



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

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA LOS
VERDES Y PUENTE VEHICULAR PARA CALZADA EL RETIRO ZONA 2, FRAIJANES,
GUATEMALA**

David Emanuel Ochoa Sandoval

Asesorado por la Inga. Mayra Rebeca García Soria

Guatemala, octubre de 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA LOS
VERDES Y PUENTE VEHICULAR PARA CALZADA EL RETIRO ZONA 2, FRAIJANES,
GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

DAVID EMANUEL OCHOA SANDOVAL
ASESORADO POR LA INGA. MAYRA REBECA GARCÍA SORIA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Luis Diego Aguilar Ralón
VOCAL V	Br. Christian Daniel Estrada Santizo
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

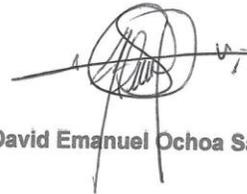
DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
EXAMINADORA	Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto
EXAMINADORA	Inga. Mayra Rebeca García Soria
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA LOS VERDES Y PUENTE VEHICULAR PARA CALZADA EL RETIRO ZONA 2, FRAIJANES, GUATEMALA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 3 de mayo de 2018.

A handwritten signature in black ink, consisting of a circular scribble with a horizontal line through it, and two vertical lines extending downwards from the center of the circle.

David Emanuel Ochoa Sandoval

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE EPS

Guatemala, 28 de mayo de 2019
REF.EPS.DOC.452.05.2019

Ing. Oscar Argueta Hernández
Director Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Argueta Hernández.

Por este medio atentamente le informo que como Asesora-Supervisora de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **David Emanuel Ochoa Sandoval**, Registro Académico 201313841 y CUI 2576 26034 0101 de la Carrera de Ingeniería Civil, procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA LOS VERDES Y PUENTE VEHICULAR PARA CALZADA EL RETIRO ZONA 2, FRAIJANES, GUATEMALA.**

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”

Inga. Mayra Rebeca García Sorio de Sierra
Asesora/Supervisora de EPS
Área de Ingeniería Civil



c.c. Archivo
MRGSdS/ra



Guatemala,
17 de julio de 2019

Ingeniero
Pedro Antonio Aguilar Polanco
Director Escuela Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos

Estimado Ingeniero Aguilar Polanco:

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA LOS VERDES Y PUNTE VEHICULAR PARA CALZADA EL RETIRO ZONA 2, FRAIJANES, GUATEMALA** desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil David Emanuel Ochoa Sandoval, con CUI 2576260340101 Registro Académico No. 201313841, quien contó con la asesoría de la Ingeniera Mayra Rebeca García Soria de Sierra.

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

Atentamente,


Rafael Enrique Morales Ochoa
Ingeniero Civil
Maestría en Ingeniería Sanitaria
Maestría en Energía y Ambiente
CUI. 2,662

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

/mrrm.





Guatemala,
20 de septiembre de 2019

Ingeniero
Pedro Antonio Aguilar Polanco
Director Escuela Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos

Estimado Ingeniero Aguilar,

Le informo que he revisado el trabajo de graduación DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA LOS VERDES Y PUENTE VEHICULAR PARA CALZADA EL RETIRO ZONA 2, FRAIJANES, GUATEMALA desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil David Emanuel Ochoa Sandoval, con Registro Estudiantil No. 201313841, quien contó con la asesoría de la Inga. Mayra Rebeca García Soria de Sierra.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS



Ing. Ronald Estuardo Galindo Cabrera
Jefe del Departamento de Estructuras



FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO
DE
ESTRUCTURAS
USAC

/mrrm.



Más de 138 años de Trabajo y Mejora Continua

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE EPS

Guatemala, 24 de septiembre de 2019
REF.EPS.D.317.09.2019

Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Director Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Aguilar Polanco:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA LOS VERDES Y PUNTE VEHICULAR PARA CALZADA EL RETIRO ZONA 2, FRAIJANES, GUATEMALA**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **David Emanuel Ochoa Sandoval**, CUI **2576 26034 0101** y **Registro Académico 201313841**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por la Inga. Mayra Rebeca García Soria de Sierra.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"

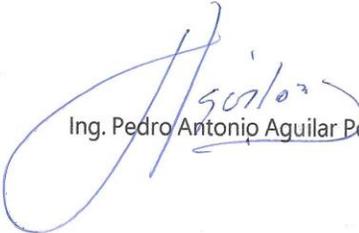
Ing. Oscar Argueta Hernández
Director Unidad de EPS

OAH/ra





El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen de la Asesora Inga. Mayra Rebeca García Soria y del Coordinador de E.P.S. Ing. Oscar Argueta Hernández, al trabajo de graduación del estudiante David Emanuel Ochoa Sandoval titulado **DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA LOS VERDES Y PUENTE VEHICULAR PARA CALZADA EL RETIRO ZONA 2, FRAIJANES, GUATEMALA** da por este medio su aprobación a dicho trabajo.


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco



Guatemala, octubre 2019
/mrrm.



DTG. 505.2019

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA LOS VERDES Y PUENTE VEHICULAR PARA CALZADA EL RETIRO ZONA 2, FRAIJANES, GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario: **David Emanuel Ochoa Sandoval**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Inga. Anabela Cordova Estrada
Decana

Guatemala, octubre de 2019

/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por permitirme alcanzar este logro en mi vida, a través de su amor y sus infinitas bendiciones.
- Mis padres** Roberto Ochoa y Cecilia Sandoval, por brindarme su amor y apoyo incondicional, han sido el motivo principal para seguir alcanzando mis metas.
- Mis hermanos** Roberto Estuardo, Leslye Corina, Alfredo Rene y Beverly Daniela Ester Ochoa Sandoval, por apoyarme en cada momento, en especial a Helen Cecilia Ochoa Sandoval por apoyarme económica e incondicionalmente desde el inicio de mi carrera.
- Mis sobrinos** Con mucho aprecio y cariño para ellos.
- Mis amigos** Por ser parte fundamental de este logro, estar en cada momento de mi carrera y por enseñarme el valor de una verdadera amistad.
- Ing. Estuardo Díaz** Por compartir de sus diversos conocimientos, cada consejo dado y ser un buen amigo.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Por darme la vida y la sabiduría para alcanzar esta meta.
Mi familia	Por el esfuerzo realizado para que pudiera cumplir esta meta y ser bendición para mi vida.
Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser mi segundo hogar y brindarme la oportunidad de crecer como profesional.
Facultad de Ingeniería	Por ser parte fundamental en mi desarrollo académico y profesional.
Mis amigos	Por darme su amistad y todo el apoyo incondicional en todo momento de la carrera.
Mis catedráticos	Por transmitir todos sus conocimientos y forjarnos como profesionales.
Inga. Mayra Sierra	Por su asesoría, tiempo y apoyo brindado para la elaboración del Ejercicio Profesional Supervisado.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO	XV
RESUMEN.....	XIX
OBJETIVOS.....	XXI
INTRODUCCIÓN	XXIII
1. FASE DE INVESTIGACIÓN	1
1.1. Justificación	1
1.2. Monografía del municipio de Fraijanes	1
1.2.1. Localización geográfica	2
1.2.2. Accesos y comunicaciones.....	5
1.2.3. Topografía y suelo del lugar	5
1.2.4. Aspectos climáticos	6
1.2.5. Actividades y servicios públicos.....	7
2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL	9
2.1. Diseño del sistema de alcantarillado sanitario para aldea Los Verdes, Fraijanes, Guatemala	9
2.1.1. Descripción del proyecto	9
2.1.2. Levantamiento topográfico	10
2.1.2.1. Planimetría.....	10
2.1.2.2. Altimetría.....	11
2.1.3. Normas existentes para el diseño de alcantarillado.....	11

2.1.4.	Diseño del sistema	12
2.1.4.1.	Descripción del sistema a utilizar	12
2.1.4.2.	Velocidad de diseño	13
2.1.4.3.	Periodo de diseño	13
2.1.4.4.	Población de diseño	14
2.1.4.5.	Dotación	15
2.1.4.6.	Factor de retorno.....	16
2.1.4.7.	Factor de flujo instantáneo	16
2.1.4.8.	Caudal sanitario	17
2.1.4.8.1.	Caudal domiciliar.....	17
2.1.4.8.2.	Caudal de infiltración.....	18
2.1.4.8.3.	Caudal por conexiones ilícitas	19
2.1.4.8.4.	Caudal comercial	19
2.1.4.8.5.	Caudal industrial	20
2.1.4.8.6.	Factor caudal medio.....	20
2.1.4.8.7.	Caudal de diseño	21
2.1.4.9.	Tipo de tubería	22
2.1.4.10.	Diseño de secciones y pendientes	22
2.1.4.10.1.	Velocidades máximas y mínimas.....	23
2.1.4.10.2.	Cotas invert.....	23
2.1.4.10.3.	Diámetros de tubería.....	27
2.1.4.10.4.	Profundidad de la tubería	27
2.1.4.10.5.	Ancho de zanja	28
2.1.4.11.	Pozos de visita	29
2.1.4.12.	Conexiones domiciliarias.....	32
2.1.4.13.	Principios hidráulicos.....	34

	2.1.4.13.1.	Relaciones hidráulicas..	34	
	2.1.4.14.	Diseño de la red de alcantarillado.....	38	
	2.1.4.15.	Desfogue	42	
	2.1.4.16.	Presupuesto del proyecto	43	
	2.1.4.17.	Cronograma del proyecto	45	
	2.1.4.18.	Evaluación de impacto ambiental	46	
2.2.		Diseño de un puente vehicular en calzada El Retiro, Frajanes, Guatemala	49	
2.2.1.		Consideraciones generales	49	
	2.2.1.1.	Normas por utilizar.....	49	
	2.2.1.2.	Especificaciones de diseño	50	
2.2.2.		Estudio topográfico	51	
2.2.3.		Estudio hidrológico	51	
	2.2.3.1.	Método de sección, pendiente.....	52	
	2.2.3.2.	Método HEC RAS.....	54	
2.2.4.		Estudio de suelos	57	
2.2.5.		Diseño de la estructura.....	60	
	2.2.5.1.	Consideraciones de diseño	61	
2.2.6.		Diseño de losa.....	62	
	2.2.6.1.	Espesor de losa	62	
	2.2.6.2.	Cálculo de momentos	64	
	2.2.6.3.	Cálculo de peralte.....	70	
	2.2.6.4.	Cálculo de refuerzo.....	70	
2.2.7.		Diseño de vigas	75	
	2.2.7.1.	Viga interior.....	76	
		2.2.7.1.1.	Cálculo de momento por carga muerta	76
		2.2.7.1.2.	Cálculo de momento por carga viva.....	79

	2.2.7.1.3.	Cálculo de momento total	83
	2.2.7.1.4.	Cálculo del acero de refuerzo	84
	2.2.7.1.5.	Diseño a corte	88
	2.2.7.2.	Viga exterior	94
	2.2.7.2.1.	Cálculo de momento por carga muerta.....	94
	2.2.7.2.2.	Cálculo de momento por carga viva.....	97
	2.2.7.2.3.	Cálculo del acero de refuerzo	98
	2.2.7.2.4.	Diseño a corte	102
	2.2.7.3.	Diseño de diafragmas	106
2.2.8.		Diseño de la subestructura.....	111
	2.2.8.1.	Diseño de la cortina.....	112
	2.2.8.1.1.	Cálculo del empuje del suelo.....	114
	2.2.8.1.2.	Cálculo de fuerza longitudinal.....	114
	2.2.8.1.3.	Cálculo de fuerza de sismo.....	116
	2.2.8.1.4.	Cálculo del momento de diseño.....	116
	2.2.8.1.5.	Cálculo del refuerzo	117
	2.2.8.2.	Diseño de viga de apoyo	120
	2.2.8.3.	Diseño de apoyos de neopreno.....	122
	2.2.8.4.	Diseño de junta de dilatación	126
	2.2.8.5.	Diseño de estribos.....	127

2.2.8.5.1.	Cálculo del momento de volteo.....	130
2.2.8.5.2.	Cálculo del momento estabilizante.....	131
2.2.8.5.3.	Revisión del muro sin superestructura.....	132
2.2.8.5.4.	Revisión del muro con superestructura y carga viva	133
2.2.8.5.5.	Revisión del muro con sismo (sin carga viva).	135
2.2.8.6.	Diseño de barandal.....	138
2.2.8.7.	Presupuesto del proyecto	145
2.2.8.8.	Cronograma de ejecución.....	146
2.2.8.9.	Evaluación de impacto ambiental	146
CONCLUSIONES		151
RECOMENDACIONES		153
BIBLIOGRAFÍA.....		155
APÉNDICES		157
ANEXOS		163

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Ubicación del municipio de Fraijanes, Guatemala	3
2.	Localización de proyectos	3
3.	Distribución del municipio de Fraijanes, Guatemala.....	4
4.	Esquematación de cotas invert entre dos pozos de visita	26
5.	Detalle de cota invert de entrada y salida de pozo de visita.....	26
6.	Detalle de zanja	29
7.	Detalle de brocal y tapadera de un pozo de visita.....	31
8.	Sección transversal de un pozo de visita	31
9.	Detalle en planta de colector domiciliario.....	33
10.	Detalle en sección de colector domiciliario	33
11.	Detalle de caja de registro.....	34
12.	Sección del río para la crecida máxima de diseño.	52
13.	Modelo de crecida máxima en 3D generada en HEC-RAS.....	55
14.	Modelo de crecida máxima donde se ubicará el puente	56
15.	Resultados, caudal máximo y crecida máxima	56
16.	Factores de capacidad de carga modifica de Terzaghi	59
17.	Sección transversal del puente, representación de S	62
18.	Camión de diseño, carga viva AASHTO HL-93.....	65
19.	Diagrama de momentos producidos por la carga muerta.....	66
20.	Diagrama de momentos producidos por la carga viva	68
21.	Detalle de armado de losa	75
22.	Área tributaria para viga interior	77
23.	Representación de carga muerta para viga interior	78

24.	Representación del centro de gravedad de la carga viva	79
25.	Representación de las reacciones de la viga.....	80
26.	Momento máximo de la viga	81
27.	Representación para cálculo del factor de distribución.....	83
28.	Armado de viga interior.....	88
29.	Posición de carga viva (HL-93) para que ocurra el cortante máximo ...	90
30.	Diagrama de corte que resiste el concreto	92
31.	Armado de viga interior, confinamiento de estribos	94
32.	Área tributaria de viga exterior	95
33.	Representación de carga muerta para viga exterior	96
34.	Armado de viga exterior.....	102
35.	Armado de viga exterior, confinamiento de estribos	106
36.	Sección de armado de diafragma interior	109
37.	Sección de armado de diafragma exterior	111
38.	Triangulo de presiones para cortina.....	113
39.	Representación de fuerza de frenado.....	115
40.	Detalle de armado de cortina y viga de apoyo.....	121
41.	Detalle de neopreno reforzado	125
42.	Detalle de junta de dilatación.....	127
43.	Geometría del estribo	129
44.	Presiones del suelo y sismo que afectan el estribo	130
45.	Cargas que actúan sobre las barandas	139
46.	Esquema de poste.....	142
47.	Sección de armado de baranda.....	144

TABLAS

I.	Coordenadas geográficas del proyecto.....	2
II.	Parámetros climáticos promedio de Fraijanes, Guatemala.....	7

III.	Parámetros de velocidades en tuberías	13
IV.	Profundidad mínima de colocación de tubería (centímetros)	27
V.	Ancho mínimo de zanja para tubería PVC ASTM F-949	28
VI.	Relaciones hidráulicas para sección circular	36
VII.	Presupuesto general del proyecto de sistema de alcantarillado sanitario, aldea Los Verdes	44
VIII.	Cronograma de ejecución de sistema de alcantarillado sanitario, aldea Los Verdes	45
IX.	Parámetros para diseño de puente vehicular	61
X.	Empuje y momento de volteo del estribo.....	131
XI.	Momento estabilizante del estribo	131
XII.	Momento de volteo en el sentido horizontal del estribo	136
XIII.	Presupuesto general del puente vehicular, calzada El Retiro	145
XIV.	Cronograma de ejecución del puente vehicular, calzada El Retiro	146
XV.	Medidas de mitigación de impactos ambientales para puentes	147

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
@	A cada
H_{ext}	Altura de diafragma externo
H_{int}	Altura de diafragma interno
H	Altura de viga principal
ϕ	Ángulo de fricción interna
A	Área
A_s	Área de acero
$A_{s_{comp}}$	Área de acero a compresión
$A_{s_{ten}}$	Área de acero a tensión
$A_{s_{ad}}$	Área de acero adicional
$A_{s_{ext}}$	Área de acero extra por altura
$A_{s_{long}}$	Área de acero longitudinal
$A_{s_{max}}$	Área de acero máxima
$A_{s_{min}}$	Área de acero mínima
$A_{s_{temp}}$	Área de acero por temperatura
A_v	Área de varilla
B	Base
q_{adm}	Carga admisible del suelo
W_{CM}	Carga muerta distribuida
P	Carga puntual de la rueda del camión de diseño
q_u	Carga última del suelo
Q	Caudal

$Q_{\text{sanitario}}$	Caudal sanitario
Q_{com}	Caudal comercial
Q_{dis}	Caudal de diseño
Q_{inf}	Caudal de infiltración
Q_{dom}	Caudal domiciliar
Q_{ind}	Caudal industrial
$Q_{\text{c.i.}}$	Caudal por conexiones ilícitas
n	Coefficiente de rugosidad de Manning
C_U	Cohesión del suelo
V_{CR}	Cortante que resiste el concreto
V_{CM}	Cortante por carga muerta
V_{CV}	Cortante por carga viva
V_u	Cortante último de diseño
ρ_b	Cuantía de acero balanceada
Δ	Deformación
D_f	Desplante
\emptyset	Diámetro de tubería/varilla de acero
S	Distancia a rostro entre vigas
a	Distancia entre diafragmas
Dot	Dotación
s	Espaciamiento entre estribos
s_{max}	Espaciamiento máximo entre estribos
t_s	Espesor de losa
fqm	Factor de caudal medio
N'_q	Factor de flujo de carga
N'_c	Factor de flujo de carga última
N'_γ	Factor de flujo del suelo
F.H.	Factor de Harmon

I	Factor de impacto
φ	Factor de redundancia
F.R.	Factor de retorno
F.S.	Factor de seguridad
b	Franja unitaria
Kg	Kilogramos
Lb	Libras
Lt	Litros
\geq	Mayor o igual que
$>$	Mayor que
m	Metro
m^2	Metro cuadrado
m^3	Metro cubico
M_{vigas}	Momento en vigas
M_v	Momento en voladizo
M_{max}	Momento máximo
M_{CM}	Momento por carga muerta
M_{CV}	Momento por carga viva
M_R	Momento por reforzar
M_U	Momento último
S%	Pendiente del terreno
d	Peralte efectivo
PM	Perímetro mojado
P_{DE}	Peso de diafragma externo
P_{DI}	Peso de diafragma interno
Y	Peso específico
γ_c	Peso específico del concreto
γ_{cc}	Peso específico del concreto ciclópeo
γ_s	Peso específico del suelo

P_f	Población futura
P_o	Población inicial
Pulg	Pulgadas
R_h	Radio hidráulico
Rec	Recubrimiento
f_y	Resistencia del acero
f'_c	Resistencia del concreto
σ_s	Resistencia del elastómero
Σ	Sumatoria
r	Tasa de crecimiento poblacional
Ton	Toneladas
V	Velocidad de la corriente

GLOSARIO

AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials.
ACI	Instituto Americano del Concreto.
Aguas residuales	Aguas que han recibido uso y cuyas cualidades han sido modificadas.
Alcantarillado sanitario	Sistema que se utiliza para conducir únicamente aguas negras o servidas.
AGIES	Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica.
ASTM	American Society for Testing and Materials.
Barandal	Elemento estructural que tiene la función de garantizar la seguridad del peatón al transitar por el puente.
Candela	Receptor de las aguas negras provenientes del interior de las viviendas y luego conducidas al colector principal.

Carga muerta	Es el peso propio que produce la estructura o el conjunto de elementos estructurales.
Carga viva	Son las cargas que no son permanentes, es decir, que varían su posición durante el emplazamiento de la estructura.
Caudal	Es la cantidad de agua que pasa en una sección por una unidad de tiempo.
Coefficiente de rugosidad	Parámetro que determina el grado de resistencia que ofrecen las paredes y el fondo de una sección o canal al flujo del fluido.
Colector	Es la tubería principal de un sistema de alcantarillado sanitario, el cual recibe el aporte de las candelas o ramales de este.
Cohesión	Es la capacidad de una partícula de suelo para adherirse a otra.
Concreto ciclópeo	Material de construcción que se obtiene de la mezcla de cemento, arena, piedra bola o bloques de tamaño considerable y agua.
Concreto reforzado	Material constituido por concreto que tiene como refuerzo barras de acero corrugado, estribos transversales con el fin de elevar la resistencia de los elementos a tensión y flexión.

Cortina	Elemento que integra la viga de apoyo, soporta las presiones horizontales del relleno.
Desplante	Es el nivel donde se comienza a construir una cimentación.
Diafragma	Elemento estructural que da rigidez al puente, su función es evitar la deformación de vigas principales.
Dotación	Es la cantidad de agua asignada en un día a cada usuario.
Estribo	Elemento que se ubica en los extremos del puente que sirve de apoyo a la superestructura y transmite las cargas al suelo.
INFOM	Instituto de Fomento Municipal.
Losa	Elemento estructural que soporta las cargas producidas por el tráfico y las transmite a los apoyos.
Luz	Distancia horizontal libre entre apoyos.
Momento	Capacidad producida por una fuerza en algún punto que tiende a realizar un movimiento de rotación en torno al punto de referencia.

Neopreno	Elemento flexible compuesto por materiales metálicos y elastómeros que disipan la energía proveniente de las vigas del puente.
Periodo de diseño	Es el tiempo durante el cual el sistema prestará un servicio con una eficiencia aceptable.
Sobrecarga	Es una carga adicional a la aplicada sobre un elemento.
Subestructura	Conjunto de elementos que forman la parte inferior del puente, como los estribos, cortina y viga de apoyo, soportan las cargas provenientes de la superestructura y son transmitidas al suelo.
Superestructura	Conjunto de elementos diseñados para soportar las cargas de diseño y transmitir las a la subestructura, está conformada por vigas principales, diafragma, barandal y losa.
Valor soporte	Es la capacidad de carga del suelo, que es dado en unidades de fuerza por unidad de área.
Volteo	Es el momento de la fuerza horizontal que tiende a voltear un elemento respecto al borde exterior del mismo.

RESUMEN

El presente informe de Ejercicio Profesional Supervisado corresponde al resultado de la investigación realizada durante este programa, desarrollado en el municipio de Fraijanes del departamento de Guatemala. Se elaboró basado en dos proyectos proporcionados por la municipalidad del lugar, los cuales son el diseño de un sistema de alcantarillado sanitario para la aldea Los Verdes y un puente vehicular para la calzada El Retiro.

El diseño del sistema de alcantarillado sanitario para la aldea Los Verdes, que beneficiará alrededor de 1 387 personas, consta de una longitud de 921,29 metros lineales, utilizando tubería PVC, con diámetro de 6", para lo cual se proyectaron 28 pozos de visita debido a la topografía del lugar y distribución habitacional, tomando como base para el diseño la Norma ASTM F-949 y las normas dictadas por el Instituto de Fomento Municipal (INFOM).

El diseño del puente vehicular para la calzada El Retiro, que comunica la zona 2 del casco municipal con otros sectores del municipio como lo es Lo De Diéguez, caserío San Andrés y sus alrededores, beneficiará a 14 314 personas aproximadamente. El diseño se realizará bajo las especificaciones AASHTO LRFD 2012 y los requisitos del ACI. La longitud del puente es de 20 metros con ancho de 8 metros, el ancho de rodadura será de 6,10 metros y estará constituido por: barandales, losa, vigas principales, diafragmas, cortinas, vigas de apoyo, neoprenos y estribos. Los elementos se diseñarán con concreto reforzado a excepción de los estribos estos serán de concreto ciclópeo.

OBJETIVOS

General

Realizar el diseño de un sistema de alcantarillado sanitario para la aldea Los Verdes y un puente vehicular para calzada El Retiro zona 2, para beneficio del municipio de Fraijanes, departamento de Guatemala.

Específicos

1. Presentar una solución viable y factible para las necesidades de los lugares donde se realicen los proyectos, basándose en las normas y especificaciones que requiere cada diseño.
2. Reducir la insalubridad que existe en la aldea Los Verdes, debido a la inexistencia de un alcantarillado sanitario.
3. Contribuir con el desarrollo socioeconómico, por medio de la mejora de redes viales en el municipio, a través del diseño un puente vehicular para la calzada El Retiro.
4. Aplicar todos los conocimientos y criterios aprendidos durante la carrera de ingeniería civil.

INTRODUCCIÓN

En el municipio de Fraijanes existen muchos sectores que no cuentan con los servicios básicos y de infraestructura necesarios para proveer de una calidad de vida adecuada a sus habitantes, como la aldea Los Verdes y la calzada El Retiro.

El objetivo del programa de Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, busca satisfacer las necesidades de las comunidades en aspectos de infraestructura y saneamiento básico y así contribuir al desarrollo del lugar, a través de diseños profesionales de saneamiento e infraestructura.

Con base en la investigación realizada en el municipio de Fraijanes del departamento de Guatemala y con la colaboración de la municipalidad, se eligió la aldea Los Verdes y la calzada El Retiro para realizar los diseños, en la aldea, un sistema de alcantarillado sanitario que beneficiará a 1 387 habitantes, debido a que aún no se cuenta con ese servicio actualmente y en la calzada un puente vehicular que no existe en dicho sector, este proyecto tiene una población beneficiada proyectada de 14 314 habitantes.

Dichos proyectos plantean soluciones reales, profesionales y factibles mediante la realización de estudios técnicos, ensayos de laboratorio, memoria de cálculos, presupuestos, cronograma de ejecución y un juego de planos considerando las especificaciones técnicas, normas guatemaltecas y códigos de diseño internacional que beneficien al municipio.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1. Justificación

Actualmente, no existe un sistema de alcantarillado sanitario en la aldea Los Verdes, provocando condiciones sanitarias desfavorables y enfermedades de origen hídrico. Se determina la necesidad de desarrollar el proyecto de un sistema de alcantarillado sanitario para dicha aldea. Este deberá cubrir la demanda actual y futura de manera eficiente, mejorando las condiciones sanitarias existentes que afectan la calidad de vida de los pobladores de la aldea.

Por otro lado, se pretende incentivar el desarrollo socioeconómico de los pobladores del municipio de Fraijanes por medio del diseño del puente vehicular para calzada El Retiro. Esto generará un beneficio directo en el municipio de Fraijanes, debido a que se tendrá un acceso más directo hacia el casco urbano. Dicha justificación se basa en que la correcta estructuración de redes viales fomenta el crecimiento demográfico y por lo tanto económico. De esta manera se desarrollan los sectores productivos debido a la accesibilidad, generando a su vez nuevas fuentes de empleo.

1.2. Monografía del municipio de Fraijanes

Se describe la monografía del lugar de Fraijanes del departamento de Guatemala y las características de la población.

1.2.1. Localización geográfica

Fraijanes se encuentra situado en la parte sur del departamento de Guatemala como lo muestra la figura 1, en la región I o región Metropolitana. Se localiza en la latitud 14° 27' 45" y en la longitud 90° 26' 25". Cuenta con una extensión territorial de 95,48 kilómetros cuadrados, y se encuentra a una altura de 1 630 metros sobre el nivel del mar, su clima es templado. Se encuentra a una distancia de 28 km. de la cabecera departamental de Guatemala.

- Las colindancias del municipio son:
 - Al norte con el municipio de Santa Catarina Pinula, Guatemala.
 - Al sur con los municipios de Barberena y Santa Cruz Naranjo, Santa Rosa y Villa Canales, Guatemala.
 - Al este con los municipios de Barberena, Santa Cruz Naranjo, Santa Rosa, y San José Pinula, Guatemala.
 - Al oeste con los municipios de Villa Canales y Santa Catarina Pinula, Guatemala.

Tabla I. **Coordenadas geográficas del proyecto**

	Geográfica	UTM	GTM
Latitud	14° 27' 45" N	777 442,27 m E	452395,6
Longitud	90° 26' 25" W	160 0434,42 m N	-45570481146953,9

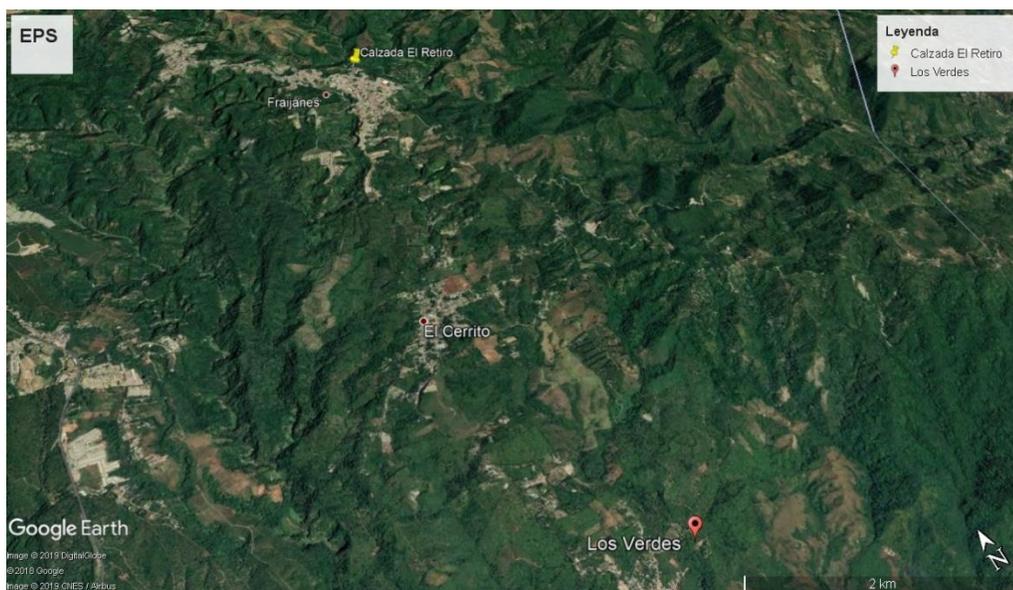
Fuente: elaboración propia.

Figura 1. **Ubicación del municipio de Fraijanes, Guatemala**



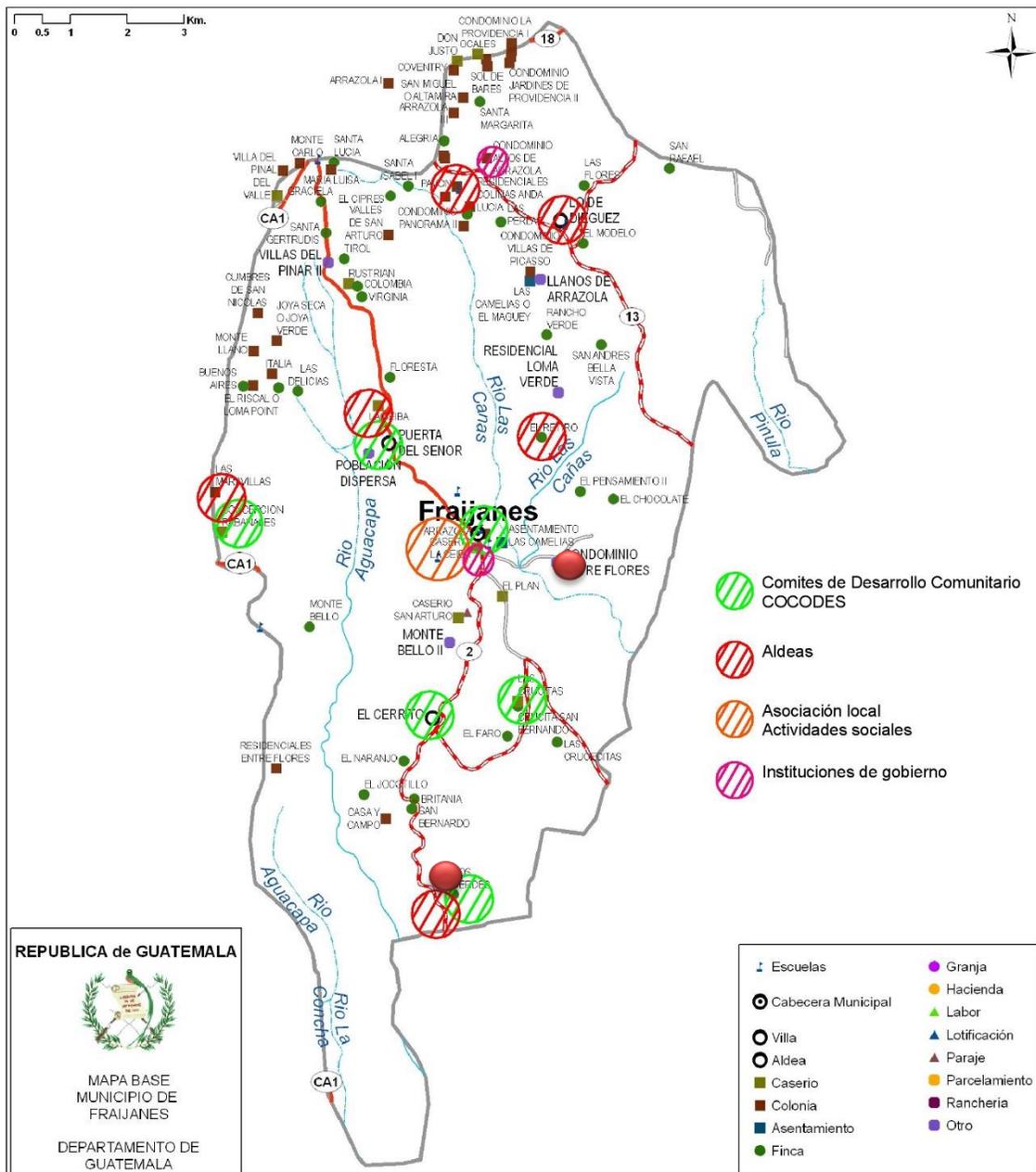
Fuente: Municipalidad de Fraijanes, Guatemala.

Figura 2. **Localización de proyectos**



Fuente: elaboración propia, empleando Google Earth Pro.

Figura 3. Distribución del municipio de Fraijanes, Guatemala



Fuente: Municipalidad de Fraijanes. Dirección Municipal de Planificación.

1.2.2. Accesos y comunicaciones

La infraestructura vial del municipio permitió establecer que la principal vía de acceso la constituye la carretera CA-1, proviene de la capital y conduce al departamento de Santa Rosa y Frontera con El Salvador, de donde entronca la ruta 2, que está asfaltada y comunica con la cabecera municipal, prolongándose hasta Barberena.

Existen otras carreteras alternas no pavimentadas que por el uso se tienen como principales, siendo estas la ruta 13 que comunica a Santa Rosa de Lima al entronque de la CA-1 y la ruta 18 de San José Pinula que entronca con la ruta 13. Dentro de las vías internas se mencionan las que comunican las comunidades de El Chocolate y El Retiro con la cabecera municipal.

1.2.3. Topografía y suelo del lugar

La comunidad se encuentra sobre planicies, con algunas hondonadas alrededor con pequeñas áreas de suelos casi planos o valles ondulados, las corrientes de agua viajan en dirección sur. Su accidentada topografía que es propia del lugar hace que su terreno sea montañoso, gran parte del municipio está formado por barrancos, lo que hace difícil su acceso a distintos lugares.

El mapa geológico de Guatemala, edición de noviembre de 1980 del Instituto Geográfico Nacional (IGN) indica que el substrato del municipio de Fraijanes corresponde a rocas de origen volcánico, específicamente pómez y aluvión. Los suelos que se han conformado sobre este tipo de substrato corresponden a la serie de suelos Morán.

Los suelos Morán son bien profundos, bien drenados, desarrollados sobre ceniza volcánica pomácea en un clima húmedo, seco.

El suelo superficial a una profundidad de 20 o 30 centímetros es de color marrón muy oscuro y el contenido de materia orgánica es de 4 %.

El subsuelo a una profundidad de 1,00 metro es arcilla marrón rojiza, corinto y su estructura es de fuertemente cúbica a prismática.

A una profundidad de 1,50 metros o más se extiende una capa color marrón amarillenta de ceniza volcánica pomácea que contiene muchos fragmentos de pómez. Con estas características se considera que el suelo de Fraijanes es muy permeable a partir de 1,8 metros de profundidad.

1.2.4. Aspectos climáticos

La altura del municipio de Fraijanes es de 1 600 msnm (metro sobre el nivel del mar) marcándose un clima frío y templado en el centro de la comunidad, el viento sopla norte sur en la mayor parte de la región y el invierno cubre aproximadamente 126 días al año marcándose una precipitación pluvial de 1 600 mm, la temperatura máxima absoluta es de 26 °C la mínima absoluta es de 12 °C; la insolación es de 196 horas, con presión atmosférica de 639,38 mm hg.

Tabla II. **Parámetros climáticos promedio de Fraijanes, Guatemala**

Mes	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
Temperatura máxima media (°C)	23,2	24,2	25,8	26,3	25,7	24,1	24,2	24,5	23,8	23,4	23,0	22,9	24,3
Temperatura media (°C)	17,7	18,3	19,5	20,3	20,3	19,7	19,6	19,7	19,4	19,1	18,2	17,7	19,1
Temperatura mínima media. (°C)	12,2	12,5	13,2	14,3	15,0	15,3	15,1	14,9	15,0	14,8	13,5	12,5	14,0
Precipitación total (mm)	5	3	10	30	203	321	245	247	316	180	37	13	1 610

Fuente: Insivumeh.

La estación meteorológica más cercana al municipio de estudio es la de San José Pinula, correspondiente al departamento de Guatemala, la cual consta de los siguientes datos:

- Temperatura media (°C): 17,76.
- Humedad real. (%): 86,17.
- Punto de rocío (°C): 15,4.
- Radiación global (W/m²): 0.
- Evaporación anual (mm): 0,01.
- Lluvia(mm): 0.
- Bateria(V): 12,97.

1.2.5. **Actividades y servicios públicos**

La economía de Fraijanes se basa en la producción agrícola de: maíz, frijol y café en gran escala; la producción pecuaria se basa en la crianza de cerdos y a la avicultura; y la única artesanía que se le conoce es la elaboración de candelas y tejas de barro.

Los servicios con los que cuenta el municipio en general son:

- Servicio de agua: el abastecimiento de agua se distribuye de la siguiente manera: del total de viviendas formales, 82,9 %, tienen el servicio y 17,1 % no lo tienen.
- Servicio sanitario: en lo referente al sistema de disposición de excretas y aguas servidas, se puede indicar, que, del total de viviendas, 5 986 poseen servicio sanitario y el resto carece de este, el equivalente en porcentaje es a 96,7 % y 3,3 % no poseen este servicio.
- Energía eléctrica: según la empresa distribuidora de energía eléctrica EEGSA, presta el servicio con una tarifa social de Q. 0,70 por kilovatio hora al consumir hasta 300 kilovatios hora mes y la tarifa normal es de Q. 1,02 más IVA por kilovatio hora al consumir más de 300 kilovatios hora mes.
- Mercado: la actividad comercial en el mercado municipal son todos los días, se encuentra ubicado en la zona 1 del municipio. El mercado es suficiente para la cantidad de comerciantes que llegan al lugar, el día más frecuentado es el domingo.
- Transporte: la mayor parte de la población utiliza el servicio de transporte urbano, son pocas las personas que cuentan con vehículos de doble tracción, que en algunos casos son necesarios, debido a las pendientes del terreno, así como mal acceso a los mismos.

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

2.1. Diseño del sistema de alcantarillado sanitario para aldea Los Verdes, Fraijanes, Guatemala

Debido a las múltiples peticiones por parte de la población hacia el alcalde municipal en brindar una solución a los problemas que afectan a la población; se prioriza el diseño de la red de alcantarillado sanitario para aldea Los Verdes que cumpla con las normas y criterios que brinden un servicio eficiente a las necesidades de los afectados.

2.1.1. Descripción del proyecto

El proyecto consiste en el diseño de un sistema de alcantarillado sanitario, compuesto de 28 pozos de visita de alturas que varían desde 1,20 m hasta 6,00 m. son 921,29 metros lineales de colector, son de tubería PVC, con diámetro de 6", considerando la Norma ASTM F-949 para tubería PVC. El sistema fue diseñado para abastecer a 1 387 habitantes futuros.

Para este diseño se consideraron aspectos de las normas generales para el diseño de alcantarillados del Instituto de Fomento Municipal (INFOM), así como también especificaciones técnicas de los proveedores de la tubería y materiales considerados.

2.1.2. Levantamiento topográfico

Se realiza con el fin de determinar las características físicas que presenta la superficie del terreno, antes se debe efectuar una visita previa del lugar. Mediante el levantamiento topográfico se llega a establecer las pendientes, distancias y alturas del terreno a utilizar para diseñar el sistema. Consistió en una poligonal abierta, ubicando la línea central del alcantarillado y tomando radiaciones donde se fuese necesario.

Para realizar el levantamiento topográfico, se utilizó el siguiente equipo: una estación total marca Nikon, una plomada, una cinta métrica con longitud de 50 metros, un prisma, clavos de lámina, pintura, GPS y machete.

2.1.2.1. Planimetría

Es la parte que estudia los métodos y procedimientos que consisten en proyectar sobre un plano horizontal los elementos del terreno de estudio, sin considerar su diferencia de elevación.

Para realizar este procedimiento se orientó y niveló el aparato adecuadamente, se procedió a levantar el eje central y las intersecciones secundarias por los sectores de interés, la ubicación de las viviendas, tomando lecturas a distancias visibles y en puntos estratégicos que servirán para la proyección futura de la línea principal para diseño del drenaje sanitario, tomando en cuenta todos los pormenores y aspectos importantes del sector en estudio.

2.1.2.2. Altimetría

Esta parte estudia el conjunto de métodos y procedimientos para determinar y representar la altura o cota de cada punto físico respecto a un nivel de referencia.

Se priorizó determinar la elevación de los puntos a lo largo de la línea central del colector del sistema y de los posibles puntos para pozos de visita, para así tener mayor precisión en la esquematización de los perfiles del terreno natural.

La nivelación se realizó sobre el eje de la calle y a una distancia de 10 metros o menos, cuando las condiciones del terreno obligaron a realizarlo, en cruces de calles y en algunas depresiones del terreno. Conforme se hizo el levantamiento planimétrico de la línea central, así también se procedió a realizar la nivelación.

2.1.3. Normas existentes para el diseño de alcantarillado

Debido a la falta de información en el país se utilizarán las normas generales para el diseño de alcantarillados del Instituto de Fomento Municipal, (INFOM), dicha institución es una organización estatal, creada con el objetivo de apoyar a las municipalidades de la República de Guatemala en la promoción de su desarrollo mediante la prestación de servicios directos y el otorgamiento de asistencia financiera y técnica de diversa índole.

2.1.4. Diseño del sistema

El sistema de drenaje funciona gracias a la gravedad. Las tuberías se conectan en ángulo descendente. Cada cierta distancia se construyen pozos de registro para permitir el acceso a la red con fines de mantenimiento.

Se tienen dos tipos de sistemas de alcantarillado, la elección de un sistema en particular dependerá de las necesidades y recursos de la comunidad.

- Sistema de drenaje sanitario: este tipo de sistema tiene como finalidad captar, conducir y tratar los desechos líquidos provenientes de casas, comercios y en algunas ocasiones de industrias, teniendo en consideración que no sean tóxicos.
- Sistema de drenaje pluvial: este sistema conduce el agua de lluvia a lugares donde se organiza su aprovechamiento. En el caso de drenaje pluvial de calles y carreteras, se establecen colectores conectados directamente a la tubería principal para captar el agua de lluvia y transportarla al punto de descarga.

2.1.4.1. Descripción del sistema a utilizar

Debido a que en la aldea Los Vedes se carece de un sistema de alcantarillado sanitario, las personas se ven en la necesidad de conectar tubería no adecuada para poder conducir sus aguas negras; dichas conexiones colapsan debido a que no tienen un diseño adecuado, ni cuentan con pozos de visita, por lo que estas corren en las calles; esto a su vez ha generado condiciones insalubres, presencia de vectores, enfermedades en la piel, gastrointestinales y otras de transmisión hídrica.

El diseño y ejecución de un sistema de alcantarillado sanitario para la aldea Los Verdes provocará una mejora en las condiciones de vida de los habitantes desde el punto de vista social y ambiental.

2.1.4.2. Velocidad de diseño

La velocidad se determina por la pendiente del terreno, el diámetro y tipo de tubería. Deberá ser como mínima de 0,60 m/s de arrastre y evitar sedimentación, y como máxima de 3 m/s para evita erosión y desgaste de tubería, según lo que recomienda el INFOM.

Tabla III. **Parámetros de velocidades en tuberías**

Alcantarillado	Tubería PVC		Tubería de cemento	
	Velocidad mínima	Velocidad máxima	Velocidad mínima	Velocidad máxima
Sanitario	0,6 m/s	4 m/s	0,6 m/s	3 m/s
Pluvial	0,75 m/s	5 m/s	0,6 m/s	3 m/s

Fuente: Norma ASTM F-949. *Parámetros de la municipalidad de Fraijanes, Guatemala.*

2.1.4.3. Periodo de diseño

Para el diseño de cualquier proyecto se debe tener en cuenta el tiempo en que este mismo brindará servicio sin ninguna interrupción, debido a que un proyecto está en función de una población actual y futura; para ello se plantean períodos de 20 a 40 años, dependiendo del criterio de quien diseña y la vida útil de los materiales. Este período puede ser determinado según las normas del Instituto de Fomento Municipal o la Dirección Municipal de Planificación.

Para determinar qué período utilizar, es necesario tomar en cuenta lo siguiente:

- Vida útil de las estructuras, tomando en cuenta: antigüedad, desgaste y daño en el sistema.
- Crecimiento poblacional.
- Desarrollo de la obra en sus primeros años.

Para el diseño del sistema de alcantarillado sanitario, se estableció un período de 20 años, en el cual se estima un año de gestión.

2.1.4.4. Población de diseño

Existen distintos métodos para estimar la población futura, como método geométrico, aritmético, entre otros. La precisión de la estimación es de gran importancia en el diseño de sistemas de alcantarillado sanitario debido a que los componentes de diseño dependen de la población a abastecer en el período de tiempo actual y futuro.

El método que posee una mayor precisión en la estimación es el geométrico. Este supone que la población crece a la misma tasa que para el último período censal. La tasa de crecimiento según el Plan de Desarrollo Municipal (PDM) y el Instituto Nacional de Estadística (INE) es de 3,00 %. Considerando que el crecimiento obedece a la siguiente expresión:

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

Donde:

Pf = población futura estimada

Po = población inicial

r = tasa de crecimiento poblacional

n = periodo de diseño

Actualmente, la aldea Los Verdes, Fraijanes, Guatemala, cuenta con una población de 768 habitantes.

La tasa de crecimiento poblacional se obtiene a partir de los censos realizados por el Instituto Nacional de Estadística (INE). Para este diseño se utilizará un valor de 0,03 (3,00 %). Por lo tanto:

$$P_f = 768 * (1 + 0,03)^{20} = 1\ 387 \text{ habitantes}$$

2.1.4.5. Dotación

Es la cantidad de agua por día asignada a cada habitante de cierta población; se expresa en litros/habitante/día. Para estimar la dotación adecuadamente se deben considerar diferentes factores, como clima, nivel de vida, actividad productiva, abastecimiento, calidad de agua, administración del sistema actual de distribución de agua, entre otros.

La dotación para este diseño fue de 120 l/hab/día, debido a que la mayoría de las viviendas cuentan con conexiones domiciliarias de agua. La municipalidad utiliza una dotación entre 90 l/hab/día y 120 l/hab/día.

2.1.4.6. Factor de retorno

Es un porcentaje de agua proveniente de la distribución que después de ser utilizada es captada por el sistema de alcantarillado. Este porcentaje se encuentra en un rango entre valores de 70 % a 95 %, dependiendo de factores como las actividades diarias y educación sanitaria de los habitantes. El factor de retorno utilizado fue de 80 % tomando en cuenta los factores mencionados.

2.1.4.7. Factor de flujo instantáneo

También es conocido como factor de Harmon, es un factor de seguridad que depende de la población, a mayor población menor es el factor de seguridad y a menor población mayor es el factor de seguridad. Se determina principalmente en las horas de mayor consumo, es decir, las horas en que más se utiliza la red de drenaje. Para determinar el valor se recomienda utilizarlo para la población actual y futura por medio de la siguiente ecuación.

$$F.H. = \frac{18 + \sqrt{\frac{P}{1\,000}}}{4 + \sqrt{\frac{P}{1\,000}}}$$

Donde:

F.H. = factor de Harmon

P = población acumulada del tramo de análisis (hab)

$$F.H. actual = \frac{18 + \sqrt{\frac{78}{1\,000}}}{4 + \sqrt{\frac{78}{1\,000}}} = 4,2715$$

$$F.H. futuro = \frac{18 + \sqrt{\frac{141}{1\ 000}}}{4 + \sqrt{\frac{141}{1\ 000}}} = 4,1996$$

2.1.4.8. Caudal sanitario

El caudal sanitario es la sumatoria de: caudal doméstico, comercial, industrial, de infiltración y caudal por conexiones ilícitas

$$Q_{sanitario} = Q_{dom} + Q_{com} + Q_{ind} + Q_{inf} + Q_{c.i.}$$

Donde:

- $Q_{sanitario}$ = caudal sanitario
- Q_{dom} = caudal domiciliar
- Q_{com} = caudal comercial
- Q_{ind} = caudal industrial
- Q_{inf} = caudal de infiltración
- $Q_{c.i.}$ = caudal por conexiones ilícitas

2.1.4.8.1. Caudal domiciliar

Este proviene de las viviendas, producido de las actividades cotidianas de los habitantes, como higiene, alimentación, limpieza, entre otros. Es calculado para cada tramo y se determina de la siguiente manera:

$$Q_{dom} = \frac{Dot * \text{núm. hab.} * F. R.}{86\ 400}$$

Donde:

Q_{dom} = caudal domiciliar [l/s]

Dot = dotación [l/hab/día]

Núm. hab. = número de habitantes que contribuyen al tramo [hab.]

F.R. = factor de retorno

$$Q_{dom} = \frac{120 * 78 * 0,80}{86\ 400} = 0,0867 \text{ (actual)}$$

$$Q_{dom} = \frac{120 * 141 * 0,80}{86\ 400} = 0,1565 \text{ (futuro)}$$

2.1.4.8.2. Caudal de infiltración

El caudal de infiltración que entra en las alcantarillas toma en cuenta la profundidad del nivel freático subterránea, en relación con la profundidad de las tuberías, la calidad de la mano de obra y la supervisión técnica de la construcción. Para este diseño se utilizará tubería PVC, la infiltración es 0; según la Norma del Infom recomienda asumir un caudal de infiltración dado por los siguientes parámetros:

- Para tubería que quedará sobre el nivel freático:
 - Tubería de cemento: $Q_{inf} = 0,025 * \text{diámetro en pulgadas}$
 - Tubería de PVC: $Q_{inf} = 0,010 * \text{diámetro en pulgadas}$

- Para tubería que quedará bajo el nivel freático:
 - Tubería de cemento: $Q_{inf} = 0,015 * \text{diámetro en pulgadas}$
 - Tubería de PVC: $Q_{inf} = 0,020 * \text{diámetro en pulgadas}$

$$Q_{inf} = 0,010 * 6" = 0,06 \text{ l/s}$$

2.1.4.8.3. Caudal por conexiones ilícitas

Es el caudal proveniente de conexiones extras de carácter pluvial, anexadas de manera ilícita; estas no deben pertenecer al sistema de alcantarillado sanitario.

Para la estimación del caudal de conexiones ilícitas, el Infom sugiere tomar el 10 % como mínimo, del caudal domiciliar.

$$Q_{c.i.} = 0,10 * Q_{dom}$$

Donde:

$Q_{c.i.}$ = caudal por conexiones ilícitas [l/s]

Q_{dom} = caudal domiciliar [l/s]

$$Q_{c.i.} = 0,10 * 0,1565 = 0,01565 \text{ l/s}$$

2.1.4.8.4. Caudal comercial

Es el caudal que proviene de los distintos comercios como restaurantes, hoteles, mercados, etc. Por lo general la dotación comercial varía según el establecimiento a considerar, pero puede estimarse entre 600 a 3 000 lt/comercio/día. Para este proyecto se tomó en cuenta este caudal, debido a que existen algunos comercios a lo largo de todo el alcantarillado. Es determinado de la siguiente manera:

$$Q_{dom} = \frac{Dot * \text{núm. com.}}{86\ 400}$$

Donde:

Q_{com} = caudal comercial [l/s]

Dot = dotación [l/día]

Núm. com. = número de comercios del mismo tipo

$$Q_{com} = \frac{600 * 1}{86\ 400} = 0,00694 \text{ l/s}$$

2.1.4.8.5. Caudal industrial

Este caudal proviene de las industrias tales como rastros municipales, fábricas textiles, entre otros. La estimación de este caudal se efectúa de la misma manera que el caudal comercial.

Para el diseño realizado, no se consideró este caudal debido a que no existe ninguna industria en la aldea.

2.1.4.8.6. Factor caudal medio

El factor de caudal medio relaciona la contribución de caudal por habitante en el tramo analizado. Se determina de la siguiente manera:

$$fqm = \frac{Q_{sanitario}}{Núm. hab.}$$

Donde:

fqm = factor de caudal medio

Q_{sanitario} = caudal sanitario [l/s]

Núm. hab. = número de habitantes [hab.]

El valor del fqm, según el Infom debe de estar en un rango que se muestra a continuación: [0,002, 0,005]. En el diseño realizado, la mayoría de los valores de fqm eran menores (no distantes) a 0,002, por lo que se utilizó 0,002 como fqm, este valor es utilizado por algunas instituciones, como Empagua.

$$fqm = \frac{0,16299}{78} = 0,00217 \text{ (actual)}$$

$$fqm = \frac{0,23909}{141} = 0,00169 < 0,002 \text{ se utiliza } 0,002 \text{ (futuro)}$$

2.1.4.8.7. Caudal de diseño

Con este caudal se procede a diseñar el alcantarillado sanitario, se debe calcular un caudal de diseño actual y futuro, respectivamente. Posteriormente, con estos caudales se define el diámetro de la tubería para cada tramo. El caudal de diseño se determina de la siguiente manera:

$$Q_{dis} = \text{Núm. hab} * fqm * F.H.$$

Donde:

Q_{dis} = caudal de diseño [l/s]

fqm = factor caudal medio

F.H. = factor de Harmon

2.1.4.9. Tipo de tubería

La selección de la tubería dependerá de diferentes aspectos que se presentan al momento de diseñar sistemas de alcantarillados. Algunos de los aspectos que deben tomarse en cuenta son: económicos, eficiencia, durabilidad, facilidad de manejo y colocación. Para el diseño del sistema la Dirección Municipal de Planificación optó por tubería PVC junta rápida según Norma ASTM D-3034, la cual disminuirá tiempo de ejecución y facilitará la instalación de esta.

2.1.4.10. Diseño de secciones y pendientes

En este proyecto se utilizarán secciones circulares de PVC y su función será como un canal abierto; ayudará a disminuir costos, debido a que no se necesita utilizar bombeo para generar el arrastre de sólidos. La pendiente para el diseño de cada tramo estará en función de la pendiente del terreno, cabe mencionar que en algunos tramos se modificó la pendiente para evitar profundizar los pozos de visita como también las zanjas para la tubería.

Para determinar la velocidad, diámetro y pendiente se utilizará la ecuación de Manning, convertida para el sistema métrico para secciones circulares.

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

- Radio hidráulico a sección llena para canales circulares:

$$\frac{A}{P} = \frac{\left(\frac{\pi}{4}\right) * D^2}{\pi * D} = \frac{D}{4}$$

$$V = \frac{1}{n} * \left(\frac{D}{4}\right)^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

$$Q = V * A$$

Donde:

V = velocidad del flujo [m/s]

n = coeficiente de rugosidad [n = 0,01 para PVC]

Rh = radio hidráulico

S = pendiente del gradiente hidráulico [m/m]

D = diámetro de la tubería

Q = caudal [m³/s]

A = área de la sección [m²]

2.1.4.10.1. Velocidades máximas y mínimas

Estas velocidades estarán en un rango entre 0,60m/s $\geq v \leq$ 3,0m/s con el fin de evitar la suspensión de sólidos al obtener valores menores al límite mínimo permisible o desgaste en la tubería debido al sobrepasar el límite máximo permisible.

2.1.4.10.2. Cotas invert

Es la elevación o cota de la parte inferior del colector entrando o saliendo de un pozo de visita respecto al terreno natural. La altura de los pozos de visita depende de estas cotas.

Existen diversas maneras de calcular las cotas invert en un diseño de alcantarillado, dependiendo de las condiciones. El criterio es fundamental para definir las mismas debido a que se pueden considerar factores como tipo de suelo, tipo de tráfico o carga viva a soportar, material de la tubería, entre otros.

El Infom sugiere que la diferencia entre las cotas invert de la tubería que entra y la tubería que sale de un pozo de visita sea, como mínimo, la carga de velocidad en el tubo de salida. Si las tuberías son del mismo diámetro y están en línea recta, se instalan según la pendiente.

Para el cálculo de las cotas invert, se toma como base la pendiente del terreno y la distancia entre pozos, deben seguirse las siguientes reglas:

- La cota invert de salida de un pozo se coloca 3 centímetros más baja que la cota invert de entrada, cuando las tuberías son del mismo diámetro.
- La cota invert de salida está a un nivel más bajo que la entrada, la cual será la diferencia de diámetros de las tuberías, cuando estas son de diferente diámetro.
- Cuando a un pozo de visita llegan varias tuberías de distintos diámetros y sale una de igual diámetro al mayor de las que llega, la cota invert de salida debe estar tres centímetros debajo de la de entrada; si la tubería que sale es de diámetro mayor, la cota invert de salida será la diferencia de diámetro con la tubería de mayor diámetro que llega al pozo de visita.

En el diseño realizado la mayoría de los tramos obedece a la pendiente del terreno. Sin embargo, muchas cotas invert se modificaron a conveniencia. En general, la mayoría obedece a las siguientes expresiones:

- Para pozos de visita inicial

$$CIS = C.terr - Pi - \emptyset$$

Donde:

CIS = cota invert de salida [m]

C. terr = cota de terreno [m]

Pi = profundidad inicial [m]

- Para pozos de visitas continuos

$$CIE = CIS\ ant - (DR * S)$$

$$CIS = CIE - (CV\ o\ DDC)$$

Donde:

CIE = cota invert de entrada [m]

CIS ant = cota invert de salida de pozo anterior [m]

DR = distancia real entre pozos [m]

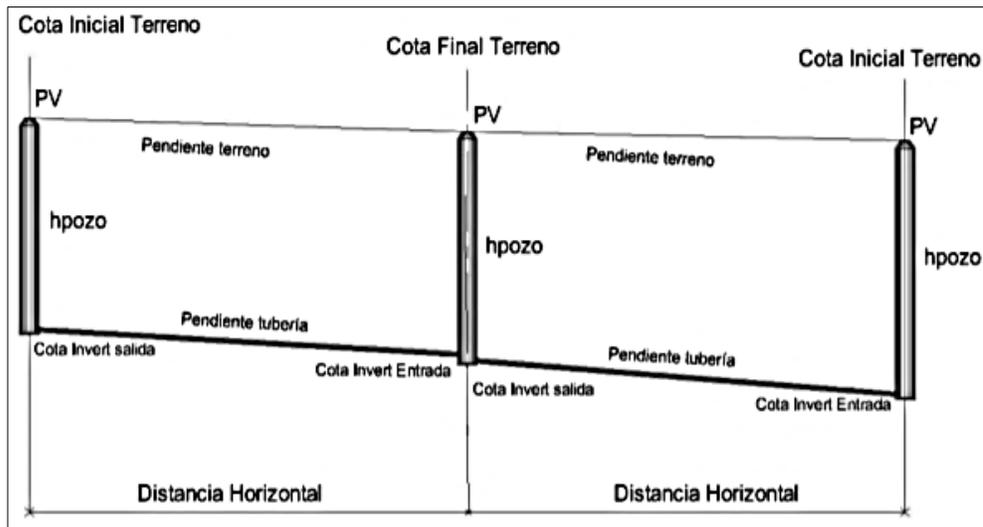
S = pendiente de diseño [m/m]

CIS = cota invert de salida [m]

CV = carga de velocidad [m]

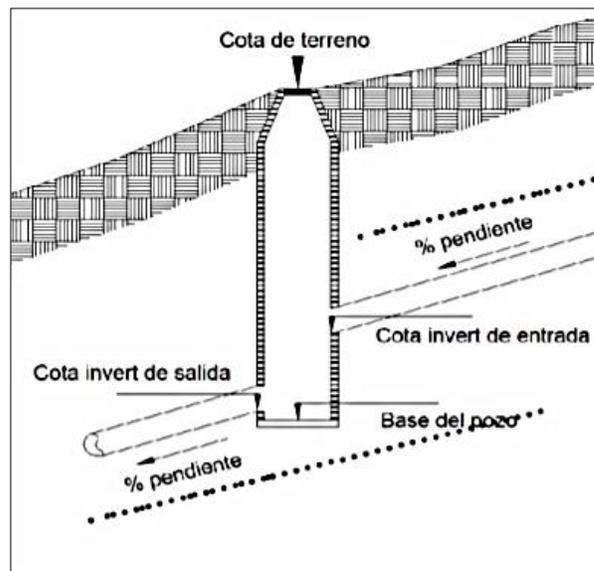
DDC = distancia definida a criterio [m]

Figura 4. **Esquematación de cotas invert entre dos pozos de visita**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

Figura 5. **Detalle de cota invert de entrada y salida de pozo de visita**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

2.1.4.10.3. Diámetros de tubería

Las normas del Infom indican que el diámetro mínimo a utilizar para alcantarillado sanitario será de 8 pulgadas para tubería de concreto y de 6 pulgadas para tubería de PVC. Para las conexiones domiciliarias se puede utilizar un diámetro de 6 pulgadas para tubería de concreto y 4 pulgadas para tubería de PVC, formando ángulo de 45 grados en el sentido de la corriente del colector principal. Para el presente diseño se utilizará tubería PVC de 6 pulgadas de diámetro, Norma ASTM 3034.

2.1.4.10.4. Profundidad de la tubería

Este recubrimiento depende del tráfico vehicular lo cual evitará el aplastamiento de la tubería en el caso de tubería PVC, o la fractura de la tubería en el caso de la de concreto. Normalmente se utiliza un valor de 1,20 metros más el diámetro de la tubería; en ocasiones puede ser menor dependiendo de las cargas que pasarán sobre ella.

Tabla IV. **Profundidad mínima de colocación de tubería (centímetros)**

Diámetro	6"	8"	10"	12"	15"	18"	24"	36"	42"	48"
Tránsito liviano	60	60	90	90	90	90	90	100	100	120
Tránsito pesado	90	90	90	110	110	120	120	120	140	140

Fuente: Norma ASTM F-949.

2.1.4.10.5. Ancho de zanja

Es el espacio mínimo que se necesita para realizar el trabajo de instalación del colector del sistema de alcantarillado sin dificultades. Este puede variar dependiendo de la profundidad del pozo, a mayor profundidad puede ser necesario un mayor ancho de zanja.

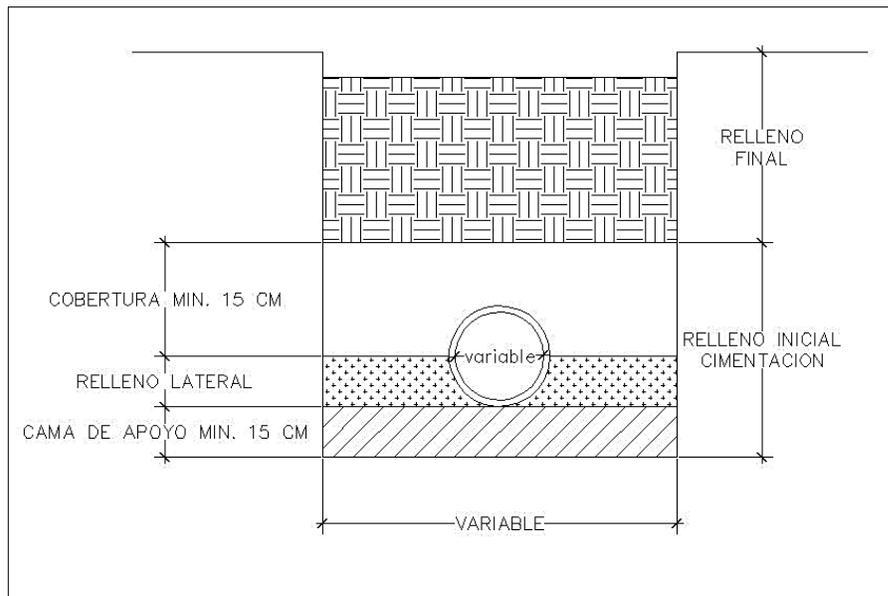
A continuación, se presenta la tabla V con los anchos mínimos de zanja para la instalación de la tubería PVC ASTM F-949:

Tabla V. **Ancho mínimo de zanja para tubería PVC ASTM F-949**

Diámetro nominal	Ancho de zanja
4	0,50
6	0,55
8	0,62
10	0,67
12	0,75
15	0,80
18	0,90

Fuente: AMANCO. *Manual técnico de tubosistemas*, p. 107.

Figura 6. **Detalle de zanja**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

2.1.4.11. Pozos de visita

Son elementos de la red de alcantarillado sanitario que permiten inspección o limpieza de esta. Están contruidos de concreto o mampostería. Según las normas del Infom se debe colocar pozos de visita en los siguientes casos:

- Al inicio de la red de alcantarillado.
- Al inicio de cada tramo.
- En intersecciones de tuberías.
- En cambios de diámetro de tubería.
- En cambios de dirección de tubería.
- En tramos rectos a distancias no mayores de 100 metros.

- En las curvas de colectores visitable a no más de 30 metros.

- La forma como se construyen es de la siguiente manera:
 - La tapadera descansa sobre un brocal; ambos contruidos de concreto reforzado.

 - Las paredes del pozo están impermeabilizadas por repello más un cernido liso.

 - El fondo está formado de concreto, que deja la pendiente necesaria para que corra el agua; la dirección en que se dirigirá estará determinada por medio de canales, contruidos por tubería cortada transversalmente.

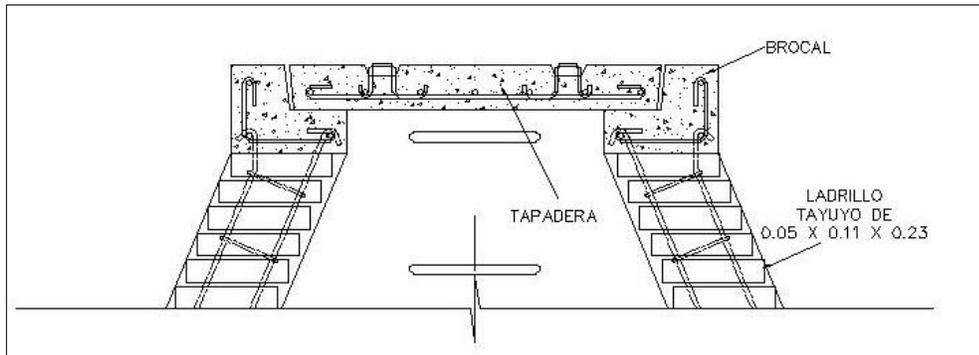
 - Para la inspección o limpieza de pozos profundos se deben dejar escalones, estos serán de hierro y estarán empotrados a las paredes del pozo.

 - Un pozo de visita debe de proporcionar:
 - Un control de flujo hidráulico en cambios de dirección, gravedad y consolidación de flujos convergentes.

 - Acceso a la tubería para mantenimiento e inspección.

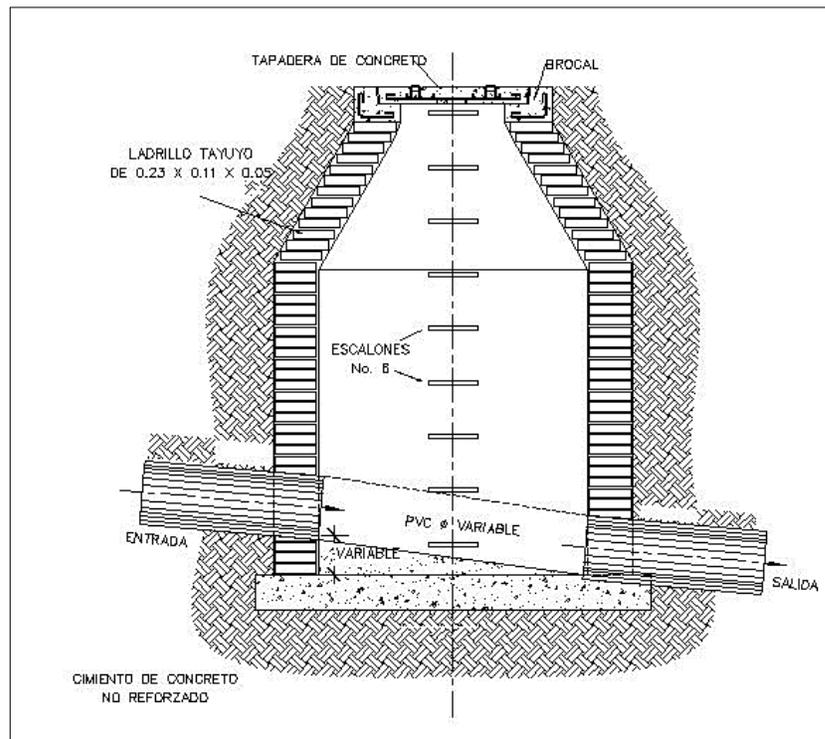
 - Ingreso de oxígeno al sistema.

Figura 7. **Detalle de brocal y tapadera de un pozo de visita**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

Figura 8. **Sección transversal de un pozo de visita**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

2.1.4.12. Conexiones domiciliarias

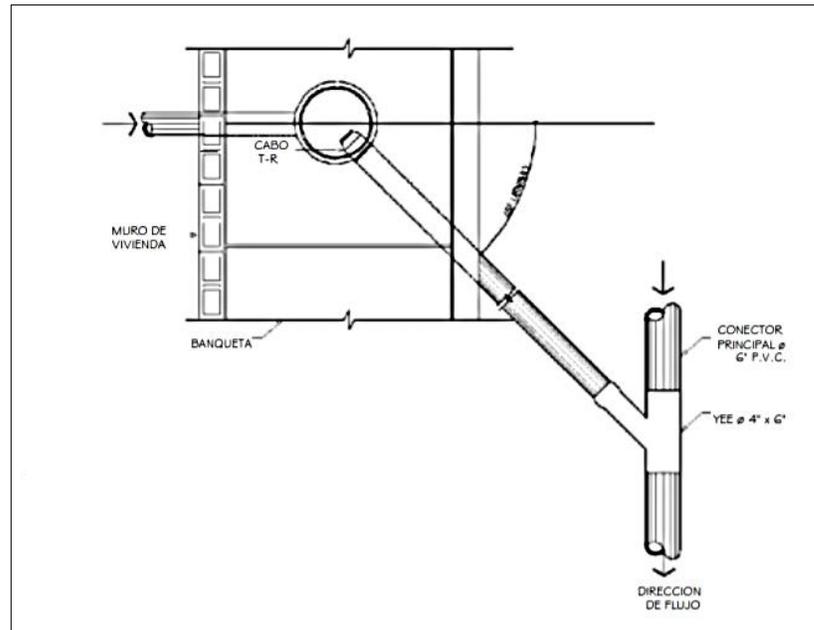
Es un sistema que se utiliza para transportar el caudal proveniente de la propiedad hacia la red de alcantarillado o punto de desagüe. Al realizar un diseño de conexiones domésticas se debe tomar en cuenta dos tipos de conexiones: una de tipo Y o tipo T, se debe realizar en cada punto de aporte de caudal hacia la red de alcantarillado. Estas conexiones deben ser herméticas para no permitir el ingreso de aguas subterráneas u otros elementos que distorsionen la sección de la tubería.

Las instalaciones tipo Y son viables para colectores pequeños debido a que proporcionan uniones menos violentas de los escurrimientos que la conexión tipo T. Una conexión tipo T es fácil de instalar en condiciones difíciles y evitará que las aguas residuales retornen hacia las propiedades al momento que el colector esté funcionando en su capacidad máxima.

Las conexiones domésticas están formadas por una candela o caja de inspección (caja construida de mampostería o de concreto de 6" en posición vertical) y 4" mínimo con una pendiente entre 2 y 6 % el cual forma un ángulo de 45° con la línea de conducción.

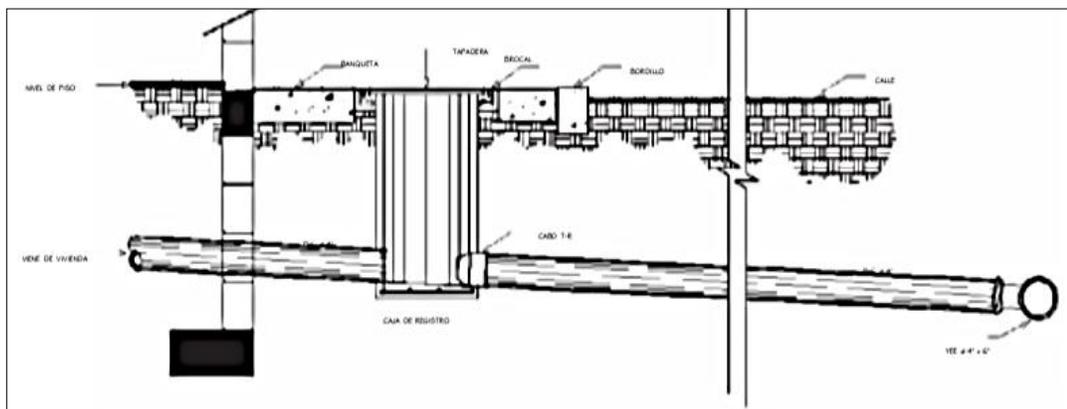
La utilización de sistemas que permiten un mejor funcionamiento del drenaje se empleará en situaciones en las cuales el diseñador lo considere conveniente, derivado de las características del sistema que se diseñe y de las condiciones físicas donde se construya. Algunos de estos sistemas son tubería de ventilación, tanques de lavado, sifones invertidos, disipadores de energía, pozos de luz, derivadores de caudal y otros.

Figura 9. **Detalle en planta de colector domiciliar**



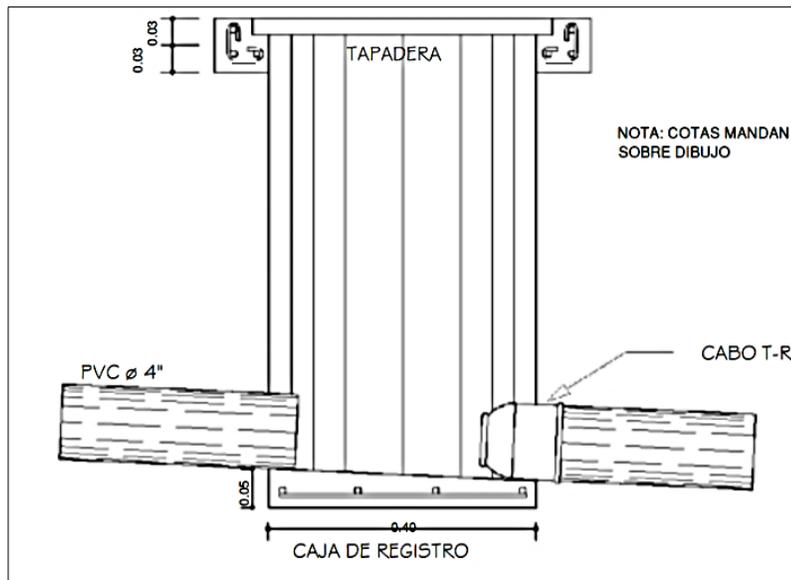
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

Figura 10. **Detalle en sección de colector domiciliar**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

Figura 11. **Detalle de caja de registro**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

2.1.4.13. Principios hidráulicos

En el diseño de alcantarillado sanitario la mayoría de estos se diseñan como canales abiertos, en los cuales el agua se conduce por la acción de la gravedad y sin presión, a excepción de los sifones invertidos y las tuberías de impulsión de las estaciones elevadas, donde sí trabajan a presión. Puede darse que exista presión en los alcantarillados para que circule el agua de desecho por la formación de gases.

2.1.4.13.1. Relaciones hidráulicas

Se debe relacionar el caudal a sección llena con el caudal de diseño (q/Q), con el objetivo de que la tubería del colector funcione adecuadamente.

La relación anteriormente mencionada se utiliza para obtener relaciones de velocidades y tirantes, proporcionadas mediante una tabla de cálculo. La tabla de relaciones hidráulicas simplifica el procedimiento de manera significativa.

- Las relaciones hidráulicas son las siguientes:
 - Relación de caudal (q/Q): modela el porcentaje del caudal de diseño respecto al máximo posible.
 - Relación de velocidad (v/V): obtenida a partir de la relación q/Q , modela la velocidad del caudal de diseño respecto al máximo posible.
 - Relación de tirante (d/D): obtenida a partir de la relación q/Q , modela la altura del caudal de diseño respecto a la de la tubería. Debe estar en un rango de $[0,10$ a $0,75]$ para que el colector funcione como un canal abierto durante todo el período de diseño.

Tabla VI. **Relaciones hidráulicas para sección circular**

d/D	a/A	v/V	q/Q
0,01000	0,00170	0,08800	0,00015
0,01250	0,02370	0,10300	0,00024
0,01500	0,00310	0,11600	0,00036
0,01750	0,00390	0,12900	0,00050
0,02000	0,00480	0,14100	0,00067
0,02250	0,00570	0,15200	0,00087
0,02500	0,00670	0,16300	0,00108
0,02750	0,00770	0,17400	0,00134
0,03000	0,00870	0,18400	0,00161
0,03250	0,00990	0,19400	0,00191
0,03500	0,01100	0,20300	0,00223
0,03750	0,01220	0,21200	0,00258
0,04000	0,01340	0,22100	0,00223
0,04250	0,01470	0,23000	0,00338
0,04500	0,01600	0,23900	0,00382
0,04750	0,01730	0,24800	0,00430
0,05000	0,01870	0,25600	0,00479
0,05250	0,02010	0,26400	0,00531
0,05500	0,02150	0,27300	0,00588
0,05750	0,02300	0,27100	0,00646
0,06000	0,02450	0,28900	0,00708
0,06250	0,02600	0,29700	0,00773
0,06500	0,02760	0,30500	0,00841
0,06750	0,02920	0,31200	0,00910
0,07000	0,03080	0,32000	0,00985
0,07250	0,03230	0,32700	0,01057
0,07500	0,03410	0,33400	0,01138
0,07750	0,03580	0,34100	0,01219
0,08000	0,03750	0,34800	0,01304
0,08250	0,03920	0,35500	0,01392
0,08500	0,04100	0,36100	0,01479
0,08750	0,04280	0,36800	0,01574
0,09000	0,04460	0,37500	0,01672
0,09250	0,04640	0,38100	0,01792

Continuación de la tabla VI.

d/D	a/A	v/V	q/Q
0,10250	0,05400	0,40800	0,02202
0,10500	0,05580	0,41400	0,02312
0,10750	0,05780	0,42000	0,02429
0,11000	0,05990	0,42600	0,02550
0,11250	0,06190	0,43200	0,02672
0,11500	0,06390	0,43900	0,02804
0,11750	0,06590	0,44400	0,02926
0,12000	0,06800	0,45000	0,03059
0,12250	0,07010	0,45600	0,03194
0,12500	0,07210	0,46300	0,03340
0,12750	0,07430	0,46800	0,03475
0,13000	0,07640	0,47300	0,03614
0,13250	0,07860	0,47900	0,03763
0,13500	0,08070	0,48400	0,03906
0,13750	0,08290	0,49000	0,04062
0,14000	0,08510	0,49500	0,04212
0,14250	0,08730	0,50100	0,04375
0,14500	0,08950	0,50700	0,04570
0,14750	0,09130	0,51100	0,04665
0,15000	0,09410	0,51700	0,04863
0,15250	0,09640	0,52200	0,05031
0,15500	0,09860	0,52800	0,05208
0,15750	0,10100	0,53300	0,05381
0,16000	0,10330	0,53800	0,05556
0,16500	0,10800	0,54800	0,05916
0,17000	0,11360	0,56000	0,06359
0,17500	0,11750	0,56800	0,06677
0,18000	0,12240	0,57700	0,07063
0,18500	0,12730	0,58700	0,07474
0,19000	0,13230	0,69600	0,07885
0,19500	0,13730	0,60500	0,08304
0,20000	0,14240	0,61500	0,08756
0,20500	0,14750	0,62400	0,09104
0,21000	0,15270	0,63300	0,09663

Fuente: URETA, Robert. *Elementos hidráulicos de una alcantarilla de sección transversal circular*. p. 1.

2.1.4.14. Diseño de la red de alcantarillado

Como primer punto describir la ubicación del lugar, el levantamiento topográfico, se toman en cuenta las normas existentes, el tipo de sistema a utilizar, la selección del tipo de tubería más adecuado al proyecto, con estos datos, se procede al diseño de secciones y pendientes, para determinar los pozos de visita, conexiones domiciliarias, posteriormente, se procede a analizar los principios hidráulicos para finalmente diseñar la red de alcantarillado.

A continuación, se presentan las ecuaciones y cálculos de los procesos mencionados anteriormente.

- Tramo que diseñar: PV1 a PV2.
- Distancia horizontal: 83,81 m.
- Diámetro de pozo: 1,50 m.
- Cota inicial de terreno: 107,64 m.
- Cota final de terreno: 105,60 m.
- Núm. de viviendas locales: 13 viviendas.
- Densidad de vivienda: 6 habitantes/vivienda.
- Población actual: 78 habitantes.
- Población futura: 141 habitantes.

- Caudal domiciliar

$$Q_{dom} = \frac{120 * 78 * 0,80}{86\ 400} = 0,0867 \text{ (actual)}$$

$$Q_{dom} = \frac{120 * 141 * 0,80}{86\ 400} = 0,1565 \text{ (futuro)}$$

- Caudal de conexiones ilícitas

$$Q_{c.i.} = 0,10 * 0,0867 = 0,00867 \text{ l/s (actual)}$$

$$Q_{c.i.} = 0,10 * 0,1565 = 0,01565 \text{ l/s (futuro)}$$

- Caudal de infiltración

$$Q_{inf} = 0,010 * 6" = 0,06 \text{ l/s}$$

- Caudal comercial

$$Q_{com} = \frac{600 * 1}{86\ 400} = 0,00694 \text{ l/s}$$

- Factor de Harmon

$$F.H. \text{ actual} = \frac{18 + \sqrt{\frac{78}{1\ 000}}}{4 + \sqrt{\frac{78}{1\ 000}}} = 4,2715$$

$$F.H. \text{ futuro} = \frac{18 + \sqrt{\frac{141}{1\ 000}}}{4 + \sqrt{\frac{141}{1\ 000}}} = 4,1996$$

- Factor de caudal medio

$$fqm = \frac{0,16299}{78} = 0,00217 \text{ (actual)}$$

$$fqm = \frac{0,23909}{141} = 0,00169 < 0,002 \text{ se utiliza } 0,002 \text{ (futuro)}$$

- Caudal de diseño

$$Q_{dis} = 78 * 0,00217 * 4,2715 = 0,7230 \text{ l/s (actual)}$$

$$Q_{dis} = 141 * 0,002 * 4,1996 = 1,1832 \text{ l/s (futuro)}$$

- Pendiente de terreno

$$S = \frac{107,64 - 105,60}{83,81} * 100 = 2,43 \%$$

Se adaptará una pendiente de tubería de 3,50 %

- Velocidad a sección llena

$$V = \frac{0,03429}{0,01} * (6)^{\frac{2}{3}} * (0,035)^{\frac{1}{2}} = 2,1182 \text{ m/s}$$

- Caudal a sección llena

$$A = \left(\frac{\pi}{4} * (6'' * 2,54)^2 \right) = 182,41 \text{ cm}^2 \approx 0,01824 \text{ m}^2$$

$$Q = 2,1182 * 0,01824 = 0,03863 \text{ m}^3/\text{s} \approx 38,63 \text{ l/s}$$

- Determinando relación caudal parcial entre caudal a sección llena

$$\frac{q}{Q} = \frac{0,7230}{38,63} = 0,01871 \text{ (actual)}$$

$$\frac{q}{Q} = \frac{1,1832}{38,63} = 0,0306 \text{ (futuro)}$$

- Determinando velocidad a sección parcial

$$v_{actual} = 2,1182 * 0,3857 = 0,8170 \frac{m}{s}; \frac{d}{D} = 0,094 \rightarrow \text{No cumple}$$

$$v_{futuro} = 2,1182 * 0,4499 = 0,9530 \text{ m/s}; \frac{d}{D} = 0,12 \rightarrow \text{Cumple}$$

La relación de tirantes actual no entra en el rango permisible, pero como es tramo de inicio y se cuenta con velocidad, el diseño es funcional.

- Cotas invert

$$CIS = 107,64 - 1,20 (\text{minima profundidad definida}) - (6" * 0,0254)$$

$$CIS = 106,29 \text{ m}$$

$$CIE = 106,29 - (82,31 (\text{distancia de centro de pv a pv}) * 0,035)$$

$$CIE = 103,41 \text{ m}$$

- Altura de pozo de visita

$$H_{pozo PV1} = C. terr - CIS$$

$$H_{pozo PV1} = 107,64 - 106,29$$

$$H_{pozo PV1} = 1,35 \text{ m}$$

$$H_{pozo PV2} = 105,60 - 103,41$$

$$H_{pozo PV2} = 2,19 \text{ m}$$

- Volumen de excavación

$$Vol = \frac{H1 + H2}{2} * D * A$$

Donde:

H1 = altura de pozo de visita, principio de tramo [m]

H2 = altura de pozo de visita, final de tramo [m]

D = distancia entre pozos [m]

A = ancho de zanja [m]

$$Vol = \frac{1,35 + 2,19}{2} * 83,81 * 0,60 = 89,01 m^3$$

2.1.4.15. Desfogue

Todo sistema de alcantarillado sanitario tiene que tener un punto de salida o desfogue, encontrándose en el punto más bajo del diseño, aunque en algunos casos debe analizarse la superficie del terreno para determinar en qué punto y cuantos desfogues tendrá la red.

Conociendo el punto o posibles puntos de desfogue se debe tratar el caudal proveniente del colector con las normas establecidas por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN), las cuales mitigan problemas en el medio ambiente.

Se debe tomar en cuenta la implementación y ejecución de una planta de tratamiento para proceder a la depuración o desfogue de las aguas servidas, la cual no cause ningún efecto negativo de la misma. Este cuerpo receptor

normalmente es un río, lago, laguna o mar, recibe las aguas negras en un 95 % aproximadamente y brinda el último tratamiento de estas.

Para este proyecto se tiene planificada, después de finalizar la red de alcantarillado sanitario, la implementación de una planta de tratamiento para aguas residuales como una alternativa para contribuir con el cuidado del medio ambiente, la cual estará a cargo del diseño un ingeniero sanitaria. Se diseñará la planta de tratamiento respetando las normas establecidas por el Ministerio de Medio Ambiente (MARN), para que las aguas residuales sean debidamente tratadas, para lograr mitigar daños al ambiente y a los pobladores cercanos al lugar de desfogue.

2.1.4.16. Presupuesto del proyecto

El presupuesto integra los materiales y mano de obra que requiera la ejecución del proyecto, se conforma de los costos directos e indirectos del proyecto. Los precios de los materiales se determinaron mediante cotizaciones realizadas en la región para obtener datos verídicos.

Tabla VII. Presupuesto general del proyecto de sistema de alcantarillado sanitario, aldea Los Verdes

	DESCRIPCION DE RENGLON	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO RENGLON
1.00	TRABAJOS PRELIMINARES				
1.1	Topografía, (Incluye cuadrilla de topografía y equipo)	km	0.94	Q 7,293.75	Q 6,885.30
				SUB TOTAL	Q 6,885.30
2.00	TUBERIA DE CONDUCCION				
2.1	Suministro e instalación de Tubería PVC Ø8" norma F-949, de 1.20 a 2.20 metros de profundida	ml	195.87	Q 266.54	Q 52,207.19
2.2	Suministro e instalación de Tubería PVC Ø8" norma F-949, de 2.2 a 3.2 metros de profundida	ml	222.38	Q 291.41	Q 64,803.76
2.3	Suministro e instalación de Tubería PVC Ø8" norma F-949, de 3.2 a 4 metros de profundida	ml	38.08	Q 409.34	Q 15,587.67
2.4	Suministro e instalación de Tubería PVC Ø8" norma F-949, de 4 a 5 metros de profundida	ml	343.80	Q 596.41	Q 205,045.76
2.5	Suministro e instalación de Tubería PVC Ø8" norma F-949, de 5 a 6 metros de profundida	ml	105.18	Q 672.90	Q 70,775.62
				SUB TOTAL	Q 408,419.99
3.00	POZOS DE VISITA				
3.1	Construcción de pozo de visita para drenaje sanitario, ladrillo tayuyo 0.23x0.11x0.065m + brocal, diámetro interno de 1.50m, sin refuerzo altura de 1.20 a 2.20 m.	unidad	5.00	Q 15,330.96	Q 76,654.80
3.2	Construcción de pozo de visita para drenaje sanitario, ladrillo tayuyo 0.23x0.11x0.065m + brocal, diámetro interno de 1.50m, sin refuerzo altura de 2.20 a 3.20 m.	unidad	5.00	Q 20,755.72	Q 103,778.60
3.3	Construcción de pozo de visita para drenaje sanitario, ladrillo tayuyo 0.23x0.11x0.065m + brocal, diámetro interno de 1.50m, sin refuerzo altura de 3.2 a 4 m.	unidad	2.00	Q 25,508.27	Q 51,016.54
3.4	Construcción de pozo de visita para drenaje sanitraio, ladrillo tayuyo 0.23x0.11x0.065m + brocal, diámetro interno de 1.50m, con refuerzo altura de 4 a 5 m.	unidad	8.00	Q 34,969.19	Q 279,753.52
3.5	Construcción de pozo de visita para drenaje sanitraio, ladrillo tayuyo 0.23x0.11x0.065m + brocal, diámetro interno de 1.50m, con refuerzo altura de 5 a 6 m.	unidad	6.00	Q 41,411.34	Q 248,468.04
				SUB TOTAL	Q 759,671.50
4.00	CANDELAS				
4.1	Construcción de candelas para drenaje sanitario, diámetro de 12", profundidad (1,15m).+ pozos de concreto de 12"	unidad	128.00	Q 623.37	Q 79,791.36
4.2	Suministro e instalación de Tubería PVC Ø4" norma F949 (incluye excavación y relleno con material selecto)	ml	371.20	Q 255.30	Q 94,767.36
				SUB TOTAL	Q 174,558.72
				COSTO TOTAL ESTIMADO	Q 1,349,535.51

Fuente: elaboración propia.

2.1.4.17. Cronograma del proyecto

Por medio del cronograma de ejecución se logra determinar la secuencia lógica para realizar las actividades. Para este proyecto se tomaron tiempo aproximados, por lo que estos se encuentran sujetos a cambios debido a factores externos.

Tabla VIII. **Cronograma de ejecución de sistema de alcantarillado sanitario, aldea Los Verdes**

No.	DESCRIPCIÓN DE RENGLON	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4
1.00	TRABAJOS PRELIMINARES				
1.10	Topografía, (Incluye cuadrilla de topografía y equipo)	0.94			
2.00	TUBERÍA DE CONDUCCIÓN				
2.10	Suministro e instalación de Tubería PVC Ø6" norma F-949	452.66	452.66		
3.00	POZOS DE VISITA				
3.10	Construcción de pozo de visita para drenaje sanitario, ladrillo tayuyo 0.23x0.11x0.065m + brocal, diámetro interno de 1.50m, sin refuerzo altura de 1.20 a 2.20 m.		2.5	2.5	
3.20	Construcción de pozo de visita para drenaje sanitario, ladrillo tayuyo 0.23x0.11x0.065m + brocal, diámetro interno de 1.50m, sin refuerzo altura de 2.20 a 3.20 m.		2.5	2.5	
3.30	Construcción de pozo de visita para drenaje sanitario, ladrillo tayuyo 0.23x0.11x0.065m + brocal, diámetro interno de 1.50m, sin refuerzo altura de 3.2 a 4 m.		1	1	
3.40	Construcción de pozo de visita para drenaje sanitario, ladrillo tayuyo 0.23x0.11x0.065m + brocal, diámetro interno de 1.50m, con refuerzo altura de 4 a 5 m.		4	4	
3.50	Construcción de pozo de visita para drenaje sanitario, ladrillo tayuyo 0.23x0.11x0.065m + brocal, diámetro interno de 1.50m, con refuerzo altura de 5 a 6 m.		3	3	
4.00	FUNDICIÓN				
4.10	Construcción de candelas para drenaje sanitario, diámetro de 12", profundidad (1,15m).+ pozos de concreto de 12"			64.00	64.00
4.20	Suministro e instalación de Tubería PVC Ø4" norma F949 (incluye excavación y relleno con material selecto)			185.60	185.60

Fuente: elaboración propia.

2.1.4.18. Evaluación de impacto ambiental

En ingeniería civil todo proyecto genera un impacto ambiental, este puede ser bajo, moderado o alto. Para conocer qué tipo de impacto ambiental genera un proyecto y su magnitud se realiza una evaluación de impacto ambiental (EIA).

La evaluación de impacto ambiental busca cumplir la legislación vigente, manteniendo parámetros establecidos de calidad, operación y mantenimiento.

- Existen categorías de impacto ambiental potencial, las cuales son:
 - Categoría A: alto impacto ambiental potencial.
 - Categoría B1: de alto a moderado impacto ambiental potencial.
 - Categoría B2: de moderado a bajo impacto ambiental.
 - Categoría C: de bajo impacto ambiental potencial.

Un sistema de alcantarillado sanitario puede generar un alto impacto ambiental si las aguas servidas no son tratadas antes de introducirlas a un cuerpo de agua. Si el proyecto posee una planta de tratamiento de aguas residuales, el impacto es moderado o bajo, dependiendo de la eficiencia de la planta.

- Los componentes negativos de impacto ambiental para un proyecto de este tipo pueden ser los siguientes:
 - Contaminación debido al uso de materiales o compuestos para el proceso constructivo y a la necesidad de unir tubos. La mayor parte

de estos compuestos son cemento solvente para tubería PVC, cemento hidráulico, entre otros.

- Contaminación por uso de combustibles y gases emanados. Es necesario utilizar maquinaria y transporte para la ejecución del proyecto.
- Eliminación de vegetación o capas vegetales. Durante la ejecución se debe eliminar estas para la instalación de todos los componentes del sistema.
- Generación de polvo, debido a la movilización de maquinaria, movimiento de tierras y actividades constructivas.

También existen medidas de mitigación que se pueden aplicar al proyecto del sistema de alcantarillado sanitario para disminuir los componentes negativos del impacto ambiental mencionados, para reducir el impacto ambiental potencial, por ejemplo:

- Excavar la zanja en lugares donde sea necesario, considerar el mínimo ancho de zanja y utilizar equipo adecuado.
- Mejorar la educación sanitaria de los habitantes mediante capacitaciones, eventos o campañas coordinadas por la municipalidad.
- Realizar las operaciones de movimiento de tierras cuando la afluencia vehicular y peatonal sea mínima. Además, humedecer el suelo del área de trabajo para evitar la generación y esparcimiento de polvo.
- Supervisar adecuadamente el mantenimiento del sistema, tomar en cuenta posibles modificaciones y su período de diseño. Cada una de las modificaciones deberá ser justificada técnicamente.

- Al construir los pozos de visita, evitar desperdiciar materiales y obstruir posibles rutas o accesos viales.

Por lo tanto, para el sistema diseñado es necesario tomar en cuenta todas las precauciones necesarias al momento de su ejecución y funcionamiento. La seguridad y salud ocupacional también pueden contribuir a reducir de una u otra manera el impacto ambiental potencial; deben estar presentes en el momento de su construcción, instalación y mantenimiento.

Para este proyecto también existen componentes positivos. Estos generalmente se obtienen en el período de operación del proyecto porque son el propósito de este. Para el sistema de alcantarillado sanitario para la aldea Los Verdes son los siguientes:

- Existencia de un sistema adecuado de alcantarillado sanitario para la aldea Los Verdes. Todos los habitantes tendrán acceso a una conexión domiciliar; por lo tanto, podrán utilizar artefactos para sus necesidades fisiológicas y ya no letrinas.
- Reducción de la tasa de morbilidad en la aldea Los Verdes, principalmente producida por enfermedades de origen hídrico.
- Mayor confortabilidad y bienestar para los habitantes de la aldea Los Verdes debido a que la percepción de olores desagradables será menor.

Con una correcta supervisión en la construcción, operación y mantenimiento se pueden minimizar el impacto ambiental negativo y maximizar el impacto ambiental positivo en la aldea Los Verdes, así como en cualquier otro proyecto de infraestructura o saneamiento.

2.2. Diseño de un puente vehicular en calzada El Retiro, Fraijanes, Guatemala

El proyecto contempla el diseño de un puente vehicular para la calzada El Retiro, del municipio de Fraijanes ubicado dentro del casco urbano. Dicho proyecto contribuirá de manera directa con la ampliación y mejoramiento de la infraestructura vial del municipio. El puente será de doble vía y tendrá 20 metros de longitud.

2.2.1. Consideraciones generales

El puente vehicular será de doble vía y una luz libre de 20 metros de largo, un ancho total de 8,00 metros y bordillos laterales de 0,95 metros. El proyecto contará con una superestructura que lo integra: losa de rodadura, vigas principales, externas, diafragmas internos y externos. La subestructura se conformará de: vigas de apoyo, cortinas y estribos de concreto ciclópeo; el vehículo de diseño será HL-93 según las Normas AASHTO 2012. Se propone un corte en el terreno debido a la topografía del lugar, el corte se realiza con el objetivo que todo vehículo pueda ingresar y salir del puente sin pendientes muy pronunciadas.

2.2.1.1. Normas por utilizar

Para el diseño de un puente vehicular en calzada El Retiro se utilizaron las Normas ACI (American Concrete Institute), AASHTO LRFD (American Association of State Highway and Transportation Officials) y AGIES (Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica).

2.2.1.2. Especificaciones de diseño

Se presenta un listado de factores para realizar cualquier diseño de puentes vehiculares, se deben tomar en cuenta los siguientes criterios:

- Longitud de desarrollo o de anclaje ((AASHTO 8.24.1.2). se deberá aplicar a todas las barras que lo necesitan, será la mayor profundidad efectiva del elemento, 15 veces el diámetro de la barra o luz/20.
- Ganchos (AASHTO 8.23.2.2.): los dobleces deberán ser hechos en frío y un equivalente a 6 diámetros en su lado libre, cuando se trata de 180 grados y 12 diámetros cuando se trata de 90 grados.
- Recubrimientos (AASHTO 8.22.): se utiliza a partir del rostro de la barra a la superficie del concreto.
 - Cimientos y muros 8 centímetros.
 - Losas en cama superior 5 centímetros; cama inferior 2,5 centímetros.
 - Columnas y vigas 5 centímetros.
 - Zapatas y pilotes 7,5 centímetros.
- Traslapes (AASHTO 8.25/ DGC 509.080.): se calculará con base en la longitud de desarrollo establecida en cada caso. Se recomienda el uso de uniones mecánicas para las barras número 11, de tal forma que desarrollen un 125 % del f_y nominal de la barra y así evitar localizarlas en los puntos donde se producen esfuerzos de tensión críticos y nunca en una misma línea; tendrán que colocarse alternos a cada 60 centímetros.

- El concreto que se utilizará tendrá una resistencia a la compresión a los 28 días de 281kg/cm² (4 000 psi); el acero de refuerzo será de varillas de acero corrugadas con una resistencia a la fluencia de 4 200 kg/cm² (grado 60).

2.2.2. Estudio topográfico

El levantamiento topográfico es esencial e indispensable para el diseño, debido a que este permite representar gráficamente los posibles puntos de ubicación, además, proporciona información sobre las pendientes y áreas de descarga de la sección donde se ubicará la estructura, para poder determinar la altura mínima de la misma.

Este fue realizado mediante el método taquimétrico, para obtener las curvas de nivel y secciones transversales necesarias para determinar la ubicación y realizar el diseño geométrico de la estructura.

2.2.3. Estudio hidrológico

El estudio hidrológico es de vital importancia para determinar el caudal que circula por la sección donde se ubicará el puente, con el fin de encauzar los escurrimientos superficiales, en otras palabras, es determinar la cantidad de agua superficial que circula por el río donde se realizará el proyecto, para el posterior diseño del puente.

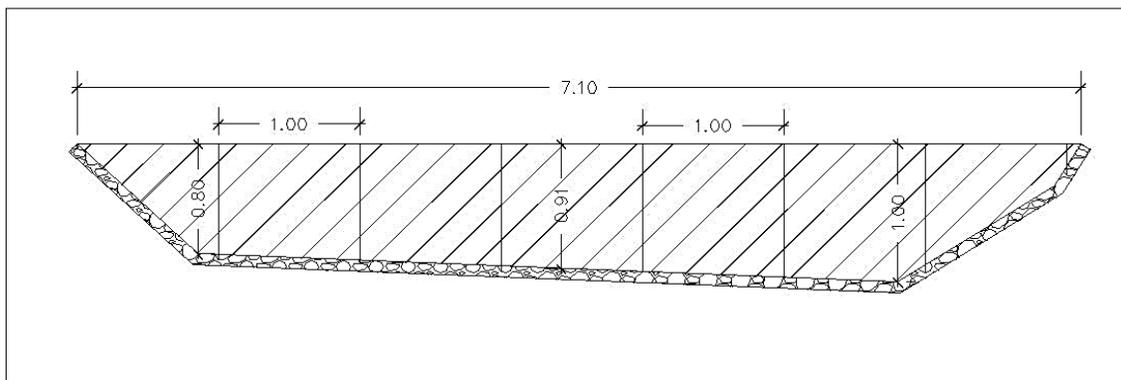
Además, permite conocer la crecida máxima del río, que se ha obtenido años anteriores y se podrá tener según un período de retorno elegido. Para este diseño se utilizaron herramientas que brinda la tecnología con el objetivo de reducir tiempo de análisis y contar con una mejor precisión. Para el análisis de

la cuenca, dirección de flujo, determinación de caudal y otros, se utilizó el programa HEC-RAS en su versión 5.0.6 (River Analysis System), y Civil 3D en versión 2018.

2.2.3.1. Método de sección, pendiente

Para implementar este método se debe conocer la altura máxima alcanzada por una corriente de crecida extraordinaria, para conocer esta información se tuvo que recurrir al punto de interés y observar en el suelo el nivel al cual ha llegado el río, esto es debido a que no existe información exacta del río Mandarinina.

Figura 12. Sección del río para la crecida máxima de diseño



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

De la sección se obtiene un área de 5,56 metros cuadrados y un perímetro mojado de 7,79 metros.

- Radio hidráulico

$$R_h = \frac{A}{PM}$$

Donde:

R_h = radio hidráulico

A = área m^2

PM = perímetro mojado

$$R_h = \frac{5,56 m^2}{7,79 m} = 0,71 m$$

- Pendiente del terreno

$$S = \frac{CT_i - CT_f}{DH} \times 100$$

Donde:

S = pendiente terreno

CT_i = cota terreno inicial

CT_f = cota terreno final

DH = distancia horizontal

$$S = \frac{997,10 - 996,64}{18,05} \times 100 = 2,55 \%$$

- Cálculo de velocidad

$$v = \frac{1}{n} * R_h^{2/3} * S^{1/2}$$

Donde:

n = coeficiente de rugosidad (0,03)

$$v = \frac{1}{0,03} * 0,71^{2/3} * 0,0255^{1/2} = 4,24 \text{ m/s}$$

- Cálculo de caudal

$$Q = v * A = 4,24 \text{ m/s} * 5,56 \text{ m}^2 = 23,57 \text{ m}^3/\text{s}$$

2.2.3.2. Método HEC RAS

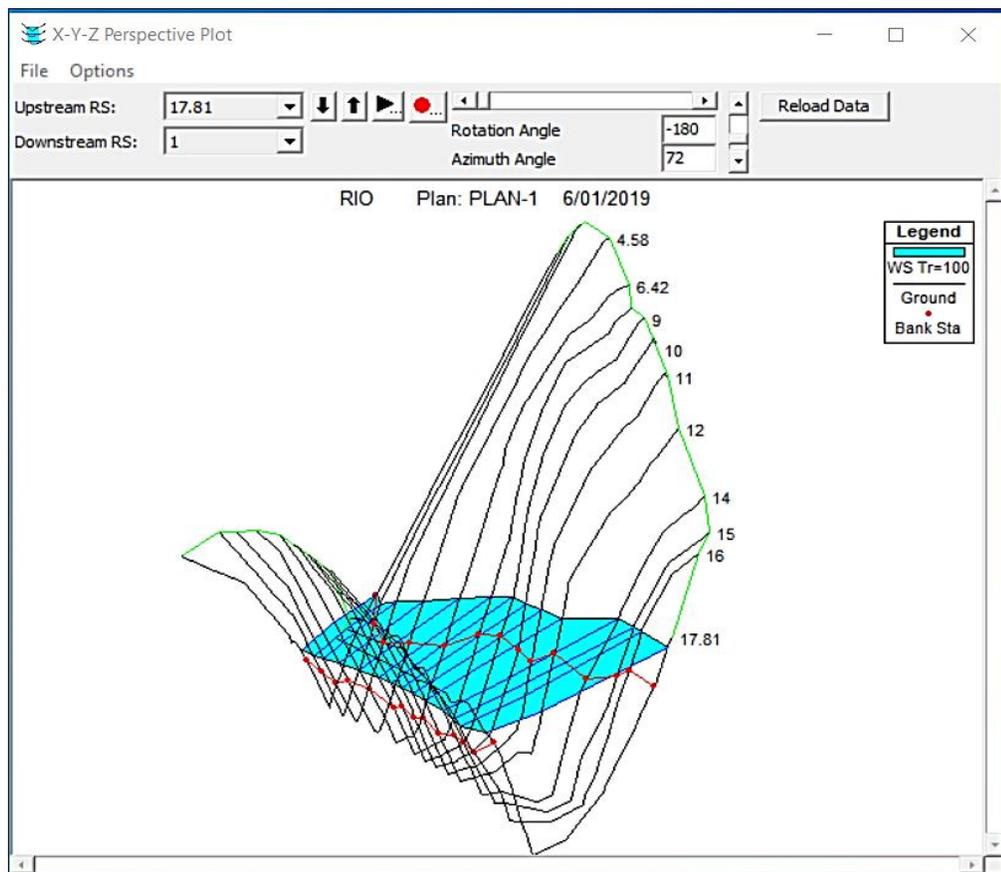
Para este proyecto se utilizó el programa HEC-RAS para realizar el estudio hidrológico.

¿Qué es HEC-RAS?, se estudia un tramo determinado de un río y se quiere saber hasta dónde llegaría el agua si el caudal alcanzara cierto valor. ¿Será suficiente el cauce principal? ¿Hasta qué altura? ¿O serán inundadas las áreas próximas, y en qué extensión?

- Los pasos para realizar el estudio por medio de HEC-RAS son:
 - Introducir las secciones transversales obtenidas del estudio topográfico.
 - Introducir el periodo de retorno y la pendiente del terreno.
 - Solicitar al programa realizar la evaluación.
 - Analizar los resultados de crecida máxima.

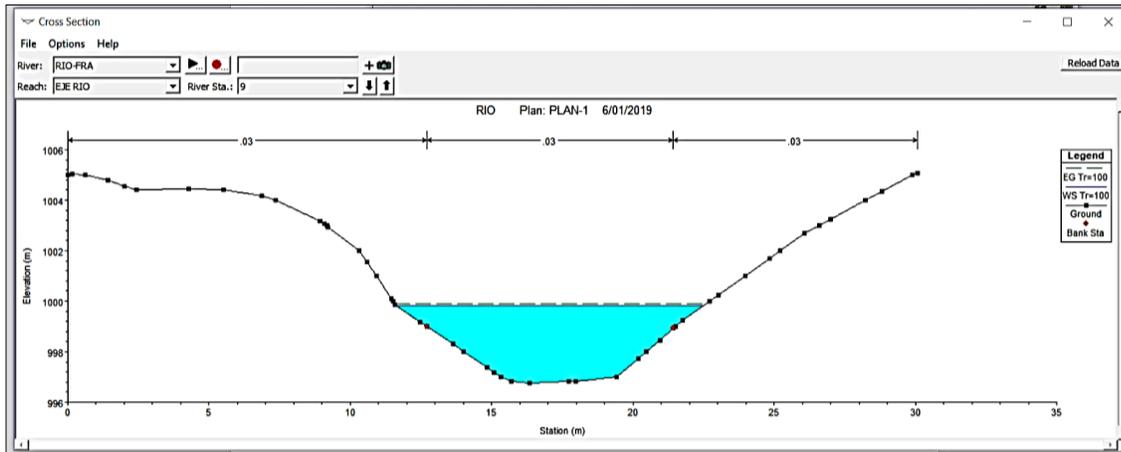
En la figura 13 se muestran los resultados obtenidos por HEC-RAS:

Figura 13. **Modelo de crecida máxima en 3D generada en HEC-RAS**



Fuente: elaboración propia, empleando HEC-RAS.

Figura 14. Modelo de crecida máxima donde se ubicará el puente



Fuente: elaboración propia, empleando HEC-RAS.

Figura 15. Resultados, caudal máximo y crecida máxima

Cross Section Output

File Type Options Help

River: RIO-FRA Profile: Tr=100

Reach: EJE RIO RS: 9 Plan: PLAN-1

Plan: PLAN-1 RIO-FRA EJE RIO RS: 9 Profile: Tr=100

		Element	Left OB	Channel	Right OB
E.G. Elev (m)	999.90	Wt. n-Val.	0.030	0.030	0.030
Vel Head (m)	0.06	Reach Len. (m)	1.12	1.00	0.94
W.S. Elev (m)	999.83	Flow Area (m2)	0.45	20.78	0.46
Crit W.S. (m)		Area (m2)	0.45	20.78	0.46
E.G. Slope (m/m)	0.000438	Flow (m3/s)	0.15	23.24	0.15
Q Total (m3/s)	23.55	Top Width (m)	1.09	8.73	1.07
Top Width (m)	10.89	Avg Depth (m)	0.33	1.12	0.33
Vel Total (m/s)	1.09	Hydr. Depth (m)	0.42	2.38	0.43
Max Chl Dpth (m)	3.07	Conv. (m3/s)	7.2	1110.8	7.4
Conv. Total (m3/s)	1125.4	Wetted Per. (m)	1.37	10.24	1.40
Length Wtd. (m)	1.00	Shear (N/m2)	1.42	8.72	1.42
Min Ch El (m)	996.76	Stream Power (N/m s)	0.47	9.75	0.47
Alpha	1.05	Cum Volume (1000 m3)	0.00	0.10	0.00
Frctn Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m2)	0.01	0.05	0.01
C & E Loss (m)	0.00				

Errors, Warnings and Notes

Fuente: elaboración propia, empleando HEC-RAS.

Análisis de resultados: con un caudal máximo de 23,55 m³/seg la elevación del cauce aumenta de 996,76 m a 999,83 m, haciendo una diferencia de elevación de 3,07 m, por lo que la superestructura del puente se puede colocar a una elevación mínima de 1 001,83 m, dejando así una distancia mínima de 2,00 m entre la crecida máxima y la superestructura del puente.

2.2.4. Estudio de suelos

El estudio de suelos sirve para conocer las propiedades del suelo, ya que estas soportan las cargas provenientes de la estructura y subestructura. Para el proyecto se tomó una muestra inalterada en donde se colocará uno de los estribos y la profundidad de la calicata fue de 1,50 metros de profundidad a partir del nivel del lecho del río. A la muestra se le realiza el ensayo triaxial.

Para determinar el valor soporte del suelo se utiliza la ecuación de la teoría de Terzaghi, con los resultados obtenidos del ensayo triaxial, tomando en cuenta que el suelo es arena limosa color corinto de consistencia dura (ver anexo).

Donde:

$$\text{Cohesión } (C_u) = 1,60 \text{ ton/m}^2$$

$$\text{Ángulo de fricción interna } (\phi) = 36,53^\circ \text{ y } 0,64 \text{ radianes}$$

$$\text{Peso específico del suelo } (\gamma) = 1,14 \text{ ton/m}^3$$

$$\text{Desplante } (D_f) = 1,50 \text{ m}$$

$$\text{Base } (B) = 1,00 \text{ m}$$

Arena limosa color corinto de consistencia muy dura

Existe un factor de seguridad para la capacidad de carga de cimentaciones superficiales, el factor esta dado respecto a la falla de corte (FS corte) y su valor se encuentra entre 1,2 a 1,6.

Se calculará la cohesión (C_d) y el ángulo de fricción interna (ϕ_d), aplicando el factor de seguridad de carga con respecto a la falla de corte, el factor será de 1,25:

$$C_d = \frac{C_u}{FS_{\text{corte}}}$$

$$C_d = \frac{1,60 \text{ ton/m}^2}{1,25} = 1,28 \text{ ton/m}^2$$

$$\phi_d = \tan^{-1} \left(\frac{\tan \phi}{FS_{\text{corte}}} \right)$$

$$\phi_d = \tan^{-1} \left(\frac{\tan(36,53^\circ)}{1,25} \right) = 30,65^\circ$$

- Factor de flujo de carga

Para utilizar la fórmula de capacidad soporte del suelo es necesario determinar los factores de flujo de carga para las características de la muestra de suelo acorde al ensayo triaxial realizado.

Se utilizan los factores de capacidad de carga modificados debido a que la estructura de cimentación estará cerca del nivel freático. Estos factores generan una disminución para la capacidad de carga en comparación con la ecuación original de Terzaghi.

Figura 16. Factores de capacidad de carga modifica de Terzaghi

ϕ	N_c	N_q	N'_γ	ϕ	N_c	N_q	N'_γ
0	5.70	1.00	0.00	26	27.09	14.21	9.84
1	6.00	1.1	0.01	27	29.24	15.90	11.60
2	6.30	1.22	0.04	28	31.61	17.81	13.70
3	6.62	1.35	0.06	29	34.24	19.98	16.18
4	6.97	1.49	0.10	30	37.16	22.46	19.13
5	7.34	1.64	0.14	31	40.41	25.28	22.65
6	7.73	1.81	0.20	32	44.04	28.52	26.87
7	8.15	2.00	0.27	33	48.09	32.23	31.94
8	8.60	2.21	0.35	34	52.64	36.50	38.04
9	9.09	2.44	0.44	35	57.75	41.44	45.41
10	9.61	2.69	0.56	36	63.53	47.16	54.36
11	10.16	2.98	0.69	37	70.01	53.80	65.27
12	10.76	3.29	0.85	38	77.50	61.55	78.61
13	11.41	3.63	1.04	39	85.97	70.61	95.03
14	12.11	4.02	1.26	40	95.66	81.27	115.31
15	12.86	4.45	1.52	41	106.81	93.85	140.51
16	13.68	4.92	1.82	42	119.67	108.75	171.99
17	14.60	5.45	2.18	43	134.58	126.50	211.56
18	15.12	6.04	2.59	44	151.95	147.74	261.60
19	16.56	6.70	3.07	45	172.28	173.28	325.34
20	17.69	7.44	3.64	46	196.22	204.19	407.11
21	18.92	8.26	4.31	47	224.55	241.80	512.84
22	20.27	9.19	5.09	48	258.28	287.85	650.67
23	21.75	10.23	6.00	49	298.71	344.63	831.99
24	23.36	11.40	7.08	50	347.50	415.14	1072.80
25	25.13	12.72	8.34				

*Según Kumbhojkar (1993).

Fuente: DAS, Braja. *Principios de ingeniería de cimentaciones*. p. 160.

$$N'_c = 39,27$$

$$N'_q = 24,29$$

$$N'_\gamma = 21,42$$

- Capacidad de carga última

$$q_u = 1,3 * C_u * N'_c + D_f * \gamma * N'_q + 0,4 * B * \gamma * N'_\gamma$$

$$q_u = 1,3 * 1,28 * 39,27 + 1,50 * 1,14 * 24,29 + 0,4 * 1 * 1,14 * 21,42$$

$$q_u = 116,65 \text{ ton/m}^2$$

- Capacidad de carga ultima neta (admisible)

El factor de seguridad (FS) no puede ser menor a 3.

$$q_{adm} = \frac{q_u - D_f * \gamma}{F.S} = \frac{116,65 - (1,50 * 1,14)}{3}$$

$$q_{adm} = 38,31 \text{ ton/m}^2$$

El valor de capacidad soporte admisible de una arena limosa de consistencia muy dura tiene un rango de 0,3 a 0,5 Mpa (30,6 ton/m² a 50,6 ton/m²), según el reglamento estructural de Panamá en su capítulo 5, cuadro 5.3.7. por lo que el valor obtenido anteriormente está dentro de este rango.

2.2.5. Diseño de la estructura

El puente está compuesto por una superestructura de concreto armado, losa plana, bordillos laterales, baranda peatonal, 3 vigas principales (2 exteriores y 1 interior) y 4 diafragmas (2 exteriores y 2 interiores). La

subestructura la integran una cortina, una viga de apoyo, apoyos de neopreno y dos estribos de concreto ciclópeo.

2.2.5.1. Consideraciones de diseño

En la tabla IX se describen los parámetros para el diseño de puente vehicular.

Tabla IX. **Parámetros para diseño de puente vehicular**

Núm.	Descripción	Valor sistema internacional
1	Longitud del puente	20 m
2	Ancho del puente	8 m
3	Ancho de rodadura	6,1 m
4	Ancho de bordillo	0,95
5	Peso específico del concreto	2 400 kg/m ³
6	Peso específico del asfalto	2 200 kg/m ³
7	Peso específico del suelo	1 140 kg/m ³
8	Valor soporte del suelo	38,31 ton/m ²
9	Carga viva HL 93	33,2 ton
10	Resistencia a la compresión del concreto	281 kg/cm ²
11	Resistencia a la fluencia del acero	4 200 kg/cm ²

Fuente: elaboración propia.

2.2.6. Diseño de losa

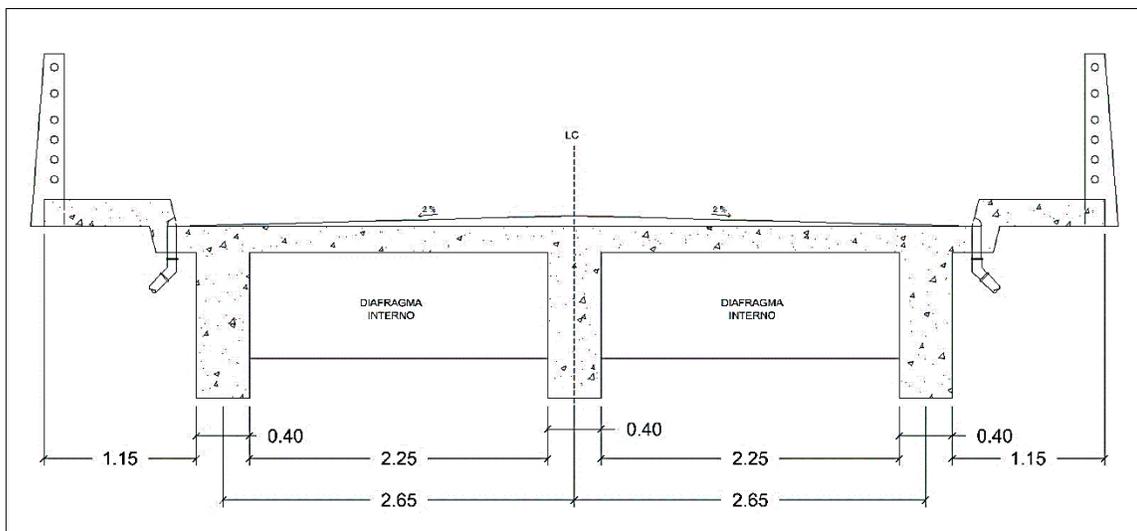
El diseño de la losa se realizará de tal manera que permita la transmisión de carga debido a la carga puntual de la llanta que transita sobre una porción del puente en un instante de tiempo determinado. La losa trabaja en un sentido y el refuerzo principal es perpendicular al tráfico.

2.2.6.1. Espesor de losa

Según AASHTO LRFD 9.7.1.1: la altura de la losa deberá ser mayor o igual a 17,5 centímetros, y deberá calcularse con la siguiente ecuación para tramos continuos, según AASHTO LRFD tabla 2.5.2.6.3-1:

$$t_s = \frac{S + 3\,000}{30}$$

Figura 17. Sección transversal del puente, representación de S



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

Donde:

t_s = espesor de losa

S = longitud efectiva, según AASHTO LRFD 9.7.2.3, será la distancia entre ejes de las vigas, esta será de $S = 2,65$ m.

$$t_s = \frac{2\,650 + 3\,000}{30} = 188,33 \text{ mm}$$

Por lo que se utilizará un espesor de losa de $t_s = 0,20$ m

- Determinación de vigas

El predimensionamiento de la viga para tramos simples estará basado en la tabla 2.5.2.6. 3-1 de AASHTO LRFD. La base debe ser mayor o igual que el peralte entre 3,5 para no realizar revisión por alabeo.

$$H = 0,065 * 20 = 1,30 \text{ m}$$

$$B = \frac{H}{3,5} = \frac{1,30}{3,5} = 0,37 \text{ m} \approx 0,40 \text{ m}$$

La altura de la viga será de 1,30 metros y la base será de 0,40 metros. Se utilizaron estas medidas para tener suficiente espacio para colocar el acero de refuerzo y halla un mejor flujo cuando se realice la colocación del concreto.

- Determinación de diafragmas

Los diafragmas son diseñados para rigidizar la estructura del puente y evitar el alabeo de la viga, son colocados según sea la longitud del puente. Según AASHTO LRFD 5.13.2.2:

- Exterior

$$H_{\text{ext}} = \frac{H_{\text{viga}}}{2} = \frac{1,30}{2} = 0,65 \text{ m}$$

B = 0,30 m; según AASHTO

- Interior

$$H_{\text{int}} = \frac{3H_{\text{viga}}}{4} = \frac{3 * (1,30)}{4} = 0,98 \text{ m} \approx 1,00 \text{ m}$$

B = 0,30 m; según AASHTO

2.2.6.2. Cálculo de momentos

- Integración de cargas

- Carga muerta

Se refiere a las cargas de todos los elementos estructurales del puente, accesorios e instalaciones de servicio unidas al mismo, superficie de rodamiento, así como futuras sobrecargas.

$$W_{\text{losa}} = \gamma_c * t * b = \left(2\,400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) (0,20 \text{ m})(1,00 \text{ m}) = 480 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

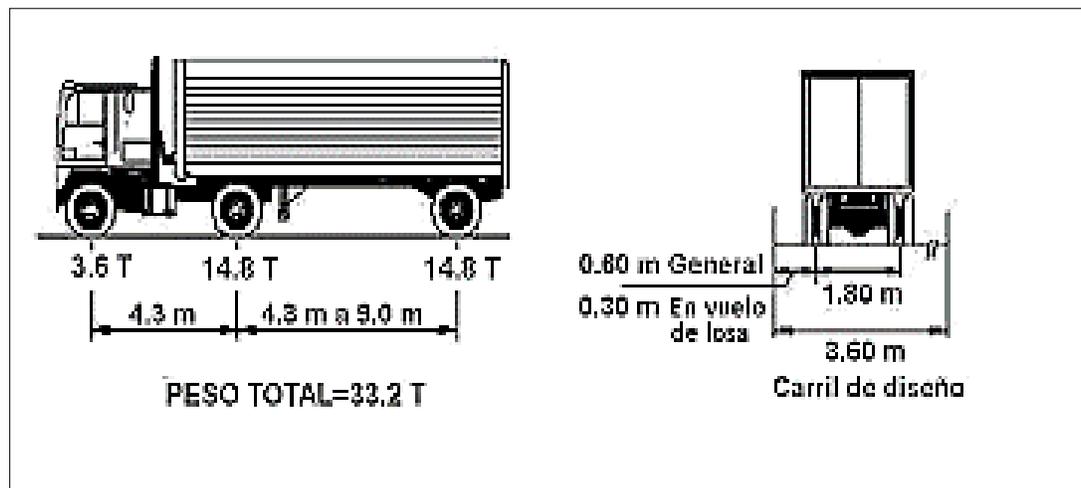
$$W_{\text{barandal}} = \text{segun AASHTO} = 26 \frac{\text{lb}}{\text{pie}} = 40 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

$$W_{\text{cm}} = 520 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

- Carga viva

Estas cargas están conformadas por las cargas vivas tanto del vehículo en este caso el camión HL 93 con un peso total de 33,20 toneladas, como el de los peatones.

Figura 18. **Camión de diseño, carga viva AASHTO HL-93**



Fuente: American Association of State Highway and Transportation Officials. AASHTO LRFD
Bridge Design Specifications. Sección 3. p. 24.

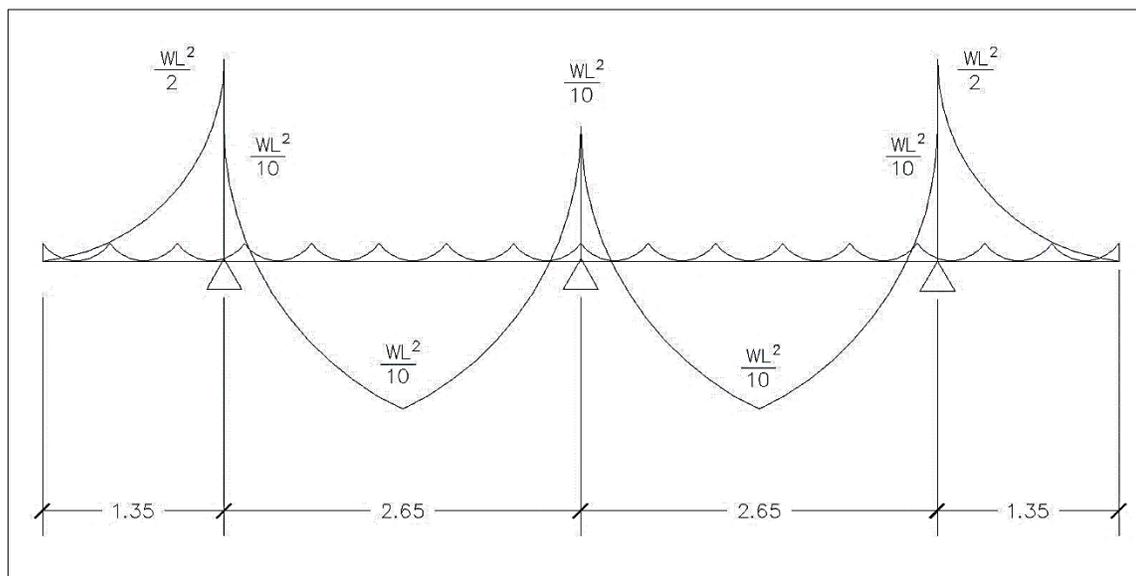
La carga viva debe suponerse en un 100 % debido a que la estructura es un puente, de acuerdo con AASHTO 3.12.1. Se debe tomar el eje mayor. La carga viva utilizada será el camión HL 93.

Carga P = 14 800 kg

Carga por llanta P = 7 400 kg

- Cálculo de momentos para carga muerta

Figura 19. Diagrama de momentos producidos por la carga muerta



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

$$M = \frac{W * L^2}{10}$$

Donde:

W_{cm} = carga muerta distribuida

L_{viga} = longitud entre vigas a ejes

L_v = longitud de voladizo

- Momento en vigas (momentos internos)

$$M_{viga} = \frac{\left(520 \text{ kg/m}\right) (2,65 \text{ m})^2}{10} = 365,17 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

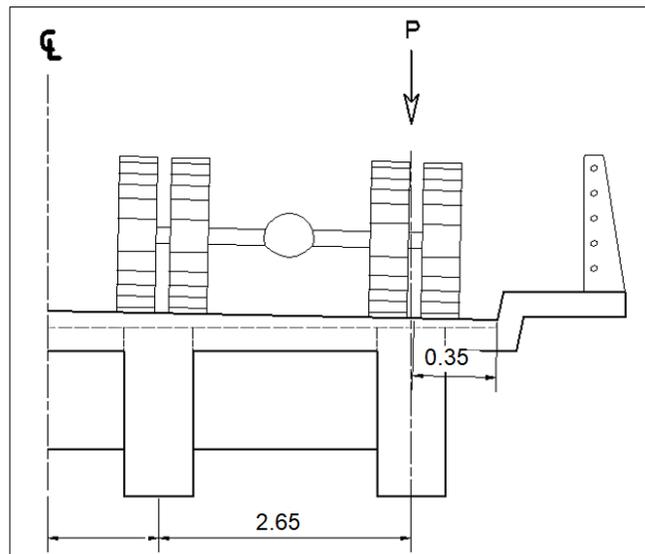
- Momento en voladizo (momentos externos)

$$M_v = \frac{\left(520 \text{ kg/m}\right) (1,35 \text{ m})^2}{2} = 473,85 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

Se debe tomar el momento de mayor valor numérico para el análisis de la losa, entonces M_{cm} es igual a 473,85 kg·m.

- Cálculo de momentos para carga viva

Figura 20. Diagrama de momentos producidos por la carga viva



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

Según AASHTO 3.24.3.1 el momento debido a la carga viva se calcula mediante la siguiente expresión:

$$M_{cv} = 0,8 * \left(\frac{S + 2}{32} \right) * P$$

Donde:

M_{cv} = momento de carga viva

S = separación entre vigas (2,25 m \approx 7,38 pies)

P = carga de rueda (7 400 kg \approx 16 314,19 lb)

$$M_{cv} = 0,8 * \left(\frac{7,38 + 2}{32} \right) * 16 314,19 = 3 825,68 \text{ lb}\cdot\text{pie}$$

$$M_{cv} = 3\,825,68 \text{ lb}\cdot\text{pie} \approx 530,17 \text{ kg}\cdot\text{m}$$

- Cálculo del factor de impacto.

El factor de impacto aumenta el momento producido por la carga viva, la norma dice que debe ser menor o igual al 30 %. Según AASHTO 3.6.2.1 se calcula mediante la siguiente expresión:

$$I = \frac{15,24}{S + 38} \leq 30 \%$$

$$I = \frac{15,24}{2,25 + 38} = 0,38 \approx 38 \%$$

Como el valor es mayor a lo permitido, se utilizará el menor valor que AASHTO permite, que para este caso será igual al 30 % como factor de impacto.

- Cálculo de momento último.

Según AASHTO 3.4.1.1 mediante la siguiente expresión:

$$M_u = 1,30 * \left[M_{cm} + \frac{5}{3} (M_{cv} * I) \right]$$

Donde:

M_u = momento último

M_{cm} = momento por carga muerta (473,85 kg·m)

M_{cv} = momento por carga viva (530,17 kg·m)

I = factor de impacto (30 %)

$$M_u = 1,30 * \left[473,85 + \frac{5}{3} (530,17 * 1,30) \right]$$

$$M_u = 2\,109,32 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

2.2.6.3. Cálculo de peralte

Para el cálculo del peralte de la losa del puente se utiliza la siguiente expresión:

$$d = t - \text{recubrimiento} - \frac{\emptyset}{2}$$

Donde:

d = peralte

t = espesor de losa

\emptyset = se propone diámetro de varilla núm. 4

$$d = 20 - 2,5 - \frac{1,27}{2}$$

$$d = 16,87 \text{ cm}$$

2.2.6.4. Cálculo de refuerzo

- Cálculo del refuerzo transversal para la cama inferior
 - Acero requerido

$$A_s = \left[bd - \sqrt{(bd)^2 - \frac{M_u * b}{0,003825 f'_c}} \right] * \frac{0,85 f'_c}{f_y}$$

Donde:

A_s = área de acero (cm^2)

b = franja unitaria (100 cm)

d = peralte (16,87 cm)

M_u = momento último (2 109,32 kg·m)

f'_c = resistencia a la compresión del concreto (281 kg/cm²)

f_y = resistencia de fluencia del acero (4 200 kg/cm²)

$$A_s = \left[(100 * 16,87) - \sqrt{(100 * 16,87)^2 - \frac{2 * 109,32 * 100}{0,003825 * (281)}} \right] * \frac{0,85(281)}{(4 * 200)}$$

$$A_s = 3,37 \text{ cm}^2$$

- Acero mínimo (según la sección 10.5.1 de ACI 318-11)

$$A_{s_{min}} = \frac{0,8\sqrt{f'_c}}{f_y} * bd \geq \frac{14,1}{f_y} * bd$$

$$A_{s_{min}} = \frac{0,8\sqrt{281}}{4 * 200} * (100 * 16,87) \geq \frac{14,1}{4 * 200} * (100 * 16,87)$$

$$A_{s_{min}} = 5,39 \text{ cm}^2 \geq 5,66 \text{ cm}^2$$

Como se puede observar $A_{s_{min}} > A_s$ entonces se trabajará con el área de acero mínima.

- Acero máximo (según ACI 318-11)

$$A_{max} = 0,5 * \rho_b * b * d$$

El código ACI318-11 en el apéndice B 8.4.2 indica que la cuantía de acero balanceada para el cálculo de acero máximo se determina con la siguiente expresión:

$$\rho_b = \frac{0,85 * \beta * f'_c * 6\ 120}{f_y * (6\ 120 + f_y)}$$

$$\beta = 0,85 \rightarrow \text{si } 0 \text{ kg/cm}^2 < f'_c < 281 \text{ kg/cm}^2$$

$$\rho_b = \frac{0,85 * 0,85 * 281 * 6\ 120}{4\ 200 * (6\ 120 + 4\ 200)}$$

$$\rho_b = 0,0286$$

$$A_{s_{max}} = 0,5 * 0,0286 * 100 * 16,87$$

$$A_{s_{max}} = 24,12 \text{ cm}^2$$

Se propone varilla número 4 grado 60 y luego se calcula el espaciamiento a través de una regla de 3.

$$5,66 \text{ ----- } 100 \text{ cm}$$

$$1,27 \text{ ----- } S$$

$$S = \frac{1,27 * 100}{5,66} = 22,44 \text{ cm} \approx 20 \text{ cm}$$

Se utilizarán barras número 4 grado 60 con espaciamiento entre varillas de 20 cm.

- Cálculo del refuerzo transversal para la cama superior

AASHTO LRFD 5.10.8.2: para elementos de espesor menor a 1 200 mm, se deberá de disponer de elementos de contracción y temperatura, en forma de barras o malla soldada. El área de acero se calcula de la siguiente manera:

$$A_{S_{temp}} = 0,002 * b * t$$

$$A_{S_{temp}} = 0,002 * 100 * 20$$

$$A_{S_{temp}} = 4,00 \text{ cm}^2$$

Se propone varilla número 4 grado 60

$$4,00 \text{ ----- } 100 \text{ cm}$$

$$1,27 \text{ ----- } S$$

$$S = \frac{1,27 * 100}{4,00} = 31,75 \text{ cm} \approx 30 \text{ cm}$$

Se utilizarán barras número 4 grado 60 con espaciamiento entre varillas de 30 cm.

- Cálculo del refuerzo longitudinal (paralelo al tráfico) para cama superior e inferior.

El acero por repartición se debe colocar en forma paralela al tráfico, tanto en la cama superior como en la cama inferior y esta debe ser menor a 67 %.

$$A_{S_{long}} = FL_{AS} \leq 0,67$$

$$FL_{AS} = \frac{220}{\sqrt{S}} = \frac{220}{\sqrt{2,25}} = 146,67 \%$$

El valor obtenido es mayor a lo permitido, se utilizará el valor que acepta la norma, que será igual al 67 % como factor para calcular el área de acero longitudinal.

$$A_{S_{long}} = 5,66 * 0,67$$

$$A_{S_{long}} = 3,79 \text{ cm}^2$$

Se propone varilla número 4 grado 60

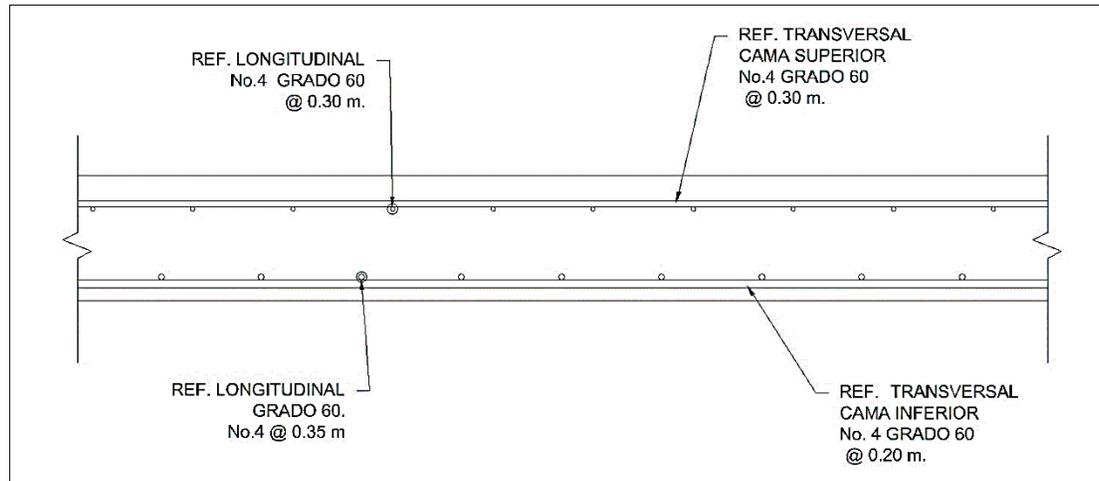
$$3,79 \text{ ----- } 100 \text{ cm}$$

$$1,27 \text{ ----- } S$$

$$S = \frac{1,27 * 100}{3,79} = 33,50 \text{ cm} \approx 30 \text{ cm}$$

Se utilizarán barras número 4 grado 60 con espaciamiento entre varillas de 30 cm.

Figura 21. **Detalle de armado de losa**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

2.2.7. **Diseño de vigas**

Las vigas son los elementos estructurales más importantes de la superestructura, ya que están sometidas a fuerzas flexionantes. Se deben de predimensionar, calcular los momentos y acero de refuerzo de estas.

La cantidad de vigas dependerá del ancho de rodadura, para este proyecto se diseñarán tres vigas por ser un puente de dos vías y tener ancho de rodadura iguala 6,10 metros.

El predimensionamiento de la viga estará basado en la tabla 2.5.2.6. 3-1 de AASHTO LRFD, que indica que la atura de las vigas con tramos continuos será el siguiente:

$$H = 0,065L$$

Donde:

L = longitud de la viga del puente, para este será uno de los tramos de 20 metros

$$H = 0,065 * 20$$

$$H = 1,30 \text{ m}$$

Se tomará una altura de viga de 130 centímetros.

Para la base de la viga se usará la siguiente expresión:

$$B = \frac{H}{3,5} = \frac{1,30}{3,5} = 0,37 \text{ m} \approx 0,40 \text{ m}$$

Se tomará una base de viga de 40 centímetros.

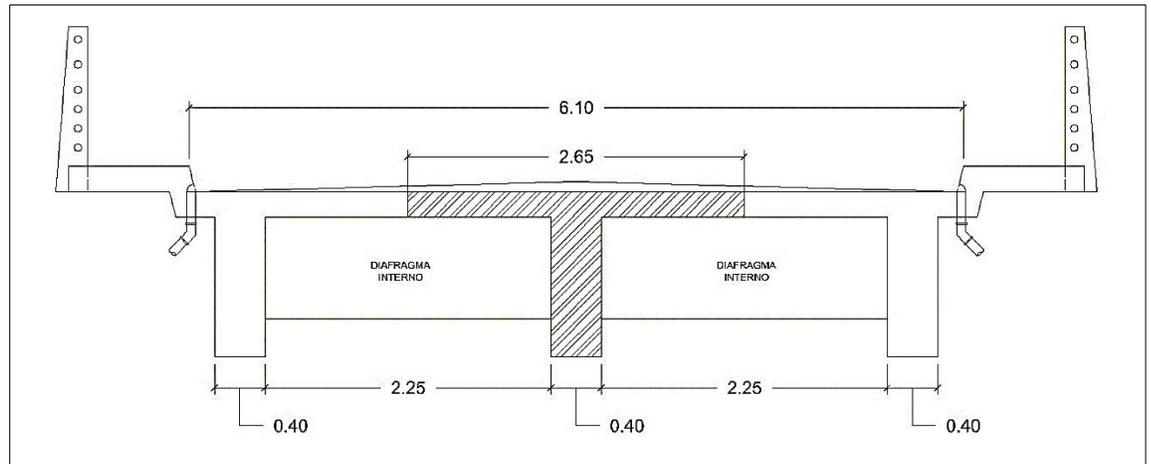
2.2.7.1. Viga interior

Elemento estructural que transmite las cargas muertas y vivas hacia los extremos donde se encuentran las vigas de apoyo y estribos.

2.2.7.1.1. Cálculo de momento por carga muerta

- Análisis para carga muerta

Figura 22. Área tributaria para viga interior



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

$$W_{losa} = \left(2\,400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) (0,20 \text{ m})(2,65 \text{ m}) = 1\,272 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

$$W_{viga} = \left(2\,400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) (0,40 \text{ m})(1,30 \text{ m}) = 1\,248 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

$$W_{cm} = 2\,520,00 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

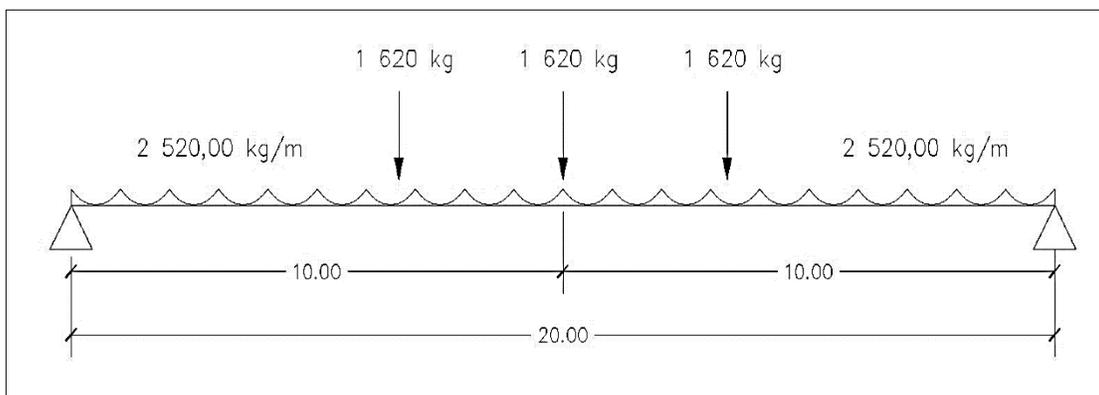
- Peso de los diafragmas
- Diafragma externo

$$P_{DE} = \left(2\,400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) (0,65 \text{ m})(0,30 \text{ m})(2,25 \text{ m}) = 1\,053 \text{ kg}$$

- Diafragma interno

$$P_{DI} = \left(2\,400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) (1,00 \text{ m})(0,30 \text{ m})(2,25 \text{ m}) = 1\,620 \text{ kg}$$

Figura 23. Representación de carga muerta para viga interior



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

- Cálculo de momento

$$M_{max_{CM}} = \frac{WL^2}{8} + (P * a)$$

Donde:

W = carga muerta distribuida (2 520,00 kg/m)

L = longitud del puente (20 metros)

P = carga puntual producida por el diafragma (1 620 kg)

a = distancia entre diafragmas (6,65 metros)

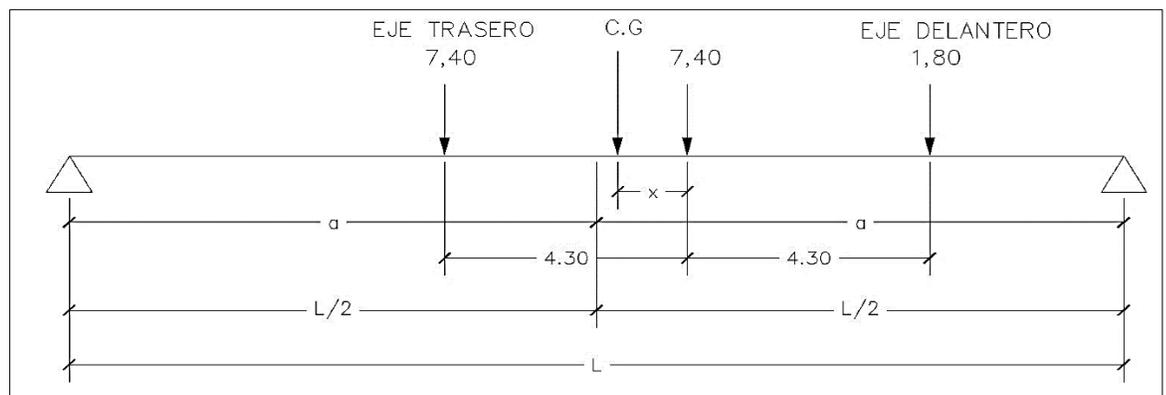
$$M_{max_{CM}} = \frac{(2\,520,00)(20)^2}{8} + (1\,620 * 6,65)$$

$$M_{max_{CM}} = 136\,773,00 \text{ kg} \cdot \text{m} \approx 136,77 \text{ ton} \cdot \text{m}$$

2.2.7.1.2. Cálculo de momento por carga viva

Se analizará la carga viga para obtener el momento máximo, colocando la carga viva de diseño HL 93 al centro de la luz del puente, debido a que los momentos máximos ocurren en el punto más cercano al centro de gravedad del tren de carga, cuando este se encuentra lo más lejos posible de los apoyos.

Figura 24. Representación del centro de gravedad de la carga viva



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

$$\begin{aligned} \sum M_{C.G.} &= 0 \\ 7,40(4,30 - x) - 7,40(x) - 1,80(x + 4,30) &= 0 \\ 31,82 - 7,40x - 7,40x - 1,80x - 7,74 &= 0 \\ x &= 1,45 \end{aligned}$$

- Resolviendo para el valor de a:

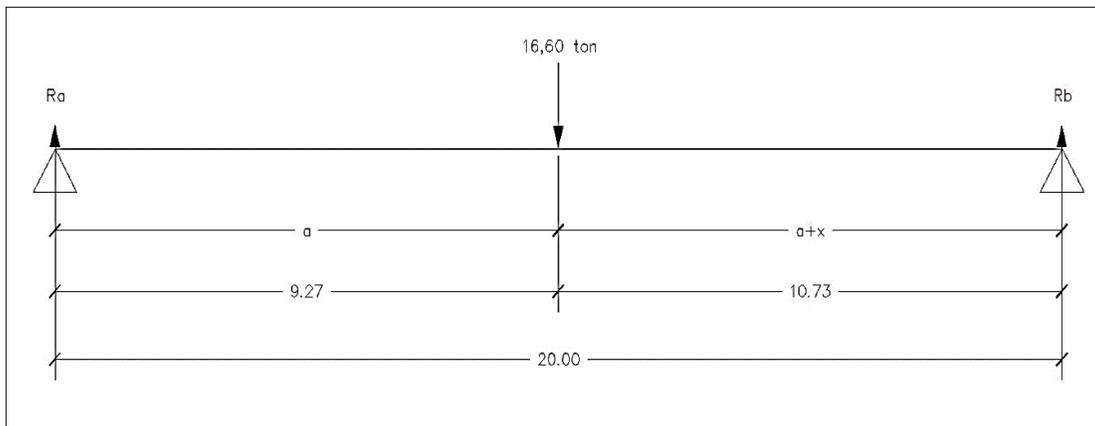
$$2a + x = L$$

$$a = \frac{L - x}{2}$$

$$a = \frac{20 - 1,45}{2}$$

$$a = 9,275 \text{ m}$$

Figura 25. **Representación de las reacciones de la viga**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

- Calculando las reacciones:

$$\sum M_{Ra} = 0$$

$$-16,60(9,27) + R_b(20,00) = 0$$

$$R_b = 7,69 \text{ ton}$$

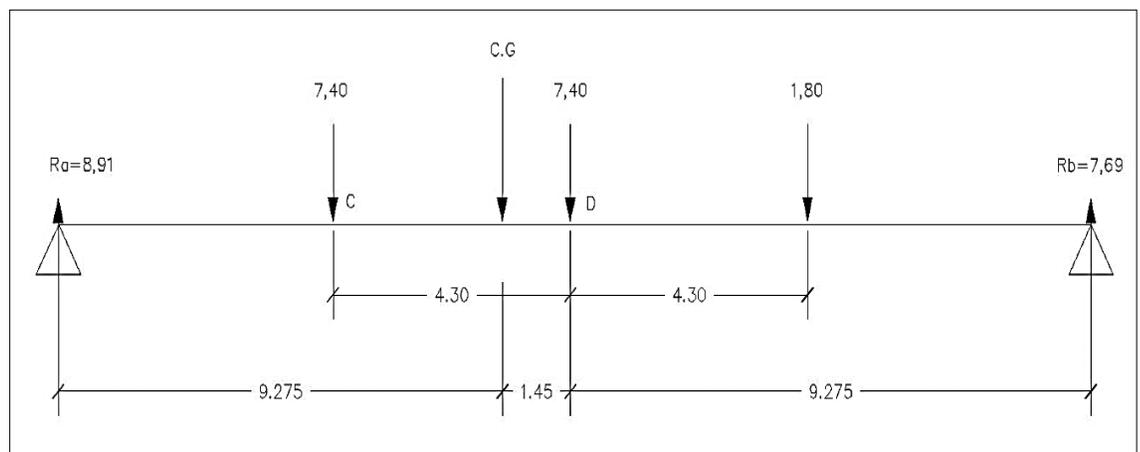
$$\uparrow + \sum F_y = 0$$

$$R_a + R_b - 16,60 = 0$$

$$R_a = 8,91 \text{ ton}$$

Ahora se procede a calcular el momento desde el centro de gravedad (C.G) hasta cada apoyo, tomando el momento de mayor valor numérico para el análisis respectivo.

Figura 26. **Momento máximo de la viga**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

- Determinando momentos en puntos C y D

$$\curvearrowright + \sum M_C = 0$$

$$M_C = -7,40(4,30) - 1,80(4,30 + 4,30) + 7,69(4,30 + 9,275)$$

$$M_C = 57,09 \text{ ton} \cdot \text{m} (-)$$

$$\curvearrowright + \sum M_D = 0$$

$$M_D = 7,40(4,30) - 8,91(9,275 + 1,45)$$

$$M_D = 63,74 \text{ ton} \cdot \text{m} (+)$$

- Cálculo del factor de impacto

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

$$I = \frac{15,24}{10 + 38} = 0,32$$

$$I = 30 \%$$

- Cálculo del factor de distribución

Este determina la proporción de la carga viva que absorbe cada viga. AASHTO utiliza un factor de distribución para vigas interiores según sea el número de vías.

Puente de una vía: $F_D = S/6,5$ si $S \leq 6$ pies

Puente de dos vías: $F_D = S/6,0$ si $S \leq 10$ pies

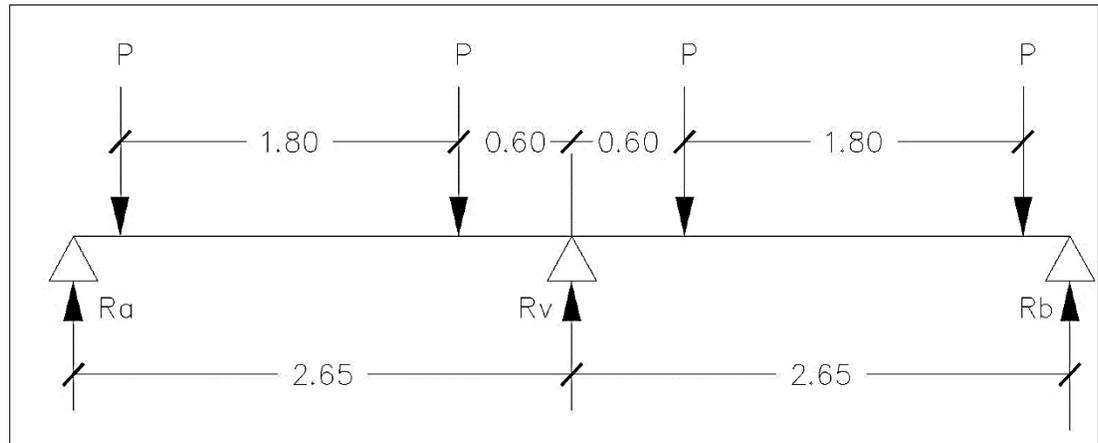
$S = (2,65 \text{ m} \rightarrow 8,69 \text{ pies})$ distancia entre vigas a ejes

Para este caso se utilizará el factor de distribución de dos vías debido que el valor de S es menor a 10 pies y el puente a diseñar es de dos vías.

$$F_D = \frac{8,69}{6,00} = 1,45$$

Para el caso de las vigas exteriores se debe hacer una consideración de carga para obtener el factor de distribución, se determina la reacción en función de P como se muestra en la figura 27.

Figura 27. Representación para cálculo del factor de distribución



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

$$\sum M_{RV} = 0$$

$$R_b(2,65) - P(0,60 + 1,80) - P(0,60) = 0$$

$$R_b = \frac{3P}{2,60}$$

$$R_b = 1,15P$$

2.2.7.1.3. Cálculo de momento total

$$M_u = 1,30 * \left[M_{cm} + \frac{5}{3} (M_{cv} * I * F_D) \right]$$

$$M_u = 1,30 * \left[136,77 + \frac{5}{3} (63,74 * 1,30 * 1,45) \right]$$

$$M_u = 438,13 \text{ ton} \cdot \text{m}$$

2.2.7.1.4. Cálculo del acero de refuerzo

- Acero requerido

Se propone utilizar varillas núm. 11 ($\phi = 3,58$ cm y $A_v = 10,06$ cm²)

$$d = 130 - 5 - \frac{3,58}{2}$$

$$d = 123,21 \text{ cm}$$

$$A_s = \left[bd - \sqrt{(bd)^2 - \frac{M_u * b}{0,003825 f'_c}} \right] * \frac{0,85 f'_c}{f_y}$$

$$A_s = \left[(40 * 123,21) - \sqrt{(40 * 123,21)^2 - \frac{438\,130 * 40}{0,003825 (281)}} \right] * \frac{0,85(281)}{4\,200}$$

$$A_s = 119,58 \text{ cm}^2$$

- Acero mínimo

$$A_{s_{min}} = \frac{0,8\sqrt{f'_c}}{f_y} * bd \geq \frac{14,1}{f_y} * bd$$

$$A_{s_{min}} = \frac{0,8\sqrt{281}}{4\,200} * (40 * 123,21) \geq \frac{14,1}{4\,200} * (40 * 123,21)$$

$$A_{s_{min}} = 15,74 \text{ cm}^2 \geq 16,55 \text{ cm}^2$$

- Acero máximo

$$A_{max} = 0,5 * \rho_b * b * d$$

$$\rho_b = \frac{0,85 * \beta * f'_c * 6\ 120}{f_y * (6\ 120 + f_y)}$$

$$\beta = 0,85 \rightarrow \text{si } 0 \text{ kg/cm}^2 < f'_c < 281 \text{ kg/cm}^2$$

$$\rho_b = \frac{0,85 * 0,85 * 281 * 6\ 120}{4\ 200 * (6\ 120 + 4\ 200)}$$

$$\rho_b = 0,0286$$

$$A_{s_{max}} = 0,5 * 0,0286 * 40 * 123,21$$

$$A_{s_{max}} = 70,48 \text{ cm}^2$$

Como $A_s > A_{s_{max}}$ entonces la viga debe ser doblemente forzada

- Momento que resiste el área de acero máxima

$$M_{max} = \phi \left[(A_s * f_y) * \left(d - \frac{A_s * f_y}{1,7 * f'_c * b} \right) \right]; \phi = 0,90 \text{ para flexión}$$

$$M_{max} = 0,90 \left[(70,48 * 4\ 200) * \left(123,21 - \frac{70,48 * 4\ 200}{1,7 * 281 * 40} \right) \right]$$

$$M_{max} = 286\ 976,98 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

- Momento que falta por reforzar

$$M_R = 438\,130 - 286\,976,98$$

$$M_R = 151\,153,02 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

- Acero adicional

$$A_{s_{ad}} = \frac{M_R}{\phi * f_y * d}$$

$$A_{s_{ad}} = \frac{151\,153,02 * 100}{0,90 * 4\,200 * 123,21}$$

$$A_{s_{ad}} = 32,45 \text{ cm}^2$$

- Acero de refuerzo a tensión

$$A_{s_{ten}} = A_{s_{max}} + A_{s_{ad}}$$

$$A_{s_{ten}} = 70,48 + 32,45$$

$$A_{s_{ten}} = 102,93 \text{ cm}^2$$

Utilizando varillas número 11 ($A_v = 10,06 \text{ cm}^2$)

$$\# \text{ varillas} = \frac{102,93 \text{ cm}^2}{10,06 \text{ cm}^2} = 10,23 \approx 12 \text{ varillas núm. 11}$$

- Acero de refuerzo a compresión

$$A_{s_{comp}} = \frac{1}{3} * A_{s_{ten}}$$

$$A_{s_{comp}} = \frac{1}{3} * 102,93$$

$$A_{s_{comp}} = 34,31 \text{ cm}^2$$

Utilizando varillas número 10 ($A_v = 7,91 \text{ cm}^2$)

$$\# \text{ varillas} = \frac{35,63 \text{ cm}^2}{7,91 \text{ cm}^2} = 4,33 \approx 5 \text{ varillas núm. 10}$$

- Refuerzo extra por altura

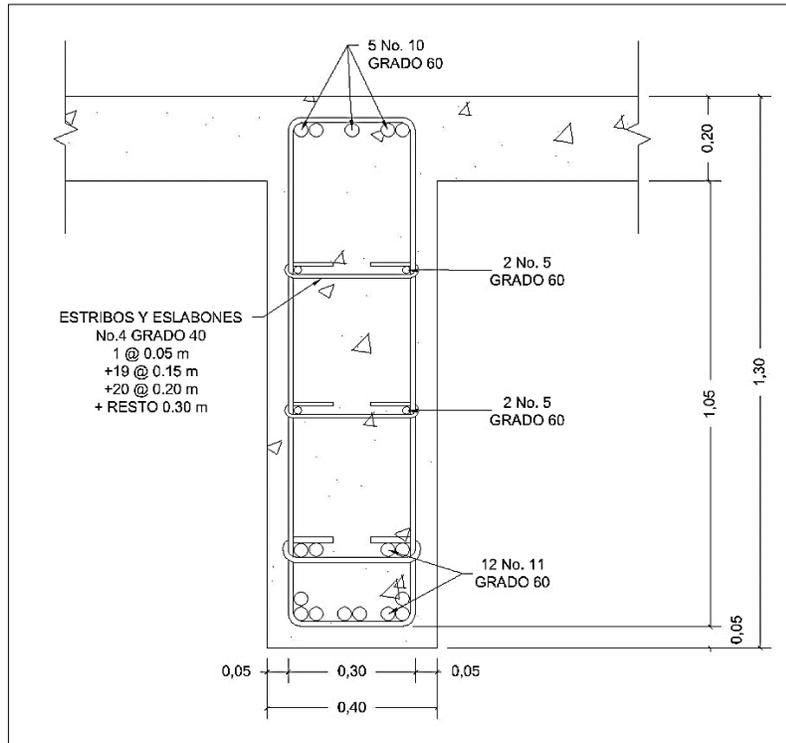
$$A_{s_{ext}} = 5,29 \text{ cm}^2 * H$$

$$A_{s_{ext}} = 5,29 \text{ cm}^2 * 1,30 \text{ m}$$

$$A_{s_{ext}} = 6,88 \text{ cm}^2$$

Se propone colocar 4 varillas núm. 5 ($A_s = 7,96 \text{ cm}^2$) en toda la longitud de la viga.

Figura 28. Armado de viga interior



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

2.2.7.1.5. Diseño a corte

El diseño a corte se realizará con base en el artículo 5.8.2 AASHTO LRFD.

- Esfuerzo cortante por carga muerta

$$V_{cm} = \frac{W_{cm} * L}{2} + \frac{\sum P}{2}$$

Donde:

V_{cm} = corte debido a carga muerta

W_{cm} = carga muerta distribuida

L = longitud del puente

$\sum P$ = sumatoria de carga muerta de diafragmas

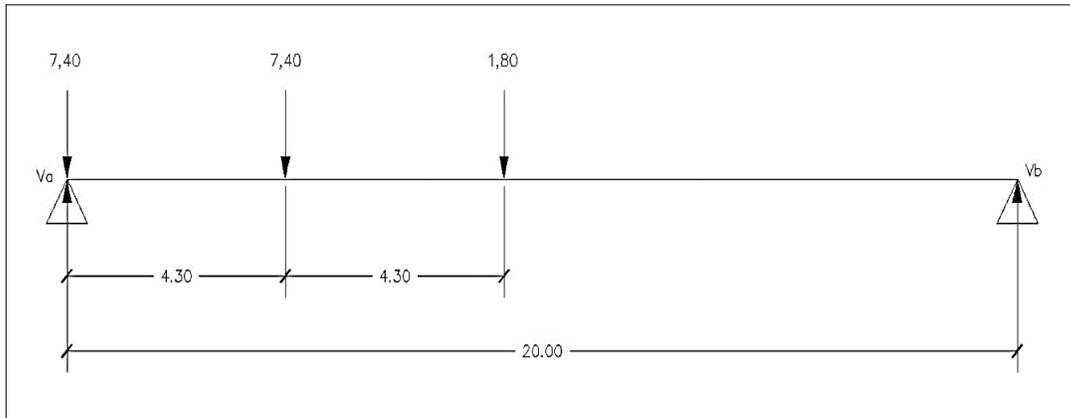
$$V_{cm} = \frac{2\,520,00 * 20}{2} + \frac{3(1\,620)}{2}$$

$$V_{cm} = 27\,630,00 \text{ kg}$$

- Esfuerzo cortante por carga viva

Se realizará consideraciones de carga para que se produzca el esfuerzo a corte máximo, la posición de la carga para que esto ocurra se da cuando la carga del eje más pesado se encuentra sobre el apoyo y la carga del eje menos pesado se encuentra dentro de la estructura, como se puede observar en la figura 16.

Figura 29. **Posición de carga viva (HL-93) para que ocurra el cortante máximo**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

$$\sum \mathcal{U} + \sum M_b = 0$$

$$1,80(20 - 8,60) + 7,40(20 - 4,30) + 7,40(20) - V_a(20) = 0$$

$$V_a = 14,235 \text{ ton} \approx 14\,235,00 \text{ kg}$$

$$\uparrow + \sum F_y = 0$$

$$V_a + V_b - 7,40 - 7,40 - 1,80 = 0$$

$$V_b = 2,37 \text{ ton} \approx 2\,370,00 \text{ kg}$$

- Esfuerzo cortante último

$$V_u = 1,30 * \left[V_{cm} + \frac{5}{3} (V_{cv} * I * F_D) \right]$$

$$V_u = 1,30 * \left[27\,630,00 + \frac{5}{3} (14\,235,00 * 1,30 * 1,45) \right]$$

$$V_u = 94\,057,11 \text{ kg}$$

- Cortante que resiste el concreto

$$V_{CR} = 0,53 * \varphi * b * d * \sqrt{f'_c}$$

Donde:

V_{CR} = corte que resiste el concreto

φ = factor de redundancia (0,85)

$$V_{CR} = 0,53 * 0,85 * 40 * 123,21 * \sqrt{281}$$

$$V_{CR} = 37\ 218,07\ kg$$

Si el cortante último es mayor al cortante que resiste el concreto se debe reforzar a corte, se determinó que $V_u > V_{CR}$. El espaciamiento de los estribos en área confinada se calcula con la siguiente expresión:

$$S = \frac{2 * A_v * f_y * d}{V_n - V_{CR}}$$

Donde:

A_v = área de varilla núm. 4 ($A_v = 1,27\ cm^2$)

$$V_n = \frac{V_u}{0,85}$$

$$V_n = \frac{94\ 057,11}{0,85}$$

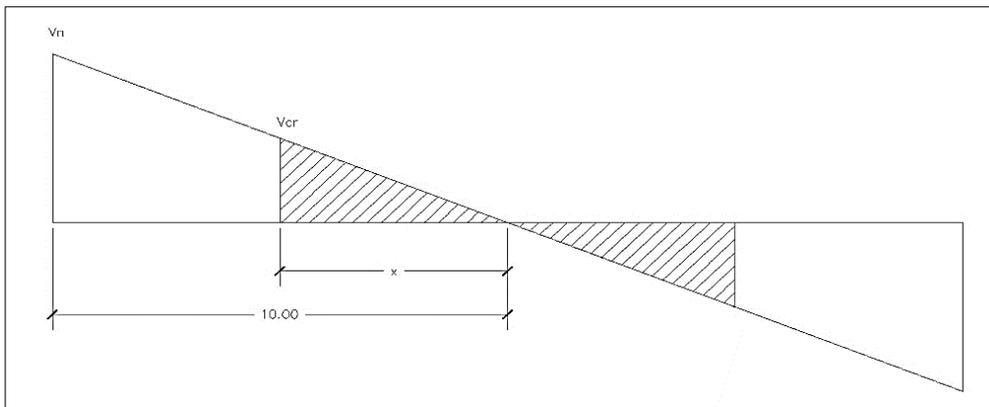
$$V_n = 110\ 655,43\ kg$$

$$S = \frac{2 * 1,27 * 4 200 * 123,21}{110 655,43 - 37 218,07} = 17,89 \text{ cm}$$

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

Se colocará el primer estribo a 5 cm y el resto @ 15 cm.

Figura 30. **Diagrama de corte que resiste el concreto**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

X = distancia que resiste el concreto, área que no necesita refuerzo a corte y según ACI el espaciamiento será $d/2$ pero no mayor a 30 cm.

$$\frac{x}{V_{CR}} = \frac{10}{V_n}$$

$$x = \frac{10}{110 655,43} * 37 218,07$$

$$x = 3,36 \text{ m}$$

$$S_{max} = \frac{d}{2}$$

$$S_{max} = \frac{123,21}{2} = 61,61 \text{ cm}$$

Se utilizará $S = 30 \text{ cm}$

Se encontrará un segundo valor V a una distancia de 3 metros, medidos a partir del apoyo.

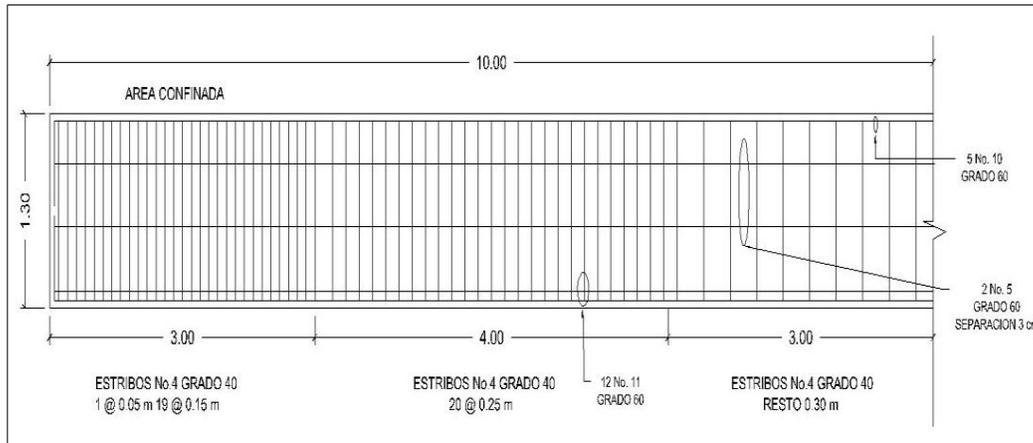
$$\frac{V}{7} = \frac{110\,655,43}{10}$$

$$V = 77\,458,81 \text{ kg}$$

$$S = \frac{2 * 1,27 * 4\,200 * 123,21}{(77\,458,81 / 0,85) - 37\,218,07} = 24,38 \text{ cm}$$

Se colocarán estribos @ 20 cm.

Figura 31. Armado de viga interior, confinamiento de estribos



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

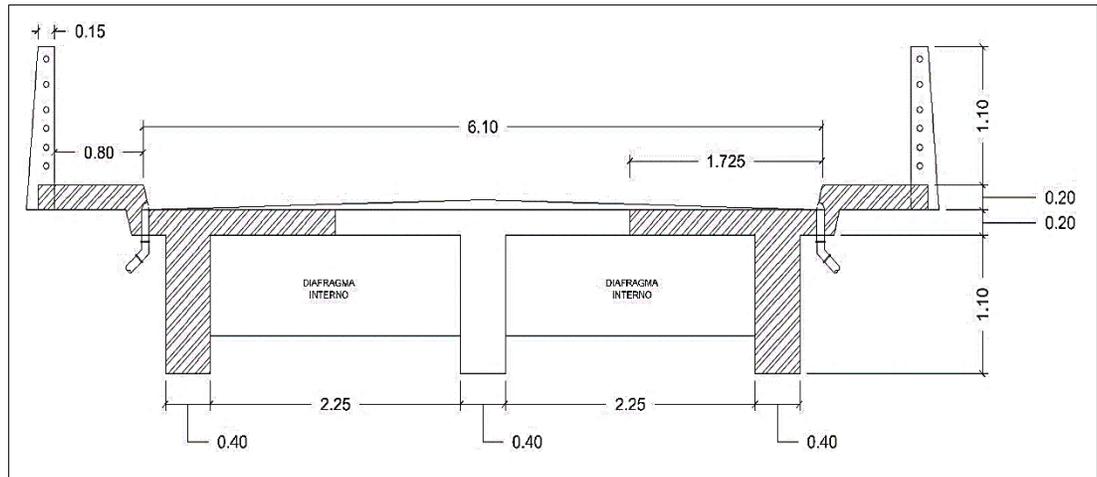
2.2.7.2. Viga exterior

Elemento estructural que transmite las cargas muertas y vivas hacia los extremos donde se encuentran las vigas de apoyo y estribos.

2.2.7.2.1. Cálculo de momento por carga muerta

- Análisis para carga muerta

Figura 32. Área tributaria de viga exterior



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

$$W_{losa} = \left(2\,400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) (0,20 \text{ m})(1,725 \text{ m}) = 828,00 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

$$W_{viga} = \left(2\,400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) (0,40 \text{ m})(1,30 \text{ m}) = 1\,248 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

$$W_{banqueta} = \left(2\,400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) (0,80 \text{ m})(0,20 \text{ m}) = 384 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

$$W_{poste} = \left(2\,400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) (0,15 \text{ m})(1,10 \text{ m}) = 396 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

$$W_{carga\ peatonal} = \left(367,09 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \right) (1,00 \text{ m}) = 367,09 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

$$W_{barandal} = 40 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

$$W_{cm} = 3\,263,09 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

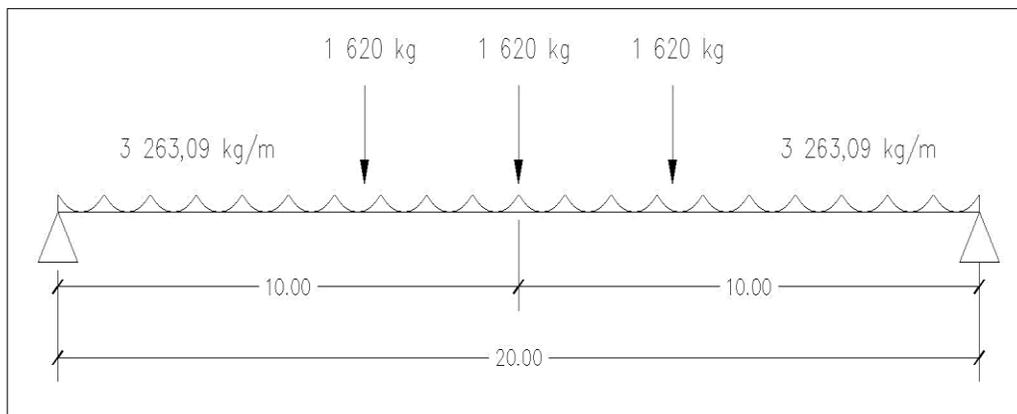
- Peso de los diafragmas
- Diafragma externo

$$P_{DE} = \left(2\,400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) (0,65 \text{ m})(0,30 \text{ m})(2,25 \text{ m}) = 1\,053 \text{ kg}$$

- Diafragma interno

$$P_{DI} = \left(2\,400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) (1,00 \text{ m})(0,30 \text{ m})(2,25 \text{ m}) = 1\,620 \text{ kg}$$

Figura 33. **Representación de carga muerta para viga exterior**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

- Cálculo de momento

$$M_{max_{CM}} = \frac{WL^2}{8} + (P * a)$$

Donde:

W = carga muerta distribuida (3 263,09 kg/m)

L = longitud del puente (20 metros)

P = carga puntual producida por el diafragma (1 620 kg)

a = distancia entre diafragmas (6,65 metros)

$$M_{max_{CM}} = \frac{(3\,263,09)(20)^2}{8} + (1\,620 * 6,45)$$

$$M_{max_{CM}} = 173\,927,50 \text{ kg} \cdot \text{m} \approx 173,93 \text{ ton} \cdot \text{m}$$

2.2.7.2.2. Cálculo de momento por carga viva

Para analizar la viga exterior se implementó el mismo análisis que se aplicó en la viga interior, los resultados son iguales debido a que las vigas tienen la misma longitud, sección y están sometidas a la misma carga viva.

- Momento para carga viva:

$$M_D = 63,74 \text{ ton} \cdot \text{m} ; I = 30 \% ; FD = 45 \%$$

- Cálculo de momento total

$$M_u = 1,30 * \left[M_{cm} + \frac{5}{3} (M_{cv} * I * F_D) \right]$$

$$M_u = 1,30 * \left[173,93 + \frac{5}{3} (63,74 * 1,30 * 1,45) \right]$$

$$M_u = 486,43 \text{ ton} \cdot \text{m}$$

2.2.7.2.3. Cálculo del acero de refuerzo

- Acero requerido

Se propone utilizar varillas núm. 11 ($\phi = 3,58 \text{ cm}$ y $A_v = 10,06 \text{ cm}^2$)

$$d = 130 - 5 - \frac{3,58}{2}$$

$$d = 123,21 \text{ cm}$$

$$A_s = \left[bd - \sqrt{(bd)^2 - \frac{M_u * b}{0,003825 f'_c}} \right] * \frac{0,85 f'_c}{f_y}$$

$$A_s = \left[(40 * 123,21) - \sqrt{(40 * 123,21)^2 - \frac{486\,430 * 40}{0,003825 (281)}} \right] * \frac{0,85(281)}{4\,200}$$

$$A_s = 138,82 \text{ cm}^2$$

- Acero mínimo

$$A_{s_{min}} = \frac{0,8\sqrt{f'_c}}{f_y} * bd \geq \frac{14,1}{f_y} * bd$$

$$A_{s_{min}} = \frac{0,8\sqrt{281}}{4\ 200} * (40 * 123,21) \geq \frac{14,1}{4\ 200} * (40 * 123,21)$$

$$A_{s_{min}} = 15,74\ cm^2 \geq 16,55\ cm^2$$

- Acero máximo

$$A_{max} = 0,5 * \rho_b * b * d$$

$$\rho_b = \frac{0,85 * \beta * f'_c * 6\ 120}{f_y * (6\ 120 + f_y)}$$

$$\beta = 0,85 \rightarrow \text{si } 0\ kg/cm^2 < f'_c < 281\ kg/cm^2$$

$$\rho_b = \frac{0,85 * 0,85 * 281 * 6\ 120}{4\ 200 * (6\ 120 + 4\ 200)}$$

$$\rho_b = 0,0286$$

$$A_{s_{max}} = 0,5 * 0,0286 * 40 * 123,21$$

$$A_{s_{max}} = 70,48\ cm^2$$

Como $A_s > A_{s_{max}}$ entonces la viga debe ser doblemente forzada

- Momento que resiste el área de acero máxima

$$M_{max} = \phi \left[(A_s * f_y) * \left(d - \frac{A_s * f_y}{1,7 * f'_c * b} \right) \right]; \phi = 0,90 \text{ para flexión}$$

$$M_{max} = 0,90 \left[(70,48 * 4\ 200) * \left(123,21 - \frac{70,48 * 4\ 200}{1,7 * 281 * 40} \right) \right]$$

$$M_{max} = 286\ 976,98 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

- Momento que falta por reforzar

$$M_R = 486\ 430 - 286\ 976,98$$

$$M_R = 199\ 453,02 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

- Acero adicional

$$A_{s_{ad}} = \frac{M_R}{\phi * f_y * d}$$

$$A_{s_{ad}} = \frac{199\ 453,02 * 100}{0,90 * 4\ 200 * 123,21}$$

$$A_{s_{ad}} = 42,83 \text{ cm}^2$$

- Acero de refuerzo a tensión

$$A_{s_{ten}} = A_{s_{max}} + A_{s_{ad}}$$

$$A_{s_{ten}} = 70,48 + 42,83$$

$$A_{s_{ten}} = 113,31 \text{ cm}^2$$

Utilizando varillas número 11 ($A_v = 10,06 \text{ cm}^2$)

$$\# \text{ varillas} = \frac{113,31 \text{ cm}^2}{10,06 \text{ cm}^2} = 11,26 \approx 12 \text{ varillas núm. 11}$$

- Acero de refuerzo a compresión

$$A_{s_{comp}} = \frac{1}{3} * A_{s_{ten}}$$

$$A_{s_{comp}} = \frac{1}{3} * 113,31$$

$$A_{s_{comp}} = 37,77 \text{ cm}^2$$

Utilizando varillas número 10 ($A_v = 7,91 \text{ cm}^2$)

$$\# \text{ varillas} = \frac{37,77 \text{ cm}^2}{7,91 \text{ cm}^2} = 4,77 \approx 5 \text{ varillas núm. 10}$$

- Refuerzo extra por altura

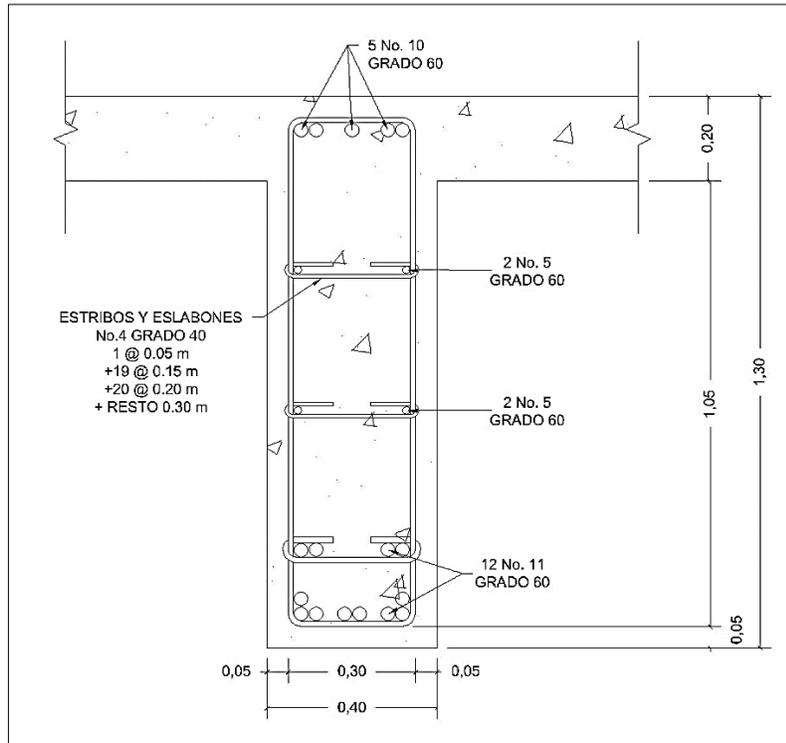
$$A_{s_{ext}} = 5,29 \text{ cm}^2 * H$$

$$A_{s_{ext}} = 5,29 \text{ cm}^2 * 1,30 \text{ m}$$

$$A_{s_{ext}} = 6,88 \text{ cm}^2$$

Se propone colocar 4 varillas núm. 5 ($A_s = 7,96 \text{ cm}^2$) en toda la longitud de la viga.

Figura 34. Armado de viga exterior



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

2.2.7.2.4. Diseño a corte

El diseño a corte se realizará con base en el artículo 5.8.2 AASHTO LRFD.

- Esfuerzo cortante por carga muerta

$$V_{cm} = \frac{W_{cm} * L}{2} + \frac{\sum P}{2}$$

Donde:

V_{cm} = corte debido a carga muerta

W_{cm} = carga muerta distribuida

L = longitud del puente

$\sum P$ = sumatoria de carga muerta de diafragmas

$$V_{cm} = \frac{(3\,263,09) * 20}{2} + \frac{3(1\,620)}{2}$$

$$V_{cm} = 35\,060,90 \text{ kg}$$

- Esfuerzo cortante por carga viva

Del análisis de la viga interior para la carga viva se obtuvieron los siguientes datos:

$$V_a = 14\,235,00 \text{ kg} ; I = 30 \% ; FD = 45 \%$$

- Esfuerzo cortante último

$$V_u = 1,30 * \left[V_{cm} + \frac{5}{3} (V_{cv} * I * FD) \right]$$

$$V_u = 1,30 * \left[35\,060,90 + \frac{5}{3} (14\,235,00 * 1,30 * 1,45) \right]$$

$$V_u = 103\,717,28 \text{ kg}$$

- Cortante que resiste el concreto

$$V_{CR} = 0,53 * \varphi * b * d * \sqrt{f'_c}$$

Donde:

V_{CR} = corte que resiste el concreto

φ = factor de redundancia (0,85)

$$V_{CR} = 0,53 * 0,85 * 40 * 123,21 * \sqrt{281}$$

$$V_{CR} = 37\ 218,07\ kg$$

Si el cortante último es mayor al cortante que resiste el concreto se debe reforzar a corte, se determinó que $V_u > V_{CR}$. El espaciamiento de los estribos en área confinada se calcula con la siguiente expresión:

$$S = \frac{2 * A_v * f_y * d}{V_n - V_{CR}}$$

Donde:

A_v = área de varilla núm. 4 ($A_v = 1,27\ cm^2$)

$$V_n = \frac{V_u}{0,85}$$

$$V_n = \frac{103\ 717,28}{0,85}$$

$$V_n = 122\,020,33 \text{ kg}$$

$$S = \frac{2 * 1,27 * 4\,200 * 123,21}{122\,020,33 - 37\,218,07} = 15,49 \text{ cm}$$

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

Se colocará el primer estribo a 5 cm y el resto @ 15 cm.

Con base en la figura 30 se calculará el valor de X que es el área que no necesita refuerzo a corte.

$$\frac{x}{V_{CR}} = \frac{10}{V_n}$$

$$x = \frac{10}{122\,020,33} * 37\,218,07$$

$$x = 3,05 \text{ m}$$

$$S_{max} = \frac{d}{2}$$

$$S_{max} = \frac{123,21}{2} = 61,61 \text{ cm}$$

Se utilizará S = 30 cm

Se encontrará un segundo valor V a una distancia de 3 metros, medidos a partir del apoyo.

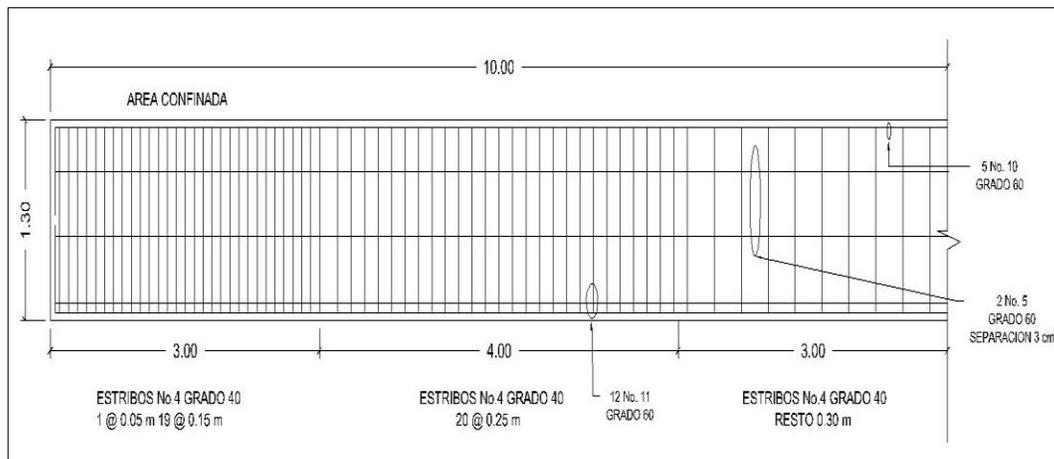
$$\frac{V}{7} = \frac{122\,020,33}{10}$$

$$V = 85\,414,23 \text{ kg}$$

$$S = \frac{2 * 1,27 * 4\,200 * 123,21}{(85\,414,23 / 0,85) - 37\,218,07} = 20,77 \text{ cm}$$

Se colocarán estribos @ 20 cm.

Figura 35. **Armado de viga exterior, confinamiento de estribos**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

2.2.7.3. Diseño de diafragmas

La función principal es dar rigidez a la superestructura y evitar el alabeo de las vigas principales. Se diseñarán dos tipos de diafragmas: los internos ubicados en la parte intermedia y externos ubicados en los extremos de la

superestructura. Los diafragmas internos deben utilizarse para luces mayores a 10 m de lo contrario se pueden utilizar únicamente diafragmas externos.

El diseño de los diafragmas se rige bajo el código 5.13.2 AASHTO LRFD y el armado longitudinal de los diafragmas está bajo los requisitos del código ACI318-11 en su capítulo 21.

- Diafragma interno

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

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

Debido a que los diafragmas internos no soportan cargas, el refuerzo a utilizar será el acero mínimo de ACI 318-11 en ambas camadas.

- Acero mínimo

$$A_{s_{min}} = \frac{0,8\sqrt{f'_c}}{f_y} * bd \geq \frac{14,1}{f_y} * bd$$

$$A_{s_{min}} = \frac{0,8\sqrt{281}}{4200} * (30 * 95) \geq \frac{14,1}{4200} * (30 * 95)$$

$$A_{s_{min}} = 9,10 \text{ cm}^2 \geq 9,57 \text{ cm}^2$$

Se utilizará como acero mínimo el mayor resultado obtenido en este caso 9,57 cm². Se colocarán 4 varillas núm. 6 ($A_s = 2,85 \text{ cm}^2$) = 11,40 cm² en ambos extremos del diafragma.

Se colocará un refuerzo extra a cada pie de altura que tenga el diafragma, con el objeto de evitar grietas en los mismos, el área del refuerzo será de $0,25 \text{ pulg}^2 = 1,91 \text{ cm}^2$ esta área se cubrirá con tres capas de 2 varillas núm. 5

- Espaciamiento

Según el código ACI318-11 en su capítulo 7, indica que el refuerzo longitudinal en vigas debe confinarse por medio de estribos transversales como mínimo núm. 3.

$$S = \frac{d - r}{2}$$

Donde:

d = peralte

r = recubrimiento

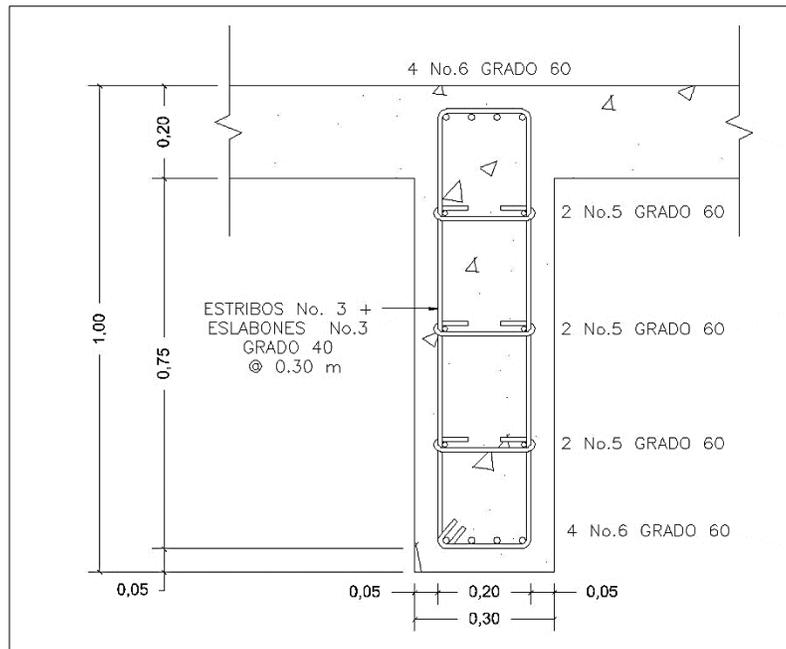
S = espaciamiento entre estribos

$$S = \frac{100 - 5}{2}$$

$$S = 47,50 \text{ cm}$$

Se colocarán estribos núm. 3 @ 0,30 m

Figura 36. **Sección de armado de diafragma interior**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

- Diafragma externo

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

$$h = 65 \text{ cm}$$

Debido a que los diafragmas externos no soportan cargas, el refuerzo a utilizar será el acero mínimo de ACI 318-11 en ambas camas.

- Acero mínimo

$$A_{s_{min}} = \frac{0,8\sqrt{f'_c}}{f_y} * bd \geq \frac{14,1}{f_y} * bd$$

$$A_{s_{min}} = \frac{0,8\sqrt{281}}{4 \cdot 200} * (30 * 60) \geq \frac{14,1}{4 \cdot 200} * (30 * 60)$$

$$A_{s_{min}} = 5,75 \text{ cm}^2 \geq 6,04 \text{ cm}^2$$

Se utilizará como acero mínimo el mayor resultado obtenido en este caso 6,04 cm². Se colocarán 4 varillas núm. 5 ($A_s = 1,97 \text{ cm}^2$) = 7,88 cm² en ambos extremos del diafragma.

Se colocará un refuerzo extra a cada pie de altura que tenga el diafragma, con el objeto de evitar grietas en los mismos, el área del refuerzo será de 0,25 pulg²=1,91 cm² esta área se cubrirá con dos camas de 2 varillas núm. 4

- Espaciamiento

Según el código ACI318-11 en su capítulo 7, indica que el refuerzo longitudinal en vigas debe confinarse por medio de estribos transversales como mínimo núm. 3.

$$S = \frac{d - r}{2}$$

Donde:

d = peralte

r = recubrimiento

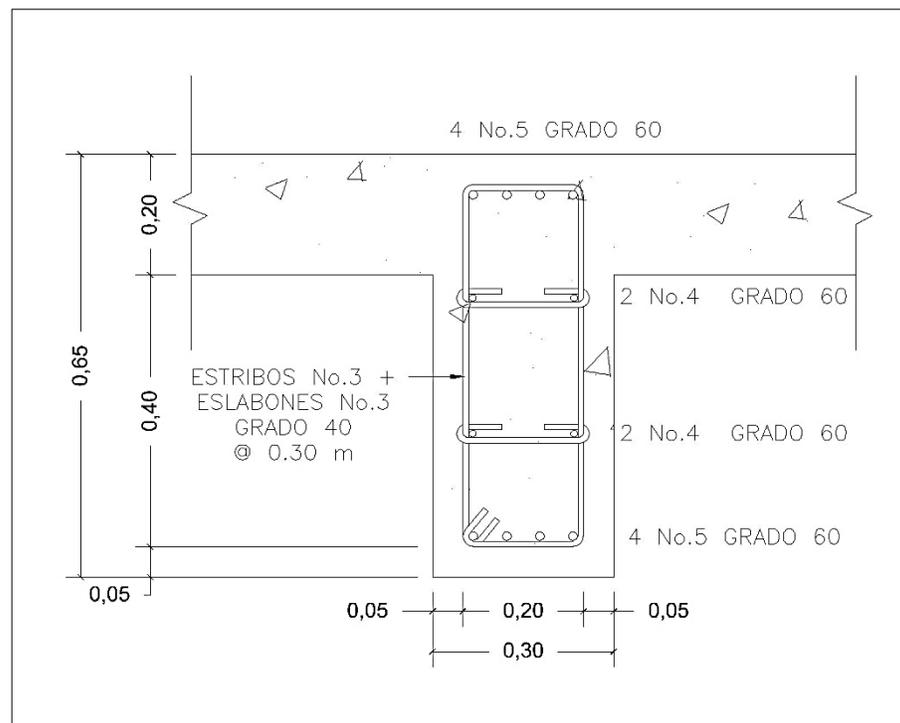
S = espaciamiento entre estribos

$$S = \frac{65 - 5}{2}$$

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

Se colocarán estribos núm. 3 @ 0,30 m

Figura 37. **Sección de armado de diafragma exterior**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

2.2.8. Diseño de la subestructura

La subestructura está compuesta por estribos, apoyos de neopreno, viga de apoyo y cortina. La subestructura es la que soporta las cargas provenientes de la superestructura transmitiéndolas hacia el suelo en donde son absorbidas y disipadas por el mismo.

2.2.8.1. Diseño de la cortina

La cortina es un elemento que resiste el peso del relleno en sentido longitudinal y su alto está en función de la viga principal del puente, dicho elemento va empotrado a la viga de apoyo. La cortina se diseñará sobre los efectos de flexión y corte. Deben considerarse fuerzas de empuje de tierra (E), fuerza longitudinal (FL) y fuerza de sismo (S) de acuerdo con AASHTO 1.2.22.

- Predimensionamiento de la cortina

El alto de la cortina depende de la altura viga principal del puente y el grosor de neopreno, y la base tiene un espesor mínimo de 30 centímetros.

Datos:

b = base de la cortina (30 cm)

h = altura de la cortina (135,2 cm)

P = carga de la llanta del camión HL-93 (7 400 kg)

γ_c = peso específico del concreto (2 400 kg/m³)

Equivalente de líquido = 480 kg/m³

Altura del equivalente del líquido de 2 pies = 0,61 m

- Presiones sobre la cortina

De acuerdo con AASHTO debe aplicarse una sobrecarga del suelo del equivalente líquido de 480 kg/m³, actuando a 2 pies (0,61 metros) sobre la superficie de rodadura.

- La presión de sobrecarga

$$P_{SC} = \text{equivalente líquido} * \text{altura de equiv. líquido}$$

$$P_{SC} = 480 * 0,61$$

$$P_{SC} = 292,80 \text{ kg/m}^2$$

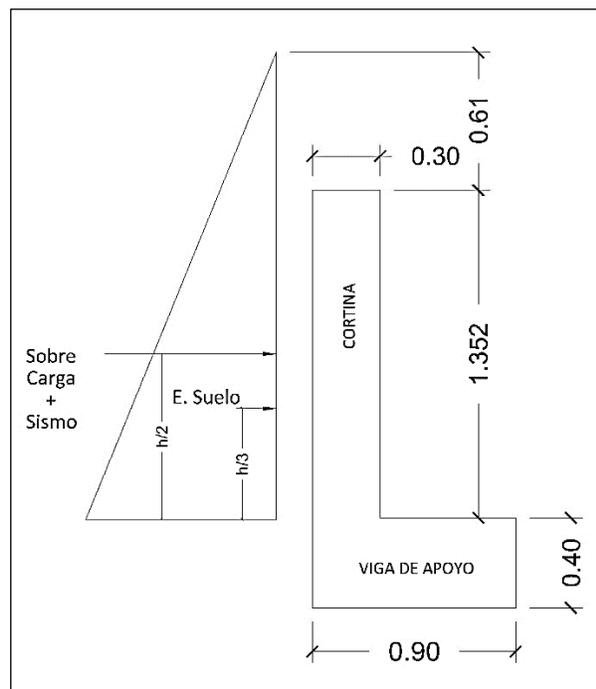
- La presión del suelo

$$P_S = \text{equivalente líquido} * h$$

$$P_S = 480 * 1,352$$

$$P_S = 648,96 \text{ kg/m}^2$$

Figura 38. **Triángulo de presiones para cortina**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

2.2.8.1.1. Cálculo del empuje del suelo

El cálculo del empuje del suelo se determinará mediante la suma de la presión del suelo al pie de la cortina y la sobrecarga.

$$E = E_{SOB} + E_S$$

$$E_{SOB} = P_S * h = 360 * 1,352 = 486,72 \text{ kg/m}$$

$$E_S = \left(P_S * \frac{h}{2} \right) = \left(360 * \frac{1,352}{2} \right) = 243,36 \text{ kg/m}$$

$$E = 486,72 + 243,36$$

$$E = 730,08 \text{ kg/m}$$

2.2.8.1.2. Cálculo de fuerza longitudinal

Esta fuerza es producida por las llantas del camión en el terraplén de acceso y que es transmitida a la cortina. La fuerza (FL) se calcula según la Norma AASHTO sección 1.2.13, la fuerza longitudinal que actuará en este elemento será del 5 % de la carga viva y se considerará una separación de ejes de 6 pies (1,83 m), por encima de la superficie de rodadura.

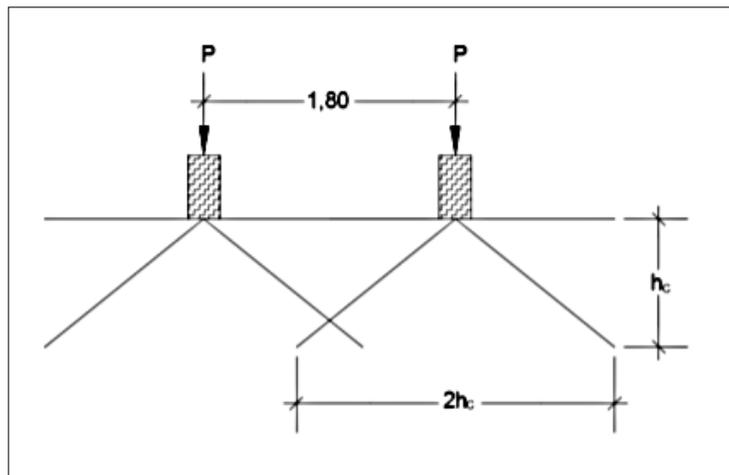
$$F_L = 0,05 * \left(\frac{P}{2h} \right)$$

$$F_L = 0,05 * \left(\frac{7\ 400}{2 * 1,352} \right)$$

$$F_L = 136,83 \text{ kg/m}$$

$$F_L = 273,66 \text{ kg/m (para dos ruedas)}$$

Figura 39. **Representación de fuerza de frenado**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

- Momento por fuerza de longitudinal

$$M_{FL} = F_L * d$$

$$M_{FL} = 273,66 * (1,80 + 1,352)$$

$$M_{FL} = 862,58 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

2.2.8.1.3. Cálculo de fuerza de sismo

Para esta fuerza se requiere que se aplique al centro de la cortina un factor de sismo que debe estar entre el 8 y 12 %, según el criterio de la sección de puentes de la Dirección General de Caminos, para este caso se tomará el mayor valor.

$$F_{sismo} = 12 \% * W$$

W = peso de la cortina

$$W = 1,352m * 0,30m * 1,00m * 2\ 400 \frac{kg}{m^3} = 973,44 \text{ kg}$$

$$F_{sismo} = 0,12 * 973,44$$

$$F_{sismo} = 116,81 \text{ kg}$$

- Momento por fuerza de sismo

$$M_{sismo} = 116,81 * \left(\frac{1,352}{2}\right)$$

$$M_{sismo} = 78,96 \text{ kg} \cdot m$$

2.2.8.1.4. Cálculo del momento de diseño

Para el cálculo del momento máximo de empotramiento se utilizarán grupos de carga, según AASHTO 3.22.1, cuando existe sismo se deben de comparar las ecuaciones del grupo III y IV para aplicar el más crítico de estos dos.

$$M_{E.sob} = 486,72 * \frac{1,352}{2} = 329,02 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

$$M_{E.s} = 243,36 * \frac{1,352}{3} = 109,67 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

$$\text{Grupo III} = 1,30 (M_{E.sob} + M_{E.s} + M_{FL})$$

$$\text{Grupo III} = 1,30 (329,02 + 109,67 + 862,58)$$

$$\text{Grupo III} = 1\ 691,65 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

$$\text{Grupo IV} = 1,30 (M_{E.sob} + M_{E.s} + M_{sismo})$$

$$\text{Grupo IV} = 1,30 (329,02 + 109,67 + 78,96)$$

$$\text{Grupo IV} = 672,95 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

El momento de diseño será el mayor de los anteriores, por lo cual se utilizará el valor del grupo III (1 691,65 kg·m) que es el más crítico.

2.2.8.1.5. Cálculo del refuerzo

- Acero requerido

Datos:

$$M_u = 1\ 691,65 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

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

$$d = 24,21 \text{ cm (utilizando varillas núm. 5; } \phi=1,59 \text{ cm)}$$

$$r = 5 \text{ cm}$$

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

$$f_y = 4\ 200 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_s = \left[bd - \sqrt{(bd)^2 - \frac{M_u * b}{0,003825 f'_c}} \right] * \frac{0,85 f'_c}{f_y}$$

$$A_s = \left[(100 * 24,21) - \sqrt{(100 * 24,21)^2 - \frac{1\ 691,65 * 100}{0,003825 * 281}} \right] * \frac{0,85 * 281}{4\ 200}$$

$$A_s = 1,86\ cm^2$$

- Acero mínimo

$$A_{smin} = \frac{0,8\sqrt{f'_c}}{f_y} * bd \geq \frac{14,1}{f_y} * bd$$

$$A_{smin} = \frac{0,8\sqrt{281}}{4\ 200} * (100 * 24,21) \geq \frac{14,1}{4\ 200} * (100 * 24,21)$$

$$A_{smin} = 7,73\ cm^2 \geq 8,13\ cm^2$$

Se utiliza el área de acero mínimo ya que $A_{smin} > A_s$. Se usará hierro número 5 grado 60 colocadas a cada cara lateral de la cortina y luego se calcula el espaciamiento a través de una regla de 3.

$$8,13 \text{ ----- } 100\ cm$$

$$1,59 \text{ ----- } S$$

$$S = \frac{1,59 * 100}{8,13} = 19,55\ cm \approx 15\ cm$$

Se utilizará hierro número 5 grado 60 con un espaciamiento entre varillas de 15 cm.

- Revisión por corte (AASHTO 3.22.1)

$$\begin{aligned}\text{Grupo III} &= 1,30 (E_{SC} + E_S + FL) \\ \text{Grupo III} &= 1,30 (486,72 + 243,36 + 273,66) \\ \text{Grupo III} &= 1\,304,86 \text{ kg} \cdot \text{m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Grupo IV} &= 1,30 (E_{SC} + E_S + F_{\text{sismo}}) \\ \text{Grupo IV} &= 1,30 (486,72 + 243,36 + 116,81) \\ \text{Grupo IV} &= 1\,100,96 \text{ kg} \cdot \text{m}\end{aligned}$$

El corte será el de mayor valor de los anteriores, por lo cual se utilizará el valor del grupo III (1 304,86 kg·m) que es el más crítico.

- Refuerzo por corte

$$\begin{aligned}V_{CR} &= 0,53 * \varphi * b * d * \sqrt{f'_c} \\ V_{CR} &= 0,53 * 0,85 * 100 * 24,21 * \sqrt{281} \\ V_{CR} &= 18\,282,80 \text{ kg}\end{aligned}$$

Como $V_{CR} > V_{G,III}$, se colocarán estribos a $d/2$.

$$\frac{24,21}{2} = 12,11 \text{ cm} \approx 10 \text{ cm}$$

Se utilizará estribos núm. 3 @ 10 cm

2.2.8.2. Diseño de viga de apoyo

La viga de apoyo va unida a la cortina y está apoyada a lo largo del estribo. El refuerzo longitudinal es mínimo para la viga de apoyo, para el refuerzo transversal se utilizará estribos separados a $h/2$ para el corte y la altura mínima es de 40 centímetros.

Datos:

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

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

$$r = 5 \text{ cm}$$

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

$$f_y = 4\,200 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_{s_{min}} = \frac{0,8\sqrt{f'_c}}{f_y} * bd \geq \frac{14,1}{f_y} * bd$$

$$A_{s_{min}} = \frac{0,8\sqrt{281}}{4\,200} * (90 * 40) \geq \frac{14,1}{4\,200} * (90 * 40)$$

$$A_{s_{min}} = 11,49 \text{ cm}^2 \geq 12,08 \text{ cm}^2$$

Se utilizarán 6 varillas número 5 grado 60 en cada cara lateral de la viga de apoyo.

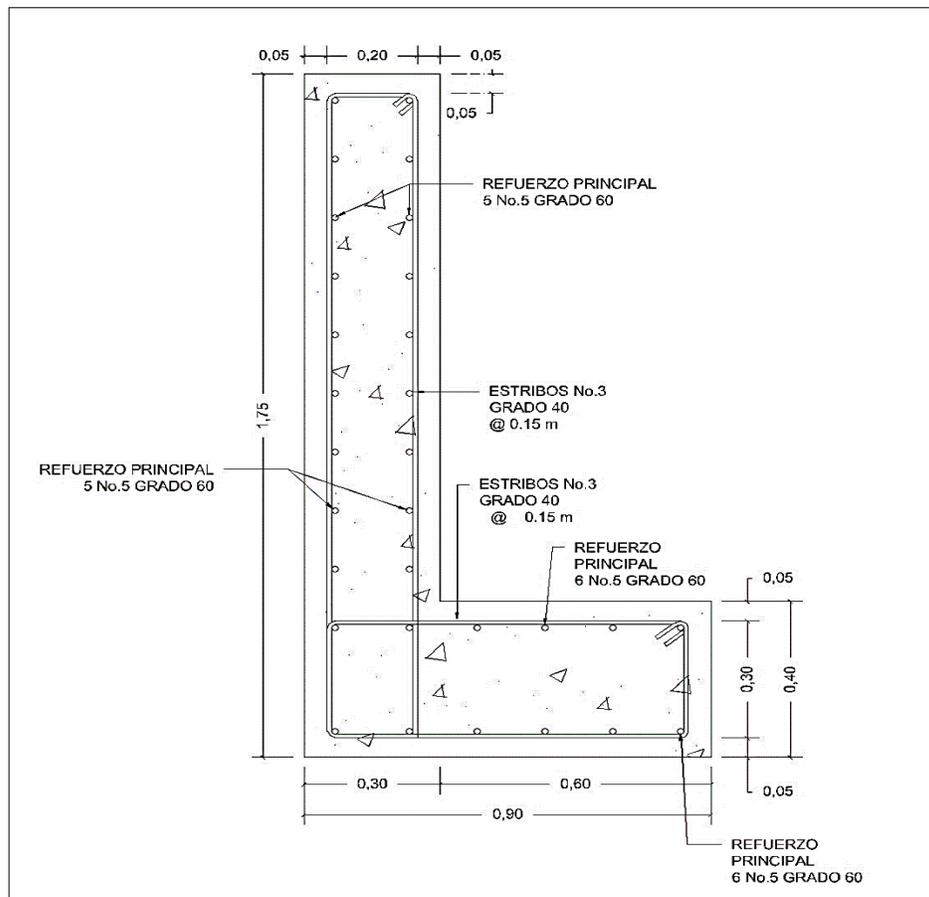
- Refuerzo por corte

Para el refuerzo por corte se deberá colocar el refuerzo mínimo y espaciamiento máximo, pero no menor de $h/2$ por seguridad.

$$S_{min} = \frac{h}{2} = \frac{40 - 8}{2} = 16 \text{ cm}$$

Se utilizarán estribos número 3 grado 40 separados a cada 15 cm.

Figura 40. **Detalle de armado de cortina y viga de apoyo**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

2.2.8.3. Diseño de apoyos de neopreno

El apoyo elastómero o neopreno por lo general está compuesto de materiales metálicos y elastómeros, su función principal es transmitir cargas y evitar posibles deslizamientos.

El neopreno permite distribuir las cargas en la estructura de apoyo y absorbe las irregularidades de la superficie y el acero aporta resistencia al corte que se produce. Estos apoyos se ubican entre la superestructura y subestructura del puente.

El diseño se basará en AASHTO LRFD 14.7.5. El elastómero por utilizar es de tipo SHORE A 60 según la tabla 14.7.6.2-1 de la misma guía.

- Cálculo de esfuerzos a compresión

$$\sigma_p = \frac{8ab}{t + ab}$$

$$\sigma_r = \frac{P}{ab}$$

Datos:

σ_p = esfuerzo máximo permisible a compresión

σ_r = esfuerzo admisible del acero

a = ancho del neopreno (50 cm)

b = base del neopreno (50 cm)

t = espesor de lámina (1,3 cm)

P = cortante ultimo de viga (106 499,93 kg)

$$\sigma_p = \frac{8 * 50 * 50}{1,30 + (50 * 50)} = 7,99 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_r = \frac{106\,499,93}{50 * 50} = 42,60 \text{ kg/cm}^2$$

Según AASHTO permite un esfuerzo máximo de 100 kg/cm², como se puede observar los dos esfuerzos calculados son menores al valor máximo permitido.

En el desplazamiento horizontal se utiliza la ley de Hooke, donde $\sigma_f = 1\,700 \text{ kg/cm}^2$

- Desplazamiento horizontal

$$\Delta_{ET} = \frac{\sigma_f}{E} * L$$

Datos:

$$E = 2,1 \times 10^6$$

$L =$ longitud del puente (2 000 cm)

$$\Delta_{ET} = \frac{1\,700}{2,1 \times 10^6} * 2\,000$$

$$\Delta_{ET} = 1,61 \text{ cm}$$

- Deformación por carga muerta

$$\Delta_{CM} = \frac{\Delta_{ET} * M_{CM}}{M_{CM} + M_{CV+I}}$$

$$\Delta_{CM} = \frac{1,61 * 183,09}{183,09 + 82,86}$$

$$\Delta_{CM} = 1,11 \text{ cm}$$

- Deformación por contracción

$$\Delta_C = 0,000165 * l$$

$$\Delta_C = 0,000165 * 2\ 000$$

$$\Delta_C = 0,33 \text{ cm}$$

- Deformación por temperatura

$$\Delta_t = 0,000011 * D^\circ * L$$

$$\Delta_t = 0,000011 * 10\ ^\circ\text{C} * 2\ 000$$

$$\Delta_t = 0,22 \text{ cm}$$

- Deformación máxima (contracción)

$$\Delta_{max} = \Delta_{CM} - (\Delta_C + \Delta_t)$$

$$\Delta_{max} = 1,11 - (0,33 + 0,22)$$

$$\Delta_{max} = 0,56 \text{ cm}$$

- Deformación por dilatación

$$\Delta_D = (\Delta_{ET} + \Delta_t) - \Delta_C$$

$$\Delta_D = (1,61 + 0,22) - 0,33$$

$$\Delta_D = 1,50 \text{ cm}$$

- Chequeo del espesor de los apoyos

$$\frac{\Delta_L}{T} \leq 0,5$$

Donde:

Δ_L = máximo desplazamiento horizontal (1,50 cm)

T = espesor total del neopreno

$$T = 2 \text{ capas externas} + 1 \text{ capa interna} + 2 \text{ placas}$$

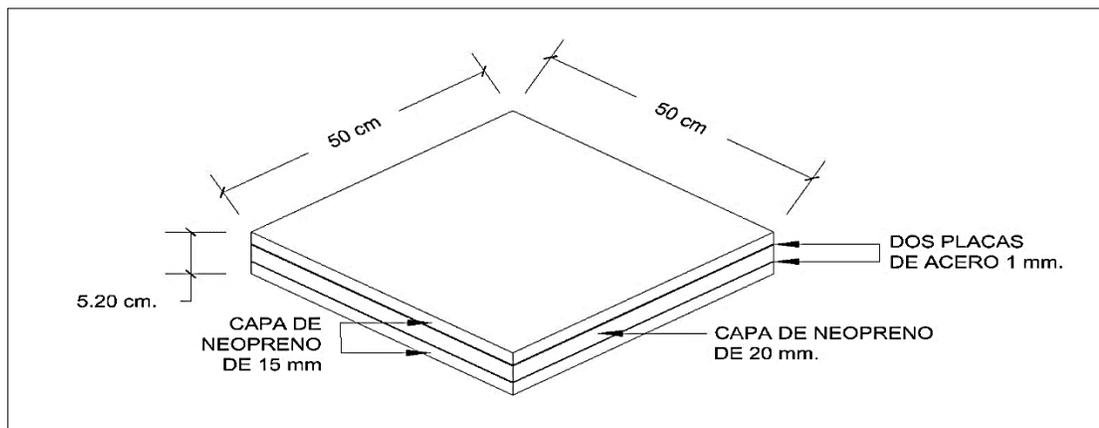
$$T = 2 * (15 \text{ mm}) + 1 * (20 \text{ mm}) + 2 * (1 \text{ mm})$$

$$T = 52 \text{ mm} \approx 5,2 \text{ cm}$$

$$\frac{1,50}{5,2} \leq 0,5$$

$$0,29 \leq 0,5 \text{ ok!}$$

Figura 41. **Detalle de neopreno reforzado**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

2.2.8.4. Diseño de junta de dilatación

Estas son aberturas que están localizadas entre las orillas de los extremos de la superestructura y las orillas superiores de la subestructura, por lo que los extremos de la superestructura no colisionan con las paredes verticales de la subestructura. Las juntas de dilatación se encuentran en la superficie de la carretera entre la losa del puente y el muro de la subestructura.

El objetivo principal de las juntas es permitir el movimiento de expansión y contracción de la superestructura, ocasionado principalmente por los efectos de los cambios de temperatura. La junta de dilatación se diseñará utilizando el método simplificado para estimar la magnitud del movimiento dada por la siguiente función:

$$HM = L * T_r * C_t * \text{sen}\alpha * T_n$$

Donde:

HM = movimiento total horizontal

L = longitud de la superestructura que contribuye al movimiento (en pulg)

T_r = rango de temperatura del concreto

C_t = coeficiente de expansión térmica del concreto

α = ángulo comprendido entre la línea central de la carretera y la junta

T_n = factor empírico tomado para el concreto

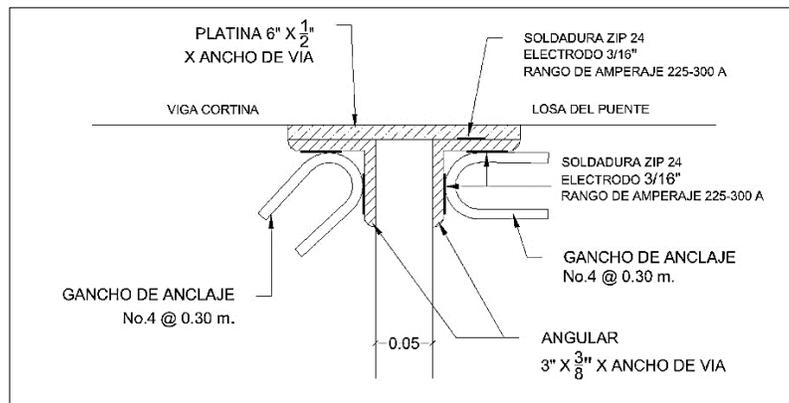
$$L = 2\,000\text{ cm} \approx 787,40\text{ pulgadas}$$

$$HM = 787,40 * 90\text{ °C} * 0,000006 * \text{sen}(90) * 2$$

$$HM = 0,85\text{ pulg}$$

Como el movimiento total horizontal ha sido de 0,85 pulg el tipo de junta de dilatación a utilizar será una junta abierta con sellador vertido.

Figura 42. **Detalle de junta de dilatación**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

2.2.8.5. **Diseño de estribos**

Los estribos son elementos de protección contra la erosión que se localizan en los extremos de la estructura y proporcionan apoyo lateral para el material de relleno sobre cual descansa el camino inmediatamente al puente, su función principal soportar la superestructura. Estos transmiten la carga que reciben de los elementos del puente al terreno de cimentación.

Las especificaciones generales para la construcción de carreteras y puentes mejor conocido como el libro azul de caminos indica que la piedra se deberá colocar cuidadosamente, preferiblemente a mano, sin dejarla caer o tirarla para no causar daños. Todas las piedras deben limpiarse y mojarse con agua limpia antes de colocarlas para evitar que estas absorban agua del concreto.

El estribo actúa con su propio peso por medio de la gravedad para resistir fuerzas laterales que en el actúen. El predimensionamiento del estribo dependerá de la altura de la crecida máxima.

Para el diseño se utilizará AASHTO LRFD capítulo 11, el estribo estará construido de concreto ciclópeo debido a que el material tiene un mayor acceso al sector, el concreto ciclópeo comprenderá de un 67 % piedra y 33 % mortero.

Datos:

γ_c = peso específico del concreto de 2 400 kg/m³

γ_s = peso específico del suelo de 1 140 kg/m³

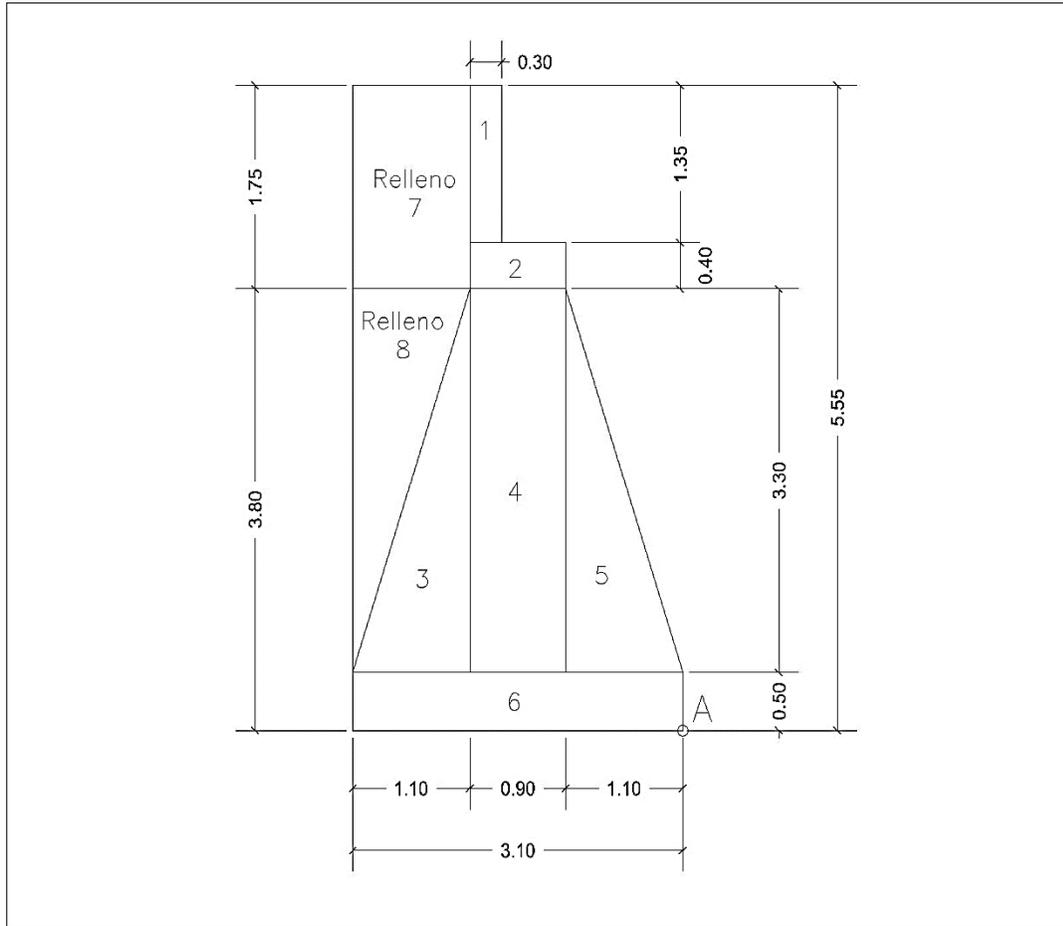
γ_{cc} = peso específico del concreto ciclópeo de 2 500 kg/m³

C_u = cohesión del suelo de 1,60 ton/m²

Equivalente de líquido = 480 kg/m³

Altura del equivalente del líquido de 2 pies por sobrecarga = 0,61 m

Figura 43. Geometría del estribo



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

De acuerdo con AASHTO debe aplicarse una sobrecarga del suelo del equivalente líquido de 480 kg/m³, actuando a 2 pies (0,61 metros) sobre la superficie de rodadura.

2.2.8.5.1. Cálculo del momento de volteo

- Sobrecarga

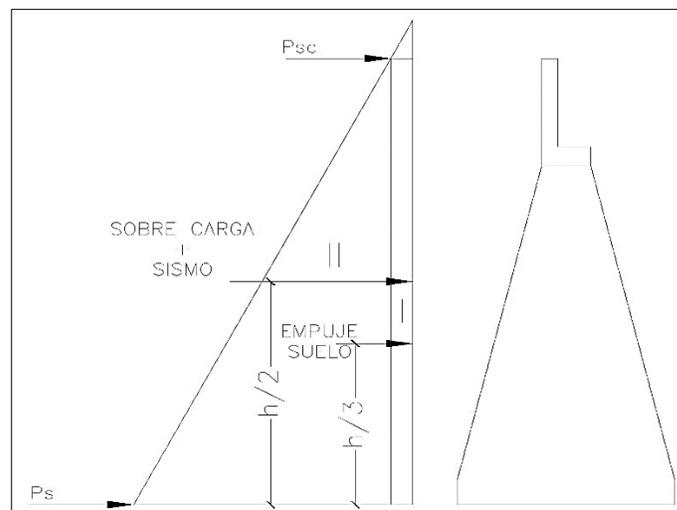
$$P_{SC} = 480 * 0,61$$
$$P_{SC} = 292,80 \text{ kg/m}^2$$

- Presión del suelo

$$P_S = 480 * 5,552$$
$$P_S = 2\,664,96 \text{ kg/m}^2$$

- Empuje y momento de volteo

Figura 44. Presiones del suelo y sismo que afectan el estribo



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

Tabla X. Empuje y momento de volteo del estribo

Sección	Presión (kg/m ²)	Altura (m)	Empuje (kg/m)	Brazo (m)	Momento (kg-m/m)
I	292,80	5,552	1 625,63	2,78	4 519,25
II	2 664,96	2,78	7 408,59	1,85	13 705,89
		E	9 034,22	Mv	18 225,14

Fuente: elaboración propia.

2.2.8.5.2. Cálculo del momento estabilizante

Es producido por el peso de la estructura y por el relleno. Se calcula respecto al punto A, mostrado en la figura 42.

Tabla XI. Momento estabilizante del estribo

Sección	Peso específico (kg/m ³)	Área (m ²)	Peso (kg/m)	Brazo (m)	Momento (kg-m/m)
1	2 400	0,41	984,00	2,00	1 968,00
2	2 400	0,36	864,00	1,55	1 339,20
3	2 500	1,82	4 550,00	2,37	10 783,50
4	2 500	2,97	7 425,00	1,55	11 508,75
5	2 500	1,82	4 550,00	0,73	3 321,50
6	2 500	1,55	3 875,00	1,55	6 006,25
7	1 440	1,93	2 779,20	2,55	7 086,96
8	1 440	1,82	2 620,80	2,73	7 154,78
		W	27 648,00	ME	49 168,94

Fuente: elaboración propia.

2.2.8.5.3. Revisión del muro sin superestructura

- Volteo

$$\text{Volteo} = \frac{M_E}{M_V} \geq 1,5$$

$$\text{Volteo} = \frac{49\,168,94}{18\,225,14} = 2,69 \geq 1,5 \rightarrow \text{OK!}$$

- Deslizamiento

$$\text{Deslizamiento} = 0,50 * \left(\frac{W}{E}\right) \geq 1,5$$

$$\text{Deslizamiento} = 0,50 * \left(\frac{27\,648}{9\,034,22}\right) = 1,53 \geq 1,5 \rightarrow \text{OK!}$$

- Presiones máximas y mínimas

$$a = \frac{M_E - M_V}{W}; 3a > b$$

$$e = \frac{B}{2} - a$$

$$P_{max} = \frac{W}{B} * \left(1 + \frac{6e}{B}\right) < V_s$$

$$P_{min} = \frac{W}{B} * \left(1 - \frac{6e}{B}\right) > 0$$

Sustituyendo

$$a = \frac{49\,168,94 - 18\,225,14}{27\,648,00} = 1,12; 3(1,12) > 3,10 \rightarrow OK!$$

$$e = \frac{3,10}{2} - 1,12 = 0,43$$

$$P_{max} = \frac{27\,648,00}{3,10} * \left(1 + \frac{6(0,43)}{3,10}\right) = 16\,341,38 \text{ kg/m}^2 < 38,31 \text{ ton/m}^2$$

$$P_{min} = \frac{27\,648,00}{3,10} * \left(1 - \frac{6(0,43)}{3,10}\right) = 1\,496,04 \text{ kg/m}^2 > 0$$

2.2.8.5.4. Revisión del muro con superestructura y carga viva

Nota: se utiliza el valor de cortante último que se calcularon para el diseño a corte de la viga, recordando que las cargas calculado para el cortante último se utiliza para las dos vigas externas.

- Carga

$$W_2 = \frac{\sum V_u}{L}$$

Donde:

W_2 = peso de la superestructura distribuido en la base del estribo

$\sum V_u$ = sumatoria de cortante ultimo calculado para el diseño de vigas

L = longitud de la base del estribo donde se apoyan las vigas = 8 m

$$W_2 = \frac{2 * (106\,499,93) + 98\,162,61}{8} = 38\,895,31 \text{ kg/m}$$

- Momento

El brazo es la base del estribo dividido 2

$$M_{E2} = W_2 * \frac{B}{2}$$

$$M_{E2} = 38\,895,31 * \frac{3,10}{2} = 60\,287,73 \text{ kg} \cdot \text{m}/\text{m}$$

- Revisión de presiones máximas y mínimas

$$M_{Total} = M_E + M_{E2}$$

$$M_{Total} = 49\,168,94 + 60\,287,73$$

$$M_{Total} = 109\,456,67 \text{ kg} \cdot \text{m}/\text{m}$$

$$W_{Total} = W + W_2$$

$$W_{Total} = 27\,648,00 + 38\,895,31$$

$$W_{Total} = 66\,543,31 \text{ kg}/\text{m}$$

$$a = \frac{M_{Total} - M_V}{W_{Total}}; 3a > b$$

$$a = \frac{109\,456,67 - 18\,225,14}{66\,543,31} = 1,37; 3(1,37) > 3,10 \rightarrow OK!$$

$$e = \frac{B}{2} - a = \frac{3,10}{2} - 1,37 = 0,18$$

$$P_{max} = \frac{66\,543,31}{3,10} * \left(1 + \frac{6(0,18)}{3,10}\right) = 28\,943,92 \text{ kg/m}^2 < 38,31 \text{ ton/m}^2$$

$$P_{min} = \frac{66\,543,31}{3,10} * \left(1 - \frac{6(0,18)}{3,10}\right) = 13\,987,25 \text{ kg/m}^2 > 0$$

2.2.8.5.5. Revisión del muro con sismo (sin carga viva)

Para este chequeo se debe incluir los cortantes generados por la carga muerta, tanto en viga interior como exterior, para efectos de sismo se aplicará el 8 % recomendado por DGC.

- Carga distribuida y momento

$$V_{CM} = \frac{1,30 * \sum V_{DC}}{L} = \frac{1,30 * (2 * (37\,201,40) + 30\,788)}{8}$$

$$V_{CM} = 17\,093,51 \text{ kg/m}$$

$$M_{CM} = V_{CM} * \frac{B}{2} = 17\,093,51 * \frac{3,10}{2}$$

$$M_{CM} = 26\,494,93 \text{ kg} \cdot \text{m/m}$$

- Carga distribuida y momento totales

$$M_{EV} = M_E + M_{CM}$$

$$M_{EV} = 49\,168,94 + 26\,494,93$$

$$M_{EV} = 75\,663,87 \text{ kg} \cdot \text{m}/\text{m}$$

$$W_V = W + V_{CM}$$

$$W_V = 27\,648,00 + 17\,093,51$$

$$W_V = 44\,741,51 \text{ kg}/\text{m}$$

- Fuerza horizontal

Se considera el 8 % de sismo para la carga total (W_V)

$$F_H = 1,08E + 0,08W_V$$

$$F_H = 1,08(9\,034,22) + 0,08(44\,741,51)$$

$$F_H = 13\,336,28 \text{ kg}/\text{m}$$

- Momento por sismo

Tabla XII. **Momento de volteo en el sentido horizontal del estribo**

Sección	Peso específico (kg/m ³)	Área (m ²)	Peso (kg/m)	Brazo (m)	Momento (kg-m/m)
1	2 400	0,41	984,00	4,88	4 801,92
2	2 400	0,36	864,00	4,00	3 456,00
3	2 500	1,82	4 550,00	1,60	7 280,00
4	2 500	2,97	7 425,00	2,15	15 963,75
5	2 500	1,82	4 550,00	1,60	7 280,00
6	2 500	1,55	3 875,00	0,25	968,75
7	1 440	1,93	2 779,20	4,68	13 006,66
8	1 440	1,82	2 620,80	2,70	7 076,16
		W	27 648,00	Mh	59 833,24

Fuente: elaboración propia

$$M_{hs} = 0,08 * M_h$$

$$M_{hs} = 0,08 * 59\,833,24$$

$$M_{hs} = 4\,786,66 \text{ kg} \cdot \text{m}/\text{m}$$

- Momento de volteo por fuerza horizontal

$$M_{VH} = 1,08 * M_V + 0,08 * V_{CM} * \text{Brazo horizontal} + M_{hs}$$

$$M_{VH} = 1,08 * 18\,225,14 + 0,08 * 17\,093,50 * 4,20 + 4\,786,66$$

$$M_{VH} = 30\,213,23 \text{ kg} \cdot \text{m}/\text{m}$$

- Chequeo

- Volteo

$$\text{Volteo} = \frac{M_{EV}}{M_{VH}} \geq 1,5$$

$$\text{Volteo} = \frac{75\,663,87}{30\,213,23} = 2,50 \geq 1,5 \rightarrow \text{OK!}$$

- Deslizamiento

$$\text{Deslizamiento} = 0,50 * \left(\frac{W_V}{F_H} \right) \geq 1,5$$

$$\text{Deslizamiento} = 0,50 * \left(\frac{44\,741,51}{13\,336,28} \right) = 1,67 \geq 1,5 \rightarrow \text{OK!}$$

- Presiones máximas y mínimas

$$a = \frac{M_{EV} - M_{VH}}{W_V}; 3a > b$$

$$a = \frac{75\,663,87 - 30\,213,23}{44\,741,51} = 1,05; 3(1,05) > 5 \rightarrow OK!$$

$$e = \frac{B}{2} - a = \frac{3,10}{2} - 1,05 = 0,50$$

$$P_{max} = \frac{44\,741,51}{3,10} * \left(1 + \frac{6(0,50)}{3,10}\right) = 28\,399,92 \text{ kg/m}^2 < 38,31 \text{ ton/m}^2$$

$$P_{min} = \frac{44\,741,51}{3,10} * \left(1 - \frac{6(0,50)}{3,10}\right) = 465,57 \text{ kg/m}^2 > 0$$

2.2.8.6. Diseño de barandal

La función principal de estos elementos es garantizar la integridad del peatón al transitar por el puente.

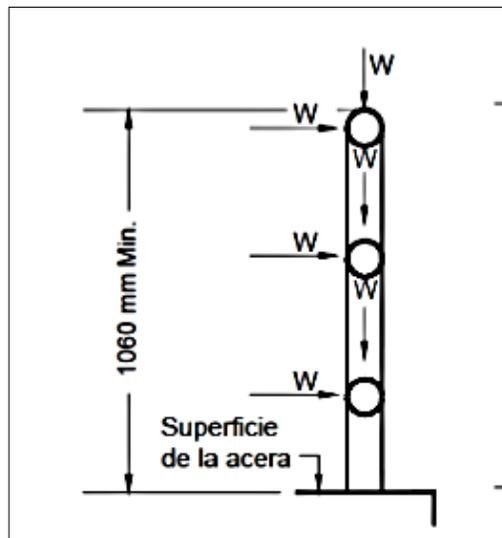
Para el diseño se utiliza los parámetros de AASHTO LRFD 13,8 barandas para peatones, los cuales son:

- 13.8.1 geometría: la mínima altura de las barandas para peatones deberá ser de 1 060 mm, medidos a partir de la cara superior de la acera. La abertura libre máxima entre los elementos horizontales deberá ser 150 mm.

- 13.8.2 sobrecargas de diseño: los elementos longitudinales deben diseñarse para una carga concentrada de 890N en cualquier punto y una carga distribuida de 0,73 N/mm vertical y horizontal.

Longitudinalmente se contará con 6 tubos galvanizado de 2 pulgadas de diámetro, conectados a los postes de concreto que tienen una altura de 1,10 metros y sección de 0,15 X 0,15 metros, la separación será de 2 metros a ejes.

Figura 45. **Cargas que actúan sobre las barandas**



Fuente: AASHTO LRFD. *Cargas que actúan sobre las barandas para peatones*. p. 13.

Se evalúa el momento del tubo en condiciones críticas:

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

Donde:

M = momento actuante

P = carga concentrada (890 N = 91 kg)

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

L = longitud del tubo (2 m)

$$M = \frac{91 * 2}{8} + \frac{75 * 2^2}{10}$$

$$M = 52,75 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

Se evalúa la resistencia del tubo propuesto.

$$M_r = \frac{2 * I * F}{\emptyset}$$

Donde:

M_r = momento resistente

I = inercia (0,48 pulg)

F = fluencia del tubo (20 000 PSI)

\emptyset = diámetro externo (2,375 pulg)

$$M_r = \frac{2 * 0,48 * 20\ 000}{2,375}$$

$$M_r = 8\ 084,21 \text{ lb} \cdot \text{pulg} \approx 93 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

$M_r > M \rightarrow OK!$ La tubería de 2" si soporta el momento actuante.

Para los postes de baranda, AASHTO LRFD 13.8.2 solicita evaluar una carga concentrada transversal, situada en el centro de gravedad del elemento longitudinal superior. El poste tendrá una altura de 1,1 metros a partir de la carga de acero. Para evaluar la carga se utiliza la ecuación ASSTHO 13.8.2-1:

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

Donde:

P_{LL} = valor de la carga concentra en N

L = separación entre postes en mm

$$P_{LL} = 890 + 0,73 * 2\ 000$$

$$P_{LL} = 2\ 350\ N = 240,00\ kg$$

La evaluación se hace en forma crítica:

$$M = \sum P * L$$

Donde:

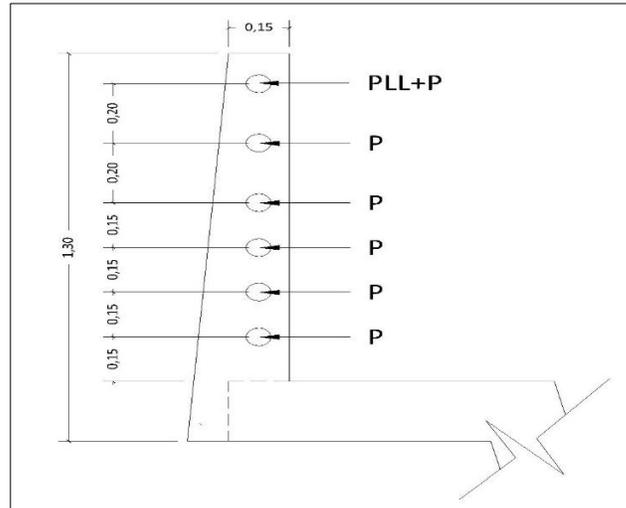
M = momento de diseño

P = carga concentrada para el diseño de tubos (75 kg/m *2,0 m = 150 kg)

L_{LL} = distancia desde el rostro de la acera al centro del tubo superior (1 m)

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

Figura 46. Esquema de poste



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

$$M_u = (240 * 1,00) + (150 * 1,00) + (150 * 0,80) + (150 * 0,60) + (150 * 0,45) \\ + (150 * 0,30) + (150 * 0,15)$$

$$M_u = 735,00 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

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

Base = 15 cm

Ancho= 25 cm

Recubrimiento= 3 cm

Peralte = 22 cm.

- Acero mínimo

$$A_{s_{min}} = \frac{0,8\sqrt{f'_c}}{f_y} * bd \geq \frac{14,1}{f_y} * bd$$

$$A_{s_{min}} = \frac{0,8\sqrt{281}}{2810} * (15 * 22) \geq \frac{14,1}{2810} * (15 * 22)$$

$$A_{s_{min}} = 1,57 \text{ cm}^2 \geq 1,66 \text{ cm}^2$$

- Acero requerido

$$A_s = \left[bd - \sqrt{(bd)^2 - \frac{M_u * b}{0,003825 f'_c}} \right] * \frac{0,85 f'_c}{f_y}$$

$$A_s = \left[(15 * 22) - \sqrt{(15 * 22)^2 - \frac{735 * 15}{0,003825 * 281}} \right] * \frac{0,85 * 281}{2810}$$

$$A_s = 1,35 \text{ cm}^2$$

Debido que al acero mínimo es mayor que el acero requerido. Se utilizarán 4 varillas número 5 para satisfacer dicho acero.

- Refuerzo a corte

La fuerza que actúa sobre el poste es la suma de todas las fuerzas transversales.

$$V_{actuando} = 240 + (150 * 6) = 1\,140,00 \text{ kg}$$

Resistencia de corte al concreto.

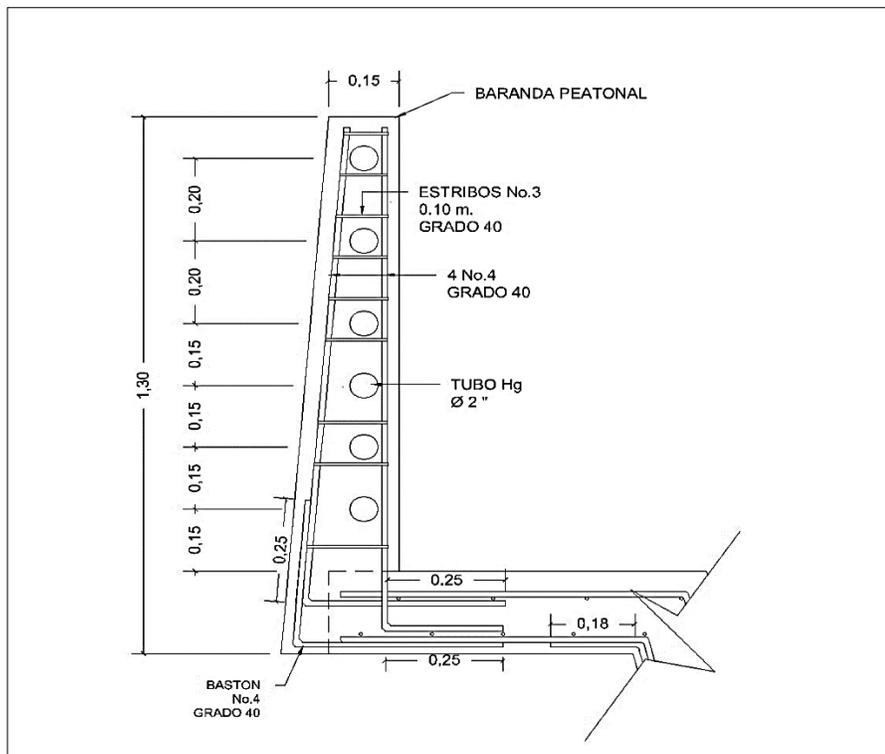
$$V_{CR} = 0,53 * \phi * b * d * \sqrt{f'_c}$$

$$V_{CR} = 0,53 * 0,85 * 15 * 22 * \sqrt{281}$$

$$V_{CR} = 2\,492 \text{ kg}$$

La resistencia del corte al concreto es mayor que el cortante actuante, por lo que se colocará el mínimo refuerzo a corte aceptable. Se utilizará estribos número 3 a cada 10 centímetros.

Figura 47. **Sección de armado de baranda**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

2.2.8.7. Presupuesto del proyecto

Se utilizaron precios de los materiales y mano de obra del lugar para obtener datos verídicos. Se incluyen los costos directos e indirectos del proyecto.

Tabla XIII. **Presupuesto general del puente vehicular, calzada El Retiro**

PRESUPUESTO					
PROYECTO: PUENTE VEHICULAR PARA CALZADA EL RETIRO, FRAIJANES					
No.	REGLÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	Trabajos preliminares				
1.1	Trazo y limpieza	662	m ²	6,55	4 334,58
1.2	Trazo y replanteo topográfico	662	m ²	7,16	4 741,57
1.3	Bodega	1	Global	18 764,48	18 764,48
2	Viga principal 1,40 x 0,5 m	60	ml	3 196,56	191 793,51
3	Losa	122	m ²	859,71	104 884,32
4	Banqueta	38	m ²	859,71	32 668,98
5	Diafragma externo	2	Unidad	3 521,42	7 042,84
6	Diafragma interno	3	Unidad	5 625,70	16 877,10
7	Estribos	2	Unidad	186 268,71	372 537,41
8	Cortina	2	Unidad	13 174,64	26 349,28
9	Viga de apoyo	2	Unidad	11 506,90	23 013,80
10	Baranda peatonal	22	Unidad	751,01	16 522,25
11	Junta de calzada	2	global	20 092,89	40 185,78
12	Neopreno	6	Unidad	4 061,38	24 368,28
13	Relleno estructural	108	m ³	153,5	16 578,45
COSTO TOTAL DEL PROYECTO					900 662,64

Fuente: elaboración propia.

2.2.8.8. Cronograma de ejecución

El cronograma de ejecución para este proyecto se tomó tiempo aproximado, por lo que estos se encuentran sujetos a cambios debido a factores externos.

Tabla XIV. **Cronograma de ejecución del puente vehicular, calzada El Retiro**

PROYECTO: puente vehicular para calzada El Retiro												
Longitud= 20 metros												
Núm.	Descripción	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4							
1	Trabajos preliminares	■	■	■								
2	Losa de 20 centímetros + banquetas											
3	Vigas principales de											
4	Diafragma interno											
5	Diafragma externo											
6	Postes de concreto + riel HG Ø 2"											
7	Viga de apoyo+ cortina											
8	Estribos de concreto ciclópeo											
9	Relleno estructural											
10	Fijación de la súper estructura											

Fuente: elaboración propia.

2.2.8.9. Evaluación de impacto ambiental

Todos los proyectos de infraestructura en ingeniería civil generan impactos en los componentes ambientales. Para la construcción de un puente vehicular lo impactos ambientales se consideran poco significativo, debido a que no afectan al valor de área turística, sitios arqueológicos, área de vegetación, área agrícola, fauna y flora.

Al analizar el diseño del proyecto se determinó que los elementos que pueden ser impactados por el proyecto son:

- Agua: puede llegar a tener un impacto negativo en la etapa de construcción al dejar desperdicio del material que puede arrastrar el cauce.
- El suelo: tendrá un impacto negativo al ser las excavaciones y rellenos, alterando sus propiedades.
- Salud: puede afectar a los trabajadores si no utilizan el equipo de seguridad adecuado a la hora de construcción de la obra.
- Flora: el impacto será nulo ya que no se tiene planificado tala de ningún tipo de árbol.
- Fauna: existe variedad de especies en el lugar, como peces los cuales pueden ser afectados a la hora de construcción del proyecto.

Tabla XV. **Medidas de mitigación de impactos ambientales para puentes**

Componente	Impacto	Medida de mitigación
Suelo	Deslaves de material	Prevención durante la construcción, prevención de erosión usando estabilización física.
	Erosión	
	Disposición inadecuada de materiales de desperdicio.	Seleccionar sitios adecuados y colocar en capas no mayores de 0,25 m compactado posteriormente, colocar una capa de material orgánico.
Recursos hídricos	Alteración del drenaje superficial	Construcción durante estación seca, minimizar la erosión de ribera de río, alteración mínima corrientes de aguas naturales.
	Disminución de la calidad de agua	
	Contaminación de cuerpos de agua por causa de los insumos utilizados durante la construcción	Depositar los desechos de insumo en un lugar fuera de la zona del cauce del río.
Calidad del aire	Contaminación del aire por polvo generado en construcción	Uso de agua para minimizar la generación de polvo.

Continuación de la tabla XV.

Salud humana	Riesgo para la salud de los trabajadores	Desarrollar plan de seguridad e higiene.
	Generación de desechos sólidos derivados de las actividades de los trabajadores de la obra	Hacer servicios sanitarios provisionales. Colocar toneles para la basura y para posterior disposición en zonas adecuadas.
Flora y fauna	Remoción y afectación de cobertura vegetal	Utilizar la infraestructura existente para la instalación de los trabajadores. Separar la capa de material orgánico de la del material inerte. Disponer adecuadamente el material orgánico para su posible reutilización. Evitar el paso de maquinaria sobre el suelo con cobertura vegetal fuera del área de la obra. Restaurar las zonas afectadas con especies establecidas en el lugar.
Población	Alteración de las costumbres y cultura de las comunidades cercanas	Evitar la interferencia entre el tráfico peatonal o vehicular y los frentes de trabajo. Disponer de rutas alternativas en fechas de importancia para la población.
	Incremento en los niveles de accidentes	Transportar el material de excavación sin superar la capacidad del vehículo de carga. Mantener una adecuada señalización en el área de obra, en etapa de ejecución y operación.

Continuación de la tabla XV.

		<p>Instalar cercos perimetrales en los frentes de trabajo.</p> <p>Controlar la velocidad de los vehículos y que estos cuenten con alarmas reserva.</p>
Paisaje	Impacto visual	Recuperar y restaurar el espacio público afectado, una vez finalizada la obra, retirando todos los materiales y residuos provenientes de las actividades constructivas.
Patrimonio cultural	Daño al patrimonio cultural	Suspender la obra, delimitar el área e informar a quién corresponda para una correcta evaluación; en la eventualidad de encontrar hallazgos arqueológicos, una vez realizadas estas actividades se puede continuar con el trabajo.

Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

1. Los diseños realizados brindan una posible solución a la municipalidad para las necesidades diagnosticadas en la aldea Los Verdes y calzada El Retiro zona 2. Buscan mejorar las condiciones de vida y contribuir al desarrollo socioeconómico del lugar.
2. El drenaje sanitario tendrá un costo total de Q 1 349 535,51, mientras que para el puente vehicular será de Q 900 662,64. Para cada proyecto se tomaron en cuenta los factores externos que pueden influir en la ejecución, como el traslado de material, factores climáticos, disponibilidad de materiales en la región, mano de obra del lugar, entre otros.
3. El sistema de alcantarillado sanitario para la aldea Los Verdes se realizó bajo las normas recomendadas por el Instituto de Fomento Municipal (INFOM) y la Norma ASTM F-949; sin embargo, en los tramos comprendidos del PV-10 al PV-15 del eje principal y del PV-24 al PV-25 del eje secundario, la pendiente de diseño excede al 6 % que es la pendiente máxima recomendada por el Infom. Para este proyecto, se tendrá una pendiente máxima de diseño del 36 % en el tramo PV-11 al PV-12 del eje principal esto debido a la topografía del lugar, evitando así profundizar los pozos de visita a una altura no mayor de 6 m lo que aumentaría los costos; y la velocidad estaría dentro del rango permitido por las normas ya mencionadas.

4. La construcción del puente vehicular para la calzada El Retiro, representará otro acceso al casco urbano, esto provocará una accesibilidad de forma segura del tránsito vehicular y peatonal, aportando al desarrollo económico, a una mejor comunicación y un amplio comercio con los sectores circunvecinos.
5. Las normas y especificaciones que se utilicen en todo diseño deben de garantizar la seguridad de las obras en su fase de desarrollo como en su tiempo de servicio, asimismo, garantizar que las estructuras seleccionadas sean viables, factibles y durables, para que puedan prestar el servicio correctamente para lo cual fueron diseñadas.
6. El impacto ambiental generado por dichos proyectos es considerado de categoría C, siendo este de bajo potencial, ya que sólo ocurrirá durante la fase de construcción, generado principalmente por el movimiento de tierras, transporte de los materiales y trabajo de la maquinaria.

RECOMENDACIONES

1. A la Municipalidad de Fraijanes, contar con la asesoría y supervisión técnica de un ingeniero civil al momento de ejecutar cada uno de los proyectos establecidos, con la finalidad de garantizar el cumplimiento de las especificaciones para dichos proyectos.
2. Al inicio de la ejecución de cada proyecto se deberá revisar el presupuesto, debido a que el costo de los materiales de construcción y mano de obra puede presentar cambios con el transcurso del tiempo.
3. Disponer de personas cercanas al lugar de trabajo con la finalidad de que se involucren en todo proceso constructivo, esto reducirá costos de mano de obra y será una fuente de trabajo para los habitantes de dicha comunidad.
4. Para un funcionamiento óptimo del sistema de alcantarillado sanitario, se deberá de dar un mantenimiento y realizar revisiones periódicas, como mínimo cada seis meses, para detectar cualquier problema o desperfecto que provoque un mal funcionamiento.
5. Para el puente, la Municipalidad de Fraijanes deberá supervisar los vehículos que harán uso del puente vehicular, debido a que este está diseñado para un vehículo HL-93, si este es afectado por cargas mayores a la mencionada anteriormente, podría provocar gastos fuera de lo presupuestado o en un caso extremo se tendrá que realizar otro diseño de puente vehicular.

BIBLIOGRAFÍA

1. AMANCO. *Manual técnico de tubosistemas*. 1a ed. Guatemala: Mexichem, 2010. 107 p.
2. American Association of State Highway and Transportation Officials. *AASHTO LRFD Bridge Design Specifications*. 5a ed., Washington DC, Estados Unidos de América: AASHTO, 2010. 1 635 p.
3. American Concrete Institute. *Requisitos de reglamento para concreto estructural (ACI 318S-11)*. Michigan, Estados Unidos de América: ACI, 2011. 541 p.
4. Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica. *Normas para el diseño y construcción de puentes*. Guatemala: AGIES, 2013. 75 p.
5. BRAJA, Das. *Principios de ingeniería de cimentaciones*. 5a ed. México: Thonson Editores, 1984. 768 p.
6. Documentación de proyectos de la Municipalidad de Fraijanes del departamento de Guatemala. Dirección Municipal de Planificación.
7. Dirección General de Caminos, Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda. *Especificaciones generales para la construcción de carreteras y puentes*. Guatemala: Ingenieros Consultores de Guatemala, 2000. 325p.

8. _____ . *Normas generales para diseño de alcantarillados*. Guatemala: INFOM, 2001. 12 p.
9. ESPAÑA CHAJÓN, Félix Benjamín. *Diseño de puente vehicular en la colonia El Tesoro zona 2 y puente peatonal en la colonia La Esperanza zona 6, Mixco, Guatemala*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2018. 94 p.
10. MARROQUÍN PAÍZ, Ricardo Leonel. *Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para el caserío Joyitas y sistema de alcantarillado sanitario para la colonia Linda Vista y la aldea Cerro Gordo, Jutiapa, Jutiapa*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2017. 40 p.

APÉNDICES

- Apéndice 1. **Memoria de cálculo del sistema de alcantarillado sanitario para la aldea Los Verdes**

Fuente: elaboración propis.

POZO VISITA		COTA DE TERRENO		Dist	Pendiente Terreno S (%)	Viviendas		Habitantes		Factor de Harmon		Factor Caudal Medio		Caudal de Diseño		Diámetro Tuberie ST (%)	Vel. Sec. Línea V (m/s)	Área A (m ²)	Caudal Q (l/s)	RELACIONES HIDRAULICAS		CHEQUEO DE INVERT		Profundidad de pozo (m)	Excav. m ³					
		Inicial (m)	Final (m)			Tramo	Acumulada	Actual	Futuro	Actual	Futuro	Actual	Futuro	Actual	Futuro					Vel. de Diseño (m/s)	s/no	Vel. de Diseño (m/s)	s/no			CIS (m)	CE (m)	Inicio (m)	Final (m)	
																														Actual
1	2	107.64	105.6	83.81	2.43	13	13	78	141	4.27	4.20	0.0022	0.002	0.72	1.18	6	3.50	0.02	38.64	0.8770	NO CUMPLE	0.95	CUMPLE	106.29	103.41	1.35	2.19	1.35	2.19	89.15
2	3	105.6	103.2	77.12	3.11	7	20	120	217	4.22	4.14	0.002	0.002	1.01	1.79	6	4.00	0.02	41.31	0.9481	CUMPLE	1.13	CUMPLE	103.38	100.35	2.22	2.85	2.22	2.85	117.33
3	4	103.2	101.42	49.07	3.63	4	24	144	260	4.20	4.10	0.002	0.002	1.21	2.13	6	1.50	0.02	25.30	0.7707	CUMPLE	0.84	CUMPLE	100.32	99.61	2.88	1.81	2.88	1.81	69.04
4	5	101.42	99.88	53.18	2.90	7	31	186	336	4.16	4.06	0.002	0.002	1.55	2.73	6	4.00	0.02	41.31	1.0813	CUMPLE	1.28	CUMPLE	99.58	97.51	1.84	2.37	1.84	2.37	67.17
5	6	99.88	98.72	45.16	2.57	8	39	234	423	4.12	4.01	0.002	0.002	1.93	3.39	6	3.50	0.02	38.64	1.0991	CUMPLE	1.30	CUMPLE	97.48	95.95	2.40	2.77	2.40	2.77	69.98
6	7	98.72	98.31	12.82	3.20	2	46	276	498	4.09	3.97	0.002	0.002	2.26	3.96	6	1.50	0.02	25.30	0.8554	CUMPLE	1.01	CUMPLE	95.92	95.75	2.80	2.56	2.80	2.56	20.59
7	8	98.31	97.7	45.71	1.33	2	48	288	520	4.09	3.97	0.002	0.002	2.35	4.13	6	2.10	0.02	29.93	0.9757	CUMPLE	1.15	CUMPLE	95.72	94.79	2.59	2.91	2.59	2.91	75.31
8	9	97.7	97.01	20.14	3.43	2	50	300	542	4.08	3.96	0.002	0.002	2.45	4.29	6	2.20	0.02	30.63	1.0049	CUMPLE	1.18	CUMPLE	95.29	92.88	4.41	4.13	4.41	4.13	51.54
9	10	97.01	94.44	12.99	19.78	1	51	306	553	4.07	3.95	0.002	0.002	2.49	4.37	6	5.00	0.02	46.18	1.3455	CUMPLE	1.59	CUMPLE	91.88	91.31	5.13	3.13	5.13	3.13	32.17
10	11	94.44	86.18	20	41.30	2	53	318	574	4.07	3.94	0.002	0.002	2.59	4.53	6	33.00	0.02	118.65	2.6421	CUMPLE	3.12	CUMPLE	89.81	85.71	4.63	2.47	4.63	2.47	48.69
11	12	86.18	74.98	20	56.00	1	54	324	585	4.06	3.94	0.002	0.002	2.63	4.61	6	36.00	0.02	132.92	2.7562	CUMPLE	3.23	CUMPLE	80.21	75.55	5.97	1.43	5.97	1.43	44.46
12	13	74.98	64.74	20	51.20	1	55	330	596	4.06	3.93	0.002	0.002	2.68	4.69	6	32.00	0.02	116.83	2.6339	CUMPLE	3.12	CUMPLE	69.05	63.13	5.93	1.61	5.93	1.61	45.30
13	14	64.74	55.02	20	48.60	0	55	330	596	4.06	3.93	0.002	0.002	2.68	4.69	6	30.00	0.02	113.12	2.5911	CUMPLE	3.04	CUMPLE	59.13	53.58	5.61	1.44	5.61	1.44	42.36
14	PTA	55.02	46.07	21.72	41.21	0	55	330	596	4.06	3.93	0.002	0.002	2.68	4.69	6	29.00	0.02	111.22	2.5528	CUMPLE	3.02	CUMPLE	50.58	44.71	4.44	1.36	4.44	1.36	37.81
15	6	98.47	98.72	46.43	-0.54	5	5	30	54	4.35	4.31	0.0033	0.0023	0.43	0.54	6	2.50	0.02	32.66	0.6220	NO CUMPLE	0.67	NO CUMPLE	97.12	95.99	1.35	2.73	1.35	2.73	56.80
17	18	99.03	98.97	8.22	0.73	3	3	18	33	4.39	4.35	0.0046	0.0031	0.37	0.43	6	2.70	0.02	33.94	0.6105	NO CUMPLE	0.64	NO CUMPLE	97.68	97.50	1.35	1.47	1.35	1.47	6.97
18	19	98.97	100.76	11.73	-15.26	3	6	36	65	4.34	4.29	0.0030	0.0021	0.47	0.60	6	2.20	0.02	30.63	0.6075	NO CUMPLE	0.66	NO CUMPLE	97.47	97.24	1.50	3.52	1.50	3.52	17.68
19	20	100.76	100.98	18.99	-1.16	5	11	66	119	4.29	4.22	0.0022	0.002	0.63	1.01	6	3.00	0.02	35.77	0.7462	NO CUMPLE	0.86	CUMPLE	97.21	96.69	3.55	4.29	3.55	4.29	44.68
20	21	100.98	99.68	20.59	6.31	6	17	102	184	4.24	4.16	0.002	0.002	0.87	1.53	6	3.50	0.02	38.64	0.8658	CUMPLE	1.03	CUMPLE	96.66	95.99	4.32	3.69	4.32	3.69	49.51
21	22	99.68	98.99	22.09	3.12	6	23	138	249	4.20	4.11	0.002	0.002	1.16	2.05	6	2.00	0.02	29.21	0.7789	CUMPLE	0.92	CUMPLE	95.96	95.55	3.72	3.44	3.72	3.44	47.48
22	23	98.99	95.75	67.52	4.80	10	33	198	358	4.15	4.04	0.002	0.002	1.64	2.89	6	2.00	0.02	29.21	0.8441	CUMPLE	1.02	CUMPLE	94.55	92.23	4.44	2.52	4.44	2.52	141.13
23	24	95.75	91.17	23.93	19.97	5	38	228	412	4.13	4.02	0.002	0.002	1.88	3.31	6	2.00	0.02	29.21	0.8986	CUMPLE	1.06	CUMPLE	90.23	89.80	5.52	1.37	5.52	1.37	47.44
24	25	91.17	64.02	93.35	29.08	14	52	312	564	4.07	3.95	0.002	0.002	2.54	4.45	6	27.50	0.02	108.31	2.4465	CUMPLE	2.91	CUMPLE	86.80	61.54	4.37	2.48	4.37	2.48	191.94
25	26	64.02	58.99	40.04	12.56	7	59	354	639	4.05	3.92	0.002	0.002	2.87	5.01	6	10.00	0.02	65.31	1.7889	CUMPLE	2.12	CUMPLE	59.54	55.68	4.48	3.31	4.48	3.31	93.53
26	27	58.99	55.43	18.26	19.50	4	63	378	683	4.03	3.90	0.002	0.002	3.05	5.33	6	3.00	0.02	35.77	1.1954	CUMPLE	1.41	CUMPLE	53.68	53.18	5.31	2.25	5.31	2.25	41.38
27	PTA	55.43	45.41	72.44	13.83	5	68	408	737	4.02	3.88	0.002	0.002	3.28	5.72	6	10.50	0.02	66.93	1.8960	CUMPLE	2.24	CUMPLE	51.18	43.73	4.25	1.68	4.25	1.68	128.76

EJE PRINCIPAL

RAMAL 3RO A EJE PRINCIPAL

EJE SECUNDARIO

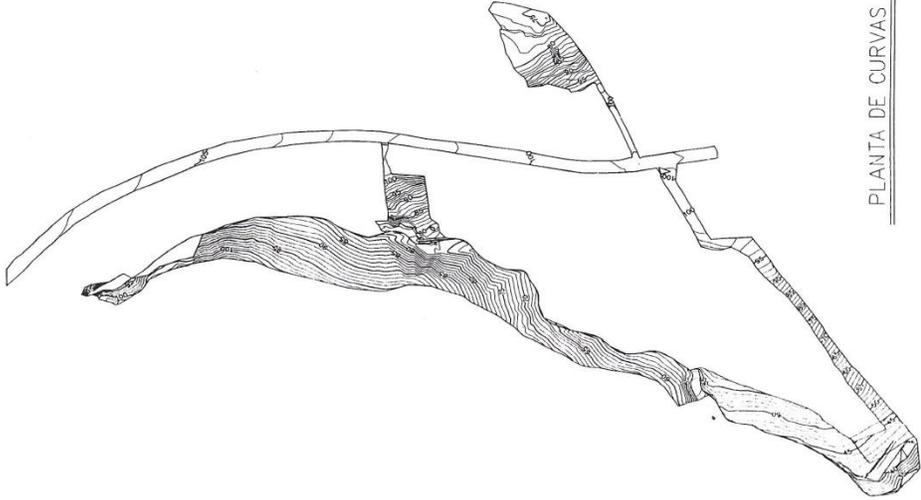
Apéndice 2. **Juego de planos del sistema de alcantarillado sanitario para la aldea Los Verdes**

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD Civil 3D 2018.



NORTE

• NOTA: LAS CURVAS MAYORES ESTAN IDENTIFICADAS A CADA 5 METROS



PLANTA DE CURVAS DE NIVEL
ESCALA 1:1750



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO E. P. S.

PROYECTO: ALCANTARILLADO SANITARIO

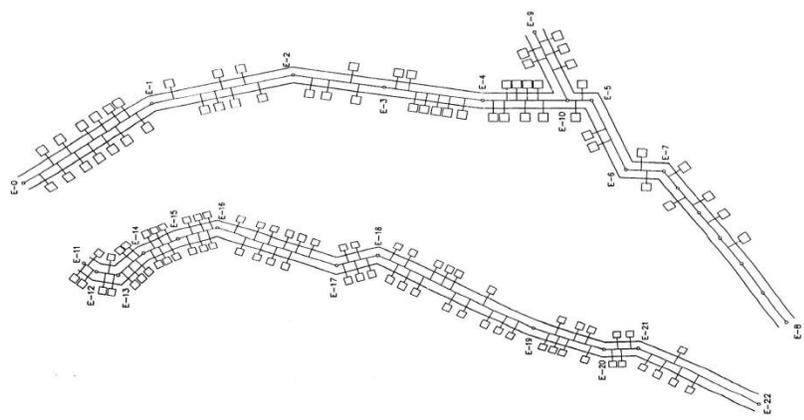
NOMBRE: LOS VERDES, FRAIJANES

FECHA: 1 / 17

PROYECTO: CURVAS DE NIVEL

FECHA: FEBRERO 2, 019





E-E PRIMARIO			
EST. 1-2	ZONAS	ESPESOR DE PAVIMENTO DE BANDO	PUNTO FINAL
1	1-2	14.27' 28" 48.87'	(000.54.00.25) (000.54.00.25)
2	3	14.27' 28" 48.87'	(000.54.00.25) (000.54.00.25)
3	4	14.27' 28" 48.87'	(000.54.00.25) (000.54.00.25)
4	5	14.27' 28" 48.87'	(000.54.00.25) (000.54.00.25)
5	6	14.27' 28" 48.87'	(000.54.00.25) (000.54.00.25)
6	7	14.27' 28" 48.87'	(000.54.00.25) (000.54.00.25)
7	8	14.27' 28" 48.87'	(000.54.00.25) (000.54.00.25)
RAMAL			
EST. 1-2	ZONAS	ESPESOR DE PAVIMENTO DE BANDO	PUNTO FINAL
1	1	14.27' 28" 48.87'	(000.54.00.25) (000.54.00.25)
2	2	14.27' 28" 48.87'	(000.54.00.25) (000.54.00.25)

E-E SECUNDARIO			
EST. 1-2	ZONAS	ESPESOR DE PAVIMENTO DE BANDO	PUNTO FINAL
1	1	14.27' 28" 48.87'	(000.54.00.25) (000.54.00.25)
2	2	14.27' 28" 48.87'	(000.54.00.25) (000.54.00.25)
3	3	14.27' 28" 48.87'	(000.54.00.25) (000.54.00.25)
4	4	14.27' 28" 48.87'	(000.54.00.25) (000.54.00.25)
5	5	14.27' 28" 48.87'	(000.54.00.25) (000.54.00.25)
6	6	14.27' 28" 48.87'	(000.54.00.25) (000.54.00.25)
7	7	14.27' 28" 48.87'	(000.54.00.25) (000.54.00.25)
8	8	14.27' 28" 48.87'	(000.54.00.25) (000.54.00.25)
9	9	14.27' 28" 48.87'	(000.54.00.25) (000.54.00.25)
10	10	14.27' 28" 48.87'	(000.54.00.25) (000.54.00.25)
11	11	14.27' 28" 48.87'	(000.54.00.25) (000.54.00.25)
12	12	14.27' 28" 48.87'	(000.54.00.25) (000.54.00.25)
13	13	14.27' 28" 48.87'	(000.54.00.25) (000.54.00.25)
14	14	14.27' 28" 48.87'	(000.54.00.25) (000.54.00.25)
15	15	14.27' 28" 48.87'	(000.54.00.25) (000.54.00.25)
16	16	14.27' 28" 48.87'	(000.54.00.25) (000.54.00.25)
17	17	14.27' 28" 48.87'	(000.54.00.25) (000.54.00.25)
18	18	14.27' 28" 48.87'	(000.54.00.25) (000.54.00.25)
19	19	14.27' 28" 48.87'	(000.54.00.25) (000.54.00.25)
20	20	14.27' 28" 48.87'	(000.54.00.25) (000.54.00.25)
21	21	14.27' 28" 48.87'	(000.54.00.25) (000.54.00.25)
22	22	14.27' 28" 48.87'	(000.54.00.25) (000.54.00.25)



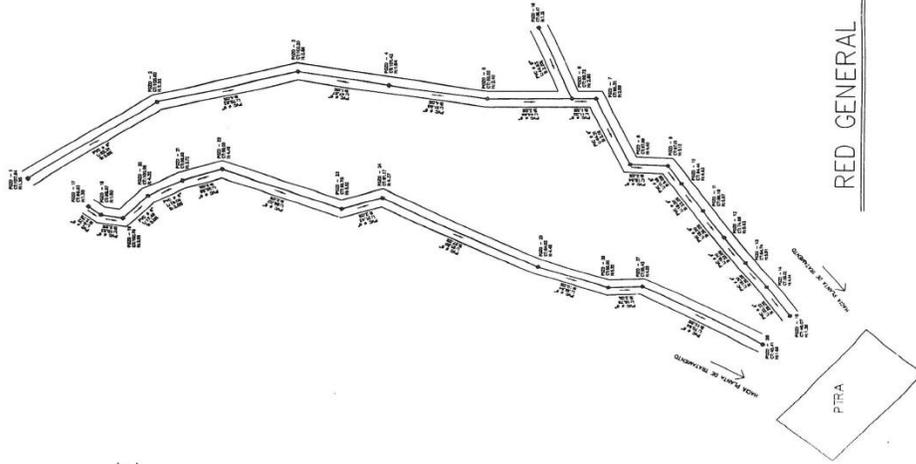
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO E. P. S.
 PROYECTO

ALCANTARILLADO SANITARIO

TITULO LOS VERDES, FRAIJANES	CLIENTE LOS VERDES, FRAIJANES
ESCALA 1/17	FECHA FEBRERO 2019
AUTORIZACION (Stamp and signature)	OBSERVACIONES (Blank space)

DENSIDAD DE VIVIENDA

ESCALA: 1/2000



NOMENCLATURA	
SIMBOLOGIA	DESCRIPCION
○	INDICA POZO DE VISTA EN PERIF.
○	INDICA POZO DE VISTA EN PLANTA
POZO - 1	INDICA NUMERO DE POZO DE VISTA EN PLANTA
E - 1	ESTACION TROPOROMICA
—	TUBERIA DE PVC DIAMETRO 6"
—	INDICA DIRECCION DE FUERA
CT	INDICA COTA DE TERRENO
CS	INDICA COTA INVERT DE SALIDA
DE	INDICA COTA INVERT DE ENTRADA
S = %	INDICA EL PORCENTAJE DE PENDIENTE
PTRA	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO E. P. S.

PROYECTO: ALCANTARILLADO SANITARIO

UBICACION: LOS VERDES, FRAJANES

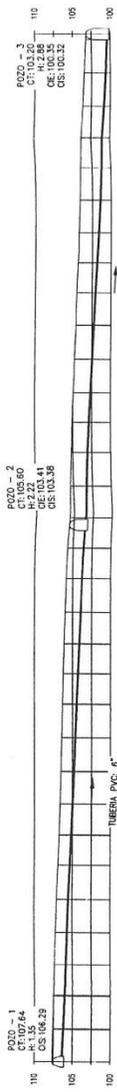
FECHA: 3 / 17

PROYECTO: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

FECHA: FEBRERO 2, 019

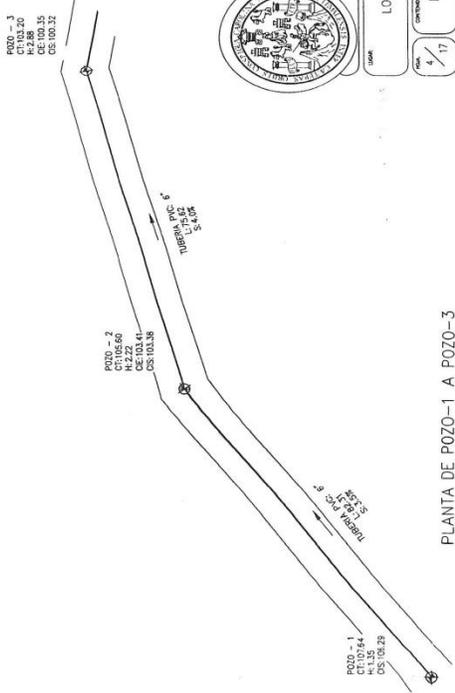
RED GENERAL

ESCALA: 1/2000



PERFIL DE POZO-1 A POZO-3

ESCALA 1/500



PLANTA DE POZO-1 A POZO-3

ESCALA 1/750

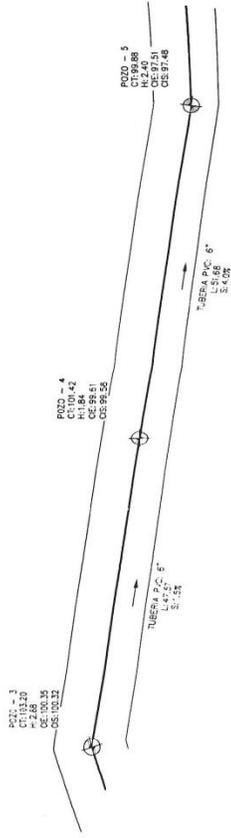


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO E. P. S.

PROYECTO: ALCANTARILLADO SANITARIO

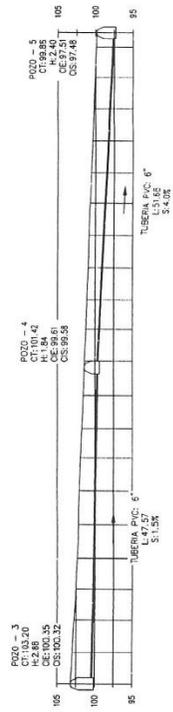
FECHA:	14 DE MARZO DEL 2005	PROYECTO:	ALCANTARILLADO SANITARIO
TIPO:	TRABAJO	ESCALA:	1/500
OPORTUNIDAD:	17	FECHA DE EMISION:	FEBRERO 2, 2019
PROYECTISTA:	LOS VERDES, FRAJANES	PROYECTISTA:	LOS VERDES, FRAJANES
PROYECTO:	PERFIL DE POZO-1 A POZO-3	PROYECTO:	PERFIL DE POZO-1 A POZO-3
PROYECTISTA:	LOS VERDES, FRAJANES	PROYECTISTA:	LOS VERDES, FRAJANES





PLANTA DE POZO-3 A POZO-5

ESCALA 1/500



PERFIL DE POZO-3 A POZO-5

ESCALA 1/500



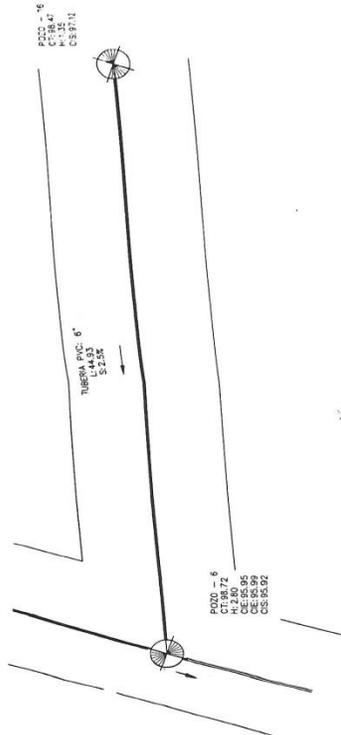
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO E. P. S.

PROYECTO: ALCANTARILLADO SANITARIO

LOCALES: LOS VERDES, FRAJANES

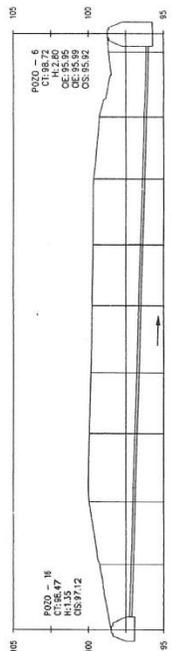
FECHA: 17/02/2019
DISEÑADO POR: [Signature]
PROYECTO: PLAN DE RED DE AGUAS RESIDUALES

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO E. P. S.
FEBRERO 2019



PLANTA DE POZO-16 A POZO-6

ESCALA 1/250



PERFIL DE POZO-16 A POZO-6

ESCALA 1/250



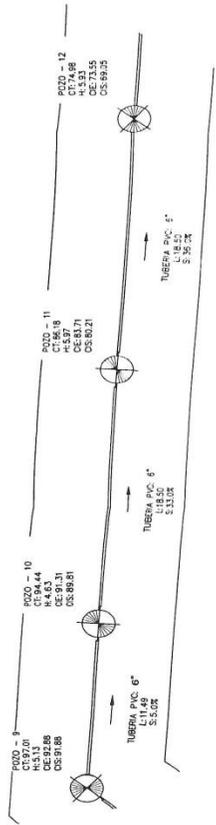
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO E. P. S.

ALCANTARILLADO SANITARIO

LOS VERDES, FRAMJANES

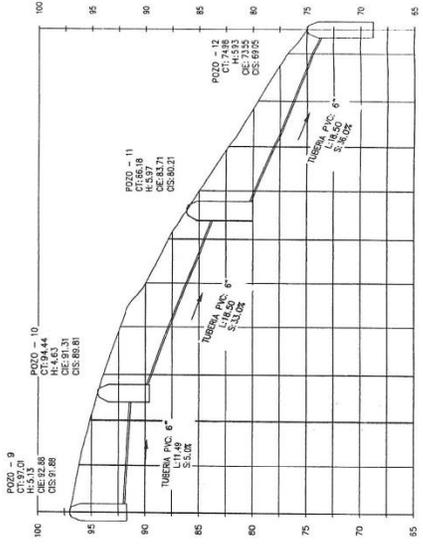


FEBRERO 2, 019



PLANTA DE POZO-9 A POZO-12

ESCALA 1/250



PERFIL DE POZO-9 A POZO-12

ESCALA 1/250



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO E. P. S.
POZOS

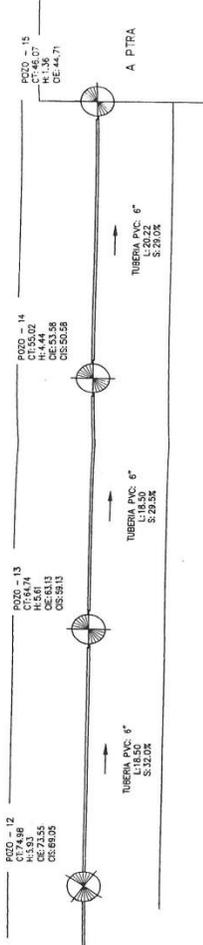
ALCANTARILLADO SANITARIO

LOS VERDES, FRAJANES

PERFILES DE TUBERIAS

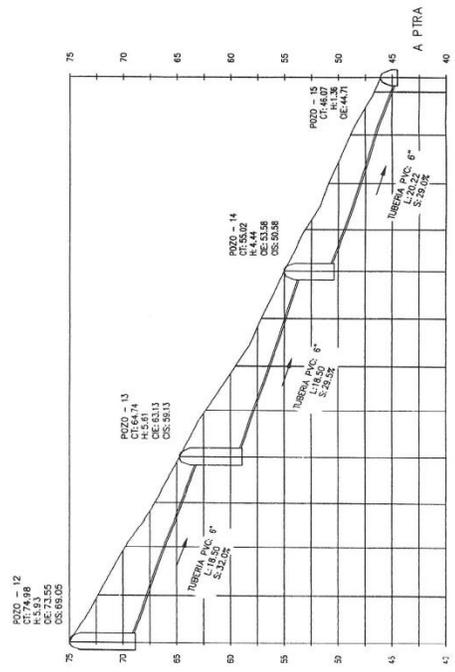
FEBRERO 2.019





PLANTA DE POZO-12 A POZO-15

ESCALA 1/250



PERFIL DE POZO-12 A POZO-15

ESCALA 1/250



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO E. P. S.
 PROYECTO: ALCANTARILLADO SANITARIO

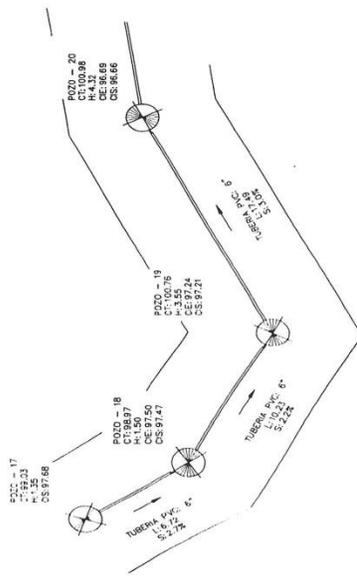
UBICACION: LOS VERDES, FRAIJANES

FECHA: 10 / 17

PROYECTO: PERFILES DE TUBERIA GENERAL

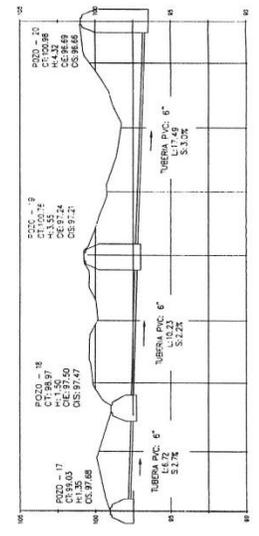
FECHA: FEBRERO 2.019





PLANTA DE POZO-17 A POZO-20

ESCALA 1/250



PERFIL DE POZO-17 A POZO-20

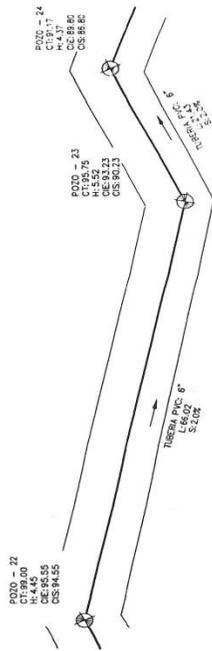
ESCALA 1/250



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO E. P. S.
 ALICANTARILLADO SANITARIO

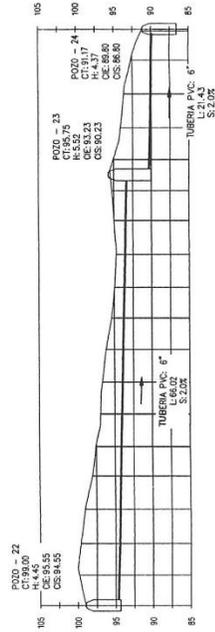
NOMBRE LOS VERDES, FRAJANES	ASISTENTE FERRERES DE MED. GENERAL
FECHA 11 / 17	FECHA DE CALIFICACION FEBRERO 2, 019
INSTITUCION ESCUELA DE INGENIERIA	INSTITUCION ESCUELA DE INGENIERIA





PLANTA DE POZO-22 A POZO-24

ESCALA 1/500



PERFIL DE POZO-22 A POZO-24

ESCALA 1/500



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
EJECICIO PROFESIONAL SUPERVISADO E. P. S.

PROYECTO: ALCANTARILLADO SANITARIO

UBICACIÓN: LOS VERDES, FRAJANES

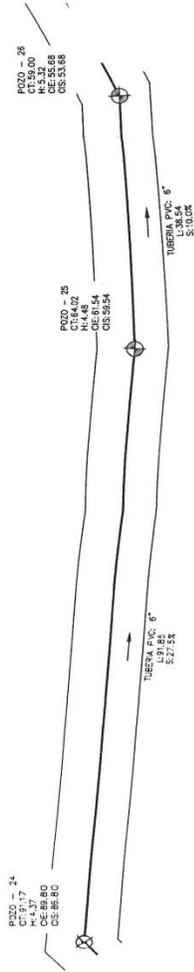
FECHA: 13 / 17

PROYECTO: PERFILES DE TUBERIAS

FECHA: FEBRERO 2019

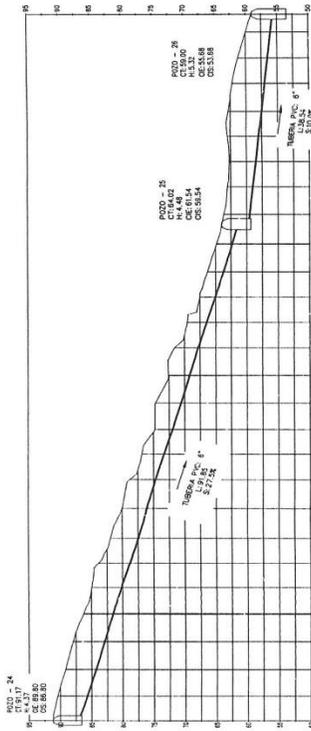
PROYECTO: PERFILES DE TUBERIAS

FECHA: FEBRERO 2019



PLANTA DE POZO-24 A POZO-26

ESCALA 1/500



PERFIL DE POZO-24 A POZO-26

ESCALA 1/500



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO E. P. S.
 INGENIERO

ALCANTARILLADO SANITARIO

LOS VERDES, FRAMIANES

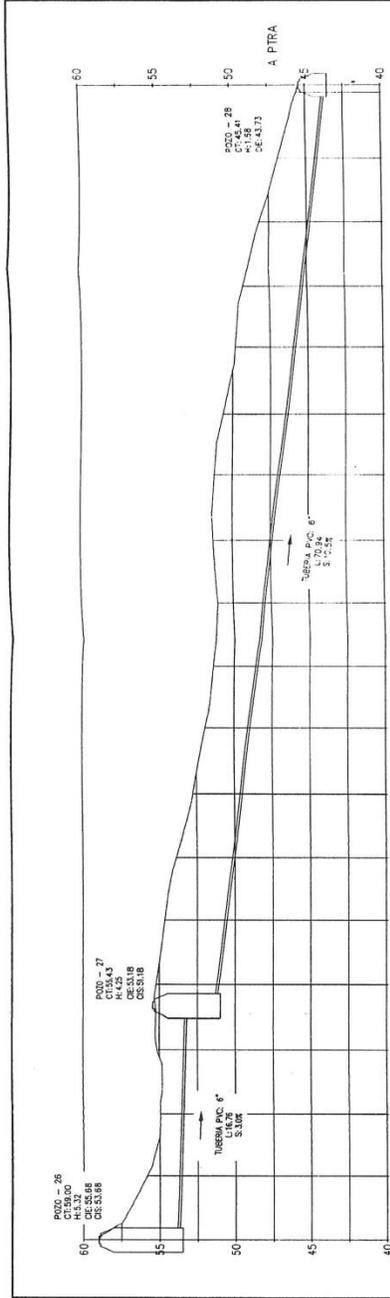
PROYECTO DE REDES DE AGUAS

FECHA: 14 / 17

INGENIERO: ROSA MAYRA REBECA LARREA

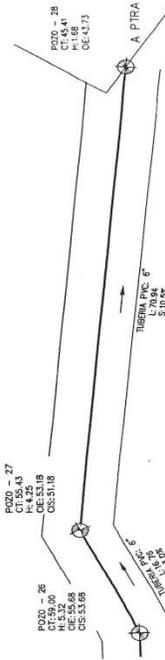
FECHA: FEBRERO 2, 019

ALCALDE: JUAN CARLOS TORRES / 2013-2016
 CONCEJAL: ROSA MAYRA REBECA LARREA / 2013-2016
 CONCEJAL: JUAN CARLOS TORRES / 2013-2016
 CONCEJAL: ROSA MAYRA REBECA LARREA / 2013-2016



PLANTA DE POZO-26 A POZO-28

ESCALA 1/250



PLANTA DE POZO-26 A POZO-28

ESCALA 1/500



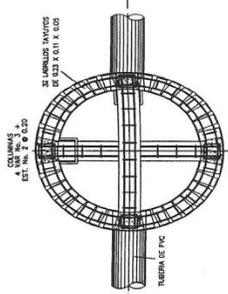
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO E. P. S.

ALCANTARILLADO SANITARIO

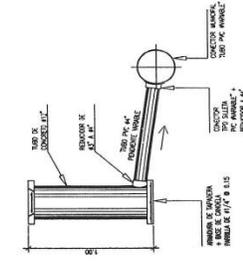
LOS VERDES, FRANJANES

PROFESOR DE RED GENERAL

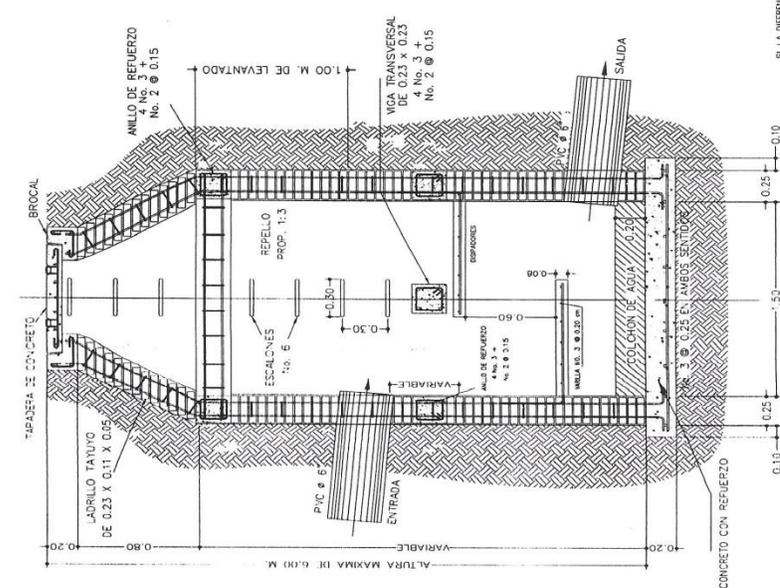
FEBRERO 2019



PLANTA DE POZO DE VISTA
ESCALA 1:40



BROCAL Y TAPADERA PARA POZO DE VISTA
ESCALA 1:40



SECCION B-B
ESCALA 1:25

SI LA DIFERENCIA ENTRE LA COTA INVERT ENTRADA Y LA DE SALIDA SEA MAYOR DE 0.20 m., DEBERÁ USARSE EN EL PUNTO UN COLCHÓN DE AGUA DE 0.20 m. DE ALTO.
POZO DE VISTA Ø 1.50
PARA ALTURAS ENTRE 4 Y 6 m

PERFIL CONEXION DOMICILIAR
ESCALA 1:30

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO E. P. S.
PROYECTO: ALCANTARILLADO SANITARIO

UBICACION: LOS VERDES, TAJALANES

FECHA: 17/02/2019

PROYECTISTA: DRA. MARIA REBECA GARCIA

FECHA DE ENTREGA: FEBRERO 2019



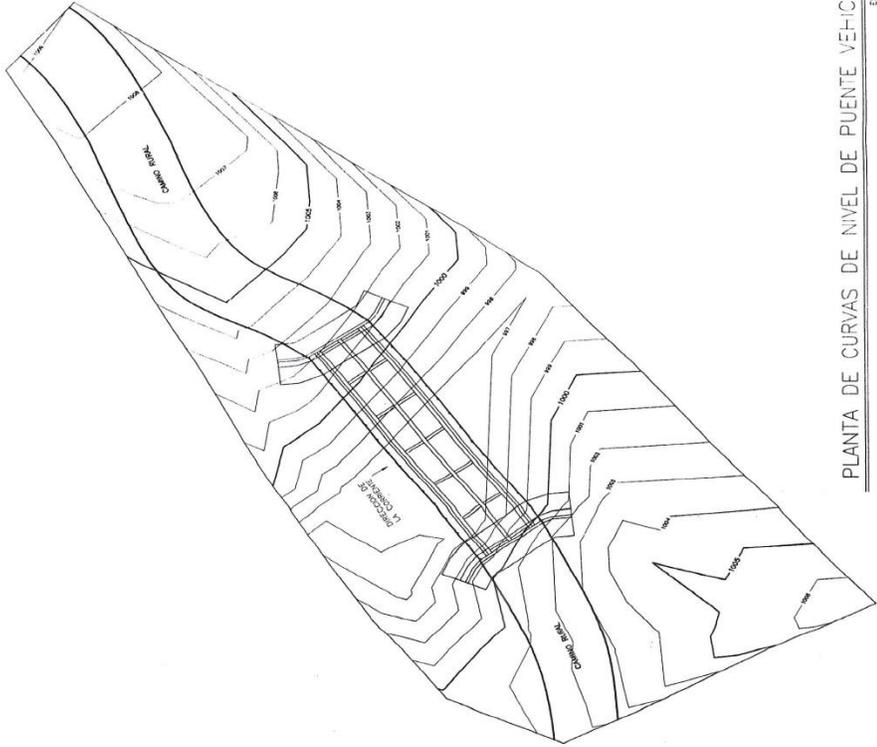
Apéndice 3. **Juego de planos del puente vehicular para la calzada El Retiro, zona 2**

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.



NORTE

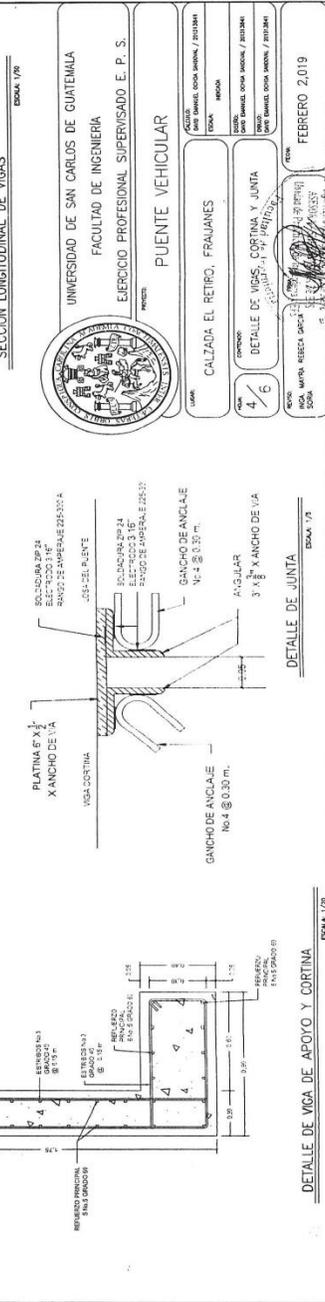
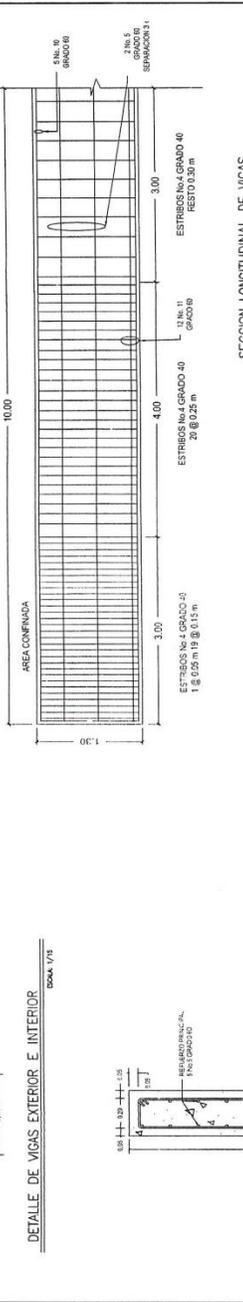
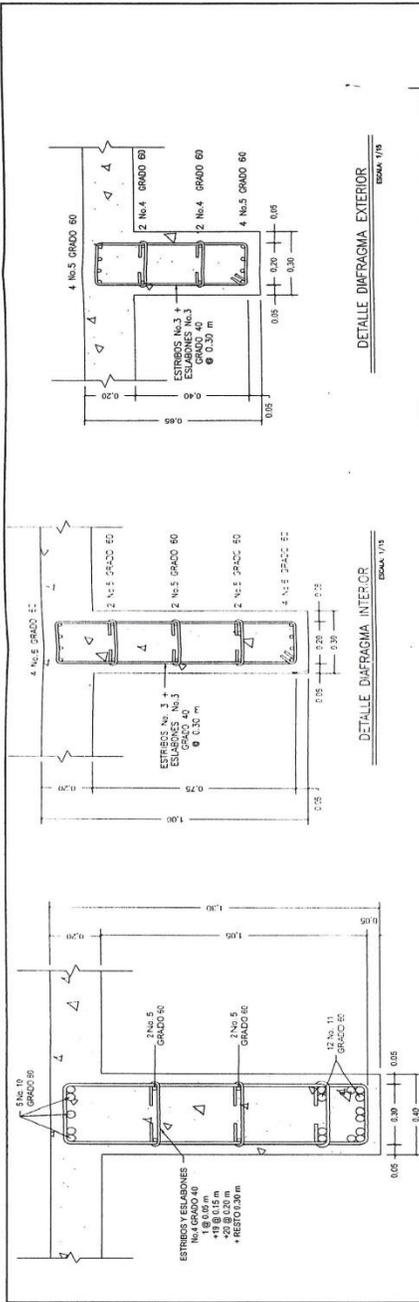
- NOTA:
LAS CURVAS MAYORES ESTAN
IDENTIFICADAS A CADA 5 m



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO E. P. S.
PROYECTO: PUENTE VEHICULAR

PROYECTO	CALZADA E. RETIRO, FRAUNES
FECHA	1 / 6
PROYECTANTE	PLANTA DE CURVAS DE NIVEL
PROYECTO	PUENTE VEHICULAR
FECHA	FEBRERO 2, 019

PLANTA DE CURVAS DE NIVEL DE PUENTE VEHICULAR
ESCALA 1:175



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO E. P. S.

PROYECTO: CALZADA EL RETIRO, FRAJANES

FECHA: FEBRERO 2019

PROFESOR: [Signature]

ESTUDIANTE: [Signature]



ANEXOS

Anexo 1. Evaluación Ambiental Inicial

ACTIVIDADES DE BAJO IMPACTO AMBIENTAL

**(ACUERDO GUBERNATIVO 137-2016, REGLAMENTO DE EVALUACIÓN,
CONTROL Y SEGUIMIENTO AMBIENTAL Y SU REFORMA)**

INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN
<p>El formato debe proporcionar toda la información solicitada en los apartados, de lo contrario ventanilla única no lo aceptará.</p> <ul style="list-style-type: none"> Completar el siguiente formato de evaluación ambiental inicial, colocando una X en las casillas donde corresponda y debe ampliar con información escrita en cada uno de los espacios del documento, en donde se requiera. Si necesita más espacio para completar la información, puede utilizar hojas adicionales e indicar el inciso o sub-inciso a que corresponde la información. La información debe ser completada, utilizando letra de molde legible o a máquina de escribir. Este formato también puede completarlo de forma digital, el MARN puede proporcionar copia electrónica si se le facilita el disquete, CD, USB; o bien puede solicitarlo a la siguiente dirección: vunica@marn.gob.gt Todos los espacios deben ser completados, incluso el de aquellas interrogantes en que no sean aplicables a su actividad (explicar la razón o las razones por lo que usted lo considera de esa manera). Por ningún motivo, puede modificarse el formato o agregarle los datos del proponente o logo(s) que no sean del MARN. 	<p>Núm. expediente:</p> <p>Clasificación del Listado Taxativo</p> <p>Firma y sello de recibido</p>
I. INFORMACION LEGAL	
<p>1.1. Nombre del proyecto, obra, industria o actividad (OBLIGATORIAMENTE que tenga relación con la actividad a realizar): Diseño del sistema de alcantarillado sanitario para la aldea Los Verdes, Fraijanes, Guatemala.</p>	
<p style="text-align: center;">1.1.2 Descripción del proyecto, obra o actividad para lo que se solicita aprobación de este instrumento. Construcción del sistema de alcantarillado sanitario para la aldea Los Verdes, Fraijanes, Guatemala.</p>	

Continuación del anexo 1.

I.2. Información legal: A) Persona individual: A.1. Representante Legal: David Emanuel Ochoa Sandoval A.2. Núm.. de CUI del Documento Personal de Identificación (DPI): 2576 26034 0101 _____ B) De la empresa: Razón social: Estado de Guatemala _____ Nombre Comercial: Municipalidad de Fraijanes _____ Núm. de escritura constitutiva: _____ Fecha de constitución: _____	
Patente de Sociedad Registro No. _____ Folio No. _____ Libro No. _____ Patente de Comercio gistro No. _____ Folio No. _____ Libro No. _____ C) De la Propiedad: No. De Finca _____ 510 _____ Folio No. _____ 14 _____ Libro No. _____ _____ 16 _____ de _____ _____ Fraijanes _____ dónde se ubica el proyecto, obra, industria o actividad.	
D) De la Empresa y/o persona individual: Número de Identificación Tributaria (NIT): _____ 961911-7 _____	
INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN
I.3 Teléfono _3003-6191 _____ Correo electrónico: _____ david8as@gmail.com _____	
I.4 Dirección de donde se ubica la actividad: (identificando calles, avenidas, número de casa, zona, aldea, cantón, barrio o similar, así como otras delimitaciones territoriales; <u>OBLIGATORIAMENTE</u> indicar el municipio y departamento) <p style="text-align: center;">1 AV. 0-27 ALDEA LOS VERDES, FRAIJANES, GUATEMALA</p> Especificar coordenadas geográficas <p style="text-align: center;">Coordenadas geográficas Datum WGS84</p>	
Latitud: 14° 24' 18" N	
Longitud: 90° 26' 45" W	
I.5 Dirección para recibir notificaciones (dirección fiscal) (identificando calles, avenidas, número de casa, zona, aldea, cantón, barrio o similar, así como otras delimitaciones territoriales; <u>OBLIGATORIAMENTE</u> indicar el municipio y departamento)	

Continuación del anexo 1.

2 avenida 9-82 zona 1, Fraijanes		
<p>I.6 Si para consignar la información en este formato, fue apoyado por un profesional, por favor anote el nombre, profesión, número de teléfono y correo electrónico del mismo</p> <p style="text-align: center;">David Emanuel Ochoa Sandoval, cel. 3003-6191, david8as@gmail.com</p>		
II. INFORMACIÓN GENERAL		
<p>Se debe proporcionar una descripción de las actividades que serán efectuadas en el proyecto, obra, industria o actividad según etapas siguientes:</p>		
II.1 Etapa de construcción	Operación	Abandono
<ul style="list-style-type: none"> • Actividades para realizar 1. Limpieza del terreno. 2. Topografía. 3. Trazo para zanjeo. 4. Zanjeo de terreno. 5. Camas para tubería. 6. Construcción de pozos de visita 7. Colocación y alineación de tubería. 8. Compactación material de relleno en tubería. 9. Construcción de candelas domiciliarias. <ul style="list-style-type: none"> • Insumos necesarios. 1. Palas, piochas, carretillas. 2. Materiales de construcción. 3. 170 galones de gasolina. 4. 1070 galones de Diesel. 5. 45 galones lubricante. 6. Tubería PVC. <ul style="list-style-type: none"> • Maquinaria. 1. Retroexcavadora. 2. Concretera. 3. Camión de volteo. 4. Plato vibratorio. <ul style="list-style-type: none"> • Otros de relevancia. 	<ul style="list-style-type: none"> • Actividades o procesos. 1. Limpieza del terreno. 2. Topografía. 3. Trazo para zanjeo. 4. Zanjeo de terreno. 5. Camas para tubería. 6. Construcción de pozos de visita 7. Colocación y alineación de tubería. 8. Compactación material de relleno en tubería. 9. Construcción de candelas domiciliarias. <ul style="list-style-type: none"> • Materia prima e insumos. 1. Palas, piochas, carretillas. 2. 170 galones de gasolina. 3. 1070 galones de Diesel. 4. 45 galones lubricante. 5. Tubería PVC. 6. Cal hidratada. 7. Material selecto(relleno). 8. Cemento. 9. Arena. 10. Piedrín. 11. Ladrillo tayuyo. 12. Alambre amarre. 13. Madera. 14. Hierro corrugado. 15. Clavos. 16. Parales de madera. <ul style="list-style-type: none"> • Maquinaria. 1. Retroexcavadora. 2. Concretera. 	<ul style="list-style-type: none"> • Acciones por tomar en caso de cierre. 1. Desalojo de maquinaria y equipo. 2. Señalización en caso de dejar zanjas. 3. Limpieza del lugar de trabajo.

Continuación del anexo 1.

	<p>3. Camión de volteo.</p> <p>4. Plato vibratorio.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Productos y subproductos (bienes y servicios). • Horario de trabajo De 8:00 a 16:00 hrs. de lunes a viernes. • Otros de relevancia. 	
<p>II.3 Área</p> <p>a) Área total de terreno en metros cuadrados: _____ 22 155,00 _____</p> <p>b) Área de ocupación del proyecto en metros cuadrados: _____ 5 477,00 _____</p> <p>Área total de construcción en metros cuadrados: _____ 5 477,00 _____</p>		
INSTRUCCIONES		PARA USO INTERNO DEL MARN
<p>II.4 Actividades colindantes al proyecto:</p> <p>NORTE _____ Carretera hacia fraijanes _____ SUR _____ Desfogue de aguas servidas _____</p> <p>ESTE _____ Barranco _____ OESTE _____ Fincas _____</p> <p style="text-align: center;">Describir detalladamente las características del entorno (viviendas, barrancos, ríos, basureros, iglesias, centros educativos, centros culturales, entre otros):</p>		
DESCRIPCIÓN	DIRECCIÓN (NORTE, SUR, ESTE, OESTE)	DISTANCIA AL PROYECTO
Carretera hacia Fraijanes	Norte	15m
Barranco, desfogue de aguas servidas y árboles	Sur	5m
Barranco	Este	2m
Fincas	Oeste	5m
<p>II.5 Dirección del viento:</p> <p style="text-align: center;">Norte y oeste</p>		
<p>II.6 ¿En el área donde se ubica la actividad, a qué tipo de riesgo ha estado o está expuesto?</p> <p>a) inundación (X) b) explosión () c) deslizamientos (X)</p> <p>d) derrame de combustible () e) fuga de combustible () d) Incendio () e) Otro</p> <p>()</p>		

Continuación del anexo 1.

Detalle la información_Existe el riesgo de inundación ya que no existe un alcantarillado sanitario y un desfogue adecuado y los desechos están expuestos en la vía principal y también deslizamientos debido a que hay barrancos cercanos al proyecto _____							
II.7 Datos laborales							
a) Jornada de trabajo: Diurna (X) Nocturna () Mixta () Horas extras _____ No _____							
b) Número de empleados por jornada _____ 15 _____ Total empleados _____ 15 _____							
II.8 USO Y CONSUMO DE AGUA, COMBUSTIBLES, LUBRICANTES, REFRIGERANTES, OTRO...							
INSTRUCCIONES						PARA USO INTERNO DEL MARN	
CONSUMO DE AGUA, COMBUSTIBLES, LUBRICANTES, REFRIGERANTES, ENTRE OTROS							
	Tipo	Si/ N o	Cantidad/(mes día y hora)	Proveedor	Uso	Especificaciones u observaciones	Forma de almacenami ento
Agua	Servicio público	Si	10 L/hora	Municipalidad	Fundición		Depósito agua
	Pozo	No					
	Agua especial	No					
	Superficial	No					
Combustible	Otro	No					
	Gasolina	Si	2 gal/día	Municipalidad	Maquinaria		Depósito
	Diesel	Si	8 gal/día	Municipalidad	Maquinaria		Depósito
	Bunker	No					
	Glp	No					
	Otro	No					

Continuación del anexo 1.

Lubricantes	Solubles	No					
	No solubles	No					
Refrigerante		No					
Otros		No					
<p>NOTA: si se cuenta con licencia extendida por la Dirección General de Hidrocarburos del Ministerio de Energía y Minas, para comercialización o almacenaje de combustible. Adjuntar copia</p>							
<p>III. IMPACTO AL AIRE</p>							
<p>GASES Y PARTICULAS</p> <p>III.1 Las acciones u operaciones de la actividad, producen gases o partículas (Ejemplo: ¿polvo, vapores, humo, niebla, material particulado, entre otros.) que se dispersan en el aire? ¿Ampliar la información e indicar la fuente de donde se generan?</p> <p style="text-align: center;">Se genera polvo debido a la excavación del terreno y el aire del lugar, y la maquinaria utilizada genera humo</p> <p>MITIGACIÓN</p> <p>III.2 ¿Qué se está haciendo o qué se hará para evitar que los gases o partículas impacten el aire, el vecindario o a los trabajadores?</p> <p style="text-align: center;">Se tratará de brindar mascarillas a los trabajadores y se advertirá a los vecinos para que tomen sus precauciones debido al humo y polvo</p>							
INSTRUCCIONES					PARA USO INTERNO DEL MARN		
<p>RUIDO Y VIBRACIONES</p> <p>III.3 ¿Las operaciones de la empresa producen sonidos fuertes (ruido), o vibraciones?</p> <p style="text-align: center;">Si</p> <p>III.4 En donde se genera el sonido y/o las vibraciones (maquinaria, equipo, instrumentos musicales, vehículos, entre otros.)</p> <p style="text-align: center;">En las calles donde se construirá</p> <p>III.5 ¿Qué se está haciendo o que acciones se tomarán para evitar que el ruido o las vibraciones afecten al vecindario y a los trabajadores?</p> <p style="text-align: center;">Se trabajará con maquinaria en horarios donde no afecten el sueño de los vecinos del lugar</p>							

Continuación del anexo 1.

OLORES	
<p>III.6 Si como resultado de sus actividades se emiten olores (ejemplo: cocción de alimentos, aromáticos, solventes, entre otro.), explicar con detalles la fuente de generación y el tipo o características del o los olores:</p> <p style="text-align: center;">No se generarán olores</p> <p>III.7 Explicar que se está haciendo o se hará para evitar que los olores se dispersen en el ambiente?</p>	
IV. EFECTOS DE LA ACTIVIDAD EN EL AGUA	
AGUAS RESIDUALES	
CARACTERIZACION DE LAS AGUAS RESIDUALES	
<p>IV.1 Con base en el Acuerdo Gubernativo 236-2006, Reglamento de las Descargas y Reuso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos, ¿qué tipo de aguas residuales (aguas negras) se generan?</p> <ul style="list-style-type: none"> a) <u>Ordinarias</u> (aguas residuales generadas por las actividades domésticas). b) <u>Especiales</u> (aguas residuales generadas por servicios públicos municipales, actividades de servicios, industriales, agrícolas, pecuarias, hospitalarias). c) <u>Mezcla</u> de las anteriores. d) Entre otros. <p>Cualquiera que fuera el caso, explicar la información, indicando el caudal (cantidad) de aguas residuales generado. Se maneja una mezcla de agua ya que proviene de viviendas y comercios dentro del asentamiento se genera un caudal actualmente de 18 L/s aproximadamente_</p> <p>IV.2 Indicar _____ el _____ número _____ de _____ servicios sanitarios _____ 128 _____</p>	
INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	
<p>IV.3 Describir que tipo de tratamiento se da o se propone dar a las aguas residuales generadas por la actividad. (usar hojas adicionales)</p> <ul style="list-style-type: none"> a) sistema de tratamiento. Se tratarán las aguas negras por medios físicos para ser desfogados hacia los barrancos que rodean el asentamiento. b) Capacidad. Se contará con 1 planta de tratamiento con capacidad para 2 000 personas. c) Operación y mantenimiento. Se dará revisión de la planta anualmente para que tenga un periodo de vida las extenso 	

Continuación del anexo 1.

<p>a) Caudal a tratar. Aguas negras</p> <p>b) Entre otros.</p>
<p><u>DESCARGA FINAL DE AGUAS RESIDUALES</u></p> <p>IV. 4 Indique el punto de descarga de las aguas residuales, por ejemplo, en pozo de absorción, colector municipal, río, lago, mar u otro e indicar si se le efectuó tratamiento de acuerdo con el numeral anterior.</p> <p>Actualmente las aguas residuales se descargan hacia los barrancos que rodean la aldea, no se efectúa como el numeral anterior.</p>
<p><u>AGUA DE LLUVIA (AGUAS PLUVIALES)</u></p> <p>IV.5 <u>Explicar la forma de captación de agua de lluvia y el punto de descarga de la misma (zanjones, ríos, pozos de absorción, alcantarillado, entre otros)</u></p> <p>No existe un alcantarillado en el lugar por lo que corre por las calles libremente hasta dar hacia las partes más bajas del terreno y los barrancos, existe un desfogue construido por la municipalidad anteriormente que dé hacia un barranco, un solo cuenta con una cuneta en la orilla de la calle que transporte el agua hacia el desfogue.</p>
<p><u>V. EFECTOS DE LA ACTIVIDAD SOBRE EL SUELO (Sistema edáfico y lítico)</u></p>
<p><u>DESECHOS SÓLIDOS</u></p> <p><u>VOLUMEN DE DESECHOS</u></p> <p>V.1 <u>Especifique el volumen de desechos o desperdicios genera la actividad desarrollada:</u></p> <p><input checked="" type="checkbox"/> a) Similar al de una residencia 11 libras/día</p> <p><input type="checkbox"/> b) Generación entre 11 a 222 libras/día</p> <p><input type="checkbox"/> c) Generación entre 222 libras y 1 000 libras/día</p> <p><input type="checkbox"/> d) Generación mayor a 1 000 libras por día</p> <p>V.2 Además de establecer la cantidad generada de desechos sólidos, se deben caracterizar e indicar el tipo de desecho (basura común, desechos de tipo industrial o de proceso, desechos hospitalarios, orgánicos, entre otros):</p> <p style="text-align: center;">Se generará basura común</p> <p>V.3. Partiendo de la base que todos los Desechos Peligrosos, son todos aquellos que posean una o más de las características siguientes: corrosivos, reactivos, explosivos, tóxicos, inflamables, biológico infecciosos, se genera en su actividad algún tipo de desecho con estas características y en qué cantidad?</p> <p style="text-align: center;">Desechos inflamables como combustible</p> <p>V.4 Se efectúa algún tipo de tratamiento de los desechos (comunes o peligrosos), explicar el método y/o equipo utilizado</p> <p style="text-align: center;">No</p> <p>V.5 Si los desechos se trasladan a otro lugar, para tratamiento o disposición final, indicar el tipo de transporte utilizado</p>

Continuación del anexo 1.

Recipientes o galones	
<p>V.6 ¿Contempla la empresa algún mecanismo o actividad para disminuir la cantidad o el tipo de desechos generados, o bien evitar que éstos sean dispuestos en un botadero?</p> <p style="text-align: center;">No</p>	
<p>V.7 Indicar el sitio de disposición final de los desechos generados (comunes y peligrosos)</p>	
INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN
VI. DEMANDA Y CONSUMO DE ENERGÍA	
CONSUMO	
<p>VI.1 Consumo de energía por unidad de tiempo (kW/hr o kW/mes)</p> <p style="text-align: center;">No _____</p>	
<p>VI. 2 Forma de suministro de energía</p> <p>a) Sistema público _____</p> <p>b) Sistema privado _____</p> <p>c) generación propia _____</p>	
<p>VI.3 Dentro de los sistemas eléctricos de la empresa se utilizan transformadores, condensadores, capacitores o inyectores eléctricos?</p> <p style="text-align: center;">SI _____ NO _____ X _____</p>	
<p>VI.4 Qué medidas propone para disminuir el consumo de energía o promover el ahorro de energía?</p>	
VII. POSIBILIDAD DE AFECTAR LA BIODIVERSIDAD (ANIMALES, PLANTAS, BOSQUES, ENTRE OTROS.)	
<p>VII.1 En el sitio donde se ubica la empresa o actividad, existen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bosques - Animales - Otros _____ - <p>Especificar información. Existen plantas y árboles _____</p>	
<p>VII.2 La operación de la empresa requiere efectuar corte de árboles?</p> <p style="text-align: center;">Si</p>	
<p>VII.3 ¿Las actividades de la empresa, pueden afectar la biodiversidad del área? SI (X) NO () Por qué?</p> <p style="text-align: center;">Debido a la tala de árboles se pueden perder animales</p>	

Continuación del anexo 1.

VIII. TRANSPORTE	
<p>VIII.1 En cuanto a aspectos relacionados con el transporte y parqueo de los vehículos de la empresa, proporcionar los datos siguientes:</p> <p>a) Número de vehículos <u>3</u></p> <p>b) Tipo de vehículo <u>Camiones y pick up</u></p> <p>c) sitio para estacionamiento y área que ocupa <u>A</u> las orillas de las calles <u></u></p> <p>d) Horario de circulación vehicular <u>8:00 a 16:00 hrs</u></p> <p>e) Vías alternas <u>No</u></p>	
IX. EFECTOS SOCIALES, CULTURALES Y PAISAJÍSTICOS	
ASPECTOS CULTURALES	
<p>IX.1 En el área donde funciona la actividad, existe alguna (s) etnia (s) predominante, ¿cuál?</p> <p style="text-align: center;">Ladina</p>	
INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN
RECURSOS ARQUEOLÓGICOS Y CULTURALES	
<p>IX.2 Con respecto de la actividad y los recursos culturales, naturales y arqueológicos, indicar lo siguiente:</p> <p>a) <input type="checkbox"/> La actividad no afecta a ningún recurso cultural, natural o arqueológico <u>No</u></p> <p>b) <input type="checkbox"/> La actividad se encuentra adyacente a un sitio cultural, natural o arqueológico <u>No</u></p> <p>c) <input type="checkbox"/> La actividad afecta significativamente un recurso cultural, natural o arqueológico <u>No</u></p> <p style="text-align: center;">Ampliar información de la respuesta seleccionada</p>	
ASPECTOS SOCIAL	
<p>IX.3. ¿En algún momento se han percibido molestias con respecto a las operaciones de la empresa, por parte del vecindario?</p> <p style="text-align: center;">SI (X) NO ()</p> <p>IX.4 Qué tipo de molestias?</p> <p style="text-align: center;">Debido al polvo y ruido que provocan las actividades de la construcción</p> <p>IX.5 Qué se ha hecho o se propone realizar para no afectar al vecindario?</p> <p style="text-align: center;">Dialogar con los encargados del COCODE para que hablen con los vecinos del asentamiento</p>	
PAISAJE	
<p>IX.6 Cree usted que la actividad afecta de alguna manera el paisaje? ¿Explicar por qué?</p>	

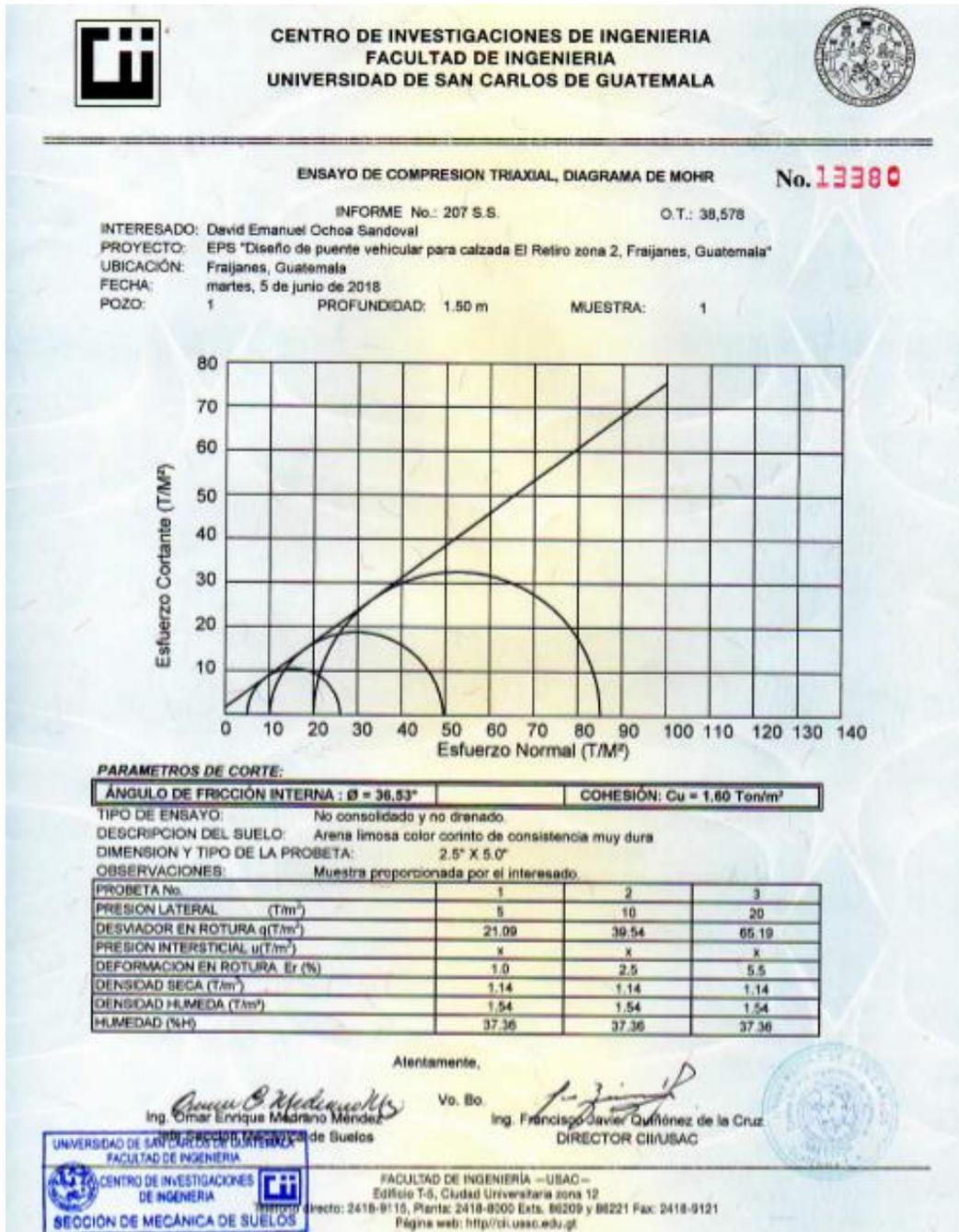
Continuación del anexo 1.

Si, ya que habrá un cambio brusco en el aspecto físico de las calles debido a la construcción de los pozos de visita
X. EFECTOS Y RIESGOS DERIVADOS DE LA ACTIVIDAD
X.1 Efectos en la salud humana de la población circunvecina: a) <input type="checkbox"/> la actividad no representa riesgo a la salud de pobladores cercanos al sitio b) <input checked="" type="checkbox"/> la actividad provoca un grado leve de molestia y riesgo a la salud de pobladores c) <input type="checkbox"/> la actividad provoca grandes molestias y gran riesgo a la salud de pobladores Del inciso marcado explique las razones de su respuesta, identificar que o cuales serían las actividades riesgosas: Puede afectar con enfermedades respiratorias debido al polvo que se generara en el trabajo
X.3 riesgos ocupacionales: <input type="checkbox"/> Existe alguna actividad que representa riesgo para la salud de los trabajadores <input checked="" type="checkbox"/> La actividad provoca un grado leve de molestia y riesgo a la salud de los trabajadores <input type="checkbox"/> La actividad provoca grandes molestias y gran riesgo a la salud de los trabajadores <input type="checkbox"/> No existen riesgos para los trabajadores Ampliar información: Pueden existir el riesgo que provoquen enfermedades respiratorias debido al polvo del lugar
Equipo de protección personal X.4 Se provee de algún equipo de protección para los trabajadores? SI (X) NO () X.5 Detallar que clase de equipo de protección se proporciona: Casco, botas, guantes y mascarilla X.6 ¿Qué medidas ha realizado o que medidas propone para evitar las molestias o daños a la salud de la población y/o trabajadores? Proporcionar mascarilla a los trabajadores y hablar con los vecinos que mantengan las puertas y ventanas cerradas para evitar polvo

Fuente: Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN).

Anexo 2.

Resultado de estudio de suelos ensayo triaxial



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería USAC.