{12 \times 6,25 \times 0,007}{98,47}\right) \left(\frac{25}{1}\right)^2 = 3,33$$

$$n > -0,167\phi \frac{\left(\frac{B}{h_{ri}}\right)^2}{\left(\frac{\sigma_s}{2,25GS} - 1\right)} = 1,95$$

Se usarán 4 capas interiores de 10 milímetros y dos capas exteriores de 5 milímetros, ya que, las capas exteriores deben ser menor al 70 % del espesor de las capas internas.

Calculando el grosor total  $h_{rt}$ :

$$h_{rt} = 2(5 \text{ mm}) + 4(10 \text{ mm}) = 50 \text{ mm}$$

Estabilidad del elastómero:

$$A = \frac{1,92 \frac{h_{rt}}{L}}{\sqrt{1 + \frac{2L}{W}}} = \frac{1,92 \frac{5}{25}}{\sqrt{1 + \frac{2 \times 25}{25}}} = 0,22$$

$$B = \frac{2,67}{(S + 2) \left(1 + \frac{L}{4W}\right)} = \frac{2,67}{(6,25 + 2) \left(1 + \frac{25}{4 \times 25}\right)} = 0,26$$

El apoyo será estable si:

- $2A \leq B \therefore 0,44 > 0,26$
- $A - B \leq 0 \therefore -0,04 < 0$  (cumple)

Debido a que cumple con la segunda ecuación, el apoyo se considera estable.

Cálculo de placas de refuerzo en el elastómero ( $h_s$ ):

- En el estado límite de servicio:

$$h_s = \frac{3h_{\max} \sigma_s}{f_y} = \frac{3 \times 1 \times 98,47}{2531} = 0,12 \text{ cm}$$

- En el estado límite de fatiga:

Constante de amplitud de fatiga ( $\Delta F_{TH}$ ) según tabla XI.

$$h_s \geq \frac{2h_{\max}\sigma_L}{\Delta F_{TH}} = \frac{2 \times 1 \times 69,92}{1\ 687} = 0,083 \text{ cm}$$

Se adopta un  $h_s = 2 \text{ mm}$  y se usarán 5 placas de 2 mm de espesor.

Tabla XI. **Constante de amplitud de fatiga**

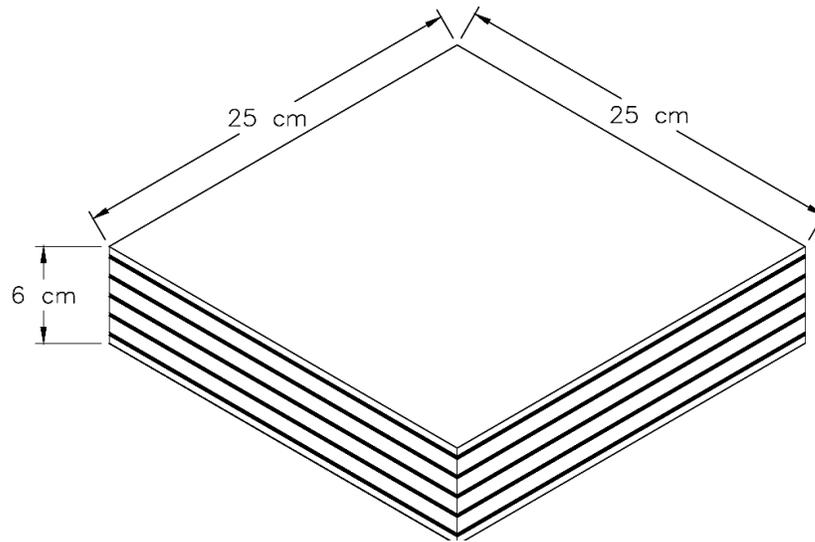
<b>Detail Category</b>	<b>Threshold (ksi)</b>
A	24.0
B	16.0
B'	12.0
C	10.0
C'	12.0
D	7.0
E	4.5
E'	2.6
M 164 (A 325) Bolts in Axial Tension	31.0
M 253 (A 490) Bolts in Axial Tension	38.0

Fuente: AASTO LRFD 2010. p. 6-46.

El neopreno reforzado queda de la siguiente manera:

- 2 capas externas de 5 mm cada una
- 4 capas intermedia de 10 mm cada una
- 5 placas de refuerzo de 2 mm cada una

Figura 34. **Neopreno reforzado**



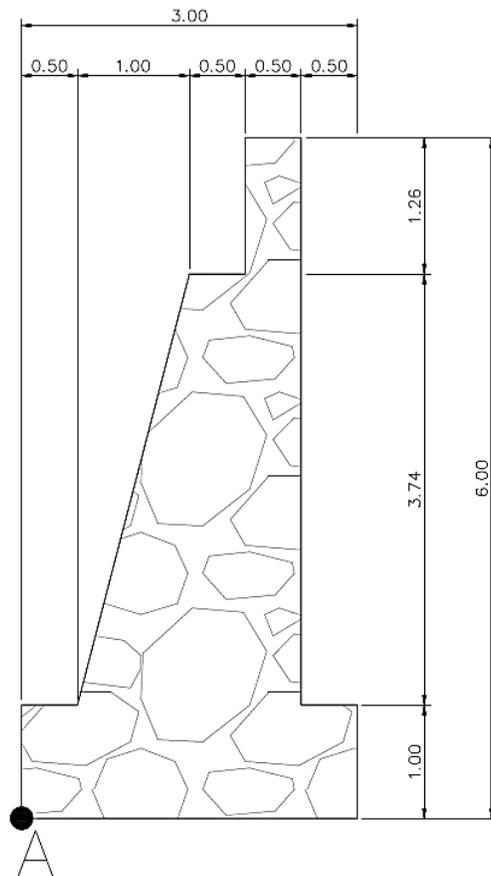
Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2012.

### **2.2.7.2. Diseño de estribos**

Son estructuras que sirven de apoyo en los extremos del puente y que además de soportar la carga de la superestructura, sirven de contención de los terraplenes de acceso.

Serán construidos de concreto ciclópeo, utilizará el propio peso para resistir las fuerzas laterales debido al empuje del terreno y el resto de cargas. El predimensionamiento de los estribos es un proceso iterativo, se propone el siguiente predimensionamiento:

Figura 35. **Dimensión de estribos**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2012.

### 2.2.7.2.1. **Carga viva**

Será utilizada la tabla X con un espaciamiento de 16 m, el resultado se divide con el largo del estribo. No se toma en cuenta la carga de impacto, únicamente se utilizará la reacción máxima producida por el camión de diseño y la carga de carril.

$$P_{LL} = \frac{34,97 \text{ T}}{6 \text{ m}} = 5,83 \frac{\text{T}}{\text{m}} = 5\,828 \text{ kg/m}$$

### 2.2.7.2.2. Carga muerta

Se integrará el peso de todos los componentes de la superestructura para sacar la reacción y el resultado se divide con el largo del estribo.

$$P_{\text{losa}} = \frac{0,20 \times 5,30 \times 16 \times 2\,400}{2 \times 6} = 3\,392 \text{ kg/m}$$

$$P_{\text{viga}} = \frac{2 \times 0,50 \times 1,0 \times 16 \times 2\,400}{2 \times 6} = 3\,200 \text{ kg/m}$$

$$P_{\text{diafragma}} = \frac{620 + 620 + 805}{2 \times 6} = 170,42 \text{ kg/m}$$

$$P_{\text{barrera}} = \frac{117,48 \times 2 \times 16}{2 \times 6} = 313,28 \text{ kg/m}$$

$$P_{\text{DC}} = P_{\text{losa}} + P_{\text{viga}} + P_{\text{diafragma}} + P_{\text{barrera}} = 7\,075,70 \text{ kg/m}$$

$$DC_1 = 3 \times 1 \times 2\,500 = 7\,500 \text{ kg/m}$$

$$DC_2 = \frac{1 \times 3,74}{2} \times 2\,500 = 4\,675 \text{ kg/m}$$

$$DC_3 = 0,5 \times 3,74 \times 2\,500 = 4\,675 \text{ kg/m}$$

$$DC_4 = 0,5 \times 5 \times 2\,500 = 6\,250 \text{ kg/m}$$

### 2.2.7.2.3. Carga de frenado

La carga de frenado (BR) es una fuerza longitudinal que transmiten los vehículos al frenar, se calcula según artículo 3.6.4 de AASHTO LRFD 2010.

$$BR = \frac{33,2 T}{4 \times 6} = 1\,383,33 \text{ kg/m}$$

### 2.2.7.2.4. Presión del suelo

Se asumirá que el empuje lateral del suelo (EH) es linealmente proporcional a la altura del suelo, que el relleno es horizontal y puede drenar libremente. Se calcula según 3.11.5 AASHTO LRFD 2010. La carga resultante debida a la presión del suelo actuará a una altura igual a 1/3 de la base.

Donde:

$\theta$  = ángulo de fricción interna del relleno =  $30^\circ$

$\delta$  = ángulo de fricción entre el suelo y el muro =  $25^\circ$  (ver tabla XII)

$\beta$  = ángulo del material del suelo con la horizontal =  $0$

$\phi$  = ángulo de inclinación del muro del lado del terreno =  $90^\circ$

$K_a$  = coeficiente de empuje activo

$i$  = ángulo del material del suelo con la horizontal =  $0$

$$\Gamma = \left[ 1 + \sqrt{\frac{\text{sen}(\phi + \delta)\text{sen}(\phi - \beta)}{\text{sen}(\theta - \delta)\text{sen}(\theta + \beta)}} \right]^2 = 2,796$$

$$K_a = \frac{\text{sen}^2(\theta + \phi)}{\Gamma[\text{sen}^2\theta\text{sen}(\theta - \delta)]} = 0,296$$

Tabla XII. **Ángulo de fricción entre diferentes materiales**

Materiales en interfase	Ángulo de fricción, $\delta$ (°)	Coefficiente de fricción, $\tan \delta$
Hormigón masivo sobre los siguientes materiales de fundación:		
• Roca sana y limpia	35	0,70
• Grava limpia, mezclas de grava y arena, arena gruesa	29 a 31	0,55 a 0,60
• Arena limpia fina a media, arena limosa media a gruesa, grava limosa o arcillosa	24 a 29	0,45 a 0,55
• Arena fina limpia, arena limosa o arcillosa fina a media	19 a 24	0,34 a 0,45
• Limo fino arenoso, limo no plástico	17 a 19	0,31 a 0,34
• Arcilla residual o preconsolidada muy rígida y dura	22 a 26	0,40 a 0,49
• Arcilla de rigidez media y rígida; arcilla limosa	17 a 19	0,31 a 0,34
Sobre estos materiales de fundación la mampostería tiene los mismos factores de fricción.		

Fuente: U.S. Department of the Navy.

Se asume que el peso específico ( $\gamma$ ) del relleno será de  $1\ 600\ \text{kg/m}^3$ .

$$P = K_a h \gamma = 0,296 \times 6 \times 1\ 600 = 2\ 841,6\ \text{kg/m}^2$$

$$EH_1 = \frac{1}{2} b h = \frac{1}{2} \times 2\ 841,6 \times 4 = 5\ 683,2\ \text{kg/m}$$

Carga vertical producida por  $EH_1$ :

$$EH_{1V} = EH_1 \sin \delta = 5\ 683,2 \times \sin 25 = 2\ 402\ \text{kg/m}$$

Carga horizontal producida por  $EH_1$ :

$$EH_{1H} = EH_1 \cos \delta = 5\ 683,2 \times \cos 25 = 5\ 151\ \text{kg/m}$$

### 2.2.7.2.5. Sobrecarga por carga viva

Por cargas vehiculares actuando sobre el terreno, se agrega una porción equivalente de suelo. Según artículo 3.11.6.4 AASHTO LRFD 2010.

Se deberá aplicar una sobrecarga por carga viva (LS) si se anticipa que habrá cargas vehiculares actuando sobre la superficie del relleno en una distancia igual a la mitad de la altura del muro.

Tabla XIII. **Altura equivalente por sobrecarga viva**

Altura del estribo (mm)	$h_{eq}$ (mm)
1500	1200
3000	900
$\geq 6000$	600

Fuente: 3.11.6.4-1 AASHTO LRFD 2010.

Para una altura de 6 metros se tiene una  $h'$  igual a 0,6 m.

$$P = K_a h' \gamma = 0,296 \times 0,6 \times 1\,600 = 284,16 \text{ kg/m}^2$$

$$LS = bh = 284,16 \times 6 = 1\,705 \text{ kg/m}$$

Carga vertical producida por LS:

$$LS_{1v} = LS \text{sen} \delta = 1\,705 \times \text{sen} 25 = 721 \text{ kg/m}$$

Carga horizontal producida por  $LS_1$ :

$$LS_{1H} = LScos\delta = 1\,705 \times \cos 25 = 1\,545 \text{ kg/m}$$

Además se le incluirá la carga por el terreno equivalente extendido en 0,50 metros del estribo.

$$LS_{2v} = 0,6 \times 0,50 \times 1\,600 = 480 \text{ kg/m}$$

#### **2.2.7.2.6. Cálculo de sismo**

El cálculo se realizará con las ecuaciones de acuerdo con el artículo A11.1 de AASHTO LRFD 2010. El valor de coeficiente sísmico de aceleración horizontal se obtiene de las *Normas de Seguridad Estructural de Edificaciones y Obras de Infraestructura para la República de Guatemala*. AGIES NSE 2-10.

Para obtener la aceleración máxima del suelo (A) se toman en cuenta las siguientes características:

- Ubicación: Salamá, Baja Verapaz.
- Categoría: obras importantes
- Clase de obra: D
- Tipo de fuente sísmica: B
- Clase de sitio: D
- Sismo considerado: ordinario
- Probabilidad de exceder sismo de diseño en 50 años: 5 %
- A: 0,4160 (ver apéndice 3 para detalle de cálculo)

La fuerza de sismo estará aplicada a una altura de H/2 según AASHTO LRFD 2010 A.11.11.1.1.

El coeficiente de presión activa sísmica del terreno es:

$$K_{AE} = \frac{\cos^2(\phi - \theta - \beta)}{\cos\theta \cos^2\beta \cos(\delta + \beta + \theta) \left[ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta)\sin(\phi - \beta - i)}{\cos(\delta + \beta + \theta)\cos(i - \beta)}} \right]^2}$$

$$K_{AE} = 0,538$$

Donde:

$\delta$  = ángulo de fricción entre el suelo y el muro = 0 °

$\beta$  = ángulo del material del suelo con la horizontal = 0

$\phi$  = ángulo de fricción interna del relleno = 30 °

$K_{AE}$  = coeficiente de presión activa sísmica del terreno

$i$  = ángulo del material del suelo con la horizontal = 0

$H$  = altura del muro = 6 m

$\gamma_t$  = peso unitario del suelo = 1 600 kg/m<sup>3</sup>

$A$  = coeficiente sísmico de aceleración horizontal = 0,416

$K_h$  = coeficiente de aceleración horizontal = 0,5A = 0,5 X 0,416 = 0,208

$K_v$  = coeficiente de aceleración vertical = 0

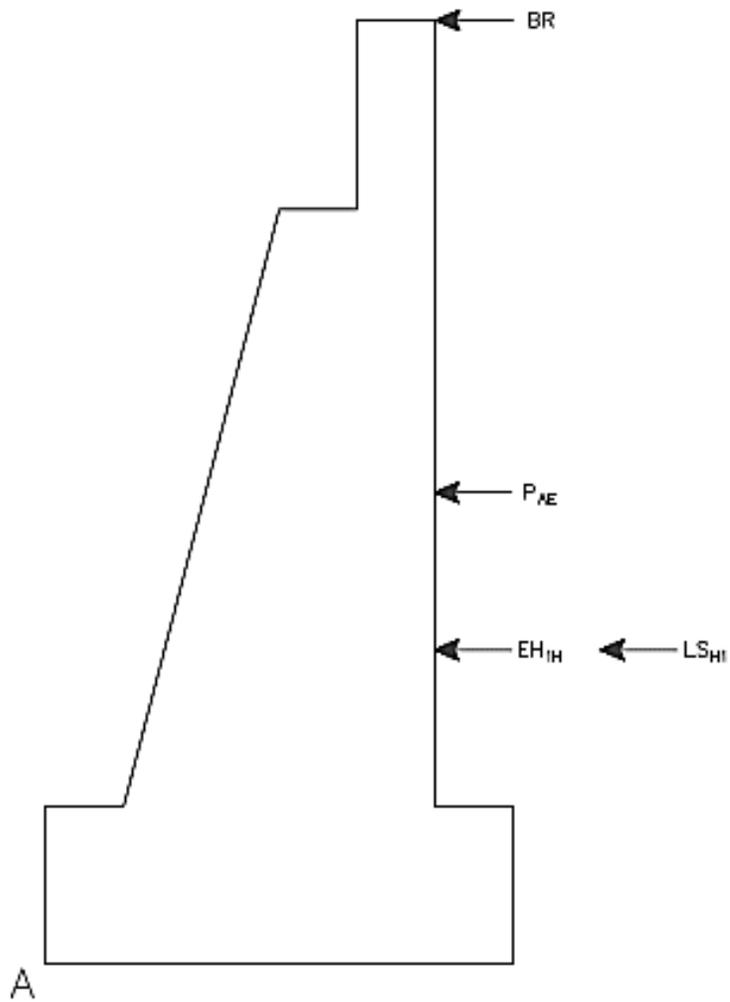
$K_a$  = coeficiente de empuje activo = 0,296 (calculado en 2.2.7.2.4)

$$\theta = \arctan\left(\frac{K_h}{1 - K_v}\right) = \arctan\left(\frac{0,208}{1 - 0}\right) = 11,75^\circ$$

La fuerza de acción sísmica es:

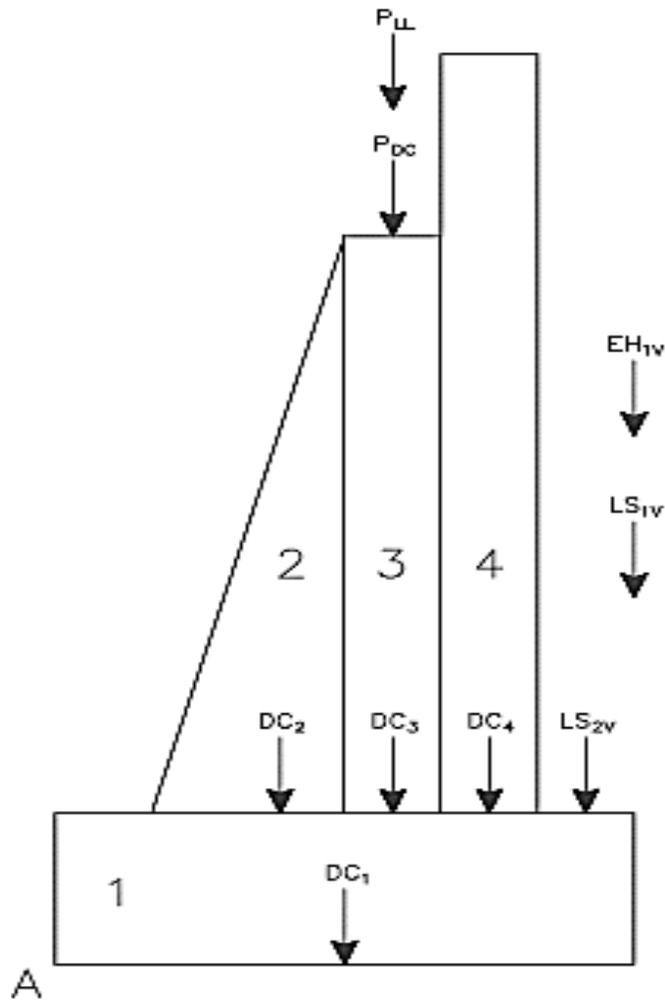
$$P_{AE} = \frac{1}{2} \gamma_t H^2 (K_{AE} - K_a) = 6\,969,6 \text{ kg}$$

Figura 36. **Fuerzas horizontales en estribo**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2012.

Figura 37. **Fuerzas verticales en estribo**



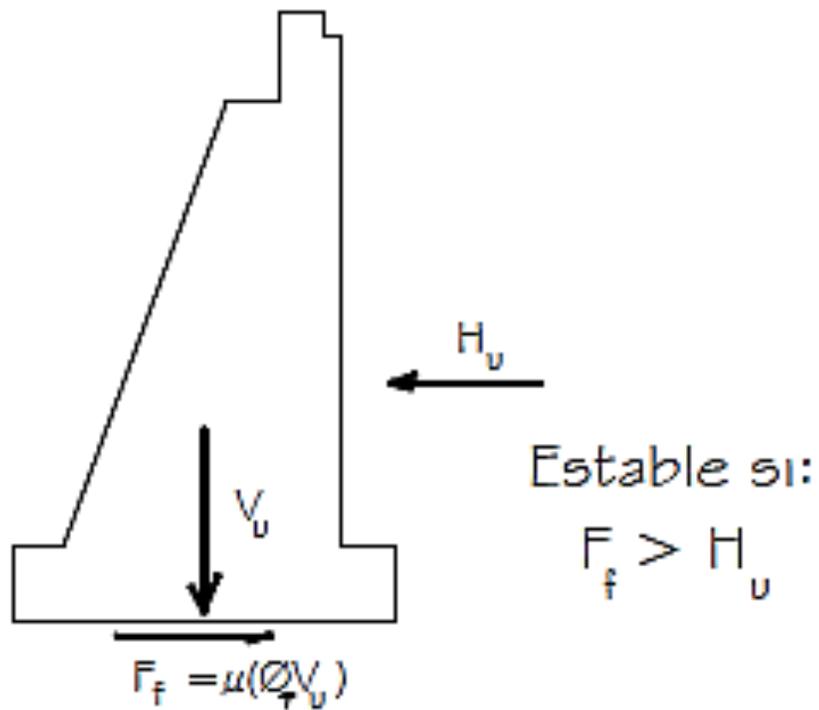
Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2012.

#### **2.2.7.2.7. Revisión por deslizamiento**

Para revisar el deslizamiento en la base del muro se usarán las especificaciones de AASHTO LRFD 2010 de la sección 10.6, donde las fuerzas

que actúan horizontalmente no deben ser mayores a la fuerza de fricción producida por las cargas verticales.

Figura 38. Revisión por deslizamiento



Fuente: RODRIGUEZ SERQUEN, Arturo. *Puentes*. p. V-22.

Tabla XIV. Factores de resistencia para cimentaciones

Sliding	$\Phi_{\tau}$	Precast concrete placed on sand	0.90
		Cast-in-Place Concrete on sand	0.80
		Cast-in-Place or precast Concrete on Clay	0.85
		Soil on soil	0.90
	$\Phi_{ep}$	Passive earth pressure component of sliding resistance	0.50

Fuente: 10.5.5.2.2-1 AASHTO LRFD 2010. p. 10-39.

Donde:

$H_u$  = fuerzas horizontales actuantes

$V_u$  = fuerzas verticales actuantes

$\mu = \tan\delta$  para concreto vacado directamente al suelo (AASHTO 10.6.3.4-2)

$\delta$  = ángulo de fricción entre la base del cimiento y el suelo = 28 °

$\phi_\tau$  = factor de resistencia = 0,80 (tabla XIV)

Para la revisión en la combinación de resistencia 1, las fuerzas verticales serán disminuidas por un factor de 0,9, las fuerzas horizontales serán mayoradas por un factor de 1,5 y la fuerza de frenado será mayorada por un factor de 1,75. Para la combinación de evento extremo 1, la fuerza de frenado, empuje de suelo y de sismo tendrán un multiplicador de 1.

- Caso 1. Muro sin superestructura

$$H_u = 1,5 \times (EH_{1H} + LS_{H1}) = 10\,044 \text{ kg}$$

$$F_f = \tan 28^\circ \times 0,8 \times (0,9 \times D_c + LS_{1v} + LS_{2v} + EH_{1v}) = 10\,050 \text{ kg}$$

$$F_f > H_u \text{ (cumple) } \checkmark$$

- Caso 2. Muro con superestructura combinación resistencia 1

$$H_u = 1,5 \times (EH_{1H} + LS_{H1}) + 1,75 \times BR = 12\,465 \text{ kg}$$

$$F_f = \tan 28^\circ \times 0,8 \times (0,9 \times (D_c + P_{DC} + P_{LL}) + LS_{1v} + LS_{2v} + EH_{1v})$$

$$F_f = 15\,316 \text{ kg}$$

$$F_f > H_u \text{ (cumple) } \checkmark$$

- Caso 3. Muro con superestructura combinación evento extremo 1

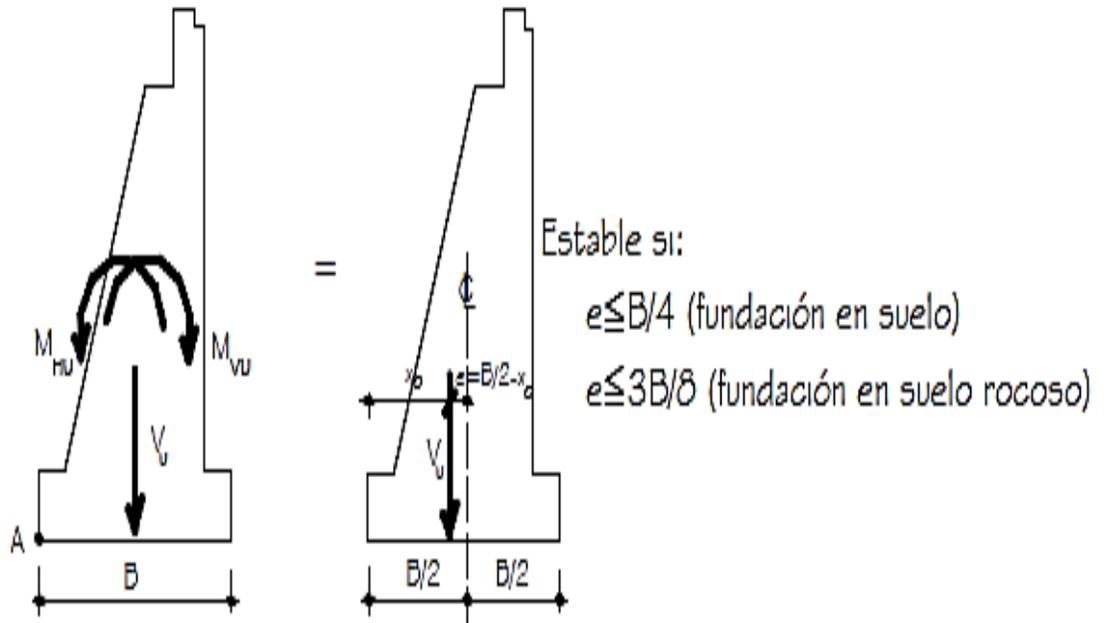
$$H_u = 1,0 \times (EH_{1H} + LS_{H1}) + 1,0 \times BR + 1,0 \times P_{AE} = 15\,049 \text{ kg}$$

$$F_f = \tan 28^\circ \times 0,8 \times (0,9 \times (D_c + P_{DC} + P_{LL})) + LS_{1v} + LS_{2v} + EH_{1v}$$

$$F_f = 15,316 \text{ kg}$$

$$F_f > H_u \text{ (cumple) } \checkmark$$

Figura 39. **Revisión por volteo**



Fuente: RODRIGUEZ SERQUEN, Arturo. *Puentes*. p. V-22.

### 2.2.7.2.8. Revisión por volteo

Se debe calcular la excentricidad de la resultante alrededor del punto A en la base del estribo. Se revisará la combinación de resistencia 1 y la combinación de evento extremo 1. Los factores para mayorar o reducir las fuerzas, serán los mismos que en la revisión por deslizamiento.

$$x_o = \frac{\Sigma M_{vu} - \Sigma M_{hu}}{\Sigma v_u}$$

$$e = \left( \frac{B}{2} - x_o \right)$$

Donde:

$B$  = base del estribo

$M_{vu}$  = momento producido por fuerzas verticales

$M_{Hu}$  = momento producido por fuerzas horizontales

$v_u$  = fuerza vertical

$e$  = excentricidad

$e_{max}$  = excentricidad máxima  $B/4$  para resistencia 1 AASHTO 11.6.3

$e_{max}$  = excentricidad máxima  $2B/5$  para evento extremo 1 AASHTO 11.6.5

Tabla XV. **Momentos en muro sin súperestructura**

Tipo	V <sub>u</sub> (kg)	Factor	Brazo (m)	Momento (kg.m)
DC <sub>1</sub>	7 500,00	0,9	1,50	10 125,00
DC <sub>2</sub>	4 675,00	0,9	1,17	4 908,75
DC <sub>3</sub>	4 675,00	0,9	1,75	7 363,13
DC <sub>4</sub>	6 250,00	0,9	2,25	12 656,25
LS <sub>2v</sub>	480,00	1	2,75	1 320,00
EH <sub>1v</sub>	2 402,00	1	3,00	7 206,00
LS <sub>1v</sub>	721,00	1	3,00	2 163,00
Σ =	26 703,00			45 742,13
EH <sub>1H</sub>	5 151,00	1,5	2,00	15 453,00
LS <sub>H1</sub>	1 545,00	1,5	2,00	4 635,00
Σ =				20 088,00

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVI. **Momentos en muro resistencia 1**

Tipo	V <sub>u</sub> (kg)	Factor	Brazo (m)	Momento (kg.m)
DC <sub>1</sub>	7 500,00	0,9	1,50	10 125,00
DC <sub>2</sub>	4 675,00	0,9	1,17	4 908,75
DC <sub>3</sub>	4 675,00	0,9	1,75	7 363,13
DC <sub>4</sub>	6 250,00	0,9	2,25	12 656,25
P <sub>DC</sub>	7 075,70	0,9	1,75	11 144,23
P <sub>LL</sub>	5 828,00	0,9	1,75	9 179,10
LS <sub>2v</sub>	480,00	1	2,75	1 320,00
EH <sub>1v</sub>	2 402,00	1	3,00	7 206,00
LS <sub>1v</sub>	721,00	1	3,00	2 163,00
Σ =	39 606,70			66 065,45
EH <sub>1H</sub>	5 151,00	1,5	2,00	15 453,00
LS <sub>H1</sub>	1 545,00	1,5	2,00	4 635,00
Br	1 383,33	1	6,00	8 299,98
Σ =				28 387,98

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVII. **Momentos en muro evento extremo 1**

Tipo	V <sub>u</sub> (kg)	Factor	Brazo (m)	Momento (kg.m)
DC <sub>1</sub>	7 500,00	0,9	1,50	10 125,00
DC <sub>2</sub>	4 675,00	0,9	1,17	4 908,75
DC <sub>3</sub>	4 675,00	0,9	1,75	7 363,13
DC <sub>4</sub>	6 250,00	0,9	2,25	12 656,25
P <sub>DC</sub>	7 075,70	0,9	1,75	11 144,23
P <sub>LL</sub>	5 828,00	0,9	1,75	9 179,10
LS <sub>2v</sub>	480,00	1	2,75	1 320,00
EH <sub>1v</sub>	2 402,00	1	3,00	7 206,00
LS <sub>1v</sub>	721,00	1	3,00	2 163,00
Σ =	39 606,70			66 065,45
EH <sub>1H</sub>	5 151,00	1	2,00	10 302,00
LS <sub>H1</sub>	1 545,00	1	2,00	3 090,00
P <sub>AE</sub>	6 969,60	1	3,00	20 908,80
Br	1 383,33	1	6,00	8 299,98
Σ =				42 600,78

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVIII. **Revisión por volteo**

Estado	V <sub>u</sub> (kg)	ΣM <sub>Vu</sub>	ΣM <sub>hu</sub>	x <sub>o</sub>	e	e <sub>max</sub>	
Sin superestructura	26 703,00	45 742,13	20 088,00	0,96	0,54	0,75	OK
Resistencia 1	39 606,70	66 065,45	28 387,98	0,95	0,55	0,75	OK
Evento extremo 1	39 606,70	66 065,45	42 600,78	0,59	0,91	1,20	OK

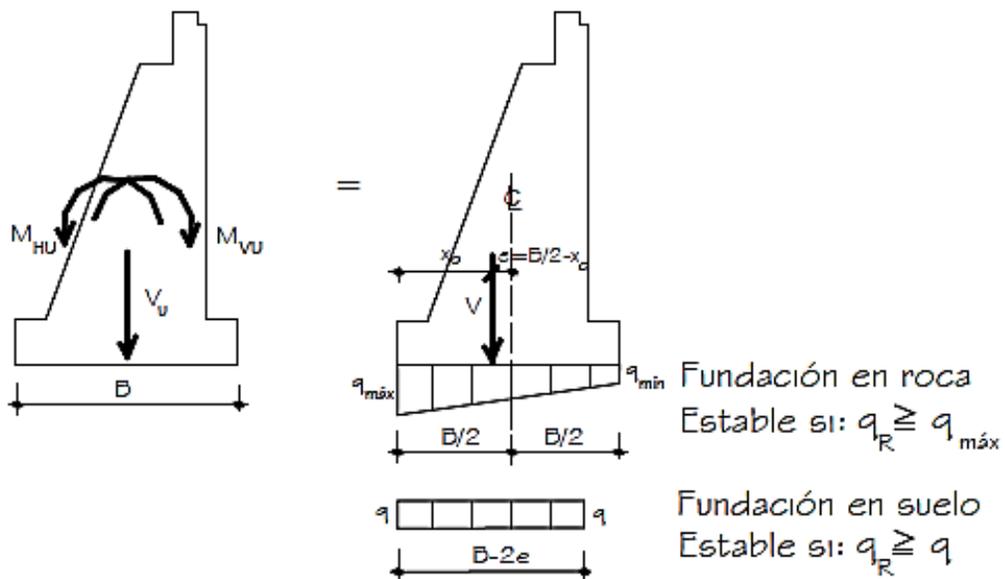
Fuente: elaboración propia.

### 2.2.7.2.9. Revisión por presión

La presión ejercida por la estructura debe ser menor, comparada con la capacidad portante del terreno, según tabla 3.4.1-2 de AASHTO LRFD 2010,

se usara un factor de 1,25 para el peso de la estructura, 1,35 para la presión vertical del suelo y 1,50 para la presión horizontal del suelo.

Figura 40. **Presiones actuantes en la base del estribo**



Fuente: RODRIGUEZ SERQUEN, Arturo. *Puentes*. p. V-23.

Asimismo, con el fin de evaluar la condición crítica se evaluará únicamente la combinación de resistencia 1 y se tomará en cuenta la carga producida por la carga viva del camión de diseño y la carga de carril, afectadas por un valor de 1,75, según tabla 3.4.1-1 de AASHTO LRFD 2010.

$$x_o = \frac{\Sigma M_{vu} - \Sigma M_{hu}}{\Sigma V_u}$$

$$e = \left( \frac{B}{2} - x_o \right)$$

$$q = \frac{V_u}{B - 2e}$$

Donde:

$B$  = base del estribo

$M_{vu}$  = momento producido por fuerzas verticales

$M_{Hu}$  = momento producido por fuerzas horizontales

$v_u$  = fuerza vertical

$e$  = excentricidad

$q$  = presión actuante, debe ser menor a la capacidad soporte  $V_s$

$V_s$  = capacidad soporte de diseño del suelo =  $12,95 \text{ T/m}^2 = 1,295 \text{ kg/cm}^2$

Tabla XIX. **Momentos en estribo**

Tipo	$V_u$ (kg)	Factor	Brazo (m)	Momento (kg.m)
<b>DC<sub>1</sub></b>	7 500,00	1,25	1,50	14 062,50
<b>DC<sub>2</sub></b>	4 675,00	1,25	1,17	6 817,71
<b>DC<sub>3</sub></b>	4 675,00	1,25	1,75	10 226,56
<b>DC<sub>4</sub></b>	6 250,00	1,25	2,25	17 578,13
<b>P<sub>DC</sub></b>	7 075,70	1,25	1,75	15 478,09
<b>LS<sub>2v</sub></b>	480,00	1,35	2,75	1 782,00
<b>EH<sub>1v</sub></b>	2 402,00	1,35	3,00	9 728,10
<b>LS<sub>1v</sub></b>	721,00	1,35	3,00	2 920,05
<b>P<sub>LL</sub></b>	5 828,00	1,75	1,75	17 848,25
$\Sigma =$	39 606,70			96 441,39
<b>EH<sub>1H</sub></b>	5 151,00	1,5	2,00	15 453,00
<b>LS<sub>H1</sub></b>	1 545,00	1,5	2,00	4 635,00
$\Sigma =$				20 088,00

Fuente: elaboración propia.

Tabla XX. **Revisión por presión**

Estado	Vu (kg)	$\Sigma Mvu$	$\Sigma Mhu$	xo	e	q (kg/cm <sup>2</sup> )
Resistencia 1	39 606,70	96 441,39	20 088,00	1,93	-0,43	1,03

Fuente: elaboración propia.

$$q = 1,03 \text{ kg/cm}^2 \quad V_s = 1,2948 \text{ kg/cm}^2$$

$$q < V_s \text{ (cumple)}$$

El estribo propuesto ha pasado las tres revisiones: por deslizamiento, volteo y presión, por tanto las dimensiones propuestas son válidas.

### 2.2.8. Evaluación de Impacto Ambiental

De acuerdo con el *Listado Taxativo de Proyectos, Obras Industriales o Actividades del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales*, la construcción de puentes se encuentra en la división número 4520 y por tanto se clasifica como B-1, con lo cual el proyecto es catalogado como de moderado a alto impacto ambiental.

Debe realizar una evaluación de impacto inicial, como estudio preliminar, y luego una evaluación de impacto ambiental, con la finalidad de realizar un análisis a profundidad los efectos sobre el ambiente que ejercerá el proyecto.

En este trabajo únicamente se realizara un EIA inicial, ya que una evaluación de impacto ambiental, requiere de un profesional especializado en la rama para ser válida.

- Información general
  - Nombre del proyecto: Diseño de puente vehicular en la aldea Los Pinos, municipio de Salamá, departamento de Baja Verapaz.
  - Vida útil del proyecto: 50 años.
  - Área o situación legal donde se ubicará el proyecto: estará ubicado sobre el cauce del río La Estancia y ocupara parte de la carretera, la cual es propiedad del estado.
  - Superficie estimada del proyecto: 150 m<sup>2</sup>.
  - Colindancias y actividades que desarrollan en el predio: residencias particulares y cultivo de hortalizas.
  - Trabajos necesarios para la preparación del terreno: dragado de río, excavación, construcción y relleno estructural.
  - Vías de acceso: carretera CA-14, RN- 17 y calle interna de la aldea.
  
- Influencia del proyecto
  - Fuente de suministro y requerimiento de energía y combustible a utilizar: no se utilizara energía eléctrica, únicamente el combustible para la maquinaria.

- Fuentes de suministro de agua y sus requerimientos de agua cruda y/o potable: el agua que se utilice será tomada directamente del río La Estancia.
  - Recursos naturales que serán aprovechados en las diferentes etapas: se utilizará piedra bola y arena para la construcción de la estructura; la tierra de la excavación servirá para realizar el relleno estructural.
  - Indicar cada sustancia o material que será utilizado en el proceso: se utilizará piedra bola, pedrín, arena, cemento, cal, acero, madera, pintura y agua.
- Control ambiental
    - Residuos y/o contaminantes que serán generados (en cantidades y contenidos): únicamente material suelo producto de la excavación.
    - Emisiones a la atmósfera (gases, humo, etc.): una pequeña cantidad, producida por la maquinaria a utilizar.
    - Desechos sólidos (que clase de basura): los únicos desechos sólidos serán las bolsas de cemento y sobrantes de otros materiales, tales como madera, acero, etc., los que serán llevados a un lugar autorizado para su depósito.
    - Ruidos y/o vibraciones: únicamente durante la construcción, producto de maquinaria pesada, alrededor de 4 meses.

- Contaminación visual: durante la fase de construcción debido al movimiento de tierras.
- Plan de mitigación
  - Los trabajos deben ser realizados en época seca y se debe proveer de muros tipo gavión a la par de los estribos, para prevenir deslaves del relleno estructural.
  - Inmediatamente después de terminar cualquier fase del proyecto, retirar del área de trabajo el material sobrante del proyecto ejecutado.
  - Dotar al personal encargado de la construcción, del equipo adecuado como cascos, botas, guantes, etc., para evitar accidentes.

### **2.2.9. Elaboración de planos**

Los planos que fueron elaborados para este proyecto son los que se consideran mínimos para la correcta ejecución del mismo. Se encuentran en anexos y se listan a continuación:

- Ubicación y localización
- Planta y perfil
- Planta y secciones acotadas
- Detalles estructurales
- Estribo y aleton

## 2.2.10. Elaboración de presupuesto

El presupuesto fue elaborado con los precios actuales, los cuales se encuentran desglosados en anexos, con la finalidad de actualizarlos si fuese necesario al momento de la ejecución del proyecto.

Tabla XXI. **Resumen presupuesto de puente vehicular**

### Diseño de puente vehicular en la aldea Los Pinos

#### Resumen Presupuesto general

No.	Descripción	Cantidad	Unidad	P.U.	Total
1	Dragado de río y preparación de terreno	80	m <sup>3</sup>	Q 162,50	Q 13 000,00
2	Replanteo topográfico	120	m <sup>2</sup>	Q 33,58	Q 4 030,00
3	Estribo + aleton	232	m <sup>3</sup>	Q 1 535,63	Q 356 265,00
4	Vigas	32	ml	Q 2 901,44	Q 92 846,00
5	Diafragma externo	8,4	ml	Q 891,74	Q 7 490,60
6	Diafragma interno	4,2	ml	Q 934,95	Q 3 926,78
7	Losa de concreto armado	86	m <sup>2</sup>	Q 1 161,23	Q 99 866,00
8	Baranda peatonal	86	m <sup>2</sup>	Q 239,59	Q 20 605,00
9	Neopreno, apoyo y junta	1	Global	Q 22 100,00	Q 22 100,00
10	Relleno estructural	86	m <sup>2</sup>	Q 616,74	Q 53 040,00
<b>Costo total del proyecto:</b>					<b>Q 673 169,38</b>

Fuente: elaboración propia.



## CONCLUSIONES

1. Los proyectos diseñados son técnica y económicamente factibles, por lo que contribuirán con el desarrollo de las aldeas del municipio de Salamá, departamento de Baja Verapaz.
2. El sistema de abastecimiento de agua potable solventará la falta de este servicio a la población de la parte alta de la aldea Niño Perdido, beneficiando a 34 familias, mejorando así la calidad de vida.
3. El puente vehicular en la aldea Los Pinos proveerá un paso seguro durante todo el año, mejorando la comunicación y el comercio con las aldeas vecinas y pudiendo servir como una vía alterna al municipio de Salamá.
4. Se otorgó a la Municipalidad de Salamá, ambos expedientes técnicos, con memoria de cálculo, pruebas de laboratorio, presupuesto y planos, con la finalidad que se tenga todo lo necesario para la ejecución.



## RECOMENDACIONES

1. Monitorear al menos dos veces al año el caudal del nacimiento de la aldea Niño Perdido, para analizar y prever si el caudal puede disminuir.
2. Realizar al menos una vez al año un estudio bacteriológico y fisicoquímico del nacimiento, para ver si existen cambios significativos en la calidad del agua y calibrar el sistema de desinfección.
3. Para evitar erosión en el relleno estructural del puente vehicular, se debe implementar un drenaje para conducir la escorrentía que en la actualidad corre de manera superficial en la carretera.
4. Para garantizar la calidad de los proyectos estos deberán ser supervisados por un profesional y seguir todas las especificaciones indicadas.



## BIBLIOGRAFÍA

1. American Association of State Highway and Transportation Officials. *AASHTO LRFD Bridge Design Specifications*. 5a ed., Washington DC, Estados Unidos de América: AASHTO, 2010. 1,635 p. ISBN: 978-1-56051-451-0.
2. American Concrete Institute. *Requisitos de reglamento para concreto estructural (ACI 318S-08)*. Michigan, Estados Unidos de América: ACI, 2008. 518 p. ISBN: 978-0-87031-274-8.
3. Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica. *Normas de seguridad estructural de edificios y obras de infraestructura para la República de Guatemala*. Guatemala: AGIES, 2010. 337 p.
4. ————. *Normas para el diseño y construcción de puentes*. Guatemala: AGIES, 2013. 70 p.
5. CUC PÉREZ, Aldo Brandini; *et al.* *Diagnóstico socioeconómico, potencialidades productivas y propuestas de inversión, municipio de Salamá, departamento de Baja Verapaz*. Volumen 1. Trabajo de graduación de Contador Público y Auditor, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Económicas, 2009. 964 p. 2-63-75-C-2,009.

6. Instituto de Fomento Municipal. *Guía de normas sanitarias para el diseño de sistemas rurales de abastecimiento de agua para consumo humano*. Guatemala: INFOM, 2011, 64 p.
7. NIJ PATZAN, Jeser Esaú de Jesús. *Guía práctica para el cálculo de capacidad de carga en cimentaciones superficiales, losas de cimentación, pilotes y pilas perforadas*. Trabajo de graduación de Ing. Civil, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2009. 432 p.
8. NILSON, Arthur H. *Diseño de estructuras de concreto*. 12a ed., Colombia: McGraw-Hill, 2001, 738 p. ISBN: 958-600-953-X.
9. RODRÍGUEZ SERQUEN, Arturo. *Puentes con AASHTO-LRFD 2010*. 5a ed., Perú: 2012, 336 p.

## APÉNDICE

### Apéndice 1. Resumen línea de conducción

Tramo	Diámetro teórico (plg)	Diámetro		Tramo		Cotas		Long. (m)	Hf disp. (m)
		Comercial	Interno real	E	P.O.	Inicial	Final		
1	0.859	1.000	1.195	1	2	1784.15	1735.07	552.88	49.08
2	0.729	1.000	1.195	2	3	1735.07	1662.47	367.12	72.60

Tramo	Long. diseño (m)	Q diseño (L/s)	φ interno (plg)	Hf real (m)	Velocidad (m/s)	Cota piezo. (m)		Presion Dinam. (m)	
						Inicial	Final	Inicial	Final
1	580.52	0.468	1.195	9.83	0.65	1784.15	1774.32	0	39.25
2	385.48	0.468	1.195	6.53	0.65	1735.07	1728.54	0	66.07

Fuente: elaboración propia.

### Apéndice 2. Resumen línea de distribución

Tramo	Diámetro teórico (plg)	Diámetro		Tramo		Cotas		No. conexiones	Long. (m)	Hf disp. (m)
		Comercial	Interno real	E	P.O.	Inicial	Final			
3	0.853	1.250	1.532	3	4	1662.47	1646.00	0	53.5	16.47
4	1.083	1.250	1.532	4	5	1646.00	1583.88	3	646.5	62.12
5	0.544	0.750	0.926	4	6	1583.88	1605.56	15	78.23	-21.68
6	1.300	1.250	1.532	5	7	1583.88	1582.36	52	40.00	1.52
7	0.534	1.000	1.195	7	8	1582.36	1620.52	11	126.34	-38.16
8	0.901	1.000	1.195	7	9	1582.36	1597.07	30	124.07	-14.71

Tramo	Long. diseño (m)	Q diseño (L/s)	φ interno (plg)	Hf real (m)	Velocidad (m/s)	Cota piezo. (m)		Presion Dinam. (m)	
						Inicial	Final	Inicial	Final
3	56.18	0.90	1.532	0.95	0.76	1662.47	1661.52	0	15.52
4	678.83	0.90	1.532	11.50	0.76	1646.00	1634.50	0	50.62
5	82.14	0.26	0.926	1.62	0.60	1634.50	1632.88	50.62	27.32
6	42.00	0.88	1.532	0.68	0.74	1634.50	1633.82	50.62	51.46
7	132.66	0.26	0.926	2.62	0.60	1633.82	1631.19	51.46	10.67
8	130.27	0.62	1.195	3.71	0.86	1633.82	1630.10	51.46	33.03

Fuente: elaboración propia.

### Apéndice 3. Cálculo de aceleración máxima del suelo

AGIES/NSE 3-10		CORTE BASAL AL LIMITE DE CEDENCIA	
<b>Información general</b>		<b>Referencia</b>	
Municipio	Salama	NSE 1 pág. 7	
Departamento	Baja Verapaz		
Clase de obra	III Obras Importantes		
<b>Parámetros de diseño</b>			
Índice de Sismicidad lo	4	NSE 2 Figura 4-1	
Scr (g)	1.3	NSE 2 Anexo A pág.. 55	
S1r (g)	0.5	NSE 2 Anexo A pág.. 55	
Clase de Obra	D	<a href="#">NSE 2 tabla 4-1</a>	
Tipo de fuente sísmica	B	<a href="#">NSE 2 Tabla 4-5</a>	
Clase de sitio	D	<a href="#">NSE 2 Tabla 4-4</a>	
Fa	1	<a href="#">NSE 2 Tabla 4-2</a>	
Fv	1.5	<a href="#">NSE 2 Tabla 4-3</a>	
Scs = Scr X Fa	1.3		
S1s = Sir X Fv	0.75		
<b>Intensidades Sísmicas Especiales</b>			
Na	Distancia ≥ 10 Km	1	<a href="#">NSE 2 Tabla 4-6</a>
Nv	Distancia = 10 Km	1	<a href="#">NSE 2 Tabla 4-7</a>
Scs = Scr X Fa X Na		1.3	
S1s = Sir X Fv X Nv		0.75	
<b>Nivel mínimo de protección sísmica</b>			
Probabilidad de exceder sismo de diseño en 50 años		5%	<a href="#">NSE 2 Tabla 4-1</a>
<b>Factor de escala Kd</b>			
Sismo	Sismo Ordinario	0.8	<a href="#">NSE 2 4.3.4.1</a>
<b>Espectro calibrado a nivel de diseño requerido</b>			
Scd = Kd X Scs		1.0400	
S1d = Kd X S1s		0.6000	
<b>Aceleración máxima del suelo</b>			
AMSd = 0.40 X Scd		0.4160	
<b>Componente vertical sismo de diseño</b>			
Svd = 0.15 X Scd		0.156	

Fuente: elaboración propia.

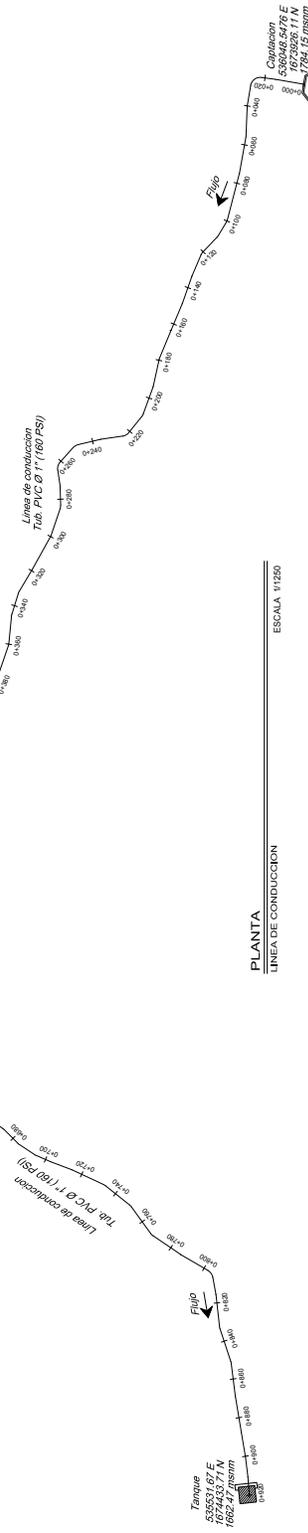
Apéndice 4. **Planos constructivos**



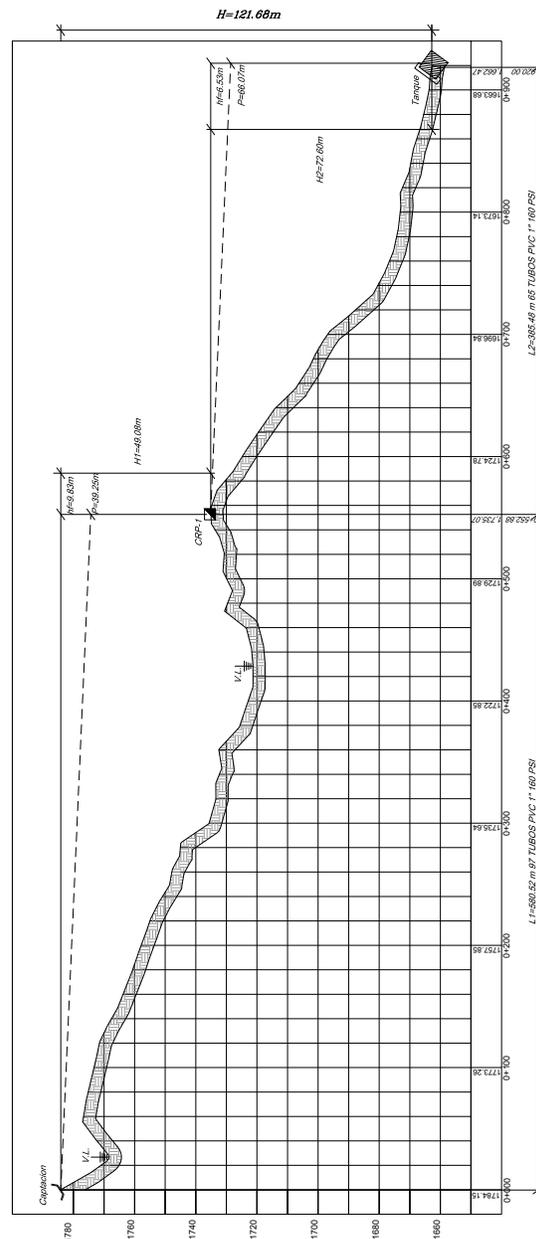




SIMBOLOGIA	
	Capitation
	Tanque de distribución
	Caja compresión
	Valvula de Impulso (V.I.)
	Conexión domiciliar
	Pérdida de energía
	Presión dinámica
	Línea de pendiente horizontal
	Coordenadas en GTM



PLANTA  
LINEA DE CONDUCCION  
ESCALA 1:2500

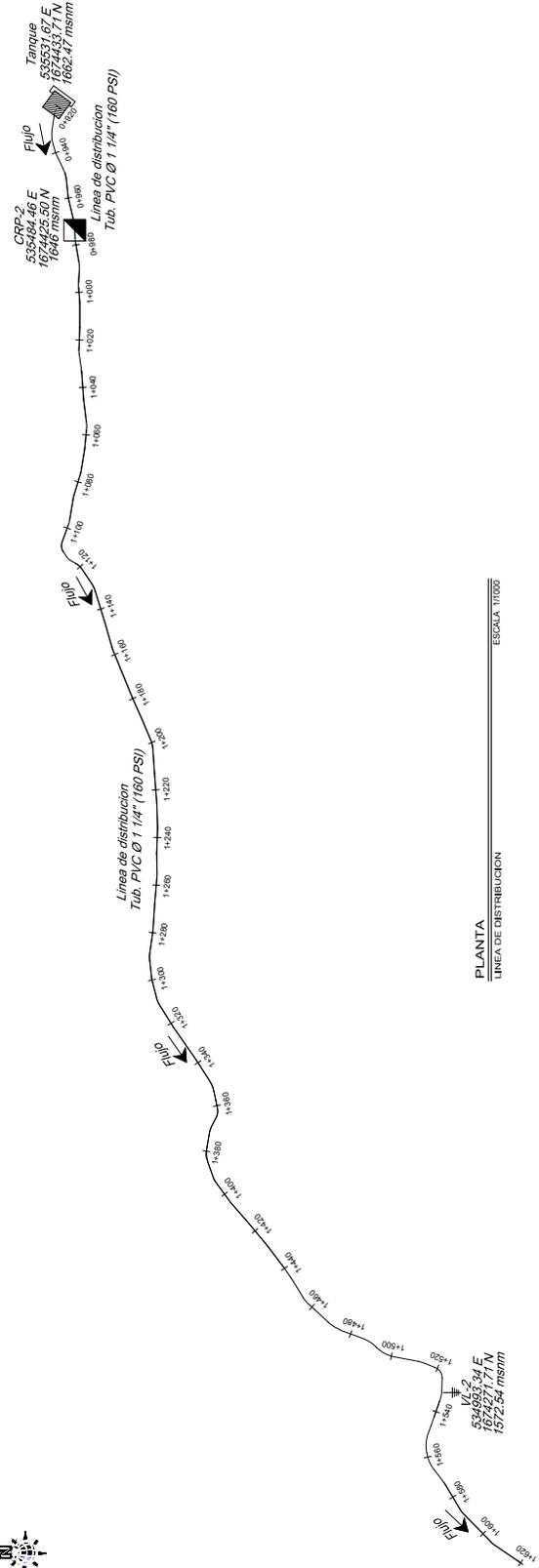


PERFIL  
LINEA DE CONDUCCION  
ESCALA HORIZONTAL 1:1000  
ESCALA VERTICAL 1:5000

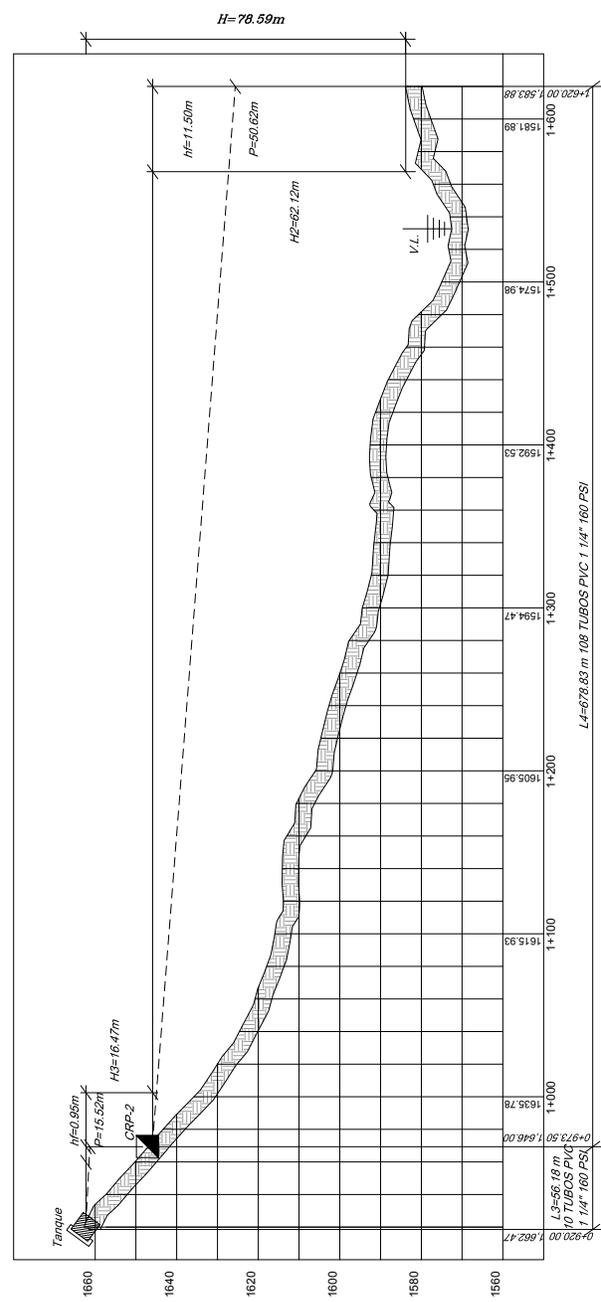
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA	
PROYECTO: <b>DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA NIRO PEREDO</b>	FECHA: JUNIO 2014 TÍTULO: <b>LINEA DE CONDUCCION</b>
AUTOR: INGENIERO EN AGUA POTABLE: <b>ING. JUAN REBECA GARCIA</b> MUNICIPALIDAD: <b>NIRO PEREDO</b> MUNICIPIO: <b>NIRO PEREDO</b> DEPARTAMENTO: <b>GUATEMALA</b>	NÚMERO: <b>319</b>



SIMBOLOGIA	
	Capitation
	Tanque de distribución
	Caja compresión
	Válvula de impulso (V.L.)
	Conexión domiciliar
	Pérdida de energía
	Presión dinámica
	Línea de pendiente hidráulica
	Coordenadas en GTM



PLANTA  
LINEA DE DISTRIBUCION  
ESCALA 1/1000

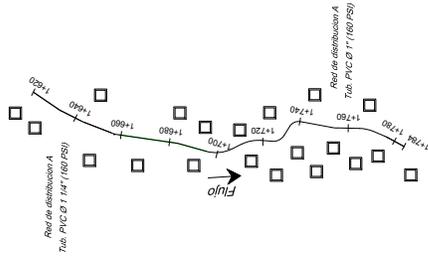


PERFIL  
LINEA DE DISTRIBUCION  
ESCALA HORIZONTAL 1/1500  
ESCALA VERTICAL 1/3750

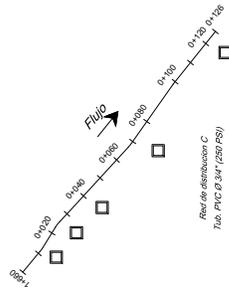
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA	
TITULO: DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA NIÑO PERDIDO	ESCALA: 1/1000 FECHA: 2014
AUTOR: INGENIERO CIVIL VICTOR BALBUENA MUNICIPIO: MALAMAL DEPARTAMENTO: SAN CARLOS	ESCALA: 1/1000 FECHA: 2014
LINEA DE DISTRIBUCION	
PÁGINA: 4/9	



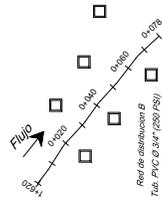
SIMBOLÓGIA	
	Capitation
	Tanque de distribución
	Caja compresión
	Valvula de Impulso (V.I.)
	Conexión domiciliar
	Pérdida de energía
	Presión dinámica
	Línea de pendiente hidráulica
	Coordenadas en GTM



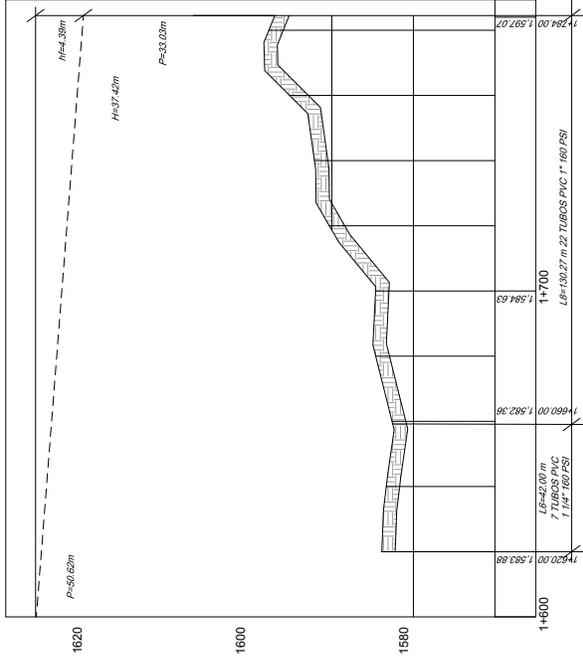
PLANTA  
RED DE DISTRIBUCIÓN A  
ESCALA: 1:1000



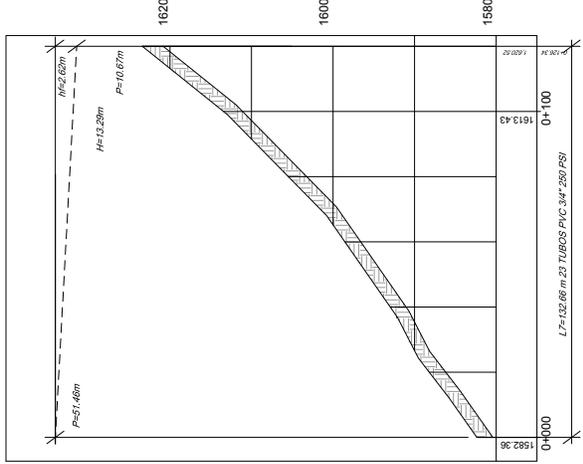
PLANTA  
RED DE DISTRIBUCIÓN B  
ESCALA: 1:1000



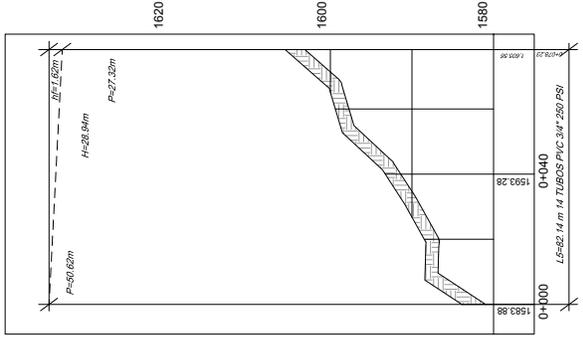
PLANTA  
RED DE DISTRIBUCIÓN C  
ESCALA: 1:1000



PERFIL  
RED DE DISTRIBUCIÓN A  
ESCALA HORIZONTAL: 1:1000  
ESCALA VERTICAL: 1:100



PERFIL  
RED DE DISTRIBUCIÓN B  
ESCALA HORIZONTAL: 1:1000  
ESCALA VERTICAL: 1:100



PERFIL  
RED DE DISTRIBUCIÓN C  
ESCALA HORIZONTAL: 1:1000  
ESCALA VERTICAL: 1:100

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO  
MINISTERIO DE SEGURIDAD Y DEFENSA

PROYECTO:  
DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE  
AGUA POTABLE PARA LA ALDEA NIRO PEREDOS

CLIENTE:  
COMUNIDAD DE NIRO PEREDOS  
(COMUNIDAD TUCURÚ)

---

REGION: PATATECA  
MUNICIPIO: NIRO PEREDOS  
CANTON: NIRO PEREDOS

FECHA: JUNIO 2014  
Escala: 1:1000  
FOLIO: 5/9

---

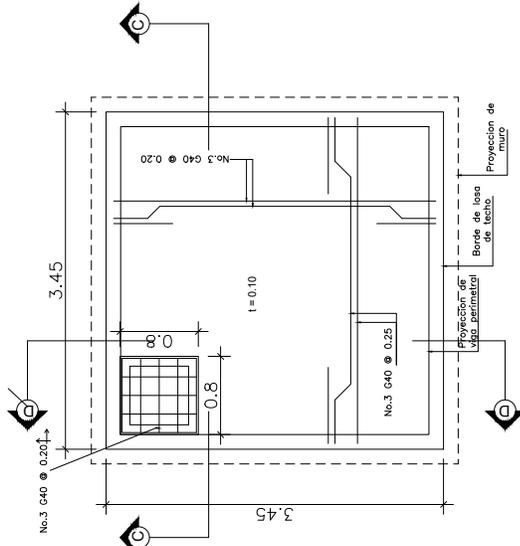
RED DE DISTRIBUCIÓN

INGENIERO: INGA. LAYRA REBECA GARCIA

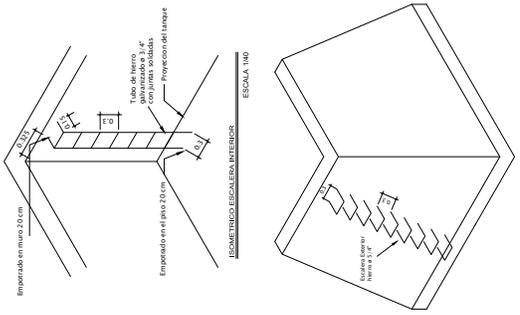
**NOTAS GENERALES**

**MATERIALES:**

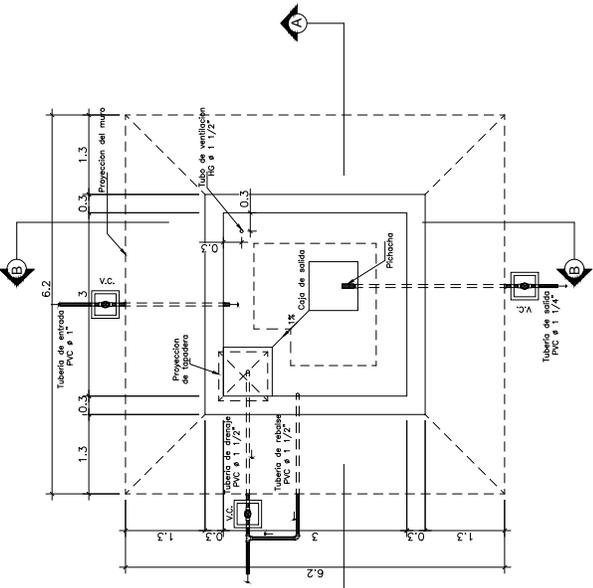
- 1- CONCRETO SE USARA CONCRETO CON ESFUERZO DE RUPTURA A COMPRESION DE 210 Kg/cm<sup>2</sup> (3000 lb/pulg<sup>2</sup>) A LOS 28 DÍAS
- 2- ACCESO DE REFUERZO SE USARA ACCESO DE REFUERZO DE #4
- 3- #4 = 2010 Kg/cm<sup>2</sup> (2800 lb/pulg<sup>2</sup>) ASÍ ESPECIFICACION ASTM A615
- 4- TODAS LAS DIMENSIONES ESTAN DADAS EN METROS.
- 5- LOS RECUBRIMIENTOS SERAN DE 30m. EXCEPTO DONDE SE INDIQUE LO CONTRARIO Y ESTE SE MEDIRÁ ENTRE EL ROSTRO DE LA BARRA Y LA SUPERFICIE DEL CONCRETO.
- 6- EL TERRENO BAJO LA LOSA DEL PISO DEBERA SER PER- FECTAMENTE NIVELADO.
- 7- LA LOSA DEL TECHO DEBERA TENER UNA PENDIENTE DE 1% HACIA LOS LADOS.
- 8- LOS MUROS DE PIEDRA DEBERAN INFERMEABILIZARSE EN SUS CARAS INTERIORES POR MEDIO DE UN CAPATE ABRIETA DE CEMENTO ARENA PROPORCION (1:2). DEBIDAMENTE ALISADA.
- 9- LA SUPERFICIE DE LAS LOSAS DE CONCRETO DEBERAN QUEDAR CERRADAS CON CEMENTO ARENA.
- 10- LOS MUROS DEL TANQUE SERAN DE MAMPONERIA: 67% PIEDRA BOLA 33% SABIETA-CEMENTO-ARENA 1:2
- 11- EL RECUBRIMIENTO EN LA LOSA SERA DE 0.03m.
- 12- LONGITUD DE DESARROLLO (LD)
- 13- LA TUBERIA DE LA LINEA DE CONDUCCION Y DISTRIBUCION DEBERA ESTAR ENTERRADA POR LO MENOS 60 CM EN PASOS VEHICULARES O DE MAQUINARIA AGRICOLA SERAN 80 CM
- 14- LA VALVULA DE FLOTE SERA MINIMO DE 125 PSI



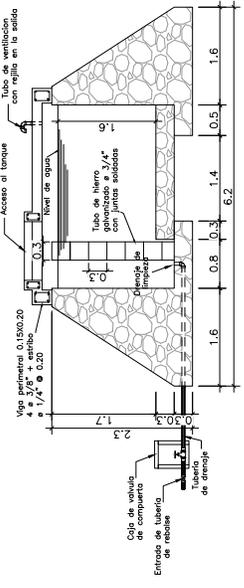
PLANTA DE LOSA DE TECHO  
ESCALA 1/25



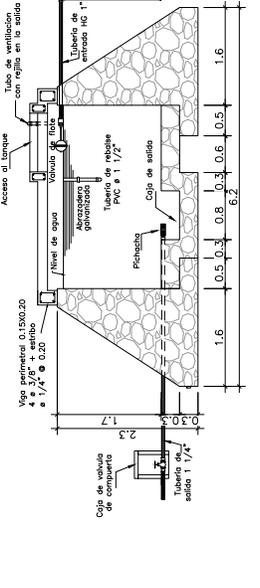
ISOMETRICO ESCALERA EXTERIOR  
ESCALA 1/40



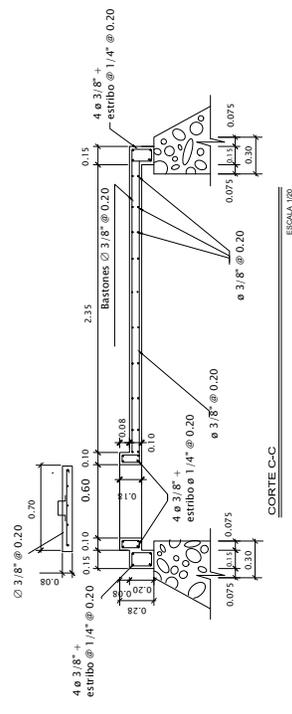
PLANTA GENERAL  
ESCALA 1/40



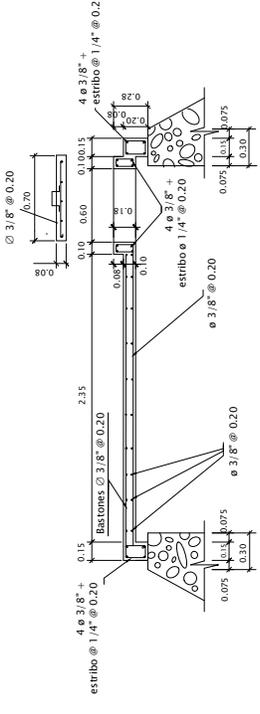
CORTE A-A  
ESCALA 1/40



CORTE B-B  
ESCALA 1/40



CORTE C-C  
ESCALA 1/20



CORTE B-B  
ESCALA 1/20

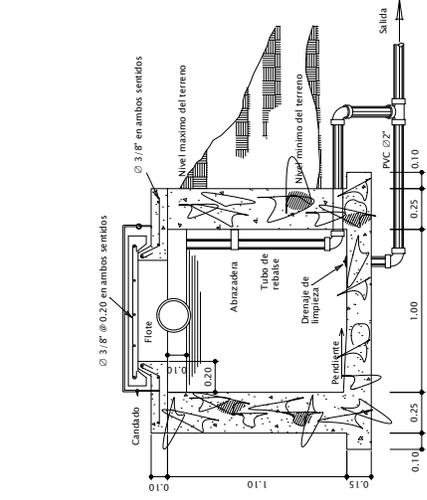
		<b>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA</b> FACULTAD DE INGENIERIA DIRECTOR GENERAL: DR. JUAN CARLOS VILLALBA DIRECTOR DE LA ESCUELA DE INGENIERIA: DR. JUAN CARLOS VILLALBA	
<b>PROYECTO:</b> DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA NIÑO PERDIDO	<b>FECHA:</b> FEBRERO 2014	<b>PROYECTANTE:</b> CALVIN FERRER INGENIERO CIVIL (BOYAN, TURCO)	<b>NUMERO:</b> <b>619</b>
<b>TITULO:</b> TANQUE DE ALMACENAMIENTO		<b>FECHA:</b> MARZO 2014	<b>PROYECTANTE:</b> CALVIN FERRER INGENIERO CIVIL (BOYAN, TURCO)
<b>UBICACION:</b> MUNICIPIO DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	<b>MUNICIPIO:</b> NIÑO PERDIDO	<b>INDICACION:</b> IND. 14799	<b>PROYECTANTE:</b> REBECA GARCIA



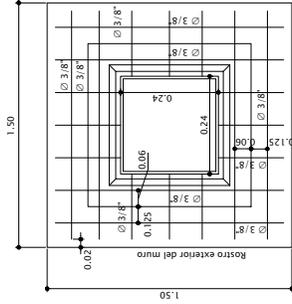
## NOTAS GENERALES

### MATERIALES:

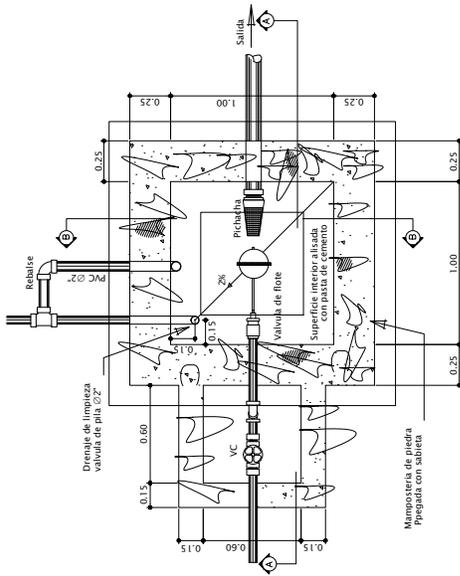
- 1.- CONCRETO: SE USARA CONCRETO CON ESFUERZO DE RUPTURA A COMPRESION DE 210 Kg/cm<sup>2</sup> (3000 lb/pq) A LOS 28 DIAS
- 2.- ACERO DE REFUERZO: SE USARA ACERO DE REFUERZO DE  $f_y = 2810 \text{ kg/cm}^2$  (40 KSI) ESPECIFICACION ASTM A615
- 3.- VARIOS: LOS Muros ESTAN DISEÑADOS PARA TRABAJAR TANTO SOBRE COMO BAJO TIERRA.
- 4.- TODAS LA DIMENSIONES ESTAN DADAS EN METROS.
- 5.- LOS REFORZAMIENTOS DEBEN DE SER PROYECTADO POR EL INGENIERO CONSULTOR Y ESTE SE MUESTRA ENTRE EL ROSTRO DE LA BARRA Y LA SUPERFICIE DE CONCRETO.
- 6.- EL TERRENO BAJO LA LOSA DEL PISO DEBERA SER PERFECTAMENTE ALISADO.
- 7.- LA LOSA DEL TECHO DEBERA TENER UNA PENDIENTE DE 1% HACIA LOS LADOS.
- 8.- LOS Muros DE PIEDRA DEBERAN IMPERMEABILIZARSE EN SUS SUPERFICIES EXTERIORES CON UN MANTO DE PASTA DE CEMENTO ARENA PROPORCION (1:3), DEBIDAMENTE ALISADA, CUBIENDO CON CEMENTO ARENA.
- 9.- LA SUPERFICIE DE LAS LOSAS DE CONCRETO DEBERAN QUEDAR CUBIERTAS CON CEMENTO ARENA.
- 10.- LOS Muros DE TANQUE SERAN DE MAMPONERIA, 30% SABIETA CEMENTO ARENA 1:2
- 11.- EL RECUBRIMIENTO EN LA LOSA SERA DE 0.01m.
- 12.- CONSTITUCION DE DESARROLLO (LD) (L/m) 0.35 0.40 0.50 0.60
- 13.- LA TUBERIA DE LA LINEA DE CONDUCCION Y DISTRIBUCION DEBERA ESTAR ENTERRADA POR LO MENOS 60 CM EN PASOS VEHICULARES O DE MAQUINARIA AGRICOLA Y SERAN 80 CM
- 14.- LA VALVULA DE FLOTE SERA MINIMO DE 125 PSI



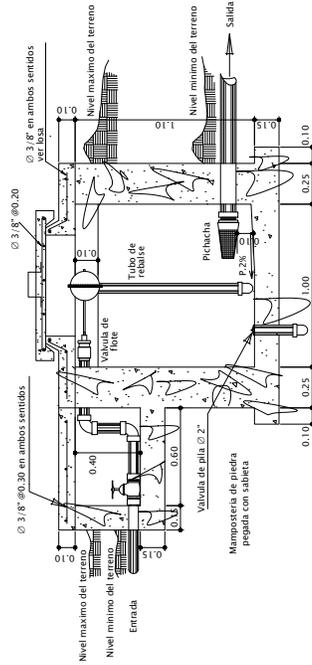
SECCION B-B CAJA ROMPE PRESION  
ESCALA 1/16



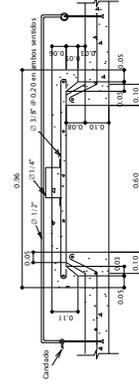
PLANTA DE LOSA CAJA ROMPE PRESION  
ESCALA 1/8



PLANTA CAJA ROMPE PRESION  
ESCALA 1/16



SECCION A-A CAJA ROMPE PRESION  
ESCALA 1/8



PERFIL DE LOSA CAJA ROMPE PRESION  
ESCALA 1/16



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
DIRECCION PROFESIONAL SUPERVISADO  
MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA

PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA NIÑO PERDIDO  
CLIENTE: CAJA ROMPE PRESION

FECHA: NOVIEMBRE 2014  
DISEÑADO POR: GILBERTO TORRES  
REVISADO POR: GILBERTO TORRES  
AUTORIZADO POR: GILBERTO TORRES  
PROYECTO: 809

INGENIERO: GILBERTO TORRES  
MUNICIPIO: MALAMUTAN  
MESA: NIÑO PERDIDO  
INGENIERO: INGA. YANIRA REBECA GARCIA

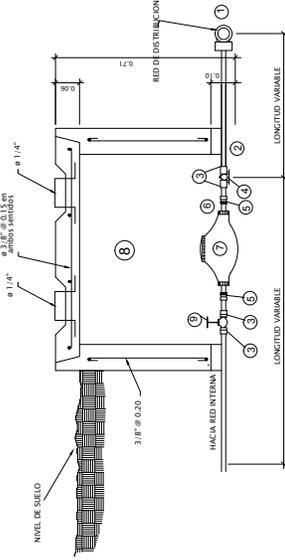
## NOTAS GENERALES

### MATERIALES

- 1- CONCRETO SE USARA CONCRETO CON ESFUERZO DE RUPTURA A COMPRESION DE 210 Kg/cm<sup>2</sup> (28 DIAS)
- 2- ACERO DE REFUERZO SE USARA ACERO DE REFUERZO DE 9 y = 28 19 Kg/cm<sup>2</sup> (GRADO 40 KS) ESEPECIFICACION ASTM A615
- 3- VARILLAS: LOS MARMOS ESTAN DISEÑADOS PARA TRABAJAR TANTO SOBRE COMO BAJO TIERRA.
- 4- TODAS LA DIMENSIONES ESTAN DADAS EN METROS.
- 5- LOS RECURRIMIENTOS SERAN DE 5m, EXCEPTO DONDE SE INDIQUE OTRO VALOR EN EL DISEÑO Y EN EL ROSTRO DE LA BARRA Y LA SUPERFICIE DE CONCRETO.
- 6- EL TERRENO BAJO LA LOSA DEL PROYECTO DEBERA SER PER-RECCIONADO Y APISONADO.
- 7- LA LOSA DEL TECHO DEBERA TENER UNA PENDIENTE DE 1% HACIA LOS LADOS.
- 8- LOS MUROS DE PIEDRA DEBERAN INFERMOBILIZARSE EN SUS CANAS INTERIORES POR MEDIO DE UNA CAPA DE SEMENTA DE CEMENTO ARENA (PROPORCION 1:2), DEBIDAMENTE AISLADA.
- 9- LA SUPERFICIE DE LAS LOSAS DE CONCRETO DEBERAN QUEDAR CERRADAS CON CEMENTO ARENA.
- 10- LOS MUROS DE TANQUE SERAN DE MAMPUESTA: 33% SEMENTA-CEMENTO-ARENA 1:2
- 11- EL RECURRIMIENTO EN LA LOSA SERA DE 0.30m.
- 12- LONGITUD DE DESARROLLO (LD) PARA:
  - VARILLAS: 0.35, 0.40, 0.50, 0.60
  - LD (M)
- 13- LA TUBERIA DE LA LINEA DE CONDUCCION Y DISTRIBUCION DEBERA ESTAR ENTERRADA POR LO MENOS 60 CM. EN PASOS VEHICULARES O DE MAQUINARIA AGRICOLA. SERAN 80 CM.
- 14- LA VALVULA DE FLOTE SERA MINIMO DE 129 PSI
- 15- LAS VALVULAS DE LIMPIEZA SERAN VALVULAS DE COMPUERTA LAS CUALES SE PROTEJERAN CON UNA CAJA DE VALVULAS

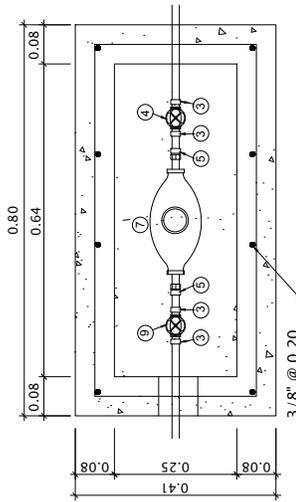
## REFERENCIA DE MATERIALES

1. TEE REDUCTORA PVC Ø TUBERIA PRINCIPAL X 1/2"
2. TUBO PVC LONGITUD VARIABLE Ø 1/2"
3. ADAPTADOR MACHO PVC Ø 1/2"
4. LLAVE DE PASO DE BRONCE Ø 1/2"
5. ADAPTADOR HEMBRA PVC Ø 1/2"
6. NIPLE CONECTOR DE CONTADOR Ø 1/2"
7. CONTADOR Ø 1/2" BRONCE
8. CAJA DE CONCRETO PARA CONTADOR
9. LLAVE DE COMPUERTA DE Ø 1/2" BRONCE
10. H.G. = HIERRO GALVANIZADO
11. V.C. = VALVULA DE COMPEIRTA
12. A.M. = ADAPTADOR MACHO
13. A.H. = ADAPTADOR HEMBRA
14. V.A. = VALVULA DE AIRE
15. P.V.C. = CLORURO DE POLIVINILO



CONEXION TIPICA DOMICILIAR

SIN ESCALA



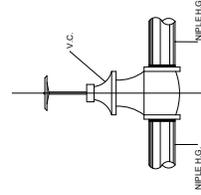
PLANTA CONTADOR

ESCALA 1/5"



PLANTA VALVULA DE COMPUERTA

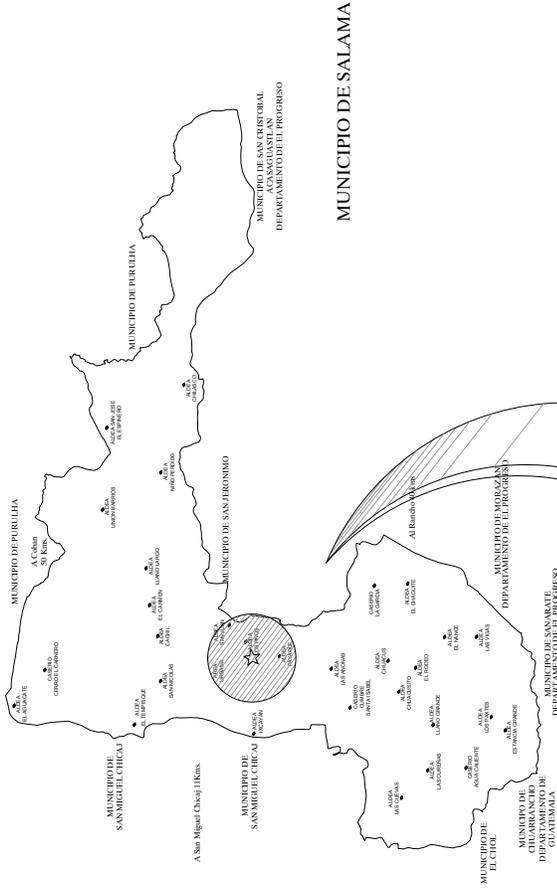
SIN ESCALA



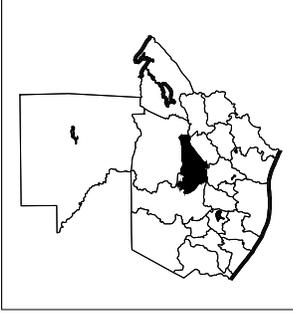
ELEVACION VALVULA DE LIMPIEZA

SIN ESCALA

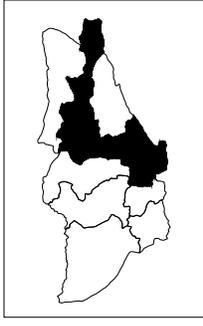
 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA DEPARTAMENTO DE INGENIERIA EN SISTEMAS DE AGUA POTABLE	
NOMBRE: DIBUJO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA NIÑO PEREADO	ESCALA: 1/50 FECHA: 2014 TITULO: DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA NIÑO PEREADO
CONEXION DOMICILIAR	
DISEÑADOR: JUAN CARLOS VILLARREAL MUNICIPIO: SAN CARLOS CANTON: SAN CARLOS	ASESOR: INGA. LAYRA REBECA GARCIA
PÁGINA: <b>9/9</b>	



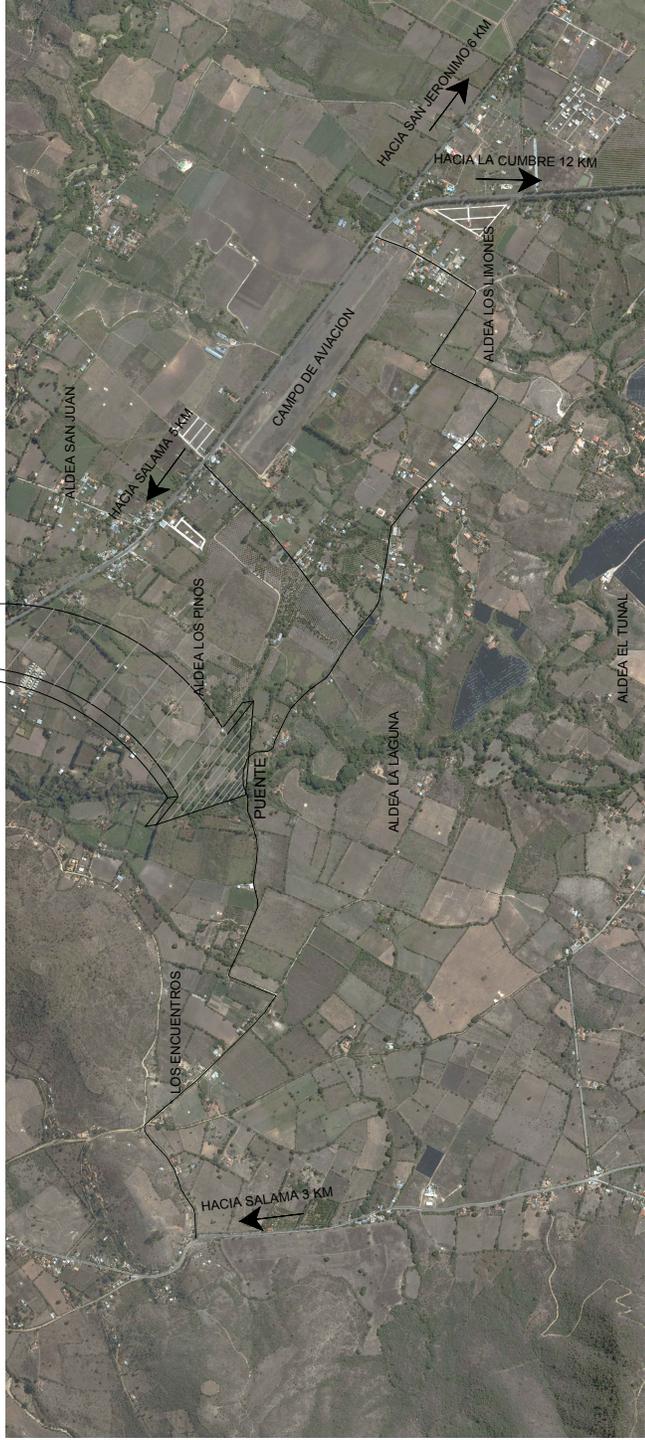
MUNICIPIO DE SALAMA



REPUBLICA DE GUATEMALA



DEPARTAMENTO DE BAJA VERAPAZ



ALDEA LOS PINOS, MUNICIPIO DE SALAMA, BAJA VERAPAZ

SIN ESCALA



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO  
MINISTERIO DE SALUD Y SEGURIDAD PUBLICA

PROYECTO: DISEÑO DE PUENTE VEHICULAR EN ALDEA LOS PINOS

FECHA: NOVIEMBRE 2014

UBICACION Y LOCALIZACION

FECHA: 15

UBICACION: MUNICIPIO DE SALAMA, DEPARTAMENTO DE BAJA VERAPAZ, GUATEMALA

FECHA: 15

INGENIERO: INGA. MAYRA REBECA GARCIA

**NOTAS:**  
**ESPECIFICACIONES GENERALES:**

DISEÑO: **BRIDGE DESIGN SPECIFICATIONS OF AMERICAN INSTITUTE OF STEEL CONSTRUCTION TRANSPORTATIONS OFFICIAL (AASHTO), QUINTA EDICIÓN 2010.**

2- CONSTRUCCIÓN: **NORMAS PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PUENTES: GUATEMALA 2013.**

3- CARGA VIVA: **HL-93 AASHTO.**

**MATERIALES:**

4- CONCRETO: **RESISTENCIA  $F_c = 4,000$  PSI = 281 KG/CM<sup>2</sup>.**

4.1- CONCRETO CLASE 28: **SE USARA CONCRETO CLASE 4000 CON ESFUERZO DE RUPURA A COMPRESION DE 40 MPAS. EL TIEMPO DE CURADO DE LA SUPERESTRUCTURA A LOS 28 DIAS EN EL TALLAR MAXIMO DEL AGREGADO GRUESO SERA DE 3.8 CENTIMETROS.**

4.2- CONCRETO CICLOPEO: **SE USARA CONCRETO CICLOPEO UNICAMENTE PARA LOS ESTIBOS. LA BUENA CALIDAD, LIBRE DE SEGREGACION, FRACTURAS, GRIETAS Y OTROS DEFECTOS ESTRUCTURALES QUE PUEDAN DEJAR EN PELIGRO LA SEGURIDAD DEL CONCRETO CICLOPEO SERA DE 7% CONCRETO DE RESISTENCIA 210 KG/CM<sup>2</sup> CON UNA PROPORCIÓN 1:2:2 Y 33% PIEDRA.**

5- ACERO DE REFUERZO: **SE USARA ACERO DE REFUERZO DE GRADO 60, EN CASO CONTRARIO SE USARA ACERO DE GRADO 70. EL ACERO DEBERA SER PLANO. SERA EN FORMA DE BARRAS CORRUGADAS DE ACUERDO CON LAS ESPECIFICACIONES M31-54 DE LA A.S.T.M. (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS).**

**ESPECIFICACIONES PARA RELLENO ESTRUCTURAL:**

6- **SE DEBE SUMINISTRAR MATERIAL GRANULAR DE TUBOS, MANTENIENDO LA LOCALIDAD DE TUBOS, TENDRAN DE SER ARJILLA, RAJES, CEBED U OTRO MATERIAL ORGANICO.**

7- **EL RELLENO DEBE SER CONSTRUIDO EN CAPAS SUCESIVAS HORIZONTALES Y DE TAL ESPESOR QUE PERMITA LA COMPACTACION ESPECIFICADA A CONTINUACION.**

8- **CADA CAPA SE DEBE COMPACTAR COMO MINIMO 80% DE LA DENSIDAD MAXIMA. LOS ULTIMADOS 20% DE LA DENSIDAD MAXIMA DEBERAN REALIZARSE CON UN COMPACTADOR COMO MINIMO AL 95% DE LA DENSIDAD MAXIMA DETERMINADA POR EL METODO CIADO.**

9- **LA COMPACTACION SE COMPROBARA EN EL CAMPO, DE PREFERENCIA MEDIANTE EL METODO ESCRITO DEL SUPERVISOR RESIDENTE. SE PUEDEN UTILIZAR OTROS METODOS TECNICOS.**

**VIARIOS:**

10- **Salvo que se indique lo contrario, se usara el siguiente recubrimiento en las barreras de seguridad: 10 CM DE BARRAS Y PARA LOS 1065 CENTIMETROS.**

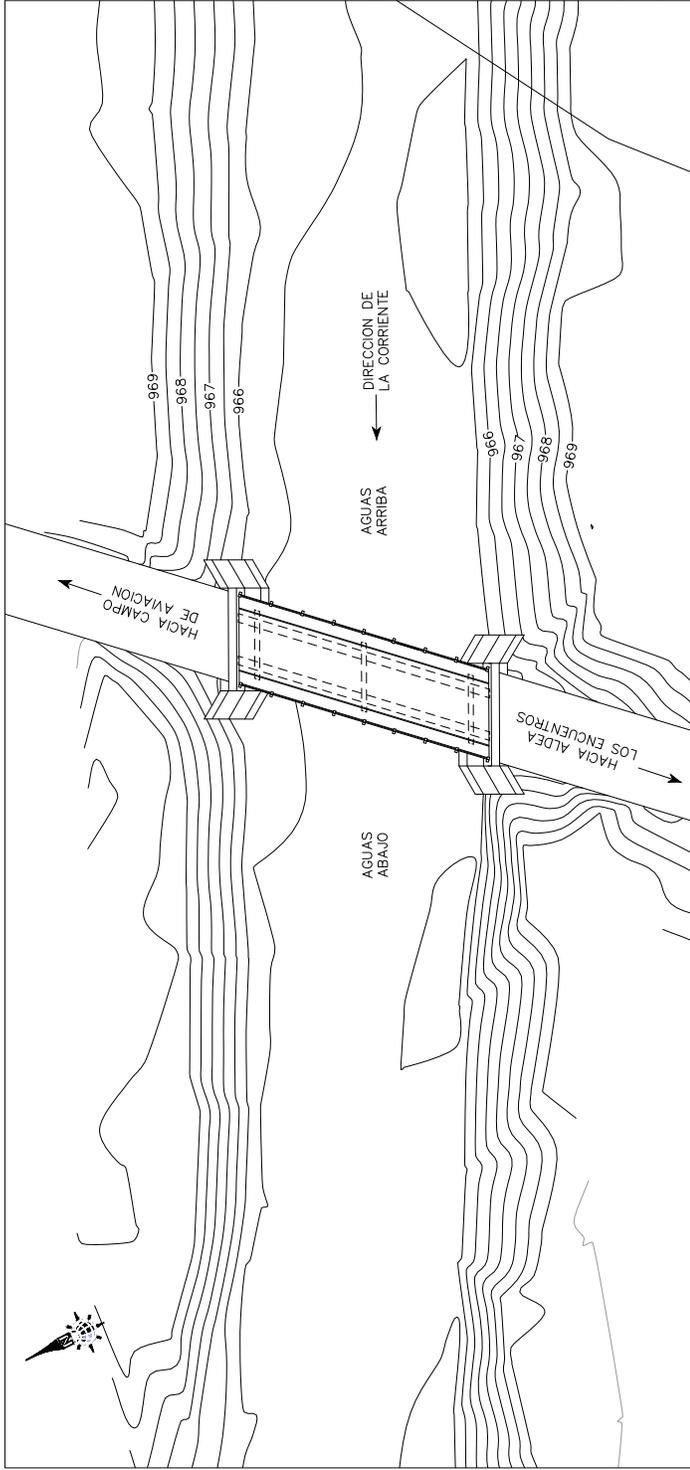
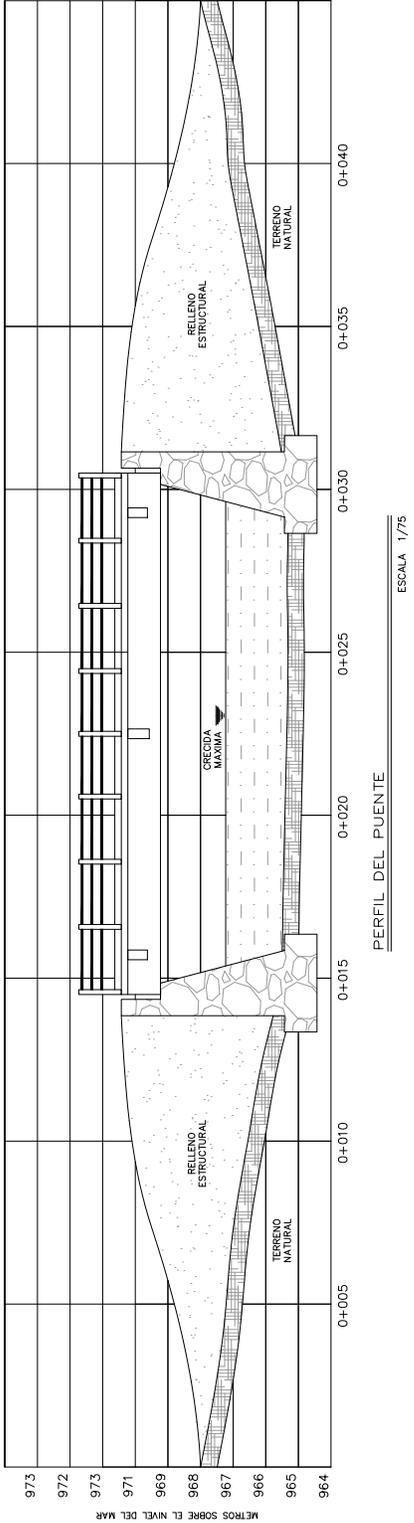
11- **TODAS LAS ARISTAS EXPUESTAS DEBERAN SER BISELADAS 2 CENTIMETROS.**

12- **Las formalitas y el acabado del concreto se haran segun la seccion 505 de la D.G.C.**

13- **Los traslapes de varillas, diámetros de 10 y 12 mm, deberan ser de 40 cm. Los traslapes deberan realizarse conforme a ACI 318-08. EN EL CUAL QUEDA ESTABLECIDO UNA LONGITUD DE 35 CM PARA EL ACERADO EN EL AREA DE LA BARRA DE REFUERZO. EL ACERO Y EL AREA DE LA BARRA DE REFUERZO.**

14- **Las dimensiones estan dadas en metros, salvo donde se indique otra cosa.**

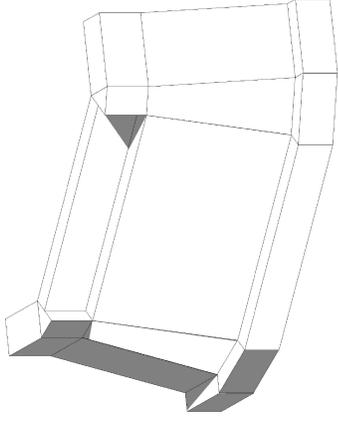
15- **Qualquier modificación que se haga en los planos se debera notificar, consultar y tener la autorización por escrito del ingeniero residente. En caso contrario el mismo no se hara responsable.**



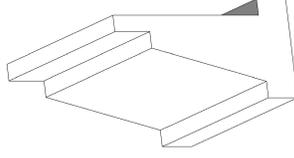
 <b>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA</b> FACULTAD DE INGENIERIA DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL	
TITULO: <b>DISEÑO DE PUENTE VEHICULAR EN ALDEA LOS PINOS</b>	FECHA: 2014
AUTOR: <b>ING. JAVIER REBECA GARCIA</b>	NUMERO: <b>25</b>



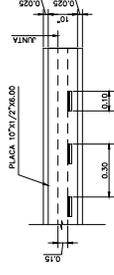




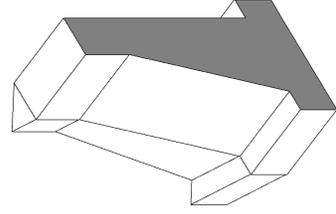
ESQUEMA ESTRIBO Y ALETONES  
SN ESCALA



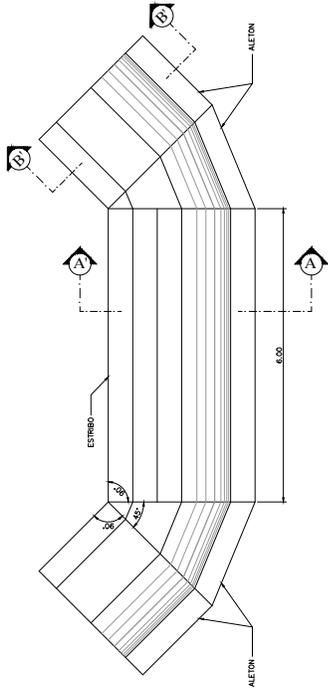
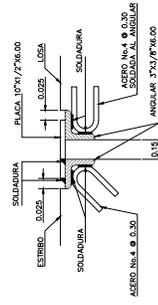
DETALLE DE JUNTA  
SN ESCALA



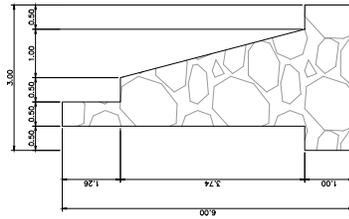
ESQUEMA ESTRIBO  
SN ESCALA



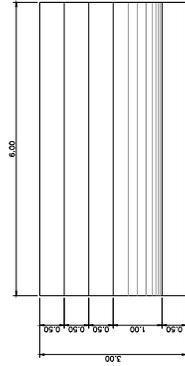
SECCION DE JUNTA  
SN ESCALA



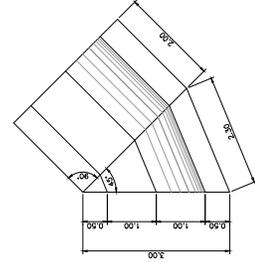
PLANTA ESTRIBO Y ALETONES  
ESCALA 1/25



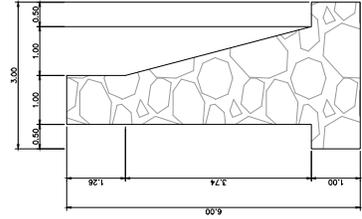
SECCION A-A ESTRIBO  
ESCALA 1/25



PLANTA ESTRIBO  
ESCALA 1/25



PLANTA ALETON  
ESCALA 1/25



SECCION B-B ALETON  
ESCALA 1/25

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA DIRECTORIO PROFESIONAL SUPERVISADO MINISTERIO DE SEGURIDAD PUBLICA	
PROYECTO: DISEÑO DE PUENTE VEHICULAR EN ALDEA LOS PINOS	FECHA: 10/04/2014 ESCALA: 2:01-4 TITULO: ESTRIBO Y ALETONES
DISEÑADOR: ING. MARCO ANTONIO VILLAR MUNICIPIO: MALAM DEPARTAMENTO: LOS PINOS	ASISTENTE: ING. MAYRA REBECA GARCIA
<b>5/5</b>	

# ANEXOS

## Anexo A. Resultados de análisis bacteriológico



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



---

EXAMEN BACTERIOLOGICO		No. <b>2196</b>	
O.T. No. 33 739		INF. No. A - 358643	
INTERESADO	EDWIN GEOVANI TURCIOS FLORES. (CARNE No. 200416097)	PROYECTO:	EPS" DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA NIÑO PERDIDO, SALAMA BAJA VERAPAZ"
MUESTRA RECOLECTADA POR	Interesado	DEPENDENCIA:	FACULTAD DE INGENIERIA/USAC
LUGAR DE RECOLECCIÓN DE LA MUESTRA:	Aldea Niño Perdido	FECHA Y HORA DE RECOLECCIÓN:	2014-09-23: 06 h00 min.
FUENTE:	Nacimiento	FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LABORATORIO:	2014-09-23: 10 h50 min.
MUNICIPIO:	Salamá	CONDICIONES DE TRANSPORTE:	Con refrigeración
DEPARTAMENTO:	Baja Verapaz		
SABOR:	-----	SUSTANCIAS EN SUSPENSIÓN	Reg. cantidad
ASPECTO:	Turbia	COLOR RESIDUAL	-----
OLOR:	Inodora		

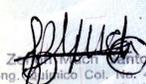
  

INVESTIGACION DE COLIFORMES (GRUPO COLI - AEROGENES)			
PRUEBAS NORMALES	PRUEBA PRESUNTIVA	PRUEBA CONFIRMATIVA	
		FORMACION DE GAS	
CANTIDAD SEMBRADA	FORMACION DE GAS - 35°C	TOTAL	FECAL 44.5 °C
10,00 cm <sup>3</sup>	+++++	+++++	++++-
01,00 cm <sup>3</sup>	+++++	+++++	++++-
00,10 cm <sup>3</sup>	+++++	+++++	+----
RESULTADO: NÚMERO MAS PROBABLE DE GÉRMENES COLIFORMES/100cm <sup>3</sup>		> 16 x 10 <sup>2</sup>	33

**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 4 010. SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES (SI), GUATEMALA.**

**OBSERVACIONES:** Bacteriológicamente el agua se enmarca en la CLASIFICACIÓN II, calidad bacteriológica que precisa la aplicación de los métodos habituales de tratamiento (coagulación, sedimentación, filtración, desinfección). Según normas internacionales de la Organización Mundial de la Salud para Fuentes de Agua.

Guatemala, 2014-10-03

  
 Vo.Bo. **Inga Telma Maricela Cano Morales**  
**DIRECTORA CII/USAC**

  
 Ing. Telma Maricela Cano Morales  
 MSc. Ingeniería Sanitaria  
 Jefa Técnico Laboratorio

---

FACULTAD DE INGENIERIA - USAC  
 Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12  
 Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121  
 Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.

## Anexo B Resultados de análisis físico químico sanitario



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



---

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO SANITARIO INF. No. 25-864

O.T. No. 33 739 No. 2195

INTERESADO: <u>EDWIN GEOVANI TURCIOS FLORES, CARNÉ No. 200416097</u>	PROYECTO: <u>EPS: "DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA NIÑO PERDIDO, SALAMÁ BAJA VERAPAZ"</u>
RECOLECTADA POR: <u>Interesado</u>	DEPENDENCIA: <u>Facultad de Ingeniería/USAC</u>
LUGAR DE RECOLECCIÓN: <u>Aldea Niño Perdido</u>	FECHA Y HORA DE RECOLECCIÓN: <u>2014-09-23; 06h00min.</u>
FUENTE: <u>Nacimiento</u>	FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LAB.: <u>2014-09-23; 10h50min.</u>
MUNICIPIO: <u>Salamá</u>	CONDICIÓN DEL TRANSPORTE: <u>Con refrigeración</u>
DEPARTAMENTO: <u>Baja Verapaz</u>	

---

**RESULTADOS**

1. ASPECTO: <u>Turbia</u>	4. OLOR: <u>Inodora</u>	7. TEMPERATURA: <u>28° C</u> <small>(En el momento de recolección)</small>
2. COLOR: <u>22,00 Unidades</u>	5. SABOR: <u>-----</u>	8 CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA <u>44,40 μmhos/cm</u>
3. TURBIEDAD: <u>15,40 UNT</u>	6.potencial de Hidrógeno (pH): <u>07,03 unidades</u>	

SUSTANCIAS	mg/L	SUSTANCIAS	mg/L	SUSTANCIAS	mg/L
1. AMONIACO (NH <sub>3</sub> )	00,09	6. CLORUROS (Cl)	07,50	11. SOLIDOS TOTALES	56,00
2. NITRITOS (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	00,000	7. FLUORUROS ( F <sup>-</sup> )	00,01	12. SOLIDOS VOLÁTILES	18,00
3. NITRATOS (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	08,00	8. SULFATOS (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	02,00	13. SOLIDOS FIJOS	38,00
4. CLORO RESIDUAL	--	9. HIERRO TOTAL (Fe)	00,50	14. SOLIDOS EN SUSPENSIÓN	08,00
5. MANGANESO (Mn)	00,044	10. DUREZA TOTAL	16,00	15. SOLIDOS DISUELTOS	24,00

---

**ALCALINIDAD (CLASIFICACIÓN)**

HIDROXIDOS mg/L	CARBONATOS mg/L	BICARBONATOS mg/L	ALCALINIDAD TOTAL mg/L
00,00	00,00	14,00	14,00

OTRAS DETERMINACIONES \_\_\_\_\_

**OBSERVACIONES:** Desde el punto de vista de la calidad Física ASPECTO Turbia (rechazable). Según normas internacionales de la Organización Mundial de la Salud para Fuentes de Agua.

TÉCNICA "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" DE LA A.P.H.A. - A.W.W.A.- W.E.F. 21<sup>ST</sup> EDITION 2 005, NORMAS COGUANOR NGO 4 010 ( SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES) Y 29001 ( AGUA POTABLE Y SUS DERIVADAS), GUATEMALA.

Guatemala, 2014-10-03

Vo.Bo.

**Inga. Telma Maricela Cano Morales**  
DIRECTORA CII/USAC



**Ing. Zoraida Cordero**  
MSc. en Ingeniería Sanitaria  
Jefe Técnico Laboratorio

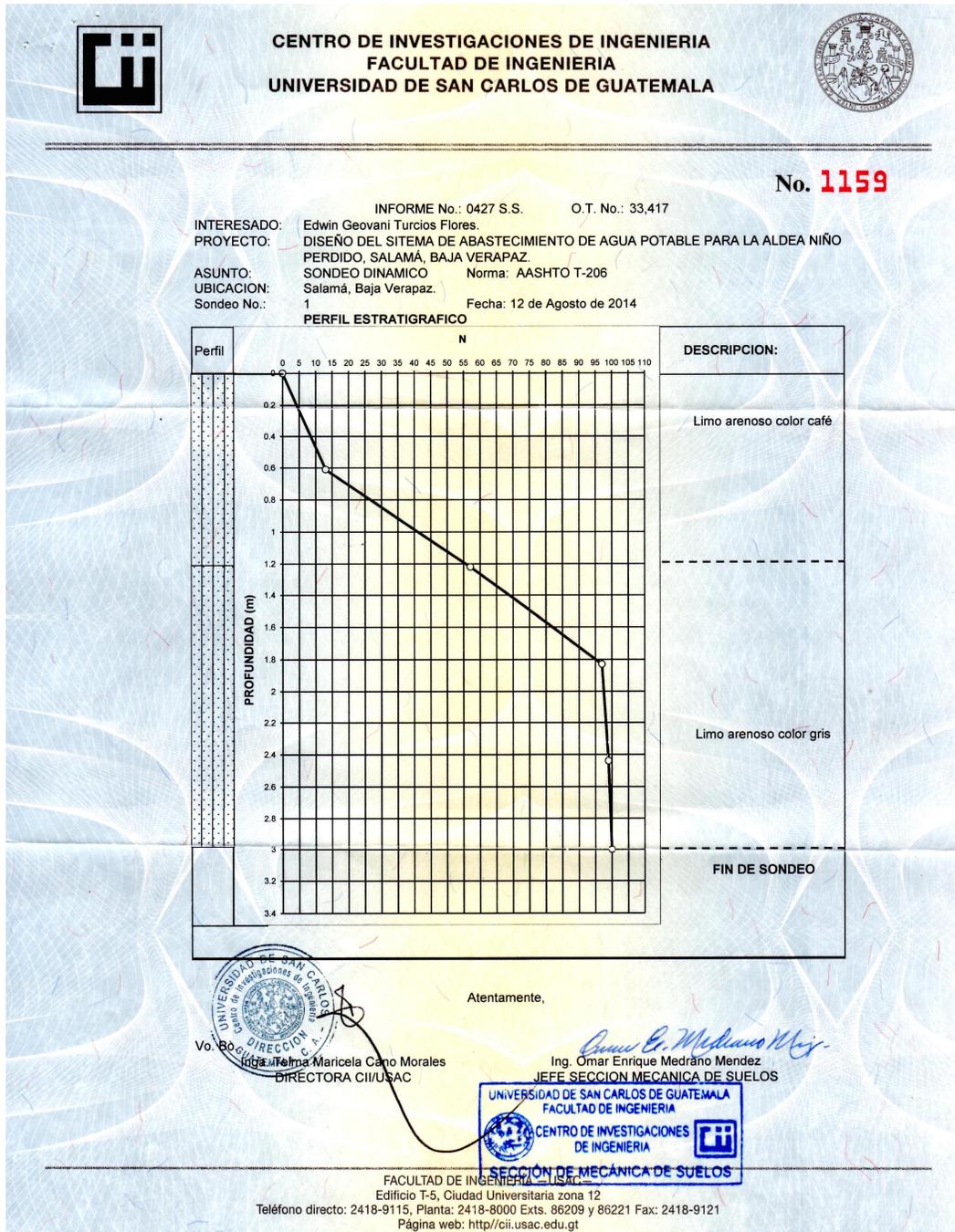


---

FACULTAD DE INGENIERÍA –USAC–  
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12  
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121  
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

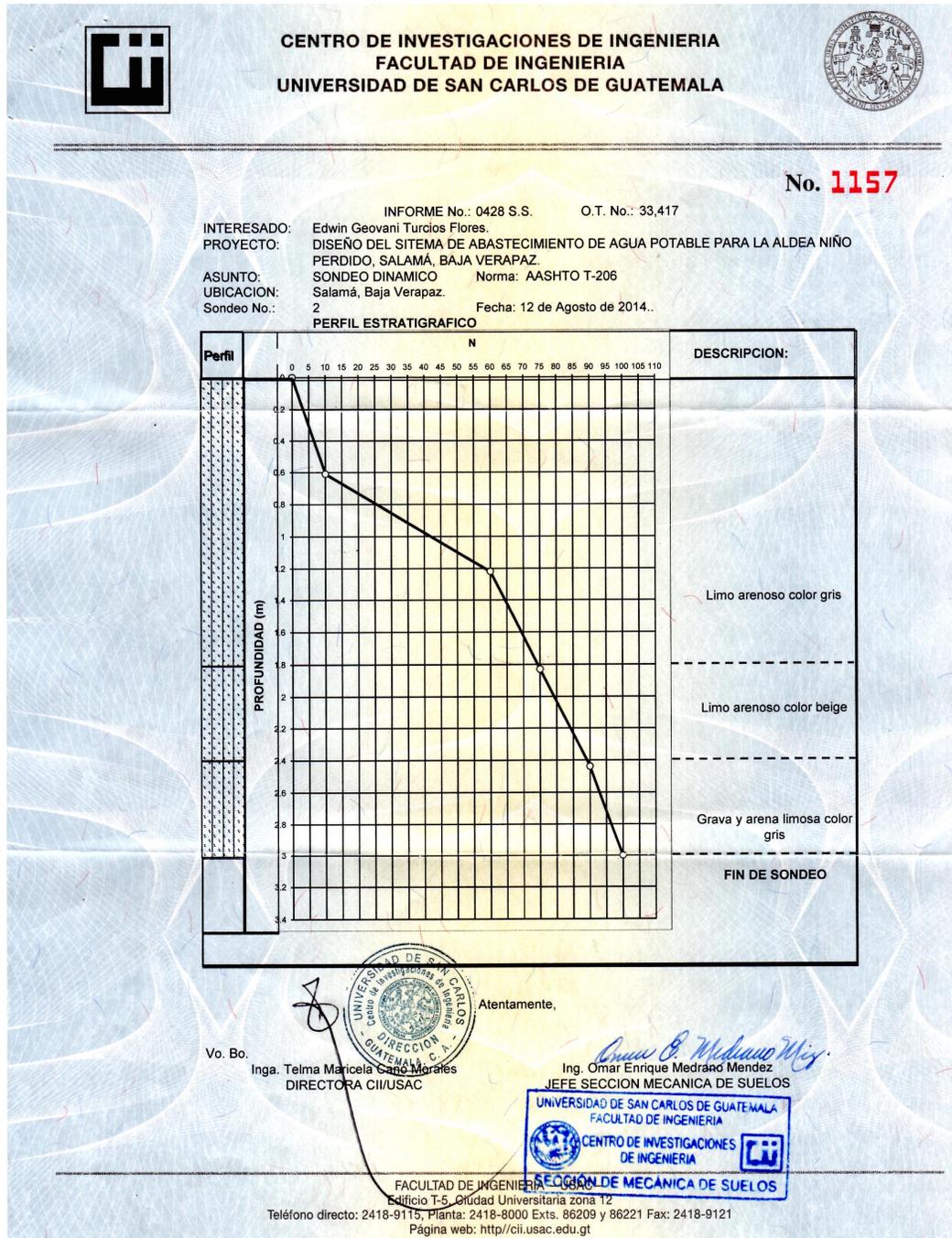
Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.

Anexo C Resultados estudio de suelos, sondeo 1



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.

Anexo C Resultados estudio de suelos, sondeo 2



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.