



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

**DISEÑO DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN DEL SISTEMA DE  
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DEL CASERÍO GARCÍA Y DISEÑO  
DEL PUENTE VEHICULAR EN LA ALDEA LA PUERTA DEL MUNICIPIO DE  
GUALÁN, DEPARTAMENTO DE ZACAPA.**

**HERWIN JOSÉ PÉREZ SOTO**

**Guatemala, noviembre de 2005**

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**



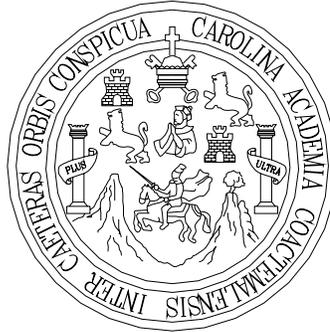
**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

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

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Oswaldo Romeo Escobar Álvarez
EXAMINADOR	Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta
EXAMINADOR	Ing. Luis Gregorio Alfaro Véliz
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN DEL SISTEMA DE  
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DEL CASERÍO GARCÍA Y DISEÑO  
DEL PUENTE VEHICULAR EN LA ALDEA LA PUERTA DEL MUNICIPIO DE  
GUALÁN, DEPARTAMENTO DE ZACAPA  
TRABAJO DE GRADUACIÓN**

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**HERWIN JOSÉ PÉREZ SOTO**  
ASESORADO POR ING. ÁNGEL ROBERTO SIC GARCÍA  
AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO CIVIL**

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2005

**HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

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

**DISEÑO DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN DEL SISTEMA DE  
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DEL CASERÍO GARCÍA Y DISEÑO  
DEL PUENTE VEHICULAR EN LA ALDEA LA PUERTA DEL MUNICIPIO DE  
GUALÁN, DEPARTAMENTO DE ZACAPA,**

tema que me fue asignado por la Dirección de Escuela de Ingeniería Civil,  
con fecha 21 de septiembre de 2005

Herwin José Pérez Soto

## **AGRADECIMIENTO**

- A
- Dios que me guió y me fortaleció en todo momento.
  - Ing. Ángel Roberto Sic García y al Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga por su valiosa asesoría en toda etapa del ejercicio profesion supervisado.
  - Ing. Mario Corzo, por todos los conocimientos que me ha transmitido y el apoyo brindado durante el transcurso de mi carrera.
  - La Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos, por formarme como profesional.
  - Rafael Antonio Deras y familia, por abrirme las puertas de su hogar.
  - Todos mis amigos y personas que de una u otra forma contribuyeron en el desarrollo del presente trabajo; en especial a Ana María Silva, Christian Emilio Tejeda y Ángel Méndez.

A todos en general

**DIOS LOS BENDIGA**

## **ACTO QUE DEDICO A:**

### **MIS PADRES**

Herwin Alfredo Pérez López.  
Norma Verónica Soto de Pérez.  
Por su interminable esfuerzo y apoyo.

### **HERMANOS**

Isabel Alejandra Pérez Soto.  
Wherner Mariano Pérez Soto.  
Vladimir Iván Pérez Soto.  
Gracias por todo su apoyo y cariño.

### **ABUELOS**

Ana de Jesús López.  
Juan José Soto Morales.  
Gracias por sus sabios consejos.

### **TÍOS Y PRIMOS**

Con mucho cariño y respeto.

## ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</b> .....	V
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	VI
<b>LISTA DE SÍMBOLOS</b> .....	VII
<b>GLOSARIO</b> .....	VIII
<b>RESUMEN</b> .....	XII
<b>OBJETIVOS</b> .....	XIV
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	XV
<b>1. MONOGRAFÍA DE LA ALDEA LA PUERTA Y EL CASERÍO GARCÍA</b>	
1.1 Aspectos físicos.....	1
1.1.1 Localización y ubicación.....	1
1.1.2 Límites y colindancias.....	2
1.1.3 Clima.....	3
1.1.4 Población e idioma.....	3
1.2 Aspectos económicos.....	4
1.2.1 Producción.....	4
1.3 Aspectos de infraestructura.....	5
1.3.1 Vías de acceso.....	5
1.3.2 Servicios públicos.....	6
1.3.3 Tipo de vivienda.....	6
<b>2. DISEÑO DEL SISTEMA DE CONDUCCIÓN DE AGUA POTABLE</b>	
2.1 Anteproyecto.....	7
2.2 Descripción general de la alternativa propuesta.....	8

2.3	Caudal de aforo.....	8
2.4	Análisis de la calidad del agua.....	9
2.5	Población actual.....	10
2.6	Tasa de crecimiento.....	11
2.7	Levantamiento topográfico.....	11
2.8	Bases de diseño.....	13
2.8.1	Período de diseño.....	13
2.8.2	Población de diseño.....	13
2.8.3	Dotación.....	14
2.8.4	Caudal medio.....	14
2.8.5	Factor de día máximo.....	15
2.8.6	Caudal de día máxima.....	16
2.8.7	Factor de hora máxima.....	16
2.8.8	Caudal de hora máximo.....	16
2.9	Captación.....	16
2.10	Diseño de líneas de conducción.....	17
2.11	Obras hidráulicas, válvulas y otros detalles.....	26
2.11.1	Caja reunidora de caudales.....	27
2.11.2	Caja distribuidora de caudales.....	27
2.11.3	Cajas rompe presión.....	27
2.11.4	Válvulas de limpieza.....	28
2.11.5	Válvulas de aire.....	28
2.11.6	Válvulas de compuerta.....	29
2.11.7	Pasos aéreos.....	29
2.11.8	Desinfección.....	29
2.12	Presupuesto.....	34
2.13	Descripción del mantenimiento del proyecto.....	36
2.13.1	Costos de operación y mantenimiento.....	39
2.14	Propuesta de tarifa.....	40

2.15	Impacto ambiental.....	40
2.15.1	Información general.....	41
2.15.2	Influencia del proyecto.....	42
2.15.3	Control ambiental.....	43
2.15.4	Plan de mitigación.....	44
2.16	Evaluación socioeconómica.....	44
2.16.1	Valor presente neto.....	44
2.16.2	Tasa interna de retorno.....	47
<b>3.</b>	<b>DISEÑO DE PUENTE VEHICULAR PARA LA ALDEA LA PUERTA</b>	
3.1	Descripción general de la alternativa propuesta.....	49
3.2	Datos y especificaciones de diseño.....	49
3.3	Calculo del caudal máximo.....	50
3.3.1	Método sección pendiente.....	50
3.4	Levantamiento topográfico.....	51
3.5	Evaluación de la calidad del suelo.....	53
3.6	Diseño de la superestructura.....	55
3.6.1	Análisis y diseño de losa.....	55
3.6.2	Análisis y diseño de vigas.....	61
3.7	Diseño de la subestructura.....	91
3.7.1	Análisis y diseño de estructura de apoyo.....	91
3.7.2	Análisis y diseño de estribos.....	98
3.8	Presupuesto de la obra.....	108
	<b>COCLUSIONES.....</b>	<b>118</b>
	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>119</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>120</b>
	<b>ANEXOS.....</b>	<b>122</b>

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1. Localización de los proyectos	2
2. Gráfica de flujo de cloro, clorinador modelo 3015	33
3. Diagrama de cuerpo libre de viga para halla “x” y “A”	63
4. Diagrama de cuerpo libre de carga viva	65
5. Diagrama de cuerpo libre de carga muerta	68
6. Detalle de armado de viga en la parte central	71
7. Detalle de armado de viga a 2.50 m del apoyo	73
8. Diagrama de carga muerta para corte de viga	74
9. Diagrama de carga viva para corte de viga	75
10. Diagrama de corte	76
11. Detalle de acera	80
12. Esquema de pasamanos	81
13. Diagrama de cargas para miembros longitudinales	82
14. Diagrama de cargas para diseño de postes	83
15. Diagrama de falla balanceada	84
16. Detalle de miembros verticales	87
17. Diafragma interior	89
18. Diafragma exterior	90
19. Triángulo de presiones	91
20. Diagrama de fuerza longitudinal	93
21. Detalle de cortina y viga de apoyo	98
22. Geometría y diagrama de presiones de los estribos	100
23. Detalle del estribo de concreto ciclópeo	108

## TABLAS

<b>I. Datos básicos de población</b>	<b>4</b>
<b>II. Tipo de acceso</b>	<b>5</b>
<b>III. Población del caserío García</b>	<b>10</b>
<b>IV. Libreta topográfica de la línea de conducción</b>	<b>12</b>
<b>V. Resumen de gastos de operación y mantenimiento</b>	<b>40</b>
<b>VI. Cálculo anual de VPN</b>	<b>46</b>
<b>VII. Cálculo anual de la TIR</b>	<b>48</b>
<b>VIII. Libreta topográfica del puente vehicular</b>	<b>52</b>
<b>IX. Momento de volteo</b>	<b>100</b>
<b>X. Momento estabilizante debido al muro</b>	<b>101</b>
<b>XI. Momento de volteo en el sentido horizontal</b>	<b>106</b>

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>AASHTO</b>	American association of state highway and transportation oficial
<b>As máx</b>	Área de acero máxima
<b>As mín</b>	Área de acero mínima
<b>C</b>	Coeficiente de fricción
<b>cm</b>	Centímetro
<b>CRP</b>	Caja rompe presión
<b>E</b>	Estación
<b>FHM</b>	Factor de hora máxima
<b>FDH</b>	Factor de día máximo
<b>f'c</b>	Resistencia del concreto
<b>Fy</b>	Resistencia del acero
<b>Hf</b>	Pérdida de carga
<b>Hab</b>	Habitante
<b>L</b>	Longitud
<b>lt / seg</b>	Litros sobre segundo
<b>m.c.a</b>	Metros columna de agua
<b>Mu</b>	Momento último
<b>m</b>	Metros
<b>m / seg</b>	metros sobre segundo
<b>PVC</b>	Cloruro de polivinilo

<b>P.U</b>	Precio unitario
<b>PSI</b>	Libras por pulgada cuadrada
<b>Qm</b>	Caudal medio
<b>QDM</b>	Caudal de día máximo
<b>QHM</b>	Caudal de hora máxima
<b>S</b>	Espaciamiento
<b>t</b>	Espesor

## GLOSARIO

<b>Aforo</b>	Medición de la cantidad de agua que lleva una corriente por unidad de tiempo.
<b>Agua potable</b>	Es el agua sanitariamente segura y agradable a los sentidos.
<b>Cota piezométrica</b>	Es la altura de presión del agua que se tiene en un punto dado.
<b>Acera</b>	Parte de la estructura dedicada exclusivamente al paso de peatones.
<b>Bases de diseño</b>	Bases técnicas adoptadas para el diseño del proyecto.
<b>Bacterias</b>	Seres vivos del reino de la naturaleza, generalmente no pigmentados; los cuales se reproducen por división en en uno, dos o tres planos.
<b>Bacteriológico</b>	Examen que determina el número más probable y clase de bacterias presentes en el agua.
<b>Baranda</b>	Armadura o muro construido a manera de remate de las aceras y que protegen a los vehículos y peatones.

<b>Bombeo</b>	Pendiente transversal que se le da al piso de los puentes para permitir que drenen las aguas superficiales.
<b>Cota de terreno</b>	Elevación del terreno sobre un nivel de referencia.
<b>Caudal</b>	Es la cantidad de agua que circula en un conductor en una unidad de tiempo.
<b>Carga estática</b>	Llamada también presión estática. Es la diferencia de alturas que existe entre la superficie libre de una fuente de abastecimiento y un punto determinado del acueducto, no más allá de su carga libre, se mide en metros columna de agua.
<b>Contaminación</b>	Es la introducción de microorganismos o químicos al agua, que hacen impropia para el consumo humano.
<b>Carga muerta</b>	Es el peso de la estructura y otros elementos que no pueden trasladarse de posición.
<b>Carga viva</b>	Es el peso de las cargas no permanentes o sea que pueden.
<b>Diafragma</b>	También llamada viga transversal, están colocadas perpendicularmente a la línea central del puente; se apoyan en las vigas principales. Cuando están en los extremos de un puente se les llama vigas extremas.
<b>Esfuerzo</b>	Es la fuerza aplicada por unidad de área.

<b>Estribo</b>	Una de las estructuras extremas que sirven de apoyo a la superestructura.
<b>Físico-químico</b>	Análisis que determina los siguientes aspectos: color, olor, turbiedad, temperatura, sabor, dureza y parámetros químicos.
<b>In situ</b>	Objeto o cosa que se encuentra en determinada región.
<b>Momento</b>	Es el producto de la intensidad de una fuerza por la distancia a un punto.
<b>Microbiológico</b>	Viene de microbiología, estudio de microbios.
<b>Patógeno</b>	Es un germen que contamina y genera enfermedades.
<b>Peralte</b>	Es la altura de la viga.
<b>Subestructura</b>	Conjunto de elementos que componen el puente en su parte inferior, entiéndase viga de apoyo, cortina, estribos, aletones y obras de protección.
<b>Superestructura</b>	Conjunto de elementos que componen el puente en su parte superior, entiéndase vigas principales, losa de rodadura, acera, diafragmas, postes y pasamanos.

<b>Topografía</b>	Arte de representar un terreno en un plano, con su forma, dimensiones y relieve.
<b>Tubería</b>	Conducto formado por tubos, en los cuales se desplazará el fluido.
<b>Viga principal</b>	Cada una de las vigas de soporte de la estructura colocada, paralelamente a la línea central del puente.

## RESUMEN

El presente proyecto se diseñó basándose en la priorización de necesidades de las comunidades. El sistema de abastecimiento de agua potable para la comunidad García consiste en un sistema por gravedad para beneficiar a 174 viviendas y una población de 941 habitantes, con una dotación de 120 lt/habitante/día y un caudal de conducción de 3.56 lts/seg. El sistema posee una longitud de 2,300 metros de tubería de PVC con una resistencia de 160 PSI para los tres tramos diseñados. Para la determinación de los diámetros teóricos y las pérdidas de carga en las tuberías se utilizó la fórmula de Hazen  $\xi$  Williams. En cuanto a las obras complementarias el sistema posee dos cajas rompedoras y una válvula de limpieza las cuales hacen que el sistema funcione óptimamente. El puente vehicular para la aldea La Puerta se diseñó con las siguientes características: fundido in situ, con una longitud de 20 metros y una capacidad de carga de H15. La superestructura cuenta con una losa de 20 cm de espesor, vigas principales con un peralte de 1.25 m y una base de 0.50 m, la acera posee peralte y refuerzo igual al de la losa, para los pasamanos se utilizó tubos de HG con un diámetro de 2 pulgadas y los miembros verticales con una sección de 0.15 x 0.20 m los cuales fueron diseñados por el método a flexo-compresión. Los diafragmas poseen bases de 0.30 m las cuales satisfacen los requerimientos mínimos y peraltes de 0.95 m para el diafragma interior y 0.65 m para el exterior. La subestructura posee una cortina de 0.30 m de base y un peralte de 1.25 m, diseñada para transmitir la carga proveniente de la superestructura hacia el suelo al igual que la viga de apoyo y los estribos. La viga de apoyo se diseñó únicamente por aplastamiento ya que la viga está apoyada en toda su longitud. Para el diseño de los estribos

fue necesario determinar la geometría de los mismos los cuales tienen una altura de seis metros y una base de cuatro metros necesario para calcular el momento de volteo que produce el empuje de la tierra sobre el estribo y el momento estabilizante que produce el peso de la estructura sobre el suelo. Todos los elementos estructurales fueron diseñados bajo los requerimientos de las normas AASHTO y ACI. Considerando que los proyectos beneficiarán a las comunidades pudiendo satisfacer muchas de las necesidades de los habitantes.

## **OBJETIVOS**

### **General**

- Darle una solución técnica que sea viable, segura, económica y definitiva a la comunidad en el diseño del puente vehicular para la aldea La Puerta, para lograr así una eficaz vía de comunicación con la cabecera municipal. Dar una solución viable, segura, económica y definitiva al sistema de conducción de agua potable, para la comunidad de García, así, satisfacer esta vital necesidad.

### **Específicos**

- Que los habitantes puedan tener comunicación con el comercio del municipio para elevar el nivel de vida de la comunidad.
- Que el lugar sea transitable en cualquier época del año por medio del puente sin importar las condiciones del clima.
- Diseñar un buen sistema de conducción de agua potable para el caserío García para poder abastecerlos del vital líquido.
- Aplicar los conocimientos en el diseño y análisis estructural de puentes vehiculares y sistemas de abastecimiento de agua potable.

## INTRODUCCIÓN

El Ejercicio Profesional Supervisado ( E.P.S ) pretende que los sectores necesitados del país, obtengan el apoyo técnico necesario para resolver parte de los problemas que mantienen años atrás y que, de alguna manera, siguen incrementándose, mediante un estudio que conlleva, la planificación de una obra de grandes niveles, la aplicación de principios científicos, urbanísticos y técnico-económicos de ingeniería.

En coordinación con el alcalde y el coordinador de la oficina municipal de planificación de Gualán, departamento de Zacapa, se determinó que es necesario desarrollar el estudio y diseño del puente vehicular para la aldea la puerta y del sistema de conducción de agua potable para el caserío García.

Con estos diseños se pretende erradicar unas de las más continuas preocupaciones de la ciudadanía y las autoridades, como los es la escasez de agua potable y la falta de vías de comunicación entre el municipio de Gualán y sus comunidades; beneficiando aproximadamente a 1072 habitantes.

El Capítulo I contendrá la monografía de la aldea La Puerta y del caserío García, del municipio de Gualán, Zacapa, el Capítulo II diseño del sistema de conducción de agua potable del caserío García y el capítulo III diseño de puente vehicular para la aldea La Puerta.



# **1. MONOGRAFÍA DE LA ALDEA LA PUERTA Y EL CASERÍO GARCÍA**

## **1.1 Aspectos físicos**

### **1.1.1 Localización y ubicación**

La aldea la Puerta y el caserío García son comunidades pertenecientes al municipio de Gualán, Zacapa, el cual se encuentra situado en la parte Este del departamento de Zacapa, en la región III o región nor-oriental. Se localiza en la latitud 15° 06' 44" y en la longitud 89° 21' 45". Limita al norte con los municipios de El Estor y Los Amates (Izabal); al sur con los municipios de La Unión y Zacapa (Zacapa); al este con el municipio de Río Hondo (Zacapa) y la república de Honduras; y al oeste con los municipios de Zacapa y Río Hondo (Zacapa). Cuenta con una extensión territorial de 696 kilómetros cuadrados, y se encuentra a una altura de 130 metros sobre el nivel del mar, su clima es cálido.

Se encuentra a una distancia de 35 km. de la cabecera departamental de Zacapa y a 168 km. de la ciudad capital de Guatemala.

La municipalidad es de segunda categoría y cuenta con una ciudad, 28 aldeas, 100 caseríos y 5 parajes. Las aldeas son: Arenal, Barbasco, Biafra, Cacao, Carrizalito, Cimarrón, Cumbre Alta, El Chile, El Filo, El Lobo, Guaranjá, Guasintepeque, Juan Ponce, Lajillal, Las Carretas, Las Lajas, Los Achiotes, Los Jutes, Llano Redondo, Mal Paso, Mayuelas, Mestizo, Santa Teresa, Santiago, Shinshín, Tazú, Vainilla y Zapote. ( ver figura 1 )



### **1.1.2 Límites y colindancias**

La aldea La Puerta colinda al norte con el caserío Managua y el Mestizo Las Vegas, al sur con la aldea Santa Teresa Iguana, al este con la finca La Plata, y al oeste con el caserío Los Hornos y la finca San Antonio.

El caserío García colinda al norte con la finca San Carlos y al sur con la aldea El Mestizo.

### **1.1.3 Clima**

Para ambas comunidades el clima es bastante cálido por las mañanas y en las tardes es más moderado, pues las brisas de los ríos que circundan proporcionan a los habitantes un ambiente agradable pasadas tres horas después del meridiano. Entre los datos registrados se tiene :

- marzo y abril una temperatura de 25 a 42 grados centígrados.
- noviembre y diciembre, la misma baja a los 18 y 20 grados.

Entre los datos promedio de precipitación pluvial por mes en mm se tiene para enero 0.5, febrero 0.2, marzo 2.5, abril 19.8, mayo 153.0, junio 370, julio 214.0, agosto 187.7, septiembre 326.9, octubre 166.0, noviembre 29.0, diciembre 12.7.

#### 1.1.4 Población e idioma

Según los datos de los censos que realizan los promotores designados a cada región en el municipio de Gualán indican que la población es de 52,172 habitantes, de los cuales 941 son pertenecientes al caserío García y 184 a la aldea La Puerta, de éstos el 100 % habla español.

**Tabla I. Datos básicos de población**

<b>Número de familias</b>	<b>46</b>	<b>100</b>
<b>Total de población</b>	<b>184</b>	<b>941</b>
<b>Menores de 1 año</b>	<b>15</b>	<b>40</b>
<b>Femenino</b>	<b>5</b>	<b>24</b>
<b>Masculino</b>	<b>10</b>	<b>21</b>
<b>Entre 1 y 4 años</b>	<b>17</b>	<b>68</b>
<b>Femenino</b>	<b>8</b>	<b>38</b>
<b>Masculino</b>	<b>9</b>	<b>30</b>
<b>Entre 5 y 14 años</b>	<b>53</b>	<b>206</b>
<b>Femenino</b>	<b>32</b>	<b>135</b>
<b>Masculino</b>	<b>21</b>	<b>71</b>
<b>Entre 15 y 19</b>	<b>16</b>	<b>79</b>
<b>Mujer en edad fértil</b>	<b>32</b>	<b>77</b>
<b>Comunidad</b>	<b>La Puerta</b>	<b>García</b>

## **1.2 Aspectos económicos**

### **1.2.1 Producción**

Ambas comunidades son centros agrícolas y puntos de embarque para el café, frijol y yuca que se cosechan en esta área. Además es zona de alta producción de frutas tropicales; en su producción pecuaria tiene crianza de ganado vacuno; y sus habitantes se dedican a la producción artesanal de muebles de madera, escobas de palma, artículos de hojalata, candelas, cuero, ladrillos, tejas de barro y cohetería.

## **1.3 Aspectos de infraestructura**

### **1.3.1 Vías de acceso**

Gualán se encuentra exactamente a 168 Km. de la ciudad de Guatemala y entre las principales rutas de acceso se encuentra la ruta CA-9, CA-10 y la RD-3 que son de tipo asfaltado.

Se debe tomar en cuenta que la principal ruta de acceso a Gualán se encuentra sobre el kilómetro 165 de la ruta al Atlántico, en la comunidad de Mayuelas, habiendo 3 Km. de esta a la cabecera municipal.

Para ingresar a la aldea La Puerta se toma el camino de terracería que conduce a el caserío Los Limones, hasta llegar al cruce que conduce a la aldea El Triunfo, al pasar por este camino se atraviesa la aldea Biafra, La Vainilla, Santa Teresa Iguana, seguidamente se deja la carretera que conduce hacia la aldea Las Lajas y se toma la que conduce directamente a la aldea La Puerta.

Para ingresar al caserío García se debe tomar la ruta que llega directamente al departamento de Izabal, la comunidad se encuentra directamente a un costado de la carretera, sobre el kilómetro 191.

**Tabla II. Tipo de acceso**

<b>Comunidad</b>	<b>% Asfalto</b>	<b>% Terracería</b>
<b>García</b>	<b>100 %</b>	<b>0 %</b>
<b>La Puerta</b>	<b>0 %</b>	<b>100 %</b>

### **1.3.2 Servicios públicos**

Entre los servicios públicos con los que cuentan en la aldea La Puerta y el caserío García se pueden mencionar energía eléctrica, letrización, servicio de telefonía celular, servicio de agua potable y escuela primaria.

### **1.3.3 Tipo de vivienda**

Se clasifican las viviendas en cinco tipos, el caserío García cuenta con 67 viviendas de bloque, 10 de bajareque, 8 de lámina y 41 de otros tipos con un total de 126 viviendas.

La aldea La Puerta cuenta con 10 viviendas de bloque, 5 de bajareque y 31 viviendas de otro tipo, las cuales no se cuentan como de lámina o de adobe.

## **2. DISEÑO DEL SISTEMA DE CONDUCCIÓN DE AGUA POTABLE**

### **2.1 Anteproyecto**

La visita preliminar tuvo como fin recopilar datos relacionados con la comunidad y de la fuente de abastecimiento. Esto proporcionó una imagen general de la necesidad de ejecutar el proyecto de agua, así como conocer nuevas necesidades que se puedan satisfacer y que quedan pendientes de resolver. La información obtenida fue la siguiente:

Fuente: consistió en ubicar la fuente respecto al tanque de distribución existente y al caserío que se debía de suministrar agua, obtener el caudal de aforo que produce la fuente y obtener muestras para realizar los análisis fisicoquímico y bacteriológico.

Se concluyó que la ubicación de la fuente es buena para la construcción de un sistema de conducción por gravedad ya que se cuenta con una altura de aproximadamente 150 metros de la fuente al tanque de distribución existente.

Se hizo un caminamiento con miembros del comité para conocer la topografía del lugar, áreas donde se tenía derecho de paso para poder construir la línea de conducción y otras posibles opciones por donde podría pasar la tubería.

Respecto a la situación legal sobre derechos de la fuente y de paso, la comunidad cuenta con los derechos de la fuente y los dueños de los terrenos por donde pasará la tubería han dado su plena autorización para la posible construcción de la línea de conducción.

## **2.2 Descripción general de la alternativa propuesta**

El proyecto consiste en la construcción de una línea de conducción de agua potable de 2,358.24 metros de longitud, la cual va de una caja reunidora de caudales hasta el tanque de distribución ya existente. Éste deberá contar con una fuente que proporcione un caudal suficiente para abastecer a la comunidad.

Se contará con cajas rompe presión para evitar altas presiones en la tubería, válvulas de aire en los puntos altos y válvulas de limpieza en los puntos bajos.

El tipo de tubería a utilizar para la conducción será de PVC o HG según el diseño.

## **2.3 Caudal de aforo**

Para encontrar el caudal de aforo se procedió a aforar en la estación inicial siendo éste el punto donde se encuentra la caja reunidora de caudales, con un recipiente de cinco galones se tomaron cinco medidas de llenado del recipiente para encontrar un promedio del caudal de aforo, el cual fue de 3.87 lts/seg.

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

En las áreas rurales es indispensable que sean respetados los límites mínimos de potabilidad, especialmente sobre las sustancias nocivas y que garantice la calidad bacteriológica de las aguas de abastecimiento, proporcionando agua sanitariamente segura.

Los límites sobre la calidad son de carácter general y se proporcionan como aptas para consumo humano. Los límites sobre calidad a observarse serán los contenidos en las normas COGUANOR. NGO 29-001; para lo cual es necesario efectuar un análisis físicoquímico, sanitario y bacteriológico, los cuales se describen a continuación.

### **Análisis físicoquímico**

Las muestras para los exámenes físico-químicos se tomarán en recipientes perfectamente esterilizados y adecuados, preferiblemente de plástico, cuya capacidad mínima debe ser de cuatro litros.

En el análisis físico se determina el sabor, color, temperatura, turbidez, sólidos y olor; el análisis químico mide la alcalinidad, la dureza, cloruros, nitritos, nitratos, oxígeno disuelto, amoniaco albuminoideo, contenido de hierro, contenido de manganeso, cloro residual y pH.

Los resultados de estos análisis se pueden ver en los anexos con lo cual se puede observar que están entre los límites permitidos.

## **Análisis bacteriológico**

Las muestras para los exámenes bacteriológicos se tomarán en envases adecuados, esterilizados, de boca ancha y tapón hermético, cuya capacidad debe ser 100 mililitros.

El objetivo principal es proporcionar toda la información relacionada con su potabilidad, es decir, evitar el peligro de ingerir organismos que puedan producir enfermedades.

En nuestro país la mayoría de enfermedades son de origen entérico, tales como virales, bacterianas y parasitosis, es decir, que son producidas por organismos microbiológicos. El objetivo primordial del examen bacteriológico es la detección de la contaminación fecal, ya que ésta es la que representa el mayor peligro para la humanidad. Los resultados de estos análisis se pueden ver en los anexos con lo cual se podrá observar que están entre los límites.

### **2.5 Población actual**

La población actual a beneficiar, según censo realizado por la municipalidad en el año 2004 es de 941 habitantes y se detalla de la siguiente manera:

**Tabla III. Población del caserío García**

<b>Población</b>	<b>Número</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>Mujeres</b>	<b>374</b>	<b>40%</b>
<b>Hombres</b>	<b>567</b>	<b>60%</b>
<b>Población total</b>	<b>941</b>	<b>100%</b>

## **2.6 Tasa de crecimiento**

Según lo investigado este tipo de información la recopila el centro de salud de Gualán y el porcentaje que se utilizó para el diseño del proyecto es de 2%.

## **2.7 Levantamiento topográfico**

Para realizar el estudio topográfico se procedió a medir y orientar con respecto al norte magnético, ubicando estaciones con el objeto de recabar la información de planimetría necesaria.

El levantamiento topográfico se hizo de primer orden para obtener datos con la mayor precisión posible. El equipo utilizado para el trabajo de campo fue el siguiente:

Teodolito marca SOKKIA DT6, precisión de  $\pm 20$  segundos

Estadal

Cinta métrica de 50 m de longitud

Plomada

Estacas de madera

Pintura roja

Martillo

El método utilizado para la realización del levantamiento topográfico fue conservación del azimut, a continuación se presenta la libreta topográfica.

#### Tabla IV. Lirbreta topográfica

Proyecto: Línea de conducción de agua potable

Ubicación: Caserío García, municipio de Gualán, departamento de Zacapa

LIBRETA TOPOGRAFICA				
EST-PO		DISTANCIA	AZIMUT	COTA
E1	E2	97.70	157°59'44"	499.89
E2	E3	32.18	169°22'57"	486.57
E3	E4	226.53	189°05'19"	482.04
E4	E5	38.07	208°34'40"	436.29
E5	E6	207.20	170°23'38"	429.97
E6	E7	72.20	158°33'40"	405.53
E7	E8	129.48	143°48'40"	386.15
E8	E9	124.46	166°20'00"	377.91
E9	E10	37.28	153°08'40"	380.13
E10	E11	97.96	164°29'40"	378.04
E11	E12	97.50	180°43'40"	376.88
E12	E13	79.33	200°23'40"	376.44
E13	E14	98.43	173°47'20"	364.96
E14	E15	52.31	185°10'00"	356.4
E15	E16	25.68	173°13'00"	354.19
E16	E17	134.93	155°35'31"	345.34
E17	E18	25.23	180°58'55"	304.12
E18	E19	24.16	149°33'03"	297.55
E19	E20	29.60	153°54'42"	292.57
E20	E21	89.27	196°27'26"	288.76
E21	E22	21.97	182°22'13"	299.72
E22	E23	27.47	158°21'17"	302.61
E23	E24	40.65	129°53'50"	305.72
E24	E25	31.95	130°22'02"	312.23
E25	E26	31.19	153°25'35"	317.73
E26	E27	61.57	176°03'43"	320.01
E27	E28	21.86	187°33'15"	328.26
E28	E29	18.57	158°00'20"	331.50
E29	E30	36.10	122°35'43"	334.38
E30	E31	11.48	197°44'23"	333.44
E31	E32	19.17	220°59'04"	333.94
E32	E33	71.57	177°33'33"	334.56
E33	E34	28.81	207°57'12"	336.01
E34	E35	41.63	146°32'47"	339.46
E35	E36	21.46	171°49'47"	344.21
E36	E37	28.68	198°54'39"	346.66
E37	E38	14.50	140°50'59"	348.51
E38	E39	39.84	89°10'12"	348.49
E39	E40	30.77	164°06'50"	345.12
E40				339.17

## **2.8 Bases de diseño**

### **2.8.1 Período de diseño**

Se considera como el tiempo durante el cual la obra dará servicio satisfactorio para la población de diseño. Para fijarlo se tomará en cuenta la vida útil de los materiales, costos y tasas de interés, población de diseño, comportamiento de la obra en sus primeros años y posibilidades de ampliación de acuerdo al recurso de agua.

El período de diseño adoptado en este caso es de 21 años con el cuál funcionará óptimamente.

### **2.8.2 Población de diseño**

Es necesario calcular la población con el período de diseño correspondiente; para esto se recomienda utilizar el método geométrico ya que es el modelo que mejor se adapta para poblaciones en vías de desarrollo.

La fórmula a utilizar es la siguiente:

$$Pf = Pa \times (1 + i)^n$$

Donde:

Pf = población futura

Pa = población actual, según último censo

i = tasa de crecimiento

n = período de diseño ( en años )

1 = tiempo supuesto en el cual se realiza el trámite para ejecutar el proyecto  
Sustituyendo datos en la fórmula anterior se tiene:

$$Pf = 941 \times (1 + 0.02)^{21}$$

$$Pf = 1,427 \text{ habitantes}$$

### **2.8.3 Dotación**

La dotación adoptada es de 120 lt/habitante/día, la cual se tomó en base a factores como; clima, nivel de vida, actividades productivas, servicios comunales o públicos, facilidad de drenaje y calidad del agua.

### **2.8.4 Caudal medio**

Se toma como Qm al promedio de los consumos diarios registrados durante un año, pero debido a que no se cuenta con datos de consumos registrados, el consumo medio diario se calculó así:

$$Qm = \frac{\text{dotación} \times \text{número de habitantes futuros}}{\text{cantidad de segundos en un día}}$$

$$Qm = \frac{120 \text{ lts/hab/día} \times 1,427 \text{ hab}}{86,400 \text{ seg/día}}$$

$$Qm = 1.98 \text{ lts/seg}$$

### **2.8.5 Factor de día máximo ( FDM)**

Este es un factor de seguridad, tomando en cuenta el tamaño de la población y de la capacidad de la fuente, para el diseño de este proyecto se utilizó un factor de día máximo de 1.8 basándose en las normas INFOM – UNEPAR para sistemas de abastecimiento de agua potable donde se indica que el factor de día máximo está entre el rango de 1.2 a 1.8 en donde el diseñador decide qué factor utilizar, tratando que la población reciba la mayor cantidad del vital líquido.

Este factor indica en un valor porcentual el promedio del gasto máximo de agua en un período de un año.

### **2.8.6 Caudal de día máximo ( Qdmáx )**

Es el máximo consumo de agua que se produce en un día observado en el período de un año y viene dado por la siguiente fórmula:

$$Q_c = Q_m \times FDM$$

Sustituyendo datos

$$Q_c = 1.98 \text{ lts/seg} \times 1.8 = 3.56 \text{ lts/seg}$$

### **2.8.7 Factor de hora máximo( FHM )**

Este es un factor que está relacionado con el número de habitantes y sus costumbres, los valores oscilan entre 2 y 4, para el diseño de este proyecto se utilizó 2 según las normas UNEPAR, las cuales indican que para poblaciones rurales mayores de mil habitantes se utiliza un factor de hora máximo de 2.

### **2.8.8 Caudal de hora máximo ( Qhmáx )**

Es el máximo consumo de agua observado durante una hora del día en el período de un año. Este caudal es el que servirá para el diseño de la red de distribución.

Para el presente diseño se calculó solo como dato de información extra y viene dado por:

$$Q_{hmáx} = Q_m \times FHM$$

$$Q_{hmáx} = 1.98 \text{ lts/seg} \times 2 = 3.96 \text{ lts/seg}$$

## **2.9 Captación**

Esta captación es tipo drenaje francés, ya que se pretende aprovechar toda el agua que brota en la misma, para luego transportarla en tubería de tres pulgadas a una caja reunidora de caudales.

Para la construcción de esta captación se utilizó piedra bola y concreto para no alterar la calidad del agua, se colocaron capas de arena y pedrín, que sirvieron como filtros para evitar que se capte mucha materia orgánica e inorgánica en el nacimiento.

Se colocó tubería perforada de PVC de 3" que transportara el agua hacia otra tubería sin perforar y de ésta hacia una caja reunidora de caudales.

Se protegió la captación con cerco perimetral, de alambre espigado, para mantener las condiciones naturales del lugar y mantener el área limpia de desechos; además para evitar la deforestación del lugar:

## **2.10 Diseño de línea de conducción**

La línea de conducción es el tramo de tubería diseñada para conducir el caudal de día máximo, desde la caja de captación hasta el tanque de distribución, el cual en este caso será de una caja reunidora de caudales al tanque; para el diseño de esta línea se recomienda mantener la presión hidrostática como un máximo de 90 m.c.a.

La velocidad en la línea de conducción se debe mantener entre 0.4 y 5 m/s, en un sistema de gravedad.

### **Bases para el diseño**

Sistema de abastecimiento por medio de gravedad

Beneficiarios: 174 viviendas

Población actual: 941 habitantes

Población futura: 1,427 habitantes

Dotación: 120 lts/hab/día

$Q_m = 1.98$  lts/seg

$Q_c = 3.56$  lts/seg

Para la determinación de las pérdidas de carga en las tuberías se utiliza la fórmula de Hazen  $\xi$  Williams, la cual viene dada por:

$$H_f = \frac{1743.81141 \times L \times Q^{1.85}}{C^{1.85} \times D^{4.87}}$$

Donde:

$H_f$  = pérdida de carga en metros

$C$  = coeficiente de fricción interna que depende del material de la tubería

Para PVC  $C = 150$  y para HG  $C = 100$

$D$  = diámetro interno en pulgadas

$L$  = longitud del tramo en metros

$Q$  = caudal en litros por segundo

## **Cálculos hidráulicos**

### **Tramo 1**

Datos:

$H_f = \text{Cota E-1} - \text{Cota E-5}$

$H_f = 499.89 - 429.97 = 69.92$  m

$C = 150$

$$L = 394.48 \text{ m}$$

$$Q_c = 3.56 \text{ lts/seg}$$

De Hazen  $\xi$  Williams se despeja el diámetro teórico y se sustituyen valores.

$$D = \sqrt[4.87]{1743.81141 \times 394.48 \times 3.56^{1.85} \div 69.92 \times 150^{1.8}}$$

$$D = 1.59 \text{ pulgadas}$$

Proponiendo diámetros de 1 ½" y de 2"

Encontrando pérdidas si el diámetro es 1 ½"

$$hf = \frac{(1743.81141 \times 394.48 \times (3.56)^{1.85})}{(1.5)^{4.87} \times (150)^{1.85}}$$

$$hf = 94.27 \text{ m}$$

Encontrando pérdidas si el diámetro es 2"

$$hf = \frac{(1743.81141 \times 394.48 \times (3.56)^{1.85})}{(2.0)^{4.87} \times (150)^{1.85}}$$

$$hf = 23.22 \text{ m}$$

Encontrando longitud de tubería para cada uno de los diámetros encontrados; todo esto para poder calcular las pérdidas reales.

Longitud de tubería para el diámetro de 2 pulgadas

$$L_{\phi 2"} = \frac{394.48 \times (69.92 - 23.22)}{94.27 - 23.22}$$

$$L_{\phi 2"} = 259.28 \text{ m}$$

Longitud de tubería para el diámetro de 1 ½"

$$L_{\phi 1 \frac{1}{2}"} = 394.48 - 259.28 = 135.19 \text{ m}$$

Encontrando la cantidad de tubos necesaria para el diseño

$$\# \text{tubos}_{\phi 2"} = 259.28 / 6.00 = 43.21 \approx 44 \text{ tubos}$$

$$\# \text{tubos}_{\phi 1 \frac{1}{2}"} = 135.19 / 6.00 = 22.53 \approx 23 \text{ tubos}$$

Encontrando pérdidas reales para cada uno de los diámetros

Para el diámetro de 2 pulgadas

$$h_f = \frac{(1743.81141 \times 264.0 \times (3.56)^{1.85})}{(2.0)^{4.87} \times (150)^{1.85}}$$

$$h_f = 15.54 \text{ m}$$

Para el diámetro de 1 ½"

$$h_f = \frac{(1743.81141 \times 138.0 \times (3.56)^{1.85})}{(1.5)^{4.87} \times (150)^{1.85}}$$

$$h_f = 8.12 \text{ m}$$

La sumatoria de las pérdidas de ambos diámetros da como resultado 23.66 m con lo cual se puede demostrar que el diseño del tramo 1 verifica con todos los parámetros y cumple con la carga disponible. Se trabajará con un diámetro de 2 pulgadas todo el tramo ya que la pérdida es menor.

$$\# \text{tubos } \varnothing 2'' = 394.48 / 6.00 = 65.75 \approx 66 \text{ tubos} = 396.00 \text{ m}$$

Verificando la velocidad

$$V = 1.974 \times Q / D^2$$

$$V = 1.974 \times 3.56 / 2^2 = 1.76 \text{ m/s} \quad 0.4 \text{ m/s} \geq V \leq 5 \text{ m/s}$$

## Tramo 2

Datos:

$$H_f = 429.97 - 378.04 = 51.93 \text{ m}$$

$$C = 150$$

$$L = 570.62 \text{ m}$$

$$Q_c = 3.56 \text{ lts/seg}$$

De Hazen  $\xi$  Williams se despeja el diámetro teórico y se sustituyen valores.

$$D = 1.83 \text{ pulgadas}$$

Proponiendo diámetros de 1 ½" y de 2"

Encontrando pérdidas si el diámetro es 1 ½"

$$hf = \frac{(1743.81141 \times 570.62 \times (3.56)^{1.85})}{(1.5)^{4.87} \times (150)^{1.85}}$$

$$hf = 136.36 \text{ m}$$

Encontrando pérdidas si el diámetro es 2"

$$hf = \frac{(1743.81141 \times 570.62 \times (3.56)^{1.85})}{(2.0)^{4.87} \times (150)^{1.85}}$$

$$hf = 33.59 \text{ m}$$

Encontrando longitud de tubería para cada uno de los diámetros encontrados; todo esto para poder calcular las pérdidas reales.

Longitud de tubería para el diámetro de 2 pulgadas

$$L_{\emptyset 2"} = \frac{570.62 \times (51.93 - 33.59)}{136.66 - 33.59}$$

$$L_{\emptyset 2"} = 101.83 \text{ m}$$

Longitud de tubería para el diámetro de 1 ½"

$$L_{\emptyset 1 \frac{1}{2}"} = 570.62 - 101.83 = 468.80 \text{ m}$$

Encontrando la cantidad de tubos necesaria para el diseño

$$\#tubos\varnothing 2'' = 101.83 / 6.00 = 16.97 \approx 17 \text{ tubos}$$

$$\#tubos\varnothing 1 \frac{1}{2}'' = 468.80 / 6.00 = 78.13 \approx 79 \text{ tubos}$$

Encontrando pérdidas reales para cada uno de los diámetros

Para el diámetro de 2 pulgadas

$$hf = \frac{(1743.81141 \times 102.0 \times (3.56)^{1.85})}{(2.0)^{4.87} \times (150)^{1.85}}$$

$$hf = 6.00 \text{ m}$$

Para el diámetro de 1 ½"

$$hf = \frac{(1743.81141 \times 474.0 \times (3.56)^{1.85})}{(1.5)^{4.87} \times (150)^{1.85}}$$

$$hf = 113.27 \text{ m}$$

La sumatoria de las pérdidas de ambos diámetros da como resultado 113.27 m con lo cual se demuestra que el diseño del tramo 2 no verifica por lo tanto se diseña todo el tramo con tubería de diámetro 2 pulgadas para así tener una pérdida de 33.91 m, la cual cumpliría con la carga disponible de 51.93 m.

$$\#tubos\varnothing 2'' = 570.62 / 6.00 = 95.10 \approx 96 \text{ tubos}$$

Verificando la velocidad

$$V = 1.974 \times Q / D^2$$

$$V = 1.974 \times 3.56 / 2^2 = 1.76 \text{ m/s}$$

$$0.4 \text{ m/s} \geq V \leq 5 \text{ m/s}$$

### Tramo 3

Datos:

$$H_f = 378.04 - 339.17 = 38.87 \text{ m}$$

$$C = 150$$

$$L = 1353.64 \text{ m}$$

$$Q_c = 3.56 \text{ lts/seg}$$

De Hazen  $\xi$  Williams se despeja el diámetro teórico y se sustituyen valores.

$$D = 2.32 \text{ pulgadas}$$

Proponiendo diámetros de 2" y de 2 1/2"

Encontrando pérdidas si el diámetro es 2"

$$h_f = \frac{(1743.81141 \times 1353.64 \times (3.56)^{1.85})}{(2.0)^{4.87} \times (150)^{1.85}}$$

$$h_f = 79.68 \text{ m}$$

Encontrando pérdidas si el diámetro es 2 1/2"

$$h_f = \frac{(1743.81141 \times 1353.64 \times (3.56)^{1.85})}{(2.5)^{4.87} \times (150)^{1.85}}$$

$$h_f = 26.88 \text{ m}$$

Encontrando longitud de tubería para cada uno de los diámetros encontrados; todo esto para poder calcular las pérdidas reales.

Longitud de tubería para el diámetro de 2 ½" pulgadas

$$L_{\phi 2 \frac{1}{2}"} = \frac{1353.64 \times (38.87 - 29.88)}{79.68 - 26.88}$$

$$L_{\phi 2 \frac{1}{2}"} = 307.38 \text{ m}$$

Longitud de tubería para el diámetro de 2"

$$L_{\phi 2"} = 1353.64 - 307.38 = 1046.25 \text{ m}$$

Encontrando la cantidad de tubos necesaria para el diseño

$$\#\text{tubos}_{\phi 2 \frac{1}{2}"} = 307.38 / 6.00 = 51.23 \approx 52 \text{ tubos}$$

$$\#\text{tubos}_{\phi 2"} = 1046.25 / 6.00 = 174.38 \approx 175 \text{ tubos}$$

Encontrando pérdidas reales para cada uno de los diámetros

Para el diámetro de 2 ½" pulgadas

$$hf = \frac{(1743.81141 \times 312.0 \times (3.56)^{1.85})}{(2.5)^{4.87} \times (150)^{1.85}}$$

$$hf = 6.20 \text{ m}$$

Para el diámetro de 2"

$$hf = \frac{(1743.81141 \times 1050.0 \times (3.56)^{1.85})}{(2.0)^{4.87} \times (150)^{1.85}}$$

$$hf = 61.81 \text{ m}$$

La sumatoria de las pérdidas de ambos diámetros da como resultado 68.01 m con lo cual se demuestra que el diseño del tramo 3 no verifica colocando dos diámetros de tubería, por lo que se trabaja el tramo completo con un diámetro de 2 ½" pulgadas, para lo cual la pérdida sería de 26.92 m, lo cual cumpliría con los parámetros y la carga disponible de 38.87 m.

El tramo 3 se diseñará con 1353.64 m con un diámetro de 2 ½", la tubería será de PVC de 160 PSI, al igual que para los demás tramos anteriores.

$$\#tubos \varnothing 2 \frac{1}{2}'' = 1353.64 / 6.00 = 225.61 \approx 226 \text{ tubos}$$

Verificando la velocidad

$$V = 1.974 \times Q / D^2$$

$$V = 1.974 \times 3.56 / 2.5^2 = 1.12 \text{ m/s} \quad 0.4 \text{ m/s} \geq V \leq 5 \text{ m/s}$$

## **2.11 Obras hidráulicas, válvulas y otros detalles**

### **2.11.1 Caja reunidora de caudales**

Se cuenta con una caja reunidora de caudales, la cual es de aproximadamente 3 metros cúbicos de capacidad, construida de mampostería de piedra, con acabados interiores, la cual se ubica a unos 50 metros de la captación.

### **2.11.2 Caja distribuidora de caudales**

Ésta se emplea para dividir determinado caudal en 2, 3, ó 4 partes. La división de caudales se obtiene generalmente mediante vertederos rectangulares, los cuales es preferible hacerlos con una plancha de acero sujeta a la caja mediante pernos, sobre todo si existe una gran desproporción entre los diferentes caudales.

Ésta puede servir como tanque de distribución, pero para el presente diseño no será necesaria la construcción de cajas distribuidoras de caudales.

### **2.11.3 Cajas rompe presión ( CRP )**

Cuando en un tramo de tubería se tiene desnivel, puede ser necesario seccionarlo con el fin de que cada fracción trabaje con una carga acorde con la presión de trabajo de la tubería que se emplee. Lo anterior se consigue con una caja rompe presión.

Las cajas rompe presión pueden ser necesarias tanto en la conducción como en la distribución, para el presente diseño no se instalarán cajas con válvulas con flotador ya que no se acostumbra en líneas de conducción de agua potable.

Para este diseño se localizaron dos cajas rompe presión en las estaciones E-5 y E-10, para ello se tomó en cuenta la presión de trabajo de la tubería a instalar.

#### **2.11.4 Válvulas de limpieza**

Estas sirven para extraer de la tubería la arena, hojas o cualquier otro cuerpo que haya ingresado a la tubería, los cuales tienden a depositarse en los puntos bajos del perfil. Se emplea como válvula de limpieza una de compuerta, de diámetro igual al de la tubería que sirve, pero el diámetro mayor es de 2 pulgadas. En el diseño se colocó una en la estación E-20.

#### **2.11.5 Válvulas de aire**

Éstas tienen la función de permitir expulsar el aire acumulado en la tubería en los puntos altos de la misma, evitando con ello la formación de burbujas de aire que bloquean el libre paso del agua. Al igual que las válvulas de limpieza éstas solo se colocarán en las líneas de conducción, donde son necesarias; y deben llevar una caja de mampostería de piedra o de concreto reforzado para evitar mal uso de las mismas.

Las válvulas automáticas de aire se escogen en base a la presión en los puntos altos donde se estima que debe de colocarse una, para el presente diseño no se colocó ninguna válvula de aire ya que no es necesario.

### **2.11.6 Válvulas de compuerta**

Se utilizan en los sistemas de abastecimiento de agua para el área rural cuando un tramo de tubería tiene una gran longitud o cuando la red de distribución es muy extensa, es conveniente instalar válvulas de compuerta para aislar determinada parte de la red o para separar en tramos la línea de conducción.

Éstas funcionan mediante el descenso progresivo de una compuerta que regula el paso de agua y generalmente se colocan cuando la línea de conducción o la red de distribución tienen una longitud mayor de 2 kilómetros. Se ubicaron válvulas de compuerta en las cajas rompe presión y en donde se ubican las válvulas de limpieza.

### **2.11.7 Pasos aéreos**

Se utilizarán cuando sea, necesario salvar una depresión del terreno o atravesar un río el cual para éste caso no será necesario.

### **2.11.8 Desindección**

Los métodos que se emplean para tratar el agua dependen, en gran parte , del fin a que se destina el abastecimiento. Para usos domésticos es deseable eliminar las impurezas, ya sea suspendidas o disueltas, que sean perjudiciales a la apariencia y aspecto estético del agua.

La desinfección es el último de los tratamientos que se aplica al agua antes de la salida de la planta, camino de los puntos de consumo. Aún suponiendo que el agua tuviese una calidad fisicoquímica y microbiológica aceptable, es necesario adicionarle una determinada cantidad de desinfectante que garantice la potabilidad del agua durante su almacenamiento y distribución. Por lo tanto, la desinfección de las aguas de abastecimiento se realiza para:

- Destruir los gérmenes presente en el agua procedentes de la captación.
- Destruir los gérmenes que pueden acceder al agua durante el recorrido por las conducciones.
- Asegurar el control microbiano del agua desde que ingresa hasta que sale de la red de distribución.

La desinfección de las aguas puede realizarse por medio de, calor, ultrasonidos, radiaciones ultravioletas, o por desinfectantes químicos. El producto químico usado para la desinfección del agua es el cloro en sus distintas formas: cloro gas, hipoclorito sódico e hipoclorito de calcio.

El cloro gas se realiza a través de un reductor a presión normal, en el que el cloro es mezclado con un determinado volumen de agua por unidad de tiempo, es utilizado cuando el caudal a tratar es bastante grande y necesita de personal capacitado, además de instalaciones especiales, esto se debe a que es peligroso para las personas porque irrita los ojos y las mucosas y puede producir asfixia. Sin embargo, una vez mezclado con el agua, no presenta peligro para la salud.

El hipoclorito sódico es un sistema para caudales pequeños como el de las áreas rurales, pudiendo ser elaborado en el lugar por los habitantes, tiene muy pocos gastos de operación, pero necesita de una inversión inicial bastante grande. Su uso es necesario cuando de acuerdo al examen físico del agua, se afirma que tiene mucho porcentaje de calcio, evitando de esta forma el implementar los hipocloritos de calcio.

El hipoclorito de calcio sirve para tratar pequeños caudales, se utilizan equipos que funcionen por medio de la erosión de tabletas o que suministran directamente el hipoclorito de calcio sólido en forma de píldoras. Este sistema a encontrado un lugar importante en la desinfección de abastecimientos de agua para comunidades rurales. Los equipos son muy fáciles de manipular y mantener, además de ser baratos y duraderos. Las tabletas son más seguras que las soluciones de hipoclorito y el cloro gaseoso y son más fáciles de manejar y almacenar.

Los dosificadores de erosión disuelven gradualmente las tabletas de hipoclorito a una tasa predeterminada mientras fluye una corriente de agua alrededor de ellas. Este mecanismo proporciona la dosificación necesaria de cloro para desinfectar el agua. A medida que la tabletas se van diluyendo, se reemplazan con otras nuevas que caen por gravedad en la cámara.

Para este proyecto se utilizará el método de hipoclorito de calcio, específicamente el clorinador modelo 3015.

### **Clorinador modelo 3015**

Este sistema trabaja conforme al flujo de solución de cloro (  $S_c$  ). Dicho flujo se estable por medio de los siguientes procedimientos

Se calcula el flujo de cloro.

$$F_c = Q \times D_c \times 0.06$$

Donde

$F_c$  = flujo de cloro gr/hora

$Q$  = caudal de conducción litros/min

$D_c$  = demanda de cloro, en partes por millón PPM

$$1 \text{ mg/litro} = 10 \text{ PPM}$$

Para el diseño la demanda de cloro se establece en 0.2 mg/litro. Este dato se determinó de acuerdo al examen bacteriológico practicado y a la recomendación por parte del laboratorio de química y microbiología de la facultad de ingeniería de la USAC.

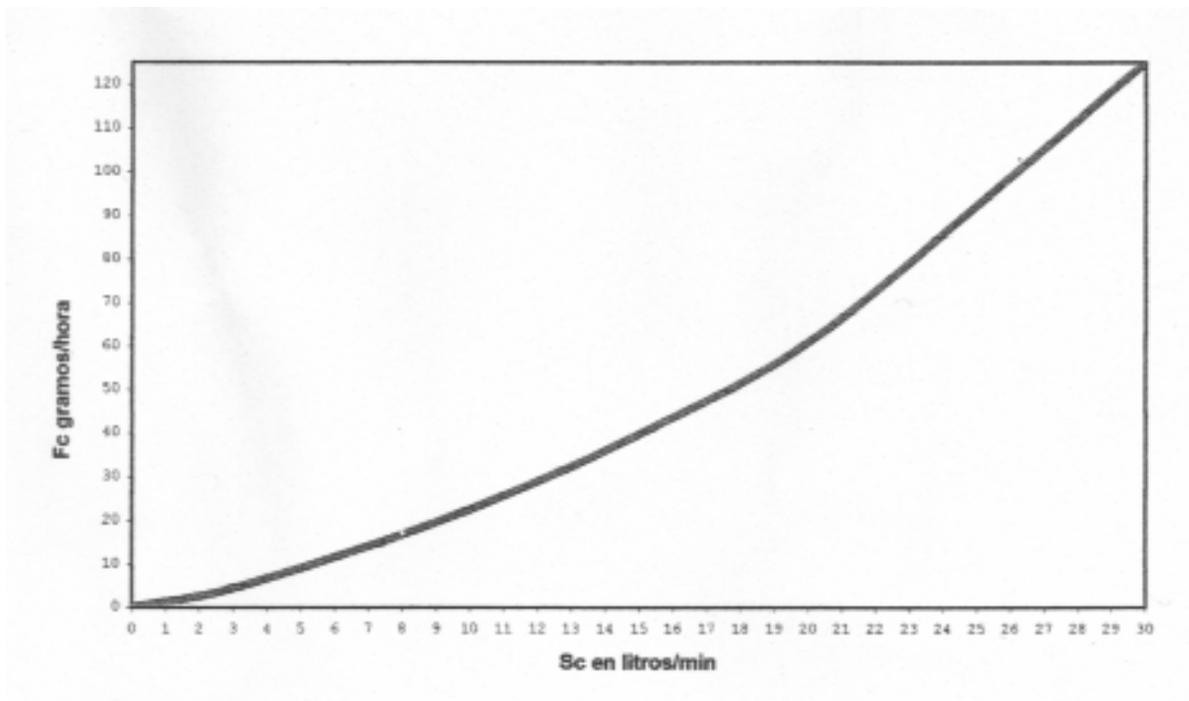
Sustituyendo datos para obtener el  $F_c$ .

$$Q = 3.56 \text{ litros/seg} = 213.60 \text{ litros/min}$$

$$F_c = 213.60 \text{ litros/min} \times 2 \text{ PPM} \times 0.06 = 25.63 \text{ gr/hora}$$

Conforme a la gráfica del clorinador 3015 ( figura 2 ), se halla al valor de  $Sc$  correspondiente al  $F_c$  encontrado.

**Figura 2. Gráfica de flujo de cloro, clorinador modelo 3015**



El valor de  $Sc = 11$  litros/min

Habiendo calculado  $Sc$ , se procede a estimar el tiempo ( $T$ ) necesario para llenar un recipiente de un litro, con la siguiente fórmula:

$$T = 60 / Sc$$

Donde

$T$  = tiempo en segundos

$Sc$  = flujo de solución de cloro

Sustituyendo

$$T = 60 / 11 \text{ litros/min} = 5.45 \text{ segundos}$$

## 2.12 Presupuesto del proyecto

### PROYECTO: Línea de conducción de agua potable – caserío García No.1 Levantamiento topográfico

Materiales	Unidad	Cantidad	P.U.	Total
Alquiler de equipo topográfico	día	4	Q 250.00	Q 1000.00
<b>TOTAL MATERIALES</b>				<b>Q 1000.00</b>

Mano de obra	Unidad	Cantidad	P.U.	Total
Topógrafo	global	1	Q 1800.0	Q 3600.00
Cadenero	día	4	Q 35.00	Q 140.00
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>				<b>Q 3740.00</b>

<b>TOTAL DE MANO DE OBRA</b>	<b>Q 3740.0</b>
<b>TOTAL DE MATERIALES</b>	<b>Q 1000.0</b>
<b>IMPREVISTOS</b>	<b>Q 474.00</b>

<b>TOTAL</b>	<b>Q 5214.00</b>	<b>\$ 685.15</b>
--------------	------------------	------------------

### PROYECTO: Línea de conducción de agua potable – caserío García No.2 Línea de conducción

Materiales	Unidad	Cantidad	P.U.	Total
Tubo PVC de 2" de 160 PSI	unidad	162	Q 130.00	Q 21060.00
Tubo PVC de 2 ½" de 160 PSI	unidad	226	Q 190.00	Q 42940.00
Codos PVC a 90° de 2 ½"	unidad	2	Q 71.15	Q 142.30
Codos PVC a 45° de 2 ½"	unidad	28	Q 55.00	Q 15.40
Codos PVC a 45° de 2"	unidad	8	Q 17.75	Q 142.00
Pegamento para PVC	Galón	1	Q 473.81	Q 473.81
<b>TOTAL DE MATERIALES</b>				<b>Q 66298.11</b>

<b>Mano de obra</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>P.U.</b>	<b>Total</b>
Excavación	m1	2318.74	Q 12.0	Q 28984.25
Instalación de tubería	m1	2318.74	Q 2.75	Q 6376.54
Relleno y compactación	m1	2318.74	Q 10.00	Q 23187.40
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>				<b>Q 58548.19</b>

<b>TOTAL DE MANO DE OBRA</b>	<b>Q 58548.19</b>
<b>TOTAL DE MATERIALES</b>	<b>Q 66298.11</b>
<b>IMPREVISTOS</b>	<b>Q 12484.63</b>

<b>TOTAL</b>	<b>Q 137330.93</b>	<b>\$ 18046.11</b>
--------------	--------------------	--------------------

**PROYECTO: Línea de conducción de agua potable – caserío García No.3 Obras complementarias de la línea de conducción**

<b>Materiales</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>P.U.</b>	<b>Total</b>
Piedra bola	m3	122.30	Q 125.00	Q 15287.50
Cemento	sacos	472.42	Q 38.50	Q 18188.17
Arena	m3	40.13	Q 60.00	Q 2407.80
Piedrín	m3	550	Q 125.0	Q 68750.00
Hierro No.3	varilla	39	Q 17.00	Q 663.00
Hierro No.4	varilla	1	Q 32.00	Q 32.00
Parales de 3" x 3" x 10"	pie tabla	76	Q 4.00	Q 304.00
Tabla de pino 1" x 12" x 10"	pie tabla	184	Q 4.00	Q 736.00
Clavo	libra	5	Q 4.50	Q 22.50
Alambre de amarre	libra	11	Q 5.00	Q 55.00
Válvula de compuerta de 2 ½"	unidad	1	Q 350.00	Q 350.00
Válvula de compuerta de 2 "	unidad	3	Q 185.00	Q 550.00
Adaptadores macho PVC de 2 ½"	unidad	1	Q 18.00	Q 18.00
Adaptadores macho PVC de 2"	unidad	9	Q 10.25	Q 92.25
Codos PVC a 90° de 2"	unidad	12	Q 13.00	Q 156.00
Tee PVC de 2"	unidad	2	Q 18.40	Q 36.80
Candados	unidad	4	Q 60.00	Q 240.00
<b>TOTAL DE MATERIALES</b>				<b>Q 107894.02</b>

<b>Mano de obra</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>P.U.</b>	<b>Total</b>
Construcción de CRP	unidad	2	Q 600.00	Q 1200.00
Construcción de cajas para VL	unidad	2	Q 200.00	Q 400.00
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>				<b>Q 1600.00</b>

<b>TOTAL DE MANO DE OBRA</b>	<b>Q 1600.00</b>
<b>TOTAL DE MATERIALES</b>	<b>Q 107894.02</b>
<b>IMPREVISTOS</b>	<b>Q 10949.40</b>

<b>TOTAL</b>	<b>Q 120443.42</b>	<b>\$ 15826.99</b>
--------------	--------------------	--------------------

## RESUMEN DE COSTOS DIRECTOS

MATERIALES	175,192.13
MANO DE OBRA	63,888.19
TRANSPORTE	<u>2,500.00</u>
SUBTOTAL	Q. 241,580.32
IMPREVISTOS 10%	<u>23,908.03</u>
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>	<b>Q 265,488.35</b>
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>	<b>\$ 34,886.77</b>

**NOTA:** Dentro del presente presupuesto únicamente se detallan, costos directos de la obra.

### 2.13 Descripción del mantenimiento del proyecto

#### Captación caja reunidora de caudales y cajas rompe presión

3. Cada mes deberá limpiarse el área adyacente de plantas, basura o materiales extraños que puedan obstruir el fácil paso del agua y evitar su contaminación.
4. Controlar posibles fugas, tapaderas rotas o con fisuras reparándose según sea el caso.
5. En época de verano, aforar los caudales producidos por la fuente.

6. La limpieza de las cajas deberá realizarse cada mes. Esto lo realizarán limpiando las paredes de las cajas con cepillo metálico y con una solución compuesta por un bote de cinco galones de agua limpia y un vaso de cloro líquido. La limpieza nunca debe realizarse utilizando jabón en polvo.
7. Verificar el funcionamiento de las válvulas de flote accionando el flotador hacia arriba, para observar si el cierre es completo, y hacia abajo para comprobar si es fácil el flujo del agua. Revisar si el flotador no tiene perforaciones que permitan la entrada de agua.

### **Tanque de almacenamiento**

La limpieza se realizará dos veces por año. Se necesita la misma solución utilizada en las cajas anteriores, un cepillo metálico, escobas, botas de hule, y guantes. Se realizará de la manera siguiente.

Cerrar las válvulas de compuerta en la entrada como en la salida del tanque y abrir el desagüe para vaciar el tanque.

Abrir la escotilla, entrar al tanque y limpiar con el cepillo las paredes, fondo y esquinas del tanque, limpiando luego con agua limpia proveniente de la conducción.

Abrir la válvula de entrada al tanque para poner a funcionar el sistema.

Se deben recubrir con pintura anticorrosiva los escalones de entrada al tanque para evitar la corrosión de los mismos y contaminación del agua.

## **Línea de conducción y red de distribución**

1. Observar si hay fugas, deslizamientos o hundimientos de la tierra que puedan afectar la línea. Cualquier área húmeda sobre la conducción o distribución debe ser explorada por posible rotura del tubo.
2. Limpiar de polvo las cajas de válvulas de compuerta, y revisar si éstas están funcionando bien, haciéndolas girar lentamente, éstas deben abrir y cerrar fácilmente, en caso contrario se deberá colocar aceite en los vástagos, cambiar empaques o en último caso cambiar toda la válvula. Las válvulas de aire son automáticas, sin embargo, se debe revisar que funcionen correctamente.
3. Pintar con pintura anticorrosiva las válvulas y accesorios que están vistos en la conducción y en la distribución. Todo lo anterior se debe revisar y reparar según sea el caso.

## **Mantenimiento correctivo**

Cuando se necesite cambiar un tramo de tubería por problemas de fugas o destrucción del tubo, o si se quiere colocar un accesorio, se deben seguir los siguientes pasos.

1. Cerrar la válvula de control o compuerta más próxima al lugar de trabajo con el fin de trabajar sin molestias del agua.
2. Excavar una longitud de zanja necesaria para trabajar con un ancho mínimo de 0.40 m y una profundidad adecuada.
3. Cortar el tramo de tubería PVC que produce problemas con sierra de metal, tratando de que el corte sea lo más recto posible, quitando la rebaba con lija.

4. Revisar la tubería o accesorios que va a ensamblar para verificar que no estén tapados, perforados o quebrados. Cortar un pedazo de tubo de longitud deseada a escuadra, eliminando las rebabas externas e internas.
5. Limpiar con un trapo limpio o con lija el polvo o cualquier suciedad que tenga el tubo o accesorio. Verificar que el pegamento que se va a usar sea especial para PVC.
6. Untar el pegamento sobre el extremo del tubo y en el accesorio o niple con campana, girando  $\frac{1}{4}$  de vuelta se ajusta en la posición deseada y se sostiene durante 30 segundos, limpiando el exceso de pegamento.
7. Abrir la válvula de control o compuerta más próxima al lugar de trabajo y verificar si se trabajó correctamente.
8. Rellenar la zanja terminados los trabajos, echando primero la tierra más fina, hasta cubrir 20 cm por encima del tubo y compactar. Luego se continúan agregando capas de 20 cm, compactando hasta cubrir totalmente la zanja.

#### **2.13.1 Costos de operación y mantenimiento**

##### **Gastos de operación**

Se tiene contemplada la contratación de un fontanero, quien tendrá a su cargo la operación del servicio de agua, manteniendo una constante supervisión a los accesorios de este sistema para mantenerlo operando eficientemente y a la vez deberá supervisar el correcto funcionamiento del sistema de cloración. Estos costos de operación se detallan en la tabla de resumen de gastos.

## **Gastos de mantenimiento**

Se tiene contemplado para los gastos de mantenimiento la compra de accesorios como tubos, pegamento, codos, llaves, uniones, etc., durante el proceso de operación del proyecto. Estos gastos se detallan en la tabla de resumen de gastos.

**Tabla V. Resumen de gastos de operación y mantenimiento**

<b>Gasto</b>	<b>Cantidad</b>		
<b>Operación</b>	<b>Q.</b>	<b>800.00</b>	<b>Mensuales</b>
<b>Mantenimiento</b>	<b>Q.</b>	<b>800.00</b>	<b>Mensuales</b>

El costo de energía eléctrica debido a que es un sistema de abastecimiento por gravedad no afectará los gastos.

### **2.14 Propuesta de tarifa**

Durante la operación de este servicio se pretende cobrar una tarifa por vivienda de Q 10.00 los cuales se utilizarán para cubrir gastos generados por el proyecto. Para esto se elaborará un reglamento para normar el uso del agua. Con estas tarifas y un aporte municipal se mantendrán los gastos de operación y mantenimiento.

### **2.15 Impacto ambiental del proyecto**

La evaluación de impacto ambiental, conocida también como evaluación ambiental, es una manera estructurada de obtener y evaluar información ambiental antes de su uso en la toma de decisiones como parte del proceso de desarrollo.

Esta información consiste básicamente de predicciones de cómo se espera que el ambiente cambie si ciertas alternativas de acción se implementan y de consejos para saber como manejar de la mejor manera los cambios ambientales, si se selecciona e implementa una de esas alternativas de esta manera, se provee a los responsables de la toma de decisión con información sobre las consecuencias de sus acciones. El EIA es, entonces un instrumento de acción con insumos técnicos, no es una ayuda técnica a la cual se agregan aspectos administrativos. Esta distinción es importante para entender los objetivos de EIA y como se implementa de la manera más optima.

### **2.15.1 Información general**

Nombre del proyecto: diseño de la línea de conducción de agua potable del caserío García.

Vida útil del proyecto: veinte años.

Ubicación: caserío García, 15 kilómetros al norte de la Cabecera Municipal.

Área o situación legal donde se ubicará el proyecto: el proyecto estará ubicado en terrenos de la comunidad, por lo que no existe inconvenientes en la realización del proyecto.

Superficie estimada del proyecto: 2,300 metros lineales de tubería.

Colindancias y actividad que desarrollan en el predio: se encuentra en el área rural del municipio de Gualán, Zacapa, por lo que las colindancias las constituyen terrenos y lotes de los vecinos de la comunidad beneficiada por el proyecto.

Trabajos necesarios para preparación de terreno: limpieza del área donde se ubicará el proyecto.

Vías de acceso: el acceso al caserío García es por la ruta asfaltada que va desde La Cabecera Municipal hacia el departamento de Izabal, la comunidad se encuentra a un costado de la carretera exactamente sobre el kilómetro 191.

### **2.15.2 Influencia del proyecto**

Fuente de suministro y requerimiento de energía y combustible a utilizar: para el funcionamiento del proyecto, no será necesaria ningún tipo de fuente que suministre energía, ya que la energía a utilizar es la fuerza de gravedad.

Fuentes de suministro de agua y sus requerimientos de agua cruda y/o potable: se utilizará el agua del nacimiento que brindará el líquido necesario para la ejecución del proyecto.

Recursos naturales que serán aprovechados en las diferentes etapas: el suelo removido durante el zanjeo, se aprovechara para cubrir la tubería; además que el agua del nacimiento servirá para consumo del los trabajadores en el momento de realizar el proyecto.

Indicar cada sustancia o material que será utilizado en el proceso: únicamente se utilizará cal, cemento, tubería PVC, hierro, arena, pedrín, solvente, agua, piedra bola, y madera.

### **2.15.3 Control ambiental**

Residuos y/o contaminantes que serán generados (en cantidades y contenidos): durante el proceso de construcción será generado suelo suelto y polvo, el cual será remojado para minimizar dicho impacto.

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

Desechos sólidos (que clase de basura): durante la construcción de cajas para protección de accesorios se irán acumulando bolsas vacías de cemento y sobrantes de otros materiales como lo son tubos, etc., los que serán llevados hacia otro lugar donde se podrán arrojar a la basura o reutilizarlos si se pudiera.

Ruidos y/o vibraciones: los únicos ruidos que se pudieran generar son los hechos por los trabajadores en el momento de realizar el zanjeo, colocación de tubería, colocación de accesorios o fundición de alguna caja protectora; estos niveles de ruido y vibración se encuentran por debajo de los 80 decibeles, con lo cual se determina que no representará ningún impacto al ambiente.

Contaminación visual: se generará algún tipo de contaminación visual por la acumulación del material suelto, el cual al rellenar las zanjas se reutilizará y el resto se recogerá y depositará en un lugar adecuado, con lo cual dicha contaminación desaparecerá. Los desperdicios de material generarán contaminación visual la cual será eliminada antes de la entrega del proyecto.

#### **2.15.4 Plan de mitigación**

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

Inmediatamente después de rellenada la zanja retirar del área de trabajo el material sobrante del proyecto ejecutado.

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

### **2.16 Evaluación socioeconómica**

#### **2.16.1 Valor presente neto**

Una cantidad futura de dinero convertida a su valor equivalente ahora tiene un monto de valor presente siempre menor que el flujo de efectivo real, debido a que para cualquier tasa de interés mayor que cero, todos los factores  $P/F$  tienen un valor presente menor que 1.0. Por tal razón, con frecuencia se hace referencia a cálculos de valor presente con la denominación de flujo de efectivo descontado. En forma similar, la tasa de interés utilizada en la elaboración de los cálculos se conoce como tasa de descuento.

Los proyectos independientes no compiten entre sí durante la evaluación, pues cada proyecto se evalúa por separado, y así la comparación es entre un proyecto a la vez y la alternativa de no hacer.

## Cálculo del VPN

Datos del proyecto

Nombre: Línea de conducción para el caserío García

Inversión inicial = Q 265,488.35

Cuota anual de operación y mantenimiento = Q 13,200.00

Cuota fija mensual de ingresos = Q 20,880.00

Vida útil del proyecto = 20 años

$$\text{VPN} = -265,488.35 - 13,200 (P/A, 11.7\%, 20) + 20,880 (P/A, 11.7\%, 20)$$

$$P = \frac{R((1+i)^n - 1)}{i(1+i)^n} = \frac{13,200((1+0.117)^{20} - 1)}{0.117(1+0.117)^{20}} = 100,480.24$$

$$P = \frac{20,800((1+0.117)^{20} - 1)}{0.117(1+0.117)^{20}} = 158,941.48$$

$$\text{VPN} = -265,488.35 - 100,480.24 + 158,941.48$$

$$\text{VPN} = -Q 207,027.12$$

El valor es negativo debido a que la inversión inicial es muy alta.

**Tabla VI. Cálculo anual de VPN**

<b>n</b>	<b>-P/A</b>	<b>+P/A</b>	<b>VPN</b>
1	18,692.93	11,817.36	-258,612.78
2	35,427.87	22,396.93	-252,457.41
3	50,409.91	31,868.33	-246,946.77
4	63,822.66	40,347.66	-242,013.35
5	75,830.49	47,938.82	-237,596.68
6	86,580.56	54,734.84	-233,642.63
7	96,204.62	60,819.00	-230,102.73
8	104,820.61	66,265.90	-226,933.64
9	112,534.12	71,142.26	-224,096.49
10	119,439.68	75,507.84	-221,556.51
11	125,621.91	79,416.15	-219,282.59
12	131,156.59	82,915.00	-217,246.76
13	136,111.54	86,047.53	-215,421.34
14	140,547.49	88,851.86	-213,792.72
15	144,518.79	91,362.45	-212,332.01
16	148,074.12	93,610.00	-211,024.23
17	151,252.04	95,622.27	-209,853.58
18	154,106.57	97,423.70	-208,805.48
19	156,657.63	99,036.43	-207,867.15
20	158,941.47	100,480.24	-207,027.12

La inversión inicial para el cálculo de la tabla anterior es de Q 265,488.35



Con este valor se demuestra que aún teniendo una tasa de 0.25% el costo del proyecto no se recupera. El cálculo para los 20 años de la vida útil del proyecto presenta a continuación, utilizando una tasa de 0.25% y una inversión inicial de Q 265,488.35.

**Tabla VII. Cálculo anual para la TIR**

<b>n</b>	<b>Factor</b>	<b>-P/F</b>	<b>+P/F</b>	<b>VPN</b>
1	0.9975	13,167	20,827.80	-257,827.55
2	0.9950	13,134	20,775.60	-257,846.75
3	0.9925	13,101	20,723.40	-257,865.95
4	0.9901	13,069.32	20,673.29	-257,884.38
5	0.9876	13,036.32	20,621.09	-257,903.58
6	0.9851	13,003.32	20,568.89	-257,922.78
7	0.9827	12,971.64	20,518.78	-257,941.21
8	0.9802	12,938.64	20,466.58	-257,960.41
9	0.9778	12,906.96	20,416.46	-257,978.85
10	0.9753	12,873.96	20,364.26	-257,998.05
11	0.9729	12,842.28	20,314.15	-258,066.59
12	0.9705	12,810.60	20,264.04	-258,034.91
13	0.9681	12,778.92	20,213.93	-258,053.34
14	0.9656	12,745.92	20,161.73	-258,072.54
15	0.9632	12,714.24	20,111.62	-258,090.97
16	0.9608	12,682.56	20,061.50	-258,109.41
17	0.9584	12,650.88	20,011.39	-258,127.84
18	0.9561	12,620.52	19,963.37	-258,145.50
19	0.9537	12,588.84	19,913.26	-258,163.93
20	0.9513	12,557.16	19,863.14	-258,182.37

### **3. DISEÑO DE PUENTE VEHICULAR PARA LA ALDEA LA PUERTA**

#### **3.1 Descripción general de la alternativa propuesta**

De acuerdo al estudio topográfico, se diseñará un puente vehicular de una vía, de 20.00 m de largo y ancho de rodadura de 3.50 m, compuesto de una sección de losa con un peralte de 0.20 m, vigas simplemente apoyadas con una sección de 0.50 x 1.25 , para soportar una carga AASHTO de 5443.11 kg ( H 15 – 44 ), además de proporcionar aceras de un ancho de 0.70 m y pasamanos para protección de los peatones.

Se diseñará para ser construido de concreto reforzado fundido in situ, pues el acceso al lugar donde se construirá el puente vehicular no permite el paso de vehículos demasiado grandes los cuales puedan llevar elementos metálicos o de concreto prefabricado.

El diseño de todos los elementos estructurales se basa en las disposiciones de las normas AASHTO y del ACI.

#### **3.2 Datos y especificaciones de diseño**

Luz libre = 20.00 m

Ancho útil = 3.50 m

Esfuerzo máximo del concreto  $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Esfuerzo máximo del acero  $F_y = 2810 \text{ kg/cm}^2$

Tensión admisible en concreto =  $f_c = 0.45 f'_c = 94.5 \text{ kg/cm}^2$

Tensión admisible del acero =  $f_s = 1400 \text{ kg/cm}^2$

Peso volumétrico concreto ciclópeo =  $W_{cc} = 2700 \text{ kg/m}^3$

Peso volumétrico concreto armado =  $W_c = 2400 \text{ kg/m}^3$

Capacidad soporte del suelo =  $V_s = 25,000 \text{ kg/m}^2$

### 3.3 Cálculo del caudal máximo

#### 3.3.1 Método sección pendiente

Se describe como un método empírico pero muy eficaz, ya que éste se utiliza únicamente con datos adquiridos en el campo, y es aplicable cuando se carece de información hidrológica.

Como anteriormente se describe es necesario tener conocimiento de los siguiente datos los cuales son la crecida máxima que ha alcanzado el río durante los últimos 30 años, la altimetría y planimetría de 100 m aguas arriba y aguas abajo como también la sección transversal del río.

Como primer paso, de los cálculos topográficos e históricos se calcula el área de la sección transversal del río y luego se calcula el valor de la velocidad de la corriente, aplicando la fórmula de Manning la cual se describe a continuación:

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

donde

V = velocidad en m/seg

R = Radio hidráulico

S = pendiente

n = coeficiente de rugosidad

La altimetría del terreno se obtuvo por medio de los cálculos topográficos y la pendiente del terreno es 3%. Luego, se calcula el área de la sección transversal utilizando la crecida máxima por datos históricos, la cuál da como resultado 46.27 m<sup>2</sup> y un perímetro mojado de 48.24 m.

En el cálculo del caudal máximo se debe hacer uso del coeficiente de escorrentía que para este caso tiene un valor de 0.08, el cual está basado en el tipo de vegetación que posee el terreno.

$$R = \text{área} / \text{perímetro mojado}$$

$$R = 46.27 \text{ m}^2 / 48.24 \text{ m}$$

$$R = 0.96$$

El cálculo de la velocidad se hace por medio de la fórmula de Manning de la siguiente forma:

$$V = 1 / 0.080 \times (0.96)^{(2/3)} \times (0.03)^{(1/2)}$$

$$V = 74.15 \text{ m/seg}$$

$$Q = 74.15 \times 46.27$$

$$Q = 3,431.37 \text{ m}^3/\text{seg}$$

### **3.4 Levantamiento topográfico**

Para realizar el estudio topográfico se procedió a medir y orientar con respecto al norte magnético, ubicando estaciones con el objeto de recabar la información de planimetría necesaria.

El levantamiento topográfico se hizo de segundo orden para obtener datos con la mayor precisión posible. El equipo utilizado para el trabajo de campo fue el siguiente:

Teodolito marca SOKKIA DT6, precisión de  $\pm 20$  segundos

Estadal

Cinta métrica de 50 m de longitud

Plomada

Estacas de madera

Pintura roja

Martillo

El método utilizado para la realización del levantamiento topográfico fue conservación del azimut, a continuación se describe la libreta topográfica.

**Tabla VIII. Libreta topográfica**

LIBRETA TOPOGRAFICA PUENTE ALDEA LA PUERTA GUALAN, ZACAPA				
EST	PO	AZIMUTH	DH	H TOTAL
E1	1	356° 24' 40"	8.94	99.75
	2	21° 17' 20"	7.74	99.99
	3	73° 04' 20"	9.51	98.99
	4	100° 03' 20"	10.34	98.69
	5	118° 13' 20"	21.19	98.60
	6	127° 55' 40"	22.38	98.45
	7	138° 36' 40"	18.80	98.51
	8	126° 45' 40"	11.42	98.55
	9	147° 12' 40"	10.63	98.75
	10	103° 13' 20"	4.37	98.20
	11	158° 42' 20"	4.36	98.45
	12	181° 11' 00"	8.74	98.45
	13	212° 09' 00"	12.72	98.57
	14	204° 29' 00"	5.65	98.94

	15	191° 45' 00"	2.16	98.52
	16	70° 12' 20"	1.31	98.29
	17	43° 21' 40"	5.28	98.38
	18	39° 53' 00"	12.29	99.40
	19	18° 38' 00"	12.78	100.09
	20	8° 52' 20"	13.43	100.30
	21	24° 27' 00"	30.14	100.91
	22	30° 08' 20"	30.38	100.84
	24	19° 07' 20"	30.76	101.01
	26	26°27'20"	50.57	101.24
	27	29°03'40"	50.38	101.04
	28	24°45'40"	50.97	101.25
	29	28°34'40"	70.47	101.55
	30	27°47'40"	70.87	101.56
	31	231°07'20"	9.76	99.40
	32	251°45'40"	10.69	99.65
	33	210°53'00"	13.48	99.26
	34	226°48'40"	36.55	101.13
	35	232°07'20"	36.29	101.55
	36	236°14'00"	36.27	101.51
	37	231°45'00"	79.14	105.34
	38	233°19'40"	81.13	105.46
	39	229°56'40"	82.10	105.72
	40	254°02'40"	5.76	98.67
	41	284°24'40"	3.87	98.60
	42	336°22'00"	4.40	98.74
	43	1°15'20"	8.47	99.54
	44	296°02'20"	20.20	99.20
	45	311°09'20"	20.42	99.86
	46	290°46'00"	20.07	99.06
	47	290°52'20"	44.49	99.31
	48	276°31'40"	7.18	99.63
	49	283°31'40"	17.40	100.12
	50	250°11'40"	15.97	100.65

### 3.5 Evaluación de la calidad del suelo

Es importante determinar las cargas que soporta el suelo para no sobrepasar el esfuerzo admisible de éste, dependiendo de este dato se diseñarán los estribos del puente vehicular los cuales transferirán las cargas al suelo.

Por falta de recursos no se realizó el estudio de suelos, no obstante se realizó una inspección ocular con lo cual se pudo constatar que se tiene un suelo rocoso arcilloso ya que se contrae al secarse, presenta marcada cohesión según su humedad, con propiedades plásticas ya que al aplicarle carga su superficie se comprime lentamente. Con las características mencionadas se asumió un valor soporte de 25,000 kg/cm<sup>2</sup>.

Los suelos del municipio de Gualán han sido divididos en 22 unidades que consisten de 20 series de suelos y dos clases de terreno misceláneo. Por conveniencia para la discusión y para mostrar la relación de las varias unidades al uso y manejo, los suelos han sido divididos en dos grupos amplios, basándose en las diferencias del material madre. Estos son: I. Suelos sobre materiales volcánicos y II. Suelos sobre materiales sedimentarios y metamórficos. Las clases misceláneas de terreno forman el grupo III.

Perfil del suelo:

1. El suelo superficial, a una profundidad alrededor de dos centímetros, es franco arenoso fino, café oscuro. La estructura es granular fina. La reacción es neutra, pH alrededor de 7.0.
2. El suelo adyacente al superficial, a una profundidad alrededor de 15 centímetros, es franco arenoso fino, café. La estructura es de granular poco desarrollada a laminar, siendo los planos horizontales más prominentes que los verticales. La reacción es mediana a ligeramente ácida, pH alrededor de 6.0.
3. El subsuelo, a una profundidad de 40 o 50 centímetros, es franco arcilloso arenoso fino o franco arcilloso, de color café rojizo o café claro. La estructura es cúbica. La reacción es de mediana a ligeramente ácida, pH alrededor de 6.0.

4. El substrato es granito o gneis intemperizados con un valor soporte que puede pasar de los 40,000 kg/m<sup>2</sup> es por eso que para el diseño se tomó como valor soporte del suelo un valor medio de 25,000 kg/m<sup>2</sup>.

### **3.6 DISEÑO DE LA SUPERESTRUCTURA**

#### **3.6.1 Análisis y diseño de losa**

Para puentes de concreto armado el espesor de losas para puentes va de 15 cm hasta 25 cm, según las normas AASHTO, para el siguiente diseño se utilizará un espesor de 20 cm.

Integración de cargas

Carga muerta

$$W = W \text{ losa} + W \text{ tope} + W \text{ poste} + w \text{ barandal}$$

$$W = 480.00 \text{ kg/m} + 96 \text{ kg/m} + 96 \text{ kg/m} + 11.4 \text{ kg/m} = 683.40 \text{ kg/m}$$

Carga viva

Para la carga viva nos basamos en los estándares de las normas AASHTO y asumimos el sistema de cargas H 15-44.

$$P \text{ camión} = 12,000 \text{ lb}$$

$$P \text{ camión} = 5443.11 \text{ kg}$$

**Calculo de momentos**

### **Momento para carga viva**

$$M_{cv} = 0.8 \times ( s + 2/32 ) \times P$$

Donde:

$M_{cv}$  = momento de carga viva ( lb-pie

$S$  = espaciamiento entre vigas

$P$  = carga de camión

$$M_{cv} = 0.8 \times ( 5.90 + 2/32 ) \times 12,000$$

$$M_{cv} = 2,370.00 \text{ lb-pie} \approx 327.24 \text{ kg-m}$$

### **Momento para carga muerta**

Utilizando:

$$M_{cm} = 1/10 WL^2$$

Donde:

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

$W$  = carga distribuida ( kg/m )

$L$  = luz de losa entre vigas a ejes ( m )

$$M_{cm} = 1/10 ( 683.40 \text{ kg/m} )( 2.30 )^2 = 361.52 \text{ kg-m}$$

## **Carga de impacto**

Incremento en la carga viva generada por carga de camiones para tener en cuenta la vibración y la aplicación súbita de la carga. Para este caso el valor del coeficiente de impacto es:

$$I = 50 / S + 125$$

Donde:

$S = 7.54$  pie ( separación entre vigas )

$$I = 50 / ( 7.54 + 125 ) = 0.38$$

$$I = 38\% \leq 30\%$$

Tomamos un coeficiente de 30% según normas AASHTO 3.8.2.1

$$M_{cv} \times I = 2,370.00 \text{ lb-pie} \times 1.30 = 3,081.00 \text{ lb-pie}$$

## **Momento último**

De acuerdo con AASHTO 1.2.22

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

Donde:

$M_{cm} = 361.52$  kg-m ( momento para carga muerta )

$M_{cv} = 327.24$  kg-m ( momento para carga viva )

$I = 425.41$  kg-m ( impacto )

$$M_u = 1.3 [ 361.52 \text{ kg-m} + 5/3 ( 327.24 \text{ kg-m} + 425.41 ) ]$$

$$M_u = 1615.94 \text{ kg-m}$$

### Cálculo del refuerzo

Datos:

$$M_u = 1615.94 \text{ kg-m ( momento último )}$$

$$f'c = 210.00 \text{ kg/cm}^2 \text{ ( resistencia del concreto )}$$

$$F_y = 2810.00 \text{ kg/cm}^2 \text{ ( resistencia del acero )}$$

$$b = 1.00 \text{ m} = 100 \text{ cm}$$

$$d = 0.17 = 17 \text{ cm}$$

$$A_s = [ (b \times d) \sqrt{ (b \times d)^2 - (M_u \times b) / (0.003825 \times f'c) } ] \times [ (0.85 \times f'c) / F_y ]$$

Donde:

b = base ( en cm )

t = espesor ( en cm )

M<sub>u</sub> = momento último ( en kg/m<sup>2</sup> )

f'c = resistencia del concreto

F<sub>y</sub> = resistencia del acero

Valuando:

$$A_s = \left[ (100 * 17) - \sqrt{(100 * 17)^2 - (1615.94 * 100) / (0.003825 * 210)} \right] * (0.85 * 210) / 2810$$

$$A_s = 3.83 \text{ cm}^2$$

### Calculando área de acero mínimo ( $A_s$ min )

$$A_s \text{ min} = ( 14. 1/ F_y ) \times ( b \times t )$$

$$A_s \text{ min} = ( 14.1 / 2810 ) \times ( 100 \times 17 )$$

$$A_s \text{ min} = 8.53 \text{ cm}^2$$

### Calculando área de acero máximo ( $A_s$ máx )

$$A_s = \rho_{\text{max}} * b * d$$

$$A_s = 0.5 \rho_b * b * d$$

$$\rho_b = \beta * 0.85 * f'_c * 6090 / F_y(F_y + 6090)$$

$$\beta = 0.85 \quad \text{si } f'_c \leq 280 \text{ kg/cm}^2$$

$$\rho_b = 3.69E - 2$$

$$A_s \text{ max} = 0.5 * 3.69E - 2 * 100 * 17 = 31.40 \text{ cm}^2$$

### Refuerzo transversal principal ( cama inferior )

Utilizando  $A_s$  min

$$8.53 \text{ cm}^2 \rightarrow 100 \text{ cm}^2$$

$$1.981 \text{ cm}^2 \rightarrow S$$

$$S = 23.22 \text{ cm}$$

Es necesario 1 varilla No.5 @ 23cm para el área transversal de la cama inferior.

### Refuerzo transversal ( cama superior )

$$A_s \text{ temperatura} = 0.002 \times t \times b$$

Donde :

As = área de acero

b = 100 cm ( base )

t = 20 cm

As temperatura =  $0.002 \times 20 \times 100$

As temoeratura =  $4.00 \text{ cm}^2$

Proponiendo 4No.4G40@ 0.17m

Hallando espaciamiento entre varillas

$$4.00 \text{ cm}^2 \rightarrow 100 \text{ cm}^2$$

$$0.713 \text{ cm}^2 \rightarrow S$$

$$S = 17.82 \text{ cm} \approx 17 \text{ cm}$$

### **Refuerzo longitudinal ( cama superior e inferior )**

Según la norma AASHTO 3.24.10.2 recomienda la siguiente ecuación:

$$As = 220 / \sqrt{S} \leq 67\%$$

$$As = 220 / \sqrt{5.90} = 90.57\%$$

$$As = 8.53 \times 0.67 = 5.71 \text{ cm}^2$$

$$S = 22.18 \text{ cm} \approx 22 \text{ cm}$$

Colocar varillas No.4G40@ 0.22m

### 3.6.2 Diseño de vigas

Para superestructuras de puentes las vigas pueden ser ya sea reforzadas para luces cortas o vigas preesforzadas para luces relativamente largas. El reglamento de construcción ACI sugiere para el predimensionamiento de vigas un peralte de  $L / 16$  para no chequear deflexiones, y para la base  $2 / 5 \times d$  para no chequear alabeo.

$$d = L / 16$$

$$d = 20 / 16 = 1.25 \text{ m}$$

$$b = 2 / 5 \times ( 1.25 ) = 0.50 \text{ m}$$

Datos:

Peje trasero = 12.00 kips

Peje delantero = 3.00 kips

$F_y = 2810.00 \text{ kg/cm}^2$

$f'_c = 210.00 \text{ kg/cm}^2$

$d = 1.25 \text{ m}$

$b = 0.50 \text{ m}$

Distancia entre ejes del camión = 14 pies

Longitud de vigas = 20.00 m = 65.62 pies

#### Factor de distribución

$S$  = separación entre vigas desde ejes

Puente 1 vía =  $S / 6.5$  si  $S < 6'$

Puente 2 vías =  $S / 6.0$  si  $S < 10'$

En este caso la luz entre vigas es  $S < 10'$ , por lo que se calcula de la siguiente manera:

$$FD = S / 6.5$$

$$FD = 7.54 / 6.5$$

$$FD = 1.17$$

## **Integración de cargas**

### **Carga muerta**

$$W \text{ losa} = 480 \text{ kg/m}$$

$$W \text{ tope} = 96 \text{ kg/m}$$

$$W \text{ poste} = 96 \text{ kg/m}$$

$$W \text{ barandal} = 11.4 \text{ kg/m}$$

$$W \text{ viga} = 1500 \text{ kg/m}$$

$$W_{cm} = 2183.40 \text{ kg/m}$$

Al tomar los diafragmas como carga puntual

$$\text{Diafragma exterior} = 468 \text{ kg}$$

$$\text{Diafragma interior} = 684 \text{ kg}$$

### **Carga viva**

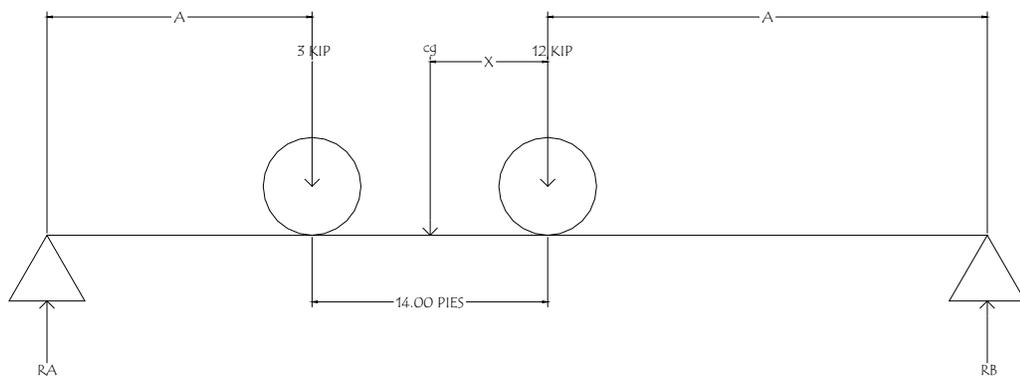
Para las superestructuras simplemente apoyadas de luces iguales o menores de 25 m, la carga que produce mayores efectos es la carga de camión y no la carga de pista, por lo que para este diseño no fue tomada en cuenta.

Se debe de analizar el caso para calcular el efecto que las ruedas del camión producen en las vigas.

### Momento de carga viva

De acuerdo con la AASHTO para el cálculo de momento de la carga viva en puentes utilizamos H 15-44. Esta situación se da cuando el camión se encuentra en la posición crítica que provoca el máximo momento en las vigas. Este lugar crítico ocurre cuando la mayor carga del camión se encuentra a la misma distancia de un apoyo, como centro de gravedad del otro apoyo, como se puede observar en la figura 3.

**Figura3. Diagrama de cuerpo libre de viga para hallar “x” y “A”**



Donde:

A = longitud de cada apoyo al centroide

Cg = centro de gravedad

Mcg = 0 para determinar el valor de " X "

Para poder encontrar los valores de " A " y " X ", se hace sumatoria de momento en cg

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

$$5443.11(X) - 1360.78(4.27 - X) = 0$$

$$5443.11X - 5810.53 + 1360.78X = 0$$

$$6803.89X = 5810.53$$

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

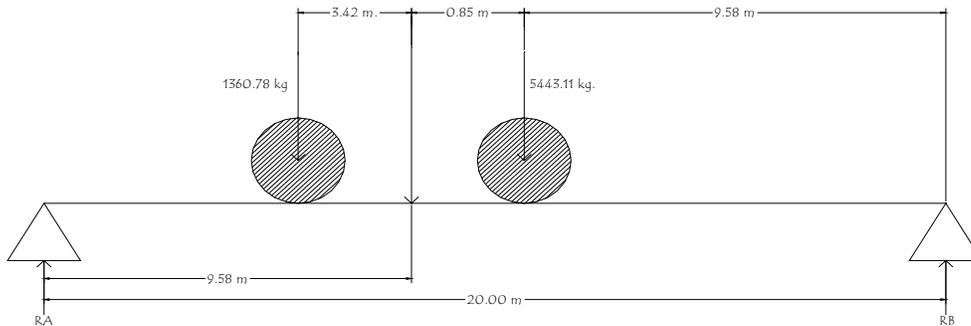
Del diagrama concluimos

$$2A + 0.85 = 20$$

$$A = 9.58 \text{ m}$$

Conociendo los valores se completa el diagrama de cuerpo libre de la carga viva, como se indica en la figura 4.

**Figura 4. Diagrama de cuerpo libre de carga viva**



### Encontrando reacciones en los apoyos

Para encontrar las reacciones en cada apoyo, se debe de hacer sumatoria de momentos en una de las reacciones.

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

$$20( R_A ) - 1360.78( 13.85 ) - 54443.11( 9.58 ) = 0$$

$$20( R_A ) - 18846.80 - 52144 = 0$$

$$20R_A = 70991.80$$

$$R_A = 3549.60 \text{ kg}$$

$$\Sigma F_v = 0$$

$$R_A + R_B - 1360.78 - 5443.11 = 0$$

$$R_B = 1360.78 + 5443.11 - R_A$$

$$R_B = 3254.29 \text{ kg}$$

## Hallando el momento máximo

Se hace un corte en la sección donde se aplica la carga mayor y se procede a hacer el análisis del momento.

$$M_{\text{máx}} = RA( A ) - P( 4.27 - X )$$

$$RA( 9.58 ) - 1360.78(3.42) = M_{\text{máx}}$$

$$3549.60( 9.58 ) - 1360.78( 3.42 ) = M_{\text{máx}}$$

$$M_{\text{máx}} = 29351.30 \text{ kg-m}$$

Donde:

RA = reacción en el punto A

X = 0.85 m ( distancia del centroide al eje trasero )

A = 9.58 M ( distancia del centroide a cada apoyo )

P = 3000.00 lb ( carga viva del eje delantero )

## Carga de impacto

La aplicación de las cargas dinámicas producidas por camiones a los puentes, no se efectúa de manera suave y gradual, sino violenta, lo cual produce incrementos notables en las fuerzas internas de la estructura; por esta razón, se deben considerar cargas adicionales, denominadas cargas de impacto según lo especifica la AASHTO 3.8.2.1 es el porcentaje que se hace al momento producido por la carga viva y no puede ser mayor del 30%.

$$I = 15.24 / ( 1 + 38.1 )$$

Donde:

$$L = 65.62 \text{ pies} \approx 20.00 \text{ m ( luz del puente )}$$

$$I = 15.24 / ( 20 + 38.1 )$$

$$I = 0.26$$

$$I = 26\% \times M_{\text{máx carga viva}}$$

$$I = 37,050.33$$

$$M \text{ vigas} = M_{cv} \times I \times F_D$$

Donde:

$M_{cv}$  = momento de carga viva

$I$  = impacto de camión

$F_D$  = factor de distribución

$$M \text{ viga exterior} = 29,351.30 \times 1.26 \times 1.17 = 43,269.70 \text{ kg-m}$$

### **Cálculo de momentos**

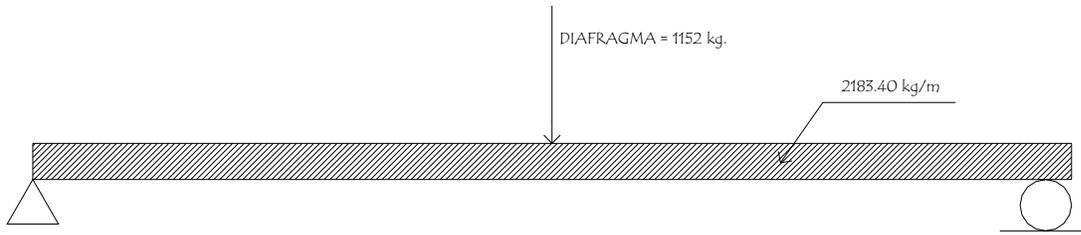
#### **Momento por carga muerta**

$$M \text{ máx} = WL^2 / 8 + Pa$$

$$M \text{ máx} = 2183.40 ( 20 )^2 / 8 + 1152 ( 10 )$$

$$M \text{ máx} = 120,690 \text{ kg-m}$$

**Figura 5. Diagrama de cuerpo libre de carga muerta**



### **Cálculo del refuerzo**

#### **Diseño a flexión**

Se debe de calcular el momento último (  $M_u$  ); que es la integración de los momentos de carga muerta, carga viva y carga por impacto.

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

Donde:

$M_{cm}$  = momento de carga muerta

$M_{cv}$  = momento de carga viva

$I$  = carga de impacto

FD = factor de distribución

Mu = momento último

$$Mu = 1.3 [ 120,690 + 5/3 ( 43,269.70 ) ]$$

$$Mu = 250,648.02 \text{ kg-m}$$

Datos para calcular área de acero requerido:

$$Mu = 250,648.02 \text{ kg-m}$$

$$b = 0.50 \text{ m}$$

$$d = 1.25 \text{ m}$$

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

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

Aplicando la fórmula:

$$As = \left[ (50 \times 125) - \sqrt{(50 \times 125)^2 (250,648.02 \times 50) \div (0.003825 \times 210)} \right] \times (0.85 \times 210) \div 2810$$

$$As = 89.33 \text{ cm}^2$$

$$Asmín = ( 14.1 / Fy ) ( b \times d )$$

$$Asmín = ( 14.1 / 2810 ) ( 50 \times 125 ) = 31.36 \text{ cm}^2$$

$$Asmáx = \rho máx ( b \times d )$$

$$Asmáx = 3.69E-2 \times 50 \times 125 = 115.31 \text{ cm}^2$$

Chequeo de parámetros

Asmín < As < Asmáx

$$31.36 \text{ cm}^2 < 89.33 \text{ cm}^2 < 115.31 \text{ cm}^2$$

El acero a compresión está trabajando normalmente con las cargas soportadas.

### Diseño cama inferior

El área de acero a flexión será  $89.33 \text{ cm}^2$ ; para la distribución del acero se utilizará varilla No.10 de la siguiente manera:

$$8.174 \text{ cm}^2 \rightarrow 1 \text{ varilla No.10}$$

$$89.33 \text{ cm}^2 \rightarrow X$$

$$X = 10.93 \text{ varillas} \approx 11 \text{ varillas No.10} \quad (\text{ ver figura 6 } )$$

### Diseño de cama inferior

33% As

$$0.33 \times ( 89.33 \text{ cm}^2 ) = 29.48 \text{ cm}^2$$

$$8.174 \text{ cm}^2 \rightarrow 1 \text{ varilla No.10}$$

$$29.48 \text{ cm}^2 \rightarrow X$$

$$X = 3.61 \approx 4 \text{ varillas No.10} \quad (\text{ ver figura 6 } )$$

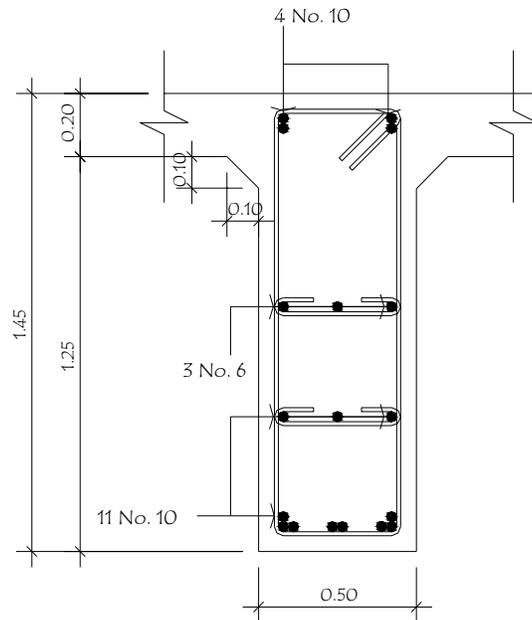
### Refuerzo adicional

Se colocará  $0.25 \text{ plg}^2$  (  $1.61 \text{ cm}^2$  ) por cada pie de alto.

$$\text{As adicional} = 6.60 \text{ cm}^2$$

$$\text{As adicional} = 3 \text{ varillas No.6} \quad (\text{ ver figura 6 } )$$

**Figura 6. Detalle de armado de viga en la parte central**



**Refuerzo a 2.50 m del apoyo**

Se utilizará el mismo método que se utilizó para el centro de la viga.

**Cálculo de los momentos**

$$M_m ( 2.5 \text{ m del apoyo } ) = WL^2 / 8 + Pa ( \text{ por carga muerta } )$$

$$M_m ( 2.5 \text{ m del apoyo } ) = 2143.40 ( 17.50 )^2 / 8 + 1152 / 10 = 95,103.28 \text{ kg-m}$$

$$M_m ( 2.5 \text{ m del apoyo } ) = 19,854.01 \text{ kg-m ( por carga muerta )}$$

$$M_u ( 2.5 \text{ m del apoyo } ) = 1.3 ( 95,103.28 + 5/3 ( 19,854.01 \times 0.26 \times 1.16 )$$

$$M_u ( 2.5 \text{ m del apoyo } ) = 136,608.20 \text{ kg-m}$$

Datos:

$$M = 136,608.20 \text{ kg-m}$$

$$d = 125 \text{ cm}$$

$$b = 50 \text{ cm}$$

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

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

$$\beta = 0.85$$

$$\phi = 0.90$$

$$A_s = 45.86 \text{ cm}^2$$

$$A_{s\text{mín}} = 31.36 \text{ cm}^2$$

$$A_{s\text{máx}} = 115.31 \text{ cm}^2$$

Chequeando  $A_{s\text{mín}} < A_s < A_{s\text{máx}}$

### **Refuerzo a flexión**

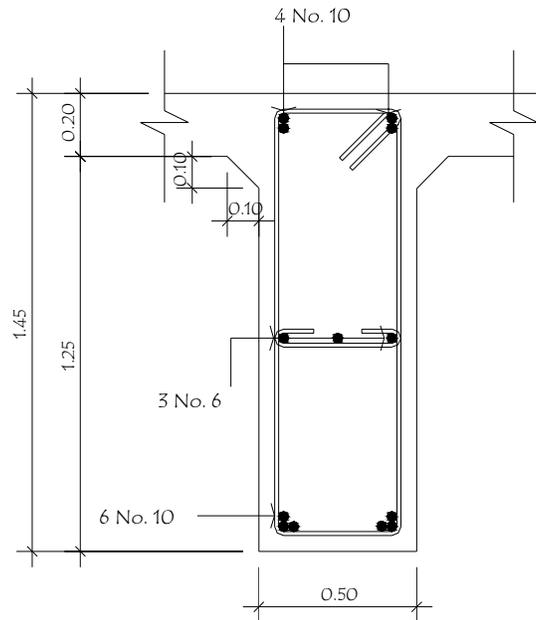
El área de acero será  $45.86 \text{ cm}^2$ , para la distribución del acero se utilizará varilla No.10 de la siguiente manera.

$$8.174 \text{ cm}^2 \rightarrow 1 \text{ varilla No.10}$$

$$45.86 \text{ cm}^2 \rightarrow X$$

$$X = 5.61 \text{ varillas} \approx 6 \text{ varillas No.10} \quad (\text{ ver figura 7 } )$$

**Figura 7. Detalle de armado de viga a 2.50 m del apoyo**

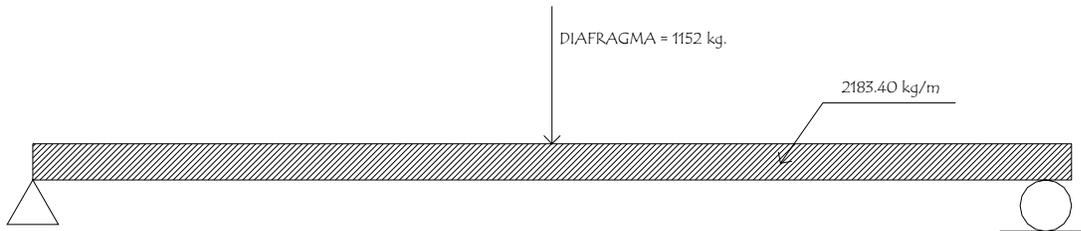


### **Diseño a corte**

El corte es producido por los cortes de carga muerta, carga viva e impacto, el corte máximo se da en los apoyos, cuando la carga mayor del camión está sobre la superestructura.

Por lo tanto para diseñar a corte se necesita calcular el corte último en la viga.

**Figura 8. Diagrama de cuerpo libre de carga muerta para corte de viga**



$$V_{cm} = ( W_{cm} \times L / 2 ) + P / 2$$

Donde:

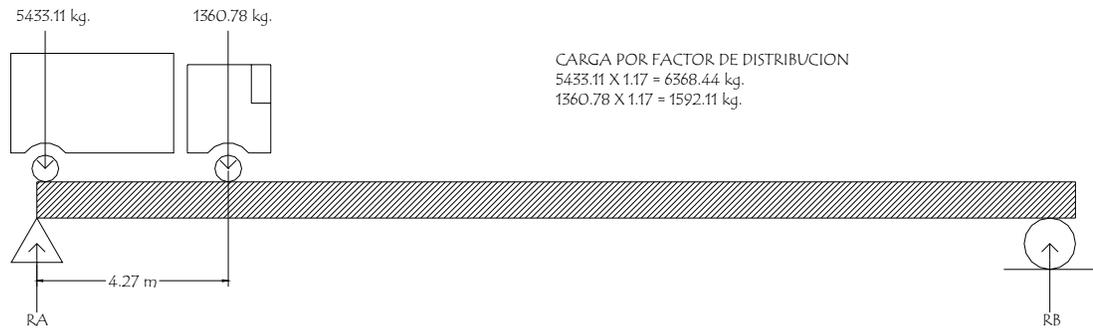
$$W_{cm} = 1980 \text{ kg/m}$$

$$L = 20.00 \text{ m}$$

$$P = 1152.00 \text{ kg}$$

$$V_{cm} = ( ( 1980 \times 20 ) / 2 ) + ( 1152 / 2 ) = 20,376 \text{ kg}$$

**Figura 9. Diagrama de cuerpo libre de carga viva, para corte de viga**



$$\Sigma M_B = 0$$

$$R_A ( 20.00 ) - 6,368.44 ( 20.00 ) - 1,592.11 ( 15.73 ) = 0$$

$$R_A = V_{cv} = 7,620.63 \text{ kg}$$

por impacto

$$V_{cv} \times I = 7,620.63 \times 1.38$$

$$V_{cv} \times I = 10,516.48 \text{ kg-m}$$

### Diseño a corte

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

$$V_u = 1.3 [ 20,376 + 5/3 ( 10,516.48 ) ]$$

$$V_u = 49,274.50 \text{ kg}$$

### Corte que resiste el concreto

$$V_{cr} = 0.53 (\sqrt{f_c}) \times b \times d \times 0.85$$

$$V_{cr} = 0.53 (\sqrt{210}) \times 50 \times 125 \times 0.85$$

$$V_{cr} = 40,802.28 \text{ kg}$$

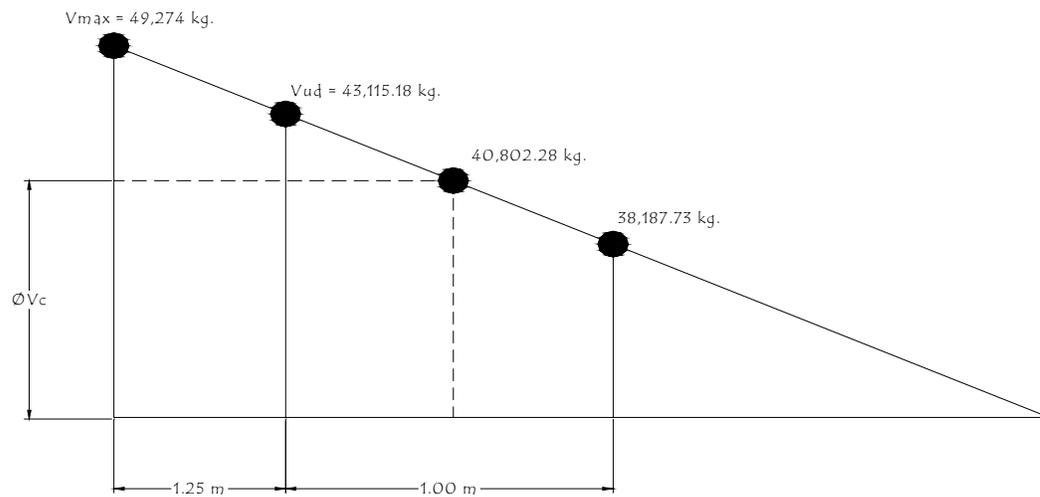
### Corte actuante

$$V_s = (V_u - (\phi \times V_{cr})) / \phi$$

$$V_s = (49,274.50 - (0.85 \times 55,527.62)) / 0.85$$

$$V_s = 2,442.38 \text{ kg}$$

**Figura 10. Diagrama de corte**



$$Vud = 49,274.50 \times ( 10 - 1.25 ) / 10.00 = 43,115.18 \text{ kg}$$

El esfuerzo cortante externo que actúa produciendo fallas por corte se localiza en el punto ubicado a 1.25 m del extremo y se calcula proporcionalmente por una relación de triángulos; ver figura.

Comprobación de límites de espaciamiento: primero se determina el cortante que resiste sólo el acero con la siguiente fórmula:

$$\phi V_s = Vud - \phi V_c$$

$$\phi V_s = 43,115.18 \text{ kg} - 40,802.28 \text{ kg} = 2,312.91 \text{ kg}$$

El esfuerzo último que resiste el acero es:

$$\beta \times 1.10 \times ( \sqrt{f_c} ) \times b \times d$$

Donde:

$$\beta = 0.85$$

$$f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$$

$$b = 50 \text{ cm}$$

$$d = 125 \text{ cm}$$

### **Esfuerzo último del acero**

$$0.85 \times 1.10 \times ( \sqrt{210} ) \times 50 \times 125 = 84,683.98 \text{ kg}$$

$$84,683.98 \text{ kg} > \phi V_s$$

Como el esfuerzo que resiste la sección es mayor que el corte actuante en el acero, utilizar refuerzo mínimo y espaciamiento máximo.

$$S_{\text{máx}} = 125 / 2 = 62 \text{ cm}$$

Para este diseño se utilizará un espaciamiento de 30 cm distribuidos en la longitud total de la viga.

### **3.6.3 Diseño de acera**

#### **Cálculo de momentos**

#### **Carga muerta**

$$W_{\text{acera}} = t \times l \times W_c = 0.15 \text{ m} \times 0.70 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 252.00 \text{ kg/m}$$

$$W_{\text{poste}} = 0.15 \text{ m} \times 0.20 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 72.00 \text{ Kg/m}$$

$$C_{\text{cm}} = W_{\text{acera}} + W_{\text{poste}} = 324.00 \text{ kg/m}$$

$$C_{\text{cmu}} = 1.40 W_{\text{cm}} = 453.60 \text{ kg/m}$$

#### **Carga viva**

$$W_{\text{barandal (vertical)}} = 148.62 \text{ kg/m}$$

$$W_{\text{barandal (horizontal)}} = 445.87 \text{ kg/m}$$

$$W_{\text{acera}} = 743.11 \text{ kg/m}$$

$$C_{\text{vt}} = 1337.60 \text{ kg/m}$$

$$C_{\text{vtu}} = 1.70 W_{\text{vt}} = 1.70 \times 1,337.60 \text{ kg/m} = 2,273.92 \text{ kg/m}$$

$$\text{Carga total} = 453.60 \text{ kg/m} + 2,273.92 \text{ kg/m} = 2,727.52 \text{ kg/m}$$

#### **Momento total**

$$M = WL^2 / 2 = ( 2,727.52 \times ( 0.70 )^2 ) / 2 = 668.24 \text{ kg-m}$$

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

Datos:

$$Mu = 668.24 \text{ kg-m}$$

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

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

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

$$d = 12.5 \text{ cm}$$

$$As = 2.14 \text{ cm}^2$$

$$Asmín = ( 14.1 / 2810 ) \times ( 100 \times 12.5 ) = 6.27 \text{ cm}^2$$

$$Asmáx = 0.5 \times 3.69E-2 \times 100 \times 12.5 = 23.06 \text{ cm}^2$$

$$\text{Chequeando } Asmín = 6.27 \text{ cm}^2 > As = 2.14 \text{ cm}^2 < Asmas = 23.06 \text{ cm}^2$$

De acuerdo a los criterios del ACI se utilizará Asmín por ser mayor que As.

Proponiendo acero

$$6.27 \text{ cm}^2 \rightarrow 100 \text{ cm}^2$$

$$1.267 \text{ cm}^2 \rightarrow S$$

$$S = 20.20 \text{ cm}$$

Es necesario 5No.4@ 0.20 m para el área transversal. ( ver figura 11 )

### **Refuerzo longitudinal ( cama superior e inferior )**

$$A_s = 67\% A_s \text{ transversal} = 0.67 \times 6.27 = 4.20 \text{ cm}^2$$

Proponiendo acero

$$4.20 \text{ cm}^2 \rightarrow 100 \text{ cm}^2$$

$$1.267 \text{ cm}^2 \rightarrow S$$

$$S = 30.17 \text{ cm} \approx 30 \text{ cm}$$

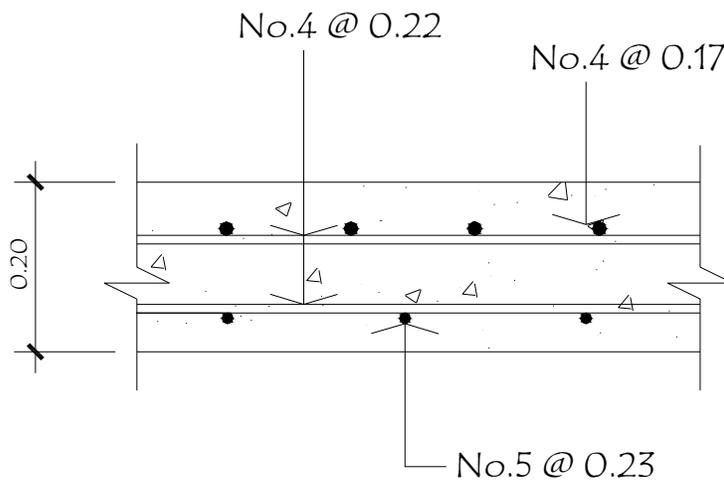
Distribuir 4No.4@ 0.30 m ( ver figura 11 )

**Refuerzo por temperatura ( refuerzo transversal cama superior )**

$$A_s \text{ temperatura} = 0.002 \times b \times t = 0.002 \times 100 \times 15 = 3.00 \text{ cm}^2$$

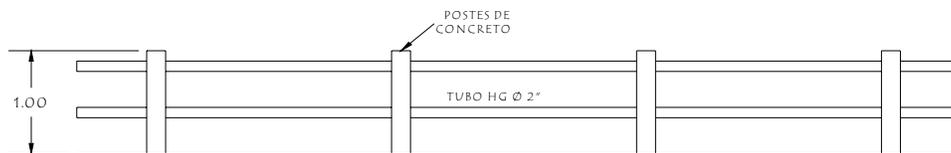
Equivalente a distribuir varillas No.3@ 0.20 m ( ver figura 11 )

**Figura 11. Detalle de acero**



### 3.6.4 Diseño de pasamanos

## Figuras 12. Esquema de pasamanos



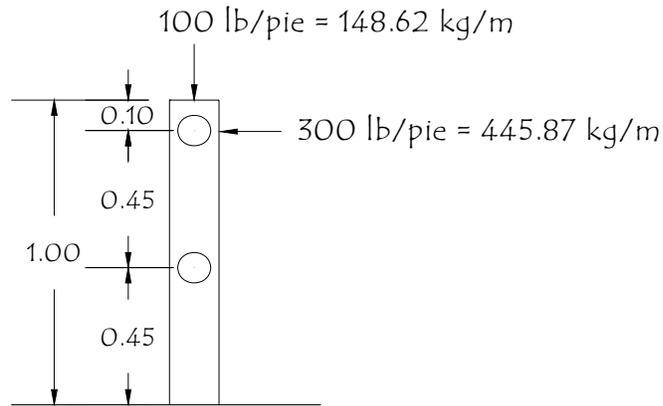
Los miembros longitudinales se diseñan como vigas continuas, se usará la carga mayor de 300 lb/pie, ver figura 13.

El momento para cada tramo se calcula utilizando la fórmula:

$$M = (W \times L^2) / 10$$

Utilizando tubos estándar según AISC 89

## Figura 13. Diagrama de cargas para miembros longitudinales



Utilizando tubos de  $\varnothing$  2 plg.

Datos:

Separación entre postes ( S ) = 1.94 m = 6.36 pies

De = diámetro exterior = 2.375 plg

Di = diámetro interior = 2.067 plg

I = inercia del tubo = 0.665 plg<sup>4</sup>

C = De / 2 = 1.1875 plg

S = módulo de sección = I / C = 0.665 plg<sup>4</sup> / 1.1875 plg = 0.56 plg<sup>3</sup>

### Cálculo del momento que resiste el tubo

$$M = S \times f$$

Donde:

$$F = 20,000 \text{ lb/plg}^2$$

$$M = 0.56 \text{ plg}^3 \times 20,000 \text{ lb/plg}^2 = 11,200 \text{ lb-plg} = 933.33 \text{ lb-pie}$$

$$M = 128.87 \text{ kg-m}$$

**Cálculo del momento actuante en el tubo, debido a la carga de 300 lb/pie.**

$$M = ( W \times L^2 ) / 10$$

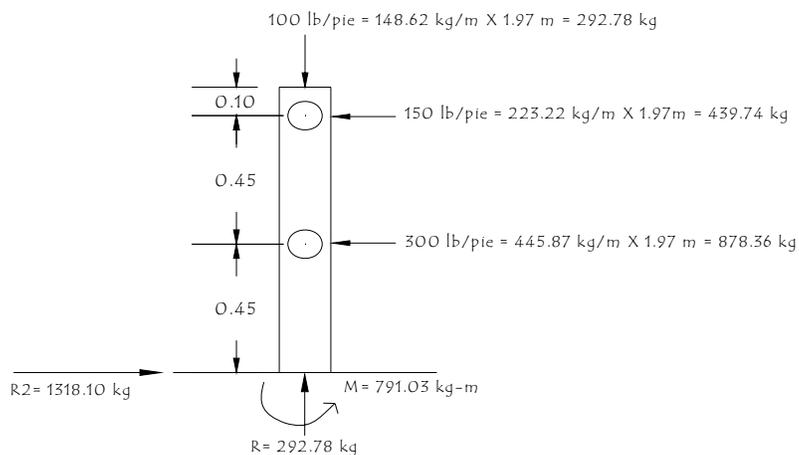
$$M = ( 300 ) \times ( 6.36 ) / 10 = 1213.50 \text{ lb-plg} = 101.12 \text{ lb-pie}$$

El momento actuante es menor que el momento el cual soporta el tubo, por lo tanto el tubo de 2.0 plg es el adecuado.

**Diseño de miembros verticales**

Se colocarán postes con una sección de 0.15 x 0.20 los cuales se diseñarán con el método ACI para columnas a flexo-compresión, es decir que actúa sobre ella una carga axial y un momento; de acuerdo a la figura 14 de análisis de cargas actuantes.

**Figura 14. Diagrama de cargas para diseño de postes**



Se seguirá el procedimiento de la ACI para el diseño de columnas a flexo-compresión, calculando primero su esbeltez para clasificar la columna, luego se harán los cálculos de la columna bajo la carga de compresión solamente para determinar el punto 1.

Seguidamente se calcula únicamente para la acción del momento de flexión, que será el punto 2; el punto 3 se obtiene del diagrama de falla balanceada que se obtiene al analizar el comportamiento combinado de los materiales que componen la estructura de la columna bajo la acción de las fuerzas externas actuantes.

### **Chequeo por esbeltez**

$$Es = K ( Lu ) / r$$

Donde:

Es = esbeltez

K = 1 ( empotrado en un extremo )

r = radio de giro ( 0.30 )

Lu = longitud de columna

$$Es = 1 ( 1.00 ) / 0.30 = 3.33 < 21$$

La relación de esbeltez es menor que 21 por lo tanto la columna se clasifica como corta según ACI.

## Revisión por compresión

Realizando un diagrama de iteración para un refuerzo propuesto de 4 varillas No.3 ( 2.852 cm<sup>2</sup> ).

compresión pura =  $P1 = \phi ( As \times Fy + 0.85 \times f'c \times Ag )$

Donde:

$$Ag = 0.20 \times 0.15 = 300.00 \text{ cm}^2$$

$$P1 = 0.70 ( 5.07 \times 2810 + 0.85 \times 210 \times 300 )$$

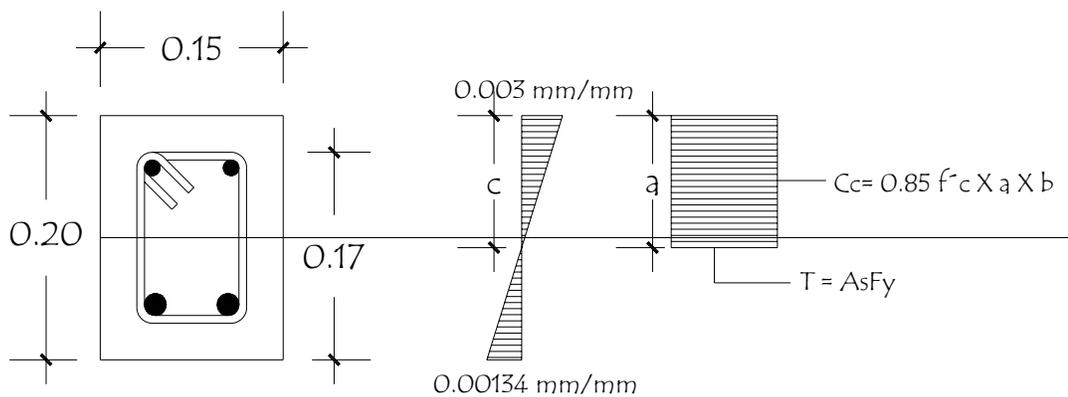
$$P1 = 67,791.08 \text{ kg}$$

$$\text{flexión pura} = P2 = \phi ( As \times Fy \times ( d - As \times Fy / 2 \times \beta + f'c \times b ) )$$

$$P2 = 0.90 ( 5.07 \times 2810 ( 17 - 5.07 \times 2810 / 2 \times 0.85 \times 210 \times 15 ) )$$

$$P2 = 80,268.30 \text{ kg-cm} = 802.68 \text{ kg-m}$$

**Figura 15. Diagrama de falla balanceada**



Donde:

$$b = 15.00 \text{ cm}$$

$$h = 20.00 \text{ cm}$$

$$d = 17.00 \text{ cm}$$

$$\phi_c = 0.70$$

$$\phi = 0.90$$

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

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

$$\varepsilon_y = F_y / \varepsilon_s = 2810 / 2.10E +6 = 0.001338$$

Por análisis del diagrama de falla balanceada, se determina por relación de triángulos el valor de “c” y “a”, necesarios para calcular los siguientes datos:

CAs = fuerza de compresión en el acero

Cc = fuerza de compresión en el concreto

T = fuerza de tensión

$$c = 17.00 \times 0.003 / ( 0.003 + 0.001338 ) = 11.76 \text{ cm}$$

$$a = 0.85 \times c = 0.85 \times 11.76 = 9.99 \text{ cm}$$

$$CAs = T = 2 \times 2.54 \times 2810 = 14,246.70 \text{ kg}$$

$$Cc = 0.85 \times 210 \times 9.99 \times 17.0 = 30,314.66 \text{ kg}$$

Con los datos obtenidos anteriormente se calcula la fuerza interna de compresión que resiste la sección propuesta:

$$\Sigma F_x = 0$$

$$P_{ext} = P_{int}$$

$$P_b = 30,314.33 - 14,246.70 = 16,068.66 \text{ kg}$$

$$P_3 = P_{bn} = \phi_c \times P_b = 0.70 \times 16,068.66 \text{ kg} = 11,248.06 \text{ kg}$$

El momento resistente de la sección propuesta se calcula de la siguiente forma:

$$\Sigma M = 0$$

$$M_{ext} = M_{int}$$

$$M_b = 30,314.66 ( 0.10 - 0.0099 / 2 ) + ( 14,246.70 ) \times ( 0.10 - 0.03 )$$

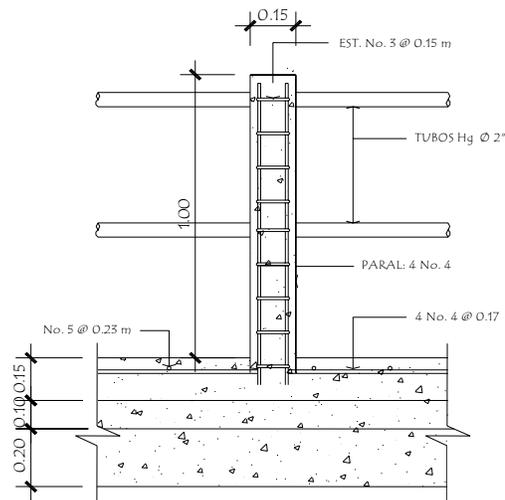
$$M_b = 2,362.94 \text{ kg-m}$$

$$P_3 = M_{bn} = \phi M_b = 0.90 \times 2,362.94 \text{ kg-m} = 2,126.65 \text{ kg-m}$$

Según resultados  $P_3 > P_2$  y  $P_1 < P_3$  por lo tanto la sección con el refuerzo propuesto cumple.

El refuerzo quedará como 4No.4 + estribo No.3 @ 0.15 m ( ver figura 16 )

**Figura 16. Detalle de miembros verticales**



### 3.6.5 Análisis y diseño de diafragma

#### Diafragma interior

Donde:

$$b = 30.00 \text{ cm ( como mínimo )}$$

$$d = \frac{3}{4} \text{ de la altura de la viga principal}$$

$$\text{peralte de viga principal} = 1.25 \text{ m}$$

$$d = \frac{3}{4} \times 1.25 = 0.95 \text{ m}$$

$$A_{smin} = ( 14.1 / F_y ) \times ( b \times d )$$

$$A_{smin} = ( 14.1 / 2810 ) \times ( 30 \times 95 )$$

$$A_{smin} = 14.30 \text{ cm}^2$$

De acuerdo con el  $A_s$ , se propone 3No.8G40.

$$\text{Refuerzo adicional} = 5.29 \times 0.95 = 5.06 \text{ cm}^2, \text{ se propone 4No.4}$$

Para hallar el espaciamiento ( S ) entre estribos, se utiliza la siguiente fórmula:

$$S = ( d - r ) / 2$$

donde:

$$d = 0.95 \text{ m}$$

$$r = 5.00 \text{ cm ( recubrimiento )}$$

Los estribos deben ir espaciados a un máximo de  $\frac{1}{2} d$ .

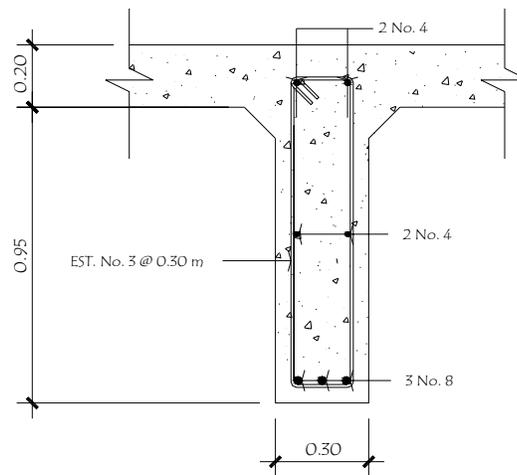
$$S_{\text{máx}} = \frac{1}{2}d$$

$$S_{\text{máx}} = \frac{1}{2}(0.95)$$

$$S_{\text{máx}} = 0.475$$

Para el diseño se propuso una separación de 0.30 m, por lo tanto se colocará estribos No.3G40@ 0.30 m. ( ver figura 17 )

**Figura 17. Diafragma interior**



### **Diafragma exterior**

Donde:

$$d = \frac{1}{2} H$$

H = altura de la viga principal ( 1.25 m )

$$d = \frac{1}{2} \times 1.25 = 0.62 \text{ m} \approx 0.65 \text{ m}$$

$$b = 0.30 \text{ m}$$

$$A_{s\text{mín}} = ( 14.1 / F_y ) \times ( b \times d )$$

$$A_{s\text{mín}} = ( 14.1 / 2810 ) \times ( 30 \times 65 ) = 9.78 \text{ cm}^2$$

De acuerdo a los resultados se colocarán 2 varillas corridas No.8G40 en la cama superior como en la inferior. ( ver figura 18 )

$$\text{Refuerzo adicional intermedio} = 5.29 \times H$$

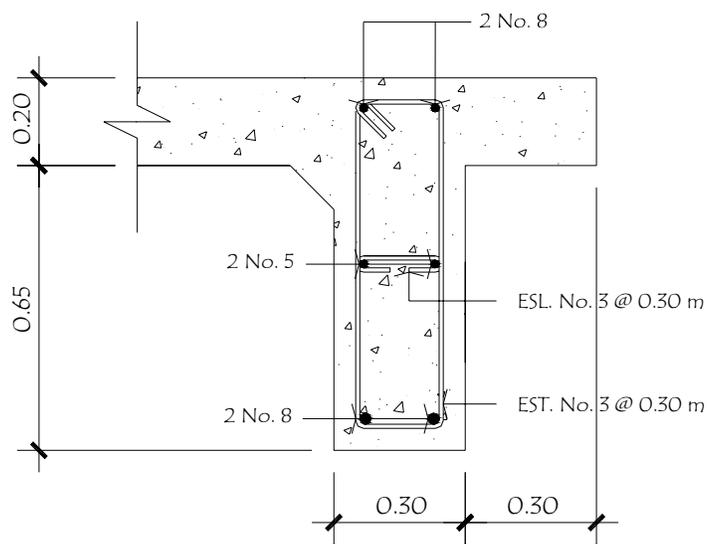
$$\text{Refuerzo adicional intermedio} = 5.29 \times 0.65 = 3.44 \text{ cm}^2$$

Se propone 2No.5G40 + eslabón No.3@ 0.30 m ( ver figura 18 )

Para el espaciamiento de estribos trabajamos con  $S_{\text{máx}}$ .

$$S_{\text{máx}} = \frac{1}{2} \times ( 0.65 ) = 0.32 \text{ m por facilidad de construcción se utilizará } 0.30 \text{ m}$$

**Figura 18. Diafragma exterior**



### 3.7 Diseño de la subestructura

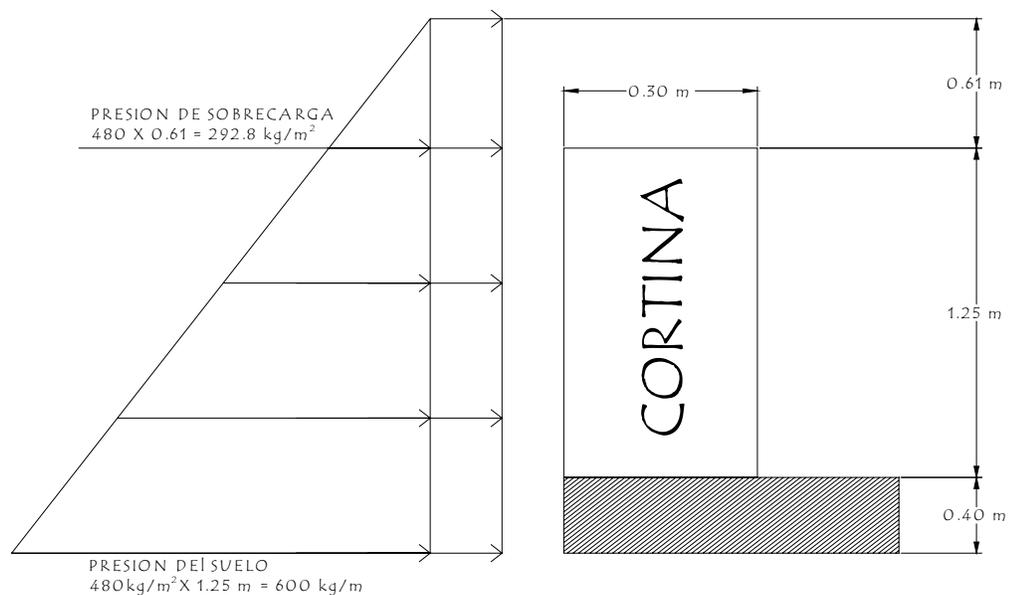
La subestructura es el conjunto de elementos estructurales destinados a transmitir la carga proveniente de la superestructura hacia el suelo; está formada por los estribos, cortina y viga de apoyo.

#### 3.7.1 Análisis y diseño de estructura de apoyo

##### Diseño de la cortina

Sirve para detener el relleno en sentido longitudinal; se considera empotrado a la viga de apoyo y el alto depende de la viga principal del puente. Se debe considerar una sobrecarga del suelo del equivalente líquido de 2 pies de alto, con una presión de  $480 \text{ kg/m}^3$ . ( ver figura 19 )

Figura 19. Triángulo de presiones



Datos:

$b = 0.30 \text{ m}$  ( base de la cortina )

$H = 1.25 \text{ m}$  ( altura de la cortina )

$a = 1.00 \text{ m}$  de ancho

$P = 15,000 \text{ lb}$

ancho del puente =  $4.90 \text{ m}$

peso específico del concreto =  $2400 \text{ kg/m}^3$

### Calculo del empuje

Calcular como el empuje de la sobrecarga calculado a 2 pies a lo largo de todo el alto de la misma, más el empuje de la sobrecarga en la base de la cortina aplicado al centro de la misma.

$$F = ( \text{presión de sobre carga} \times H ) + ( \text{presión del suelo} \times H / 2 )$$

$$F = ( 292.80 \times 1.25 ) + ( 600 \times 1.25 / 2 )$$

$$F = 741.00 \text{ kg/m}$$

### Calculo de la fuerza longitudinal

Según AASHTO 3.9.1, la fuerza longitudinal será producida por las llantas de un camión o un trailer en el terraplén o aproche, la cual es transmitir a la viga de apoyo de la siguiente manera:

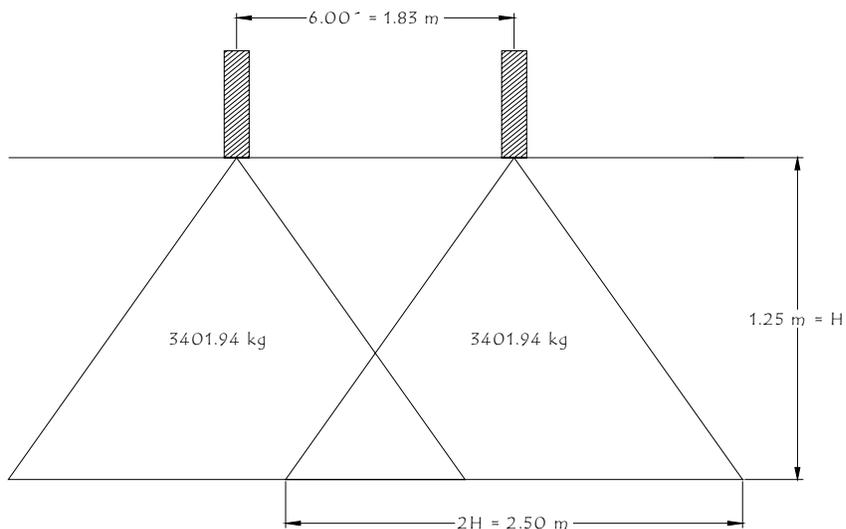
$$FL = ( 0.05 \times P ) / 2H$$

Donde:

$$P = H15 - 44 \text{ ( peso del camión )}$$

actúa a 6' sobre el piso de manera que el brazo es 6' + H. ( ver figura 20 )

**Figura 20. Diagrama de fuerza longitudinal**



$$FL = ( 0.05 \times 6,803.88 ) / 2.50$$

$$FL = 136.08 \text{ kg /m}$$

$$\text{Brazo} = 1.83 + 1.25 = 3.08 \text{ m}$$

por ser dos llantas FL se multiplica por 2

$$FL = 272.16 \text{ kg/m}$$

### **Momento de fuerza longitudinal**

$$MFL = FL \times H$$

Donde:

MFL = momento de fuerza longitudinal

H = 1.25 ( altura de la cortina )

MFL = 272.16 x 1.25 = 340.20 kg-m

### **Calculo de sismo**

Se calcula siguiendo las especificaciones AASHTO 3.21 aplicándolo al centro de la cortina y tomando en cuenta el peso de la viga de apoyo.

$W = 0.30 \times 1.25 \times 2400 + 0.40 \times 0.90 \times 2400$

W = 1,764.00 kg

EQ = 0.12 x W

EQ = 0.12 x 1,764.00 = 211.68 kg/m

Brazo al centro de gravedad =  $H / 2 = 1.25 / 2 = 0.62$

### **Combinación de cargas para momento**

Cuando existe sismo se debe comparar las fórmulas del grupo III y VII especificadas en las normas AASHTO 3.22.1<sup>a</sup>, para la cuantía se tomará el grupo con el valor más crítico.

Grupo III = 1.3 ( Esob + Es + FL )

Grupo VII = 1.3 ( Esob + Es + S )

Donde:

Esob = sobrecarga de 2' aplicada al centro de la cortina

Es = carga del suelo aplicada a un tercio de la cortina

FL = fuerza longitudinal aplicada en toda la cortina

S = fuerza del sismo aplicada al centro de la cortina

### **Grupo III**

$$M_{\text{máx}} = 1.3 ( E_{\text{sob}} + E_{\text{s}} + FL )$$

$$M_{\text{máx}} = 1.3 ( ( 366.00 \times 1.25 ) / 2 + ( 375.00 \times 1.25 ) / 3 + ( 272.16 \times 3.08 ) )$$

$$M_{\text{máx}} = 1,223.25 \text{ kg-m}$$

### **Grupo VII**

$$M_{\text{máx}} = 1.3 ( E_{\text{sob}} + E_{\text{s}} + S )$$

$$M_{\text{máx}} = 1.3 ( 278.75 + 156.25 + ( 211.68 \times 0.625 ) )$$

$$M_{\text{máx}} = 567.30 \text{ kg-m}$$

Se diseñará con el grupo III

### **Calculo del refuerzo**

Datos:

$$M = 1,223.25 \text{ kg-m}$$

$$d = 1.20 \text{ m}$$

$$b = 0.30 \text{ m}$$

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

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

$$A_s = 0.40 \text{ cm}^2$$

$$A_{s\text{mín}} = ( 14.1 / F_y ) \times ( b \times d )$$

$$Asmín = 5.02E-3 \times ( 30 \times 120 )$$

$$Asmín = 18.06 \text{ cm}^2$$

$$Asmáx = 0.50 ( b \times d ) \rho_b$$

$$Asmáx = 0.50 \times 30 \times 120 \times 3.69E-2$$

$$Asmas = 66.50 \text{ cm}^2$$

Como  $As < Asmín$  utilizar  $Asmín = 18.06 \text{ cm}^2$

Colocar 4No.6G40 + 4No.6G40 ( ver figura 20 )

### **Combinación de cargas para corte**

$$\text{Grupo III} = 1.3 ( F + FL )$$

$$\text{Grupo VII} = 1.3 ( F + S )$$

Donde:

F = empuje

FL = fuerza longitudinal

S = sismo

### **Grupo III**

$$Mmáx = 1.3 ( 741.00 + 272.16 )$$

$$Mmáx = 1,317.11 \text{ kg-m}$$

### **Grupo VII**

$$Mmáx = 1.3 ( 741.00 + 211.68 )$$

$$Mmáx = 1,238.48 \text{ kg-m}$$

Se diseñará con el grupo III

$$V_u = 1,317.11 / (30 \times 120) = 0.36 \text{ kg/cm}^2$$

### **Corte resistente del concreto**

$$V_{uc} = 0.53 \times \phi \times \sqrt{f'_c}$$

$$V_{uc} = 0.53 \times 0.85 \times \sqrt{210} = 6.53 \text{ kg/cm}^2$$

Como  $V_u < V_{uc}$  el concreto resiste.

Entonces utilizar  $S_{\text{máx}} = d/2 = 0.20 \text{ m}$

Colocar estribos y eslabones No.3G40@ 0.20 m. ( ver figura 21 )

### **Diseño de viga de apoyo**

Se diseñará únicamente por aplastamiento, debido a que la viga está apoyada en toda su longitud. Como la viga de apoyo no soporta flexión el refuerzo longitudinal se calcula con refuerzo mínimo.

$$A_{s\text{mín}} = ( 14.1 / F_y ) \times ( b \times d )$$

$$A_{s\text{mín}} = ( 14.1 / 2810 ) \times ( 40 \times 80 )$$

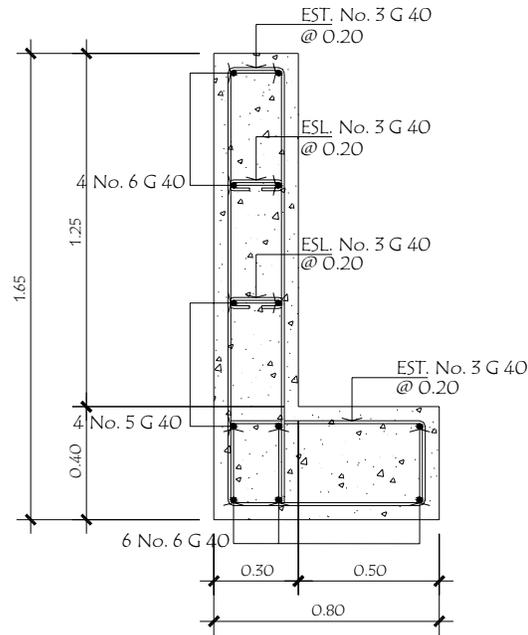
$$A_{s\text{mín}} = 16.06 \text{ cm}^2$$

Utilizar 6No.6 G40 ( ver figura 20 )

$$S_{\text{máx}} = d/2 = 0.20 \text{ m}$$

Colocar estribos y eslabones No.3G40 @ 0.20 m. ( ver figura 21 )

**Figura 21. Detalle de cortina y viga de apoyo**



### 3.7.2 Análisis y diseño del estribo de concreto ciclópeo

Determinar la geometría del estribo; se procede a calcular el momento de volteo que produce el empuje de tierra sobre el estribo y el momento estabilizante que produce el peso de la estructura sobre el suelo; calculados los momentos se procede a efectuar la comprobación.

$$\text{Volteo} = ME / MV > 1.5$$

$$\text{Deslizamiento} = 0.5 \times (W / E) > 1.5$$

$$\text{Presiones (P)} = W / A \times (1 \pm (6 \times e / b)) < 25 \text{ kg/m}^2$$

En donde:

$e = \text{excentricidad} = b / 2 - a$

Siendo:

$$a = ( ME - MW ) / W$$

Datos para el cálculo de momentos y esfuerzos:

Peso del concreto ciclópeo  $W_{cc} = 2,700 \text{ kg/m}^3$

Peso del concreto armado  $W_c = 2,400 \text{ kg/m}^3$

Peso del suelo  $W_s = 1,900 \text{ kg/m}^3$

Equivalente líquido =  $480 \text{ kg/m}^3$

Capacidad soporte del suelo  $V_s = 25,000 \text{ kg/m}^2$

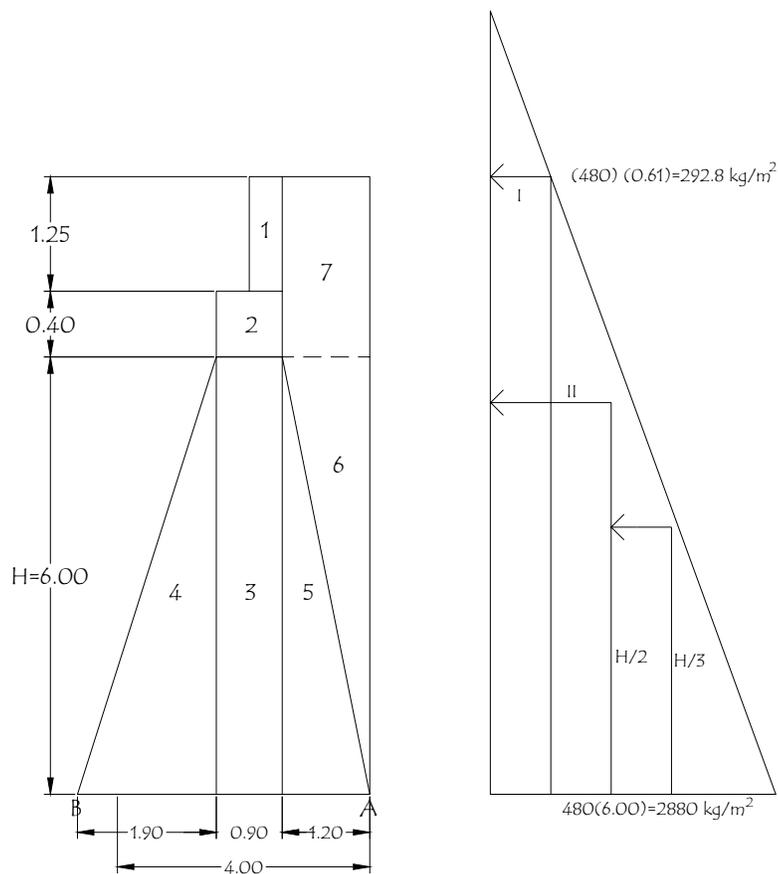
### **Momento de volteo ( MV )**

Es el producto del empuje de la tierra sobre el estribo; primero se calcula las presiones, después la fuerza de empuje y posteriormente los momentos.

Pres. sob = presión de sobrecarga

$$\text{Pres. sob} = 480 \times 0.61 = 292.80 \text{ kg/m}^2$$

**Figura 22. Geometría y diagrama de presiones de los estribos**



**Tabla IX. Momento de volteo**

Sección	Altura ( m )	Presión	Empuje ( kg )	Brazo ( m )	Momento ( kg-m )
I	6.00	292.80	1,756.80	3.00	5,270.40
II	3.00	2,880.00	8,640.00	2.00	17,280.0
			$\Sigma = 10,396.8$		$\Sigma = 22,550.4$

### Momento estabilizante ( ME )

Es producido por el peso de la estructura y el relleno. La tabla muestra la integración de cargas que producen momento respecto al punto " B " .

**Tabla XI. Momento estabilizante debido al muro**

Sección	Dimensiones ( M )	Área ( m <sup>2</sup> )	Peso ( kg )	Brazo ( m )	Momento ( kg-m )
1	0.30 x 1.25	0.38	912.00	2.65	2,416.80
2	0.80 x 0.40	0.32	768.00	2.40	1,843.20
3	0.90 x 6.00	4.50	14,580.0	2.35	34,263.0
4	1.55 x 6.00	5.70	15,390.0	1.27	19,545.3
5	1.55 x 6.00	3.60	9,720.00	3.20	31,104.0
6	1.55 x 6.00	3.60	6,840.00	3.60	24,624.0
7	1.55 x 1.65	1.98	3,762.00	3.40	12,790.8
		Σ	W = 51,972.0		ME = 126,587.1

### Verificación del estribo sin superestructura

Por especificación el volteo debe ser mayor que 1.5

$$\text{Volteo} = \text{ME} / \text{MV} > 1.5$$

Donde:

ME = momento estabilizante ( 126,587.10kg-m )

MV = momento de volteo ( 22,550.40 kg-m )

Volteo =  $126,587.10 / 22,550.40 = 5.61 > 1.5$

Deslizamiento =  $0.5 \times W / E$

Donde:

W = peso del estribo ( 51,972.00 kg )

E = empuje ( 10,396.80 )

Deslizamiento =  $( 0.5 \times 51,972.0 ) / 10,396.80 = 2.50 > 1.5$

## Presiones

Calcular el valor de “ a “ y de la excentricidad para aplicar la fórmula de presión.

$$a = ( ME - MV ) / W$$

Donde:

ME = 126,587.10kg-m

MV = 22,550.40 kg-m

W = 51,972.00 kg

$$a = ( 126,587.10 - 22,500.40 ) / 51,972 = 1.96$$

Chequear con  $3 \times a > b$

$$3 \times a = 5.70 > 4.00$$

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

$$e = ( 4.00 / 2 ) - 1.96 = 0.036$$

### **Presiones**

$$P = ( W / A ) [ 1 \pm ( 6e / b ) ]$$

Donde:

$$W = 51,972.00 \text{ kg ( peso del muro )}$$

$$A = 4.00 \text{ m}^2 \text{ ( área base del muro )}$$

$$e = 0.036 \text{ ( excentricidad )}$$

$$b = 4.00 \text{ m ( base del muro )}$$

$$P = ( 51,972 / 4.00 ) [ 1 \pm ( 6 \times 0.036 ) / 4.00 ]$$

$$P_{\text{máx}} = 13,694.62 < 25,000 \text{ kg/m}^2$$

$$P_{\text{mín}} = 12,291.38 > 0$$

### **Verificando muro con superestructura y carga viva**

Consiste en la sumatoria del peso propio de la estructura y la carga. Se toma como carga viva la reacción que resulta cuando el eje trasero de la sobrecarga está en el apoyo, aplicado en el punto medio de la base del muro.

Carga muerta

$$W_{\text{losa}} = 2,400 \times 0.20 \times 10.00 \times 2.00 = 9,600.00 \text{ kg}$$

$$W_{\text{viga}} = 2,400 \times 1.25 \times 0.50 \times 10.00 = 15,000.00 \text{ kg}$$

$$W_{\text{d.ext}} = 2,400 \times 0.30 \times 0.65 \times 2.70 = 1,263.60 \text{ kg}$$

$$Wacera = 2,400 \times 0.60 \times 0.20 \times 10.00 = 2,810.00 \text{ kg}$$

---

$$\Sigma = 28,743.60 \text{ kg}$$

$$\text{Carga viva} = 7,620.63 \text{ kg}$$

$$\text{CM} + \text{CV} = 36,364.23 \text{ kg}$$

$$\text{Brazo} = 2.00 \text{ m}$$

$$\text{ME2} = (\text{CM} + \text{CV}) \times \text{brazo}$$

$$\text{ME2} = (36,364.23) \times (2.00) = 72,728.46 \text{ kg-m}$$

$$\text{MET} = \text{ME2} + \text{ME}$$

$$\text{MET} = 72,728.46 + 126,587.10$$

$$\text{MET} = 199,315.56 \text{ kg-m}$$

### **Verificando presiones**

$$a = (\text{MET} - \text{MV}) / ((\text{CM} + \text{CV}) + W)$$

$$a = (199,315.56 - 22,550.40) / (36,364.23 + 51,972.00) = 2.001$$

$$e = (4.00 / 2) - 2.001 = -0.001$$

$$P = (P / A) \times (1 \pm (6e / B))$$

$$P = (51,972.0 + 36,364.23) / 4.00 [1 \pm (6 \times (-0.001)) / 4.00]$$

$$P_{\text{máx}} = 22,117.18 < 25,000 \text{ kg/m}^2$$

$$P_{\text{mín}} = 22,050.93 > 0$$

### **Verificando muro con sismo sin carga viva**

Se toman los momentos de volteo en el sentido horizontal.

$$W2 = W_{sub} + W_{cm}$$

Donde:

$W2$  = peso de muro con sismo y sin carga viva

$W_{sub}$  = 51,972.00 kg ( peso del estribo )

$W_{cm}$  = 28, 743.60 kg ( peso de superestructura )

$$W2 = 51,972 + 28,743.60 = 80,715.60 \text{ kg}$$

### **Momento estabilizante**

$$ME2 = ME1 + ( W_{cm} \times \text{brazo} )$$

Donde:

$ME1$  = 126,587.10 ( momento estabilizante del estribo )

$W_{cm}$  = 28,743.60 ( peso de superestructura )

Brazo = 2.00 m

$$ME2 = 126,587.10 + ( 28,743.60 \times 2.00 ) = 184,074.30$$

### **Fuerza horizontal**

$$FH = ( 1.08 \times E ) + ( 0.08 \times ( W_{sub} + W_{cv} ) )$$

Donde:

$FH$  = fuerza horizontal

$E$  = 10,396.80 kg ( empuje )

$W_{sub}$  = 51,972.00 ( peso del estribo )

$W_{cv}$  = 7,620.63 kg

$$FH = ( 1.08 \times 10,396.80 ) + ( 0.08 ( 51,972.00 + 7,620.63 ) )$$

$$FH = 15,995.95$$

### **Momento de volteo en el sentido horizontal**

Se calcula de acuerdo a la geometría y diagrama de presiones del estribo; ver figura 22.

**TablaXI. Momento de volteo en el sentido horizontal**

<b>Sección</b>	<b>Peso ( kg )</b>	<b>Brazo ( m )</b>	<b>Momento ( kg-m )</b>
<b>1</b>	<b>912.00</b>	<b>7.02</b>	<b>6,402.24</b>
<b>2</b>	<b>768.00</b>	<b>6.20</b>	<b>4,761.60</b>
<b>3</b>	<b>14,580.00</b>	<b>3.00</b>	<b>43,740.00</b>
<b>4</b>	<b>15,390.00</b>	<b>2.00</b>	<b>30,780.00</b>
<b>5</b>	<b>9,720.00</b>	<b>2.00</b>	<b>19,440.00</b>
<b>6</b>	<b>6,840.00</b>	<b>4.00</b>	<b>27,360.00</b>
<b>7</b>	<b>3,762.00</b>	<b>6.83</b>	<b>25,694.46</b>
	<b>W = 51,972.00</b>		<b>MV2 = 158,178.30</b>

### **Momento estabilizante**

$$MEQ = 0.008 \times MV2$$

$$MEQ = 0.08 \times 158,178.30 = 12,654.26 \text{ kg-m}$$

### **Momento de volteo**

$$MV3 = ( 1.08 \times MV ) + ( CV \times 0.08 \times h ) + MEQ$$

$$MV3 = ( 1.08 \times 22,550.40 ) + ( 28,743.60 \times 0.08 \times 6.40 ) + 12,654.26$$

$$MV3 = 51,725.42 \text{ kg-m}$$

### **Comprobación de volteo**

$$V = ME2 / MV3$$

Donde:

ME2 = 184,074.30kg-m ( momento estabilizante con sismo sin carga viva )

MV3 = 51,725.42 kg-m ( momento de volteo en el sentido horizontal )

$$V = 184,074.30 / 51,725.42 = 3.56 > 1.5$$

### **Comprobación de deslizamiento**

$$D = ( 0.5 \times W2 ) / FH$$

Donde:

W2 = peso de muro con sismo y sin carga viva ( 80,715.60kg )

FH = fuerza horizontal ( 15,995.95 kg )

$$D = ( 0.5 \times 80,715.60 ) / 15,995.95 = 2.52 > 1.5$$

### **Comprobación de presiones**

$$a = ( ME2 - Mv3 ) / W1$$

$$a = ( 184,074.30 - 51,725.42 ) / ( 51,972.0 + 7,620.63 )$$

$$a = 2.22$$

Chequeo

$$3 \times a = 6.66$$

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

$$e = ( 4.00 / 2.00 ) - 2.22 = -0.22$$

$$P = ( W1 / A ) [ 1 \pm ( 6e / b ) ]$$

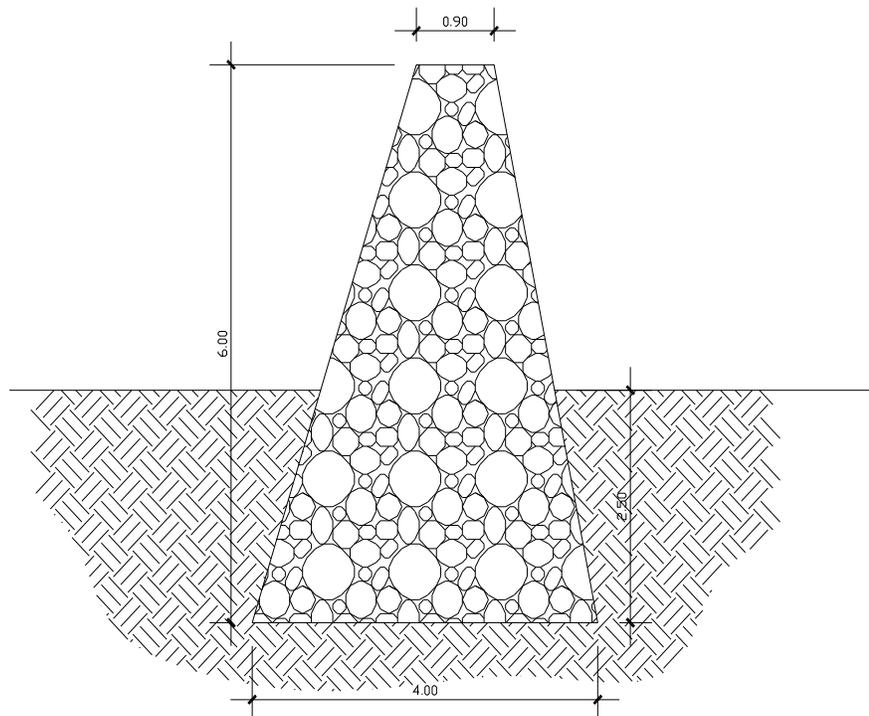
$$P = ( 51,972.0 + 7,620.63 ) / 4.00 [ 1 \pm ( 6 \times (-0.22) / 4.00 ) ]$$

$$P_{\text{máx}} = 19,814.55 \text{ kg/m}^2 < 25,000 \text{ kg/m}^2$$

$$P_{\text{mín}} = 9,981.76 \text{ kg/m}^2 > 0$$

Comprobadas todas las presiones se determina que la estructura resiste.

**Figura 23. Detalle del estribo de concreto ciclópeo.**



### 3.8 Presupuesto de la obra

<b>PROYECTO: Puente vehicular de una vía – La Puerta No.1 Levantamiento topográfico</b>
---

<b>Materiales</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>P.U.</b>	<b>Total</b>
Alquiler equipo topográfico	día	2	Q 250.00	Q 500.00
<b>TOTAL MATERIALES</b>				<b>Q 500.00</b>

<b>Mano de obra</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>P.U.</b>	<b>Total</b>
Topógrafo	global	1	Q 1800.00	Q 1800.00
Cadenero	día	2	Q 35.00	Q 70.00
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>				<b>Q 1870.00</b>

<b>TOTAL DE MANO DE OBRA</b>	<b>Q 1870.00</b>
<b>TOTAL DE MATERIALES</b>	<b>Q 500.00</b>
<b>IMPREVISTOS</b>	<b>Q 355.50</b>

<b>TOTAL</b>	<b>Q 2725.50</b>	<b>\$ 358.15</b>
--------------	------------------	------------------

<b>PROYECTO: Puente vehicular de una vía – La Puerta No.2 Limpieza, excavación y trabajos preliminares</b>
--

<b>Materiales</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>P.U.</b>	<b>Total</b>
Retroexcavadora	hora	56	Q 250.00	Q 15400.00
2 Camiones de volteo	hora	56	Q 450.00	Q 25200.00
Compactadota	día	6	Q 360.00	Q 2160.00
Material selecto	m3	250	Q 60.00	Q 15000.00
<b>TOTAL DE MATERIALES</b>				<b>Q 57760.00</b>

<b>Mano de obra</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>P.U.</b>	<b>Total</b>
Albañiles	día	6	Q 225.00	Q 1350.00
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>				<b>Q 1350.00</b>

<b>TOTAL DE MANO DE OBRA</b>	<b>Q 1350.00</b>
<b>TOTAL DE MATERIALES</b>	<b>Q 57760.00</b>
<b>IMPREVISTOS</b>	<b>Q 8866.50</b>

<b>TOTAL</b>	<b>Q 67976.50</b>	<b>\$ 8932.52</b>
--------------	-------------------	-------------------

**PROYECTO: Puente vehicular de una vía – La Puerta  
No.3 Estribos**

<b>Materiales</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>P.U.</b>	<b>Total</b>
Piedra bola	m3	122.30	Q 125.0	Q 15287.50
Cemento	sacos	472.42	Q 38.50	Q 18188.50
Arena	m3	40.13	Q 60.00	Q 2407.80
Madera	pie tabla	550	Q 4.00	Q 2200.00
<b>TOTAL DE MATERIALES</b>				<b>Q 38083.47</b>

<b>Mano de obra</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>P.U.</b>	<b>Total</b>
Levantado de muro	m3	152.88	Q 140.00	Q 21403.20
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>				<b>Q 21403.20</b>

<b>TOTAL DE MANO DE OBRA</b>	<b>Q 21403.2</b>
<b>TOTAL DE MATERIALES</b>	<b>Q 38083.47</b>
<b>IMPREVISTOS</b>	<b>Q 8923.00</b>

<b>TOTAL</b>	<b>Q 68409.67</b>	<b>\$ 68417.28</b>
--------------	-------------------	--------------------

**PROYECTO: Puente vehicular de una vía – La Puerta  
No.4 Viga de apoyo**

<b>Materiales</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>P.U.</b>	<b>Total</b>
Cemento	sacos	33.86	Q 38.50	Q 1303.61
Arena	m3	1.90	Q 60.00	Q 114.00
Piedrín	m3	1.90	Q 125.0	Q 37.50
Hierro No.6	quintal	3.60	Q 220.0	Q 792.00
Hierro No.3	quintal	1.50	Q 220.0	Q 330.00
Alambre de amarre	libra	16.50	Q 5.00	Q 82.50
Madera	pie tabla	38.21	Q 4.00	Q 152.84
<b>TOTAL DE MATERIALES</b>				<b>Q 3012.45</b>

<b>Mano de obra</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>P.U.</b>	<b>Total</b>
Colocar formaleta	m1	10.8	Q 52.00	Q 561.60
Armado	m1	10.8	Q 65.00	Q 702.00
Hacer y colocar concreto	m3	3.45	Q 175.0	Q 604.80
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>				<b>Q 1868.40</b>

<b>TOTAL DE MANO DE OBRA</b>	<b>Q 1868.40</b>
------------------------------	------------------

<b>TOTAL DE MATERIALES</b>	<b>Q 3012.45</b>
<b>IMPREVISTOS</b>	<b>Q 732.13</b>

<b>TOTAL</b>	<b>Q 5612.98</b>	<b>\$ 737.58</b>
--------------	------------------	------------------

<b>PROYECTO: Puente vehicular de una vía – La Puerta No.5 Cortina de apoyo</b>
--

<b>Materiales</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>P.U.</b>	<b>Total</b>
Cemento	sacos	58.39	Q 38.50	Q 2248.01
Arena	m3	2.94	Q 60.00	Q 176.40
Piedrín	m3	2.94	Q 125.0	Q 352.80
Hierro No.6	quintal	1.44	Q 220.0	Q 316.80
Hierro No.5	quintal	2.40	Q 220.0	Q 528.00
Alambre de amarre	libra	19.20	Q 5.00	Q 96.00
Madera	pie tabla	62.09	Q 4.00	Q 248.36
<b>TOTAL DE MATERIALES</b>				<b>Q 3966.38</b>

<b>Mano de obra</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>P.U.</b>	<b>Total</b>
Colocar formaleta	m1	10.8	Q 63.00	Q 680.40
Armado	m1	10.8	Q 68.00	Q 734.40
Hacer y colocar concreto	m3	5.35	Q 182.00	Q 973.70
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>				<b>Q 2388.50</b>

<b>TOTAL DE MANO DE OBRA</b>	<b>Q 2388.50</b>
<b>TOTAL DE MATERIALES</b>	<b>Q 3966.38</b>
<b>IMPREVISTOS</b>	<b>Q 953.23</b>

<b>TOTAL</b>	<b>Q 7308.11</b>	<b>\$ 960.33</b>
--------------	------------------	------------------

<b>PROYECTO: Puente vehicular de una vía – La Puerta No.6 Aletones para protección</b>
--

<b>Materiales</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>P.U.</b>	<b>Total</b>
Cemento	sacos	22.05	Q 38.50	Q 848.93
Arena	m3	1.24	Q 60.00	Q 74.40
Piedrín	m3	1.24	Q 125.0	Q 155.00
Hierro No.5	quintal	2.77	Q 220.0	Q 609.40

Hierro No.4	quintal	5.28	Q 220.0	Q 1161.60
Alambre de amarre	libra	40.25	Q 5.00	Q 201.25
Madera	pie tabla	143.28	Q 4.00	Q 573.12
<b>TOTAL DE MATERIALES</b>				<b>Q 3623.70</b>

<b>Mano de obra</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>P.U.</b>	<b>Total</b>
Colocar formaleta	m1	6	Q 115.00	Q 690.00
Armado	m1	6	Q 96.00	Q 576.00
Hacer y colocar concreto	m3	2.25	Q 165.00	Q 371.25
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>				<b>Q 1637.25</b>

<b>TOTAL DE MANO DE OBRA</b>	<b>Q 1637.25</b>
<b>TOTAL DE MATERIALES</b>	<b>Q 3623.70</b>
<b>IMPREVISTOS</b>	<b>Q 789.14</b>

<b>TOTAL</b>	<b>Q 6050.09</b>	<b>\$ 795.02</b>
--------------	------------------	------------------

<b>PROYECTO: Puente vehicular de una vía – La Puerta No.7 Viga principal</b>
--

<b>Materiales</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>P.U.</b>	<b>Total</b>
Cemento	sacos	245.00	Q 38.50	Q 9432.50
Arena	m3	13.75	Q 60.00	Q 825.00
Piedrín	m3	13.75	Q 125.0	Q 1718.75
Hierro No.10	quintal	100.00	Q 220.0	Q 22000.00
Hierro No.6	quintal	6.67	Q 220.0	Q 1467.40
Hierro No. 3	quintal	10.07	Q 220.0	Q 2215.40
Alambre de amarre	libra	566.8	Q 5.00	Q 2834.00
Madera	pie tabla	257.91	Q 4.00	Q 1031.64
Plancha de neopreno	global	16	Q 488.0	Q 7808.00
<b>TOTAL DE MATERIALES</b>				<b>Q 49332.69</b>

<b>Mano de obra</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>P.U.</b>	<b>Total</b>
Colocar formaleta	m1	40	Q 85.00	Q 3400.00
Armado	m1	40	Q 55.00	Q 2200.00
Hacer y colocar concreto	m3	25	Q 170.0	Q 4250.00
Colocar apoyos elastoméricos	global	1	Q 180.0	Q 180.00
Colocación de neopreno	día	2	Q 450.0	Q 900.00

<b>TOTAL DE MANO DE OBRA</b>				<b>Q 10930.00</b>
------------------------------	--	--	--	-------------------

<b>TOTAL DE MANO DE OBRA</b>	<b>Q 49332.69</b>
<b>TOTAL DE MATERIALES</b>	<b>Q 10930.00</b>
<b>IMPREVISTOS</b>	<b>Q 9039.40</b>

<b>TOTAL</b>	<b>Q 69302.09</b>	<b>\$ 9106.71</b>
--------------	-------------------	-------------------

**PROYECTO: Puente vehicular de una vía – La Puerta  
No.8 Diafragma exterior**

<b>Materiales</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>P.U.</b>	<b>Total</b>
Cemento	sacos	19.87	Q 38.50	Q 765.00
Arena	m3	1.11	Q 60.00	Q 66.60
Piedrín	m3	1.11	Q 125.0	Q 138.75
Hierro No.8	quintal	3.47	Q 220.0	Q 763.40
Hierro No.5	quintal	6.67	Q 220.0	Q 1467.40
Hierro No. 3	quintal	0.69	Q 220.0	Q 151.80
Alambre de amarre	libra	1.17	Q 5.00	Q 5.85
Madera	pie tabla	26.63	Q 4.00	Q 106.52
<b>TOTAL DE MATERIALES</b>				<b>Q 3465.31</b>

<b>Mano de obra</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>P.U.</b>	<b>Total</b>
Colocar formaleta	m1	10.4	Q 85.00	Q 884.00
Armado	m1	10.4	Q 65.00	Q 676.00
Hacer y colocar concreto	m3	2.03	Q 170.00	Q 345.10
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>				<b>Q 1905.10</b>

<b>TOTAL DE MANO DE OBRA</b>	<b>Q 1905.10</b>
<b>TOTAL DE MATERIALES</b>	<b>Q 3465.31</b>
<b>IMPREVISTOS</b>	<b>Q 805.56</b>

<b>TOTAL</b>	<b>Q 6175.97</b>	<b>\$ 811.56</b>
--------------	------------------	------------------

<b>PROYECTO: Puente vehicular de una vía – La Puerta No.9 Diafragma interior</b>
--

<b>Materiales</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>P.U.</b>	<b>Total</b>
Cemento	sacos	29.05	Q 38.50	Q 1118.42
Arena	m3	1.63	Q 60.00	Q 97.8
Piedrín	m3	1.63	Q 125.00	Q 203.75
Hierro No.8	quintal	0.4	Q 220.00	Q 88.00
Hierro No.4	quintal	0.29	Q 220.00	Q 63.80
Hierro No. 3	quintal	0.91	Q 220.00	Q 200.20
Alambre de amarre	libra	8.00	Q 5.00	Q 40.00
<b>TOTAL DE MATERIALES</b>				<b>Q 1771.97</b>

<b>Mano de obra</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>P.U.</b>	<b>Total</b>
Colocar formaleta	m1	10.4	Q 68.00	Q 707.20
Armado	m1	10.4	Q 75.00	Q 780.00
Hacer y colocar concreto	m3	2.03	Q 170.00	Q 345.10
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>				<b>Q 1832.30</b>

<b>TOTAL DE MANO DE OBRA</b>	<b>Q 1832.30</b>
<b>TOTAL DE MATERIALES</b>	<b>Q 1771.97</b>
<b>IMPREVISTOS</b>	<b>Q 540.64</b>

<b>TOTAL</b>	<b>Q 4144.91</b>	<b>\$ 544.67</b>
--------------	------------------	------------------

<b>PROYECTO: Puente vehicular de una vía – La Puerta No.10 Losa de superestructura</b>
--

<b>Materiales</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>P.U.</b>	<b>Total</b>
Cemento	sacos	148.96	Q 38.50	Q 5734.96
Arena	m3	8.36	Q 60.00	Q 501.60
Piedrín	m3	8.36	Q 125.00	Q 1045.00
Hierro No.5	quintal	11.01	Q 220.00	Q 2422.20
Hierro No. 4	quintal	27.09	Q 220.00	Q 5959.80
Alambre de amarre	libra	190.50	Q 5.00	Q 952.50
Madera	pie tabla	74.15	Q 4.00	Q 296.660
<b>TOTAL DE MATERIALES</b>				<b>Q 16912.6</b>

<b>Mano de obra</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>P.U.</b>	<b>Total</b>
Colocar formaleta	m1	20	Q 120.00	Q 2400.00
Armado	m1	20	Q 65.00	Q 1300.00
Hacer y colocar concreto	m3	15.20	Q 170.00	Q 2584.00
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>				<b>Q 6284.00</b>

<b>TOTAL DE MANO DE OBRA</b>	<b>Q 6284.00</b>
<b>TOTAL DE MATERIALES</b>	<b>Q 16912.66</b>
<b>IMPREVISTOS</b>	<b>Q 3479.50</b>

<b>TOTAL</b>	<b>Q 26676.16</b>	<b>\$ 3505.41</b>
--------------	-------------------	-------------------

**PROYECTO: Puente vehicular de una vía – La Puerta No.11Banqueta**

<b>Materiales</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>P.U.</b>	<b>Total</b>
Cemento	sacos	61.74	Q 38.50	Q 2376.99
Arena	m3	3.47	Q 60.00	Q 208.20
Piedrín	m3	3.47	Q 125.00	Q 433.75
Hierro No.5	quintal	6.09	Q 220.00	Q 1339.80
Hierro No. 4	quintal	14.97	Q 220.00	Q 3293.40
Alambre de amarre	libra	82.58	Q 5.00	Q 412.90
Madera	pie tabla	216.11	Q 4.00	Q 864.44
<b>TOTAL DE MATERIALES</b>				<b>Q 8929.48</b>

<b>Mano de obra</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>P.U.</b>	<b>Total</b>
Colocar formaleta	m1	40	Q 85.00	Q 3400.00
Armado	m1	40	Q 65.00	Q 2600.00
Hacer y colocar concreto	m3	6.3	Q 170.00	Q 1071.00
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>				<b>Q 7071.00</b>

<b>TOTAL DE MANO DE OBRA</b>	<b>Q 7071.00</b>
<b>TOTAL DE MATERIALES</b>	<b>Q 8929.48</b>
<b>IMPREVISTOS</b>	<b>Q 2400.07</b>

<b>TOTAL</b>	<b>Q 18400.55</b>	<b>\$ 2417.94</b>
--------------	-------------------	-------------------

**PROYECTO: Puente vehicular de una vía – La Puerta  
No.12 Postes de los barandales**

<b>Materiales</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>P.U.</b>	<b>Total</b>
Cemento	sacos	6.79	Q 38.50	Q 261.42
Arena	m3	0.38	Q 60.00	Q 22.80
Piedrín	m3	0.38	Q 125.00	Q 47.50
Hierro No.4	quintal	2.72	Q 220.00	Q 598.40
Hierro No. 3	quintal	1.51	Q 220.00	Q 332.20
Alambre de amarre	libra	21.15	Q 5.00	Q 105.75
Madera	pie tabla	17.55	Q 4.00	Q 70.20
Hierro galvanizado de 2"	unidad	8	Q 500.00	Q 4000.00
<b>TOTAL DE MATERIALES</b>				<b>Q 5438.26</b>

<b>Mano de obra</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>P.U.</b>	<b>Total</b>
Colocar formaleta	m1	22	Q 82.00	Q 1804.00
Armado	m1	22	Q 75.00	Q 1650.00
Hacer y colocar concreto	m3	0.69	Q 170.00	Q 117.30
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>				<b>Q 9009.56</b>

<b>TOTAL DE MANO DE OBRA</b>	<b>Q 9009.56</b>
<b>TOTAL DE MATERIALES</b>	<b>Q 5438.26</b>
<b>IMPREVISTOS</b>	<b>Q 2167.17</b>

<b>TOTAL</b>	<b>Q 16614.99</b>	<b>\$ 2183.31</b>
--------------	-------------------	-------------------

**PROYECTO: Puente vehicular de una vía – La Puerta  
No.13 Relleno y compactación de aproches**

<b>Materiales</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>P.U.</b>	<b>Total</b>
Retroexcavadora	día	7	Q 2450.00	Q 17150.00
Patrol	día	6	Q 2600.00	Q 15600.00
Rodo compactador	día	4	Q 2600.00	Q 10400.00
2 Camiones de volteo	día	6.5	Q 3000.00	Q 19500.00
Camión con flauta	día	4	Q 2500.00	Q 10000.00
<b>TOTAL DE MATERIALES</b>				<b>Q 72650.00</b>

<b>Mano de obra</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>P.U.</b>	<b>Total</b>
2 Albañiles	día	9	Q 75.00	Q 675.00
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>				<b>Q 675.00</b>

<b>TOTAL DE MANO DE OBRA</b>	<b>Q 675.00</b>
<b>TOTAL DE MATERIALES</b>	<b>Q 72650.00</b>
<b>IMPREVISTOS</b>	<b>Q 10998.75</b>

### **RESUMEN DE COSTOS DIRECTOS**

<b>TOTAL DE MATERIALES</b>	<b>Q 227,043.68</b>	<b>\$ 29,834.91</b>
<b>TOTAL DE MANO DE OBRA</b>	<b>Q 106,627.00</b>	<b>\$ 14,011.43</b>
<b>FLETES</b>	<b>Q 25,000.00</b>	<b>\$ 3,285.15</b>
<b>SUBTOTAL</b>	<b>Q 358,670.68</b>	<b>\$ 47,131.50</b>
<b>IMPREVISTOS 15%</b>	<b>Q 53,800.60</b>	<b>\$ 7,069.72</b>
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>	<b>Q 771,141.92</b>	<b>\$ 101,332.71</b>

**NOTA:** Dentro del presente presupuesto únicamente se detallan, costos directos de la obra.

## CONCLUSIONES

1. De acuerdo a los resultados de los exámenes realizados en el Centro de Investigación de Ingeniería, se determinó que desde el punto de vista de la calidad física y química del agua los resultados obtenidos, cumplen con las normas internacionales de la Organización Mundial para la salud para fuentes de agua.
2. De acuerdo a los resultados de los exámenes realizados en el Centro de Investigación de Ingeniería, la calidad bacteriológica del agua no exige más que un simple tratamiento de desinfección; según normas internacionales de la Organización Mundial de la Salud para fuentes de agua.
3. El puente vehicular se decidió diseñarlo con concreto reforzado, fundido in situ por las siguientes razones: la vía de acceso tiene un promedio de cuatro metros de ancho, el grado de curvatura de algunas curvas es mínimo, lo que no permite el paso de vehículos grandes; además, en la época de invierno el río arrastra rocas y árboles por lo que debe de construirse una estructura la cual soporte el impacto de cualquiera de estos en algún momento.
4. Con el la construcción de ambos proyectos se beneficiará a siete comunidades, de esta manera, se estará contribuyendo al desarrollo humano y bienestar social y económico de la población; siempre pensando en el impacto ambiental que éstos pudieran causar.

## RECOMENDACIONES

1. Con el propósito que el sistema de conducción de agua potable sea auto sostenible; la municipalidad deberá desarrollar un programa de capacitación respecto a la operación del sistema, con esto garantizará que se pueda resolver cualquier problema.
2. Impulsar programas de educación para los habitantes del caserío García con el fin que la población a beneficiar tome conciencia del cuidado y uso adecuado del agua; así como del proyecto.
3. Se recomienda realizar pruebas en el puente vehicular de la aldea La Puerta al menos una vez por año para asegurar la vida útil del proyecto.
4. Se recomienda que el agua pase por un proceso de cloración antes de ser distribuida a los habitantes de la comunidad ya que los análisis realizados por el Centro de Investigación de Ingeniería indican que se le debe de llevar acabo un proceso de desinfección simple.
5. Verificar y proteger el área donde se encuentra la fuente para evitar que sea deforestada o sufra algún daño, lo cual afectaría al proyecto completo.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Nilson , Arthur. **Diseño de Estructuras de Concreto**. Duodécima edición. Colombia. McGraw – Hill, 1999. 722pp
2. **Especificaciones generales para construcción de carreteras y puentes.**  
Dirección General de Caminos.
3. Dávila Crespo, Darwin Omar. Estudio y diseño del sistema de agua potable para las comunidades de Hierbabuena, La Fuente y Valencia del municipio de Jutiapa, Jutiapa. Tesis de graduación de Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala, 1995.
4. Guzmán Escobar, Ernesto Salvador. Diseño de Puentes. Tesis de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1997.
5. Schwartz Guzmán, Max Fernando. Diseño y estudio del sistema de agua potable en la aldea Barranca de Galvez, del municipio de San Marcos, departamento de San Marcos. Tesis de graduación de Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala, 1995.

6. Valladares, Oscar Alfredo. Diseño de dos puentes y un salón de usos múltiples en la cabecera departamental de Jalapa. Tesis de graduación de Ing. Civil Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2001.

## **ANEXO 1**

# **ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO Y BACTERIOLÓGICO**

## **ANEXO 2**

### **PLANOS DE PUENTE VEHICULAR**

## **ANEXO 3**

### **PLANOS LÍNEA DE CONDUCCIÓN**

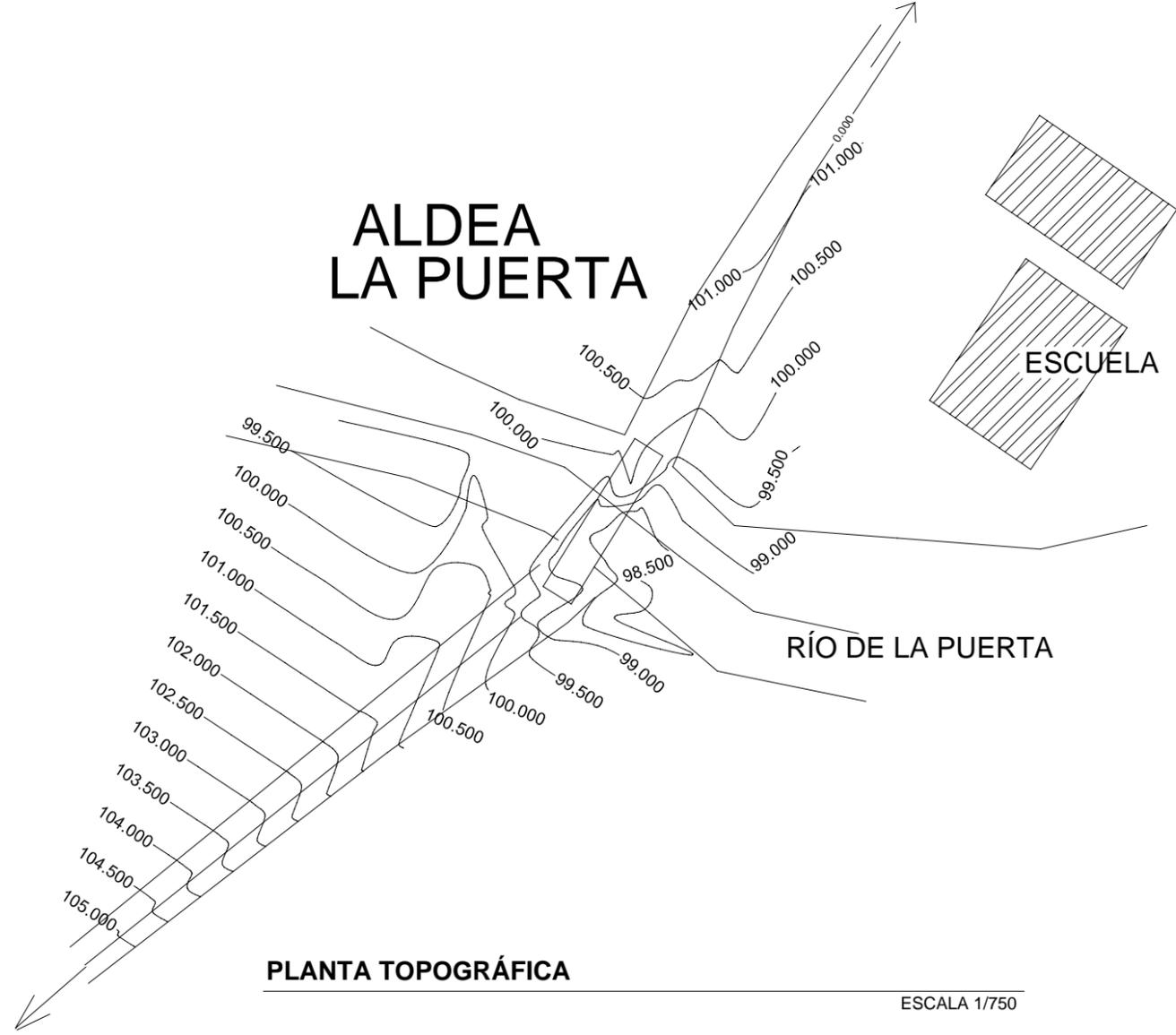


ALDEA LA PUERTA

A LA ALDEA LA PUERTA

ESCUELA

RÍO DE LA PUERTA



PLANTA TOPOGRÁFICA

ESCALA 1/750

A ALDEA IGUANA

**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS**

**CRITERIOS:**

- 1. DISEÑO STANDARD SPECIFICATIONS FOR HIGHWAY BRIDGES, DE LA AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS (A.A.S.H.T.O. 1,996). BUILDING CODE REQUIREMENTS FOR STRUCTURAL CONCRETE, DEL AMERICAN CONCRETE INSTITUTE (A.C.I. 318-95, 1,995).
- 2. CONSTRUCCIÓN ESPECIFICACIONES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS Y PUENTES DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE CAMINOS DE GUATEMALA (D.G.C. 2,001).
- 3. CARGA VIVA CAMIÓN H 15-44 DE A.A.S.H.T.O.

**MATERIALES:**

- 4. CONCRETO EN TODOS LOS ELEMENTOS SE UTILIZARÁ CONCRETO  $F_c = 3,000 \text{ PSI} = 211 \text{ Kg/cm}^2$  A LOS 28 DÍAS LA PROPORCIÓN DEL CONCRETO SERÁ DE 1:2:2 Y CON UN AGREGADO GRUESO DE 1/2" Y UN MÁXIMO DE 2 cm, CON UN AGREGADO FINO LAVADO Y LIBRE DE MATERIA ORGÁNICA.
- 5. ACERO DE REFUERZO SE USARÁ ACERO DE REFUERZO DE GRADO 40 EN FORMA DE BARRAS CORRUGADAS DE ACUERDO A LAS ESPECIFICACIONES DE LA A.A.S.H.T.O. Y LAS NORMAS A.S.T.M.
- 6. RECUBRIMIENTO SE USARÁ EL SIGUIENTE RECUBRIMIENTO PARA LAS BARRAS DE REFUERZO:
  - PARA LOSA EN SUPERFICIE DE RODADURA = 5 cm.
  - PARA VIGAS EN CUALQUIER SENTIDO = 4 cm.
  - PARA ELEMENTOS EXPUESTOS AL SUELO Y AL AGUA = 7.5 cm
- 7. FORMALETAS EL RECUBRIMIENTO SE MEDIRÁ ENTRE EL ROSTRO DE LA BARRA Y LA SUPERFICIE DEL CONCRETO. LAS FORMALETAS Y LOS ACABADOS FINALES DEL CONCRETO SE HARÁN RECTO A LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA D.G.C.
- 8. GANCHOS LOS GANCHOS SE DOBLARÁN EN FRÍO Y SEGÚN LAS ESPECIFICACIONES DE LA D.G.C.
- 9. TRASLAPES SERÁN DE 20 DIÁMETROS, SALVO EN VIGAS QUE TENGAN MÁS DE 30 cm DE CONCRETO BAJO LAS BARRAS, EN CUYO CASO DEBERÁ USARSE 35 DIÁMETROS, TODO SEGÚN ESPECIFICACIONES D.G.C.
- 10. FUNDICIÓN DE CONCRETO EL CONCRETO DEBE VERVERSE A UNA ALTURA NO MAYOR DE 50 cm DEL FONDO, LO CUAL EVITA LA DISGREGACIÓN DEL MISMO.
- 11. PREPARACIÓN DE MEZCLA TODA LA MEZCLA DEBERÁ DE REALIZARSE EN UNA CONCRETERA DEBIDAMENTE CONTROLADA POR EL CONSTRUCTOR SEGÚN CAPACIDAD Y POTENCIA DE LA MISMA.
- 12. ARISTAS TODAS LA ARISTAS EXPUESTAS DEBERÁN SER BISELADAS CON UN DIÁMETRO PROMEDIO DE 2 cm.
- 13. RELLENO DEBE COLOCARSE EN CAPAS COMPRENDIDAS ENTRE LOS 30 y 50 cm PARA SU DEBIDA CONFORMACIÓN.
- 14. DIMENSIONES ESTÁN DADAS EN METROS, SALVO DONDE SE INDIQUE OTRA DIMENSIÓN.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

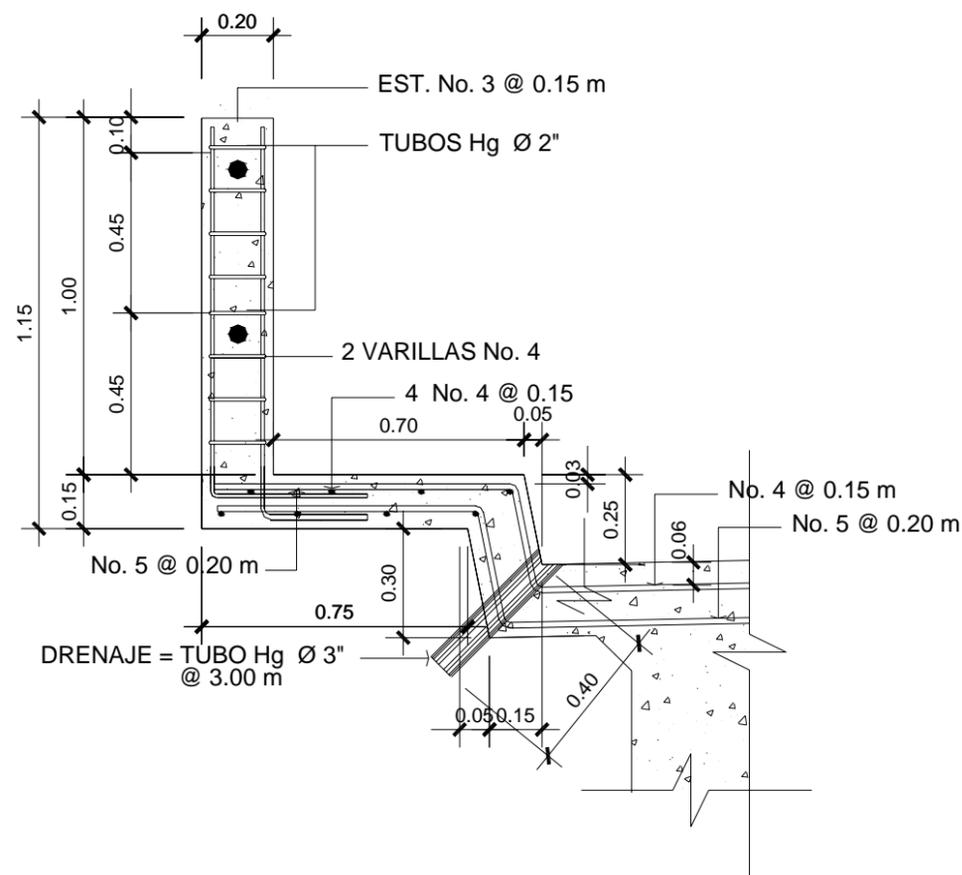
REGIÓN: NOR ORIENTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

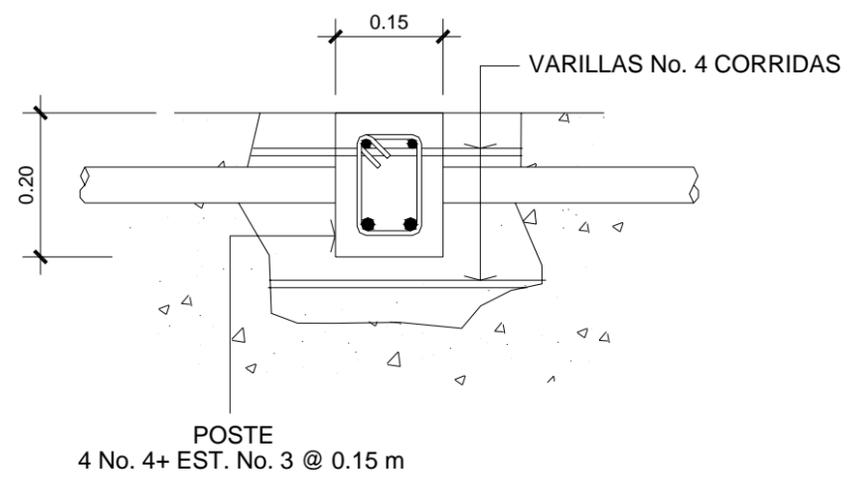
PROYECTO: PUENTE VEHICULAR EN LA ALDEA LA PUERTA

EPESISTA: HIERWIN PÉREZ

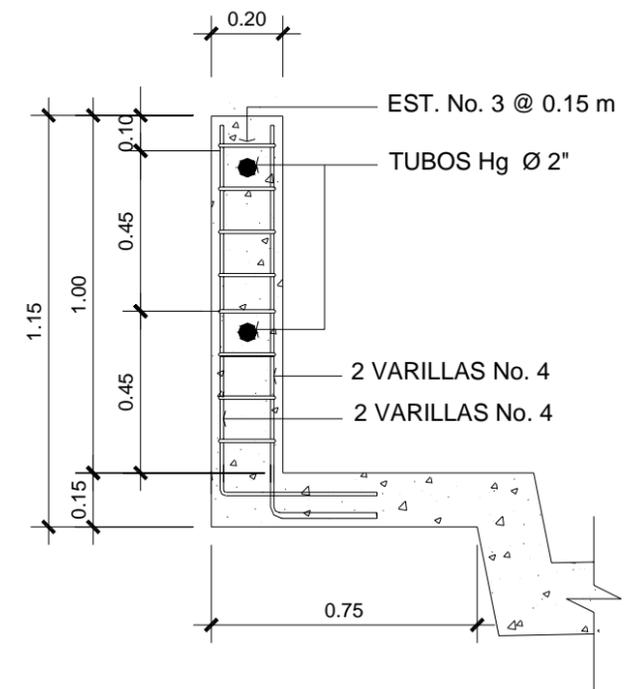
COMUNIDAD: GUALÁN, ZACAPA



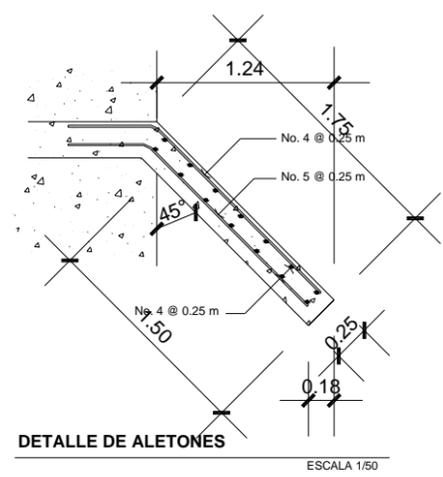
**DETALLE TRANSVERSAL DE BANQUETA Y BARANDALES**  
 ESCALA 1/20



**DETALLE EN PLANTA DE ARMADO DE BARANDALES**  
 ESCALA 1/10



**DETALLE TRANSVERSAL DE ARMADO DE BARANDALES**  
 ESCALA 1/20



**DETALLE DE ALETONES**  
 ESCALA 1/50



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

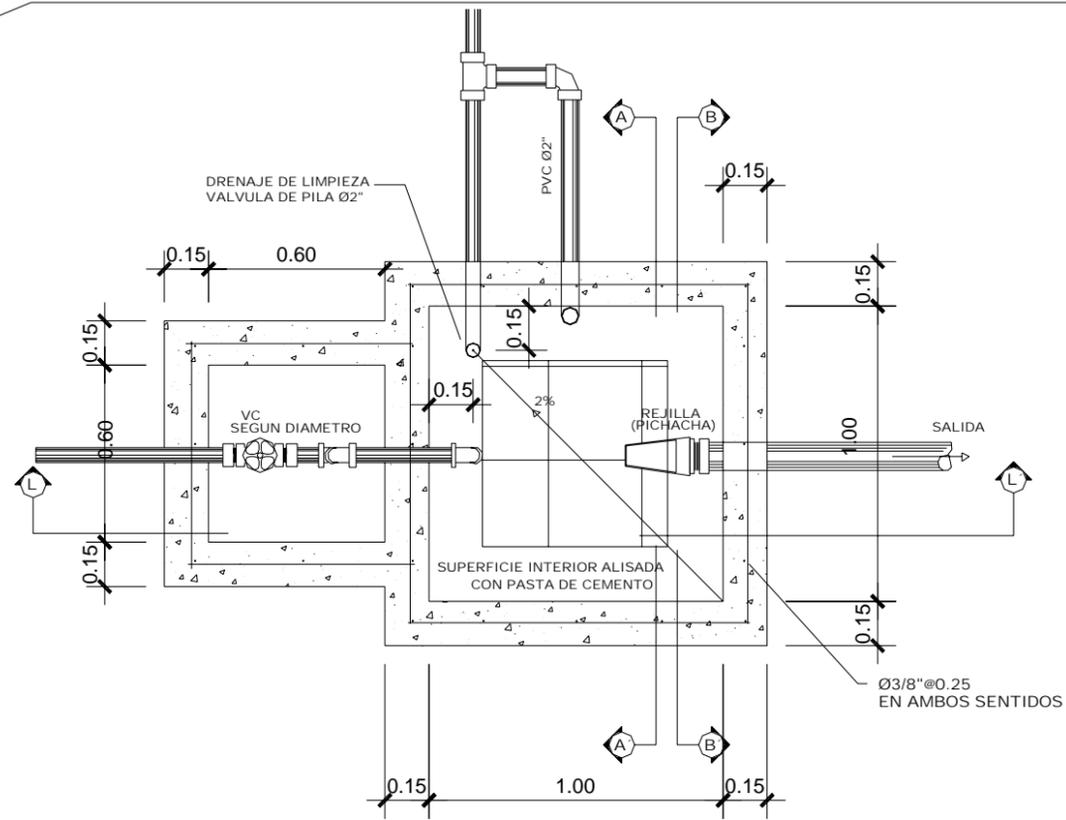
REGIÓN:  
NOR ORIENTE

COMUNIDAD:  
GUALÁN, ZACAPA

EPESISTA:  
HERWIN PÉREZ

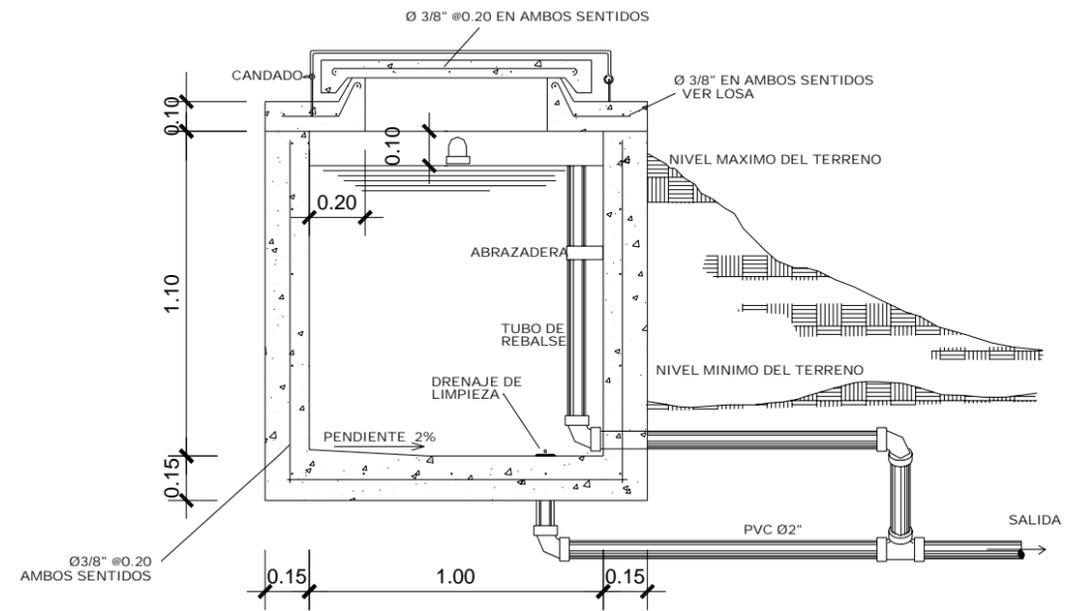
PROYECTO:  
PUENTE VEHICULAR EN LA ALDEA LA PUERTA

FACULTAD DE INGENIERÍA



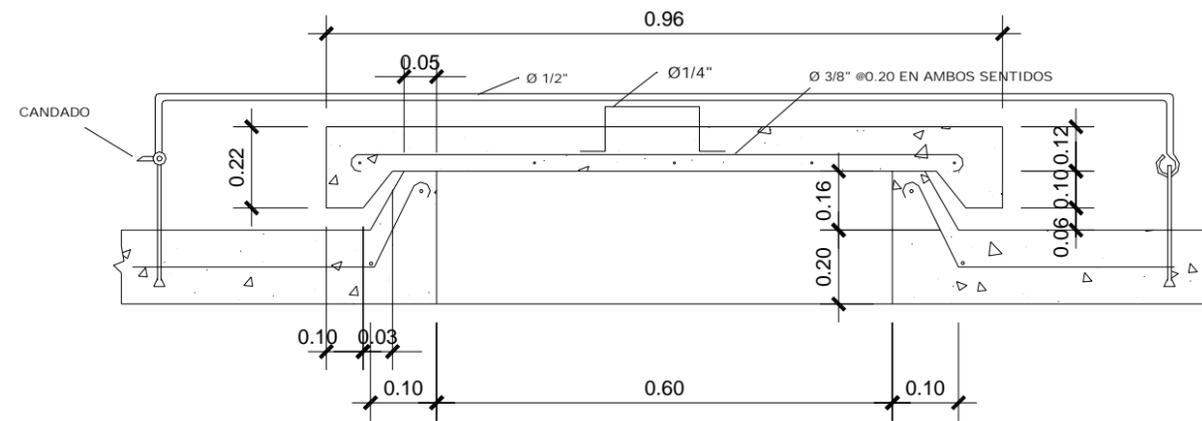
PLANTA CAJA ROMPEPRESIÓN

ESCALA 1:25



SECCION A-A CAJA ROMPEPRESIÓN

ESCALA 1:25



DETALLE DE TAPADERA CAJA ROMPEPRESIÓN

ESCALA 1:20



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

REGIÓN:  
NOR ORIENTE

COMUNIDAD:  
GUALÁN, ZACAPA

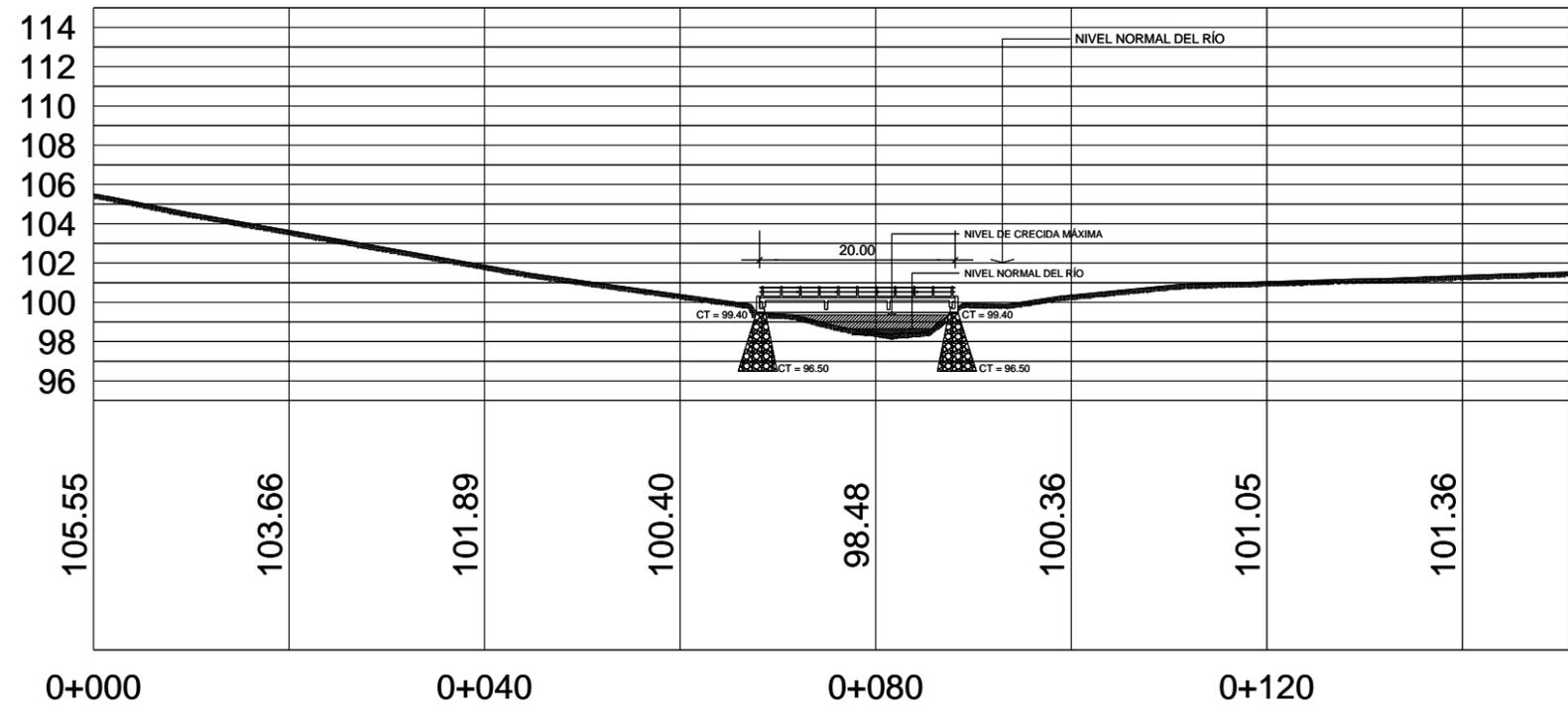
PROYECTO:

LÍNEA DE CONDUCCIÓN CASERÍO GARCÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA

EPESISTA:

HERWIN PÉREZ



PERFIL LONGITUDINAL

ESCALA HORIZONTAL ESCALA 1/750  
 ESCALA VERTICAL ESCALA 1/375



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

REGIÓN:  
NOR ORIENTE

COMUNIDAD:

GUALÁN, ZACAPA

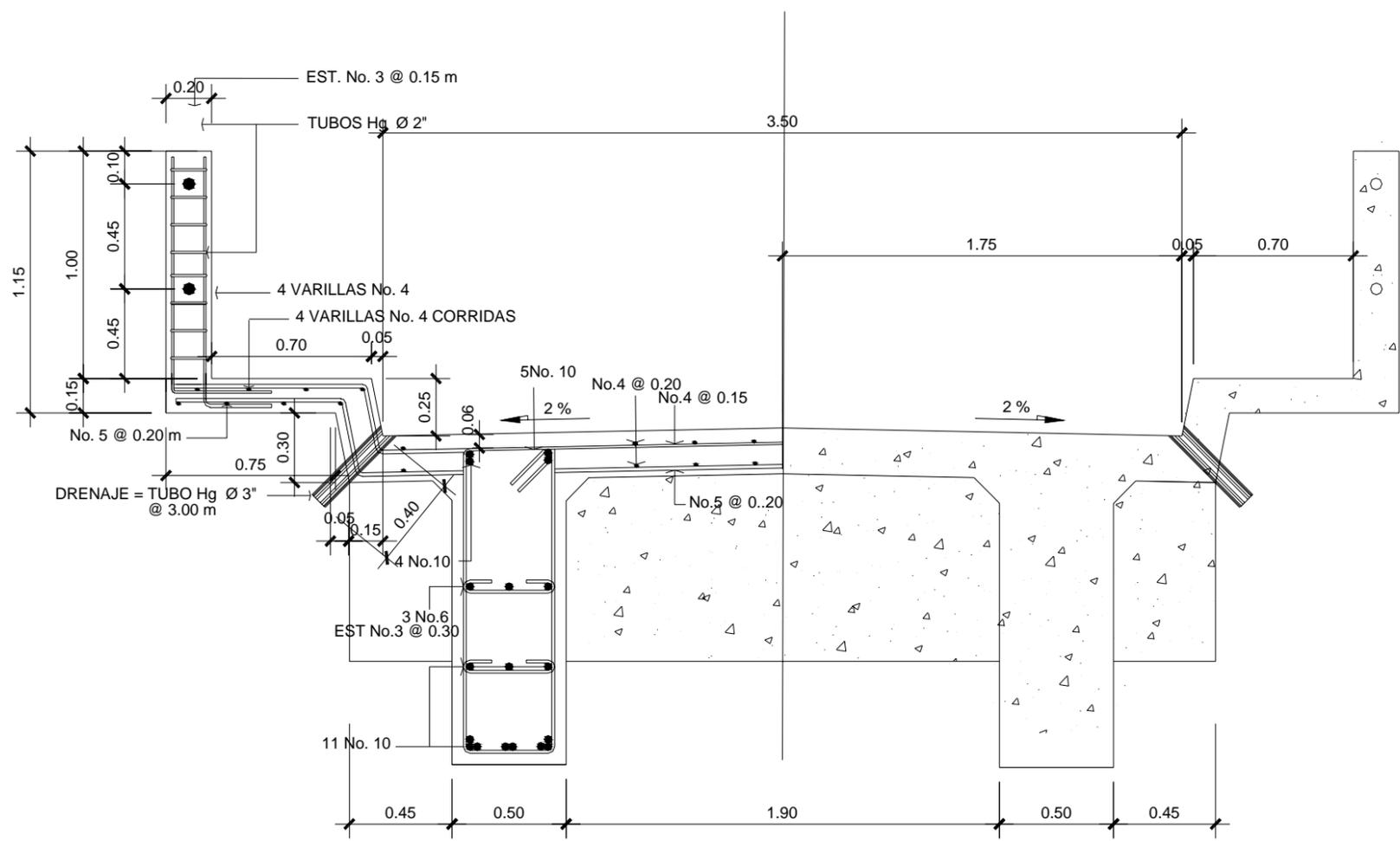
EPESISTA:

HERWIN PÉREZ

PROYECTO:

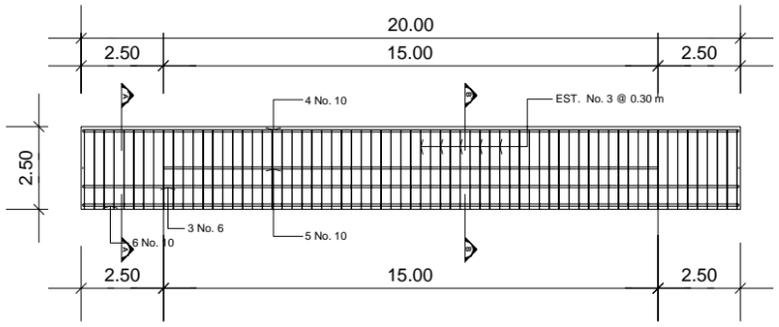
PUENTE VEHICULAR EN LA ALDEA LA PUERTA

FACULTAD DE INGENIERÍA



SECCION TRANSVERSAL DEL PUENTE A-A'

ESCALA 1/25



DETALLE DE ARMADO DE VIGA PRINCIPAL

ESC. VER. 1/100  
ESC. HOR. 1/200



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

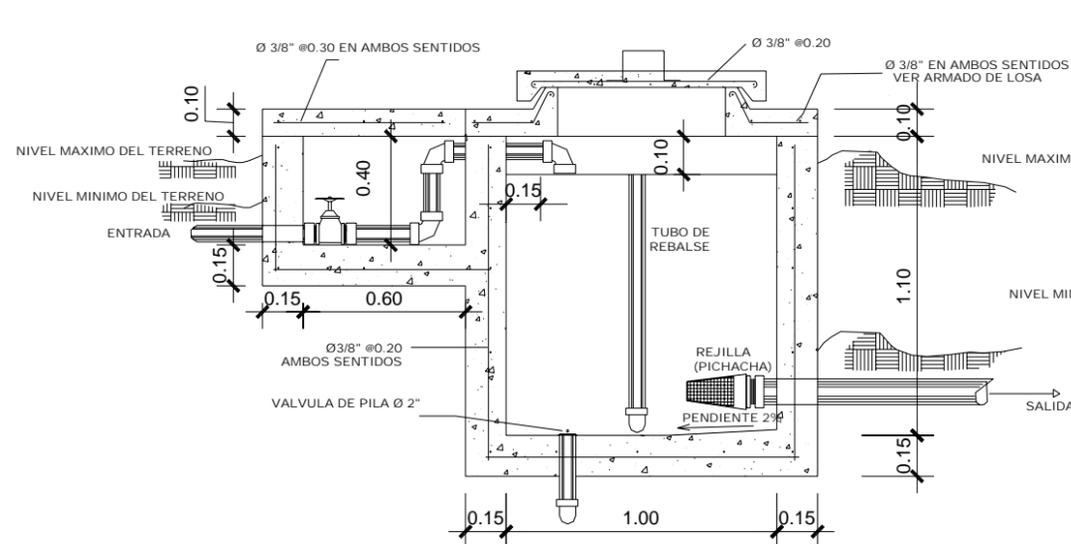
REGIÓN:  
NOR ORIENTE

COMUNIDAD:  
GUALÁN, ZACAPA

EPESISTA:  
HERWIN PÉREZ

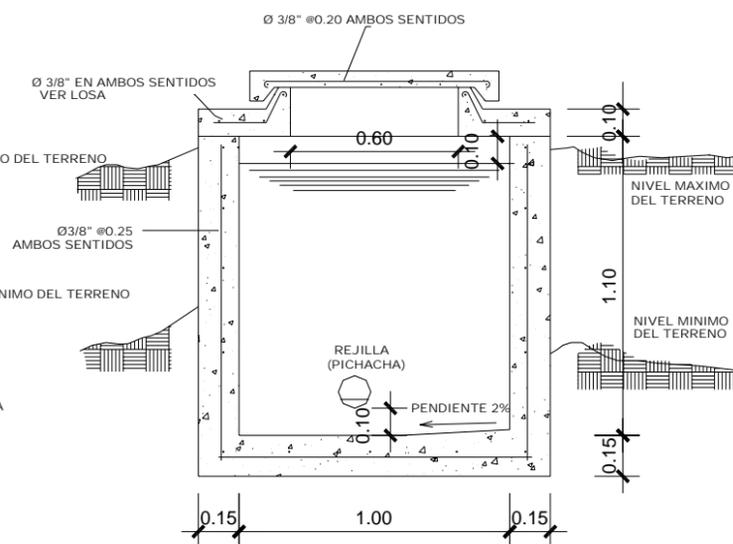
PROYECTO:  
PUENTE VEHICULAR EN LA ALDEA LA PUERTA

FACULTAD DE INGENIERÍA



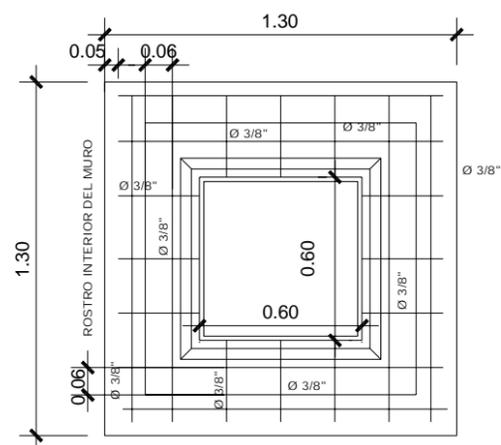
SECCION L-L' CAJA ROMPEPRESIÓN

ESCALA 1:25



SECCION F-F' CAJA ROMPEPRESIÓN

ESCALA 1:25



DETALLE DE LOSA CAJA ROMPEPRESIÓN

ESCALA 1:25

NOTAS :

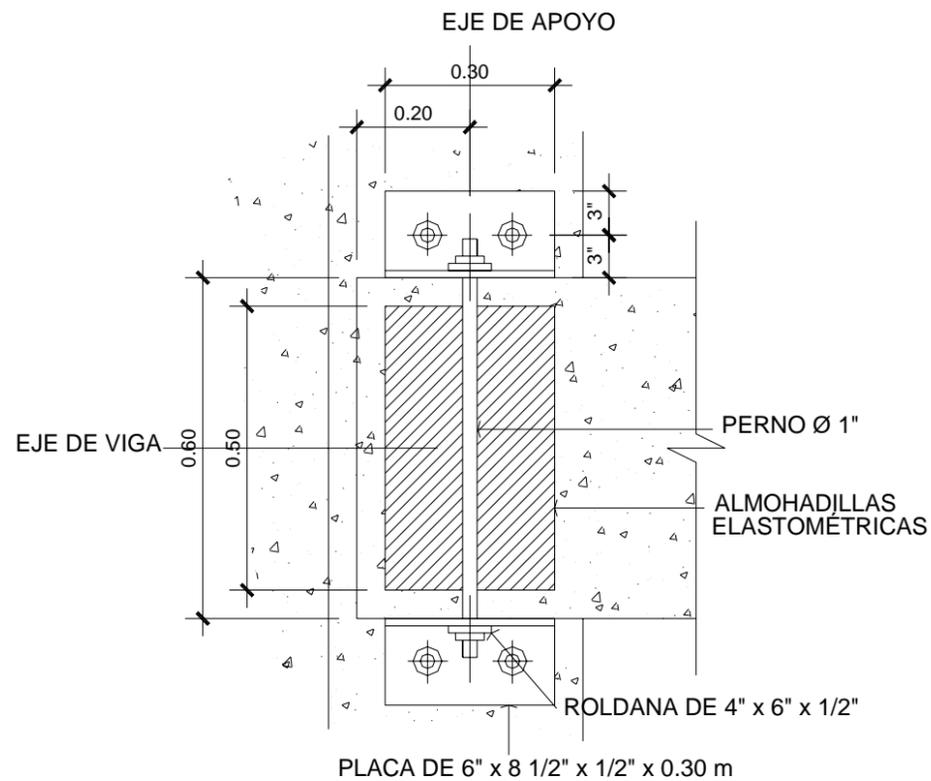
- CONCRETO  $F'c = 3 \text{ Ksi}$
- ACERO DE REFUERZO  $Fy = 40 \text{ Ksi}$

LISTA DE MATERIALES		
ACCESORIOS DE ENTRADA (SEGUN DISEÑO)	CANTIDAD	UNIDAD
ADAPTADORES MACHO (PVC)	2	U
VALVULA DE COMPUERTA (Br)	1	U
CODOS DE 90° (PVC)	3	U
ACCESORIOS DE SALIDA (SEGUN DISEÑO)		
PICHACHA (Br)	1	U
ADAPTADORES MACHO (PVC)	1	U
ACCESORIOS DE DRENAJE Y REBALSE		
TEE PVC (SEGUN CASO)	1	U
CODOS DE 90° PVC	3	U
VALVULA DE PILA Br Ø2"	1	U
CEMENTO	16	sacos
PIEDRIN	1.25	m3
ARENA DE RIO	1.25	m3
PARALES DE 3"X3"X10'	38	PT
TABLA DE PINO RUSTICA 1"X12"X10'	60	PT
CLAVO	2	lbs
ALAMBRE DE AMARRE	5	lbs
HIERRO DE 3/8"	18	var
HIERRO DE 1/2"	2	m.

REFERENCIAS

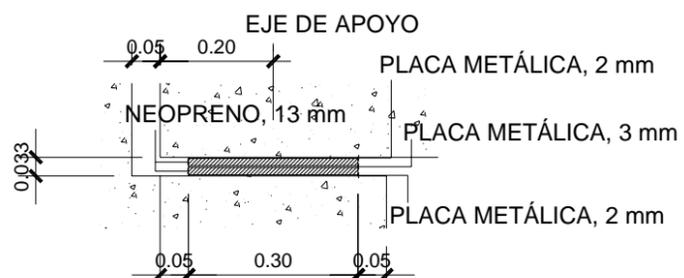
EL DIAMETRO DE LA TUBERIA DE REBALSE SERA MAYOR QUE EL DIAMETRO DE LA TUBERIA DE ENTRADA Y EL MINIMO SERA 2"





PLANTA DE DETALLE DE ANCLAJE

ESCALA 1/12.5

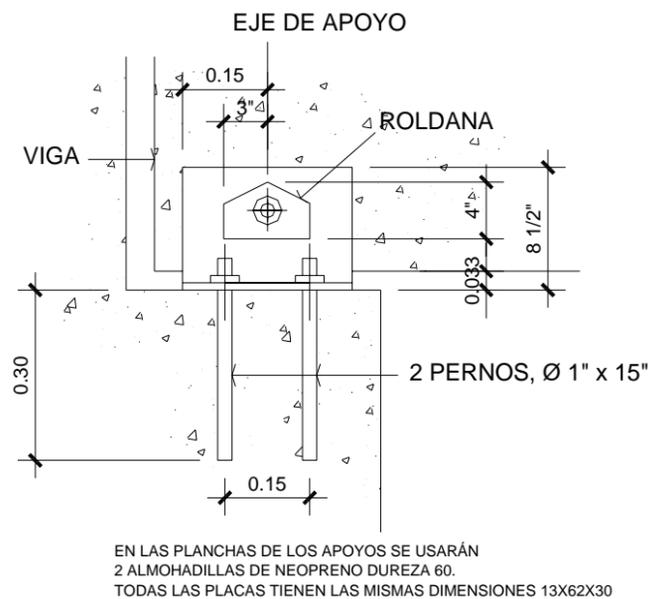


LA UNIÓN ENTRE LAS PLANCHAS DE NEOPRENO Y LAS PLACAS METÁLICAS DEBERÁ HACERSE CON UN PEGAMENTO QUE EVITE SU SEPARACIÓN  
DIMENSIONES: 30 x 50 x 1.3 cms., DUREZA 60

LOS APOYOS DE NEOPRENO DEBEN COLOCARSE EN UNA SOLA ENVOLTURA CONTENIENDO TANTO LAS PLACAS DE NEOPRENO COMO LAS PLACAS METÁLICAS QUE LAS SEPARAN, EL ESPESOR TOTAL ES DE 3.3 cm.

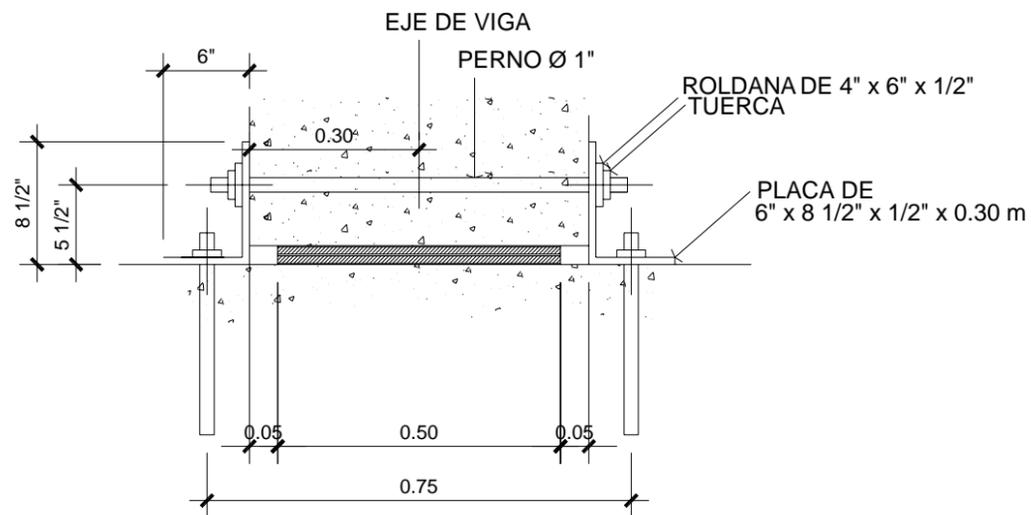
DETALLE DE APOYOS ELASTOMÉTRICOS

ESCALA 1/12.5



ELEVACIÓN DETALLE DE ANCLAJE

ESCALA 1/12.5



DETALLE DE APOYOS ELASTOMÉTRICOS

ESCALA 1/12.5



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

REGIÓN:  
NOR ORIENTE

COMUNIDAD:  
GUALÁN, ZACAPA

EPESISTA:  
HERWIN PÉREZ

PROYECTO:  
PUENTE VEHICULAR EN LA ALDEA LA PUERTA

FACULTAD DE INGENIERÍA



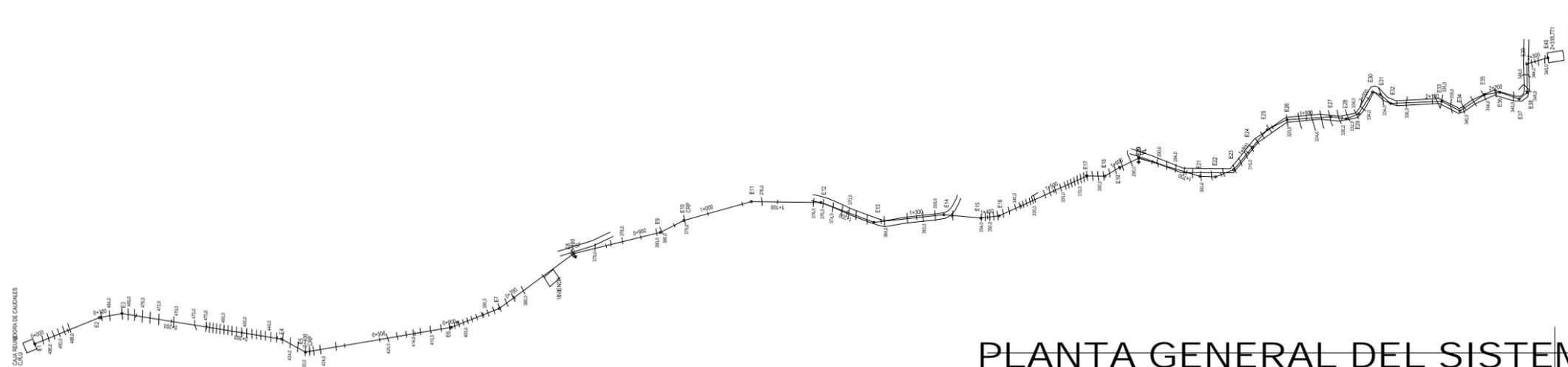
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROYECTO: LÍNEA DE CONDUCCIÓN CASERÍO GARCÍA

EPESISTA: HERWIN PÉREZ

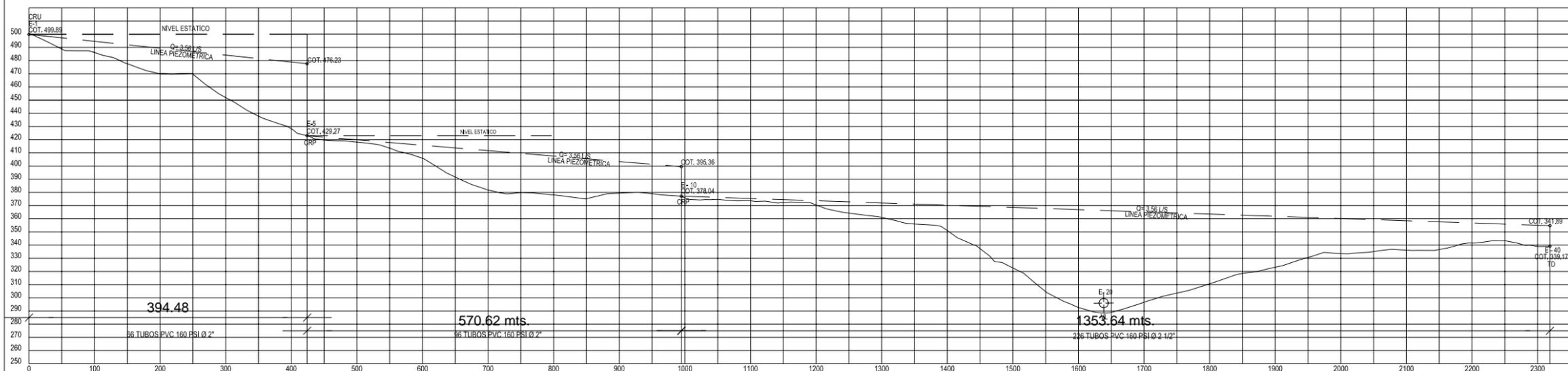
REGIÓN: NOR ORIENTE  
COMUNIDAD: GUALÁN, ZACAPA



### PLANTA GENERAL DEL SISTEMA

CASERÍO GARCÍA, GUALÁN ZACAPA

ESCALA: 1/7500



### PERFIL DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN

CASERÍO GARCÍA, GUALÁN ZACAPA

ESC. HORIZONTAL 1/7500  
ESC. VERTICAL 1/3750