



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

**DISEÑO DE PUENTE VEHICULAR DE LA ALDEA SAN ANTONIO CHIQUITO  
Y RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO DEL CASERÍO COTOXAC DEL  
MUNICIPIO DE USPANTÁN, QUICHÉ**

**Lester Javier Escobar Prado**

Asesorado por el Ing. Ángel Roberto Sic García

Guatemala, mayo de 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE PUENTE VEHICULAR DE LA ALDEA SAN ANTONIO CHIQUITO  
Y RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO DEL CASERÍO COTOXAC DEL  
MUNICIPIO DE USPANTÁN, QUICHÉ**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**LESTER JAVIER ESCOBAR PRADO**  
ASESORADO POR EL ING. ÁNGEL ROBERTO SIC GARCÍA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO CIVIL**

GUATEMALA, MAYO DE 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Ángel Roberto Sic García
EXAMINADOR	Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
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 DE PUENTE VEHICULAR DE LA ALDEA SAN ANTONIO CHIQUITO Y RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO DEL CASERÍO COTOXAC DEL MUNICIPIO DE USPANTÁN, QUICHÉ**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha febrero de 2010.



Lester Javier Escobar Prado



Guatemala, 06 de febrero de 2012  
Ref.EPS.DOC.271.02.12

Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano  
Directora Unidad de EPS  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimada Ingeniera Sarmiento Zeceña.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Lester Javier Escobar Prado** de la Carrera de Ingeniería Civil, con carné No. **200413449**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **“DISEÑO DE PUENTE VEHICULAR DE LA ALDEA SAN ANTONIO CHIQUITO Y RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO DEL CASERÍO COTOXAC DEL MUNICIPIO DE USPANTÁN, QUICHÉ”**.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”

Ing. Ángel Roberto Sic García  
Asesor-Supervisor de EPS  
Área de Ingeniería Civil



c.c. Archivo  
ARSG/ra



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
www.ingenieria-usac.edu.gt



Guatemala,  
13 de febrero de 2012

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 DE PUENTE VEHICULAR DE LA ALDEA SAN ANTONIO CHIQUITO Y RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO DEL CASERÍO COTOXAC DEL MUNICIPIO DE USPANTÁN, QUICHÉ,** desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Lester Javier Escobar Prado, quien contó con la asesoría del Ing. Ángel Roberto Sic García.

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 INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO  
DE  
HIDRAULICA  
USAC

/bbdeb.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
www.ingenieria-usac.edu.gt



Guatemala,  
20 de marzo de 2012

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 DE PUENTE VEHICULAR DE LA ALDEA SAN ANTONIO CHIQUITO Y RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO DEL CASERÍO COTOXAC DEL MUNICIPIO DE USPANTÁN, QUICHÉ**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Lester Javier Escobar Prado, quien contó con la asesoría del Ing. Ángel Roberto Sic García.

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.



Guatemala, 18 de abril de 2012  
Ref.EPS.D.425.04.12

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 DE PUENTE VEHICULAR DE LA ALDEA SAN ANTONIO CHIQUITO Y RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO DEL CASERÍO COTOXAC DEL MUNICIPIO DE USPANTÁN, QUICHÉ"** que fue desarrollado por el estudiante universitario **Lester Javier Escobar Prado**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Ángel Roberto Sic García.

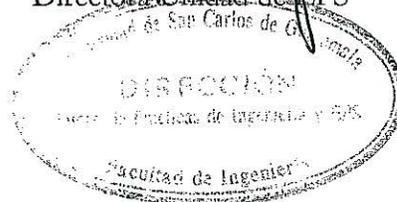
Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor - Supervisor de EPS, en mi calidad de Directora apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

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



NISZ/ra



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
www.ingenieria-usac.edu.gt



El Director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Ángel Roberto Sic García y de la Directora de la Unidad de E.P.S. Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano, al trabajo de graduación del estudiante Lester Javier Escobar Prado, titulado **DISEÑO DE PUENTE VEHICULAR DE LA ALDEA SAN ANTONIO CHIQUITO Y RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO DEL CASERÍO COTOXAC DEL MUNICIPIO DE USPANTÁN, QUICHÉ**, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

  
Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco  
Director de Escuela Ingeniería Civil

  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL  
DIRECTOR  
FACULTAD DE INGENIERIA

Guatemala, mayo de 2012

/bbdeb.



DTG. 198.2011

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 DE PUENTE VEHÍCULAR DE LA ALDEA SAN ANTONIO CHIQUITO Y RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO DEL CASERÍO COTOXAC DEL MUNICIPIO DE USPANTÁN, QUICHÉ**, presentado por el estudiante universitario **Lester Javier Escobar Prado**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno  
Decano en Funciones

Guatemala, 11 de mayo de 2012

/gdech



## **AGRADECIMIENTOS A:**

- Dios** Por acompañarme en cada momento de mi vida.
- Mis padres** Lic. Edgar Escobar Medrano, Miriam del Carmen Prado de Escobar, por brindarme todo su apoyo a lo largo de mi carrera.
- Mis hermanos** Ing. Herbert Escobar, Edgar Estuardo Escobar, por el apoyo que me brindaron.
- Mis abuelos** Mery vda. de Escobar y Carlos Prado por sus consejos y apoyo a lo largo de mi vida y carrera.
- Mi familia** Por sus oraciones, cariño, palabras de ánimo, su confianza y por su apoyo incondicional además de compartir su sabiduría conmigo.
- Mis amigos** Por todos los momentos que hemos compartido a lo largo de la carrera, la amistad sincera y el apoyo que me han brindado.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS.....	XI
GLOSARIO.....	XIII
RESUMEN.....	XVII
OBJETIVOS.....	XIX
INTRODUCCIÓN.....	XXI
1. FASE DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.1. Generalidades.....	1
1.1.1. Ubicación y localización.....	1
1.1.2. Accesos y comunicaciones.....	2
1.1.3. Topografía.....	2
1.1.4. Aspectos climáticos.....	2
1.1.5. Servicios públicos.....	3
1.1.6. Actividades económicas.....	3
1.1.7. Población.....	3
1.2. Principales necesidades del municipio.....	4
1.2.1. Descripción de las necesidades.....	5
1.2.2. Priorización de las necesidades.....	5
2. DISEÑO DE PUENTE VEHICULAR DE LA ALDEA SAN ANTONIO CHIQUITO DEL MUNICIPIO DE USPANTAN, QUICHÉ.....	7
2.1. Descripción del proyecto.....	7
2.2. Generalidades.....	7
2.3. Descripción del puente.....	9

2.4.	Estudio hidrológico .....	9
2.4.1.	Cálculo del caudal máximo .....	10
2.5.	Levantamiento topográfico .....	11
2.5.1.	Altimetría .....	12
2.5.2.	Planimetría .....	12
2.5.3.	Curvas de nivel.....	12
2.5.4.	Estudios de suelos .....	12
2.5.4.1.	Ensayo triaxial .....	13
2.6.	Diseño estructural del puente.....	15
2.6.1.	Datos para diseño .....	15
2.6.2.	Diseño de la superestructura.....	16
2.6.2.1.	Diseño de losa.....	17
2.6.2.1.1.	Cálculo de peralte .....	17
2.6.2.1.2.	Cálculo de momento .....	18
2.6.2.1.3.	Cálculo de refuerzo.....	21
2.6.2.2.	Diseño de vigas .....	24
2.6.2.2.1.	Cálculo de peralte y base .....	24
2.6.2.2.2.	Cálculo de momentos ...	25
2.6.2.2.3.	Cálculo de refuerzo.....	29
2.6.2.2.4.	Diseño a corte.....	31
2.6.2.2.5.	Refuerzo a corte .....	34
2.6.2.3.	Diseño de diafragma.....	36
2.6.2.3.1.	Cálculo de base y altura.....	36
2.6.2.3.2.	Cálculo de refuerzo.....	37
2.6.2.4.	Diseño barandales.....	40
2.6.2.5.	Diseño de acera.....	40
2.6.3.	Diseño de la subestructura.....	41

2.6.3.1.	Diseño de cortina.....	41
2.6.3.1.1.	Fuerza longitudinal.....	43
2.6.3.1.2.	Fuerza de sismo .....	43
2.6.3.1.3.	Fuerza de empuje de la tierra .....	44
2.6.3.1.4.	Momento de diseño .....	44
2.6.3.1.5.	Refuerzo a flexión .....	45
2.6.3.1.6.	Refuerzo por corte .....	46
2.6.3.2.	Diseño de la viga de apoyo .....	48
2.6.3.3.	Diseño de estribo.....	55
2.6.3.3.1.	Chequeos por volteo, deslizamiento y presiones.....	57
2.7.	Elaboración de planos .....	62
2.8.	Elaboración de presupuesto .....	63
2.9.	Estudio de impacto ambiental .....	72
2.9.1.	Generalidades .....	72
2.9.2.	Evaluación de impacto ambiental proyecto puente vehicular en la aldea San Antonio Chiquito .....	74
2.9.3.	Impactos ambientales determinados durante la construcción y operación.....	75
2.9.4.	Recomendaciones de la evaluación de impacto ambiental y la viabilidad ambiental del proyecto .....	79
2.9.5.	Mantenimiento preventivo.....	79

3.	DISEÑO DE RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO DEL CASERÍO COTOXAC DEL MUNICIPIO DE USPANTAN, QUICHÉ .....	81
3.1.	Descripción del proyecto .....	81
3.2.	Levantamiento topográfico .....	82
3.2.1.	Altimetría .....	82
3.2.2.	Planimetría .....	83
3.3.	Localización de la descarga .....	83
3.4.	Periodo de diseño .....	83
3.5.	Población de diseño .....	83
3.6.	Dotación .....	84
3.7.	Factor de retorno .....	85
3.8.	Factor de <i>Harmond</i> (FH) .....	85
3.9.	Caudal sanitario .....	85
3.9.1.	Caudal domiciliar .....	86
3.9.2.	Caudal de infiltración .....	86
3.9.3.	Caudal de conexiones ilícitas .....	87
3.9.4.	Caudal industrial.....	88
3.9.5.	Caudal comercial.....	88
3.10.	Factor de caudal medio ( $f_{qm}$ ) .....	88
3.11.	Caudal de diseño .....	89
3.12.	Diseño de la red .....	90
3.12.1.	Diseño de secciones y pendientes .....	91
3.12.2.	Velocidades máximas y mínimas .....	92
3.12.3.	Diámetros de tubería.....	92
3.12.4.	Cotas invert .....	93
3.13.	Obras de arte .....	93
3.13.1.	Pozos de visita .....	93
3.13.2.	Conexiones domiciliars.....	94
3.13.3.	Caja o candela.....	95

3.14.	Ejemplo cálculo tramo de red de drenaje .....	95
3.15.	Propuesta de tratamiento aguas residuales .....	101
3.15.1.	Diseño fosa séptica .....	102
3.15.2.	Cálculo pozo de absorción .....	104
3.16.	Presupuesto del proyecto .....	104
3.17.	Estudio de impacto ambiental .....	109
3.17.1.	Impactos ambientales en fase de construcción...	110
3.17.2.	Impactos ambientales en fase de operación .....	110
3.17.3.	Medidas de mitigación.....	111
3.17.3.1.	Plan de seguridad .....	111
3.17.3.2.	Plan de manejo de desechos.....	112
3.17.4.	Programa de operación y mantenimiento para la red de drenaje sanitario .....	113
3.17.5.	Evaluación socioeconómica .....	115
3.17.5.1.	Valor Presente Neto.....	115
3.17.5.2.	Tasa Interna de Retorno .....	117
	CONCLUSIONES .....	119
	RECOMENDACIONES .....	121
	BIBLIOGRAFÍA .....	123
	ANEXOS .....	125



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Mapa municipio de Uspantán.....	6
2.	Geometría de superestructura .....	16
3.	Diagrama de momentos losa .....	18
4.	Carga viva estándar de camiones H .....	20
5.	Detalle armado losa .....	24
6.	Detalle viga principal .....	25
7.	Diagrama de carga viva (condición crítica) .....	27
8.	Diagrama de corte viga principal .....	32
9.	Determinación de cargas a corte .....	33
10.	Sección viga principal.....	35
11.	Sección viga principal.....	36
12.	Detalle diafragmas externos.....	38
13.	Detalle de armado de diafragma interno .....	40
14.	Diagrama de cargas y armado del poste.....	41
15.	Diagrama de presiones .....	42
16.	Diagrama de cargas y momentos viga de apoyo .....	49
17.	Detalle armado de viga de apoyo y cortina .....	54
18.	Dimensiones y diagrama de presiones estribos.....	55
19.	Detalle fosa séptica .....	102
20.	Diagrama de flujo .....	116

## TABLAS

I.	Tabla población alfabeta y analfabeta municipio de Uspantán .....	4
II.	Valor soporte de acuerdo al tipo de suelo.....	14
III.	Resumen valores carga muerta .....	19
IV.	Resumen valores carga muerta .....	26
V.	Valores de Vcm viga principal.....	33
VI.	Resumen valores carga muerta .....	48
VII.	Datos cálculo momento de volteo estribos.....	56
VIII.	Valores momento estabilizante .....	56
IX.	Valores momento de volteo .....	61
X.	Presupuesto proyecto puente aldea San Antonio Chiquito .....	63
XI.	Resumen costos materiales y mano de obra puente aldea San Antonio Chiquito .....	71
XII.	Integración presupuesto final puente aldea San Antonio Chiquito...	72
XIII.	Impactos ambientales negativos generados durante la construcción .....	75
XIV.	Impactos ambientales negativos generados durante la operación ..	76
XV.	Medidas de mitigación en la construcción y operación .....	77
XVI.	Costos medidas de mitigación en la construcción y operación .....	78
XVII.	Resumen parámetros de diseño .....	89
XVIII.	Valores relaciones hidráulicas sección circular .....	100
XIX.	Factores utilizados .....	105
XX.	Profundidades mínimas de tubería de PVC .....	106
XXI.	Presupuestos trabajos campo.....	106
XXII.	Presupuesto materiales en general .....	107
XXIII.	Presupuesto mano de obra general .....	108
XXIV.	Integración presupuesto total.....	108
XXV.	Resumen posibles problemas mantenimiento operación.....	113

XXVI. Cronograma proyecto drenaje sanitario caserío Cotoxac,  
municipio de Uspantán, Quiché..... 114



## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>Asv</b>	Área de acero a corte
<b>As</b>	Área de acero de refuerzo
<b>CM</b>	Carga muerta
<b>CV</b>	Carga viva
<b>cm</b>	Centímetros
<b>Ha</b>	Hectáreas
<b>kg</b>	Kilogramos
<b>kg/cm<sup>2</sup></b>	Kilogramos por centímetro cuadrado
<b>km</b>	Kilómetros
<b>psi</b>	Libras por pulgada cuadrada
<b>l</b>	Litros
<b>m</b>	Metros
<b>m<sup>2</sup></b>	Metros cuadrados
<b>M</b>	Momento
<b>Mu</b>	Momento último
<b>Fy</b>	Resistencia del acero
<b>f'c</b>	Resistencia del concreto
<b>Σ</b>	Sumatoria
<b>T</b>	Toneladas
<b>Vs</b>	Valor soporte del suelo
<b>V</b>	Velocidad



## GLOSARIO

<b>ACI</b>	American Concrete Institute.
<b>AASHTO</b>	American Association of State Highway and Transportation Officials.
<b>Ángulo</b>	Es la menor o mayor abertura que forman entre sí dos líneas o dos planos que se cortan.
<b>Balasto</b>	Material compuesto por grava y arena adecuadamente graduado y resistente al desgaste que se coloca sobre la subrasante terminada de una carretera, con el objeto de protegerla.
<b>Carga de diseño</b>	Carga última, que se utiliza en el diseño de los elementos estructurales de una edificación.
<b>Carga muerta</b>	Es la carga permanente que deberá soportar una estructura.
<b>Carga viva</b>	Es la carga no permanente sobre una estructura, se estima que podrá trasladarse en el futuro de un lugar a otro, debe tomarse siempre en cuenta para que no ocasione cambios estructurales.

<b>Concreto reforzado</b>	Material de construcción, con aspecto de piedra obtenido de una mezcla cuidadosamente proporcionada de cemento, arena, grava y agua; todo esto combinado con el acero, que es un elemento homogéneo, usualmente reticular, cuyas características atómicas lo hacen resistente a esfuerzos de tensión.
<b>Concreto ciclópeo</b>	Material de construcción con aspecto de piedra, obtenido de una mezcla de cemento, arena, piedra y agua. A diferencia del concreto reforzado los áridos son mucho más gruesos.
<b>Corte</b>	Es la excavación que se realiza en el terreno de conformidad con el trazo de la carretera o camino. Se realiza a media ladera o en trinchera.
<b>Drenajes</b>	Obras adicionales que controlan las condiciones de flujo de agua en terracerías y mejoran las condiciones de estabilidad en cortes, terraplenes y pavimentos.
<b>Especificaciones</b>	Son normas generales y técnicas de construcción contenidas en un proyecto, disposiciones o cualquier otro documento que se emita antes o durante la ejecución de un proyecto.

<b>Puente</b>	Estructura que permite pasar el tráfico de un punto a otro, a través de cualquier interrupción.
<b>Sección típica</b>	Es la sección que permanece constante la mayoría de las veces en toda la extensión de la carretera.
<b>Subestructura</b>	Parte de la estructura de un puente, constituida por los estribos, siendo éstos los apoyos extremos de la superestructura, que sirven para transmitir las cargas de ésta al suelo y para contener el relleno estructural o terraplén de la carretera.
<b>Valor soporte</b>	Capacidad de carga de un suelo. En unidades de fuerza por unidad de área.



## RESUMEN

El Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) tiene como finalidad ofrecer servicios técnicos y profesionales en el medio real del país, donde se utilizarán los conocimientos adquiridos durante la formación académica y ponerlos en práctica en la planificación y diseño de proyectos.

Quiché es un departamento bastante vulnerable a desastres naturales, ya que en esta área pasa la falla del Polochic, debido a sus características geográficas, los municipios del departamento se ven afectados por el invierno que provoca daños en las comunidades, causando pérdidas irreparables, económicas y sociales a sus habitantes. La villa de Uspantán es un municipio en vía de desarrollo. Sus principales problemas lo conforman según diagnósticos realizados por la Organización Municipal de Planificación, vías de acceso y falta de servicios.

Dentro de la realización del diseño del puente vehicular se realizaron estudios económico y social para determinar varios factores tales como necesidades de la población en cuanto a vías de acceso hacia su comunidad, transporte de cultivos, además se desarrollaron los estudios técnicos necesarios. Con el diseño y la posterior construcción de dicho puente se beneficiará en gran parte a la comunidad para mejoras en sus condiciones de vida, ya que ayudaría a mejorar sus ingresos.

De la misma manera, para el diseño del sistema de drenaje sanitario del Caserío Cotoxac se realizó un estudio técnico para tomar los criterios de diseño tales como, ubicación de los pozos de visita, colector, candelas, entre otros. Además se conversó con representantes de la comunidad acerca de la necesidad que existe para la construcción de este proyecto.

## **OBJETIVOS**

### **General**

Diseño del puente vehicular para la aldea San Antonio Chiquito y de la red de alcantarillado sanitario del caserío Cotoxac, Uspantán, del departamento de Quiché.

### **Específicos**

1. Poner en práctica los conocimientos adquiridos en la carrera de Ingeniería Civil, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, al momento de desarrollar el Ejercicio Profesional Supervisado.
2. Realizar una investigación de tipo monográfica y diagnosticar las necesidades primordiales en cuanto a servicios básicos e infraestructura para el municipio de Uspantán.
3. Contribuir con los habitantes del municipio de Uspantán del departamento de Quiché a mejorar su infraestructura.
4. Realizar el diseño de los proyectos puente vehicular para la aldea San Antonio Chiquito y red de alcantarillado sanitario del caserío Cotoxac.
5. Elaborar los planos, presupuestos y documentos de los estudios de cada proyecto.



## INTRODUCCIÓN

La comunicación vial es un factor importante en el desarrollo de cualquier comunidad, con la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado la Facultad de Ingeniería busca crear conciencia social en el estudiante y como resultado promover ayuda en diferentes áreas del país.

El presente trabajo de graduación contiene los diseños del puente vehicular para la aldea San Antonio Chiquito y red de alcantarillado sanitario del caserío Cotoxac, municipio de Uspantán, del departamento de Quiché, los que fueron propuestos por el consejo municipal y los vecinos de lugar, este tipo de proyectos generan desarrollo y permiten contar con mejor acceso a los servicios básicos como salud, educación y recreación, necesarios para bienestar de toda la población.

El capítulo uno incluye la monografía del municipio de Uspantán, del departamento de Quiché donde se detallan aspectos de clima y socioeconómicos del lugar. Dentro del capítulo dos se presenta el diseño del puente vehicular para la aldea San Antonio Chiquito así como los criterios utilizados para su elaboración, el presupuesto y la evaluación de impacto ambiental para el proyecto.

En el capítulo tres se presenta el diseño de red de alcantarillado sanitario para el caserío Cotoxac, municipio de Uspantán, del departamento de Quiché; siguiendo las especificaciones de diseño aplicables, el presupuesto y la evaluación de impacto ambiental del proyecto. Finalmente se incluyen las conclusiones y recomendaciones de acuerdo a lo realizado.



# **1. FASE DE INVESTIGACIÓN**

## **1.1. Generalidades**

El municipio de Uspantán pertenece al departamento de Quiché, el cual se encuentra situado en la región noroccidental de Guatemala. Limita al norte con México; al sur con los departamentos de Chimaltenango y Sololá; al este con los departamentos de Alta Verapaz y Baja Verapaz; y al oeste con los departamentos de Totonicapán y Huehuetenango.

Uspantán fue reconocido como municipio el 11 de octubre de 1825 por La Primera Asamblea Nacional Constituyente, al decretarse La Ley Cuarta, perteneciendo al departamento de Totonicapán, antes llamado Alcaldía Mayor de Totonicapán. El 12 de Agosto de 1872 se creó el departamento de Quiché con municipios desmembrados de Totonicapán y Sololá, entre los que incluyó a Uspantán.

### **1.1.1. Ubicación y localización**

El municipio de Uspantán, colinda al norte el caserío Santa Catarina Cotoxac y Piedras Negra, al sur Caserío San Antonio Chiquito y caserío San Lucas, al este con el caserío Xejul, y al oeste caserío Tierra Blanca Jacubi. Se ubica al norte del departamento de Quiché.

### **1.1.2. Accesos y comunicaciones**

La principal vía de acceso con el municipio de Uspantán, es a través de un camino de asfalto de 95 kilómetros que empieza de Santa Cruz del Quiché hasta llegar a Uspantán, y desde la capital de Guatemala hay una distancia de 267 kilómetros, también hay otra entrada de terracería por el lado del municipio de San Andrés.

### **1.1.3. Topografía**

La topografía del municipio es irregular, ya que presenta algunas montañas, cerros, lomas, parajes y peñas. El suelo es de vocación forestal. Usualmente utilizado para el cultivo de granos básicos.

### **1.1.4. Aspectos climáticos**

Su clima se clasifica como cálido pero se puede decir que es una de las áreas del departamento con mayor precipitación en época de invierno, en el casco urbano para los meses de octubre hasta enero se encuentra con mucho frío. Tiene una temperatura promedio entre 12 grados a 30 grados centígrados. Las temperaturas más bajas son en la zona Alta, mientras que las temperaturas más altas son en la zona Reyna. El promedio de precipitación pluvial está entre 2 000 y 6 500 mm anual en dependencia de la micro región de la que se trate.

### **1.1.5. Servicios públicos**

El servicio de energía eléctrica, cubre el 50 por ciento el casco urbano, no tocando el área de la zona Reyna que no cuenta con luz. En todas las calles del casco urbano cuentan con luz.

### **1.1.6. Actividades económicas**

Existen dos fuentes de ingresos, entre las cuales se definen las siguientes:

- La principal es el cultivo de maíz, frijol y ejote, productos que comercializan en el mercado y auto consumo.
- Aporte de mano de obra para labores agrícolas.

### **1.1.7. Población**

Según datos del censo del 2009, realizado por el Hospital de Uspantán, la población es de 55 185 habitantes y el 92,04 por ciento de la población indígena habla Quiché. La población restante es gente ladina con un 7,6 por ciento de idioma español.

Tabla I. **Población alfabeta y analfabeta municipio de Uspantán**

<b>Población alfabeta y analfabeta</b>	
POBLACION ANALFABETA	12 229
POBLACION ALFABETA	9 211
POBLACION DE 15 AÑOS Y MAS	21 440
INDICE DE ANALFABETISMO	57,04%

Fuente: <http://www.inforpressca.com/uspantan/mapa.php>. Consulta: 2 de septiembre 2011.

## **1.2. Principales necesidades del municipio**

En Guatemala, gran parte de las redes de drenajes se encuentran en una situación crítica. La falta de mantenimiento, introducción y sustitución ha tenido como consecuencia el colapso total de las redes de drenajes, ocurriendo así grandes inundaciones, deslaves y enfermedades por no tener el servicio adecuado de drenajes.

Las tuberías existentes en Guatemala fueron proyectadas y calculadas para cierta población, menor a la actual, poniendo en evidencia las deficiencias del sistema ya obsoleto para atender la demanda que actualmente se genera.

### **1.2.1. Descripción de las necesidades**

Son varias las necesidades que se presentan en la aldea San Antonio Chiquito, pero lo más urgente es el puente vehicular, ya que la gente tiene que caminar varias horas para vender su producto.

Así también los habitantes del caserío Cotoxac, municipio de Uspantán, departamento de Quiché, carecen de una adecuada red de alcantarillado sanitario, lo que mejorará su calidad de vida.

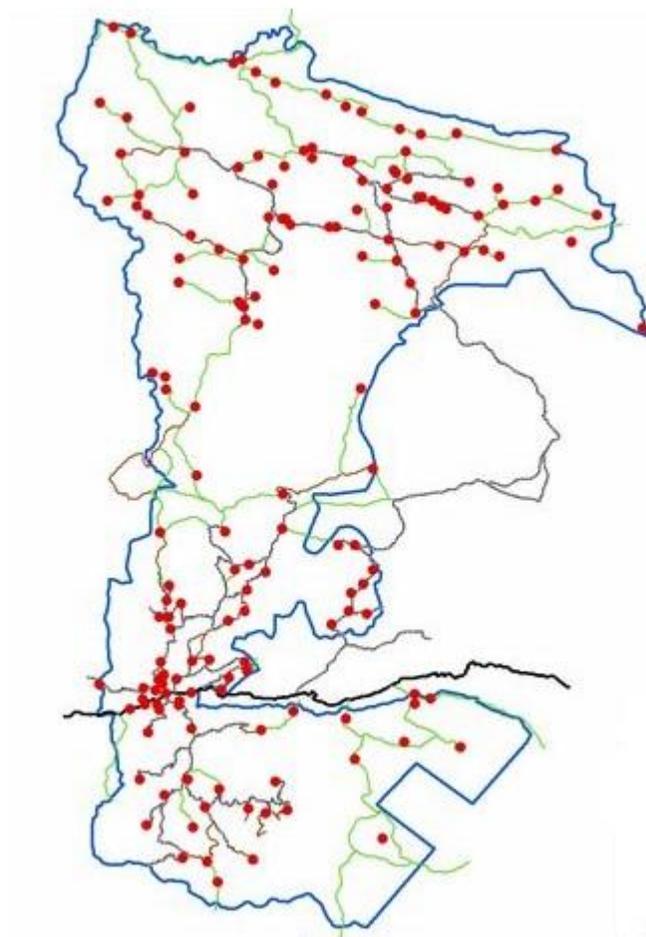
### **1.2.2. Priorización de las necesidades**

Para la aldea San Antonio Chiquito, la falta de una vía de comunicación ha provocado que la gente tenga que pasar por un puente que está en mal estado, ocasionando algunos accidentes.

La alternativa de seleccionar la construcción del puente vehicular en la aldea San Antonio Chiquito, se hizo en función de dos motivos: primero por el beneficio que representa para un sector grande de la población del municipio, y el segundo es que la construcción del puente facilitará la salida de sus productos.

Para el caserío Cotoxac es prioridad su red de alcantarillado sanitario. Con la implementación de este proyecto se mejora la calidad de vida de todos sus habitantes, así como reducir las enfermedades gastrointestinales en la comunidad.

Figura 1. **Mapa municipio de Uspantán**



Fuente: <http://www.inforpressca.com/uspantan/mapa.php>. Consulta 2 de septiembre de 2011.

## **2. DISEÑO DE PUENTE VEHICULAR DE LA ALDEA SAN ANTONIO CHIQUITO DEL MUNICIPIO DE USPANTÁN, QUICHÉ**

### **2.1. Descripción del proyecto**

El objetivo del proyecto es el de mejorar las vías de comunicación de los habitantes de la aldea San Antonio Chiquito, municipio de Uspantán con el resto de municipios del departamento de Quiché, por medio de un puente vehicular que les permitirá mayores facilidades de trasladarse.

### **2.2. Generalidades**

Para el presente trabajo se consideraron las especificaciones para el diseño de puentes de concreto reforzado recomendadas por la AASHTO y las especificaciones del ACI para el diseño de estructuras de concreto reforzado.

Para la superestructura se deben de tomar en cuenta de manera particular las siguientes recomendaciones:

- Se debe colocar una capa de 5 centímetros de asfalto para proteger la superficie del concreto y eliminar irregularidades en su superficie.
- Todos los elementos de acero estructural del puente deben cubrirse con doble capa de pintura anticorrosiva de diferente color.

- Todas las soldaduras deben realizarse de acuerdo a lo indicado en las normas aplicables.

Para la subestructura se deben tomar en cuenta de manera particular las siguientes recomendaciones:

- Los estribos deben ser diseñados de acuerdo a la capacidad soporte definido.
- No usar bancos de materiales cercanos al cauce del río, que puedan ocasionar socavación en el futuro.
- Debe preverse el adecuado drenaje a los estribos para mejorar su funcionamiento.

Los requisitos de la AASHTO para puentes de concreto reforzado considerados son los siguientes:

- Recubrimientos (AASHTO 8.22): medidos del rostro de la barra a la superficie del concreto son 8 centímetros para cimientos y muros, para losas 5 centímetros arriba y 2.5 centímetros abajo, 5 centímetros para columnas y vigas.
- 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, siendo ésta la mayor de la profundidad efectiva del elemento, 15 diámetros de la barra o  $L/20$ .

- Traslapes (AASHTO 8.25): se calcularán sobre la base de la longitud de desarrollo establecida en cada caso. Se recomienda el uso de uniones mecánicas para las barras No. 11 de tal modo que desarrollen un 125 por ciento del  $F_y$  nominal de la barra, siguiendo la especificación AASHTO 8.33.2, evitando localizarlas en los puntos donde se producen esfuerzos de tensión críticos y nunca en una misma línea, deberán de colocarse alternos a cada 60 centímetros.
- Ganchos (AASHTO 8.23.22): los dobleces deberán ser hechos en frío y un equivalente a 6 diámetros en su lado libre cuando se trata de 180 grados o 12 diámetros cuando se trata de 90 grados.

Se deberán seguir las normas establecidas para manojos de barras respecto a su cantidad, longitud de desarrollo y recubrimientos, siguiendo los lineamientos del Artículo 8.21.5 de la AASHTO.

### **2.3. Descripción del puente**

El proyecto consiste en diseñar un puente de 14 metros de luz de una vía, vigas principales, diafragmas, cortina y vigas de apoyo, losa plana con banquetas de concreto reforzado, con altura de 3,50 metros del centro del río a las vigas principales, estribos de concreto ciclópeo.

### **2.4. Estudio hidrológico**

La información sobre la crecida máxima es importante en el diseño de puentes, pues proporciona la información para determinar las dimensiones de la estructura y así evitar que sean destruidas por la corriente de agua.

### 2.4.1. Cálculo del caudal máximo

Existen varios procedimientos para estimar el caudal en las crecidas máximas; pero en el presente estudio se seleccionó el método de sección pendiente, por la falta de información hidrológica que existe en el lugar. El método se basa en informaciones de orden general; se necesita determinar la altura máxima de agua alcanzada por una corriente en el pasado. Para conocerla se recurre a los siguientes procedimientos:

- Verificar las señales que han dejado grandes crecidas;
- Preguntar a los habitantes del lugar;
- Por medio de archivos o crónicas locales si las hubieran.

Para calcular la pendiente y la cota de crecida máxima del terreno se utilizaron los datos obtenidos en el estudio topográfico. Determinada la altura máxima, se obtiene el valor del área "A" de la sección de la corriente de la misma forma como se hace en aforos, tomando en cuenta que la sección del río en la crecida máxima es de 1,50 metros de altura y de 12 metros de ancho.

La velocidad de la corriente se determina aplicando la ecuación de Manning, para poder obtener el caudal máximo por medio de la fórmula.

$$Q = \frac{V}{A}$$

Donde:

V = velocidad m/s

A = área (cm)

$$V = \frac{1}{n} \left( R_h^{2/3} * S^{1/2} \right)$$

Donde:

V = Velocidad m/s

R = Radio hidráulico =  $A/P_m$

S = Pendiente del terreno donde pasa la corriente = 1,9 %

n = Coeficiente de rugosidad de *Manning* = 0.04 rocas desagarradas e irregulares

$P_m = 15,00$  m

Área =  $18,00$  m<sup>2</sup>

V = 3,86 m/s

$$Q = V * A$$

$$Q = 69.5 \text{ m}^3/\text{s}$$

Se tiene como resultado un área de desalojo de 18 m<sup>2</sup>. La superestructura se diseñó con una luz de 14 metros y una altura de 3 metros.

## 2.5. Levantamiento topográfico

En el diseño de puentes, uno de los elementos básicos a tomar en cuenta es la topografía de primer orden, ya que proporciona la información necesaria para el diseño de la geometría que dicho puente ha de llevar, siendo necesario el siguiente equipo:

- 1 teodolito marca SOKKISHA, modelo TM 20ES
- 1 nivel de mano
- 1 cinta métrica de 50 m
- 1 estadal de 4 m
- 1 juego de estacas
- 2 plomadas

### **2.5.1. Altimetría**

Es el conjunto de trabajos realizados para obtener la diferencia de nivel entre puntos diferentes, cuyas distancias horizontales son conocidas. Por diferencia de nivel se entiende como una distancia medida verticalmente. La altimetría permite obtener los datos indispensables para representar sobre el papel la tercera dimensión del terreno. Se trazó un eje central, tomando como referencia 100 metros río arriba y 100 metros río abajo, luego se trazaron secciones transversales a cada 10 metros.

### **2.5.2. Planimetría**

Es el conjunto de trabajos realizados para obtener una representación gráfica del terreno, sobre un plano horizontal, suponiendo que no existe la curvatura terrestre. Se localizó el puente dentro de la sección del río, con el propósito de ubicarlo. Esta representación o proyección se denomina plano.

### **2.5.3. Curvas de nivel**

Líneas imaginarias que unen en forma continua todos los puntos del terreno que poseen una misma cota, también se puede definir como la intersección de un plano horizontal imaginario, de cota definida, con el terreno.

### **2.5.4. Estudio de suelos**

La determinación de la calidad y tipo de suelo sobre la cual será colocada la subestructura de un puente reviste gran importancia, ya que el suelo es el que soportará la totalidad de la carga de la superestructura.

Es necesario ubicar la profundidad donde se encuentra el estrato más firme y sólido.

#### 2.5.4.1. Ensayo triaxial

Se tomaron muestras inalteradas de pozos abiertos en el sitio del proyecto, que fueron trasladadas al laboratorio de Mecánica de Suelos del Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala para su análisis, se evaluaron aspectos relacionados con la plasticidad y el valor soporte del suelo en el sitio del proyecto.

Para el valor soporte del terreno se calculó primero la capacidad de carga límite, en base a la siguiente fórmula:

$$q_u = CNc + qNq + \frac{1}{2}\gamma BNw$$

Donde:

$q_u$  = capacidad de carga límite

$C$  = coeficiente de cohesión del suelo = 8,08 T/m<sup>2</sup>

$\phi$  = ángulo de fricción interna = 22,2°

$\gamma$  = peso específico del suelo = 1,49 T/m<sup>3</sup>

$B$  = base del cimiento 5,0 m

$D$  = desplante cimiento = 4,0 m

$q = \gamma D$

$N_c, N_q, N_w$  factores de capacidad de carga, están en función del ángulo de fricción.

$$q_u = (8,8 * 16,9) + (7,8 * 4,0 * 1,49) + \frac{1}{2}(5,5 * 1,49 * 5,0)$$

$$q_u = 197,3 \frac{T}{m^2}$$

Este valor debe de afectarse por un factor de seguridad (Fs) que de acuerdo a Tersaghi no debe ser menor de tres, por lo que el valor soporte del suelo se calcula de la siguiente manera:

$$V_s = \frac{qu}{F_s} = \frac{197.3}{3}$$

$$V_s = 65,7 \text{ T/m}^2$$

Por experiencia se considera este valor alto, se usará un valor soporte de acuerdo a la observación de campo y al tipo de suelo, en base en esto se presumió un valor soporte de 20 000 kg/m<sup>2</sup> (20 T/m<sup>2</sup>).

Tabla II. **Valor soporte de acuerdo al tipo de suelo**

Material del suelo	Ton/m2	Observaciones
Roca sana intemperizada	645	No hay estructura de grietas.
Roca regular	430	
Roca intermedia	215	
Roca agrietada o porosa	22-86	
Suelos gravillosos	107	Compactados, buena granulometría.
Suelos gravillosos	86	Compactados con mas del 100% de grava.
Suelos gravillosos	64	Flojos, mala granulometria
Suelos gravillosos	43	Flojos con mucha arena.
Suelos arenosos	32-64	Densos
Arena fina	22-43	Densa
Suelos arcillosos	53	Duros.
Suelos arcillosos	22	solidez mediana
Suelos limosos	32	Densos.
Suelos limosos	16	Densidad mediana

Fuente: CABRERA SEIS, Jadenón. Guía teórica y práctica del curso de cimentaciones 1. p. 17.

## **2.6. Diseño estructural del puente**

Debido a las características y ubicación del proyecto se consideraron las siguientes condiciones para la selección del tipo de estructura:

- Con elementos post o pretensados de concreto se pueden cubrir luces grandes, pero se necesita equipo especial y mantenimiento frecuente y costoso en la estructura.
- Con estructura metálica se pueden cubrir luces grandes, pero se necesita equipo especial, mantenimiento frecuente y costoso en la estructura.
- Con elementos de concreto reforzado fundido en situ se pueden cubrir luces de hasta 25 metros sin apoyo intermedio. Los equipos y materiales son los que se usan tradicionalmente, lo que facilita su construcción, mantenimiento sencillo y económico.

Para el presente diseño se escogió la última alternativa por ser la que mejor se adapta a las condiciones particulares del proyecto, vigas rectangulares y losa plana simplemente apoyada.

### **2.6.1. Datos para diseño**

Los datos necesarios para el diseño de la estructura del puente fueron los siguientes:

- Luz libre 13,60 m
- Ancho útil 3,50 m
- Luz eficaz 14,00 m

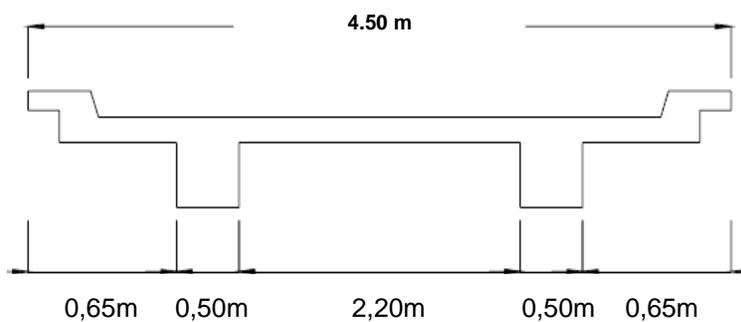
- Ancho total 4,50 m
- $f'c$  del concreto 210,0 kg/cm<sup>2</sup>
- $f'c$  del concreto ciclópeo 150,0 kg/cm<sup>2</sup>
- Densidad del concreto 2 400,0 kg/m<sup>3</sup>
- Densidad concreto ciclópeo 2 700,0 kg/m<sup>3</sup>
- $F_y$  2 810,0 kg/cm<sup>2</sup>
- Capacidad soporte del suelo 20.0 T/m<sup>2</sup>
- Carga viva HS 15-44

### 2.6.2. Diseño de la superestructura

Comprende todos los componentes que se encuentran por encima de los elementos de soporte.

- Dos vigas principales
- Losa de rodadura, banquetas en ambos lados
- Dos diafragmas exteriores
- Diafragma interior

Figura 2. Geometría de superestructura



Fuente: elaboración propia.

Diseño estructural por el método de viga rectangular y losa plana simplemente apoyada, según normas AASHTO y ACI.

### **2.6.2.1. Diseño de losa**

Losa es un tipo de cimentación superficial, que tiene muy buen comportamiento en terrenos poco homogéneos que con otro tipo de cimentación podrían sufrir asentamientos diferenciales.

#### **2.6.2.1.1. Cálculo de peralte**

De acuerdo a AASHTO el espesor de la losa no debe ser menor a 6 pulgadas, según tabla AASHTO 89.2 se tiene:

$$t = \frac{1,2(L + 3,05)}{30}$$

Donde:

t = espesor de la losa

L = distancia entre vigas a rostro interno (2,2 m)

$$t = \frac{1,2(2,2 + 3,05)}{30} = 0,21 \text{ m}$$

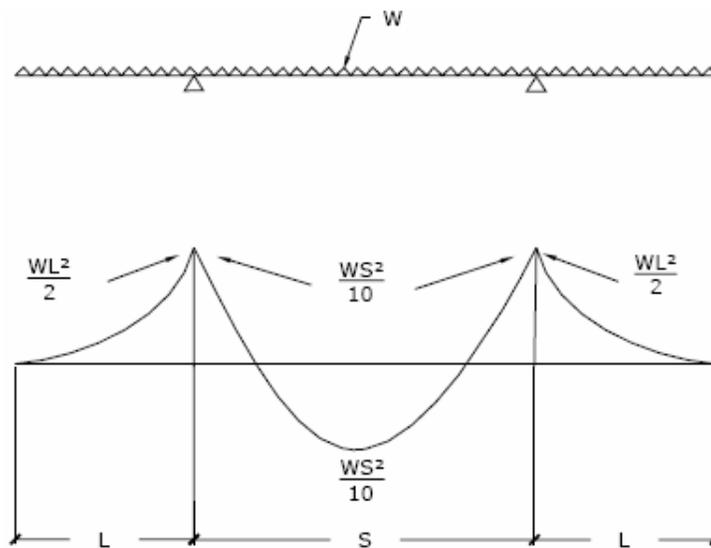
Se usará t = 0,20 m como primera prueba y luego se chequea el peralte.

### 2.6.2.1.2. Cálculo del momento

- Momento por carga muerta ( $M_{cm}$ )

La carga muerta ( $W_{cm}$ ) se determina en base a las cargas actuantes, el valor del momento por carga muerta es el que corresponde al tramo entre vigas; de acuerdo al siguiente diagrama de momentos:

Figura 3. Diagrama de momentos losa



Fuente: elaboración propia.

$S$  = longitud entre vigas (2,2 m)

$W_{CM}$  = carga muerta (601,0 kg/m)

Tabla III. Resumen valores carga muerta

Elemento	Cálculo (dimensiones*densidad)	Valores $W_{cm}$ (kg/m)
Losa	0,20 m * 1 ml * 2 400,0 kg/m <sup>3</sup>	480,0
Asfalto	0,05 m * 1 ml * 1 090,0 kg/m <sup>3</sup>	105,0
Barandal	40 kg * 2/5 m	16,0
$W_{cm}$ Total		601,0

Fuente: elaboración propia.

$$M_{cm} = \frac{W * L^2}{10} = \frac{601,0 * 2,2^2}{10} = 290,8 \text{ kg} - \text{m}$$

- Momento por carga viva ( $M_{cv}$ )

$$M_{cv} = 0,80 * \left( \frac{S + 2}{32} \right) * P_{camion}$$

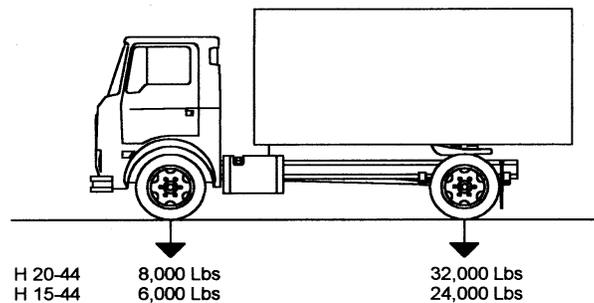
S = luz libre entre vigas en pies (2,2 m = 7,21 pies)

P = carga eje trasero HS 15 en libras (12 000 lb)

$$M_{cv} = 0,80 * \left( \frac{7,21 + 2}{32} \right) * 12 000 = 2 763,0 \text{ lb} - \text{pie}$$

$$M_{cv} = 2 763,0 \text{ lb-pie} = 382,0 \text{ kg-m}$$

Figura 4. Carga viva estándar de camiones H



Fuente: elaboración propia.

- Momento por impacto

Son cargas dinámicas producidas por el paso de camiones en el puente, por esta razón se deben de considerar cargas adicionales (impacto). Estas se calculan como una fracción de la carga viva (incremento). AASHTO 1.2.12 recomienda utilizar un valor menor o igual al 30 por ciento, de donde:

$$I = \frac{15}{L+38}$$

L = separación entre vigas (2,2 m)

I = 0,36 < 0,30 usar I = 0,3, factor de impacto 1,3

- Momento último

$$M_{ult} = 1,3 * (M_{cm} + \frac{5}{3} * (M_{cv} * impacto * FD))$$

$$M_u = 1,3 * \left( 290,8 + \frac{(5 * 382,0 * 1,3)}{3} \right) = 1\ 454,0 \text{ kg} - \text{m}$$

Una vez calculado el momento último que actúa sobre la losa, se verifica el valor del peralte propuesto.

$$d = \sqrt{\frac{M_u}{\phi \rho f_y b (1 - 0,59) * \frac{\rho F_y}{f_c}}}$$

Donde:

$$\phi = 0,9$$

$$\rho = 0,0227$$

$$d = 4,84 \text{ cm} < d = 0,167 \text{ m}$$

### 2.6.2.1.3. Cálculo de refuerzo

La banquetta del puente se refuerza por temperatura, ya que solamente será para peatones. Se verificó que el voladizo de la losa tiene un momento último menor que la losa interna.

Por lo tanto no se tiene ningún problema dejando el mismo armado de la losa. Se usarán los datos y fórmulas siguientes:

$$A_s = \frac{M_u}{\phi} * F_y * (d - \frac{a}{2})$$

$$a = \frac{A_s * F_y}{(\beta_1 * f_c * b)}$$

$$A_s = [(d * b) - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{M * b}{0,003825 * f_c}}] * \frac{0,85 f_c}{F_y}$$

Donde:

$$\emptyset = 0,90$$

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

$$d = t\text{- recubrimiento} - \frac{1}{2} \emptyset, (\text{varilla No. 5})$$

$$d = 20 - 1,59/2 - 2,5 = 16,7 \text{ cm}$$

$$\rho_{bal} = \beta_1 \left( \frac{0,003}{\frac{F_y}{\epsilon_{acero}}} + 0,003 \right) * \frac{f_{rc}}{F_y} = 0,037$$

$$\rho_{m\acute{a}x} = 0,5 * \rho_{bal}$$

$$A_{S_{m\acute{a}x}} = \rho_{m\acute{a}x} * b * d$$

$$\rho_{m\acute{i}n} = 14,1 / F_y$$

$$A_{S_{m\acute{i}n}} = \rho_{m\acute{i}n} * b * d$$

$$F_y = 2\ 810,0 \text{ kg/ cm}^2$$

$$M_u = 1\ 454,0 \text{ kg-m}$$

$$A_s = [(d * b) - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{M * b}{0,003825 * f'c}}] * \frac{0,85f_c}{F_y}$$

- Refuerzo transversal, cama inferior

$$A_{S_{m\acute{i}n}} = 8,38 \text{ cm}^2$$

$$A_s = 3,50 \text{ cm}^2$$

$$A_{S_{m\acute{a}x}} = 31,3 \text{ cm}^2$$

Como el  $A_s < A_{m\acute{i}n}$  ( $3,5 < 8,38$ ), usar  $A_{m\acute{i}n}$ , el espaciamiento se calcula de la siguiente manera, usando varilla No. 5 (área = 1,98 centímetros cuadrados), se tiene:

$$8,38 \text{ cm}^2 \quad \text{_____} \quad 100 \text{ cm}$$

$$1,98 \text{ cm}^2 \quad \text{_____} \quad S = 23,6 \text{ cm, utilizar } 20,0 \text{ cm}$$

Por lo que el armado queda No. 5 a cada 0,20 metros perpendicular al tráfico, de acuerdo a lo indicado en los planos.

- Refuerzo transversal cama superior

Sólo lleva refuerzo por temperatura, que se calcula con la fórmula siguiente:

$$A_{S_{\text{tem}}} = 0,002 * b * t = 4,2 \text{ cm}^2$$

El espaciamiento se calcula de la siguiente manera, utilizando varilla No.4 (área: 1,27 centímetros cuadrados), se tiene:

$$4,2 \text{ cm}^2 \quad \text{_____} \quad 100 \text{ cm}$$

$$1,27 \text{ cm}^2 \quad \text{_____} \quad S = 30,2 \text{ cm, utilizar } 25,0 \text{ cm}$$

Por lo que el armado queda No. 4 a cada 0.25 metros perpendicular al tráfico, de acuerdo a lo indicado en los planos.

- Refuerzo longitudinal camas superior e inferior

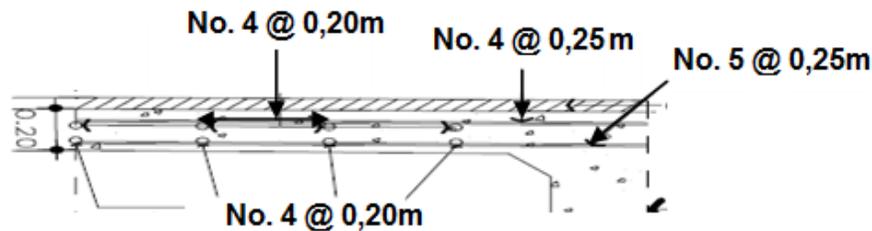
De acuerdo a ASSHTO 3.24.10.2 recomienda que debe ser el 67 por ciento, como máximo del refuerzo transversal, de donde  $A_s = 0,67 * 8,38 = 5,61$  centímetros cuadrados, el espaciamiento se calcula de la siguiente manera, utilizando varilla No. 4 (área = 1.27 centímetros cuadrados), se tiene:

$$5,61 \text{ cm}^2 \quad \text{_____} \quad 100 \text{ cm}$$

$$1,27 \text{ cm}^2 \quad \text{_____} \quad S = 22,6 \text{ cm, utilizar } 20,0 \text{ cm}$$

Por lo que el armado queda No. 4 a cada 0,20 metros, de acuerdo a lo indicado en los planos.

Figura 5. **Detalle armado losa**



### **Armado losa**

Fuente: elaboración propia.

#### **2.6.2.2. Diseño de vigas**

Se denomina viga a un elemento constructivo lineal que trabaja principalmente a flexión. En las vigas, la longitud predomina sobre las otras dos dimensiones y suele ser horizontal.

##### **2.6.2.2.1. Cálculo de peralte y base**

De acuerdo a AASHTO para no tener que hacer chequeo por deflexiones se recomienda un peralte no menor de  $L/16$ , y la base no será menor que el peralte entre 3,5 metros para no chequear el alabeo.

$$H_{vp} = \frac{L}{16}$$

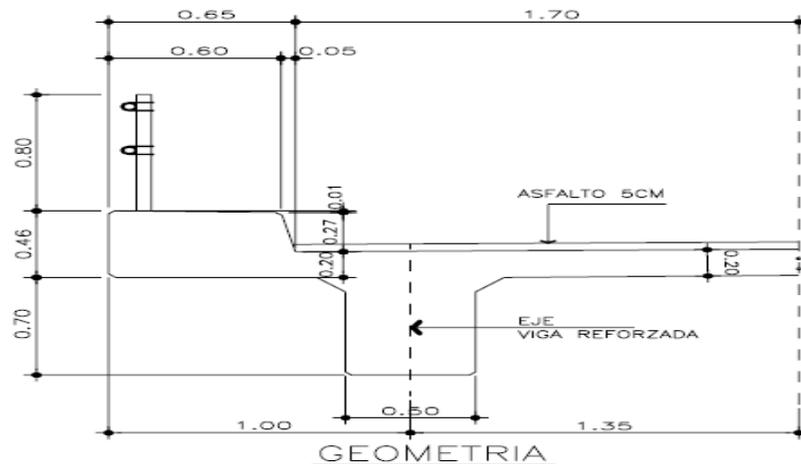
$H_{vp}$  = peralte de la viga

L = luz efectiva del puente

$H_{vp}$  = 0,88 m, se usará 0,90 m

$$B_{vp} = \frac{H_{vp}}{3,5}$$

Figura 6. **Detalle viga principal**



Fuente: elaboración propia.

#### 2.6.2.2.2. **Cálculo de momentos**

- Momento por carga muerta

Es la sumatoria de los momentos debido a los elementos que actúan sobre la viga, los diafragmas actúan como carga puntual.

Tabla IV. Resumen valores carga muerta

Elemento	Cálculo (dimensiones*densidad)	Carga muerta ( $W_{cm}$ ) kg/m
Losa	$0,20 \text{ m} * 1 \text{ ml} * 2\,400,0 \text{ kg/m}^3$	480,0
Asfalto	$0,05 \text{ m} * 1 \text{ ml} * 1\,090,0 \text{ kg/m}^3$	105,0
Barandal	$40 \text{ kg} * 2/5 \text{ m}$	16,0
Vigas	$0,90 \text{ m} * 0,50 \text{ m} * 2\,400,0 \text{ kg/m}^3$	1\,080,0
Diafragmas exteriores	$0,30 \text{ m} * 0,50 \text{ m} * 2400,0 \text{ kg/m}^3$	360,0
Diafragma interior	$0,30 \text{ m} * 0,70 \text{ m} * 2400,0 \text{ kg/m}^3$	504,0

Fuente: elaboración propia.

$$W_{cm_{total \text{ viga}}} = W_{cm_{losa}} + PP_{viga}$$

$$W_{cm_{total}} = 601,0 + 1\,080,0 = 1\,681,0 \text{ kg/m}$$

$$M_{cm_{total \text{ viga}}} = (W_{cm_{losa}} * \frac{L^2}{8}) + W_{diaf} * S_{diaf}$$

Donde:

$W_{diaf}$ = Peso del diafragma interno

$$W_{diafint} = 1\,134,0 \text{ kg}$$

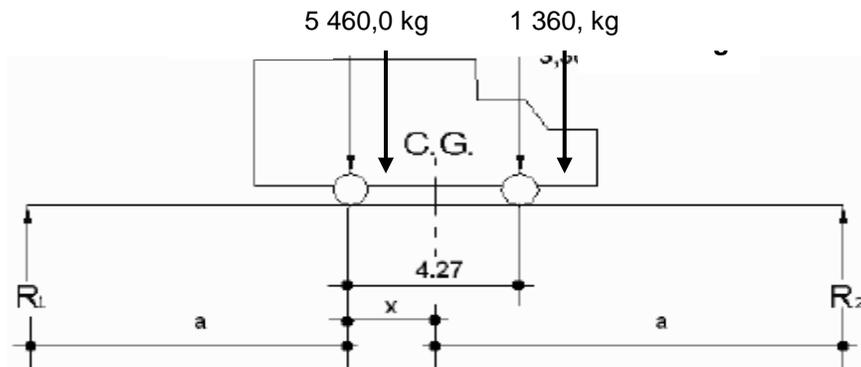
a= Distancia entre diafragmas

$$M_{cm_{total \text{ viga}}} = 1\,681 * \frac{14^2}{8} + 1\,134,0 * 7 = 49\,122,5 \text{ kg - m}$$

- Momento máximo por carga viva (móvil)

Ocurre en la carga más cercana al centro de gravedad, cuando ésta se encuentra tan lejos como su centro de gravedad del otro extremo. Hacer sumatoria de momento respecto al centro de gravedad del camión.

Figura 7. Diagrama de carga viva (condición crítica)



Fuente: elaboración propia.

$$\Sigma M_{CG} = 0 = 5\,460,0 * X - 1\,360,0 * (4,27 - X)$$

$X = 0,85$  metros con este resultado, despejamos el valor de  $a$  de la siguiente fórmula:

$$2a + X = 14 \text{ de donde } a = 6,6 \text{ m}$$

Se toma la carga viva como puntual, las incógnitas son  $R_1$  y  $R_2$ ; haciendo  $\Sigma M_{R_2} = 0$ , se calcula el valor de  $R_1$ , considerando:

$$\Sigma M_{R_2} = 0 = -14 * R_1 + 5\,460 * 7,43 + 1\,360 * 2,33$$

$$R_1 = 3\,124,0 \text{ kg}$$

$$\Sigma FV = 0 = 5\,460,0 + 1\,360,0 - 3\,615,3, R_2 = 3\,696,0 \text{ kg}$$

Para encontrar el momento máximo se realiza un corte en la sección donde se aplica la carga mayor (eje trasero), y se hace  $\Sigma M = 0$ , de acuerdo al estado de fuerzas.

$$M_{\max_{cv}} = 3\,696,0 * 6,6 - 1\,360,0 * 2,33 = 21\,224,8 \text{ kg-m}$$

- Momento por impacto (de acuerdo a ASSHTO) será:

$$I = \frac{15}{L + 38} = 0,29 < 0,3$$

- Factor de distribución FD:

De acuerdo a ASSHTO se considera como la porción de carga que recibe cada viga, es un factor de seguridad, ya que el camión no pasa exactamente por el centro de la losa, por lo que se busca el caso crítico. Con este valor se calculó el momento total.

$$FD = \frac{8,2}{6,5} = 1,26$$

- Momento de carga viva máxima

Es la suma de momento de carga viva de diseño, multiplicado por el factor de distribución e impacto.

- Momento total

El momento total máximo se obtiene utilizando la fórmula siguiente y los datos ya calculados:

$$M_{ult} = 1,3 * (49\ 122,5 + \frac{5}{3} * (21\ 224,8 * 1,29 * 1,26)) = 138\ 606,6 \text{ kg} - \text{m}$$

### 2.6.2.2.3. Cálculo del refuerzo

El área de acero se determinará con el mismo procedimiento de la losa y es el siguiente:

$$A_s = \left[ d * b - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{M * b}{0,003825 * f'c}} \right] * \frac{0,85 * f'c}{F_y}$$

$$M_u = 138\ 606,6 \text{ kg-m}$$

$$F_y = 2\ 810,0 \text{ kg/cm}^2$$

$$b = 0,50 \text{ m}$$

$$d = 0,85 \text{ m}$$

$$A_s = 74,9 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{min}} = \frac{14,1}{F_y} * b * d$$

$$A_{s_{min}} = 21,3 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{máx}} = 0,5 * 0,037 * 50 * 85 = 68,6 \text{ cm}^2$$

$A_s < A_{s_{m\acute{a}x}}$ , de acuerdo a los resultados obtenidos, se tiene que reforzar a compresión:

$$A_{s_{m\acute{a}x}} = 68,6 \text{ cm}^2 \quad M = 127\,524,54 \text{ kg-m}$$

Calculando el momento que aún falta por reforzar ( $M_r$ ).

$M_r = 32\,045.56 \text{ kg-m}$ , calculando el área de acero a compresión ( $A_s$ ).

$$A_s' = \frac{M_r * 100 \text{ cm/m}}{0,9 * F_y * (d - d')}$$

$A_s' = 16,35 \text{ cm}^2$ , incrementar  $A_s'$  en un 33%.

$$A_s'' = 1,33 * A_s' = 1,333 * 16,35 = 21,79 \text{ cm}^2 \approx 5 \text{ No. } 8$$

Según la ACI, debe haber cuatro varillas en toda la longitud de la viga como mínimo, de acuerdo a:

$$\text{Acero a tensión: } A_{s_{m\acute{a}x}} + A_s' = 74,24 + 16,35 = 90,59 \text{ cm}^2 \approx 18 \text{ No. } 8$$

$$\text{Acero a compresión: } A_s'' = 1,33 * A_s' = 1,333 * 16,35 = 21,79 \text{ cm}^2 \approx 5 \text{ No. } 8$$

Por especificación de la ACI, en la cama superior (área a compresión) debe colocarse el 33 por ciento del acero en tensión por sismo, el cual es equivalente a 6 No. 8. Por lo que éste será el refuerzo a colocar de acuerdo a lo indicado en los planos.

Según la especificación del ACI, ya que el momento máximo es mayor que el momento de diseño a 3.5 metros, no es necesario reforzar a compresión en el tramo de 0 a 3,50 metros de los apoyos y se calcula el valor  $A_s$  necesario para resistir el momento de diseño.

#### 2.6.2.2.4. Diseño a corte

Las fuerzas cortantes transversales externas, que actúan sobre los elementos estructurales, deben ser resistidas por esfuerzos cortantes internos, igualmente transversales.

Para el cálculo del acero de refuerzo a corte se utilizan las siguientes fórmulas:

$$V_{cm} = \frac{WL}{2}$$

$$V_{cm} = \frac{P}{N}$$

$V_{cm} = P/N$  si hubieren cargas concentradas

Donde:

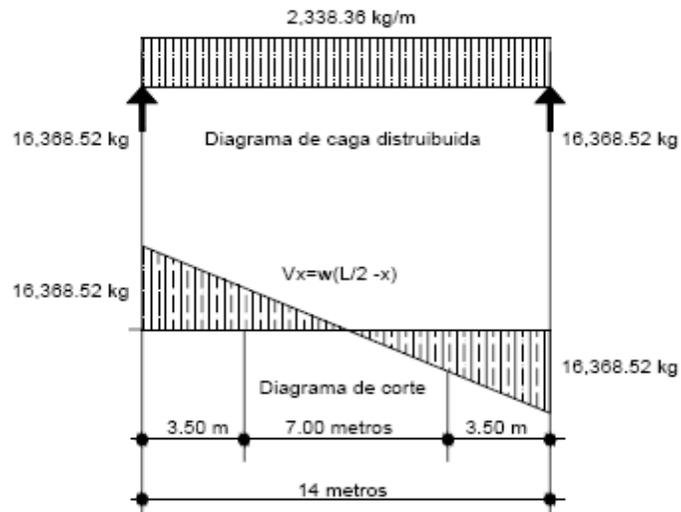
L = longitud (m)

W = carga distribuida (kg/m)

P = carga concentrada (kg)

$$V_{\text{último}} = 1,3 \left[ V_{cm} + \frac{5}{3} * (V_c * l) \right]$$

Figura 8. Diagrama de corte viga principal



Fuente: elaboración propia.

- Corte por carga muerta

El cortante máximo ocurre en los apoyos, se calcula por medio de la siguiente fórmula:

$$V_{cm} = W * \frac{L}{2} + \frac{SP}{n}$$

Tabla V. **Valores de  $V_{cm}$  viga principal**

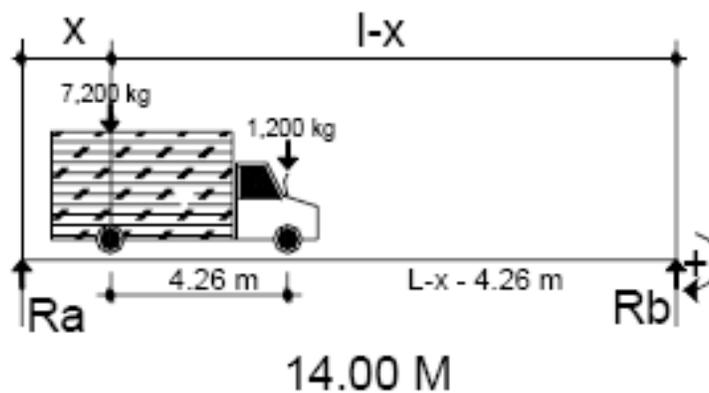
Punto X (m)	Vw (kg)	Vpd (kg)	$V_{cm}$ total
0,00	16 368,52	277,20	16 645,72
1,40	13 094,62		13 372,02
3,50	8 184,26		8 461,46
4,20	6 547,41		6 824,61
5,60	3 273,70		3 550,90
7,00	0,00		277,20

Fuente: elaboración propia.

- Corte por carga viga

Se calcula considerando la reacción cuando el camión ingresa al puente, considerando sumatoria de momentos respecto a  $R_2$  igual a cero, se obtiene el valor de  $R_1$  que es el cortante máximo.

Figura 9. **Determinación de cargas a corte**



Fuente: elaboración propia.

Eje mayor + factor de distribución

Eje trasero 0,80 (6 818,18 kg)\*(1,32)=7 200,00 kg

Eje delantero 0,20 (6 818,18 kg)\*(1,32)=1 200 kg

- Corte último

Se calcula en base a los valores de corte por carga muerta, carga viva y el factor de impacto.

$$V_{\text{último}} = 1,3 \left[ V_{\text{cm}} + \frac{5}{3} * (V_c * I) \right]$$

A continuación se presenta un ejemplo de las iteraciones calculadas, el resto se incluyen en la tabla con los valores para cada punto analizado.

$$V_{0,0} = \frac{7\,200,00 \text{ kg} * 14 \text{ m} + 1\,800 \text{ kg} * 9,74 \text{ m}}{14} = 8\,452,3 \text{ kg}$$

$$I = \frac{15,24}{L + 38} = 0,29$$

$$V_u = 1,3 \left[ (16\,645,72 + \frac{5}{3} * (8\,452,29 + 2\,535,68)) \right] = 45\,446,70 \text{ kg}$$

#### 2.6.2.2.5. Refuerzo a corte

Hay causas que pueden provocar la necesidad de un refuerzo: accidentes en la estructura, cambios en el esquema estático, errores de cálculo, por lo que es necesario calcularlo y verificar que este entre los rangos permisibles del esfuerzo cortante.

$$V_{\text{concreto}} = 0,85 \cdot 0,53 \cdot \sqrt{f_c \cdot b \cdot d}$$

$$V_{\text{concreto}} = 0,85 \cdot 0,53 \cdot \sqrt{210 \cdot 50 \cdot 80} = 26\,175,6 \text{ kg}$$

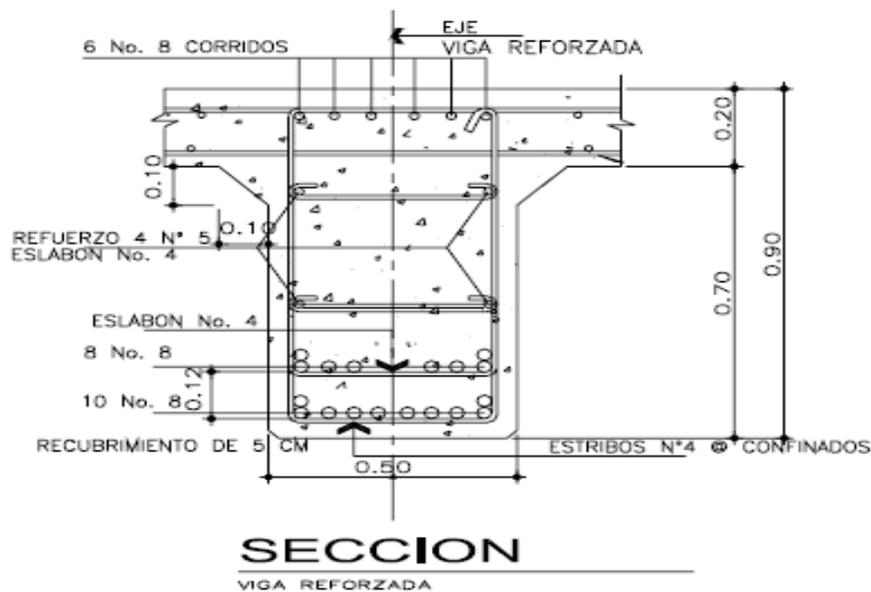
$$V_{\text{corte refuerzo}} = V_{\text{último}} - V_{\text{concreto}}$$

$$S = \frac{\phi A_v \cdot F_y \cdot d}{V_u - V_c}$$

$$S = 29,6 \text{ cm}$$

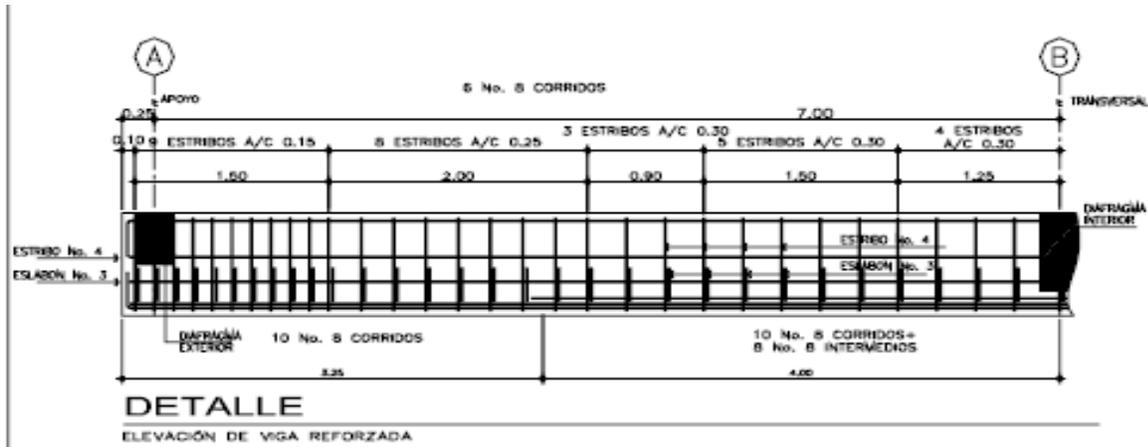
Por seguridad se propone colocar estribos No. 4 a cada 15 centímetros en una longitud de 1,40 metros luego a cada 25 centímetros en un tramo de 2 metros y el resto a cada 30 centímetros, de acuerdo a lo indicado en los planos.

Figura 10. **Sección viga principal**



Fuente: elaboración propia.

Figura 11. Sección viga principal



Fuente: elaboración propia.

### 2.6.2.3. Diseño de diafragma

Diafragma es un elemento estructural de concreto armado, el cual se utiliza para evitar el alabeo en la vigas. Por lo que su cálculo estructural es de gran importancia para la estructura.

#### 2.6.2.3.1. Cálculo de base y altura

De acuerdo a ASSHTO 8.12.2 serán colocados diafragmas en los extremos de las vigas T y rectangulares. Para este caso se colocarán dos exteriores y un interior, base mínima de 0,30 metros.

- Exteriores

$$H_{\text{diaf}_{\text{ext}}} = \frac{H_{\text{vp}}}{2}$$

$H_{\text{diafexterno}} = 0,45 \text{ m}$ , se usará 0,50 m

$B_{\text{diaf}} = 0,30 \text{ m}$

- Interior

$$H_{\text{diaf}_{\text{int}}} = \frac{3}{4} H_{\text{vp}}$$

$H = 0,68 \text{ m}$ , se usará 0,70 m

$B_{\text{diaf}_{\text{int}}} = 0,30 \text{ m}$

### 2.6.2.3.2. Cálculo del refuerzo

Las necesidades de refuerzo surgen por la degradación del revestimiento y/o de las armaduras (corrosión, incendio), por el aumento de las cargas de explotación por lo que es necesario su cálculo.

- Diafragmas externos

Datos:

$H = 0,50 \text{ m}$

$B = 0,30 \text{ m}$

$d = 0,45 \text{ m}$

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

$Fy = 2810,0 \text{ kg/cm}^2$

$As_{\text{min}} = (14,1/Fy) b d$

$As_{\text{min}} = 6,77 \text{ cm}^2$

Se utilizará 2 No. 6 + 1 No. 4 corridos en las camas superior e inferior, estribos ( $d/2$ ) entonces No. 3 a cada 30 centímetros.

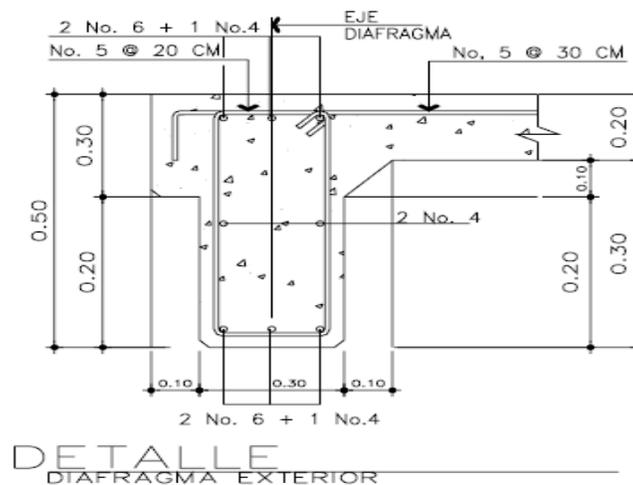
Refuerzo adicional: se recomienda un refuerzo adicional de 5,29 centímetros cuadrados por metro de alto, por lo que se tiene:

$$1,62 \text{ cm}^2 \quad \text{_____} \quad 30,48 \text{ cm}$$

$$\text{As cm}^2 \quad \text{_____} \quad 30,00 \text{ cm}$$

El área de refuerzo es:  $\text{As} = 1,06$  centímetros cuadrados, se utilizará 1 No. 4 (1,27 centímetros cuadrados) corrido, de acuerdo a lo indicado en los planos.

Figura 12. **Detalle diafragmas externos**



Fuente: elaboración propia.

- Diafragma interno

Datos:

$$H = 0,70 \text{ m}$$

$$B = 0,30 \text{ m}$$

$$D = 0,65 \text{ m}$$

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

$$Fy = 2810,0 \text{ kg/cm}^2$$

$$As \text{ min} = (14,1/Fy) b d$$

$$As \text{ min} = 9,78 \text{ cm}^2$$

Se utilizará 2 No. 7 + 1 No. 5 G-40 corridos ( $2 \cdot 3,87 + 1,98$ ), y la misma cantidad para la cama superior.

Para estribos ( $d/2$ ) entonces No. 3 a cada 30 centímetros

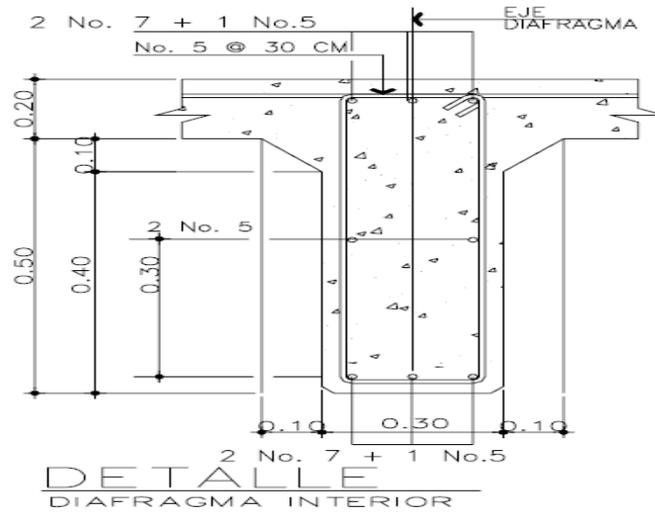
Refuerzo adicional:

$$1,62 \text{ cm}^2 \quad \text{_____} \quad 30,48 \text{ cm}$$

$$As \text{ cm}^2 \quad \text{_____} \quad 30,00 \text{ cm}$$

El área de refuerzo es:  $As = 1,59$  centímetros cuadrados  $\approx 1$  No. 5, se utilizarán 2 No. 5 (1,98 centímetros cuadrados) corrido, de acuerdo a lo indicado en los planos.

Figura 13. **Detalle de armado de diafragma interno**



Fuente: elaboración propia.

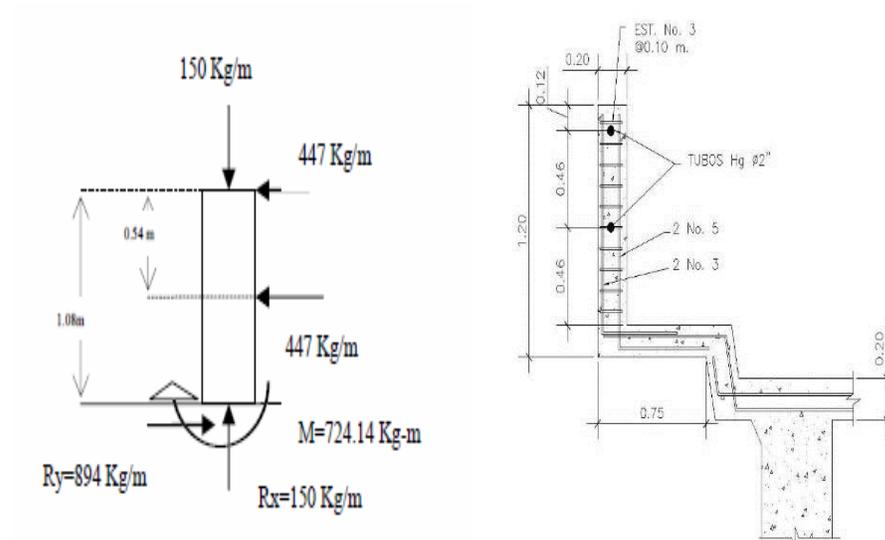
#### 2.6.2.4. **Diseño de barandales**

Los postes serán de concreto con una sección de 0,20 x 0,20 metros, colocados a una distancia entre ejes de 2 metros. El armado final del poste queda: 4 No. 4 + estribo No. 2 a cada 10 centímetros, de acuerdo a lo indicado en los planos. Para los pasamanos se usará tubería de hierro galvanizado de diámetro 0,05 metros (2 pulgadas).

#### 2.6.2.5. **Diseño de acera**

La banqueta del puente se refuerza por temperatura, ya que solamente será para peatones. Se verificó que el voladizo de la losa tiene un momento último menor que la losa interna, por lo tanto no se tiene ningún problema dejando el mismo armado de la losa.

Figura 14. Diagrama de cargas y armado del poste



Fuente: elaboración propia.

### 2.6.3. Diseño de la subestructura

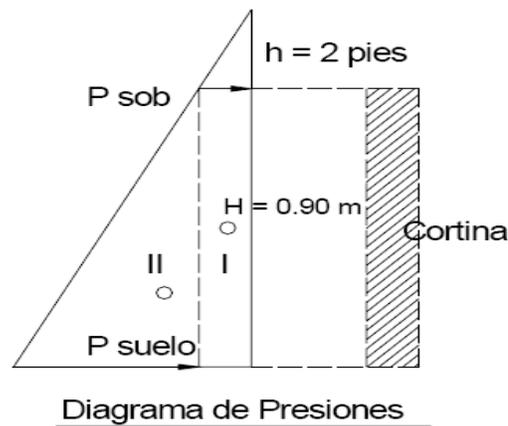
Conjunto de elementos de un puente que constituyen el soporte de la superestructura. En general, está formada por todos los elementos que se encuentran debajo del tablero, tales como cimentaciones, pilas, estribos y vigas de apoyo, cortina, estribos y obras complementarias.

#### 2.6.3.1. Diseño de cortina

Sirve para detener el relleno en el sentido longitudinal; se considera empotrada a la viga de apoyo. De acuerdo a ASSHTO 1.2.22 sobre ella actúan las fuerzas de empuje de la tierra (E), fuerza longitudinal (FL) y la fuerza de sismo (EQ).

ASSHTO 3.20 considera una sobrecarga del suelo con un equivalente líquido de 2 pies (0,61 metros), de acuerdo al siguiente diagrama de presiones:

Figura 15. **Diagrama de presiones**



Fuente: elaboración propia.

Presión del suelo =  $480 \text{ kg/m}^3$  con 2 pies de alto (0,61 m).

$$P_{\text{sob}} = 480 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,61 \text{ m} = 292,80 \text{ kg/m}^2$$

$$P_{\text{suelo}} = 480 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,90 \text{ m} = 432 \text{ kg/m}^2$$

Empujes (provocado por el suelo)

$$\text{Esobrecarga} = P_{\text{sob}} \cdot H = 292,80 \text{ kg/m}^2 \cdot 0,90 \text{ m} = 263,52 \text{ kg/m}$$

$$\text{Esuelo} = P_{\text{suelo}} \cdot H/2 = 432 \text{ kg/m}^2 \cdot 0,90 \text{ m}/2 = 194,40 \text{ kg/m}$$

### 2.6.3.1.1. Fuerza longitudinal

Es la fuerza (FL) producida por las llantas del camión o tráiler en el terraplén o aproche aplicada a seis pies sobre el nivel del piso (6 pies +  $H_{\text{cortina}}$ ), de acuerdo a ASSHTO 1.2.13 la fuerza longitudinal debe ser el 5 por ciento de la carga viva.

$$FL = \frac{0,05 * P}{2 * H}$$

Donde:

P= carga del camión (carga unitaria)

$$FL = \frac{0,05 * 6\,818,2}{2 * 0,90} * 1 \text{ m} = 189,4 \text{ kg/m}$$

Se debe multiplicar el resultado por 2,

$$F.L. = 2 * (189,4 \text{ kg}) = 378,78 \text{ kg}$$

El brazo donde actúa,

$$H_p = H + 6 \text{ pies}$$

$$H_p = 0,90 \text{ m} + 1,82 \text{ m} = 20,7 \text{ m}$$

### 2.6.3.1.2. Fuerza de sismo

Se considera el 10 por ciento según normas AASHTO 3.21 de la carga aplicada horizontalmente en el centro de gravedad, la fuerza de sismo (EQ) se calcula de la siguiente manera:

Calculando el peso por unidad

$$W = b * H * 1 \text{ m} * \text{peso específico del concreto (sc)}$$

H = altura de cortina (90 cm)

b = base (30 cm)

A = ancho (1 m)

$$W = 0,30 \text{ m} * 0,90 \text{ m} * 1 \text{ m} * 2\,400 \text{ kg/m}^3 = 648 \text{ kg}$$

$$S = W_{unit} * (coef. sis)$$

$$S = 648 \text{ kg} * 0,10 = 64,80 \text{ kg}$$

#### **2.6.3.1.3. Fuerza de empuje de la tierra**

Se deben considerar las reacciones de los extremos de cada viga y las presiones laterales debido a: sismo (S), fuerza longitudinal (LF) y presión del suelo (E). De acuerdo a AASHTO se considera una sobrecarga equivalente a 0,61 metros (2 pies) con una presión del suelo de 0,480 T/m<sup>3</sup>.

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

$$E_s = 0,480 * 1,51 * \frac{1,51}{2} = 0,55 \text{ T/m}$$

$$E_{sob} = 0,480 * 0,61 * 0,90 = 0,26 \text{ T/m}$$

$$E = 0,54 + 0,65 = 1,2 \text{ T/m}$$

#### **2.6.3.1.4. Momento de diseño**

De acuerdo a AASHTO 3:22:1a, para calcular el momento de diseño se utilizan los resultados obtenidos anteriormente (LF, S, E<sub>sob</sub> y E<sub>s</sub>) y los siguientes grupos de cargas:

- Grupo III (esfuerzo 125 %)

$$M = 1.3(E_{sob} + E_s + FL)$$

Donde:

$$F.L. = F * \text{brazo H cortina.} = 378.78 * 0,90 = 340,9$$

$$M_{\text{máx}} = 1,3 (118,58 + 58,32 + 378,78 * 0,90 \text{ m}) = 673,1 \text{ kg-m}$$

- Grupo VII (esfuerzo 133 %)

$$M = 1,3(E_{sob} + E_s + EQ)$$

$$M_{\text{máx}} = 1,3 (E_{sob} + E_s + S)$$

Donde:

S = momento aplicado a H/2 de la cortina

$$M_{\text{máx}} = 1,3 (118,58 + 58,32 + 64,80 * 0,90/2) = 267,88 \text{ kg-m}$$

Al comparar los resultados obtenidos se observa que el  $M_{\text{máx}}$  grupo III es mayor que el grupo VII, por lo que se utilizará el mayor de estos (Grupo III=  $M_{\text{máx}} = 673,14 \text{ kg-m}$ ), que es el que se utiliza para el cálculo del refuerzo.

#### 2.6.3.1.5. Refuerzo a flexión

La fuerza aplicada perpendicularmente al eje longitudinal de un elemento, genera un momento flexionante en las secciones transversales a dicho eje, este momento flexionante, produce a su vez esfuerzos, por lo que es necesario reforzar el elemento para mantener su vida útil.

Con los siguientes datos y fórmula se encuentra el área de acero:

$$A_s = [(d * b) - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{M_u * b}{0,003825 * f'c}}] * \frac{0,85f'c}{F_y}$$

$$M_u = 673,14 \text{ kg-m}$$

$$d = H - \text{rec} = 30 \text{ cm} - 5 \text{ cm} = 25 \text{ cm}$$

$$b = 90 \text{ cm}$$

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

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

$$A_{s_{\text{req}}} = 1,06 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{\text{mín}}} = 11,3 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{\text{máx}}} = 41,6 \text{ cm}^2$$

Se utilizará 10 No. 4 corrido G40, de acuerdo a lo indicado en los planos.

#### 2.6.3.1.6. Refuerzo por corte

De acuerdo a AASHTO 3:22:1b, para calcular el corte de diseño se utilizan los resultados obtenidos anteriormente (LF, S,  $E_{\text{sob}}$  y  $E_s$ ) y los siguientes grupos de cargas:

- Grupo III (esfuerzo 125 %)

$$V = 1.3(E + F.L.)$$

Donde:

$$E = (E_{\text{sob}} + E_{\text{suelo}})$$

$$V = 1,3(263,52 + 194,40 + 378,78) = 1087,7 \text{ kg}$$

- Grupo VII (esfuerzo 133 %)

$$V_{\max} = 1,3 * (E_{\text{sob}} + E_s + EQ)$$

$$V_{\max} = 1,3 (263,52 + 194,40 + 64,80) = 679,5 \text{ kg}$$

Al comparar los resultados obtenidos se observa que el  $V_{\max}$  grupo III es mayor que el grupo VII, por lo que se utilizará el mayor de estos (Grupo III =  $M_{\max} = 679,5 \text{ kg-m}$ ), que es el que se utiliza para el cálculo del refuerzo.

$$V_u = 1\ 087,71 \text{ kg}$$

$$V_c = 0,85 * 0,53 * \sqrt{f'_c} * b * d$$

$$V_c = 0,85 * 0,53 * \sqrt{210} * 90 * 25 = 14\ 688,82 \text{ kg}$$

De acuerdo a los resultados se observa que el concreto resiste más que la carga de corte último ( $V_c > V_u$ ), por lo que se utilizará el espaciamiento máximo.

$$S = d/2 = 25 / 2 = 12 \text{ cm}$$

Por lo que el armado queda No. 3 a cada 0,12 metros G40 (sentido longitudinal) ya que la cortina trabaja a flexión, de acuerdo a lo indicado en los planos.

### 2.6.3.2. Diseño de la viga de apoyo

Se diseñará por aplastamiento. Se calcula el área de la base de la viga de apoyo y se le coloca una capa de neopreno para permitir un equilibrio de esfuerzos (simplemente apoyado ya que necesita tener libertad de movimiento por las cargas móviles a las que estará sometido).

Tabla VI. Resumen valores carga muerta

Elemento	Cálculo (dimensiones*densidad)	Carga muerta ( $W_{cm}$ ) kg/m
Cortina	$0,30 * 0,90 \text{ m} * 2\,400,0 \text{ kg/m}^3$	648,0
Viga de apoyo	$0,40 * 0,30 \text{ m} * 2\,400,0 \text{ kg/m}^3$	576,0

Fuente: elaboración propia.

- Carga muerta: esta carga es la cuarta parte del puente

$$W_{losa} = 2\,400 \text{ kg/m}^3 * 0,20 \text{ m} * 1,10 \text{ m} * 7 \text{ m} = 3\,696,00 \text{ kg}$$

$$W_{nervio} = 2\,400 \text{ kg/m}^3 * 0,90 \text{ m} * 0,50 \text{ m} * 7 \text{ m} = 7\,560,00 \text{ kg}$$

$$W_{acera} = 2\,400 \text{ kg/m}^3 (0,75 * 0,20 * 7,00 + 0,11 \text{ m}^2 * 7,00 \text{ m}) = 4\,368 \text{ kg}$$

$$W_{diagrama} = 2\,400 \text{ kg/m}^3 * 0,30 \text{ m} * 0,50 \text{ m} * 1,10 \text{ m} = 396 \text{ kg}$$

$$W_{cmtotal} = 16\,020 \text{ kg}$$

- Carga viva

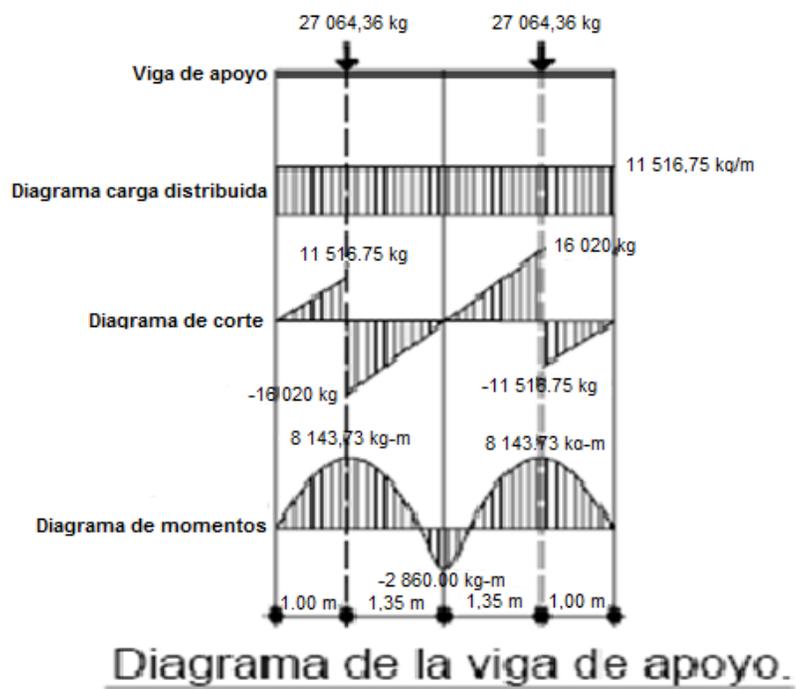
Es la carga viva del camión ( $W_1$ ), se calcula el eje más pesado ya que es el caso más crítico, y se divide entre dos:

$$W = 6\,818,18 \text{ kg} * 0,80 / 2 = 2\,727,27 \text{ kg}$$

$$P_u = 1,40 (16\ 020\ \text{kg}) + 1,70 (2\ 727,27\ \text{kg}) = 27\ 064,36\ \text{kg}$$

En base a los diagramas de carga distribuida, diagrama de corte y diagrama de momentos, se calcula el corte máximo y momento máximo para luego encontrar el  $A_s$  requerido.

Figura 16. Diagrama de cargas y momentos viga de apoyo



Fuente: elaboración propia.

- Cálculo por deflexión

$$M_u = 8\ 143,73\ \text{kg-m}$$

$$b = 70\ \text{cm}$$

$$d = 35\ \text{cm}$$

$$f'c = 211\ \text{kg/cm}^2$$

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

$$A_{s_{\text{req}}} = 9,55 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{\text{mín}}} = 14 \text{ cm}^2$$

Por lo que se usa el acero mínimo, por lo que el armado queda de la forma siguiente: 4 No. 4 + 6 No. 5 corridos, de acuerdo a lo indicado en los planos.

- Cálculo por corte

De acuerdo al diagrama de la viga de apoyo ( $V_c > V_u$ ), por lo que se usará espaciamiento máximo  $S = d/2 = 35 / 2 = 17,5$  centímetros. Se propone usar estribos No. 3 a cada 12 centímetros, de acuerdo a lo indicado en los planos.

- Neopreno

Los apoyos del puente serán de neopreno, de dureza Shore 60, reforzados con placas metálicas. El esfuerzo máximo permisible por compresión se obtiene mediante la fórmula:

$$\sigma_r = \left( \frac{8 * a * b}{t * (a + b)} \right); \quad \text{Para apoyos fijos y móviles}$$

$$\frac{\Delta L}{T} = 0,50; \quad \text{Para apoyos móviles o libremente apoyados}$$

$$\sigma_a = \frac{R}{(a * b)}$$

Donde:

$L$  = luz a cubrir en centímetros

$a$  = dimensión mayor de la base de neopreno

$b$  = dimensión menor de la base de neopreno

$P_{\text{viga}}$  = peso de la viga principal

$M_{\text{CM}}$  = momento por carga muerta

$M_{\text{Max.CV}}$  = momento máximo por carga viva

$T$  = espesor total del elastómero (neopreno)

$t$  = espesor de una lámina

$E$  = módulo del acero

$\Delta L$  = máximo desplazamiento horizontal

$\sigma_r$  = esfuerzo máximo permisible a compresión del apoyo

$\sigma_{\text{comp}}$  = esfuerzo máximo permisible a compresión del apoyo

$\sigma_f$  = esfuerzo admisible del acero, según *Hooke* = 1 700 kg/cm<sup>2</sup>

Se proponen dimensiones para la base de neopreno y se chequea si cumplen con las especificaciones indicadas.

$a = 30$  cm

$b = 25$  cm

Datos:

$L = 14,0$  m

$P_{\text{viga}} = 23\ 534$  kg

$M_{\text{cm}} = 49\ 122,5$  kg-m

$M_{\text{cvmax}} = 21\ 224,8$  kg-m

$V_u = 45\ 446,7$  kg

$t = 1,3$  cm

$$\sigma_{\text{comp}} = \frac{8 * 30 * 25}{1,3 * (30 + 25)} = 83,92 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$\sigma_{\text{comp.apoyo}} = \frac{23\,534,0}{30*25} = 31,4 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} < 100 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

- Chequeo del comportamiento del neopreno

- Área de aplastamiento

$$AP = \frac{P}{f'c * \emptyset c}$$

Donde:

AP = área de aplastamiento

P = valor corte último viga principal

$\emptyset c$  = constante de corte

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

$$AP = \frac{45\,446,7}{0,9 * 210} = 240,5 \text{ cm}^2$$

$$AS = 25 * 30 = 750 \text{ cm}^2, AS > AP$$

La sección sugerida para el apoyo de neopreno chequea según los esfuerzos máximos, y el área que generan es mayor al área de aplastamiento, cumplen con las especificaciones iniciales; se chequean las deformaciones máximas.

- Deformación total por esfuerzo

$$\Delta e_T = \frac{(\sigma_f * L)}{E}; ; (\text{Según ley de Hooke } f = 1\,700 \text{ kg/cm}^2).$$

$$\Delta e_T = \frac{1\,700 * 1\,400}{2,1 * 10^6} = 1,3 \text{ cm}$$

- Deformación por contracción de fraguado y contracción diferida

$$\Delta c = 0,000165 * L = 0,23 \text{ cm}$$

- Deformación por carga muerta

$$\Delta_{ecm} = \frac{\Delta_{et} + M_{cm}}{M_{cm} + M_{cvmax}}$$

$$\Delta_{ecm} = 0,95 \text{ cm}$$

- Deformación por temperatura

$$\Delta_{et} = 0,000011 * D^{\circ} * L$$

$$\Delta_{et} = 0,15 \text{ cm}$$

- Deformaciones máximas

$$\text{Contracción} = \Delta_{ecm} - (\Delta c + \Delta t) = 0,95 - (0,23 + 0,15) = 0,57 \text{ cm}$$

$$\text{Dilatación} = (\Delta_{et} + \Delta t) - \Delta c = (0,95 + 0,15) - 0,23 = 0,87 \text{ cm}$$

$$\text{El máximo desplazamiento horizontal del apoyo es: } \Delta L = 0,87 \text{ cm}$$

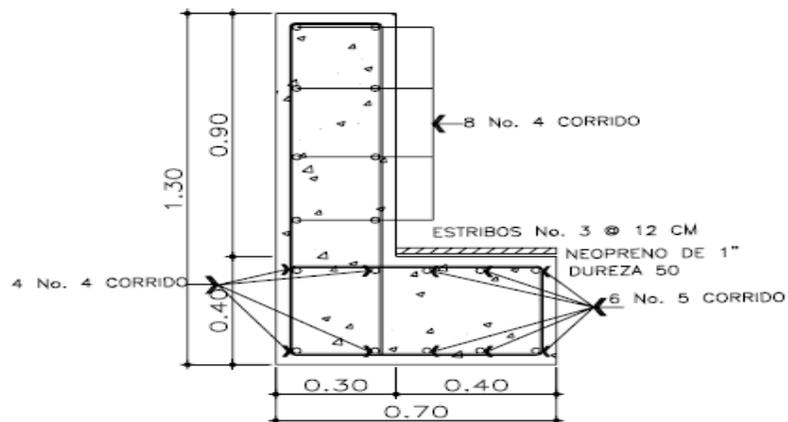
- Espesor del apoyo

Se utilizará una base de neopreno de sección 0,25 x 0,30 metros y espesor de 1,3 centímetros (ASTM D-330), con una dureza shore real de 59 (ASTM D-2240). Se recomienda colocar una base de acero (4 planchas 1/8 pulgadas).

$$T = 4 * ( 1/8" ) + 3 * ( 1/2" ) = 2" = 5,08 \text{ cm.}$$

$$L / T \leq 0,5 = 0,87 / 5,08 = 0,17 \leq 0,5$$

Figura 17. **Detalle armado de viga de apoyo y cortina**



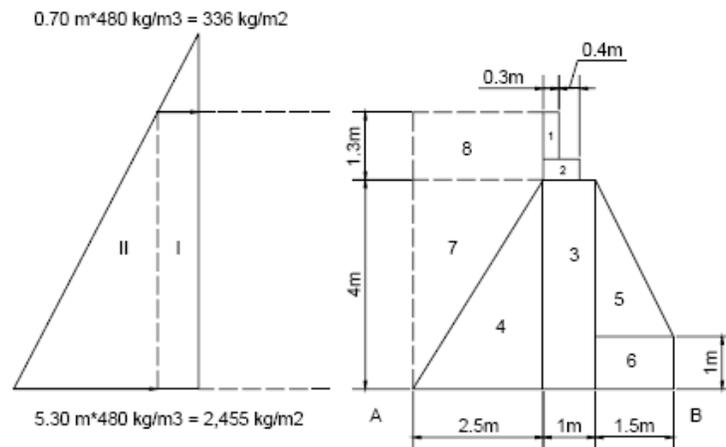
**DETALLE**  
VIGA DE APOYO + CORTINA

Fuente: elaboración propia.

### 2.6.3.3. Diseño de estribo

Son los elementos del puente cuya función es transmitir la carga de la superestructura al suelo y contener el relleno que circunda al mismo. Para este caso se diseña el estribo de concreto ciclópeo, ya que en el sitio del proyecto se cuenta con suficiente material (piedra bola). Una de las ventajas de este diseño es que es simple, consiste en asumir una sección de muro y verificar volteo, deslizamiento y presiones.

Figura 18. Dimensiones y diagrama de presiones estribos



Fuente: elaboración propia.

A continuación se presentan los datos para el diseño:

Peso específico del concreto: 2 400 kg/m<sup>3</sup>

Peso específico del concreto ciclópeo: 2 500 kg/m<sup>3</sup>

Peso específico del suelo: 1 900 kg/m<sup>3</sup>

Valor soporte del suelo: 20 T/m<sup>2</sup>

Equivalente líquido: 480 kg/cm<sup>3</sup>

Tabla VII. **Datos cálculo momento de volteo estribos**

Valores Momento volteo					
Sección	Altura (m)	Presión (kg/cm <sup>2</sup> )	Empuje (kg)	Brazo (m)	Momento (kg-m)
I	6,30	336,0	1 780,8	2,65	4 719,1
II	2,65	2 544,0	6 741,6	1,77	11 932,6
Total			8 522,4		16 661,7

Fuente: elaboración propia.

- Cálculo de momento estabilizante (respecto de punto B):

Es provocado por el peso propio del muro y el relleno (este cálculo es para el ancho unitario de 1 metro).

Tabla VIII. **Valores momento estabilizante**

Resultados momento estabilizante					
Sección	Área (m <sup>2</sup> )	Peso volumétrico (kg/m <sup>3</sup> )	Peso W <sub>E</sub> (kg)	B.P. (m)	ME (kg-m)
1	0,27	2 400,0	648,0	2,35	1 522,80
2	0,28		672,0	2,15	1 444,80
3	4,0	2 500,0	10 000,0	2,00	20 000,0
4	5,0		12 500,0	3,33	41 667,67
5	2,25		5 625,0	1,00	5 625,0
6	1,50		3 750,0	0,75	2 812,50
7	5,0	1 900,0	9 500,0	4,17	39 583,33
8	3,25		6 175,0	3,75	23 156,25
		Total	48 870,0		135 811,35

Fuente: elaboración propia.

### 2.6.3.3.1. Chequeos por volteo, deslizamiento y presiones

- Chequeo estribo sin superestructura

- Volteo =  $\frac{ME}{MV} > 1,5$

$$\text{Volteo} = \frac{135\,811,35 \text{ kg-m}}{16\,651,75 \text{ kg-m}} = 8,16$$

8,16 > 1,5 cumple

- Deslizamiento  $0,5 * \left(\frac{W_e}{W_v}\right) > 1,5$

$$\text{Deslizamiento} = 0,5 * \left(\frac{48\,870,0 \text{ kg}}{8\,522,4 \text{ kg}}\right) = 2,87$$

2,87 > 1,5 cumple

- Presiones =  $\frac{W}{\text{Area}} * [1 \pm (6 * \frac{e}{b})]$

La distancia “a” a partir del punto O, donde actúan las cargas verticales es:

$$a = (135\,811,35 \text{ kg-m} - 16\,651,75 \text{ kg-m}) / 48\,870,00 \text{ kg} = 2,44 \text{ m}$$

Chequeo  $3 * a > L$ ,  $7,32 > 5,0$  cumple.

$$\text{Excentricidad } e = \left(\frac{b}{2}\right) - a$$

$$e = b/2 - a$$

$$e = (5,00/2) - 2,44 \text{ m} = 0,06 \text{ m}$$

Cálculo de presiones (P)

$$\text{Presiones} = \frac{W}{\text{Area}} * [1 \pm (6 * \frac{e}{b})] P_{\max} = \frac{48\,870,0}{5,0 * 1,0} * \left[ 1 + \left( 6 * \frac{0,06}{5,0} \right) \right] = 10\,477,73 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$10\,477,73 < V_s (20\,000,0 \text{ kg/m}^2) \text{ cumple}$$

$$P_{\min} 9\,070,27 \text{ kg/m}^2 > 0 \text{ cumple}$$

- Chequeo muro con superestructura y carga viva

Este chequeo es necesario para verificar si el muro es resistente al peso de la estructura que tendrá que soportar.

- Carga muerta ( $W_{\text{muerta}}$ )

$$W_{\text{losa}} = (2\,400 \text{ kg/m}^3)(0,20 \text{ m})(7,00 \text{ m})(1,10 \text{ m}) = 3\,696 \text{ kg}$$

$$W_{\text{viga}} = (2\,400 \text{ kg/m}^3)(0,90 \text{ m})(7,00 \text{ m})(0,50 \text{ m}) = 7\,560 \text{ kg}$$

$$W_{\text{acera}} = (2\,400 \text{ kg/m}^3)(0,75 * 0,20 * 7,00 + 0,11 * 7,00) = 4\,368 \text{ kg}$$

$$W_{\text{diaf}} = (2\,400 \text{ kg/m}^3)(0,30 \text{ m} * 0,50 \text{ m} * 1,10 \text{ m}) = 396 \text{ kg}$$

$$W_{\text{muerta}} = 16\,020,00 \text{ kg} * 1,4 = 22\,428 \text{ kg}$$

- Carga viva ( $W_{\text{viva}}$ ): corresponde al eje más pesado dividido en dos.

$$W_{\text{viva}} = (15\,000 \text{ lb} / 2,2) * 0,80 * 0,50 = 2\,727,27 \text{ kg}$$

$$W_{\text{viva}} = 2\,727,27 \text{ kg} * 1,7 = 4\,636,36 \text{ kg}$$

- Carga total ( $W_{total}$ )

$$W_{total} = 27\,064,36 \text{ kg}$$

- Cálculo momento estabilizante (ME)

$$\text{Brazo} = b/2$$

$$\text{Brazo} = 5,00 \text{ m}/2 = 2,50 \text{ m}$$

$$ME_2 = (27\,064,36 \text{ kg}) * (2,50 \text{ m}) = 67\,660,90 \text{ kg-m}$$

$$ME_{total} = ME_1 + ME_2$$

$$ME_{total} = 135\,811,35 \text{ kg-m} + 67\,660,90 \text{ kg-m} = 203\,472,25 \text{ kg-m}$$

- Volteo

$$\text{Volteo} = \frac{203\,472,25}{16\,651,75} = 12,22$$

$$12,22 > 1,5 \text{ cumple}$$

- Deslizamiento

$$\text{Deslizamiento} = 0,5 * \left( \frac{(27\,064,36 + 48\,870,0 \text{ kg})}{8\,522,4 \text{ kg}} \right) = 4,44$$

$$4,44 > 1,5 \text{ cumple}$$

- Presión

$$\text{Distancia a} = \frac{(203\,472,25 \text{ kg} - \text{m} - 16\,651,75 \text{ kg} - \text{m})}{(27\,064,36 \text{ kg} + 48\,870,00 \text{ kg})} = 2,46$$

$$3a = 7,38 \text{ m}$$

$$\text{Excentricidad} = b/2 - a$$

$$e = 0,04 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Presiones} &= \frac{W}{\text{Area}} * \left[ 1 \pm \left( 6 * \frac{e}{b} \right) \right] P_{\max} = \frac{(27\,064,36 \text{ kg} + 48\,870 \text{ kg})}{5,0 * 1,0} * \left[ 1 + \left( 6 * \frac{0,04}{5,0} \right) \right] \\ &= 15\,915,84 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \end{aligned}$$

$$15\,915,84 < V_s (20\,000,0 \text{ kg/m}^2) \text{ cumple}$$

$$P_{\min} 14\,457,90 \text{ kg/m}^2 > 0 \text{ cumple}$$

- Chequeo muro con sismo y sin carga viva (toma en cuenta el momento de volteo).

$$W_2 = 48\,870 \text{ kg} + 22\,428 \text{ kg} = 71\,298 \text{ kg}$$

- Momento estabilizante

$$ME_3 = ME_1 + (W * \text{brazo})$$

$$ME_3 = 135\,811,35 \text{ kg-m} + (22\,428 \text{ kg} * 2,50 \text{ m}) = 191\,881,35 \text{ kg-m}$$

Fuerza horizontal

$$FH = 1,08E + 0,08W$$

$$FH = 1,08 * (8\,522,40 \text{ kg}) + 0,08 * (71\,298 \text{ kg}) = 14\,908,03 \text{ kg-m}$$

- Momento de volteo

Tabla IX. Valores momento de volteo

Resultados momento estabilizante					
Sección	Área (m <sup>2</sup> )	Peso volumétrico (kg/m <sup>3</sup> )	Peso W <sub>E</sub> (kg)	B.P. (m)	ME (kg-m)
1	0,27	2 400,0	648,0	4,85	3 142,80
2	0,28		672,0	4,20	2 822,40
3	4,0	2 500,0	10 000,0	2,00	20 000,00
4	5,0		12 500,0	1,33	16 667,67
5	2,25		5 625,0	2,00	11 250,00
6	1,50		3 750,0	0,50	1 875,00
7	5,0	1 900,0	9 500,0	2,67	25 333,33
8	3,25		6 175,0	4,65	28 713,75
		Total	48 870,0		109 803,95

Fuente: elaboración propia.

$$MEQ = 0,08 * MV_2 = 0,08 * 109 803,95 \text{ kg-m}$$

$$MEQ = 8 784,32 \text{ kg-m}$$

$$MV_3 = 1,08Mv + 0,08 * W * h + MEQ$$

$$MV_3 = 1,08 * 16 651,75 \text{ kg-m} + 22 428,36 \text{ kg-m} * 4,40 \text{ m} + 8 784,32$$

$$MV_3 = 34 662,99 \text{ kg-m}$$

- Volteo

$$\text{Volteo} = \frac{191 881,35 \text{ kg} - \text{m}}{34 662,99 \text{ kg} - \text{m}} = 5,54$$

5,54 > 1,5 cumple

- Deslizamiento

$$\text{Des} = 0,5 (W2 / FH) = 0,50 * 71\,298 \text{ kg} / 14,908,03 \text{ kg}$$

$$2,39 > 1,5 \text{ cumple}$$

- Presiones

$$a = (ME3 - MV3) / W2 = (191\,881,35 \text{ kg-m} - 34\,662,99 \text{ kg-m}) / 109\,803,95 \text{ kg}$$

$$a = 2,21 \text{ m}$$

$$3a = 6,62 \text{ m}$$

$$e = \text{base}/2 - a = 5,00 \text{ m} / 2,00 - 2,21 \text{ m}$$

$$e = 0,29 \text{ m}$$

$$P_m = (W2 / \text{base} * 1 \text{ m}) [1 \pm (6 * e) / \text{base} * 1 \text{ m}]$$

$$P_{\max} = (71\,298,00 \text{ kg-m} / 5,00 \text{ m}) [1 + 6 * 0,29 \text{ m} / 5 \text{ m}] = 19\,221,94 \text{ kg/m}^2$$

$$19\,221,94 < 20\,000,0 \text{ kg/m}^2, \text{ cumple}$$

$$P_{\min} = 9\,297,25 \text{ kg/m}^2 > 0, \text{ cumple}$$

## 2.7. Elaboración de planos

Los planos que se elaboraron para el proyecto diseño de puente vehicular aldea San Antonio Chiquito, municipio de Uspantán, son los siguientes:

- Planta y perfil de puente
- Plantas armado de losa y acotada, secciones
- Plantas armado y acotada de vigas principales, secciones
- Plantas armado y acotada de vigas apoyo, diafragmas, barandal, secciones

## 2.8. Elaboración de presupuesto

Para integrar el presupuesto total de la obra, se procedió a cuantificar las cantidades de trabajo necesarias y los materiales para seis renglones de trabajo, los que se clasificaron en materiales locales, no locales, mano de obra calificada y mano de obra no calificada. Al final se hace la sumatoria total. Luego se calculó el transporte de materiales, administración de campo, equipo y supervisión. Los precios de materiales fueron tomados con base en los precios que se manejan en el municipio, los salarios tanto de mano de obra calificada como no calificada, los que la municipalidad tiene asignados.

Tabla X. **Presupuesto proyecto puente aldea San Antonio Chiquito**

- Trabajos preliminares
  - Generales

No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Unitario Total
1	Limpieza	m <sup>2</sup>	200	Q 8,00	Q 1 600,00
2	Estaqueado	M.L.	60	Q 8,00	Q 480,00
3	Excavación	m <sup>3</sup>	75	Q 45,00	Q 3 375,00
4	Nivelación	M.L.	60	Q 20,00	Q 1 200,00
5	Relleno con material selecto	m <sup>3</sup>	281,2	Q 40,00	Q11 248,00
6	Bodega y Guardianía	Global	1	Q 6 250,00	Q 6 250,00
7	Madera o material adecuado para desviar cauce de río	Global	1	Q 7 850,00	Q 7 850,00
<b>TOTAL</b>					Q 40 399,00

Continuación de la tabla X.

- Levantado de muro de concreto ciclópeo

- Materiales no locales

No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Unitario Total
1	Cemento gris	Sacos	945	Q 55,00	Q 51 975,00
2	Alambre de amarre	Lb	50	Q 3,00	Q 150,00
3	Clavo de 3"	Lb	50	Q 150,00	Q 1 800,00
4	Aditivo	Galón	10	Q 95,00	Q 950,00
5	Clavo de 4"	Lb	30	Q 3,00	Q 90,00
<b>TOTAL</b>					Q 54 815,00

- Materiales locales

No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Unitario Total
6	Piedra bola	m <sup>3</sup>	200	Q 100,00	Q 20 000,00
7	Tablas de pino de 1" x 10" x 9'	Doc.	12	Q 175,00	Q 2 100,00
8	Parales de pino de 3" x 3" x 9'	Doc.	12	Q 150,00	Q 1 800,00
9	Reglas de pino 2" x 3"	Doc.	6	Q 120,00	Q 720,00
10	Piedrín	m <sup>3</sup>	40	Q 140,00	Q 5 600,00
11	Arena de río	m <sup>3</sup>	90	Q 140,00	Q 13 500,00
<b>TOTAL</b>					Q 41 620,00

Continuación de la tabla X.

- Mano de obra calificada y no calificada

No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Unitario Total
12	Mano de obra calificada (fundición)	Global	1	Q 24 090,00	Q 24 090,00
<b>TOTAL</b>					Q 24 090,00
13	Mano de obra no calificada (fundición)	Global	1	Q 8 030,00	Q 8 030,00
<b>TOTAL</b>					Q 8 030,00
<b>TOTAL RENGLÓN</b>					Q 128 555,00

- Armado de losa

- Materiales no locales

No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Unitario Total
1	Cemento gris	Sacos	190	Q 55,00	Q 10 450,00
2	Hierro de ½ (No. 4)	Varilla	223	Q 40,00	Q 8 920,00
3	Alambre de amarre	lb	100	Q 3,00	Q 300,00
4	Clavo de 4" a 6"	lb	80	Q 3,00	Q 240,00
<b>TOTAL</b>					Q 19 910,00

Continuación de la tabla X.

- Materiales locales

No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Unitario total
5	Piedrín de ½ a ¼"	m <sup>3</sup>	10	Q 250,00	Q 2 500,00
6	Arena de río	m <sup>3</sup>	15	Q 150,00	Q 2 250,00
7	Madera 1.5 x 10 x 9'	Doc.	12	Q 150,00	Q 1 800,00
8	Madera para entarimado	U	6	Q 120,00	Q 720,00
TOTAL					Q 7 720,00

- Mano de obra calificada y no calificada

No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Unitario Total
9	Mano de obra calificada (armado y fundición)	m <sup>2</sup>	56	Q 110,00	Q 6 160,00
TOTAL					Q 6 160,00
10	Mano de obra no calificada (fundición)	m <sup>2</sup>	56	Q 100,00	Q 5 600,00
TOTAL					Q 5 600,00
<b>TOTAL RENGLÓN</b>					<b>Q 39 390,00</b>

Continuación de la tabla X.

- Banqueta
  - Materiales no locales

No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Unitario Total
1	Cemento gris	Sacos	55	Q 55,00	Q 3 025,00
2	Hierro de ½ (No. 4)	Varilla	50	Q 40,00	Q 2 000,00
3	Alambre de amarre	Lb	15	Q 3,00	Q 45,00
4	Clavo de 4" a 6"	lb	12	Q 3,00	Q 36,00
<b>TOTAL</b>					Q 5 106,00

- Materiales locales

No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Unitario Total
5	Piedrín de ½ a ¼"	m <sup>3</sup>	4	Q 250,00	Q 1 000,00
6	Arena de río	m <sup>3</sup>	5	Q 150,00	Q 450,00
7	Madera 1.5 x 10 x 9'	Doc.	6	Q 150,00	Q 900,00
8	Madera para entarimado	u	6	Q 120,00	Q 720,00
<b>TOTAL</b>					Q3 070,00

Continuación de la tabla X.

- Mano de obra calificada y no calificada

No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Unitario Total
9	Mano de obra calificada (armado y fundición)	m <sup>2</sup>	21	Q 150,00	Q 3 150,00
TOTAL					Q 3 150,00
10	Mano de obra no calificada (fundición)	m <sup>2</sup>	21	Q 50,00	Q 1 050,00
TOTAL					Q 1 050,00
<b>TOTAL RENGLÓN</b>					<b>Q 12 376,00</b>

• Vigas

- Materiales no locales

No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Unitario Total
1	Cemento gris	Sacos	155	Q 55,00	Q 8 525,00
2	Hierro de ½ (No. 4)	Varilla	50	Q 40,00	Q 2 000,00
3	Hierro de ½ (No. 4)	Varilla	50	Q 60,00	Q 3 000,00
4	Hierro de ½ (No. 4)	Varilla	50	Q 100,00	Q 5 000,00
5	Uniones para empalmes acero	Unidad	80	90,00	Q 7 200,00
<b>TOTAL</b>					<b>Q 25 725,00</b>

Continuación de la tabla X.

- Materiales locales

No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Unitario Total
5	Piedrín de ½ a ¼"	m <sup>3</sup>	14	Q 250,00	Q 3 150,00
6	Arena de río	m <sup>3</sup>	10	Q 150,00	Q 1 500,00
7	Madera 1.5 x 10 x 9'	Doc.	3	Q 150,00	Q 450,00
8	Madera para entarimado	u	6	Q 120,00	Q 720,00
<b>TOTAL</b>					Q 5 820,00

- Mano de obra calificada y no calificada

No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Unitario Total
9	Mano de obra calificada (armado y fundición)	m <sup>2</sup>	28	Q 250,00	Q 7 000,00
<b>TOTAL</b>					Q 7 000,00
10	Mano de obra no calificada (fundición)	m <sup>2</sup>	28	Q 100,00	Q 2 800,00
<b>TOTAL</b>					Q 2 800,00
<b>TOTAL RENGLÓN</b>					Q 41 335,00

Continuación de la tabla X.

- Diafragmas y viga de apoyo
  - Materiales no locales

No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Unitario Total
1	Cemento gris	Sacos	120	Q 55,00	Q 8 525,00
2	Hierro de ½" (No. 4)	Varilla	35	Q 40,00	Q 2 000,00
3	Hierro de 5/8" (No. 5)	Varilla	50	Q 60,00	Q 3 000,00
<b>TOTAL</b>					Q 13 525,00

- Materiales locales

No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Unitario Total
5	Piedrín de ½ a ¼"	m <sup>3</sup>	10	Q 250,00	Q 2 250,00
6	Arena de río	m <sup>3</sup>	7	Q 150,00	Q 1 050,00
7	Madera 1.5 x 10 x 9'	Doc.	3	Q 150,00	Q 450,00
8	Madera para entarimado	U	6	Q 120,00	Q 720,00
<b>TOTAL</b>					Q 4 470,00

Continuación de la tabla X.

- Mano de obra calificada y no calificada

No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Unitario Total
9	Mano de obra calificada (armado y fundición)	m <sup>2</sup>	25	Q 250,00	Q 6 250,00
TOTAL					Q 6 250,00
10	Mano de obra no calificada (fundición)	m <sup>2</sup>	25	Q 100,00	Q 2 500,00
TOTAL					Q 2 500,00
<b>TOTAL RENGLÓN</b>					<b>Q 26 745,00</b>

Fuente: elaboración propia.

Tabla XI. **Resumen costos materiales y mano de obra puente aldea San Antonio Chiquito**

No.	Descripción	Total (Q)
1	Trabajos Preliminares	40 399,00
2	Levantado estribo	128 555,00
3	Losa	39 390,00
4	Banquetas	12 376,00
5	Vigas	41 355,00
6	Diafragmas + Viga de Apoyo	26 745,00
<b>Total</b>		<b>288 820,00</b>

Fuente: elaboración propia.

Tabla XII. **Integración presupuesto final puente aldea San Antonio Chiquito**

No.	Descripción	Total (Q)
1	Materiales y mano de obra	288 820,00
2	Transporte materiales	20 870,00
3	Administración	15 650,00
4	Equipo	14 190,00
5	Supervisión	24 678,00
<b>Total</b>		<b>364 208,00</b>

Fuente: elaboración propia.

## **2.9. Estudio de impacto ambiental**

La legislación ambiental actual en Guatemala, establece exigencias ambientales para los proyectos de inversión.

Determina qué tipo de herramienta ambiental habrá que utilizar en cada caso. En general, el análisis de las alternativas deberá considerar las medidas de mitigación que minimicen la alteración de las condiciones medioambientales en la zona de ubicación de la obra y sectores aledaños.

### **2.9.1. Generalidades**

Todas las actividades desarrolladas por el ser humano causan algún tipo de impacto al medio ambiente, en todos los sistemas que componen la naturaleza, pudiendo ser el impacto positivo, negativo o poco significativo.

Se hace necesario que en la actualidad se determinen la naturaleza, tipo, cantidad así como las medidas de mitigación que se pueden aplicar para reducir el impacto que causen estas actividades. Desde 1972 Guatemala es signataria de la mayoría de acuerdos o convenios que en el tema se han suscrito, situación que impulsó la creación del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN) a partir del 2000, teniendo como legislación principal en este tema el Decreto 68-86 “Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente”.

Dentro de las herramientas existentes para evaluar los impactos que causará determinado proyecto se pueden mencionar los siguientes tipos:

- Estudio de impacto ambiental no significativo (evaluación rápida)
- Estudio de impacto ambiental significativo (evaluación general): se realizan en dos fases que son complementaria entre sí, estas son:
  - Fase preliminar o de factibilidad, incluye datos de la persona interesada, descripción del proyecto y escenario ambiental, principales impactos y medidas de mitigación, planes de contingencia, plan de seguridad humana y otros.
  - Fase completa que generalmente se aplica a proyectos con ciertas características de tamaño y complejidad de operaciones. Además de lo establecido en la fase preliminar, debe incluir las repuestas a las siguientes preguntas:
    - ¿Qué sucederá al medio ambiente como resultado de la ejecución del proyecto?

- ¿Cuál es el alcance de los cambios que se sucedan?
- ¿Qué importancia tiene los cambios?
- ¿Qué puede hacerse para prevenirlos o mitigarlos?
- ¿Qué opciones o posibilidades son factibles?
- ¿Qué piensa la comunidad del proyecto?

### **2.9.2. Evaluación de impacto ambiental proyecto puente vehicular en la aldea San Antonio Chiquito**

Por las características, tipo del proyecto y de la zona donde se ubicará, se puede realizar un estudio del tipo evaluación rápida, que permita conocer los impactos positivos, negativos o pocos significativos.

Así como las medidas de mitigación necesarias para el mismo, incluye la fase de construcción, operación y mantenimiento del proyecto.

- Información sobre el proyecto:
  - Nombre de la comunidad: aldea San Antonio Chiquito
  - Municipio: Uspantán
  - Departamento: Quiché
  - Tipo de proyecto: puente vehicular de concreto reforzado en camino rural.
  
- Consideraciones sobre áreas protegidas y ecosistemas naturales: el proyecto no se ubica dentro de alguna área protegida legalmente establecida y no afecta al ecosistema natural.
  
- Otras consideraciones no aplican.

### 2.9.3. Impactos ambientales determinados durante la construcción y operación

Evaluar por medio de una matriz que incluye el sistema ambiental afectado y el tipo de proceso u operación responsable.

Se presenta el impacto identificado, las actividades de mitigación previstas y los responsables de las mismas.

Tabla XIII. Impactos ambientales negativos generados durante la construcción

Proyecto Puente vehicular aldea San Antonio Chiquito			
Impacto ambiental	Responsable		
	Ejecutor	Comunidad	Municipalidad
i. Deslaves de material			
ii. Erosión de cortes			
iii. Disposición inadecuada de materiales de desperdicio			
iv. Alteración del drenaje superficial			
v. Contaminación de cuerpos de agua por causa de los insumos utilizados durante la construcción.			
vi. Contaminación del aire por polvo generado en la construcción.			
vii. Alteración del paisaje como consecuencia de los cortes.		X	
viii. Riesgos para los trabajadores			
ix. Generación de desechos sólidos derivados de las actividades de los trabajadores en la obra.			

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIV. **Impactos ambientales negativos generados durante la operación**

<b>Proyecto Diseño de puente vehicular aldea San Antonio Chiquito</b>			
<b>Impacto ambiental</b>	<b>Responsable</b>		
	Comité de mantenimiento	Comunidad	Municipalidad
<b>i.</b> Erosión de cortes	X	X	
<b>ii.</b> Accidentes de tránsito	X		
<b>ii.</b> Accidentes a peatones	X		
<b>v.</b> Reasentamiento involuntario			X

Fuente: elaboración propia.

Tabla XV. **Medidas de mitigación en la construcción y operación**

Medidas de mitigación en la construcción y operación				
Etapas del proyecto	Construcción		Operación y mantenimiento	
	Impacto calificación	Medida de mitigación	Impacto calificación	
Componentes ambientales y sociales	Suelos	Deslaves de material	No aplica	
		Erosión de cortes	No aplica	
		Disposición inadecuada de materiales de desperdicio	selección desechos adecuados y colocar en capas no mayores de 0,25 m compactado, posteriormente colocar una capa de material orgánico.	
		Alteración del drenaje superficial	Construcción durante estación seca, minimizar la erosión de la ribera del río	
	Recursos hídricos	Disminución de la calidad del agua	Alteración mínima de corrientes de aguas naturales	No aplica
		Contaminación de agua por causa de los insumos utilizados durante la construcción	Depositar los desechos de insumos en un lugar fuera de la zona del río	No aplica
	Calidad del aire	Contaminación del aire por polvo generado durante la	Uso de agua para minimizar la generación de polvo	No aplica
	Ambiente biológico	Habitat naturales flora y fauna	No aplica	No aplica
	Ambiente social	Salud humana	Alteración del paisaje como consecuencia de los cortes	Erosión de cortes
			Mantenimiento y limpieza en zonas de cortes	
Comunidades humanas		Generación de desechos sólidos derivados de las actividades de los trabajadores de la obra	Desarrollo plan de seguridad	Regulación y señalización adecuadas
		Hacer sanitario provisional	No aplica	
		Colocar depósito para la basura identificados para su posterior disposición en sitios adecuados		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVI. **Costos medidas de mitigación en la construcción y operación**

<b>Costos medidas de mitigación</b>		
<b>Etapas proyecto</b>	<b>Medidas de mitigación</b>	<b>Costo</b>
<b>Construcción</b>	Prevención durante la construcción, prevención de erosión usando estabilización física.	Incluido en costos de estabilización de aprches con zampeado de piedra.
	Seleccionar sitios adecuados y colocar en capas no mayores de 0.25 m compactado, posteriormente colocar una capa de material orgánico.	Incluido en costos de excavación no clasificada desperdicio.
	Construcción durante estación seca, minimizar la erosión de ribera del río, alteración mínima de corrientes de agua naturales.	Requiere únicamente de programación de inicio de obra en mes adecuado.
	Depositar los desechos de insumos en un lugar fuera de la zona del cauce del río.	Incluido en costos administrativos
	Uso de agua para minimizar la generación de polvo.	Incluido en costos de excavación no clasificada desperdicio.
	Limpieza de sitios de construcción.	Incluidos en costos administrativos.
	Desarrollar plan de seguridad e higiene.	
	Hacer sanitario provisional.	
	Colocar depósitos identificados para los desechos, y su posterior disposición en sitios adecuados.	
<b>Operación y mantenimiento</b>	Mantenimiento y limpieza en zonas de cortes. Regulación y señalización adecuadas.	Variable, con fondo para mantenimiento del comité.

Fuente: elaboración propia.

#### **2.9.4. Recomendaciones de la evaluación de impacto ambiental y la viabilidad ambiental del proyecto**

Después de analizar los impactos ocasionados (significativos y no significativos), así como las medidas de mitigación propuestas, se considera el proyecto ambientalmente viable. Los impactos sociales son de carácter positivo al mejorar las comunicaciones entre las comunidades cercanas a la zona del proyecto y generación de empleos para los vecinos de la zona.

#### **2.9.5. Mantenimiento preventivo**

- Señalización, pintura, alumbrado, etc.
- Limpieza de acotamientos, drenes, lavaderos y coronas de pilas, estribos, caballetes, etc.
- Limpieza y rehabilitación de conos de derrame incluida su protección.
- Limpieza y rehabilitación del cauce.
- Recarpeteo de los accesos del puente.
- Protección contra la socavación.
- Reacondicionamiento de parapetos dañados.
- Limpieza o rehabilitación de las juntas de dilatación.
- Limpieza o protección de apoyos.



### **3. DISEÑO DE RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO DEL CASERÍO COTOXAC DEL MUNICIPIO DE USPANTÁN, QUICHÉ**

Se presentan las normas que proporcionan los criterios y principios que se utilizaron en la presente propuesta de drenaje sanitario, las investigaciones preliminares, para la recopilación de información y datos necesarios.

#### **3.1. Descripción del proyecto**

El proyecto consiste en diseñar el sistema de alcantarillado sanitario para el caserío Cotoxac del municipio de Uspantán, el cual estará conformado por: 2 289,4 metros de tubería de PVC norma 3034 de 6 pulgadas de diámetro, de colector central y ramales secundarios por donde la comunidad se asienta.

La población a servir es de 1 723 habitantes, siendo en total 123 conexiones domiciliarias. El sistema se conectará con red de drenaje municipal existente en la comunidad y que cuenta con la capacidad hidráulica para funcionar con este aporte. Para el tratamiento de las aguas residuales se propone utilizar fosa séptica y pozo de absorción, los cuales tienen como finalidad eliminar las bacterias que existen en el flujo de agua que pasa por el sistema.

### **3.2. Levantamiento topográfico**

En el levantamiento topográfico se tomaron en cuenta: el futuro desarrollo del caserío, los datos de todo el levantamiento quedan consignados en las libretas de campo.

- $E_a = n^{1/2}$
- Error Lineal  $E_l = 0.003 \times L$
- Error de nivelación  $E_n = 24 \times L^{1/2}$

El método empleado para el levantamiento topográfico fue el de conservación de azimut, debido a la facilidad que presenta este método al momento de calcular las proyecciones meridianas y paralelas, ya que los senos y cósenos de los ángulos acimutales dan los signos correctos de tales proyecciones. Para la orientación en cada línea de la poligonal se utilizó el sistema de vuelta de campana.

#### **3.2.1. Altimetría**

La altimetría tiene por objeto, la determinación de las elevaciones o niveles, de los puntos o estaciones estudiadas. El método empleado fue el de nivelación simple o geométrica, tiene la ventaja de permitir cerrar la nivelación y establecer así la magnitud del error de cierre y comparar si está dentro del error máximo de cierre.

### **3.2.2. Planimetría**

La planimetría tiene por objeto determinar la longitud del proyecto que se va a realizar, localizar accidentes geográficos y todas aquellas características tanto naturales como artificiales que puedan influir en el diseño del sistema (calles, edificaciones, áreas de desarrollo futuro, carreteras, zanjones, ríos, cerros, etc.).

### **3.3. Localización de la descarga**

Siguiendo la pendiente natural del terreno, se definió el punto de desfogue único que se conecta a red de drenajes ya existente dentro del caserío Cajubí.

### **3.4. Período de diseño**

Dadas las características del proyecto se tomó una base de 21 años para la red de drenaje sanitario.

Nota: para el presente informe se aplican las fórmulas para el cálculo hidráulico y sus relaciones. Se toman en consideración: velocidades de escurrimiento, límites permisibles, diámetros y pendientes.

### **3.5. Población de diseño**

- Población actual: 884 habitantes
- Número de viviendas: 123
- Densidad de habitantes por vivienda: 7 Hab./vivienda

- Población futura: cantidad de habitantes que utilizarán el servicio en el período establecido (21 años), se aplicó uno de los métodos de incremento de población (incremento geométrico):

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

Donde:

Pf = población final

Pa = población actual

r = factor de retorno

n = periodo de diseño

Pf = 1 723 Hab.

- Población tributaria: en este caso se obtuvo la población con el número de casas localizadas en cada tramo, multiplicado por el número de habitantes promedio por casa.

### **3.6. Dotación**

Es el volumen de agua asignado a una persona para consumo en unidad de tiempo (l/Hab./día), para el área rural con conexiones domiciliarias se encuentra entre los valores de 60 a 120 l/Hab./día. De acuerdo a la ubicación y características del proyecto se consideró una dotación de 100 l/Hab./día.

### 3.7. Factor de retorno

Del 100 por ciento del agua que es asignada a una población, se considera que se pierde entre el 5 por ciento y el 25 por ciento en diversas actividades, para este proyecto por ser descargas domiciliarias en su mayoría, se consideró un factor de retorno de:  $Fr = 0,85$ .

### 3.8. Factor de Harmond (FH)

También conocido como factor de flujo instantáneo, está en función del número de habitantes localizados en el área de influencia, regula un valor máximo de las aportaciones por uso doméstico. Se calcula por medio de la ecuación de Harmond ( $P$  = población en miles):

$$FH_{\text{actual}} = \frac{18 + \sqrt{P}}{4 + \sqrt{P}} = \frac{18 + \sqrt{\frac{884}{1\,000}}}{4 + \sqrt{\frac{1\,723}{1\,000}}} = 1,42$$

$$FH_{\text{futuro}} = \frac{18 + \sqrt{P}}{4 + \sqrt{P}} = \frac{18 + \sqrt{\frac{1\,723}{1\,000}}}{4 + \sqrt{\frac{1\,723}{1\,000}}} = 1,31$$

### 3.9. Caudal sanitario

Es el caudal producido por los diferentes sectores que conforman la comunidad. Este caudal está comprendido por el caudal domiciliario, caudal de infiltración, caudal de conexiones ilícitas y caudal comercial.

### 3.9.1. Caudal domiciliar

Es el caudal que después de haber sido utilizado por los humanos, es desechado y conducido hacia la red de alcantarillado. Este caudal es afectado por el factor de retorno.

$$Q_{\text{dom}} = \frac{\text{Dot} * \text{No. Hab} * \text{Fr}}{8\ 6400}$$

$$Q_{\text{dom}} = \frac{100 * 1\ 723 * 0,85}{86\ 400} = 1,7 \frac{l}{s}$$

### 3.9.2. Caudal de infiltración

Es el volumen de agua que se infiltra en el sistema de drenaje. Para estimarlo se toma en cuenta la profundidad del nivel freático del agua subterránea con relación a la profundidad de la tubería, la permeabilidad del terreno, el tipo de junta usada en la tubería y la calidad de mano de obra. Supervisión con que se cuenta en la construcción. Existen dos formas de medir el caudal: en litros diarios por hectárea y en litros diarios por kilómetro de tubería, en la cual se incluye la longitud de la tubería de las conexiones domiciliarias, asumiendo un valor de 6 metros lineales por cada vivienda. Este factor puede variar entre 12 000 y 20 000 litros diarios por kilómetro de tubería.

$$Q_{\text{infl}} = \frac{\text{Inf.} * (\text{long. tub.} + (\text{No. casas} * 6 \text{ m})) * \frac{1}{1\ 000}}{86\ 400}$$

Para este diseño en particular, no se calculará este caudal, debido a que se utilizará tubería de PVC.

### 3.9.3. Caudal de conexiones ilícitas

Es producido por las viviendas que conectan las tuberías del sistema de agua pluvial al alcantarillado sanitario.

- Se estima un porcentaje de viviendas que pueden realizar conexiones ilícitas que varía de 0,5 a 2,5 por ciento.
- Cuando existe información meteorológica sobre el lugar del proyecto, se utiliza la siguiente ecuación:

$$Q_{ci} = \frac{C * I * A * (\%viviendas)}{360}$$

Donde:

$Q_{ci}$  = caudal por conexiones ilícitas (l/s)

C = coeficiente de escorrentía (está en función del tipo de superficie por donde corre el agua).

I = intensidad de lluvia (mm/hr), para calcularla se tomó lo especificado por las normas generales para el diseño de redes de alcantarillado de la D.G.O.P.

A = área que es factible conectar (hectáreas)

Nota: por no existir información meteorológica actualizada no se tomará este método.

- Según criterio Instituto de Fomento Municipal (INFOM), para conexiones ilícitas tomar un 10 por ciento del caudal domiciliar.

$$Q_{ci} = 1,7 * 0,10 = 0,17 \frac{l}{s}$$

### 3.9.4. Caudal industrial

Es el caudal de aguas negras proveniente de todo tipo de industria, en este diseño se despreciará el caudal industrial debido a que no existe ningún tipo de industria en el caserío.

### 3.9.5. Caudal comercial

Es el caudal de aguas negras proveniente de todo tipo de comercio, ya sean, mercados, centros comerciales, abarroterías, hoteles. En este diseño se despreciara el caudal comercial debido a que no existe ningún tipo de comercio en el caserío.

### 3.10. Factor de caudal medio ( $f_{qm}$ )

Una vez obtenido el valor de los caudales anteriormente descritos, se procede a integrar el caudal sanitario, que al ser distribuido entre el número de habitantes se obtiene un factor de caudal medio ( $f_{qm}$ ), el cual debe estar entre 0.002 a 0.005. Si el cálculo del factor se encuentra entre esos dos límites, se utiliza el calculado; en cambio si es inferior o excede, se utiliza el límite más cercano según sea el caso.

$$f_{qm} = \frac{Q_{medio}}{No.Hab}, 0.002 < f_{qm} < 0,005$$

$$Q_{medio} = Q_{dom} + Q_{ci} = 1,87 \frac{l}{s}$$

$$f_{qm} = \frac{Q_{medio}}{No.Hab} = \frac{1,87}{1\ 723} = 0,0011$$

El parámetro está dentro del rango permitido, por lo que se toma este valor para el diseño.

Tabla XVII. **Resumen parámetros de diseño**

<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>
Tipo de sistema:	Drenaje sanitario
Tiempo de vida sistema:	21 años
Población actual:	884 Hab.
Población de diseño:	1 723 Hab.
Rangos de pendientes:	Mínima 1% - Máxima 4%
Dotación:	100 l/Hab/día
Factor de retorno de aguas negras:	0,85
Cota invert mínimo:	1,42 m
Relación de velocidad:	0,40 m/s – 3,0 m/s
Material a usar:	P.V.C. Norma ASTM 3034
Coeficiente de rugosidad:	0,009
Longitud de alcantarillado:	2 289,4 metros
Longitud tubería domiciliar:	6,0 metros
Densidad de vivienda:	7 Hab/casa
Caudal domiciliar calculado:	1,7 l/s
$F_{qm} = Q_{medio}/No. habitantes$	$0,002 < F_{qm} < 0,005$

Fuente: elaboración propia.

### 3.11. **Caudal de diseño**

Es el caudal que transportará la tubería del sistema de drenaje sanitario, para su cálculo se utiliza la siguiente ecuación:

$$Q_{dis} = No. Hab * FH.* f_{qm}$$

Donde:

No. Hab. = número de habitantes futuros acumulados

FH = Factor Harmond

F<sub>qm</sub> = Factor de caudal medio

Los proyectos de alcantarillado de aguas negras deben diseñarse de modo que la velocidad mínima de flujo, trabajando a cualquier sección, debe estar entre 0,40 metros sobre segundo a 4,00 metros sobre segundo cuando se trabaja en PVC. No siempre es posible mantener esa velocidad, debido a que existen ramales que sirven solo a unas cuantas casas y producen flujos bastante bajos, en tales casos se busca una pendiente que proporcione la velocidad mínima para la descarga máxima estimada. El cálculo de la capacidad, velocidad, diámetro y pendiente se hará aplicando la fórmula de Manning:

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

Donde:

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

R = Radio hidráulico

S = Pendiente de la gradiente hidráulica

n = Coeficiente de rugosidad de *Manning*

### 3.12. Diseño de la red

Después de tabular la información obtenida y los parámetros de diseño se elaboró una base de datos que facilitará su análisis. Para esto se utilizó una hoja electrónica para simplificarlo, la que incluye los siguientes cálculos:

- Tramo: pozo, de p.v., a p.v.
- Terreno: cota inicial, cota final, dist. h (m), S % terreno
- No. casas: local, acumulado
- Habitantes a servir: actual, futuro
- Factor de Harmond: actual, futuro
- Caudal de diseño: actual, futuro
- Diámetro (pulgadas)
- S (%) tubo
- Sección llena: V (m/s), Q (l/s)
- Relaciones hidráulicas actuales: q/Q comprobación, q/Q utilizado según tabla, v/V, d/D.
- Relaciones hidráulicas futuras: q/Q comprobación, q/Q utilizado según tabla, v/V, d/D
- V (m/s) de diseño: actual, futuro
- Cotas invert: inicial, final
- Profundidad de pozo (m)
- Ancho de zanja (m)
- Excavación (m<sup>3</sup>)

### 3.12.1. Diseño de secciones y pendientes

En el diseño se utilizarán secciones circulares de tubo PVC funcionando como canales abiertos. El cálculo de la capacidad, velocidad, diámetro y pendientes se hará aplicando la ecuación de Manning:

$$V = \left(\frac{1}{n}\right) * 0,03425 * D^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}},$$

Donde:

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

D = diámetro de la sección circular (pulgadas)

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

n= coeficiente de rugosidad de Manning, 0.010 para tubos PVC

### **3.12.2. Velocidades máximas y mínimas**

La velocidad del flujo está determinada por la pendiente del terreno, el diámetro de la tubería y el tipo de tubería que se utilice. Se puede determinar por la ecuación de Manning y las relaciones hidráulicas de  $v/V$ , donde  $v$  es la velocidad del flujo y  $V$  es la velocidad a sección llena.

La velocidad del flujo no debe ser menor a 0,40 metros por segundo, para que no exista sedimentación en la tubería y por lo tanto, algún taponamiento y no debe ser mayor a 4,00 metros por segundo, para que no exista erosión o desgaste.

### **3.12.3. Diámetros de tubería**

El diámetro mínimo a utilizar en los alcantarillados sanitario será de 6 pulgadas para tubería de PVC. para el transporte efectivo de sólidos en el sistema.

### 3.12.4. Cotas invert

Se calculan con base en la pendiente de la tubería y la distancia del tramo respectivo. Es necesario que la tubería vaya a una profundidad no menores a 0,50 metros en lugares donde no circule tráfico pesado y 1,00 metro en lugares donde hay tráfico pesado, con esto se evita que la tubería se rompa por el efecto de la carga que se produce sobre la carretera.

La cota Invert de salida de un pozo se coloca 3 centímetros más baja que la cota Invert de entrada. Se calculan de la siguiente manera:

$$\text{Cota invert}_{\text{inicial}} = \text{cota}_{\text{inicial}} - \text{altura}_{\text{pv}}$$

$$\text{Cota invert}_{\text{final}} = \text{cota invert}_{\text{inicial}} - (\text{pen}_{\text{tubería}} * \text{long}_{\text{tramo}})$$

### 3.13. Obras de arte

Accesorios destinados a transportar el agua procedente de la fuente de abastecimiento, desde el lugar de la captación hasta un punto específico, manteniendo así la presión y velocidad constante.

#### 3.13.1. Pozos de visita

Son parte de las obras accesorias de un alcantarillado y son empleados como medios de inspección y limpieza. Sirven para verificar el buen funcionamiento del sistema, así como para efectuar limpieza y mantenimiento. Pueden ser contruidos de cualquier material siempre que sea impermeable. Deben reunir las siguientes características:

- Deben ser de sección circular y con diámetro mínimo de 1,20 metros.
- La parte superior debe tener una forma de cono truncado.
- Deben tener tapadera.
- Colocar en tramos de tuberías no mayores a 100 metros.
- Debe ser colocado cuando exista cambio de diámetro en la tubería.
- Siempre se debe colocar cuando exista cambios considerables de pendientes.
- Es obligatorio colocar en tramos iniciales.
- Se colocan en la intersección de calles y cuando existe cambio en la dirección de éstas.

### **3.13.2. Conexiones domiciliarias**

Una conexión domiciliar es un tubo que lleva las aguas servidas desde una vivienda a una alcantarilla común o a un punto de desagüe. Ordinariamente al construir un sistema de alcantarillado, se acostumbra establecer y dejar prevista una conexión en Y o en T en cada lote edificado. Las conexiones deben taparse e impermeabilizarse para evitar la entrada de aguas subterráneas y raíces.

En colectores pequeños es más conveniente una conexión en Y, ya que proporciona una unión menos violenta de los escurrimientos que la que se conseguiría con una conexión en T. Sin embargo, la conexión en T es más fácil de instalar en condiciones difíciles. Una conexión en T bien instalada es preferible a una conexión en Y mal establecida. Es conveniente que el empotramiento con el colector principal se haga en la parte superior para impedir que las aguas negras retornen por la conexión comercial cuando el colector esté funcionando a toda su capacidad.

La conexión domiciliar se hace por medio de una caja de inspección, construida de mampostería o con tubos de cemento colocados en forma vertical (candelas), en la cual se une la tubería proveniente del drenaje de la edificación a servir, con la tubería que desaguará en el colector principal. La tubería entre la caja de inspección y el colector debe tener un diámetro no menor a 0,15 metros (6 pulgadas) y debe colocarse con una pendiente del 2 por ciento como mínimo. Las partes que componen una conexión domiciliar son: candelas y tubería secundaria.

### **3.13.3. Caja o candela**

Para la candela domiciliar se utilizará un tubo de concreto cuyo diámetro será de 12 pulgadas, el cual deberá estar impermeabilizado por dentro y tener tapadera para realizar inspecciones.

La conexión de la candela domiciliar con la tubería central se hará por medio de la tubería secundaria, la cual debe tener un diámetro de 4 pulgadas y debe ser PVC; debe tener una pendiente mínima de 2 por ciento y una máxima de 6 por ciento. A efecto de evacuar correctamente el agua y debe formar un ángulo con respecto a la línea central de aproximadamente 45 grados, en sentido contrario a la corriente del líquido.

### **3.14. Ejemplo cálculo tramo de red de drenaje**

Diseño del tramo del alcantarillado de pozo de visita 12 a pozo de visita 13, se diseñará el drenaje sanitario con tubería PVC, para un periodo de 21 años, utilizando un diámetro mínimo de 6 pulgadas (ver anexo No. 2).

- Pendiente terreno

Cota inicial = 149,86 m

Cota final = 142,72 m

Dist. hor. = 69,50 m

$$S = \frac{\text{Cota}_{\text{inicial}} - \text{Cota}_{\text{final}}}{\text{Dist. hor}} * 100$$

Pendiente terreno S = 10,83 %

- Población futuro

Población actual = 224 hab

r = 2,25 %

n = 21

$$P_f = P_a * (1 + r)^n$$

Población futuro = 434 hab

- Caudal medio

$$Q_{\text{medio}} = Q_{\text{dom}} + Q_{\text{ci}}$$

$$Q_{\text{dom}} = \frac{\text{Dot} * \text{No. hab} * \text{Fr}}{86\ 400}$$

$$Q_{\text{dom}} = 0,43 \text{ l/s}$$

$$Q_{\text{ci}} = 0,10 * Q_{\text{dom}}$$

$$Q_{\text{ci}} = 0,10 * 0,43 = 0,043 \text{ l/s}$$

$$Q_{\text{med}} = Q_{\text{dom}} + Q_{\text{ci}}$$

$$Q_{\text{medio}} = 0,43 + 0,043 = 0,47 \text{ l/s}$$

- Factor de caudal medio

$$f_{\text{qm}} = \frac{0,47}{434} = 0,001$$

El parámetro no está dentro del rango permitido, por lo que se adopta el valor de 0,002.

- Factor de Harmond

$$FH_{\text{actual}} = 4,13$$

$$FH_{\text{futuro}} = 4.00$$

- Caudal de diseño

$$Q_{\text{disactual}} = 1,85 \text{ l/s}$$

$$Q_{\text{disfuturo}} = 3,48 \text{ l/s}$$

- Diseño hidráulico

Diámetro del tubo: 6" PVC

Pendiente del tubo: 11%

- Velocidad a sección llena

$$V = \frac{0,03429}{0,01} * D^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

$$V = 3,97 \text{ m/s}$$

- Capacidad a sección llena

$$A = \frac{\pi * D^2}{4}$$

$$D = 0,1524 \text{ m}$$

$$A = 0,0182 \text{ m}^2$$

$$Q = (A * V) * 1000$$

$$Q = 72,5 \text{ m}^3/\text{s}$$

- Relaciones hidráulicas

$$\text{Actual} = q/Q = 0,026$$

$$\text{Futuro} = q/Q = 0,048$$

Cumple con la condición  $q < Q$ , de la tabla se obtienen las relaciones hidráulicas  $v/V$  y  $d/D$  correspondientes, los valores de velocidad se encuentran entre los rangos establecidos  $0,40 < v < 4,00 \text{ m/s}$ , así como el valor del tirante entre:  $0,10 \leq d/D \leq 0,75$ .

- Cotas invert

Inicial = 148,73 m

Futura = 141,48 m

- Profundidad del pozo de visita

Inicial = 1,13 m

Final = 1,24 m

El ancho de zanja se toma dependiendo de las alturas de los pozos. El volumen de excavación es igual al producto del ancho de zanja, por el promedio de altura de pozos por la distancia horizontal.

Tabla XVIII. Valores relaciones hidráulicas sección circular

d/D	a/A	v/V	q/Q	d/D	a/A	v/V	q/Q
0.0100	0.0017	0.0880	0.00015	0.1025	0.0540	0.4080	0.02202
0.0125	0.0237	0.1030	0.00024	0.1050	0.0558	0.4140	0.02312
0.0150	0.0031	0.1160	0.00036	0.1075	0.0578	0.4200	0.02429
0.0175	0.0039	0.1290	0.00050	0.1100	0.0599	0.4260	0.02550
0.0200	0.0048	0.1410	0.00067	0.1125	0.0619	0.4320	0.02672
0.0225	0.0057	0.1520	0.00087	0.1150	0.0639	0.4390	0.02804
0.0250	0.0067	0.1630	0.00108	0.1175	0.0659	0.4440	0.02926
0.0275	0.0077	0.1740	0.00134	0.1200	0.0680	0.4500	0.03059
0.0300	0.0087	0.1840	0.00161	0.1225	0.0701	0.4560	0.03194
0.0325	0.0099	0.1940	0.00191	0.1250	0.0721	0.4630	0.03340
0.0350	0.0110	0.2030	0.00223	0.1275	0.0743	0.4680	0.03475
0.0375	0.0122	0.2120	0.00258	0.1300	0.0764	0.4730	0.03614
0.0400	0.0134	0.2210	0.00293	0.1325	0.0786	0.4790	0.03763
0.0425	0.0147	0.2300	0.00338	0.1350	0.0807	0.4840	0.03906
0.0450	0.0160	0.2390	0.00382	0.1375	0.0829	0.4900	0.04062
0.0475	0.0173	0.2480	0.00430	0.1400	0.0851	0.4950	0.04212
0.0500	0.0187	0.2560	0.00479	0.1425	0.0873	0.5010	0.04375
0.0525	0.0201	0.2640	0.00531	0.1450	0.0895	0.5070	0.04570
0.0550	0.0215	0.2730	0.00588	0.1475	0.0913	0.5110	0.04665
0.0575	0.0230	0.2710	0.00646	0.1500	0.0941	0.5170	0.04863
0.0600	0.0245	0.2890	0.00708	0.1525	0.0964	0.5220	0.05031
0.0625	0.0260	0.2970	0.00773	0.1550	0.0986	0.5280	0.05208
0.0650	0.0276	0.3050	0.00841	0.1575	0.1010	0.5330	0.05381
0.0675	0.0292	0.3120	0.00910	0.1600	0.1033	0.5380	0.05556
0.0700	0.0308	0.3200	0.00985	0.1650	0.1080	0.5480	0.05916
0.0725	0.0323	0.3270	0.01057	0.1700	0.1136	0.5600	0.06359
0.0750	0.0341	0.3340	0.01138	0.1750	0.1175	0.5680	0.06677
0.0775	0.0358	0.3410	0.01219	0.1800	0.1224	0.5770	0.07063
0.0800	0.0375	0.3480	0.01304	0.1850	0.1273	0.5870	0.07474
0.0825	0.0392	0.3550	0.01392	0.1900	0.1323	0.6960	0.07885
0.0850	0.0410	0.3610	0.01479	0.1950	0.1373	0.6050	0.08304
0.0875	0.0428	0.3680	0.01574	0.2000	0.1424	0.6150	0.08756
0.0900	0.0446	0.3750	0.01672	0.2050	0.1475	0.6240	0.09104
0.0925	0.0464	0.3810	0.01792	0.2100	0.1527	0.6330	0.09663
0.2200	0.1631	0.6510	0.10619	0.5900	0.6140	1.0700	0.65488
0.2250	0.1684	0.6590	0.11098	0.6000	0.6265	1.0700	0.64157
0.2300	0.1436	0.6690	0.11611	0.6100	0.6389	1.0800	0.68876
0.2350	0.1791	0.6760	0.12109	0.6200	0.6513	1.0800	0.70537
0.2400	0.1846	0.6840	0.12623	0.6300	0.6636	1.0900	0.72269
0.2450	0.1900	0.6920	0.13148	0.6400	0.6759	1.0900	0.73947
0.2500	0.1955	0.7020	0.13726	0.6500	0.6877	1.1000	0.75510
0.2600	0.2066	0.7160	0.14793	0.6600	0.7005	1.1000	0.77339
0.2700	0.2178	0.7300	0.15902	0.6700	0.7122	1.1100	0.78913
0.3000	0.2523	0.7760	0.19580	0.7000	0.7477	1.1200	0.85376
0.3100	0.2640	0.7900	0.20858	0.7100	0.7596	1.1200	0.86791
0.3200	0.2459	0.8040	0.22180	0.7200	0.7708	1.1300	0.88384
0.3300	0.2879	0.8170	0.23516	0.7300	0.7822	1.1300	0.89734
0.3400	0.2998	0.8300	0.24882	0.7400	0.7934	1.1300	0.91230
0.3500	0.3123	0.8430	0.26327	0.7500	0.8045	1.1300	0.92634
0.3600	0.3241	0.8560	0.27744	0.7600	0.8154	1.1400	0.93942
0.3700	0.3364	0.8680	0.29197	0.7700	0.8262	1.1400	0.95321
0.3800	0.3483	0.8790	0.30649	0.7800	0.8369	1.3900	0.97015
0.3900	0.3611	0.8910	0.32172	0.7900	0.8510	1.1400	0.98906
0.4000	0.3435	0.9020	0.33693	0.8000	0.8676	1.1400	1.00045
0.4100	0.3860	0.9130	0.35246	0.8100	0.8778	1.1400	1.00045
0.4200	0.3986	0.9210	0.36709	0.8200	0.8776	1.1400	1.00965
0.4400	0.4238	0.9430	0.39963	0.8400	0.8967	1.1400	1.03100
0.4500	0.4365	0.9550	0.41681	0.8500	0.9059	1.1400	1.04740
0.4600	0.4491	0.9640	0.43296	0.8600	0.9149	1.1400	1.04740
0.4800	0.4745	0.9830	0.46647	0.8800	0.9320	1.1300	1.06030
0.4900	0.4874	0.9910	0.48303	0.8900	0.9401	1.1300	1.06550
0.5000	0.5000	1.0000	0.50000	0.9000	0.9480	1.1200	1.07010
0.5100	0.5126	1.0090	0.51719	0.9100	0.9554	1.1200	1.07420
0.5200	0.5255	1.0160	0.53870	0.9200	0.9625	1.1200	1.07490
0.5300	0.5382	1.0230	0.55060	0.9300	0.9692	1.1100	1.07410
0.5400	0.5509	1.0290	0.56685	0.9400	0.9755	1.1000	1.07935
0.5500	0.5636	1.0330	0.58215	0.9500	0.9813	1.0900	1.07140

Fuente: QUIJADA BARRERA, José Manuel. Diseño puente colgante aldea Pueblo Nuevo y red alcantarillado para la aldea Tizubin, San Jacinto, Chiquimula. p. 55.

### **3.15. Propuesta de tratamiento aguas residuales**

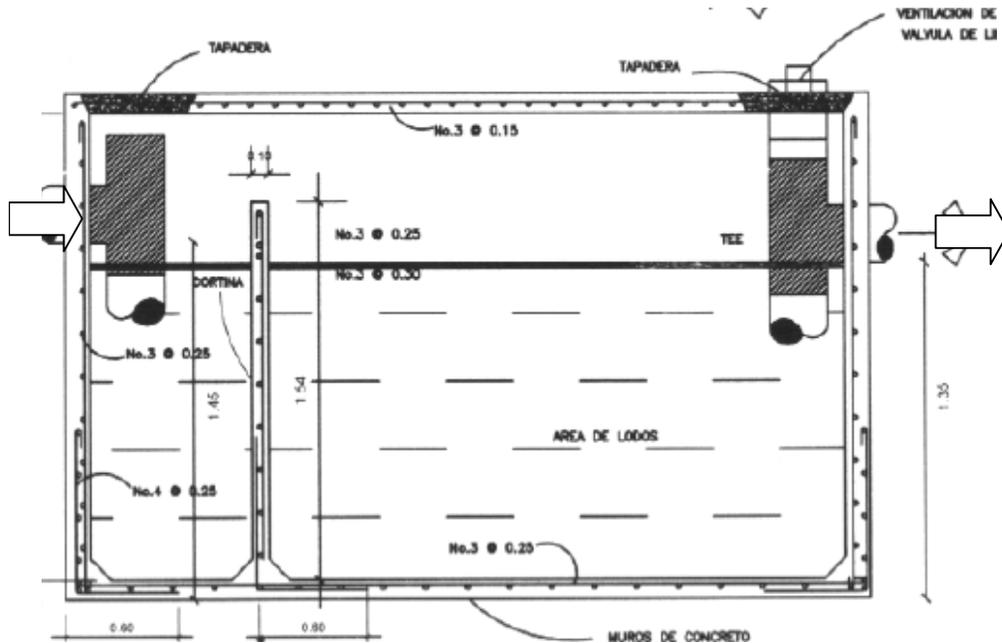
Cada etapa en el tratamiento tiene una función específica que contribuye, en forma secuencial, al mejoramiento de la calidad del efluente respecto a su condición inicial al ingresar al ciclo de depuración, que va desde el proceso más simple, hasta el proceso más complejo. Los diversos procesos de tratamiento tienen dos objetivos fundamentales:

- Disminuir el volumen del material manejado por la eliminación de parte o toda la porción líquida.
- Descomponer la materia orgánica degradable a compuestos orgánicos relativamente estables o inertes, de los cuales puede separarse el agua con mayor facilidad. Los lodos de las aguas residuales están constituidos por los sólidos que se eliminan en las unidades de tratamiento primario y secundario, junto con el agua que se adhiere a ellos.

La fosa séptica es un estanque hermético, construido de ladrillo, block o concreto armado, pero también existen prefabricadas, regularmente son de forma rectangular o redondas. Se diseñan para que las aguas negras permanezcan durante un tiempo determinado llamado período de retención, que varía de 12 a 24 horas.

La cabeza superior se deja destapada y colocada para permitir el escape de gases por el tubo del efluente, es posible colocar tabiques o pantallas difusoras en reemplazo de las T de entrada y salida, en cuyo caso suelen colocarse a unos 0,20 o 0,30 metros de los respectivos orificios.

Figura 19. **Detalle fosa séptica**



Fuente: elaboración propia.

### 3.15.1. **Diseño fosa séptica**

Las fosas sépticas son dispositivos que se usan en el tratamiento primario, están diseñadas para retirar de las aguas servidas los sólidos en suspensión orgánicos e inorgánicos sedimentables, mediante el proceso físico de la sedimentación. Las fosas sépticas están diseñadas para mantener el flujo de aguas negras a una velocidad muy baja y bajo condiciones anaeróbicas, por un período de 12 a 24 horas llamado período de retención.

Los principales factores que se tomaron en cuenta para fijar la capacidad y dimensiones de la fosa séptica son:

- Caudal medio diario de las aguas residuales.

- El período de retención, que varía de 1 a 3 días y que suele ser de 24 horas.
- Volumen y espacio necesario para acumulación de fangos, para un período de limpieza de 2 a 3 años (30 a 60 l/Hab., para 2 años).
- Relación longitud: ancho

Longitud: 2 a 3

Ancho: 1 a 1

$P_0 = 1\,723$  Hab.

$Q = 0,75(100\text{l/Hab./día}) = 75$  l/hab./día

$\text{Vol.} = 1\,723 * 75 = 129,23$  m<sup>3</sup>/día

L (largo) = 2 A (ancho)

Asumiendo  $H_{liq.} = 1,7$  m/día

Volumen = L \* A \* H

$129,23 = 2A^2 * 1,7$

A = 6,20 m

L = 12,40 m

H = 1,7 \* 1,2 = 2,00 m

Dimensiones

Ancho = 6,16 m

Largo = 12,32 m

Alto = 2,04 m

Volumen = 154,0 m<sup>3</sup>

Entre la cara inferior de la cubierta de la fosa y el nivel máximo del agua deberá dejarse un espacio de 0,25 metros como mínimo (preferible 0,40 metros) para la acumulación de gases, materia flotante y costra que se genera.

La fosa séptica deberá estar provista de una tapadera de registro impermeable y hermética de no menos de 0,60 metros de lado o diámetro, para permitir el acceso a inspección y extracción de lodos. Las aguas negras llegan a la fosa por medio de una T que descarga a una profundidad no inferior a 0,60 metros del nivel del agua (con el fin de no crear corrientes y turbulencias); la salida del agua sedimentada se efectúa también a través de una T colocada en el extremo opuesto y que penetra por lo menos un metro.

### 3.15.2. Cálculo de pozos de absorción

Se construirá una batería de seis pozos de acuerdo a las condiciones de servicio del proyecto.

$$H = \frac{K_1 * N}{\pi * D}$$

Donde:

$K_1$  = coeficiente de absorción ( $m^2/\text{Hab.}/\text{día}$ )

N = número de personas servidas (Hab.)

D = diámetro (m)

H = profundidad del pozo (m)  $\leq 13,0$  m

$$H = \frac{0,4632 * \left(\frac{1\ 723}{6}\right)}{\pi * 2,5} = 17,0 \text{ m}$$

### 3.16. Presupuesto del proyecto

La cuantificación de materiales y de la mano de obra para los trabajos se realizó con base en lo siguiente:

- El mortero para levantado y cantidad de ladrillo se calculó por metro lineal de cilindro y cono.
- La cantidad de arena, piedrín y cemento se calculó por metro cúbico de fundición de pozo de visita.
- La cantidad de refuerzo y alambre de amarre se calculó por quintal, de pozo de visita.
- Así mismo se calcularon los materiales de la conexión domiciliar, colector general para cada elemento de forma unitaria, así como la mano de obra.
- Se utilizaron los salarios de mano de obra que la municipalidad de Uspantán maneja para estar acorde a los criterios de la misma.
- Los precios de los materiales son los que se manejan en el municipio.
- El transporte de los materiales debe incluirse en cada renglón.

Tabla XIX. **Factores utilizados**

No.	Factor	Valor
1	Factor de mano de obra indirecta (ayudantes)	0.70
2	Factor de prestaciones	0.90
3	Factor de imprevistos	0.10
4	Factor de administración	0.05
5	Factor de utilidad	0.10
6	Impuestos	0.08

Fuente: ILLESCAS, Álvaro Danilo. Diseño de tramo carretero comprendido desde el Entronque carretera Interamericana (CA-1) hacia caserío Nuevo Xetimanit, Nahualá, Sololá p. 63.

Tabla XX. **Profundidades mínimas de tubería de PVC**

<b>PROFUNDIDADES MINIMAS DE LA COTA INFERIOR PARA EVITAR RUPTURAS</b>													
DIAMETRO	6"	8"	10"	12"	16"	18"	21"	24"	30"	36"	42"	48"	60"
TRAFICO NORMAL	1,16	1,22	1,28	1,33	1,41	1,5	1,58	1,66	1,84	1,99	2,14	2,25	2,55
TRAFICO PESADO	1,36	1,42	1,48	1,53	1,51	1,7	1,78	1,86	2,04	2,19	2,34	2,45	2,75

Fuente: OROZCO, Juan Adolfo. Diseño de drenaje sanitario aldea San Pedro Petz, San Marcos. p. 29.

Tabla XXI. **Presupuesto trabajos campo**

No.	Renglón de trabajo	Unidad	P.U. (Q)	Cantidad	Total (Q)
1	Trabajos preliminares	Global	3 400,00	1	3 400,00
2	Rectificación topográfica	Global	4 500,00	1	4 500,00
3	Trazo y estaqueado	Global	3 775,00	1	3 775,00
Total trabajo de campo					11 675,00

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXII. **Presupuesto materiales en general**

No.	Material	Unidad	P.U. (Q)	Cantidad	Total (Q)
1	Tubo PVC 6" ASTM 3034	Tubo	355,00	150	53 250,00
2	Tubo PVC 8" ASTM 3034	Tubo	560,00	1 145	641 200,00
4	Pegamento para PVC	Galón	350,00	120	42 000,00
5	Codo 4" 45°	U	28,00	123	3 444,00
6	Yee 6" a 4"	U	350,00	123	43 050,00
7	Cemento	Sacos	45,00	1 605	72 225,00
8	Arena	m <sup>3</sup>	90,00	150	13 500,00
9	Piedrín	m <sup>3</sup>	120,00	90	10 800,00
10	Hierro No. 2	qq	250,00	45	11 250,00
11	Hierro No. 3	qq	270,00	30	8 100,00
12	Hierro No. 4	qq	280,00	25	7 000,00
13	Alambre de amarre	Lb	5,50	250	1 375,00
14	Tubo de concreto de 12"	Tubo	49,50	123	6 088,50
15	Ladrillo tayuyo	U	0,85	50 340	42 789,00
16	Cal	Sacos	20,00	120	2 400,00
17	Madera	Pie tablar	3,60	1 150	4 140,00
<b>Total de materiales</b>					<b>962 611,50</b>

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIII. **Presupuesto mano de obra general**

No.	Renglón de trabajo	Unidad	P.U. (Q)	Cantidad	Total (Q)
1	Excavación	m <sup>3</sup>	40,00	2 355	94 200,00
2	Relleno	m <sup>3</sup>	50,00	2 400	120 000,00
3	Colocación de tubería	Tubos	12,00	148	1 776,00
4	Levantado de paredes	m <sup>2</sup>	100,00	234	23 400,00
5	Conexiones domiciliarias	U	75,00	123	9 225,00
Total de mano obra					248 601,00

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIV. **Integración presupuesto total**

No.	Descripción	Total (Q)
1	Trabajo de campo	11 675,00
2	Materiales generales	962 611,50
3	Mano de obra general	248 601,00
Total materiales y mano de obra		1 459 813,50
Imprevistos 5%		72 990,68
Transporte de materiales 3%		2 189,72
Administración y supervisión 10%		145 981,35
Impuestos y fianzas 12%		175 177,62
Total proyecto		1 856 152,87

Fuente: elaboración propia.

### **3.17. Estudio de impacto ambiental**

La legislación ambiental actual en Guatemala, establece exigencias ambientales para los proyectos de inversión.

Determina qué tipo de herramienta ambiental habrá que utilizar en cada caso. En general, el análisis de las alternativas deberá considerar las medidas de mitigación que minimicen la alteración de las condiciones medioambientales en la zona de ubicación de la obra y sectores aledaños.

El proyecto de la red de alcantarillado para el caserío Cotoxac del municipio de Uspantán, proyecto de una sola fase, tiene las siguientes características:

- El proyecto tendrá una duración de 4 meses y 2 289,4 metros lineales de construcción.
- El proyecto se caracteriza por ser nuevo, no se tendrá efectos sobre la flora y fauna. No está circunscrita dentro del régimen de áreas protegidas del estado de Guatemala.
- Habrá movimiento de tierra, por corte y relleno en el momento del zanjeo, se respetará los alineamientos actuales de las calles.
- El tipo de combustible a utilizar es diesel, para el uso del equipo necesario.

- La fuente de abastecimiento de agua será el servicio municipal, río o nacimiento de agua. Se necesitan alrededor de 1 a 2 metros cúbicos por día, para preparación de concreto y para la limpieza de las áreas.

### **3.17.1. Impactos ambientales en fase de construcción**

- Impactos negativos
  - La generación de polvo
  - La generación de ruidos
  - Aumento de la congestión vehicular, etc.
- Impactos positivos
  - Generación de empleo
  - Mejora en la calidad de vida de la población
  - Disminución de enfermedades de transmisión por el agua

### **3.17.2. Impactos ambientales en fase de operación**

- Impactos negativos
  - Generación de polvo
  - Aumento de la congestión vehicular, ruidos, etc.
- Impactos positivos
  - Mejora en la calidad de las aguas y del aire
  - Aspectos sociales

### **3.17.3. Medidas de mitigación**

Es necesario tomar en cuenta todos los factores importantes en cuanto al control que se pueda brindar en todas las fases del proyecto, en cuanto a las medidas a tomar, con la finalidad de disminuir cualquier tipo de impacto.

#### **3.17.3.1. Plan de seguridad**

Se deben implementar las siguientes actividades relacionadas con la seguridad de los trabajadores y de la población cercana al sitio del proyecto:

- A los trabajadores deberá dotarse de equipo de protección personal como mascarillas, protectores para la vista y casco protector, de acuerdo a la actividad que realicen.
- Para evitar focos de contaminación, que provoquen infección de enfermedades, tanto para los trabajadores como para los habitantes del lugar, durante la realización de la obra se deberán construir letrinas en lugares estratégicos, en donde se eviten al máximo los riesgos de contaminación a los recursos hídricos y sectores habitables.
- Se deberá colocar rótulos, cinta donde indiquen precaución, conos y cualquier otro tipo de indicación para evitar que, personas ajenas al proyecto ingresen al área de trabajo, con ello evitar que salgan lastimadas.
- La empresa promotora debe contar con botiquín de primeros auxilios, en caso de una emergencia o accidente.

### **3.17.3.2. Plan de manejos de desechos**

- Los residuos sólidos deberán recolectarse y reutilizarse todas las veces que sea posible dentro del mismo proyecto.
- Se deben construir pequeños rellenos sanitarios para depositar los desechos sólidos generados por el proyecto y los trabajadores, para evitar que sea foco de contaminación para con otras áreas.
- Para realizar las operaciones de mantenimiento del equipo utilizado en el proyecto, se debe establecer un único lugar, evitándose al máximo los derrames de los lubricantes, tanto nuevos como usados.
- Los lubricantes que sean utilizados deberán ser recolectados en depósitos adecuados para su manejo y disposición.
- Para evitar el desperdicio o derrame de concreto en el área del proyecto, se deben preparar solamente las cantidades requeridas para las labores a realizar. Los residuos líquidos están constituidos por derrames de concreto líquido antes de la fundición, por lo que el manejo deberá hacerse evitando estos derrames, sobre todo en aquellos lugares en donde se encuentren afluentes superficiales.
- El material proveniente de cortes, que por la distancia a los sitios de rellenos no puedan ser transportados a estos, será dispuesto en los botaderos de desperdicios que actualmente existen en el lugar.

### 3.17.4. Programa de operación y mantenimiento para la red de drenaje sanitario

Consiste en la aplicación de técnicas para mantener el alcantarillado en buenas condiciones y así garantizar el funcionamiento normal del sistema, la responsabilidad de mantenimiento estará a cargo de la comunidad y de la municipalidad.

Las inspecciones se efectuarán cuando sea solicitada por parte de los beneficiarios del proyecto, por los miembros del comité o por la misma municipalidad, cuando se detecten anomalías o cuando éstos lo crean conveniente.

Tabla XXV. **Resumen posibles problemas mantenimiento operación**

Elemento	Inspección	Posible problema	Causa	Acciones a Seguir
Línea central o secundaria	En pozos de visita	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Taponamiento parcial.</li> <li>• Taponamiento total.</li> </ul>	Tipo de mantenimiento. Condiciones de servicio	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prueba de reflejo.</li> <li>• Prueba de corrimiento de flujo</li> </ul>
Pozos de visita	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En tapadera</li> <li>• En el interior</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estado de escalones.</li> <li>• Acumulación de residuos.</li> </ul>	Tipo de mantenimiento. Condiciones de servicio Limpieza de calles.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cambio de tapaderas.</li> <li>• Limpieza de pozos.</li> </ul>
Conexiones domiciliarias	General de la unidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estado físico.</li> <li>• Buen uso de la candela.</li> </ul>	Tipo de mantenimiento	Cambio de tapadera.

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVI. **Cronograma proyecto drenaje sanitario Caserío Cotoxac, municipio de Uspantan, departamento de Quiché**

<b>Cronograma de ejecución Drenaje sanitario</b>																	
<b>Caserío Cotoxac, municipio de Uspantan, departamento de Quiché</b>																	
<b>No.</b>	<b>Descripción</b>	<b>Tiempo en meses</b>															
		<b>Mes 1</b>				<b>Mes 2</b>				<b>Mes 3</b>				<b>Mes 4</b>			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Trabajos preliminares	■	■	■													
2	Excavación y relleno zanjas		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■				
3	Colocación de tuberías 4"				■			■				■					
4	Colocación de tuberías 6"					■	■		■	■		■	■	■			
5	Colocación de tuberías 8"						■	■		■	■		■	■			
6	Conexiones domiciliarias					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
7	Pozos de visita							■	■	■	■	■	■	■	■	■	
8	Trabajos finales																■

Fuente: elaboración propia.

### **3.17.5. Evaluación socioeconómica**

Es identificar el impacto de un proyecto sobre el bienestar socioeconómico de un país o comunidad.

Para ello se identifica en primer lugar, la función de utilidad social y luego se estima el impacto del proyecto sobre cada elemento de la función de utilidad social y la asignación de valor a cada elemento de acuerdo con la utilidad marginal del elemento.

#### **3.17.5.1. Valor Presente Neto**

El Valor Presente Neto (VPN) es el método más conocido a la hora de evaluar proyectos de inversión a largo plazo, permite determinar si una inversión cumple con el objetivo básico financiero: maximizar la inversión.

- Cuando el  $VPN < 0$ , y el resultado es un valor negativo muy grande alejado de cero, indica que el proyecto no es rentable.
- Cuando el  $VPN = 0$ , indica que exactamente se está generando el porcentaje de utilidad que se desea.
- Cuando el  $VPN > 0$ , indica que la opción es rentable y que inclusive podría incrementarse el porcentaje de utilidad.

Datos del proyecto:

- Costo total del proyecto = Q 1 856 152,87
- Período de diseño = 40 años

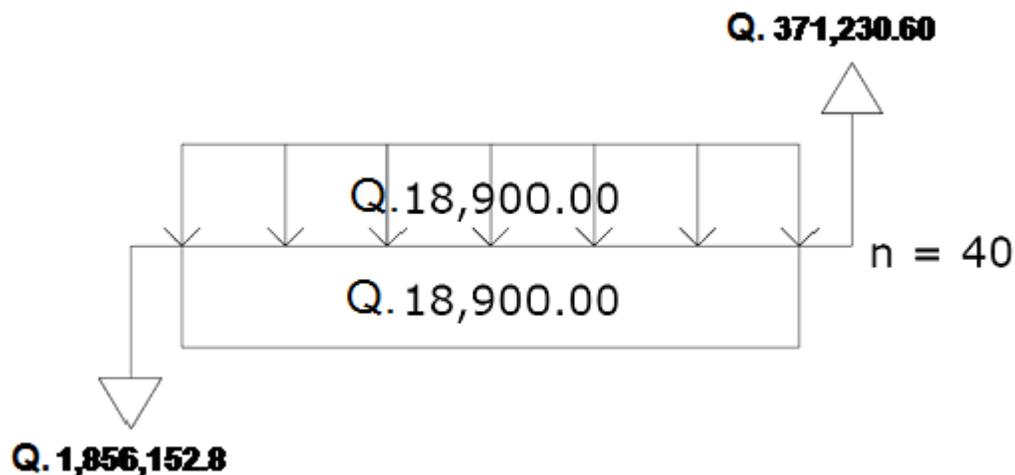
Se cobrará un costo simbólico por conexión domiciliar del 20% del costo total del proyecto distribuidos entre el total de los habitantes.

- Por conexión domiciliar =  $0,20 \times Q\ 1\ 856\ 152,87 = Q\ 371\ 230,60$
- Cuota por conexiones domiciliarias =  $Q\ 3\ 018,13 \approx Q\ 3\ 020,00$
- El costo de mantenimiento incluirá 5 por ciento de materiales y operación de mantenimiento al año.

$$\text{Mantenimiento} = Q\ 1,500 \times 12 \times 1,05 = Q\ 18\ 900,00$$

$$\text{Cuota mensual} = Q\ 153,70$$

Figura 20. Diagrama de flujo



Fuente: elaboración propia.

El VPN del proyecto va ser  $Q.1\ 856\ 152,87$ , este es el costo del proyecto y va ser desembolsado en el periodo 0 y debido a que es una inversión social no se está estipulando ningún ingreso ni rentabilidad del proyecto.

### **3.17.5.2. Tasa Interna de Retorno**

Es la tasa máxima de utilidad que puede pagarse u obtenerse en la evaluación de una alternativa. El criterio por emplear cuando se usa la TIR para decisiones de aceptación/rechazo es que si la  $TIR \geq$  costo de capital, se acepta el proyecto, de lo contrario se rechaza. Debido a que es una inversión social no se está estipulando ningún ingreso ni rentabilidad del proyecto.



## CONCLUSIONES

1. Al utilizar el Código del ACI, en requisitos específicos para materiales, análisis estructural y el dimensionamiento de elementos, se garantiza un diseño adecuado. Para obtener proyectos satisfactorios y eficientes, es necesario realizar los estudios técnicos requeridos.
2. La construcción de los proyectos genera nuevas fuentes de trabajo tanto, para los pobladores como para empresas dedicadas al servicio de transportes, por lo que los vecinos del municipio serán los beneficiados al mejorarse las vías de comunicación con las comunidades de los alrededores.
3. La aplicación de las medidas de mitigación y mantenimiento son necesarias durante la construcción y operación de los proyectos, de acuerdo a las características de cada uno.
4. El diseño del puente representa una solución adecuada a una de las necesidades más urgentes de la aldea San Antonio Chiquito en cuanto a sus vías terrestres de comunicación, contribuyendo de esta forma con su crecimiento socioeconómico.
5. Al contar con el servicio de alcantarillado sanitario, el caserío Cotoxac se verá beneficiado, ya que el proyecto contribuirá a no tener focos de contaminación y con ello mejorar la salud de la infancia y población en general.

6. Es fundamental que por medio del E.P.S. el estudiante de Ingeniería Civil enfrente directamente los problemas que se presentan en el campo, ya que esto permite adquirir la experiencia y conocer la realidad de los diversos problemas de la sociedad rural, demandando soluciones creativas acordes a cada comunidad.
  
7. El costo total de ejecución de cada proyecto es: puente vehicular de la aldea San Antonio Chiquito Q. 364 208,00. Red de drenajes sanitario del caserío Cotoxac Q. 1 856 152,87, valores que se encuentran en el rango de los precios del lugar, se concluye que los proyectos son factibles para su ejecución.
  
8. Para los proyectos de puentes es importante el mantenimiento de la subestructura y superestructura, evitando así socavaciones en las cimentaciones y daños en otros elementos del puente.

## RECOMENDACIONES

1. Para este tipo de proyectos se recomienda realizar estudio de suelos en el sitio de la obra, para la cimentación deberá buscarse el estrato adecuado para que la estructura tenga estabilidad.
2. Es de suma importancia que la municipalidad garantice la supervisión técnica por parte de un profesional de la ingeniería para la construcción de tan importantes obras y que cumplan estrictamente las especificaciones técnicas y utilicen materiales de construcción adecuados.
3. La construcción de la cimentación del puente es aconsejable realizarla durante época de estiaje que está comprendida entre los meses de diciembre y mayo en el lugar de la obra.
4. Implementar un adecuado control de calidad al momento de la ejecución del proyecto, realizar los ensayos de laboratorio necesarios de acuerdo a las normas técnicas aplicables.
5. Es conveniente dar el mantenimiento necesario a la estructura para prolongar eficientemente su tiempo de vida, y no permitir que sea usado para otros fines que no sean solamente de circulación vehicular.

6. Los presupuestos de los estudios fueron elaborados durante el segundo semestre del 2010, por lo tanto, los precios de materiales de construcción y mano de obra están sujetos a variación. Se recomienda revisarlos previo a la ejecución de la obra.
  
7. En el proyecto de carretera se aconseja limpiar los drenajes al inicio y al final del invierno.

## BIBLIOGRAFÍA

1. American Association of State Highway and Transportation Oficial. *Standard Specifications for Highway Bridges*. USA: AASHTO, 1985. 1436 p.
2. CABRERA SEIS, Jadenon Vinicio. *Guía teórica y práctica del curso de cimentaciones*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. 1994. 148 p.
3. *Código de Diseño de Hormigón Armado ACI-318R-99: reglamentos y comentarios del ACI-318R-99*. Farmington Hills, Michigan: ACI 1999, 576 p.
4. CRESPO VILLA LUZ, Carlos. *Mecánica de suelos y cimentaciones*. 5a ed. México: Limusa, 2004. 164 p.
5. Dirección General de Caminos, Ministerio de Comunicaciones y Obras Públicas. *Especificaciones generales para construcción de carreteras y puentes*. Guatemala: Impresos Industriales, 1975. 578 p.
6. GUZMAN ESCOBAR, Ernesto Salvador. *Diseño de puentes*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 1997. 156 p.

7. Instituto de Fomento Municipal, *Modelo básico para proyectos de saneamiento básico, educación sanitaria y ambiental a nivel rural*. Guatemala: INFOM, 1980. 385 p.
8. NILSON, Arthur H. *Diseño de estructuras de concreto*. 12a ed. Colombia: McGraw–Hill. 2001.738 p.

## **ANEXOS**



# 1. Informes de Laboratorio No. 402 S.S



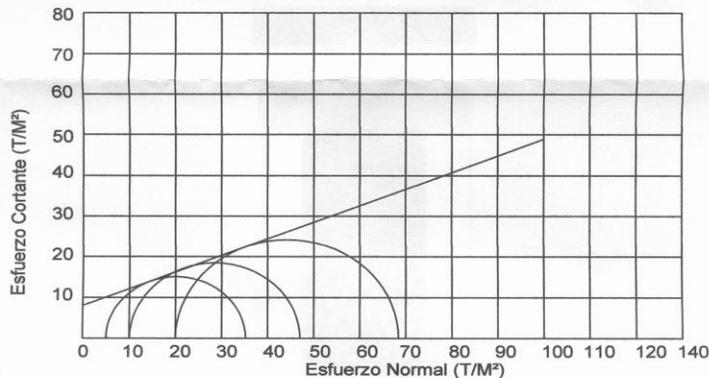
CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



Nº 15869

## ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL, DIAGRAMA DE MOHR

INFORME No.: 402 S.S. O.T.: 28,778  
 INTERESADO: Lester Javier Escobar Prado  
 PROYECTO: EPS- Diseño de puente vehicular  
 Ubicación: Aldea San Antonio Chiquito, Uspantán, El Quiche  
 Fecha: 23 de septiembre del 2011  
 pozo: 1 Profundidad: 2.00 m Muestra: 1



### PARAMETROS DE CORTE:

ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA :  $\phi = 22.2$  COHESIÓN:  $C_u = 8.08$

TIPO DE ENSAYO: No consolidado y no drenado.  
 DESCRIPCIÓN DEL SUELO: Limo arenoso color café oscuro  
 DIMENSIÓN Y TIPO DE LA PROBETA: 2.5" X 5.0"  
 OBSERVACIONES: Muestra proporcionada por el interesado.

PROBETA No.	1	1	1
PRESION LATERAL (T/m <sup>2</sup> )	5	10	20
DESVIADOR EN ROTURA q(T/m <sup>2</sup> )	30.19	37.05	48.41
PRESION INTERSTICIAL u(T/m <sup>2</sup> )	x	x	x
DEFORMACION EN ROTURA Er (%)	3.5	7.5	12.5
DENSIDAD SECA (T/m <sup>3</sup> )	1.25	1.25	1.25
DENSIDAD HUMEDA (T/m <sup>3</sup> )	1.49	1.49	1.49
HUMEDAD (%H)	21.4	21.4	21.4

Vo. Bo.

Inga. Telma Maricela Cano Morales  
DIRECTORA CIUSAC



Ing. Omar Enrique Medrano Méndez  
Jefe Sección Mecánica de Suelos



FACULTAD DE INGENIERIA -USAC  
Edificio I-5, Ciudad Universitaria zona 12  
Teléfono directo 2476-3992. Planta 2443-9500 EXL. 1502. FAX: 2476-3993  
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

2. Hoja electrónica Excell, Tabla de resultados

LINEA DE CONDUCCION PRINCIPAL																
POZO	TRAMO		TERRENO				No. CASAS		HABITANTES A SERVIR		FACTOR DE HARMONID		CAUDAL DE DISEÑO		DIAMETRO	S (%)
	DE P.V.	A.P.V.	COTA INICIAL	COTA FINAL	DIST. H (m)	S % TERRENO	LOCAL	ACUMULADO	ACTUAL	FUTURO	ACTUAL	FUTURO	ACTUAL	FUTURO	PULG	TUBO
1	1	2	200.00	194.71	45.65	11.59	4	4	28	54.29	4.36	4.31	0.24	0.47	6	12.00
2	2	3	194.71	191.01	36.51	10.13	1	5	35	67.86	4.34	4.29	0.30	0.58	6	10.00
3	3	4	191.01	186.90	31.06	13.23	2	7	49	95.00	4.32	4.25	0.42	0.81	6	13.00
4	4	5	186.90	185.35	33.76	4.59	3	10	70	135.72	4.28	4.20	0.60	1.14	6	7.00
5	5	6	185.35	183.52	46.20	3.96	3	13	91	176.43	4.25	4.17	0.77	1.47	6	2.00
6	6	7	183.52	181.83	55.83	3.03	1	14	98	190.00	4.25	4.16	0.83	1.58	6	5.00
7	7	8	181.83	168.51	79.34	16.79	0	14	98	190.00	4.25	4.16	0.83	1.58	6	15.50
8	8	9	168.51	161.48	46.91	14.99	10	24	168	325.72	4.17	4.06	1.40	2.65	6	15.00
9	9	10	161.48	158.63	39.59	7.20	3	27	189	366.44	4.16	4.04	1.57	2.96	6	7.00
10	10	11	158.63	153.80	58.36	8.28	2	29	203	393.58	4.15	4.03	1.68	3.17	6	8.00
11	11	12	153.80	149.86	51.48	7.65	0	29	203	393.58	4.15	4.03	1.68	3.17	6	8.00
12	12	13	149.86	142.72	65.90	10.83	3	32	224	434.30	4.13	4.00	1.85	3.48	6	11.00
13	13	14	142.72	137.18	46.00	12.04	11	43	301	583.59	4.08	3.94	2.45	4.60	6	12.04
14	14	15	137.18	120.95	69.53	23.34	13	56	392	760.02	4.03	3.87	3.16	5.89	10	23.00
15	15	16	120.95	118.14	39.59	7.10	0	56	392	760.02	4.03	3.87	3.16	5.89	10	7.00
16	16	17	118.14	112.97	28.38	18.22	0	56	392	760.02	4.03	3.87	3.16	5.89	10	18.00
17	17	18	112.97	100.66	60.76	20.26	1	57	399	773.59	4.02	3.87	3.21	5.99	10	21.00
18	18	19	100.66	95.07	24.48	22.84	1	58	406	787.16	4.02	3.86	3.26	6.08	10	20.00
19	19	20	95.07	91.97	25.23	12.29	4	62	434	841.45	4.01	3.85	3.48	6.47	10	12.00
20	20	21	91.97	88.30	65.21	5.63	1	63	441	855.02	4.00	3.84	3.53	6.57	10	5.63
21	21	22	88.30	88.52	19.88	1.00	2	65	455	882.17	3.99	3.83	3.64	6.77	10	0.50
22	22	23	88.52	88.22	25.70	1.17	1	66	462	895.74	3.99	3.83	3.69	6.86	10	0.50
23	23	24	88.22	87.97	84.13	0.30	2	68	476	922.88	3.99	3.82	3.79	7.05	10	0.50
24	24	25	87.97	90.16	79.24	1.00	1	69	483	936.45	3.98	3.82	3.85	7.15	10	0.50
25	25	26	90.16	90.02	38.75	0.36	1	70	490	950.02	3.98	3.81	3.90	7.25	10	0.50
26	26	27	90.02	85.92	48.91	8.38	0	70	490	950.02	3.98	3.81	3.90	7.25	10	2.00
27	27	28	85.92	84.05	47.69	3.92	13	83	581	1126.46	3.94	3.77	4.58	8.48	10	4.00
28	28	29	84.05	79.51	59.62	7.61	0	83	581	1126.46	3.94	3.77	4.58	8.48	10	8.00
29	29	30	79.51	78.48	50.00	2.06	2	85	595	1153.60	3.93	3.76	4.68	8.67	10	3.00
30	30	31	78.48	75.20	59.61	5.50	0	85	595	1153.60	3.93	3.76	4.68	8.67	10	5.00

LINEA DE CONDUCCION PRINCIPAL															
SECCION LLENA		RELACIONES HIDRAULICAS ACTUALES				RELACIONES HIDRAULICAS FUTURAS				V (m/s) DE DISEÑO		COTAS INVERT		PROFUNDIDAD DE POZO	
V (m/s)	Q (l/s)	q/Q comprovarcion	q/Q utilizado según tabla	v/V	d/D	q/Q Comprovarcion	q/Q utilizado según tabla	v/V	d/D	ACTUAL	FUTURA	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL
4.15	75.72	0.00322424	0.003308	0.229291	0.042	0.006176481	0.00635	0.279709	0.057	0.95	1.16	198.60	193.12	1.40	1.59
3.79	69.12	0.004398902	0.004401	0.250157	0.048	0.008415577	0.008675	0.307527	0.066	0.95	1.17	193.09	189.44	1.62	1.57
4.32	78.81	0.005367569	0.005438	0.26681	0.053	0.010245563	0.010434	0.325255	0.072	1.15	1.41	189.41	185.37	1.60	1.53
3.17	57.83	0.010368801	0.010434	0.325255	0.072	0.019736111	0.02001	0.396055	0.098	1.03	1.26	185.34	182.98	1.56	2.37
1.69	30.91	0.025049867	0.025498	0.426042	0.11	0.047572323	0.047943	0.514669	0.149	0.72	0.87	182.95	182.03	2.40	1.49
2.68	48.88	0.017027155	0.017112	0.377842	0.091	0.032313764	0.03275	0.459284	0.124	1.01	1.23	182.00	179.20	1.52	2.63
4.72	86.05	0.009670774	0.009829	0.319412	0.07	0.018352985	0.018743	0.388318	0.095	1.51	1.83	179.17	166.88	2.66	1.63
4.64	84.65	0.016569629	0.016726	0.375193	0.09	0.031265922	0.031658	0.454641	0.122	1.74	2.11	166.85	159.81	1.66	1.67
3.17	57.83	0.027171044	0.027477	0.435721	0.114	0.051197901	0.051322	0.525206	0.154	1.38	1.67	159.78	157.01	1.70	1.62
3.39	61.82	0.0272252	0.027477	0.435721	0.114	0.051254566	0.051322	0.525206	0.154	1.48	1.78	156.98	152.31	1.65	1.49
3.39	61.82	0.0272252	0.027477	0.435721	0.114	0.051254566	0.051322	0.525206	0.154	1.48	1.78	152.28	148.16	1.52	1.70
3.97	72.49	0.025520779	0.025986	0.428476	0.111	0.047985501	0.048609	0.51679	0.15	1.70	2.05	148.13	140.88	1.73	1.84
4.16	75.85	0.032362809	0.03275	0.459284	0.124	0.060605582	0.06063	0.551845	0.167	1.91	2.29	140.85	135.31	1.87	1.87
8.08	409.32	0.007711827	0.008126	0.301478	0.064	0.01438512	0.014459	0.359039	0.084	2.44	2.90	135.28	119.29	1.90	1.66
4.46	225.81	0.013978873	0.014098	0.356302	0.083	0.026075245	0.026479	0.430901	0.112	1.59	1.92	119.26	116.49	1.69	1.65
7.15	362.11	0.008717359	0.008956	0.310524	0.067	0.016260772	0.016336	0.372532	0.089	2.22	2.66	116.46	111.35	1.68	1.62
7.72	381.70	0.008207406	0.008398	0.304512	0.065	0.015303328	0.015571	0.367173	0.087	2.35	2.83	98.56	98.56	1.65	2.10
7.53	381.70	0.008549984	0.008675	0.307527	0.066	0.015393839	0.015951	0.369859	0.088	2.32	2.79	98.53	93.64	2.13	1.43
5.83	295.66	0.01758118	0.012029	0.339587	0.077	0.021897677	0.022215	0.40873	0.103	1.98	2.38	93.61	90.58	1.46	1.39
4.00	202.48	0.017431369	0.017518	0.380479	0.092	0.032454914	0.03275	0.459284	0.124	1.52	1.84	90.55	86.88	1.42	1.42
1.19	60.35	0.060237338	0.06063	0.551845	0.167	0.112097496	0.113015	0.66267	0.227	0.66	0.79	86.85	86.75	1.45	1.77
1.19	60.35	0.061113419	0.061377	0.553851	0.168	0.113699647	0.114014	0.66437	0.228	0.66	0.79	86.72	86.59	1.80	1.63
1.19	60.35	0.062862487	0.062884	0.557845	0.17	0.116896734	0.117035	0.669441	0.231	0.66	0.80	86.56	86.14	1.66	1.83
1.19	60.35	0.063735497	0.064409	0.561815	0.172	0.118491722	0.11905	1.00588	0.507	0.67	1.20	86.11	85.71	1.86	4.45
1.19	60.35	0.064607502	0.065178	0.563791	0.173	0.120084374	0.120091	0.674473	0.234	0.67	0.80	85.68	85.49	4.48	4.53
2.38	120.70	0.032303751	0.03275	0.459284	0.124	0.060042187	0.06063	0.551845	0.167	1.09	1.31	85.46	84.48	4.56	1.44
3.37	170.70	0.026819341	0.026976	0.433316	0.113	0.049705047	0.049956	0.521011	0.152	1.46	1.76	84.45	82.54	1.47	1.51
4.76	241.41	0.018964138	0.019161	0.390908	0.096	0.035146776	0.035559	0.470746	0.129	1.86	2.24	82.51	77.28	1.54	2.23
2.92	147.83	0.031669255	0.032202	0.456967	0.123	0.058669296	0.059149	0.547816	0.165	1.33	1.60	77.25	75.75	2.26	2.73
3.77	190.85	0.0245309	0.024537	0.421146	0.108	0.045445041	0.045969	0.508265	0.146	1.59	1.91	75.72	72.74	2.76	2.46

RAMAL 2															
SECCION LLENA		RELACIONES HIDRAULICAS ACTUALES					RELACIONES HIDRAULICAS FUTURAS					COTAS INVERT		PROFUNDIDAD DE POZO	
V (m/s)	Q (l/s)	q/Q comprobacion	q/Q utilizado según tabla	v/V	d/D	q/Q Comprobacion	q/Q utilizado según tabla	v/V	d/D	ACTUAL	FUTURA	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL
3.97	72.49	0.005016575	0.005221	0.263528	0.052	0.009585895	0.009829	0.319412	0.07	1.05	1.27	170.94	166.09	1.40	1.23
5.24	95.50	0.003808244	0.003834	0.239853	0.045	0.007276963	0.007337	0.292267	0.061	1.26	1.53	166.06	158.61	1.26	1.26
4.66	85.07	0.005667474	0.005885	0.273304	0.055	0.010807312	0.011058	0.331034	0.074	1.27	1.54	158.58	150.53	1.29	1.29
5.07	92.52	0.005846951	0.005885	0.273304	0.055	0.011139299	0.011377	0.3339	0.075	1.39	1.69	150.50	141.40	1.32	1.32

RAMAL 2																	
TRAMO		TERRENO				No. CASAS		HABITANTES A SERVIR		FACTOR DE HARMON		CAUDAL DE DISEÑO		DIAMETRO		S (%)	
POZO	DE P.V.	A.P.V.	COTA INICIAL	COTA FINAL	DIST. H (m)	S % TERRENO	LOCAL	ACUMULADO	ACTUAL	FUTURO	ACTUAL	FUTURO	ACTUAL	FUTURO	PUIG	TUBO	S (%)
34	34	35	172.34	167.32	44.08	17.15	6	6	42	81	4.33	4.27	0.36	0.69	6	11.00	
35	35	36	167.32	159.87	39.03	19.09	0	6	42	81	4.33	4.27	0.36	0.69	6	19.09	
36	36	37	159.87	151.82	53.15	15.15	2	8	56	109	4.30	4.23	0.48	0.92	6	15.15	
37	37	13	151.82	142.72	50.79	17.92	1	9	63	122	4.29	4.22	0.54	1.03	6	17.92	

RAMAL 1															
SECCION LLENA		RELACIONES HIDRAULICAS ACTUALES					RELACIONES HIDRAULICAS FUTURAS					COTAS INVERT		PROFUNDIDAD DE POZO	
V (m/s)	Q (l/s)	q/Q comprobacion	q/Q utilizado según tabla	v/V	d/D	q/Q Comprobacion	q/Q utilizado según tabla	v/V	d/D	ACTUAL	FUTURA	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL
4.29	78.18	0.004651763	0.004699	0.253537	0.049	0.008888797	0.008956	0.310524	0.067	1.09	1.33	175.11	169.27	1.40	1.40
1.88	34.32	0.010595679	0.010744	0.328152	0.073	0.020246697	0.020441	0.398611	0.099	0.62	0.75	169.24	167.08	1.43	1.43

RAMAL 1																	
TRAMO		TERRENO				No. CASAS		HABITANTES A SERVIR		FACTOR DE HARMON		CAUDAL DE DISEÑO		DIAMETRO		S (%)	
POZO	DE P.V.	A.P.V.	COTA INICIAL	COTA FINAL	DIST. H (m)	S % TERRENO	LOCAL	ACUMULADO	ACTUAL	FUTURO	ACTUAL	FUTURO	ACTUAL	FUTURO	PUIG	TUBO	S (%)
31	31	32	176.51	170.67	45.65	12.79	6	6	42	81.431	4.329	4.267	0.364	0.695	6	12.79	
32	32	8	170.67	168.51	87.60	2.47	0	6	42	81.431	4.329	4.267	0.364	0.695	6	2.47	

RAMAL 4															
SECCION LLENA		RELACIONES HIDRAULICAS ACTUALES				RELACIONES HIDRAULICAS FUTURAS				V (m/s) DE DISEÑO		COTAS INVERT		PROFUNDIDAD DE POZO	
V (m/s)	Q (l/s)	q/Q comprovacion	q/Q utilizado según tabla	v/V	d/D	q/Q Comprovacion	q/Q utilizado según tabla	v/V	d/D	ACTUAL	FUTURA	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL
5.40	98.47	0.004295893	0.004401	0.250157	0.048	0.008199559	0.008398	0.304512	0.065	1.35	1.64	138.07	128.58	1.40	1.40
5.75	104.83	0.004035389	0.004208	0.246749	0.047	0.007702711	0.008126	0.301478	0.064	1.42	1.73	128.55	119.47	1.43	1.48

RAMAL 4																
TRAMO		TERRENO				No. CASAS		HABITANTES A SERVIR		FACTOR DE HARMONIA		CAUDAL DE DISEÑO		DIAMETRO S (%)		
POZO	DE P.V.	A.P.V.	COTA INICIAL	COTA FINAL	DIST. H (m)	S % TERRENO	LOCAL	ACUMULADO	ACTUAL	FUTURO	ACTUAL	FUTURO	ACTUAL	FUTURO	PUIG	TUBO
42	42	43	139.47	129.98	46.76	20.30	7	7	49	95.00	4.32	4.25	0.42	0.81	6	20.30
43	43	15	129.98	120.95	39.46	22.88	0	7	49	95.00	4.32	4.25	0.42	0.81	6	23.00

RAMAL 3															
SECCION LLENA		RELACIONES HIDRAULICAS ACTUALES				RELACIONES HIDRAULICAS FUTURAS				V (m/s) DE DISEÑO		COTAS INVERT		PROFUNDIDAD DE POZO	
V (m/s)	Q (l/s)	q/Q comprovacion	q/Q utilizado según tabla	v/V	d/D	q/Q Comprovacion	q/Q utilizado según tabla	v/V	d/D	ACTUAL	FUTURA	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL
6.56	119.72	0.002039179	0.002103	0.199672	0.034	0.003906635	0.004019	0.243315	0.046	1.31	1.60	147.16	138.68	1.40	1.67
5.45	99.34	0.002457549	0.002521	0.211049	0.037	0.004707801	0.004802	0.256893	0.05	1.15	1.40	138.65	133.29	1.70	1.70
4.64	84.71	0.003589335	0.003654	0.236362	0.044	0.006866786	0.007083	0.289158	0.06	1.10	1.34	133.26	126.01	1.73	1.73
4.38	79.92	0.004550486	0.004699	0.253337	0.049	0.008695273	0.008956	0.310524	0.067	1.11	1.36	125.98	119.19	1.76	1.76

RAMAL 3																
TRAMO		TERRENO				No. CASAS		HABITANTES A SERVIR		FACTOR DE HARMONIA		CAUDAL DE DISEÑO		DIAMETRO S (%)		
POZO	DE P.V.	A.P.V.	COTA INICIAL	COTA FINAL	DIST. H (m)	S % TERRENO	LOCAL	ACUMULADO	ACTUAL	FUTURO	ACTUAL	FUTURO	ACTUAL	FUTURO	PUIG	TUBO
38	38	39	148.56	140.35	28.27	17.15	4	4	28	54.29	4.36	4.31	0.24	0.47	6	30.00
39	39	40	140.35	134.99	25.95	20.66	0	4	28	54.29	4.36	4.31	0.24	0.47	6	20.66
40	40	41	134.99	127.74	48.27	15.02	1	5	35	67.86	4.34	4.29	0.30	0.58	6	15.02
41	41	15	127.74	120.95	50.79	13.37	1	6	42	81.43	4.33	4.27	0.36	0.69	6	13.37

RAMAL 5													
SECCION LLENA		RELACIONES HIDRAULICAS ACTUALES				RELACIONES HIDRAULICAS FUTURAS				COTAS INVERT		PROFUNDIDAD DE POZO	
V (m/s)	Q (l/s)	q/Q comprocion	q/Q utilizado segun tabla	v/V	d/D	q/Q Comprocion	q/Q utilizado segun tabla	v/V	d/D	ACTUAL	FUTURA	INICIAL	FINAL
7.09	129.31	0.001887912	0.001973	0.1958	0.033	0.003616577	0.003654	0.236362	0.044	1.39	1.68	135.36	120.67
6.88	125.56	0.003368933	0.003479	0.232842	0.043	0.006430586	0.00659	0.282879	0.058	1.60	1.95	120.64	106.05
6.14	111.92	0.004833548	0.005009	0.260223	0.051	0.009208618	0.009243	0.313504	0.068	1.60	1.92	106.08	96.12
5.15	99.97	0.007002437	0.007083	0.289158	0.06	0.013318347	0.01339	0.350786	0.081	1.49	1.81	96.15	85.35
4.51	82.36	0.008697066	0.008956	0.310524	0.067	0.016528735	0.016726	0.375193	0.09	1.40	1.69	85.38	77.82
1.69	30.91	0.023171751	0.023594	0.41621	0.106	0.044037809	0.044676	0.503961	0.144	0.71	0.85	77.85	76.59
												2.10	2.13
												2.13	2.16
												2.19	2.22
												1.80	1.77

RAMAL 5																	
TRAMO		TERRENO				No. CASAS		HABITANTES A SERVIR		FACTOR DE HARMOND		CAUDAL DE DISEÑO		DIAMETRO		S (%)	
POZO	DE P.V.	A.P.V.	COTA INICIAL	COTA FINAL	DIST. H (m)	S % TERRENO	LOCAL	ACUMULADO	ACTUAL	FUTURO	ACTUAL	FUTURO	ACTUAL	FUTURO	PUIG	TUBO	S (%)
44	44	45	136.76	122.44	41.97	17.15	4	4	28	54.29	4.36	4.31	0.24	0.47	6	35.00	
45	45	46	122.44	108.27	44.22	32.04	3	7	49	95.00	4.32	4.25	0.42	0.81	6	33.00	
46	46	47	108.27	98.31	37.99	26.22	2	9	63	122.15	4.29	4.22	0.54	1.03	6	26.22	
47	47	48	98.31	87.51	58.43	18.48	2	11	77	149.29	4.27	4.19	0.66	1.25	6	18.48	
48	48	49	87.51	79.95	53.25	14.20	1	12	84	162.86	4.26	4.18	0.72	1.36	6	14.20	
49	49	29	79.95	79.51	62.99	0.70	0	12	84	162.86	4.26	4.18	0.72	1.36	6	2.00	

RAMAL 5A													
SECCION LLENA		RELACIONES HIDRAULICAS ACTUALES				RELACIONES HIDRAULICAS FUTURAS				COTAS INVERT		PROFUNDIDAD DE POZO	
V (m/s)	Q (l/s)	q/Q comprocion	q/Q utilizado segun tabla	v/V	d/D	q/Q Comprocion	q/Q utilizado segun tabla	v/V	d/D	ACTUAL	FUTURA	INICIAL	FINAL
5.57	101.52	0.001811011	0.001847	0.191885	0.032	0.00347457	0.003479	0.232842	0.043	1.07	1.30	126.88	121.04
												1.40	1.40

RAMAL 5A																	
TRAMO		TERRENO				No. CASAS		HABITANTES A SERVIR		FACTOR DE HARMOND		CAUDAL DE DISEÑO		DIAMETRO		S (%)	
POZO	DE P.V.	A.P.V.	COTA INICIAL	COTA FINAL	DIST. H (m)	S % TERRENO	LOCAL	ACUMULADO	ACTUAL	FUTURO	ACTUAL	FUTURO	ACTUAL	FUTURO	PUIG	TUBO	S (%)
50	50	45	128.28	122.44	27.07	21.57	3	3	21	40.72	4.38	4.33	0.18	0.35	6	21.576978	