



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

**DISEÑO DE UN PUENTE DE HAMACA EN EL RÍO GOBERNADOR, COMUNIDAD SANTA  
SOFÍA, YEPOCAPA, CHIMALTENANGO Y DOS SISTEMAS DE CAPTACIÓN DE AGUA  
PLUVIAL, EN EL CASCO URBANO DE SIQUINALÁ, ESCUINTLA**

**José Miguel Torres Reyes**

Asesorado por la Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto

Guatemala, febrero del 2021



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE UN PUENTE DE HAMACA EN EL RÍO GOBERNADOR, COMUNIDAD SANTA  
SOFÍA, YEPOCAPA, CHIMALTENANGO Y DOS SISTEMAS DE CAPTACIÓN DE AGUA  
PLUVIAL, EN EL CASCO URBANO DE SIQUINALÁ, ESCUINTLA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**JOSÉ MIGUEL TORRES REYES**

ASESORADO POR LA INGA. CHRISTA DEL ROSARIO CLASSON DE PINTO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO CIVIL**

GUATEMALA, FEBRERO DEL 2021



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. Christian Moisés de la Cruz Leal
VOCAL V	Br. Kevin Vladimir Armando Cruz
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADORA	Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto
EXAMINADORA	Inga. Mayra Rebeca García Soria
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez



## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

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

**DISEÑO DE UN PUENTE DE HAMACA EN EL RÍO GOBERNADOR, COMUNIDAD SANTA SOFÍA, YEPOCAPA, CHIMALTENANGO Y DOS SISTEMAS DE CAPTACIÓN DE AGUA PLUVIAL, EN EL CASCO URBANO DE SIQUINALÁ, ESCUINTLA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 30 de enero del 2020.

**José Miguel Torres Reyes**





Guatemala, 05 de agosto de 2020

Ref.EPS.DOC.270.08.2020

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 **José Miguel Torres Reyes**, Registro Académico 201025399 y CUI 1739 78479 0101 de la Carrera de Ingeniería Civil, procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **DISEÑO DE UN PUENTE DE HAMACA EN EL RÍO GOBERNADOR, COMUNIDAD SANTA SOFÍA, YEPOCAPA, CHIMALTENANGO Y DOS SISTEMAS DE CAPTACIÓN DE AGUA PLUVIAL, EN EL CASO URBANO DE SIQUINALÁ, ESCUINTLA.**

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. Christa Classon de Pinto  
Asesora-Supervisora de EPS  
Área de Ingeniería Civil



c.c. Archivo  
CCdP/ra





Guatemala, 20 de agosto de 2,020

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

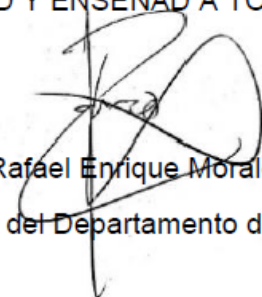
Estimado Ingeniero Aguilar Polanco:

Le informo que he revisado el trabajo de graduación, **DISEÑO DE UN PUENTE DE HAMACA EN EL RÍO GOBERNADOR, COMUNIDAD SANTA SOFÍA, YEPOCAPA, CHIMALTENANGO Y DOS SISTEMAS DE CAPTACIÓN DE AGUA PLUVIAL, EN EL CASCO URBANO DE SIQUINALÁ, ESCUINTLA**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil **José Miguel Torres Reyes**, con CUI:1739-78479-0101, Registro Académico 2010-25399 , quién contó con la asesoría de la Inga. **Christa Classon de Pinto**, 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,

INSTRUMENTAR LA CIENCIA  
ENSEÑAR Y APRENDER  
CON CALIDAD Y ÉTICA  
PARA EL DESARROLLO  
DE LA NACIÓN

FACULTAD DE INGENIERIA  
DEPARTAMENTO  
DE  
HIDRAULICA  
U S A C



Ing. Rafael Enrique Morales Ochoa  
Revisor del Departamento de Hidráulica

/mrrm.







**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala  
FACULTAD DE INGENIERÍA

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

**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**



Guatemala, 05 de octubre de 2,020

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

Estimado Ingeniero Aguilar Polanco:

Le informo que he revisado el trabajo de **graduación "DISEÑO DE UN PUENTE DE HAMACA EN EL RÍO GOBERNADOR, COMUNIDAD SANTA SOFÍA, YEPOCAPA, CHIMALTENANGO Y DOS SISTEMAS DE CAPTACIÓN DE AGUA PLUVIAL, EN EL CASCO URBANO DE SIQUINALÁ, ESCUINTLA"**, desarrollado por la estudiante de Ingeniería Civil **JOSÉ MIGUEL TORRES REYES**, CUI: **1739-78479-0101**, Registro Académico: **2010-25399**, quién contó con la asesoría del **INGA. CHRISTA CLASSON DE PINTO**.

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,

Ingeniero.  
**Armando Fuentes Roca**  
Coordinador del Departamento de Estructuras

**ID Y ENSEÑAD A TODOS**

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





Universidad de San Carlos de  
Guatemala



Facultad de Ingeniería  
Unidad de EPS

Guatemala, 07 de octubre de 2020  
REF.EPS.D.156.10.2020

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 DE UN PUENTE DE HAMACA EN EL RÍO GOBERNADOR, COMUNIDAD SANTA SOFÍA, YEPOCAPA, CHIMALTENANGO Y DOS SISTEMAS DE CAPTACIÓN DE AGUA PLUVIAL, EN EL CASO URBANO DE SIQUINALÁ, ESCUINTLA**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **José Miguel Torres Reyes, CUI 1739 78479 0101 y Registro Académico 201025399**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por la Inga. Christa Classon de Pinto.

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







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

El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen de la Asesora Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto y del Coordinador de E.P.S. Ing. Oscar Argueta Hernández, al trabajo de graduación del estudiante José Miguel Torres Reyes titulado **DISEÑO DE UN PUENTE DE HAMACA EN EL RÍO GOBERNADOR, COMUNIDAD SANTA SOFÍA, YEPOCAPA, CHIMALTENANGO Y DOS SISTEMAS DE CAPTACIÓN DE AGUA PLUVIAL, EN EL CASCO URBANO DE SIQUINALÁ, ESCUINTLA** da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

Sin otro particular, le saludo muy atentamente.

ID Y ENSEÑAD A TODOS



Ing. Armando Fuentes Roca  
Director Escuela Ingeniería Civil

Guatemala, febrero 2021

/mrrm.







DTG. 063.2021.

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 DE UN PUENTE DE HAMACA EN EL RÍO GOBERNADOR, COMUNIDAD SANTA SOFÍA, YEPOCAPA, CHIMALTENANGO Y DOS SISTEMAS DE CAPTACIÓN DE AGUA PLUVIAL, EN EL CASCO URBANO DE SIQUINALÁ, ESCUINTLA**, presentado por el estudiante universitario: **José Miguel Torres Reyes**, 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, febrero de 2021.

AACE/asga

## **ACTO QUE DEDICO A:**

**Dios**

Por ser guía en mí vida.

**Mis padres**

Miguel Torres y Mónica Reyes, por su paciencia en todas las facetas de mi vida.

**Mis hermanos**

Mónica, Álvaro y Andrea Torres Reyes, por su apoyo para culminar mi carrera.

**Mi familia**

Por el apoyo que siempre me brindaron.

**Mis compañeros**

Por haber estado conmigo hasta el final de la carrera.



## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Por ser parte importante en mi formación universitaria.
<b>Facultad de Ingeniería</b>	Por dejarme pertenecer a sus aulas.
<b>Mis padres</b>	Por su invaluable amor y presencia a lo largo de mi carrera.
<b>Inga. Christa Classon</b>	Por el tiempo dedicado y su asesoría durante el desarrollo del proceso.
<b>Ing. Manuel Arrivillaga</b>	Por su apoyo durante el proceso de EPS.
<b>Ing. Yefry Rosales</b>	Por mostrarme el verdadero trabajo de un Ingeniero Civil.
<b>Visión Mundial Guatemala</b>	Por la oportunidad de formar parte de su grupo de trabajo y por la ayuda para cumplir mis metas.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS.....	XI
GLOSARIO.....	XIII
RESUMEN.....	XV
OBJETIVOS .....	XVII
INTRODUCCIÓN.....	XIX
1. FASE DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.1. Monografía de Santa Sofía, Yepocapa, Chimaltenango.....	1
1.1.1. Antecedentes históricos .....	1
1.1.2. Localización geográfica y límites territoriales .....	1
1.1.3. Aspectos climáticos.....	2
1.1.4. Economía.....	2
1.1.5. Población .....	3
1.2. Investigación diagnóstica de las necesidades en el sector de Santa Sofía, Yepocapa, Chimaltenango .....	3
1.2.1. Descripción de las necesidades .....	3
1.2.2. Priorización de las necesidades .....	4
1.3. Monografía de Siquinalá, Escuintla .....	4
1.3.1. Antecedentes históricos .....	4
1.3.2. Localización geográfica y límites territoriales .....	5
1.3.3. Aspectos climáticos.....	5
1.3.3.1. Bosque húmedo subtropical templado .....	5
1.3.3.2. Bosque seco subtropical.....	5
1.3.3.3. Estación meteorológica.....	6

1.3.4.	Economía .....	7
1.3.5.	Población.....	7
1.4.	Investigación diagnóstica de las necesidades en el sector de Siquinalá.....	8
1.4.1.	Descripción de las necesidades.....	8
1.4.2.	Priorización de las necesidades.....	8
2.	SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL.....	9
2.1.	Diseño de puente de hamaca en comunidad Santa Sofía. Yepocapa, Chimaltenango.....	9
2.1.1.	Descripción del proyecto.....	9
2.1.2.	Estudio de suelos .....	10
2.1.3.	Investigación sobre puentes colgantes .....	12
2.1.3.1.	Principales características de los puentes colgantes .....	14
2.1.3.2.	Partes de un puente colgante.....	15
2.1.3.3.	Clasificación de puentes colgantes.....	16
2.1.3.3.1.	Por suspensión .....	16
2.1.3.3.2.	Por método de rigidez del sistema de suspensión .....	17
2.1.3.3.3.	Por anclaje del sistema de suspensión .....	17
2.1.3.3.4.	Por distribución de cargas del sistema de suspensión .....	18
2.1.3.3.5.	Materiales utilizados en puentes colgantes.....	18
2.1.3.3.6.	Elementos para considerar en el diseño de puentes colgantes .....	19
2.1.3.4.	Parámetros de diseño .....	19



	2.1.3.4.1.	Esviaje en los puentes.....	19
	2.1.3.4.2.	Tipo de cables .....	20
	2.1.3.4.3.	Accesorios de los cables .....	21
	2.1.3.4.4.	Cargas de diseño .....	22
2.1.3.5.		Estudio hidrológico .....	23
	2.1.3.5.1.	Método racional .....	23
	2.1.3.5.2.	Crecida máxima .....	24
2.1.3.6.		Diseño de puente colgante .....	26
	2.1.3.6.1.	Especificaciones de diseño .....	26
	2.1.3.6.2.	Diseño sísmico .....	26
	2.1.3.6.3.	Maderas en la construcción .....	31
	2.1.3.6.4.	Integración de cargas .....	32
	2.1.3.6.5.	Geometría de puente construido	36
	2.1.3.6.6.	Esfuerzos de diseño .....	37
	2.1.3.6.7.	Diseño del sistema de piso .....	38
	2.1.3.6.8.	Momento máximo .....	40
	2.1.3.6.9.	Diseño de cable principal.....	45
	2.1.3.6.10.	Diseño de péndolas.....	47
	2.1.3.6.11.	Diseño de anclajes .....	48
	2.1.3.6.12.	Diseño de la cimentación.....	51
	2.1.3.6.13.	Marco intermedio resistente a momento .....	58
	2.1.3.6.14.	Diseño de tensores.....	74
	2.1.3.6.15.	Diseño de anclaje del tensor .....	75
2.1.3.7.		Evaluación de impacto ambiental .....	76
	2.1.3.7.1.	Impactos ambientales determinados durante la construcción y operación.....	77

	2.1.3.7.2.	Recomendaciones de la evaluación de impacto y la viabilidad ambiental del proyecto .....	85
	2.1.3.7.3.	Mantenimiento preventivo.....	85
	2.1.3.8.	Presupuesto.....	85
	2.1.3.9.	Planos constructivos .....	88
2.2.		Diseño sistema de captación de agua de lluvia Siquinalá, Escuintla ...	88
	2.2.1.	Tiempo de vida del agua en un reservorio .....	88
	2.2.2.	Componentes del sistema de captación .....	89
	2.2.2.1.	Captación.....	89
	2.2.2.2.	Recolección y conducción .....	89
	2.2.2.3.	Interceptor.....	90
	2.2.2.4.	Almacenamiento .....	91
	2.2.2.5.	Filtro de arena.....	92
	2.2.3.	Recolección y ordenamiento de la información.....	92
	2.2.3.1.	Ubicación de la recolección.....	93
	2.2.3.2.	Proceso de recolección.....	93
	2.2.4.	Plan de análisis de resultados .....	94
	2.2.4.1.	Precipitación promedio mensual .....	94
	2.2.4.2.	Cálculo de la demanda de agua.....	95
	2.2.4.3.	Volumen de agua captada .....	95
	2.2.4.4.	Volumen necesario de agua.....	96
	2.2.4.5.	Intensidad y duración de lluvias .....	96
	2.2.4.6.	Coeficientes de escorrentía.....	96
	2.2.4.7.	Almacenamiento .....	97
	2.2.4.8.	Depósito de almacenamiento.....	97
2.3.		Resultados .....	97
	2.3.1.	Precipitados, demanda y volumen de agua .....	97
	2.3.1.1.	Precipitación promedio mensual .....	98

2.3.1.2.	Demanda de agua .....	99
2.3.1.2.1.	Demanda mensual .....	99
2.3.1.2.2.	Demanda diaria .....	100
2.3.1.3.	Volumen de agua captada por mes .....	100
2.3.1.4.	Volumen necesario de agua mensual .....	102
2.3.1.5.	Volumen de agua captada por día .....	104
2.3.1.6.	Volumen de agua diaria que se necesita .....	105
2.3.2.	Diseño del sistema de captación .....	107
2.3.2.1.	Superficie de captación .....	108
2.3.2.2.	Volumen del interceptor .....	108
2.3.2.3.	Filtro lento de arena .....	109
2.3.2.4.	Sistema de almacenamiento .....	109
2.3.2.4.1.	Diseño de cisterna .....	109
2.3.2.5.	Cálculo de tuberías .....	117
2.3.2.6.	Calidad del agua .....	118
2.3.2.7.	Dureza del agua .....	119
2.3.3.	Impacto ambiental .....	119
2.3.4.	Presupuesto .....	120
2.3.5.	Planos .....	122
CONCLUSIONES .....		123
RECOMENDACIONES .....		125
BIBLIOGRAFÍA .....		127
APÉNDICES .....		129
ANEXOS .....		149



# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## FIGURAS

1.	Datos meteorológicos.....	6
2.	Partes de un puente colgante tipo hamaca .....	16
3.	Tipos de cable según número de hilos .....	21
4.	Accesorios de los cables .....	22
5.	Nivel de protección sísmica y probabilidad del sismo .....	28
6.	Mapa de zonificación sísmica de guatemala .....	28
7.	Mapa de zonificación por viento de guatemala.....	35
8.	Dimensionamiento de puente colgante tipo hamaca .....	36
9.	Ubicación de los cables sistema de piso .....	38
10.	Diagrama de cuerpo libre .....	40
11.	Diagrama de momentos .....	43
12.	Dimensiones asumidas del anclaje .....	49
13.	Diagrama de fuerzas verticales en la cimentación.....	52
14.	Cimentación .....	53
15.	Diagrama de la viga .....	59
16.	Detalles de la viga .....	63
17.	Rigidez para diversos casos.....	64
18.	Marco eje x.....	68
19.	Diagrama de momentos eje y.....	69
20.	Cortante en columna .....	70
21.	Armado de acero transversal .....	72
22.	Nudo marco.....	74
23.	Interceptor de aguas .....	90

24.	Depósito de almacenamiento.....	91
25.	Ubicación de sistemas de captación .....	93
26.	Sistema empírico de captación .....	107
27.	Momentos en losa .....	111
28.	Armado de losa.....	112
29.	Detalle de viga de corona .....	113
30.	Diagrama de paredes del tanque.....	115

## TABLAS

I.	Población Santa Sofía .....	3
II.	Clima Siquinalá .....	6
III.	Población Siquinalá .....	7
IV.	Valores de $K_{py}$ para distintos ángulos de fricción interna .....	12
V.	Fuerzas horizontales .....	31
VI.	Esfuerzos básicos para maderas.....	32
VII.	Datos cableado principal .....	46
VIII.	Tensiones en el cable principal.....	46
IX.	Distancia total de cable para péndolas .....	48
X.	Acero por temperatura .....	58
XI.	Evaluación de impacto ambiental .....	78
XII.	Presupuesto del puente de hamaca .....	86
XIII.	Coeficiente de escorrentía .....	97
XIV.	Precipitación media mensual para los años 2018 y 2019 .....	98
XV.	Precipitación anual estación ICC .....	99
XVI.	Volumen de agua captada por mes, año 2018.....	101
XVII.	Volumen de agua captada por mes, año 2019.....	101
XVIII.	Volumen necesario de agua mensual, año 2018 .....	102
XIX.	Volumen necesario de agua mensual, año 2019 .....	103

XX.	Volumen de agua captada por día, año 2018.....	104
XXI.	Volumen de agua captada por día, año 2019.....	104
XXII.	Volumen diario necesario de agua para el 2018 .....	105
XXIII.	Volumen diario necesario de agua para el 2019 .....	106
XXIV.	Volumen del interceptor por captación .....	108
XXV.	Espaciamiento losa sentido a .....	112
XXVI.	Espaciamiento losa sentido b .....	112
XXVII.	Momentos estabilizantes .....	115
XXVIII.	Área de captación en pie cuadrado .....	118
XXIX.	Presupuesto del sistema de captación .....	120





## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>A</b>	Área
<b>ACI</b>	<i>American Concret Institute</i>
<b>As. máx.</b>	Área de acero máxima
<b>As. mín.</b>	Área de acero mínima
<b>Cm</b>	Carga muerta
<b>cm</b>	Centímetro
<b>Cv</b>	Carga viva
<b>D</b>	Diámetro
<b>F</b>	Flexión
<b>f'c</b>	Resistencia del concreto
<b>f'y</b>	Resistencia del acero
<b>ft</b>	Pie
<b>INFOM</b>	Instituto de Fomento Municipal.
<b>kg</b>	Kilogramo
<b>Lb</b>	Libra
<b>Lt/seg</b>	Litro sobre segundo
<b>Lts</b>	Litros
<b>m</b>	Metros
<b>m<sup>2</sup></b>	Metro cuadrado
<b>m<sup>3</sup></b>	Metro cúbico
<b>mm</b>	Milímetros
<b>Mu</b>	Momento último
<b>nm</b>	Nanómetro

**Pig “**  
**V**

Pulgada  
Volumen

## GLOSARIO

<b>Acero mínimo</b>	Cantidad límite inferior de acero que un elemento estructural debe contener para evitar grietas en él por fraguado del concreto.
<b>Análisis estructural</b>	Estudio de las deformaciones de los elementos estructurales resultantes de la aplicación de cargas.
<b>Época de lluvia</b>	En Guatemala, está definida desde principios de mayo hasta finales de octubre, según INSIVUMEH.
<b>Época seca</b>	Según INSIVUMEH, está definida desde principios de noviembre hasta finales de abril.
<b>Esfuerzo</b>	Intensidad de fuerza por unidad de área.
<b>Estribo</b>	Armadura empleada para resistir esfuerzos de corte y de torsión en un elemento estructural; ya sea sin dobleces o doblados en forma de L, U o formas rectangulares.
<b>Estudio de suelos</b>	Ensayos técnicos realizados en laboratorios indicados para el caso, con el fin de determinar las propiedades físicas y mecánicas de un suelo.

<b>Flecha</b>	Deflexión del cable principal del puente respecto de la línea horizontal.
<b>Losa</b>	Elemento estructural plano que soporta las cargas de un ambiente y las transmite hacia las vigas.
<b>Momento</b>	Esfuerzo al que se somete un elemento cuando se le aplica una fuerza “F” a una distancia “x” de su centro de masa.
<b>Pluviómetro</b>	Instrumento para medir la cantidad de lluvia que cae en un lugar y en un espacio de tiempo determinados; el agua recogida por él se mide en litros o milímetros por metro cuadrado.
<b>Recurso natural</b>	Es un bien o servicio proporcionado por la naturaleza, sin alteraciones por parte del ser humano.
<b>Rigidez</b>	Resistencia de un elemento estructural a la deformación.

## RESUMEN

En el presente documento se muestra el resultado del Ejercicio Profesional Supervisado, el cual se realizó en la organización no gubernamental, Visión Mundial Guatemala.

La organización se encarga de trabajar en diferentes áreas; El proyecto se desarrolló en el área de infraestructura, la cual tenía como proyectos prioritarios, ayuda a comunidades afectadas por la erupción del volcán de fuego; Suceso que se dio en el mes de junio del año 2018.

Al realizar una investigación de las zonas que se vieron afectadas, se llegó a la selección de dos comunidades afectadas; esto llevó a plantear diferentes soluciones a los problemas que se plantearon tales como mantener un reservorio de agua y darle acceso a una comunidad.

En el casco urbano de Siquinalá, se diseñaron dos sistemas de captación de agua pluvial, los cuales, usaran las estructuras pertenecientes al nuevo mercado y a la estación de bomberos, para obtener la esorrentía que llenará los sistemas de agua.

Así también se diseñará un puente de hamaca para la comunidad de Santa Sofía, Yepocapa; esto orientado en la necesidad de reducir el riesgo y el tiempo que les toma a las personas cruzar el río Gobernador.



## **OBJETIVOS**

### **General**

Elaborar el diseño de un puente de hamaca en el río Gobernador, comunidad de Santa Sofía, Yepocapa, Chimaltenango y dos sistemas de captación de agua pluvial, en el casco urbano de Siquinalá, Escuintla.

### **Específicos**

1. Mantener un reservorio de agua para la estación de bomberos y el mercado del casco urbano de Siquinalá, departamento de Escuintla.
2. Reducir el riesgo y el tiempo que les toma a los pobladores de la comunidad de Santa Sofía cruzar el río Gobernador.
3. Proporcionar un documento y planos que contengan la información detallada para la construcción de los proyectos.
4. Diseñar un puente de hamaca y dos sistemas de captación de agua pluvial de acuerdo con las normas establecidas por COGUANOR, AGIES e INFOM, para una mejor calidad en el diseño de las estructuras.





## INTRODUCCIÓN

Guatemala es un país con alta actividad volcánica, lo cual incide en tierras de gran riqueza en lo que a nutrientes se refiere, pero el constante crecimiento de la población ha llevado a que los municipios tengan mayores comunidades, las cuales, a veces, se forman en lugares de riesgo.

Durante el mes de junio del 2018, al momento en que sucedió la erupción del volcán de Fuego, se vieron afectadas diferentes comunidades cercanas, lo que llevó al colapso en las vías de acceso y problemas con el agua potable; esto dejó ver las deficiencias que sufren los municipios en cuanto a reacción inmediata ante este tipo de catástrofes. Por lo cual diferentes organizaciones no gubernamentales, entre estas Visión Mundial Guatemala, accionaron de forma inmediata para apoyar en diferentes sectores afectados, entre los cuales se encuentra el municipio de Siquinalá y la comunidad de Santa Sofía, Yepocapa.

Al momento de realizar el diagnóstico en estos sectores, se determinó que el daño originado por la erupción volcánica dejó problemas en los sistemas de conducción de agua potable para el casco urbano de Siquinalá. Esto provocaba gran molestia en los pobladores, por lo cual se llegó a necesitar de dos reservorios de agua pluvial ubicados en la plaza principal para el uso de las personas: la estación de bomberos y el mercado. También se planteó la necesidad de un puente de hamaca en la comunidad de Santa Sofía, la cual se vio afectada por el paso de lahares, por lo cual las personas debían cruzar el río Gobernador y esto los ponía en situaciones de riesgo.



# **1. FASE DE INVESTIGACIÓN**

## **1.1. Monografía de Santa Sofía, Yepocapa, Chimaltenango**

Santa Sofía se encuentra en el departamento de Chimaltenango, Yepocapa es uno de los dieciséis municipios de este departamento.

### **1.1.1. Antecedentes históricos**

Debido a que la aldea de Santa Sofía se encuentra en las faldas del volcán de Fuego, la población se mantiene en constante alarma por la actividad de dicho volcán; al ser una parte pequeña de Yepocapa siempre ha estado atada a los cambios que se han dado en el municipio. Se sabe que el español Antonio de Guzmán fue quien descubrió el pueblo, el cual posteriormente fue sometido a la corona española.

La mayor parte de la población es de ascendencia maya Kaqchikel. Sin embargo, se está perdiendo la identidad tanto en el uso del idioma como de su traje típico.

### **1.1.2. Localización geográfica y límites territoriales**

La aldea Santa Sofía está localizada al suroccidente del país, aproximadamente a 112 kilómetros de la ciudad capital, en el municipio de San Pedro Yepocapa, departamento de Chimaltenango. Sus coordenadas geodésicas son: latitud 13° 25' 14.9"; longitud 90° 57' 57.9"; se encuentra a una altura sobre el nivel del mar de (1 108.00) metros.

Sus límites son:

- Al norte con Acatenango
- Al este con Alotenango
- Al sur con Santa Lucía Cotzumalguapa
- Al oeste con Patulul
- Al noroeste con Pochuta

### **1.1.3. Aspectos climáticos**

En esta zona se mantiene un clima cálido, por su cercanía con el área sur, pero en los meses de invierno prevalece el frío y vientos fuertes; esto se debe a las características topográficas.

### **1.1.4. Economía**

Los habitantes de Santa Sofía, en su mayoría se dedican a la agricultura y a la cosecha de productos tales como: pacayas, banano, café, frijol, maíz, aguacate, zapote, limón y naranja. Estos productos se venden localmente o son llevados a otras comunidades para su comercio.

Durante la época de siembra, la población en su mayoría se dedica a cultivar en sus parcelas, para luego cosechar y comerciar; pero en otras épocas del año, la principal fuente de ingresos es la venta de su fuerza laboral en fincas que, por su cercanía con la costa sur, en su mayoría son de caña de azúcar, ganadería y café. Como efecto de la globalización, muchos jóvenes optan por emigrar a la ciudad capital o al extranjero.

### 1.1.5. Población

Según los datos proporcionados por la municipalidad de Chimaltenango, el poblado de Santa Sofía, en su mayoría no es indígena. Hay personas de escasos recursos que dependen de la agricultura, mano de obra y remesas; tiene una población de 3 215, entre: hombres, mujeres y niños.

Tabla I. **Población Santa Sofía**

Hombres	Mujeres	Niños	Total
1 125	964	1 126	3 215

Fuente: elaboración propia, con datos proporcionados por el INE.

### 1.2. Investigación diagnóstica de las necesidades en el sector de Santa Sofía, Yepocapa, Chimaltenango

La investigación mostrará las deficiencias que existen en el área de Santa Sofía; se les dará seguimiento a las necesidades relacionadas con infraestructura.

#### 1.2.1. Descripción de las necesidades

La aldea de Santa Sofía, como todo sector guatemalteco, necesita de diferentes servicios. Como parte del proceso de investigación se llevó a cabo una reunión, en la cual se dieron a conocer las necesidades prioritarias y se concluyó que los proyectos de mayor importancia son:

- Proyecto de mejoramiento del sistema de agua potable

- Remodelación del techo del salón municipal
- Construcción de un puente de hamaca, peatonal

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

Para darle prioridad al proyecto se realizaron diversas reuniones con los entes municipales y la ONG Visión Mundial Guatemala, dejando las de mayor importancia: construcción de un puente de hamaca y los sistemas de captación.

### **1.3. Monografía de Siquinalá, Escuintla**

Siquinalá es uno de los municipios con mayor afluencia de transporte del departamento de Escuintla; este cuenta con diversos recursos naturales y turísticos.

#### **1.3.1. Antecedentes históricos**

El municipio de Siquinalá cuenta con tierras bastas y ricas en nutrientes, lo que le permite contar con grandes riquezas naturales, culturales, sociales y gran actividad económica.

El municipio obtuvo la categoría de cabecera municipal, gracias al Acuerdo Ejecutivo, del 6 de marzo del 1867. Cuenta con una extensión territorial de 168 kilómetros cuadrados y se encuentra a una altura de 336 metros sobre el nivel del mar. Su nombre se origina de la etimología Tziquin que significa pájaro y ala que significa joven; por tanto, se lograría interpretar como joven pájaro. Su fiesta titular se lleva a cabo el 25 de noviembre, el día que la iglesia festeja a la Virgen Santa Catalina de Alejandría.

### **1.3.2. Localización geográfica y límites territoriales**

El municipio de Siquinalá está localizado al sur del país, aproximadamente a 82 kilómetros de la ciudad capital, departamento de Escuintla. Sus coordenadas geodésicas son: latitud 14° 18' 21" y longitud 90° 57' 58"; se encuentra a una altura sobre el nivel del mar de 336,58 metros y limita:

- Al norte con Santa Lucía Cotzumalguapa y Escuintla
- Al este con Escuintla
- Al sur con La Democracia
- Al oeste con Santa Lucía Cotzumalguapa

### **1.3.3. Aspectos climáticos**

De acuerdo con la clasificación de zonas de vida y clima de Guatemala, el municipio de Siquinalá presenta las siguientes clasificaciones.

#### **1.3.3.1. Bosque húmedo subtropical templado**

Esta parte corresponde a una extensión de 181 kilómetros cuadrados; cuenta con una precipitación que varía entre 1 100 a 1 349 mm al año; su temperatura se encuentra en el rango de los 20 a 26 °C; la especie característica de esta área es el pino colorado (*Pinus oocarpa*).

#### **1.3.3.2. Bosque seco subtropical**

Cuenta con una extensión de 51 kilómetros cuadrados; en esta área se cuenta con una precipitación que va entre los 500 a los 1 000 mm; su temperatura está en el rango de los 19 a 24 °C; la especie característica de esta

área es el Tecomajuche (*Cochlospermum vitifolium*). A continuación, se tiene la tabla que muestra los parámetros climáticos medios de Siquinalá.

Tabla II. **Clima Siquinalá**

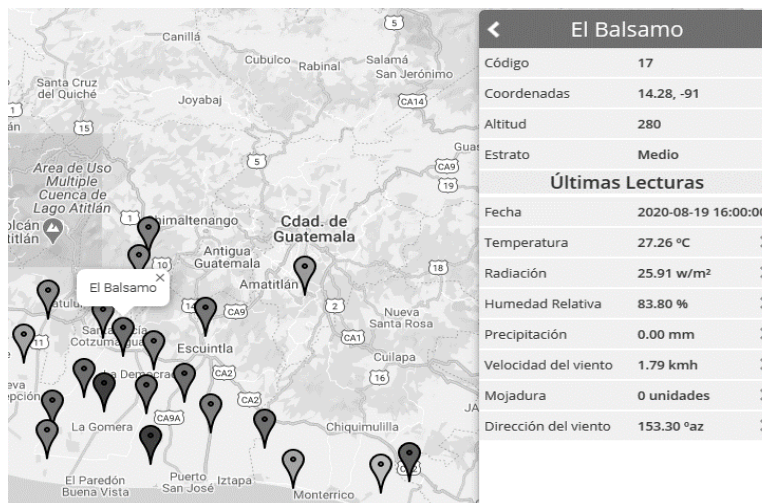
Temperatura máxima °C	Temperatura mínima °C	Precipitación media (mm)	Días de lluvia promedio (días)
31,7	21	2 665,5	133,4

Fuente: elaboración propia.

### 1.3.3.3. Estación meteorológica

Los datos se obtuvieron de la estación meteorológica El Bálsamo, la cual es parte del Centro de Investigación del Instituto Privado del Cambio Climático ICC. A continuación, se muestran los datos que reporta la estación.

Figura 1. **Datos meteorológicos**



Fuente: elaboración propia, estación meteorológica El Bálsamo.



#### **1.3.4. Economía**

Dentro de la producción y actividad económica, la de mayor importancia es el cultivo de la caña de azúcar; este es su principal producto de comercio, tanto de forma local como externa. Otros de los principales productos de cultivo es el palo de hule, café y maderas finas; estas últimas han sido afectadas por la constante tala y la falta de reforestación.

Cerca de Siquinalá se encuentra al margen el ingenio Pantaleón, el cual además del proceso para la producción de azúcar, ofrece como subproducto la energía eléctrica. En Siquinalá se cría ganado de engorde y se obtienen sus derivados para diferentes usos; además, en su área se encuentra una avícola que produce aves de consumo humano. Como el pueblo se considera un área de paso, la actividad comercial es grande y variada; además, cuenta con diferentes atractivos turísticos y centros recreacionales, como: las cataratas de la aldea El Capulín, y centros hoteleros con balnearios y restaurantes.

#### **1.3.5. Población**

Según información compartida por la municipalidad de Siquinalá y sus proyecciones, la población al año 2019 se puede observar en la tabla III.

Tabla III. **Población Siquinalá**

<b>Hombres</b>	<b>Mujeres</b>	<b>Total</b>
12 207	12 240	24 447

Fuente: elaboración propia, con datos obtenidos en el INE.

## **1.4. Investigación diagnóstica de las necesidades en el sector de Siquinalá**

A continuación, se hace una descripción de las necesidades en el municipio de Siquinalá.

### **1.4.1. Descripción de las necesidades**

Por el problema con el volcán de Fuego, el movimiento de lahares, la quema de cultivos por la ceniza excesiva y la arena volcánica, la población de Siquinalá se encontró con una mayor cantidad de deficiencias, tales como la falta de agua potable, la accesibilidad a sus aldeas y la falta de prevención; por lo cual se trabajaron diferentes temas con la municipalidad, y se plantearon los siguientes proyectos:

- Reconstrucción del paso aéreo, tubería de agua potable
- Adoquinamiento del pateo escuela en El Capulín
- Cambio de techo del salón municipal
- Construcción de dos sistemas de captación de agua pluvial

### **1.4.2. Priorización de las necesidades**

Al momento de seleccionar los dos sistemas de captación de agua pluvial, se consideró el área estratégica, la cual sería el centro del pueblo; uno ubicado en la estación de bomberos y el otro en el nuevo mercado, ya que estos lugares necesitan de reservorios; además, es un área concurrida en la cual las personas pueden abastecerse del líquido y se cuenta con el apoyo del ingenio Pantaleón, el cual se encarga de llenar los reservorios en caso de ser necesario.

## **2. SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL**

### **2.1. Diseño de puente de hamaca en comunidad Santa Sofía. Yepocapa, Chimaltenango**

A continuación, se enlistan los elementos considerados importantes para la elaboración del diseño.

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

El proyecto consiste en dar a la comunidad de Santa Sofía, Yepocapa, una vía de acceso que les reduzca el tiempo y riesgo que representa el cruzar el río Gobernador para llegar a sus hogares. Esto con el diseño de un puente de hamaca tipo colgante peatonal, de un metro y veinte centímetros de ancho, con una longitud de treinta y seis metros; este se realizará con cables principales de acero y anclajes de concreto.

El piso del puente será de madera de pino tratada; los barandales del costado, de malla metálica para evitar riesgo de caída.

Para el diseño de la estructura se usó el método LRFD, también conocido como método de diseño por factores de carga y resistencia, el cual compara la combinación de cargas con una resistencia nominal, dividida por un factor de seguridad.

Esto se complementó con los requisitos de reglamentos para concreto estructural ACI 318-14; se tomó el capítulo 18 para diseño de estructuras

sismorresistentes, con el cual se hizo el diseño de los elementos propios de la superestructura y la subestructura del puente, y se siguieron las normas presentes en los documentos NSE 2.1, demandas estructurales, condiciones de sitio; así también las normas de seguridad estructural para la República de Guatemala del 2018 de AGIES; se usaron los capítulos 4, 5 y 8. Para el diseño del cableado se usó el *Wire Rope Hand Book*, 1963, capítulo 3.

### 2.1.2. Estudio de suelos

El valor soporte del suelo es parte importante en el diseño, ya que permite conocer la carga máxima a la que se puede someter un área de suelo para darle estabilidad a la estructura.

Los datos obtenidos con el ensayo de compresión no confinada fueron proporcionados por la municipalidad de Yepocapa a Visión Mundial y presenta un valor de 25 toneladas por metro cuadrado.

- Datos obtenidos del ensayo (ver apéndice)
- Tipo de ensayo: compresión no confinada
- Ángulo de fricción interna:  $30^\circ$
- Cohesión C:  $0,2 \text{ ton/m}^2$
- Peso específico:  $1,76 \text{ ton/m}^2$

Se convierte el ángulo de fricción interna a radianes:

$$\varnothing_{\text{rad}} = \frac{\varnothing\pi}{180} = 0,524$$

Los factores de capacidad son los siguientes:

- Factor de flujo de carga
- Factor de carga última
- Factor de flujo del suelo

Factor de flujo de carga (Nq):

$$Nq = \frac{e^{\left(\frac{3\pi}{2} - 0.524\right) * \tan(30)}}{2 \cos^2\left(45 + \frac{30}{2}\right)} = 22,45$$

Factor de carga última (Nc):

$$Nc = \cot(\emptyset) * (Nq - 1) = 37,15$$

Factor de flujo de suelo (Ny):

$$Ny = \frac{1}{2} \left( \frac{Kpy}{2 \cos^2(\emptyset)} - 1 \right) * \tan(\emptyset) = 19,73$$

Donde:

Kpy = coeficiente de empuje pasivo

Los valores de Kpy se obtienen interpolando los distintos ángulos de fricción interna, según la siguiente tabla.

Tabla IV. Valores de  $K_{py}$  para distintos ángulos de fricción interna

$\varphi$	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
$K_{py}$	10,8	12,2	14,7	18,6	25	35	52	82	141	298	800

Fuente VILLALAZ: crespó, *Mecánica de suelos y cimentaciones*. p. 280.

$$N_y = 19,73$$

Determinando el esfuerzo límite:

$$q = 0,4 * \gamma_s * B * N_\gamma + 1,3 * C * N_c + \gamma_s * D * N_q$$

$$q = (0,4 * 1,76 * 1,50 * 19,73) + (1,3 * 0,2 * 37,15) + (1,76 * 1,8 * 22,45) \\ = 101,62 \text{ ton/m}^2$$

Valor soporte:

$$V_s = \frac{q}{f_s} = \frac{101,62}{4} = 25,40 \text{ ton/m}^2$$

### 2.1.3. Investigación sobre puentes colgantes

Un puente colgante se sostiene a causa del arco invertido; está formado por la cantidad de cables de acero que se tensan para causar ese efecto; de estos se sujeta el tablero del puente o en caso diferente la carpeta de rodadura, gracias a los tirantes verticales. Estos puentes son muy antiguos, ya que se encuentran en diferentes partes de la historia de la humanidad. Con el fin de pasar obstáculos, gracias a las diferentes evaluaciones y nuevos parámetros,

se ha tenido una gran mejora al momento de seleccionar materiales para su construcción y proceso constructivo; por esto son capaces de soportar tránsito pesado.

La construcción del primer puente colgante en América fue en 1796, lo cual llevó a que se siguieran construyendo unos cincuenta puentes colgantes más; esto entre 1796 y 1810. El puente colgante más largo de ese tipo, del cual se tiene registro fue construido en Filadelfia; consta de una luz de 306 pies. Estas estructuras están formadas por cadenas forjadas, las cuales se utilizaron como el sistema de suspensión. Después de la construcción del puente de Brooklyn, se utilizaron los alambres de acero, esto por su mayor resistencia y mejor comportamiento mecánico, dentro del trabajo de suspensión en los puentes colgantes; gracias a eso se llevó a cabo la construcción de puentes con mayores luces.

En 1907 el francés Ferdinand Arnodin introdujo el invento de los cables de torsión, los cuales constaban de varios hilos que rodeaban otro rectilíneo; esto proporcionaba una gran ventaja al sistema de los puentes; además, permitía una mayor facilidad al momento de fabricar y transportar. Todo indica que el cable contiene una fuerza de tracción que produce un ajuste de forma transversal que les permite a los hilos traccionarse unos contra otros; esto no solo protege mejor el cable principal de intemperismo, también reduce el riesgo de oxidación.

Gran cantidad de puentes construidos a finales del siglo XIX y la primera mitad del XX, contaban con luces, las cuales se encontraban entre los 60 y 300 metros. Por lo general estos eran puentes que se constituían de tres vanos y sus vigas rígidas, principalmente triangulares, se encontraban bajo la calzada;

estas se enlazaban con las suspensiones ancladas a los cables principales mediante collares.

Los cables principales están constituidos por varios cables paralelos. En los otros puentes de más antigüedad, estos cables se encontraban compuestos por otros, solo que separados entre sí, aunque esto no daba buenos resultados.

Los cables principales deben pasar sobre las torres y ser fijados gracias a los anclajes, los cuales antiguamente se construían en fábricas, para luego ser remplazados por los hechos en el lugar de hormigón; de ser posible, es mejor sujetar los cables a rocas. Para obras con una mayor longitud se usan puentes con vanos múltiples, esto siempre que el cable de cabeza se enlace en la parte superior de la torre, para así disminuir la deformación y que la tracción sea sujeta por los anclajes.

#### **2.1.3.1. Principales características de los puentes colgantes**

Las características principales en los puentes colgantes son las que los difieren a los puentes estructurales, y las hay tanto positivas como negativas; se mencionan las siguientes:

- Bajo cargas muy grandes de viento las torres pueden ejercer un gran esfuerzo por momento sobre el suelo; esto requerirá de una gran cimentación si los suelos resultan ser débiles, lo que incrementa los costos.
- El vano del centro puede ser de una distancia considerable en relación con la cantidad de material que se usa; esto permite unir grandes distancias.



- No es necesario tener apoyos centrales por su forma de construcción, lo que permite construir sobre cañones profundos y aguas muy turbulentas.
- La plataforma puede encontrarse a gran altura, permitiendo el paso de barcos.
- Siendo de comportamiento flexible, pueden sufrir flexión por causa de vientos fuertes o terremotos, donde un puente con mayor rigidez trabajaría de mejor manera.

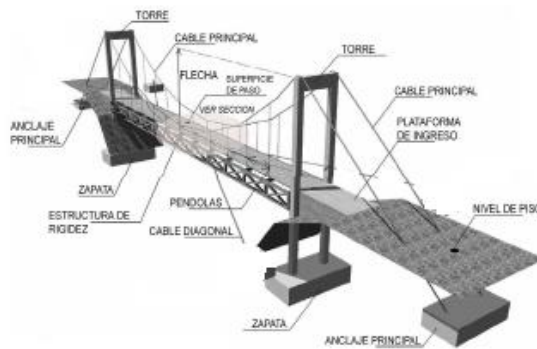
### **2.1.3.2. Partes de un puente colgante**

Entre las partes que componen un puente colgante, tanto rígido como flexible se pueden nombrar:

- Sistema de piso: está formado por la superficie de paso y los cables principales; en caso de puentes de hamaca y secundarios, y puentes rígidos.
- Cable principal: es el cable que trabaja de manera primordial en el puente colgante, porque este soporta la tensión que se produce por las cargas y la transfiere.
- Péndolas: son los cables verticales que se encuentran entre los cables de piso y los principales, su función es transmitir carga.
- Cable secundario: se encarga de soportar el barandal del costado del puente.
- Flecha: distancia vertical que se permite en un cable elevado de deflexión, en relación con su horizontal de los apoyos.
- Torres o columnas: elementos estructurales encargados de soportar a los cables secundarios y el barandal; así como delimitar el ancho de paso del puente y proteger a los usuarios de una posible caída.

- Anclajes: es contrapeso muerto en el cual se sujetan los cables principales, porque estos reciben la fuerza de tensión que ellos transmiten.

Figura 2. **Partes de un puente colgante tipo hamaca**



Fuente: ESTRADA RODAS, José Humberto. *Análisis descriptivo de puentes colgantes peatonales en la costa sur de Guatemala*. p. 22.

### 2.1.3.3. Clasificación de puentes colgantes

Según su uso y construcción, los puentes se pueden clasificar de la siguiente manera:

#### 2.1.3.3.1. Por suspensión

Por el tipo de puentes colgantes se clasifican en:

- Cadenas de eslabones forjados
- Cadenas de barras de ojo o argollas
- Cadenas de alambre

- Mezclas de los sistemas anteriores

#### **2.1.3.3.2. Por método de rigidez del sistema de suspensión**

- Tablero rígido: obtiene la rigidez por la armadura que lo compone, la cual funciona al restringir la deformación del cable a causa de las cargas vivas y absorbe la carga concentrada de las juntas, las cuales se transmiten a los tirantes verticales. Estos puentes logran subdividirse por el número de articulaciones que se usan en el sistema de rigidez.
- Flexibles o sin rigidez: este sistema carece de rigidez, por lo cual los cables deben dar el equilibrio a la carga aplicada; es el más sencillo de construir y de menor costo. Se utiliza mayormente en áreas rurales, por el uso más simple y el tránsito menor.
- De rigidez integral: este tipo de puente se conoce como encadenado, ya que usa diferentes miembros como tirantes de suspensión, lo cual devuelve una rigidez necesaria, sin tener un método de rigidez directa, por lo que no necesita de armaduras.

#### **2.1.3.3.3. Por anclaje del sistema de suspensión**

Se clasifican en:

- Anclado externamente
- Autoanclado

El anclaje más común es el externo, es masivo y trabaja mediante la gravedad; esto para soportar la tensión vertical y horizontal en el cable.

#### **2.1.3.3.4 Por distribución de cargas del sistema de suspensión**

En este caso se usan la estructura de tirantes laterales cargados y los tirantes sin cargar. El tirante cargado provoca una simetría mayor al perfil del cable.

#### **2.1.3.3.5. Materiales utilizados en puentes colgantes**

Por los factores de calidad y economía, los materiales que más se utilizan en este tipo de construcciones según su proceso constructivo son:

- Cimentaciones y anclajes: se utiliza concreto armado para las zapatas y ciclópeo para los anclajes; la plataforma de los puentes colgantes debe ser rígida, y elaborarse de diferente material como madera, acero, o hasta de concreto; esto únicamente para los puentes suspendidos de hamaca.
- Torres y plataforma de paso: las torres en su mayoría se construyen con acero para las plataformas rígidas, pero en los de hamaca se utilizan los de concreto armado; la plataforma se constituye de vigas principales y secundarias; además de las planchas de concreto o tablonés de madera, así sea para puentes rígidos o flexibles.
- Cables de acero: estos son los indicados para los puentes colgantes.

#### **2.1.3.3.6. Elementos para considerar en el diseño de puentes colgantes**

Los elementos dependen del tipo de puente que se piensa realizar, ya sea rígido o de hamaca. Pero aun así existen elementos que se comparten en estos y que son esenciales para su funcionamiento, pero se presentará a continuación una lista de los elementos principales en los puentes de hamaca:

- Material de los anclajes
- El tipo de capa de rodadura
- Las dimensiones de las torres
- El espacio entre tirantes o péndolas
- El tipo de cables

#### **2.1.3.4. Parámetros de diseño**

Para estos puentes se siguen algunas guías, y diferentes criterios; por la gran variante constructiva, la Dirección General de Caminos solo cuenta con valores geométricos de las partes del puente.

##### **2.1.3.4.1. Esviaje en los puentes**

El esviaje consiste en el ángulo inclinado menor de noventa grados sobre un plano horizontal o curvo, Un puente sin esviaje consiste en un ángulo mayor de noventa grados sobre un plano horizontal. El puente de hamaca presenta un ángulo de esviaje  $95^\circ$  al revisar la topografía; por lo cual se considera sin esviaje.

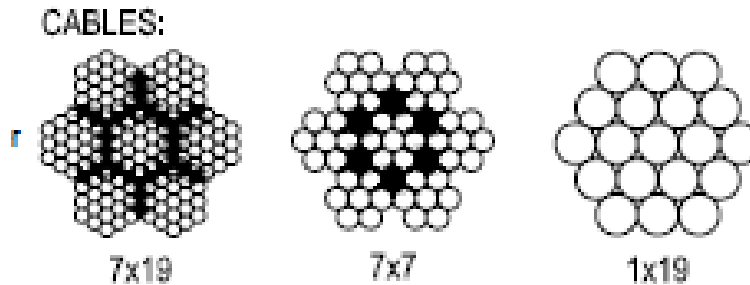
#### **2.1.3.4.2. Tipo de cables**

Los cables deben ser de acero de carbón galvanizado e inoxidable; esto dependiendo de su uso, pero es el más recomendado. Los grados estructurales de los cables dependen del número de hilos que lo constituyen:

- Cable de 7x19: estos son recubiertos por una fina capa de lubricante; los alambres delgados de recubrimiento permiten una gran flexibilidad, y son ideales para poleas.
- Cable de 7x7: funciona de manera similar al del tipo 7x19, pero ya que es de uso común, la flexibilidad no es necesaria; su desventaja es la abrasión.
- Cable de 1x19: es el más resistente y por lo mismo menos flexible, es el más utilizado y recomendado en puentes colgantes.

Su nomenclatura AxB, se debe al número de racimos y cordones que lo componen.

Figura 3. **Tipos de cable según número de hilos**



Fuente: ESTRADA RODAS, José Humberto. *Análisis descriptivo de puentes colgantes peatonales en la costa sur de Guatemala*. p. 55.

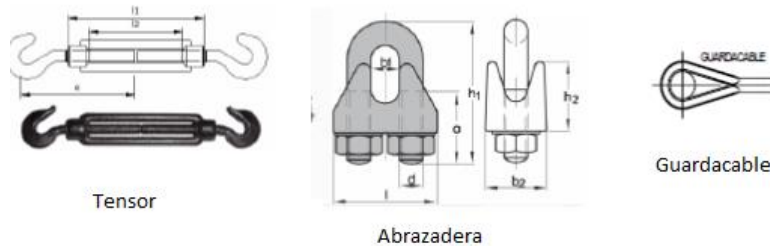
#### **2.1.3.4.3. Accesorios de los cables**

Para instalar los cables se debe contar con accesorios y maquinaria especializada, así como las debidas precauciones al momento de desenrollar el rollo; se debe evitar la formación de nudos y el desanudado del cable; así también evitar que se deshagan los cables al momento de cortar. Entre sus accesorios están:

- Abrazaderas o sujetadores: clips llamados comúnmente por los distribuidores de accesorios; deben ser de suficiente tamaño con bases genuinas de acero forjado; son fáciles de instalar, seguras y durables. Protegen de la corrosión por su gran capa de galvanizado, su uso puede ser repetitivo. Existen abrazaderas forjadas en bronce de alta resistencia; se recomiendan en áreas donde la corrosión sea un factor crucial, pero su resistencia es menor en un 25 % a sus homólogas de acero forjado.

- Guardacables: estos son elementos de desarrollo entre los cables y el anclaje; son necesarios para trabajar con formas pronunciadas o que contengan aristas, que puedan dañar el cable; este con función de proteger el mismo. Se dividen por su resistencia en livianos y pesados.
- Tensores o torniquetes: se utilizan para unir los elementos a tensión, como los cables y barras; existe gran variedad de ellos en el mercado, esto por los elementos de sujeción en los extremos y su material.

Figura 4. **Accesorios de los cables**



Fuente: elaboración propia, empleando Paint Brush.

#### 2.1.3.4.4. **Cargas de diseño**

El uso del puente será peatonal; se usará un peso de 500 kg, considerando las normas de seguridad estructural para Guatemala NSE2 en la sección, 3.7.2 página 3-8. A esto se le debe agregar las cargas muertas, donde se incluyen los tablonces del sistema de piso y los cables.



### 2.1.3.5. Estudio hidrológico

Este se conforma por la crecida normal, máxima y extraordinaria; la normal, es la que mantiene el río todo el año; la máxima es el nivel del río mayormente en invierno y la extraordinaria es causada por las lluvias repentinas.

#### 2.1.3.5.1. Método racional

Para determinar la crecida máxima se analizan datos de frecuencia de lluvias intensas. El caudal máximo se estima por la fórmula siguiente:

$$Q = \frac{CIA}{360}$$

Donde:

Q = caudal de escorrentía ( $m^3/s$ )

A = área de la cuenca (Ha)

I = intensidad de lluvia (mm/h)

C = coeficiente de escorrentía.

Datos:

A = 972 Ha<sup>2</sup>

C = 0,35 (según características de la cuenca)

Tiempo de concentración (Tc)

$$T_c = \frac{3 L^{1.15}}{154 * H^{0.38}} = \frac{3(1\ 925)^{1.15}}{154(92,5)^{0.38}} = 20,87 \text{ minutos}$$

Intensidad de lluvia (I)

Para  $T_r = 25$  años

$$i_{25} = \frac{1\ 010}{(t_c + 4)^{0.723}} = \frac{1\ 010}{(20,87 + 4)^{0.723}} = 98,91 \text{ mm/h}$$

Caudal de crecida máxima:

$$Q = \frac{0,35 * 98,91 * 972}{360} = 93,47 \text{ m}^3/\text{seg}$$

#### 2.1.3.5.2. Crecida máxima

La crecida máxima es la altura mayor que puede tomar el espejo de agua en la sección transversal, justo debajo del puente; esto debido al caudal máximo. Los parámetros que se determinaron son:

- Pendiente para el caudal máximo 4,81 %
- Área de sección transversal de crecida normal 1 233 m<sup>2</sup>
- Coeficiente de rugosidad  $n = 0,040$
- Perímetro mojado 1 784 m

Se calcula el radio hidráulico:

$$R_h = \frac{\text{Área sección transversal}}{\text{Perímetro mojado}} = \frac{1\,233}{1\,784} = 0,69 \text{ m}$$

Utilizando la ecuación de continuidad se tiene el caudal:

$$Q = V \cdot A$$

Donde:

V = velocidad del agua en m/s

A = área sección transversal en  $\text{m}^2$

Usando la fórmula de Manning se obtiene el tirante máximo:

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

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

Donde:

Q = caudal máximo en  $\text{m}^3/\text{s}$

n = coeficiente de rugosidad

Rh = radio hidráulico de la sección en crecida máxima en m

S = pendiente en m/m

A = área de sección transversal en  $\text{m}^2$

Se debe sustituir  $V = Q/A$  de Manning donde la A se sustituye por  $Y_{max} \cdot B$ , y B es el valor del ancho promedio del río  $B = 9,23$  m y luego se despeja  $Y_{max}$ .

$$Y_{max} = \frac{Q}{\frac{1}{n} \cdot R h^{\frac{2}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}} \cdot B} = \frac{93,47}{\frac{1}{0,040} \cdot 0,69^{\frac{2}{3}} \cdot 0,0481^{\frac{1}{2}} \cdot 9,23} = 2,37 \text{ m}$$

Se tiene un tirante máximo de 2,37 metros desde el fondo del río, lo que deja una separación de 5 metros entre la cara del río y el puente.

### **2.1.3.6. Diseño de puente colgante**

A continuación, se describen los elementos para el diseño de un puente colgante.

#### **2.1.3.6.1. Especificaciones de diseño**

El cable que se debe usar para el soporte del piso y los tensores debe ser de 7x19; este tiene una resistencia mínima de 9 000  $\text{kg}/\text{cm}^2$ ; los anclajes, cimientos y torres se usará concreto con resistencia de 210  $\text{kg}/\text{cm}^2$  y acero con una resistencia de 2 800  $\text{kg}/\text{cm}^2$ . Para el sistema de piso se usará madera de pino, según indicaciones.

#### **2.1.3.6.2. Diseño sísmico**

Para el diseño sísmico se siguió el manual NSE 2.1 de AGIES, sobre demandas estructurales, el cual presenta el nivel de protección sísmica que

debe tener una estructura, dependiendo del área dentro del país donde se encuentre; esto se presenta a continuación.

Donde:

$I_o$  = índice de sismicidad

$S_{cr}$  = ordenada espectral de período corto

$S_{1r}$  = ordenada espectral con período de 1 segundo

$K_{Tm}$  = factor que depende del sistema estructural

$H_n$  = altura total del edificio en m

$x$  = factor que depende del sistema estructural y  $K_T$

$T_a$  = período fundamental de vibración

$F_a$  = coeficiente de sitio para períodos de vibración cortos

$F_v$  = coeficiente de sitio para períodos de vibración largos

$S_{cs}$  = ordenada espectral con período de vibración corto

$S_{1s}$  = ordenada espectral con período de vibración de 1s

$N_a$  = factor de proximidad de las amenazas

$N_v$  = factor de proximidad de las amenazas

$T_s$  = período de transición

$S_a$  = ordenadas espectrales para cualquier período de vibración

$R$  = factor de reducción

$K_d$  = coeficiente que depende de la ocurrencia del sismo

$\Omega_r$  = factor de sobrerresistencia

$C_s$  = coeficiente sísmico

$V_b$  = corte basal

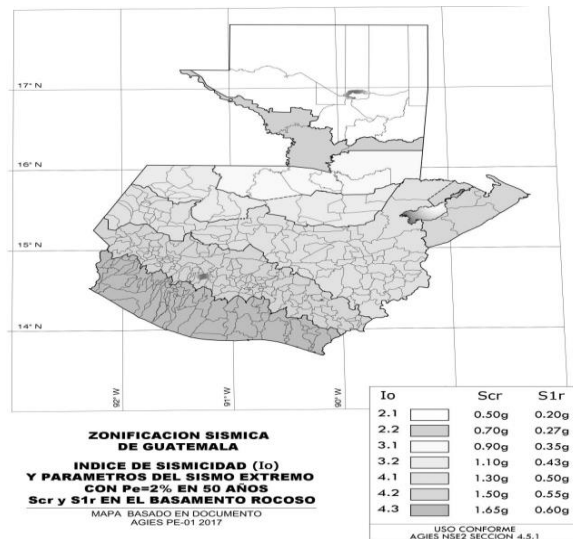
Figura 5. Nivel de protección sísmica y probabilidad del sismo de diseño

Índice de Sismicidad <sup>[b]</sup>	Clase de obra <sup>[a]</sup>			
	Esencial	Importante	Ordinaria	Utilitaria
Io = 4	E	D	D	C
Io = 3	D	C	C	B
Io = 2	C	B	B	A
Probabilidad de exceder el sismo de diseño <sup>[c]</sup>	5% en 50 años <sup>[d]</sup>	5% en 50 años <sup>[d]</sup>	10% en 50 años	Sismo mínimo <sup>[e]</sup>

Fuente: NSE 2.1. Demandas estructurales, condiciones de sitio. p. 37.

Se considera el puente de hamaca como una obra de clase ordinaria, ya que se espera en un futuro construir otra obra de mayores dimensiones, al contar con mayor presupuesto.

Figura 6. Mapa de zonificación sísmica de Guatemala



Fuente: NSE 2.1. Demandas estructurales, condiciones de sitio. p. 41.

Deben considerarse los siguientes valores para realizar el análisis sísmico de una estructura clase D, del tipo C:

$$l_0 = 4,1$$

$$S_{cr} = 1,30 \text{ g}$$

$$S_{1r} = 0,50 \text{ g}$$

$$F_a = 1,2$$

$$F_v = 1,4$$

$$K_d = 0,66$$

Período de vibración empírica:

$$T_a = K_t(hn)^x = (0,47)(3)^{0,9} = 1,26 \text{ s}$$

Período de vibración:

$$S_{cs} = S_{cr} \times F_a = 1,30 \times 1,2 = 1,25$$

$$S_{1s} = S_{1r} \times F_v = 0,50 \times 1,40 = 0,7$$

Período de transición:

$$T_s = \frac{S_{1s}}{S_{cs}} = \frac{0,7}{1,25} = 0,56$$

$$T_o = 0,2 \times T_s = 0,2 \times 0,56 = 0,112$$

Espectro calibrado:

$$S_{cd} = K_d \times S_{cs} = 0,66 \times 1,25 = 0,83$$

$$S_{1d} = K_d \times S_{1s} = 0,66 \times 0,7 = 0,46$$

Componente vertical del sismo de diseño:

$$S_{vd} = 0,16 \times S_{cd} = 0,16 \times 0,83 = 0,1328$$

$$S_{vd} = 0,1328 \times 2\,541,96 = 337,57 \text{ Kg}$$

Componente horizontal del sismo de diseño:

Para esto es necesario conocer la componente en el eje Y y X, para lo cual por diseño se tomará la carga de mayor influencia.

$$T_a = 1,26$$

$$T_a > T_s$$

$$S_a(T) = \frac{S_{1d}}{T_a} = \frac{0,46}{1,26} = 0,37 < S_{cd}$$

$$C_s = \frac{S_a(t)}{R} = \frac{0,37}{5} = 0,074$$

$$V_b = C_s \times W_s$$

$$S_{hd} = 0,074 (2\,541,9) = 188,11 \text{ kg}$$



Tabla V. **Fuerzas horizontales**

Altura	Peso en Kg	Wi x Hx Kg	Cvx	Fx Kg	Eje y Kg	Eje X Kg
3 metros	847,3	2541,9	1	188,11	188,11	94,05

Fuente: elaboración propia.

### 2.1.3.6.3. Maderas en la construcción

Las maderas se dividen en blandas y duras; esto es debido a su estructura molecular; las blandas proceden de árboles de familias coníferas y hojas simples, mientras las maderas duras son de hojas más anchas, como la caoba y el cedro. Como ingeniero se debe considerar la trabajabilidad de las maderas para la construcción, así como su relación precio y calidad; todo esto depende de su uso, por lo cual se debe considerar lo siguiente al momento de seleccionar la madera para una obra:

- Densidad y peso específico
- Peso propio
- Contenido de humedad
- Propiedades térmicas
- Resistencia a la flexión estática
- Módulo de ruptura
- Flexión por impacto
- Resistencia a la compresión y tensión

A continuación, se muestran características de las maderas nacionales, considerando su especie.

Tabla VI. Esfuerzos básicos para maderas

ESFUERZOS BASICOS DE TRABAJO PARA MADERAS GRADO "A" APLICABLES A MADERAS VERDES O POCO SAZONADAS Y MADERAS SECADAS AL AIRE											
ESPECIE	PESO SECO APARENTE gr/cm3	FLEXION ESTATICA kg/cm2	MODULO DE ELASTICIDAD kg/cm2	COMPRESION PARALELA kg/cm2	COMPRESION PERPENDICULAR kg/cm2	TENSION PARALELA kg/cm2	TENSION PERPENDICULAR kg/cm2	ORTE PARALELO kg/cm2	CLIVAJE kg/cm2	DUREZA kg.	EXTRACCION DE CLAVOS kg.
CAOBA	0.48	136	0.76x10 <sup>5</sup>	60	45	106	6	8.5	13.6	265	30
CEDRO	0.43	81	0.46x10 <sup>5</sup>	34	35	68	8.5	6	13.6	180	19
CENICERO	0.61	110	0.72x10 <sup>5</sup>	55	45	85	8.5	8.5	9.4	350	30
CHICHIPATE	0.72	178	1.20x10 <sup>5</sup>	89	55	136	8.5	12.8	21.3	730	55
CIPRES	0.51	136	0.75x10 <sup>5</sup>	60	23	136	6	6	6.8	225	19
CONACASTE	0.42	81	0.56x10 <sup>5</sup>	30	20	77	8.5	6	7.7	195	9
PALO VOLADOR	0.65	140	1.05x10 <sup>5</sup>	64	35	132	8.5	9.4	20.4	430	50
PINO PSEUDOSTROBUS	0.50	102	0.80x10 <sup>5</sup>	60	30	162	6.8	8.5	12.8	230	
PINO CARIBEÑA		182	1.00x10 <sup>5</sup>	76	17			18.7		85	
PINO OOCARPA		170	1.19x10 <sup>5</sup>	76	20			17		75	

Fuente: ORTIZ GARCÍA, Luis José. *Vigas de madera horizontales para proyectos habitacionales, en arquitectura*, p.38.

#### 2.1.3.6.4 Integración de cargas

Para las cargas se usan las combinaciones del método LRFD; estas presentan diferentes cargas considerando sismos y vientos, para lo cual se probarán las combinaciones presentes en el NSE2. Se seleccionará la de mayor valor.

$$1,4 M = 82,38 \text{ kg/m}$$

$$1,2 M+1,6V+0,5(Vt \text{ o } PI \text{ o } Ar) = 1\ 030,61 \text{ kg/m}$$

$$1,2 M+V+1,6(Vt \text{ o } PI \text{ o } Ar) = 670,61 \text{ kg/m}$$

$$1,2 M+V+Svd\pm Shd = 685,22 \text{ kg/m}$$

$$1,0 M-Svd\pm Shd = 54,69 \text{ kg/m}$$

$$1,2 M+V\pm 1,3 W+0,5(PI \text{ o } Vt) = 711,04 \text{ kg/m}$$

$$0,9 M\pm 1,3 W = 93,38 \text{ kg/m}$$

Donde:

V = carga viva

M = carga muerta

W = carga por el viento

Svd = carga sísmica vertical

Shd = carga sísmica horizontal

PI = cargas de lluvia

Vt = carga viva de techo

Ar = cargas de tefra volcánica

Carga viva:

Según AGIES, la carga viva para puentes peatonales debe ser:

Carga viva: 500 kg/m<sup>2</sup>

Carga viva total:

CVt = Área total \* carga viva

$$CVt = 43,2 \text{ m}^2 * 500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} = 21\,600 \text{ kg}$$

Carga distribuida: CVt/L

$$CV = 21\,600 \text{ kg} / 36 \text{ m} = 600 \text{ kg/m}$$

Carga muerta: acá se considera el peso propio de la estructura, así como sus componentes y accesorios. Esto se trabajará sobre 1 metro como unidad de diseño.

$$4 \text{ cables diámetro } 1 \times 1/8 \text{ " } = 4 \times 3,12 \text{ kg/m } = 12,48 \text{ kg/m}$$

$$4 \text{ piezas de tablón de } 2 \text{ " } \times 12 \text{ " } \times 2 \text{ m } = 4 \times 9,30 \frac{\text{kg}}{\text{m}} = 37,2 \text{ kg/m}$$

$$\text{Malla de seguridad} = 2 \times 7,26 \frac{\text{kg}}{\text{m}} = 14,51 \text{ kg/m}$$

$$10 \% \text{ sobre factor de seguridad} = 64,19 \times 10 \% = 6,42 \text{ Kg/m}$$

$$\text{CM} = 70,61 \text{ Kg/m}$$

Carga muerta para área distribuida, según metro lineal:

Cm/L

$$\text{CM} = \frac{70,61 \text{ kg/m}}{1,20 \text{ m}^2} = 58,84 \text{ kg/m}$$

Carga de viento:

Se considera la carga de viento en los puentes colgantes, ya que puede provocar volteos o fuertes vibraciones, por lo cual se necesitan anclajes laterales que contrarresten estos movimientos de 100 kph, según la locación. La presión de viento se calcula de la siguiente manera:

$$P_z = C_{ez} * C_q * Q_s * L_c$$

Donde:

$P_z$  = presión de viento

$C_{ez}$  = coeficiente de exposición

$C_q$  = coeficiente de presión

$Q_s$  = presión de remanso

Lc = factor de importancia

$$Pz = 1,35 \times 0,4 \times 48,00 \times 1.0 = 25,92 \text{ kg/m}^2$$

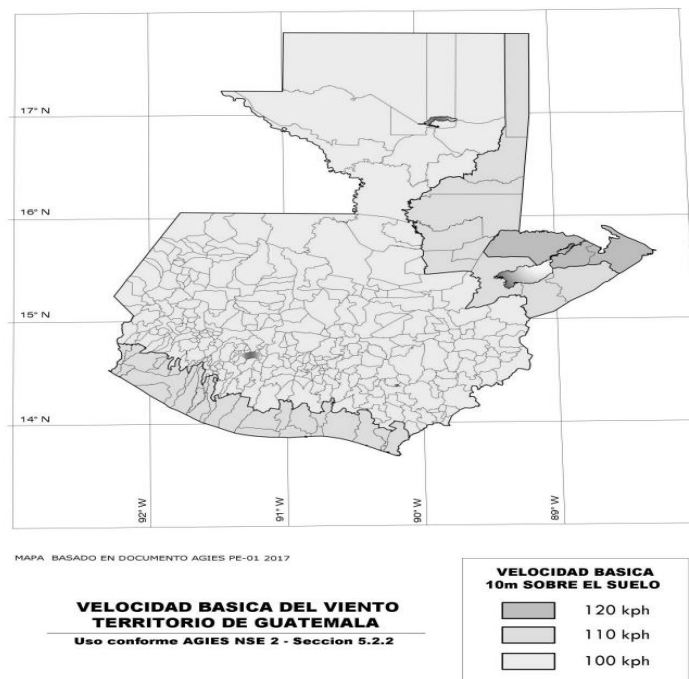
$$\text{Carga presión de viento} = 25,92 \text{ kg/m}^2 \times 43,2 \text{ m}^2 = 1\,119,744 \text{ kg}$$

$$\text{Carga de viento} = 1\,119,744 \text{ kg} / 36 \text{ m} = 31,10 \text{ kg/m}$$

Carga última: según las combinaciones de cargas vistas anteriormente, la combinación de carga de máximo valor que se aplicará será:

$$CU = 1,2 M + 1,6 V + 0,5(Vt \text{ o } Pl \text{ o } Ar) = 1\,030,61 \text{ kg/m}$$

Figura 7. **Mapa de zonificación por viento de Guatemala**



Fuente: NSE 2.1. *Demandas estructurales, condiciones de sitio.* p. 52.

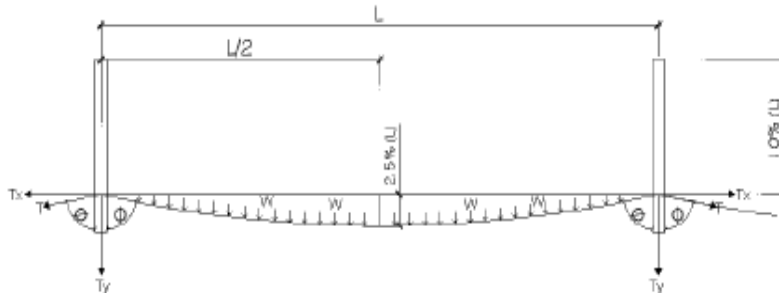
### 2.1.3.6.5. Geometría de puente construido

El diseño de un puente flexible, debe cumplir con la flecha máxima, igual al 2,5 % de la luz total; ángulos con los cuales llegan y salen los cables principales serán los mismos y las torres deberán tener una altura del 10 % de su luz total.

En el anclaje, su ancho será equivalente a un doceavo de la longitud; esto si cumplen con los chequeos de deslizamiento y volteo; de no ser así se debe rediseñar.

En la siguiente figura se muestran los parámetros de dimensión propuestos.

Figura 8. Dimensionamiento de puente colgante tipo hamaca



Fuente: OROZCO Y OROZCO, Bayron Siliézar. *Diseño de edificio escolar de dos niveles para el caserío Santa Rosa de Lima, y puente colgante para el caserío la Curva Petacalapa, municipio de Malacatán, San Marcos.* p. 91.

Donde:

L = longitud horizontal del cable

$\phi$  = ángulo de inclinación de la parábola del cable

T = tensión máxima ejercida por la carga sobre el cable

Ty = componente vertical de la tensión (soportada por los cimientos)

Tx = componente horizontal de la tensión (soportada por anclajes)

W = carga última

El ancho del puente por ser tipo peatonal será de 1,20 metros.

#### **2.1.3.6.6. Esfuerzos de diseño**

Los esfuerzos y peso de los materiales que se usarán para el diseño de los elementos que componen el puente serán:

Concreto armado:

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

$$\text{Peso específico} = 2\,400 \text{ kg/cm}^3$$

Acero:

$$F'y = 2\,800 \text{ kg/cm}^2$$

Cables: se usará cable de acero arado de 1 1/8" mejorado, con alma de acero tipo BOA

$$\text{Resistencia a la rotura} = 52,49 \text{ Ton}$$

Madera de pino:

$$\text{Compresión paralela a la fibra} = 77,3 \text{ kg/cm}^2$$

Compresión perpendicular a la fibra = 23,0 kg/cm<sup>2</sup>

Peso volumétrico saturado = 750 kg/cm<sup>3</sup>

Módulo de elasticidad = 12 400 kg/cm<sup>2</sup>

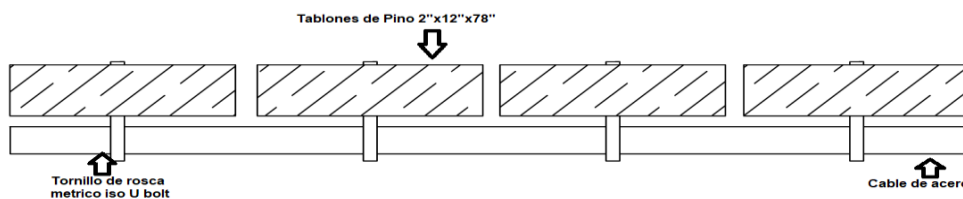
Esfuerzo de corte = 7,00 kg/cm<sup>2</sup> – 8,50 kg/cm<sup>2</sup>

Esfuerzo de flexión = 70,30 kg/cm<sup>2</sup> – 84,35 kg/cm<sup>2</sup>

### 2.1.3.6.7. Diseño del sistema de piso

El sistema de piso o rodadura se compone de tablonces de madera de pino de 2" de espesor; se asumen 4 cables de soporte para la superficie del piso con una separación de 30 centímetros entre cada uno.

Figura 9. Ubicación de los cables sistema de piso



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Corte actuante:

$$V_{act} = \frac{W_{cm} * L}{2} + \frac{W_{cv} * L}{2} = \frac{(58,84/4) * 0,3}{2} + \frac{(600/4) * 0,3}{2}$$

$$V_{act} = 24,71 \text{ Kg}$$



Chequeo de corte:

$$V_{act} = \frac{1,5 * V_{act}}{b * h}$$

$$V_{act} = \frac{1,5 * 24,71 \text{kg}}{5,08 \text{cm} * 30,48 \text{cm}} = 0,2394 \text{ kg/cm}^2$$

Como  $V_{res} > V_{act}$ , el tablón es capaz de soportar el esfuerzo a corte, al que será sometido.

Momento actuante:

Chequeo por flexión:

$$F = \frac{M * C}{I} = \frac{6,75 \text{ kg} - \text{m} * 0,0254 \text{ m}}{\frac{1}{12} * 0,3048 \text{ m} * (0,0508 \text{ m})^3} = 5,15 \text{ kg/cm}^2$$

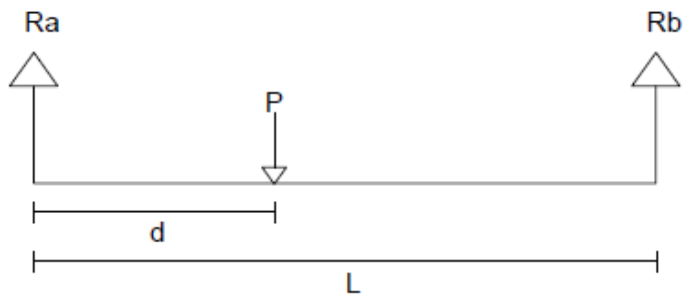
Dado que la flexión actuante es menor que la flexión resistente: la sección de la madera es mayor a la necesaria; esta se seleccionó para mantener un parámetro más amplio de seguridad y durabilidad al sistema de piso; además de esto la madera seleccionada debe cumplir con la norma ASTM D143.

$$5,15 \text{ kg/cm}^2 < 84,35 \text{ kg/cm}^2,$$

### 2.1.3.6.8. Momento máximo

Según el comportamiento del puente los tabloncillos del sistema de piso se encuentran simplemente apoyados sobre los cables principales; estos distribuyen la carga como si fuera una viga simplemente apoyada a los cables verticales (*péndolas*) las cuales se encuentran a 2 metros entre sí haciendo el trabajo de apoyos, para lo cual a continuación se hará el análisis correspondiente respecto de dónde se encuentra el momento máximo en la estructura.

Figura 10. Diagrama de cuerpo libre



Fuente: elaboración propia, empleando Paint Brush.

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

$$R_{ay} + R_{by} - P = 0$$

$$R_{ay} + R_{by} = P$$

$$\sum M_a = 0$$

$$dP - LRb = 0$$

$$Rb = \frac{dP}{L}$$

Sustituyendo Rb se obtiene Ray:

$$Ray + \frac{dP}{L} = P$$

$$Ray = P \left( 1 - \frac{d}{L} \right)$$

Analizando  $0 < x_1 < d$  se obtiene:

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

$$P \left( 1 - \frac{d}{L} \right) - V_x = 0$$

$$V_x = P \left( 1 - \frac{d}{L} \right)$$

$$\sum M_{x1} = 0$$

$$-P \left( 1 - \frac{d}{L} \right) (x) + M_{x1} = 0$$

$$M_{x1} = P \left( 1 - \frac{d}{L} \right) x$$

Analizando  $d < x_2 < L$  se obtiene:

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

$$-P\left(1 - \frac{d}{L}\right) + P + V_{x2} = 0$$

$$V_{x2} = P\left(\left(1 - \frac{d}{L}\right) - 1\right)$$

$$V_{x2} = -\frac{Pd}{L}$$

$$\sum M_{x2} = 0$$

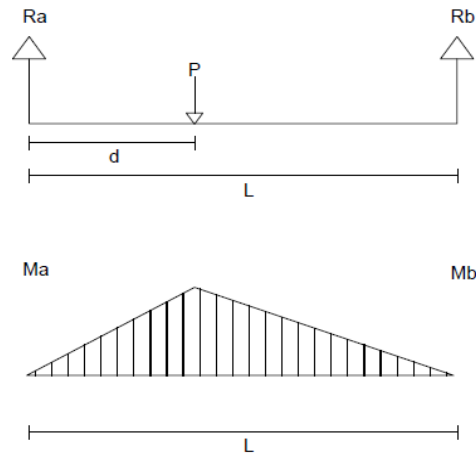
$$-P\left(1 - \frac{d}{L}\right)(x) + P(x - d) + M_{x2} = 0$$

$$P\left(d\left(\frac{x}{L} - 1\right)\right) + M_{x2} = 0$$

$$M_{x2} = -\frac{Pd}{L}(x - L)$$

Ahora, conociendo los momentos para cada sección se realiza el diagrama de momentos, para analizar el comportamiento de este.

Figura 11. Diagrama de momentos



Fuente: elaboración propia, empleando Paint Brush.

$$M_a = M_{x1} = P \left( 1 - \frac{d}{L} \right) x$$

$$M_b = M_{x2} = -\frac{Pd}{L} (x - L)$$

Se sustituye x por d, la cual deberá variarse hasta obtener el valor máximo:

$$M_{d1} = \frac{P(1-d)}{L} x d = Pd - \frac{Pd^2}{L}$$

$$M_{d2} = -\frac{Pd}{L} (d - L) = -\frac{Pd^2}{L} + Pd$$

Se realiza la derivada de las expresiones para obtener la distancia a la cual se obtiene el momento máximo:

$$\frac{d(Md)}{d(d)} = P - \frac{2Pd}{L} = 0$$

$$d = \frac{L}{2}$$

El momento máximo se encuentra a la mitad del elemento que proporciona un momento, el cual cumple con las fórmulas para elementos de vigas hiperestáticas:

$$M_{\max} = \frac{PL}{4} = \frac{180 \text{ kg} \times 2 \text{ m}}{4} = 90 \text{ Kg} - \text{m}$$

Para verificar de si el tablón propuesto resiste el momento máximo, se utiliza la siguiente expresión:

Chequeo por flexión:

$$F = \frac{M * C}{I} = \frac{90,0 \text{ kg} - \text{m} * 0,0254 \text{ m}}{\frac{1}{12} * 0,3048 \text{ m} * (0,0508 \text{ m})^3} = 68,65 \text{ kg/cm}^2$$

Dado que la flexión provocada por el momento máximo es de  $68,65 \text{ kg/cm}^2 < 84,35 \text{ kg/cm}^2$  (menor que la flexión resistente), la sección de madera sigue cumpliendo.

### 2.1.3.6.9. Diseño de cable principal

Los cables de piso son los principales en los puentes de hamaca; a diferencia de los puentes rígidos, ya que en estos son los aéreos; por tal razón los cables deben cumplir con la norma ASTM A603.

Para el diseño del cable principal se usa la fórmula del *Wire Rope Hand Book*, 1963, la cual permite conocer el comportamiento del cable ante las cargas, y como guía de los nudos se usó el manual para los equipos de planificación, diseño de obras tipo; guía práctica del consejo de desarrollo urbano y rural RENICAM, INFOM y GTZ.

$$TH = \left( W * \frac{S^2}{8} * D \right) \quad T = H * \left( 1 + \left( \frac{16 D^2}{S^2} \right) \right)$$

$$TV = (T^2 - H^2)^{\frac{1}{2}} \quad Y = W * X \left( \frac{S - X}{S} * H \right)$$

Donde:

TH = tensión del cable

T = tensión máxima del cable

TV = tensión vertical

Y = variación de la flecha

W = carga última

S = luz

D = flecha

Para obtener la flecha se toma la consideración de la altura de la torre, la cual debe ser igual a la flecha más uno, lo que queda como:

$$\text{Altura de la torre} = \text{Flecha} + 1$$

$$\text{Flecha} = \text{altura de la torre} - 1 = 2 \text{ metros de flecha}$$

Tabla VII. **Datos de cableado principal**

Cu (kg/m)	Longitud (m)	d (metros)
1 030,61	36	2

Fuente: elaboración propia.

Tabla VIII. **Tensiones en el cable principal**

TH (kg)	T (kg)	TV (kg)
89 292,78	93 702,30	28 406,35
Ton	Ton	Ton
89,29	93,70	28,41

Fuente: elaboración propia.

Para determinar la cantidad de cables que se necesita para resistir la carga, se aplica un factor de seguridad; además, se necesita determinar el área de acero necesaria:

$$\text{Esfuerzo a tensión} = 0,35 * \frac{93\,702,30 \text{ kg}}{1\,000} = 32,80 \text{ Ton}$$

$$\text{Número de cables} = \frac{\text{Esfuerzo de tensión}}{\text{Resistencia cables}} = \frac{32,80 \text{ Ton}}{40,7 \text{ Ton}} = 0,805 \text{ cables}$$



La resistencia del cable de 1 pulgada será suficiente para resistir la carga, porque se observa que con un cable por torre se cumple con lo necesario.

Para la longitud del cable se considera, según el *Wire hand book*, si la flecha “d” es el 5 % de la longitud “s” entre soportes, esta se define a partir de la siguiente fórmula:

$$L = S + \left( \frac{8 * d^2}{3 * s} \right)$$

$$L = 36 + \left( \frac{8 * 1,8^2}{3 * 36} \right) = 36,24$$

Esto, de torre a torre y agregando la longitud hacia los anclajes, la cual es de 7,5 metros más, da un total de 43,74 metros por cable.

#### **2.1.3.6.10. Diseño de péndolas**

Para determinar la carga de trabajo de cada péndola se utiliza la fórmula:

$$Q = U * L$$

Donde:

U = carga última

L = separación entre péndolas

$$Q = 2\,204,76 \text{ kg/m}$$

Por el peso que cada péndola debe resistir se usará cable de 3/8”, el cual tiene una resistencia de 6,08 Ton a la tracción.

Tabla IX. **Distancia total de cable para péndolas**

No.	X (m)	S	S – X (m)	W2H	Y (m)	Long. péndola	# péndola	Long. x # de péndola
1	2	36	34	0,001687	0,11	2,89	4	11,54
2	4	36	32	0,001687	0,22	2,78	4	11,14
3	6	36	30	0,001687	0,30	2,70	4	10,79
4	8	36	28	0,001687	0,38	2,62	4	10,49
5	10	36	26	0,001687	0,44	2,56	4	10,25
6	12	36	24	0,001687	0,49	2,51	4	10,06
7	14	36	22	0,001687	0,52	2,48	4	9,92
8	16	36	20	0,001687	0,54	2,46	4	9,84
9	18	36	18	0,001687	0,55	2,45	2	4,91
<b>TOTAL</b>								88,92

Fuente: elaboración propia.

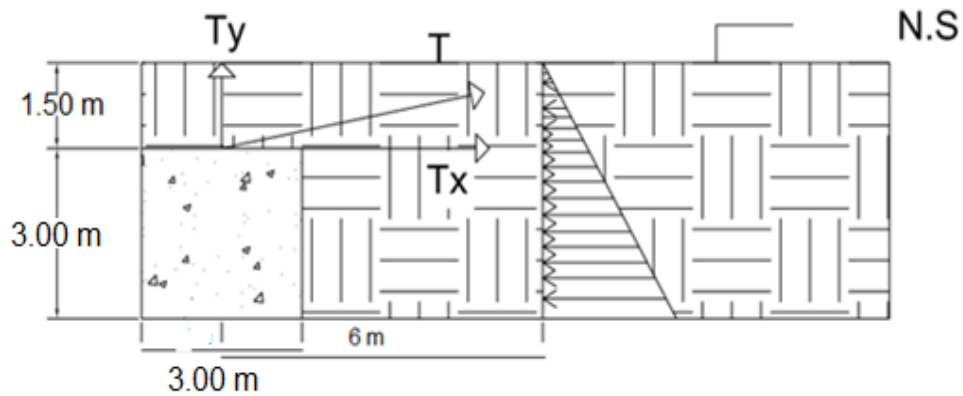
Se tiene un total de 88,92 metros, a los cuales se les debe agregar un 15 % por los dobleces, para dar un total de 103 metros de cable a utilizar.

#### **2.1.3.6.11. Diseño de anclajes**

Para esto se asumen las dimensiones del anclaje, siempre considerando las fuerzas ejercidas por los cables principales; el trabajo del anclaje es mantener la estructura del puente; este cuenta con la única reacción a favor el empuje del suelo; el diseño también depende del área de contacto y debe cumplir con los chequeos contra deslizamiento.

Se asumen las dimensiones de 2,0 m x 3,0 m x 3,0 m.

Figura 12. Dimensiones asumidas del anclaje



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Usando la teoría de Rankine, se calcula el empuje sobre el bloque de concreto.

$$E = \frac{1}{2} * \gamma_s * H^2 * K_p * b;$$

Donde:

E = empuje del suelo

$\gamma_s$  = peso específico del suelo

H = altura del anclaje

B = lado largo del anclaje

$K_p$  = coeficiente del ángulo de aplicación de la fuerza

$$\theta = \text{tg}^{-1} \left( \frac{1,50}{6,00} \right) = 14,036, K_p = \frac{1 + \text{sen}(14,036)}{1 - \text{sen}(14,036)} = 1,64^\circ$$

Entonces:

$$E = \frac{1}{2} * (1\ 760\ \text{kg/m}^3)(3,50\ \text{m})^2 * 1,64 * 4$$

$$E = 70\ 716,8\ \text{kg}$$

Las fuerzas de apoyo para el anclaje deben ser suficientes para contrarrestar la tensión que ejercen los cables; esta solo tendrá acción en su componente horizontal.

La fricción se presenta como:  $F = 0.5(W_t - T_y)$ ;

Donde:

F = fricción ejercida por el suelo

W<sub>t</sub> = peso del anclaje + peso del suelo

T<sub>y</sub> = componente vertical de la tensión

$$T_y = T * \text{sen}(\theta) = 23\ 976,70\ \text{kg}$$

Peso del anclaje:

$$W_a = 2,0\ \text{m} * 3,0\ \text{m} * 3,0\ \text{m} * 2\ 400\ \text{kg/m}^3$$

$$W_a = 43\ 200\ \text{kg}$$

Peso del suelo:

$$W_s = 1,50\ \text{m} * 2,0\ \text{m} * 3,0\ \text{m} * 1\ 760\ \text{kg/m}^3$$

$$W_s = 15\ 840\ \text{kg}$$

Peso total:

$$W_t = W_s + W_a$$

$$W_t = 43\,200 + 15\,840\text{kg} = 59\,040\text{ kg}$$

$$W_t > T_x/2; 95\,908,49/2 = 47\,954,25\text{ kg}$$

59 040 kg > 47 954,25 kg, el peso cumple con los requisitos para contrarrestar las tensiones.

Fricción resultante:

$$F = 0,5(59\,040 - 23\,976,70)$$

$$F = 16\,531,65\text{ kg}$$

Chequeo de deslizamiento:

$$\frac{E + F}{T_x/2} \geq 1,5$$

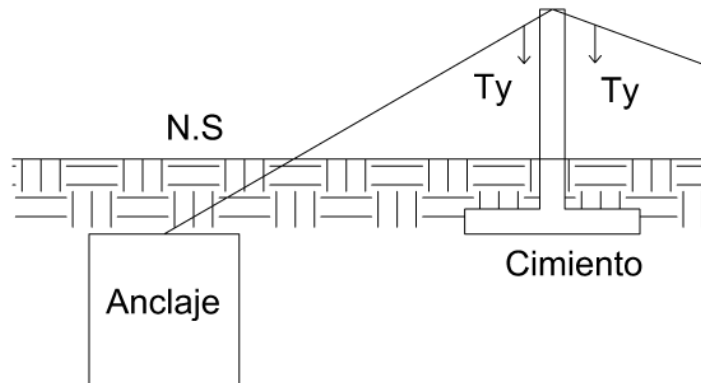
$$\frac{70\,71,8 + 16\,531,65}{47\,954,245} = 1,82 \geq 1,5$$

El chequeo muestra que el dimensionamiento del anclaje es el correcto.

#### **2.1.3.6.12. Diseño de la cimentación**

Para el puente de hamaca, según su comportamiento, la cimentación solo debe soportar las fuerzas verticales provocadas por los cables principales que descansan sobre ellas y no ejercen fuerzas horizontales en estas; deben ser lo suficientemente resistentes para que mantengan el ángulo que tienen los cables.

Figura 13. **Diagrama de fuerzas verticales en la cimentación**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Por la conservación de equilibrio:  $\Sigma F_y = 0 \uparrow +$

$T_{1y} + T_{2y} = R_y$ , como  $T_{1y} = T_{2y}$ , entonces  $2T_y = R_y$

Por tanto:  $R_y = 2 \cdot 23\,976,70 \text{ kg}$

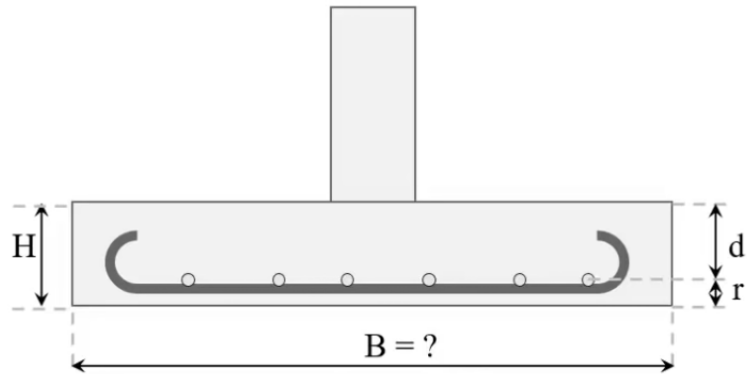
$R_y = P = 47\,953,4 \text{ kg}$

Para diseñar la zapata se usará el ACI 318-14, siguiendo las secciones y dependiendo de lo que se necesita.

Se propone un espesor  $H = 30 \text{ cm}$ , y varilla de acero de  $\frac{1}{2}$ " grado 40; para iniciar con el dimensionamiento debe considerarse que el trabajo de esta cimentación es distinto al de una zapata aislada de una casa; a continuación, se muestra el diseño.

Para seleccionar el recubrimiento y la altura de la zapata, se usó la sección 20.6.1.3.4 y 13.3.1.2 del ACI 318-14.

Figura 14. Cimentación



Fuente: elaboración propia, empleando Paint Brush.

Recubrimiento:

$$r = 7,5 \text{ cm} + 1,5 (\text{diámetro varilla}) = 7,5 \text{ cm} + 1,5(1,27 \text{ cm}) = 9,41 \text{ cm}$$

$$d = H - r = 30 - 9,41 = 20,59 \text{ cm} > 150 \text{ mm}$$

Cálculo de presión neta:

$$q_e = 25\,000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} - 1\,760 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} (1,70\text{m}) - 2\,400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} (0,30\text{m}) = 21\,288 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

Área mínima base cimentación ACI 318-14 Sección: 13.3.1.1:

$$\text{área} = \frac{P}{q_e} = \frac{47\,953.4 \text{ kg}}{21\,288 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}} = 2,25 \text{ m}^2$$

Sección zapata:

$$B = \sqrt{2,25} = 1,50 \text{ m}$$

Se probará la parte que trabaja bajo fuerza cortante, con base en la sección 13.2.7.2, 22.6.4 del ACI 318-14 y la tabla 13.2.7.1.

Se calcula el cortante último:

$$V_u = \left( \frac{B}{2} - \frac{b}{2} - d \right) * B * q_u$$

$$V_u = \left( \frac{1,50 \text{ m}}{2} - \frac{0,40 \text{ m}}{2} - 0,205 \text{ m} \right) * 1,50 \text{ m} * \frac{31\,968,93 \text{ kg}}{\text{m}^2} = 16\,498,36 \text{ kg}$$

La ecuación para encontrar la cortante resistente se obtuvo de: 22.5.5.1 ACI 318-14.

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

Según ACI 318-14, tabla 19.2.4.2  $\lambda = 1$

$$V_c = 0,53 * 1 \sqrt{\frac{210 \text{ kg}}{\text{cm}^2}} * 40 \text{ cm} * 20,95 \text{ cm} = 23\,726,76 \text{ kg}$$

El valor se debe multiplicar por el factor de reducción de resistencia de la tabla 21.2.1.



$$V_c = 23\,726,76(0,75) = 17\,795,08 \text{ kg}$$

Ya que  $V_c > V_u$ , las dimensiones de la zapata cumplen por corte.

Al verificar el cortante en dos direcciones, se comprobó que la sección no está trabajando de esa manera porque su valor no tiene ninguna relación, pero aun así se realizó y pudo comprobarse que la estructura es capaz de soportar un cortante de 59 679,08 kg.

Momento último:

$$M_u = \left( B * \left( \frac{B - b}{2} \right) \right) * (q_u) * \left( \frac{B - b}{4} \right)$$

$$M_u = \left( 1,50 \text{ m} * \left( \frac{1,50 \text{ m} - 0,4 \text{ m}}{2} \right) \right) * (31\,968,93 \text{ kg/m}^2) * \left( \frac{1,50 \text{ m} - 0,40 \text{ m}}{4} \right)$$

$$M_u = 7\,252,95 \text{ Kg} - \text{m}$$

Momento resistente:

$$c = \frac{\epsilon_{cu} * d}{\epsilon_y + \epsilon_{cu}} = \frac{0,003(20,59 \text{ cm})}{0,003 + 0,002} = 12,36 \text{ cm}$$

Según ACI 318-14, tabla 22.2.2.4.3

$$\beta_1 = 0,85 - \frac{0,05 \left( \frac{210 \text{ kg}}{\text{cm}^2} - 280 \right)}{70} = 0,90$$

$0,65 > \beta_1 < 0,85$ , por lo tanto se tomará  $0,85$

$$a = \beta_1 * c = 0,85 * 12,36 \text{ cm} = 10,50 \text{ cm}$$

Área de acero:

$$A_s = \frac{M_u}{\phi f'y \left( d - \frac{a}{2} \right)}$$

$\phi = 0,9$  según ACI 318 – 14; tabla 21.2.1

$$A_s = 0,19 \text{ cm}^2$$

Refuerzo por flexión: ACI 318-14 sección: 9.6.1.2.

$$\text{a) } \frac{14,1}{f'y} * b * d = 15,44 \text{ cm}^2$$

$$\text{b) } \frac{0,80 \sqrt{f'c}}{f'y} * b * d = 12,80 \text{ cm}^2$$

Se usará el valor de  $15,44 \text{ cm}^2$  de acero, lo que da 13 varillas No.4. Se debe comprobar que el cambio de área sea el correcto usando la expresión:

$$a = \frac{A_s * f'y}{0,85 f'c * b} = 1,62 \text{ cm}$$

Nuevo momento resistente:

$$M_n = 15,44 \text{ cm}^2 * \frac{2\,800 \text{ kg}}{\text{cm}^2} * \left( 20,59 \text{ cm} - \frac{1,62}{2} \right) = 85\,5793,12 \text{ kg} - \text{m}$$

$$M_{\text{final}} = 77\,0213,80 \text{ kg} - \text{m}$$

Este nuevo momento muestra ser mucho mayor que el momento último obtenido anteriormente; se dibujará como una zapata combinada.

Chequeos principales para zapata combinada:

Usando los datos obtenidos, se calcula el chequeo por flexión y el de punzonamiento.

Flexión:

$$V_n = V_{\text{max}} - d(Q_u) = 9\,784,88 \text{ kg}$$

$$d = \frac{9\,784,88}{0,85 \times 0,53 \times \sqrt{210} \times 150} = 9,99 \text{ cm}$$

Punzonamiento:

$$V_{n2} = 47\,953,4 - 7\,252,95(0,40 + 0,30)^2 = 44\,399,45 \text{ kg}$$

$$b_o = 4(0,40 + 0,30) = 2,8 \text{ m}$$

$$d = \frac{44\,399,45 \text{ kg}}{0,85 \times 1,1 \times \sqrt{210} \times 2,8} = 11,70 \text{ cm}$$

Según las verificaciones, las secciones son las adecuadas.

Al momento de calcular un acero por temperatura, se utiliza la sección 24.4.3.2 del ACI 318-14 donde establece que para barras corrugadas con un  $f_y$  menor a 60 000 PSI se debe usar el 0,0020 de cuantía mínima de refuerzo, lo cual da una cantidad de acero por temperatura de  $0,031 \text{ cm}^2$ , que al utilizar una varilla de No.4 quedaría sustentado; por lo tanto, no se considerará en el diseño, al no ser necesario.

Tabla X. **Acero por temperatura**

Tipo de refuerzo	$f_y$ , MPa	Cuantía mínima de refuerzo	
Barras corrugadas	< 420	0.0020	
Barras corrugadas o refuerzo de alambre electrosoldado	$\geq 420$	Mayor de:	$\frac{0.0018 \times 420}{f_y}$
			0.0014

Fuente: ACI 318-14, sección 24.4.3.2. p. 430.

### 2.1.3.6.13. Marco intermedio resistente a momento

Diseño de la viga:

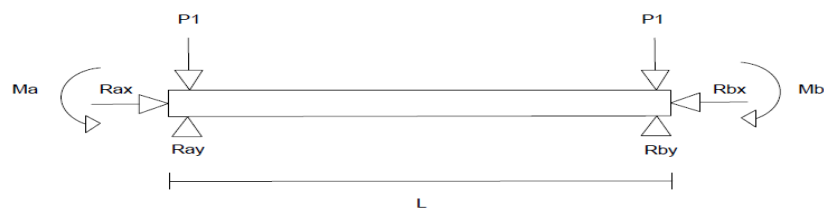
Se propone una viga de 25 cm x 50 cm en un marco intermedio resistente a momento; se utiliza la sección 18.4 del ACI 318-14 para dimensionarla. Para el diseño del refuerzo longitudinal se debe cumplir con la sección 18.4.2, con referencia a la parte 18.4.2.1, la cual establece que las vigas deben tener por lo menos dos barras continuas, tanto en la cara superior como en la inferior; las barras inferiores continuas deben tener un área no inferior a un cuarto del área

máxima de las barras inferiores a lo largo del vano. Estas barras deben estar ancladas para desarrollar  $f_y$  en tracción, en la cara de apoyo.

Se hace referencia a la sección 18.4.2.4; esta señala que en ambos extremos de la viga deben colocarse estribos cerrados de confinamiento en una longitud  $2h$ , medida desde la cara del miembro de apoyo hacia el centro de la luz; el primer estribo debe estar situado a no más de 5 centímetros; esto desde la cara del miembro al apoyo. El espaciamiento de los estribos cerrados de confinamiento no debe exceder al menor de los siguientes:

- $d/4 = 9$  cm.
- 8 veces el diámetro de la barra longitudinal confinada e menor diámetro, igual a 10,16 cm.
- 24 veces el diámetro de la barra del estribo cerrado de confinamiento, igual a 22,86 cm.
- 12 pulgadas = 30,48 cm.

Figura 15. **Diagrama de la viga**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

$$\sum M_a = 0$$

$$P1(L) - Rby(L) = 0$$

$$P1 = Rby$$

$$\sum Fy = 0$$

$$P1 + P1 - Ray - Rby = 0$$

$$2P1 = Ray + Rby$$

$$Rby = 2Rby - Ray$$

$$Rby = Ray$$

Diseño de acero longitudinal:

Peso propio de la viga: 840 kg

Momento máximo:

$$\frac{840 \times 2^2}{2} = 1\,680 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

Fórmula de  $\rho_{\text{viga}}$  para viga balanceada, según el momento:

$$\rho_{\text{viga}} = \left( \frac{0,85 f'c}{f'y} \right) \times \left( 1 - \sqrt{1 - \left( \frac{2Mu}{0,85 f'c x b x d^2} \right)} \right) = 0,0013$$

Como se puede observar en el diagrama de la viga, el único trabajo que está haciendo, por la forma en que se distribuyen las cargas, es proporcionar un elemento de arrostramiento que permita una rotación libre y traslación fija, para determinar una mejor rigidez hacia las columnas; por lo cual el diseño de la viga

cumple con los parámetros mínimos establecidos por la sección 18.4 del ACI 318-14. Por tanto, para el diseño del acero longitudinal se usa lo que determina la sección 18.4.2.1.

$$0,0013(25)(50) = 1,63 \text{ cm}^2$$

$$\frac{0,80\sqrt{210}}{2800} = (25)(50) = 5,17 \text{ cm}^2$$

$$\frac{14}{2800} (25)(50) = 6,25 \text{ cm}^2$$

Se toma en cuenta la tercera, ya que al utilizar una sección de 25 x 50 cm determina que se necesita 6,25 cm<sup>2</sup>; por tanto, se llena con 5 varillas número 4, para cumplir con el acero mínimo.

Verificación de la sección:

$$a = \frac{A_s x f'_y}{0,85 x f'_c x b} = 3,92 \text{ cm}$$

Según tabla 22.2.2.4.3 ACI 318-14:

$$\beta = 0,85 \frac{-0,05(f'_c - 280)}{70} = 0,9$$

$$0,65 > \beta < 0,85$$

Por lo tanto, se utiliza 0,85

$$c = \beta_1 x a = 3,33 \text{ cm}$$

$$\epsilon_t = \frac{0,003x(d - c)}{c} = 0,038$$

Según la sección 7.3.3.1 del ACI 318-14, la deformación mínima para que la viga sea aceptable debe ser por lo menos de 0,004, la cual es bastante menor a la obtenida que es 0,038; por lo que el comportamiento de la viga es el correcto.

$$T = A_s \times f'_y = 17\,500 \text{ kg}$$

$$M_n = T \left( d - \frac{a}{2} \right) = 770\,700 \text{ kg} - \text{m}$$

Al realizar la multiplicación por su factor de reducción, el valor resistente nominal es de:

$$M_n = 0,9(770\,700) = 69\,6630 \text{ kg} - \text{m}$$

El valor del momento nominal es mayor al producto del peso de la viga; se ve que la resistencia del elemento es mayor a la carga que será sometida.

Para el acero mínimo requerido por cortante debe utilizarse el mayor de los siguientes valores:

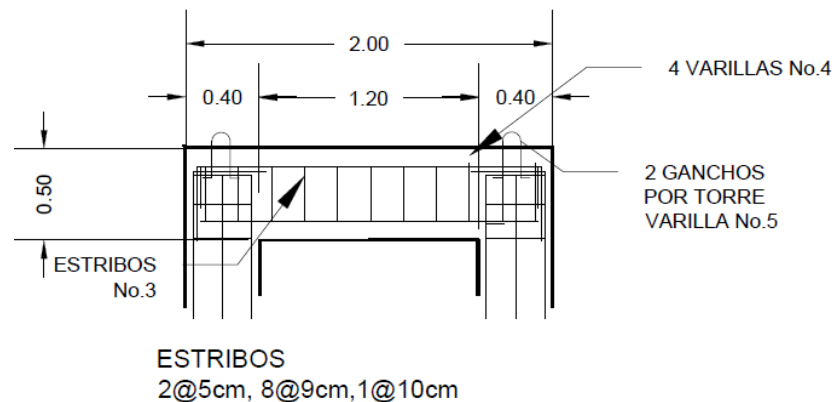
$$A_{vmin} > 0,2 \sqrt{f'_c} \frac{bwS}{f_{yt}}$$

$$A_{vmin} > 3,5 \frac{bwS}{f_{yt}}$$



Se utiliza la segunda expresión la cual da un valor de  $0,5 \text{ cm}^2$ ; se usará la varilla número 3, ya que el área de esta es de  $0,71 \text{ cm}^2$ , lo cual cumple con los requisitos para cortante.

Figura 16. Detalles de la viga



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Diseño de las columnas: las columnas son los soportes de los cables principales y delimitan el ancho del puente; estas se interconectarán por una viga de concreto armado, realizando un pórtico resistente a momento; según la sección 18.4.3 del ACI 318-14 se seguirá para el diseño de este.

Sección de columna propuesta  $40 \text{ cm} \times 40 \text{ cm}$

Altura de columna propuesta:  $3,00 \text{ m}$

Altura de columna propuesta desde la base de la cimentación:  $4,70 \text{ m}$

Módulo de elasticidad del concreto (E):  $15\,100 \cdot (f_c)^{1/2}$

Resistencia a compresión del concreto  $f'_c$  (3 000 PSI):  $350 \text{ kg/cm}^2$

Peso específico del concreto ( $\gamma_c$ ):  $2,40 \text{ Ton/m}^3$

Peso específico del concreto ciclópeo ( $\gamma_{cc}$ ):  $2,00 \text{ Ton/m}^3$

Peso de la viga:  $0,6 \text{ Ton/m}^3$



Cálculo del momento de inercia (I):

$$I = (B \cdot h^3) / 12 = 2,13 \times 10^{-3} \text{ m}^4$$

Cálculo del radio de giro (rG):

$$rG = \left( \frac{I}{A} \right)^{1/2} = 0,12$$

Chequeo por esbeltez (E):

$$E = \frac{K \cdot Lu}{r} = 27,41$$

Según la sección 6.2.5 de la página 70 del ACI 318-14 si  $E < 40$  se cumple el chequeo por esbeltez; por lo cual la sección sí cumple con los requisitos de esbeltez.

Según los cálculos realizados, el esfuerzo nominal al que está sometida la torre es de  $P_1 = 48\,559,4 \text{ kg}$ ; por lo cual se realizan diversas verificaciones de la resistencia real del elemento.

Carga crítica de una columna:

Para obtener la carga crítica de una columna con un extremo libre y el otro empotrado se usa la fórmula de Euler:

$$P_{cr} = \frac{2 \cdot E \cdot I \cdot \pi^2}{(K \cdot Lu)^2} = 10\,992\,690,1 \text{ kg}$$

Donde:

E = módulo de elasticidad del concreto

I = inercia del elemento

K = factor de longitud efectiva

Lu = longitud lateral de una columna

Carga axial que soporta la columna:

$$P_u = 0,85(0,85 * f'c * (A_g - A_s) + A_s * f'y)$$

Donde:

Pu = carga última resistente

F'c = resistencia nominal del concreto

F'y = resistencia nominal del acero

Ag = área gruesa del elemento

As = área de acero

$$P_u = 0,85(0,85 * 210 * (1\ 600 - 8) + 8 * 2\ 800) = 260\ 586,2\ \text{kg}$$

Como se observa  $P_{cr} > P_u$ , por lo cual el elemento está trabajando de forma correcta.

Área de acero, según ACI 318-14, tabla 9.6.1.2 a y b.

$$A_s = \frac{14}{f'y} * b * d = \frac{14}{\frac{2\ 800\ \text{kg}}{\text{cm}^2}} * 40\ \text{cm} * 40\ \text{cm}$$

$A_s = 8 \text{ cm}^2$ ; por tanto se usará varilla No.4; se proponen 8 varillas para cumplir con la condición del área mínima de acero y estribos No.4, según diseño.

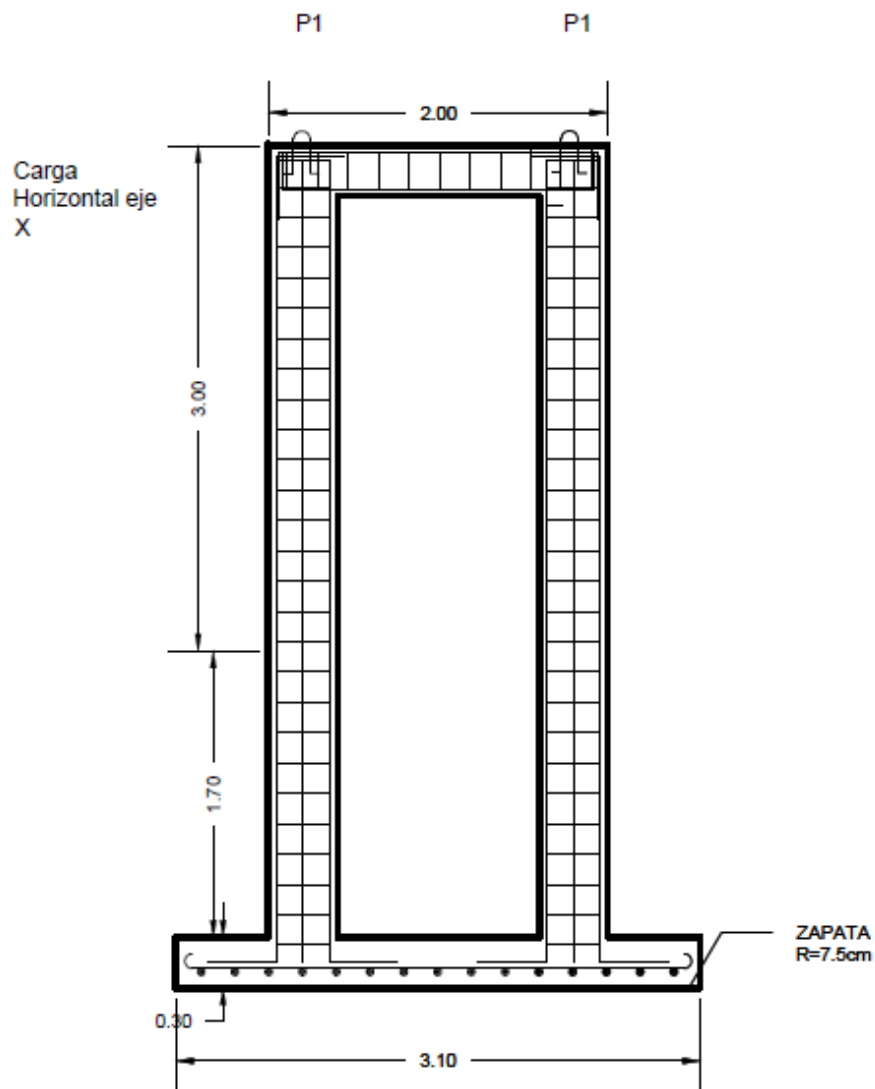
Esto cumple con la sección 10.7.3.1 del ACI 318-14.

Para calcular los momentos que se tienen sobre las columnas, se analizan los marcos por el método del portal; al ser un marco simple con nudos rígidos se conoce que es una estructura estable de grado 3; esto según el curso de diseño estructural; de modo que el marco se comportaría de la siguiente forma:

Eje X:

Cuenta con una carga horizontal de sismo de 94,05 kg.

Figura 18. Marco eje X

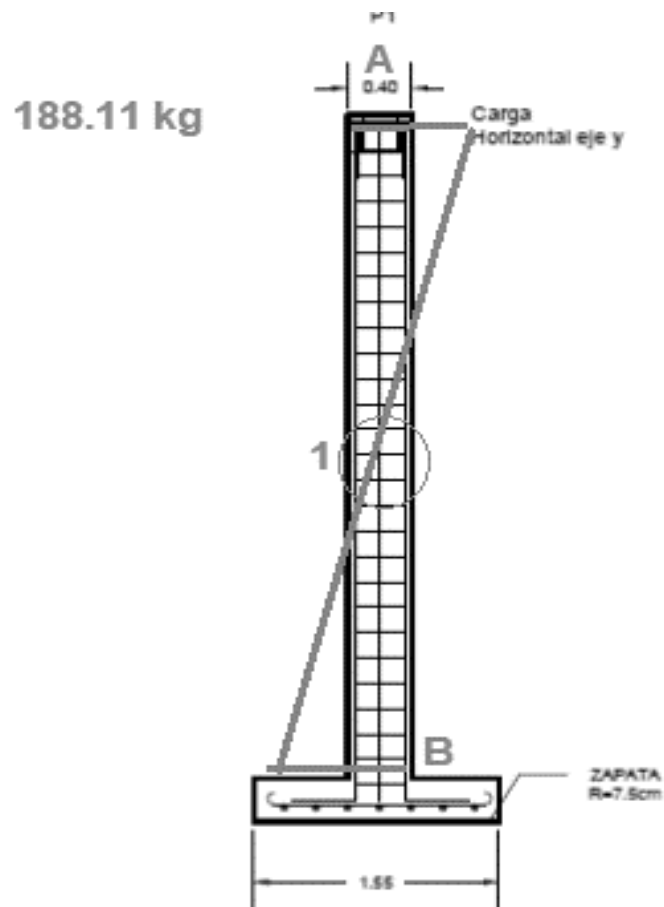


Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Eje Y:

Cuenta con una carga horizontal de sismo de 188 kg.

Figura 19. Diagrama de momentos eje Y



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

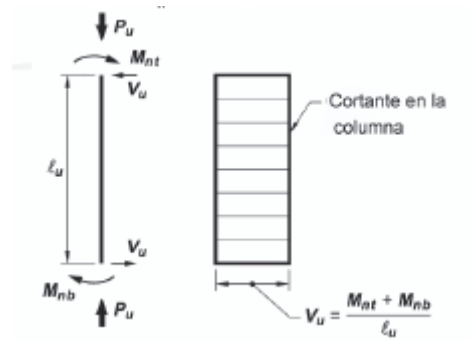
Para calcular el momento que se produce en la estructura se utiliza el método del portal en el eje Y, ya que en este se encuentra la carga horizontal mayor; lo que provoca los momentos mayores al igual que las fuerzas cortantes.

Cálculo de momentos:

$$\sum M_{ab} = Hvd \times Distancia = (188,11) \times (2,35) = 442,05 \text{ kg} - \text{m} = M_{ba}$$

Cortante de diseño para pórticos intermedios resistentes a momentos:

Figura 20. **Cortante en columna**



Fuente: Comité ACI 318. ACI 318-14. p. 287.

$$V_u = \frac{442,05 + 442,05}{4,7} = 188,10 \text{ kg}$$

Corte resistente =  $V_c$ :

Se obtiene usando la fórmula de la sección 9.6.1.2 del ACI 318-14:

$$V_c = 0,85 * \left( 0,53 * \sqrt{\frac{210 \text{ kg}}{\text{cm}^2}} * (40 \text{ cm} * 36 \text{ cm}) \right) = 9\ 400,84 \text{ kg}$$

Como  $V_c > V_u$ , se cumple otro requisito para las dimensiones de la columna.



Cálculo de espaciamiento máximo para el refuerzo de cortante: para esto el espacio máximo entre estribos en los extremos no debe exceder al mínimo de lo siguiente:

- 8 veces el diámetro de la barra longitudinal confinada de menor diámetro, igual a 10,16 cm
- 24 veces el diámetro de la barra del estribo cerrado de confinamiento, correspondiente a 22,86 cm
- La mitad de la menor dimensión de la sección transversal de la columna, igual a 20 cm
- 12 pulgadas = 30,48 cm

Al cumplir con lo anterior se sigue con el diseño de los estribos en la parte intermedia de acuerdo con la sección 10.7.6 del ACI 318-14; el espaciamiento debe cumplir con:

- Espaciamiento libre de al menos  $(4/3) d_{agg}$  (tamaño nominal del agregado grueso) = 1,67 cm
- El espaciamiento centro a centro no debe exceder el menor de 16 db (diámetro nominal de una barra) de barra longitudinal, = 20,32 cm
- 48 db de barra de estribo = 45,72 cm
- La menor dimensión del miembro = 40 cm

Cuando se necesita un refuerzo por cortante se debe utilizar la mayor de las siguientes expresiones:

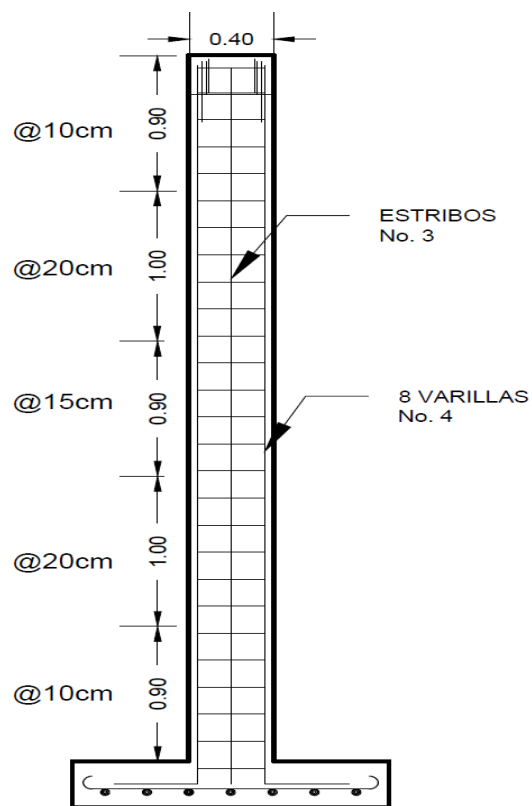
$$A_{vmin} > 0,2\sqrt{f'_c}\frac{bwS}{f_{yt}}$$

$$A_{vmin} > 3,5 \frac{bwS}{fyt}$$

$$3,5 * \frac{40 \text{ cm} * 20 \text{ cm}}{\frac{2800 \text{ kg}}{\text{cm}^2}} = 1,00 \text{ cm}^2$$

Según la ecuación, el área debe ser de 1,00 centímetro; por lo cual se optará la varilla de 3/8, cuya área es de 0,71 centímetros cuadrados; la misma es suficiente para soportar por la cantidad de espaciamiento.

Figura 21. **Armado de acero transversal**



Fuente: elaboración propia, empleando, AutoCAD.

Confinamiento en los nudos del marco:

Según la sección 18.4.4.1 del ACI 318-14, por el tipo de marco se cumple con los siguientes parámetros para el detallado de conexión:

El área de todas las ramas del refuerzo transversal en cada dirección principal de los nudos viga-columnas debe ser al menos la mayor de:

$$A_{vmin} > 0,2\sqrt{f'c}\frac{bwS}{fyt}$$

$$A_{vmin} > 3,5 \frac{bwS}{fyt}$$

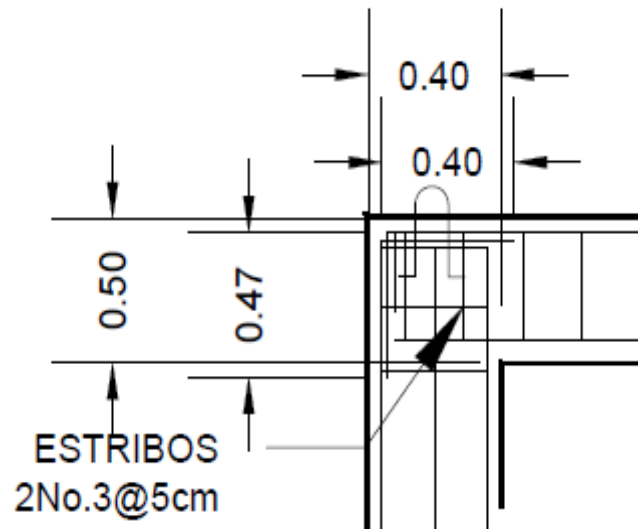
Se utiliza la segunda expresión, la cual señala que se debe llenar el área de 1 cm<sup>2</sup> en el nudo para cumplir con el confinamiento por cortante; por tanto, se propone usar 2 estribos número 3.

En los nudos viga-columna, el área de refuerzo transversal debe distribuirse dentro de una altura de la columna no menor que la mayor altura de las vigas que conectan con ella. Para nudos viga-columna, el espaciamiento del refuerzo transversal no debe exceder a la mitad de la altura de la viga de menor altura.

El desarrollo del refuerzo longitudinal que termina en un nudo debe cumplir con la sección 25.4, la cual establece que la longitud de desarrollo para barras corrugadas debe ser la mayor entre 12 pulgadas.

Contemplando lo anterior el diseño del armado de los nudos del marco intermedio resistente a momentos quedará de la siguiente manera:

Figura 22. **Nudo marco**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

#### 2.1.3.6.14. **Diseño de tensores**

Los tensores son los cables que aportan el equilibrio longitudinal al puente; para este tipo de puente existen ciertas recomendaciones.

Para obtener las cargas que se deben soportar para el diseño del cable se utilizó el manual de fórmulas simplificadas de dimensionamiento de cables.

Presión de viento:

$$PV_u = 25,92 \text{ kg/m}^2$$

Integrando la presión del viento en la estructura:

$$PVe = 25,92 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \times 43,2 \text{ m}^2 = 1\,119,4 \text{ kg}$$

Carga de viento:

$$Wt = \frac{1\,119,4 \text{ kg}}{36 \text{ m}} = 31,10 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

Fuerza resultante:

$$F = \frac{Wt * L}{2} = \frac{31,10 \frac{\text{kg}}{\text{m}} * 36 \text{ m}}{2} = 559,8 \text{ kg}$$

Ahora se calcula el área de acero requerida, usando el esfuerzo del cable y la fuerza del viento.

$$As = \frac{\text{Fuerza}}{\text{Esfuerzo}} = \frac{559,8 \text{ kg}}{15\,464 \text{ kg/cm}^2} = 0,36 \text{ cm}^2$$

Para los tensores se usará cable de 3/8" de diámetro, con un área de 0,71 cm<sup>2</sup>.

#### 2.1.3.6.15. Diseño de anclaje del tensor

La fuerza a la que se someten los tensores es pequeña, así que esta será repartida en dos cimientos a cada lado del puente, con sección de 1 metro cúbico de concreto.

Para realizar una comprobación de esto se realiza el método de Ranking nuevamente, para lo cual ya se conoce que  $E = 70716,8$  kg.

Fuerza de fricción:

$$F = 0,5(2\,400 - 1\,119,744) = 640,13 \text{ kg}$$

$$W_{\text{suelo}} = 1\,760 \text{ kg}$$

$$W_{\text{tot}} = 4\,160 \text{ kg}$$

$$W_t > \frac{T}{4} = 4\,160 \text{ kg} > 279,94 \text{ kg}$$

Chequeo de deslizamiento:

$$\frac{70\,716,8 + 640,13}{1\,119,74} = 63,73 > 1,5$$

Por lo tanto, se demuestra que las dimensiones de los anclajes, que son los encargados de resistir el viento, son los adecuados.

### **2.1.3.7. Evaluación de impacto ambiental**

Según las características, tipo del proyecto y por la zona donde se ubica, puede realizarse un estudio de evaluación rápida, que permita conocer los impactos positivos, negativos o poco significativos; así como las medidas de mitigación necesarias para este; incluye fase de construcción, operación y mantenimiento del proyecto.

Información sobre el proyecto:

- Nombre de la comunidad: aldea Santa Sofía
- Municipio: Yepocapa.
- Departamento: Chimaltenango.
- Tipo de proyecto: puente peatonal de hamaca en camino rural.
- Consideraciones especiales: se deben tomar durante la visita al sitio del proyecto.
- Consideraciones sobre áreas protegidas: el proyecto no se ubica dentro de alguna área protegida, legalmente establecida.
- Consideraciones sobre ecosistemas naturales: no se verán afectados.
- Otras consideraciones: no aplican.

#### **2.1.3.7.1. Impactos ambientales determinados durante la construcción y operación**

Se evalúa por medio de una matriz que incluya el sistema ambiental afectado y el proceso responsable; se debe presentar el impacto identificando las actividades de mitigación y los responsables de estas.





Continuación de la tabla XI.

INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN	
<p>I.3 Teléfono <span style="float: right;">Correo electrónico:</span></p>		
<p>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; <b>OBLIGATORIAMENTE</b> indicar el municipio y departamento)</p> <p>Chimaltenango, Yepocapa, Santa Sofia, Rio Gobernador</p> <p>Especificar Coordenadas Geográficas</p> <p style="text-align: center;"><i>Coordenadas Geográficas Datum WGS84</i></p> <p>Latitud 14°57'29.21"N Longitud 90° 57'54.53"O</p>		
<p>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; <b>OBLIGATORIAMENTE</b> indicar el municipio y departamento)</p> <p>12 avenida 8-14 zona 10 Guatemala</p>		
<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><b>II. INFORMACION GENERAL</b></p> <p>Se debe proporcionar una descripción de las actividades que serán efectuadas en el proyecto, obra, industria o actividad según etapas siguientes:</p>		
<p><b>II.1 Etapa de Construcción</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Actividades para realizar</li> <li>• Insumos necesarios</li> <li>• Maquinaria</li> <li>• Otros de relevancia</li> </ul>	<p><b>Operación</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Actividades o procesos</li> <li>• Materia prima e insumos</li> <li>• Maquinaria</li> <li>• Productos y Subproductos (bienes y servicios)</li> <li>• Horario de Trabajo</li> <li>• Otros de relevancia</li> </ul>	<p><b>Abandono</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Acciones para tomar en caso de cierre</li> </ul>
<p>II.3 Área</p> <p>a) Área total de terreno en metros cuadrados: <u>315 metros cuadrados</u></p> <p>b) Área de ocupación del proyecto en metros cuadrados: <u>37.5 metros cuadrados</u></p> <p>Área total de construcción en metros cuadrados: <u>32.5 metros cuadrados</u></p>		

Continuación de la tabla XI.

INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN																					
<p>II.4 Actividades colindantes al proyecto:</p> <p style="text-align: center;">           NORTE <u>Yepocapa</u> SUR <u>Santa Lucia</u>            ESTE <u>Santa Sofia</u> OESTE <u>San Pedro</u> </p> <p>Describir detalladamente las características del entorno (viviendas, barrancos, rios, basureros, iglesias, centros educativos, centros culturales, etc.):</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th style="width: 33%;">DESCRIPCION</th> <th style="width: 33%;">DIRECCION (NORTE, SUR, ESTE, OESTE)</th> <th style="width: 33%;">DISTANCIA AL PROYECTO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Borda de Tierra</td> <td style="text-align: center;">Sur</td> <td style="text-align: center;">32 metros</td> </tr> <tr> <td>Rio Gobernador</td> <td style="text-align: center;">Debajo</td> <td style="text-align: center;">5 metros por debajo</td> </tr> <tr> <td>Poblado Santa Sofia</td> <td style="text-align: center;">Este</td> <td style="text-align: center;">12 kilómetros</td> </tr> <tr> <td>Poblado San Pedro Yepocapa</td> <td style="text-align: center;">Oeste</td> <td style="text-align: center;">21.6 kilómetros</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table>		DESCRIPCION	DIRECCION (NORTE, SUR, ESTE, OESTE)	DISTANCIA AL PROYECTO	Borda de Tierra	Sur	32 metros	Rio Gobernador	Debajo	5 metros por debajo	Poblado Santa Sofia	Este	12 kilómetros	Poblado San Pedro Yepocapa	Oeste	21.6 kilómetros						
DESCRIPCION	DIRECCION (NORTE, SUR, ESTE, OESTE)	DISTANCIA AL PROYECTO																				
Borda de Tierra	Sur	32 metros																				
Rio Gobernador	Debajo	5 metros por debajo																				
Poblado Santa Sofia	Este	12 kilómetros																				
Poblado San Pedro Yepocapa	Oeste	21.6 kilómetros																				
<p>II.5 Dirección del viento: Sur Este</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 ( <input checked="" type="checkbox"/> )      b) explosión ( <input type="checkbox"/> )      c) deslizamientos ( <input type="checkbox"/> )  d) derrame de combustible ( <input type="checkbox"/> )      e) fuga de combustible ( <input type="checkbox"/> )      d) Incendio ( <input type="checkbox"/> )      e) Otro ( <input type="checkbox"/> )</p> <p>Detalle la información <u>crecidas máximas reportadas en la época de invierno, las cuales provocan arrastre de vehículos y cierre del transporte</u></p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>																						
<p>II.7 Datos laborales</p> <p>a) Jornada de trabajo: Diurna ( <input checked="" type="checkbox"/> ) Nocturna ( <input type="checkbox"/> ) Mixta ( <input type="checkbox"/> ) Horas Extras _____</p> <p>b) Número de empleados por jornada <u>15</u> Total empleados <u>23</u></p>																						
<p>II.8 USO Y CONSUMO DE AGUA, COMBUSTIBLES, LUBRICANTES, REFRIGERANTES, OTRO...</p> <p>Se usa agua para el proceso constructivo, y combustible para el transporte.</p>																						

Continuación de la tabla XI.

INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN
<b>RUIDO Y VIBRACIONES</b>	
<p>III.3 ¿Las operaciones de la empresa producen sonidos fuertes (ruido), o vibraciones? No</p> <p>III.4 En donde se genera el sonido y/o las vibraciones (maquinaria, equipo, instrumentos musicales, vehículos, etc.)</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>	
<b>OLORES</b>	
<p>III.6 Si como resultado de sus actividades se emiten olores (ejemplo: cocción de alimentos, aromáticos, solventes, etc.), explicar con detalles la fuente de generación y el tipo o características del o los olores: No</p> <p>III.7 He de explicar que se está haciendo o se hará para evitar que los olores se dispersen en el ambiente?</p>	
<b>IV. EFECTOS DE LA ACTIVIDAD EN EL AGUA</b>	
<b>AGUAS RESIDUALES</b>	
<b>CARACTERIZACION DE LAS AGUAS RESIDUALES</b>	
<p>IV.1 Con base en el Acuerdo Gubernativo 236-2006, Reglamento de las Descargas y Re-uso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos, qué tipo de aguas residuales (aguas negras) se generan?</p> <p>a) Ordinarias (aguas residuales generadas por las actividades domésticas)</p> <p>b) Especiales (aguas residuales generadas por servicios públicos municipales, actividades de servicios, industriales, agrícolas, pecuarias, hospitalarias)</p> <p>c) Mezcla de las anteriores</p> <p>d) Otro;</p> <p>Cualquiera que fuera el caso, explicar la información, indicando el caudal (cantidad) de aguas residuales generado _____ no se genera ningún tipo de agua residual ya que solo se estará trabajando un puente de hamaca y los baños de los empleados serán de uso móvil</p> <p>_____</p> <p>_____</p>	
<p>IV.2 Indicar el número de servicios sanitarios _____ 2 _____ servicios sanitarios</p> <p>_____</p> <p>_____</p>	

Continuación de la tabla XI.

INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN
<b>TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES</b>	
<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> <p>a) sistema de tratamiento  b) Capacidad  c) Operación y mantenimiento  d) Caudal para tratar  e) Etc.</p>	
<b>DESCARGA FINAL DE AGUAS RESIDUALES</b>	
<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>	
<b>AGUA DE LLUVIA (AGUAS PLUVIALES)</b>	
<p>IV.5 Explicar la forma de captación de agua de lluvia y el punto de descarga de esta (zanjones, ríos, pozos de absorción, alcantarillado, etc.)</p>	
<b>V. EFECTOS DE LA ACTIVIDAD SOBRE EL SUELO (Sistema edáfico y lítico)</b>	
<b>DESECHOS SÓLIDOS</b>	
<b>VOLUMEN DE DESECHOS</b>	
<p>V.1 Especifique el volumen de desechos o desperdicios genera la actividad desarrollada:</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 1000 libras/día</p> <p><input type="checkbox"/> d) Generación mayor a 1000 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, etc.):  desechos de construcción como ripio, bolsas y otros industriales</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?  No se usan productos con características peligrosas</p>	
<p>V.4 Se efectúa algún tipo de tratamiento de los desechos (comunes o peligrosos), Explicar el método y/o equipo utilizado  No hay desechos peligrosos, todos son de carácter natural</p>	
<p>V.5 Si los desechos se trasladan a otro lugar, para tratamiento o disposición final, indicar el tipo de transporte utilizado</p>	
<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>V.7 Indicar el sitio de disposición final de los desechos generados (comunes y peligrosos)</p>	

Continuación de la tabla XI.

INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN
<b>VI. DEMANDA Y CONSUMO DE ENERGÍA</b>	
<b>CONSUMO</b>	
VI.1 Consumo de energía por unidad de tiempo (kW/hr o kW/mes) <u>225kw/mes</u>	
VI.2 Forma de suministro de energía	
a) Sistema público <u>proporciona municipalidad de Yepocapa</u>	
b) Sistema privado _____	
c) generación propia _____	
VI.3 Dentro de los sistemas eléctricos de la empresa se utilizan transformadores, condensadores, capacitores o inyectores eléctricos? SI <u>X</u> NO _____	
VI.4 Qué medidas propone para disminuir el consumo de energía o promover el ahorro de energía? <b>Laborar durante las horas de luz y cumplir con los tiempos estipulados de construcción.</b>	
<b>VII. POSIBILIDAD DE AFECTAR LA BIODIVERSIDAD (ANIMALES, PLANTAS, BOSQUES, ETC.)</b>	
VII.1 En el sitio donde se ubica la empresa o actividad, existen:	
- Bosques _____	
- Animales _____	
- Otros _____	
Especificar información <u>se encuentran algunos matorrales es un camino de terracería</u>	
VII.2 La operación de la empresa requiere efectuar corte de árboles? No	
VII.3 ¿Las actividades de la empresa, pueden afectar la biodiversidad del área? SI ( ) NO (X) Por qué? <b>El área de construcción ya estaba anteriormente preparada</b>	
<b>VIII. TRANSPORTE</b>	
VIII.1 En cuanto a aspectos relacionados con el transporte y parqueo de los vehículos de la empresa, proporcionar los datos siguientes:	
a) Número de vehículos <u>1</u>	
b) Tipo de vehículo <u>Agrícola</u>	
c) sitio para estacionamiento y área que ocupa <u>10 metros cuadrados</u>	
d) Horario de circulación vehicular <u>3 veces por mes</u>	
e) Vías alternas _____	
<b>IX. EFECTOS SOCIALES, CULTURALES Y PAISAJÍSTICOS</b>	
<b>ASPECTOS CULTURALES</b>	
IX.1 En el área donde funciona la actividad, existe alguna (s) etnia (s) predominante, ¿cuál? Si Maya Cakchiquel	

Continuación de la tabla XI.

INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN
<p><b>RECURSOS ARQUEOLOGICOS Y CULTURALES</b></p> <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>Ampliar información de la respuesta seleccionada</p>	
<p><b>ASPECTOS SOCIAL</b></p> <p>IX.3 ¿En algún momento se han percibido molestias con respecto a las operaciones de la empresa, por parte del vecindario? SI ( ) NO ( X )</p> <p>IX.4 Qué tipo de molestias? Ninguna, la gente apoya el proyecto</p> <p>IX.5 Qué se ha hecho o se propone realizar para no afectar al vecindario?</p>	
<p><b>PAISAJE</b></p> <p>IX.6 Cree usted que la actividad afecta de alguna manera el paisaje? ¿Explicar por qué? No, porque el proyecto ya tenia preparado el lugar el cual se debía utilizar hace mucho tiempo atrás.</p>	
<p><b>X. EFECTOS Y RIESGOS DERIVADOS DE LA ACTIVIDAD</b></p>	
<p>X.1 Efectos en la salud humana de la población circunvecina:</p> <p>a) <input checked="" type="checkbox"/> la actividad no representa riesgo a la salud de pobladores cercanos al sitio</p> <p>b) <input type="checkbox"/> la actividad provoca un grado leve de molestia y riesgo a la salud de pobladores</p> <p>c) <input type="checkbox"/> la actividad provoca grandes molestias y gran riesgo a la salud de pobladores</p> <p>Del inciso marcado explique las razones de su respuesta, identificar que o cuales serían las actividades riesgosas:</p>	
<p>X.3 riesgos ocupacionales:</p> <p><input type="checkbox"/> Existe alguna actividad que representa riesgo para la salud de los trabajadores</p> <p><input type="checkbox"/> La actividad provoca un grado leve de molestia y riesgo a la salud de los trabajadores</p> <p><input type="checkbox"/> La actividad provoca grandes molestias y gran riesgo a la salud de los trabajadores</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> No existen riesgos para los trabajadores</p> <p>Ampliar información: Los obreros son personas preparadas y capacitadas proporcionadas por la municipalidad de Yepocapa el proceso de obra no representa peligro ya que deben cumplir con parámetros de seguridad industrial y de obra</p>	
<p><b>Equipo de protección personal</b></p> <p>X.4 Se provee de algún equipo de protección para los trabajadores? SI ( X ) NO ( )</p> <p>X.5 Detallar que clase de equipo de protección se proporciona: Botas industriales, Cascos de protección, chalecos reflectivos arneses de seguridad para las alturas</p> <p>X.6 ¿Qué medidas ha realizado ó que medidas propone para evitar las molestias o daños a la salud de la población y/o trabajadores? <b>Cumplir con los lineamientos presentados por la organización, en métodos de seguridad en obras.</b></p>	

Fuente: elaboración propia, formulario del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.

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

Seguido del análisis sobre los impactos al ambiente, significativos y no significativos, y las medidas de mitigación, se consideró el proyecto ambientalmente viable; los impactos de carácter social son positivos al mejorar las vías de comunicaciones entre las comunidades cercanas a la zona del proyecto y generación de empleos.

#### **2.1.3.7.3. Mantenimiento preventivo**

- Señalización, pintura, alumbrado, entre otros
- Limpieza general de la estructura
- Estabilización de los accesos al puente
- Protección contra socavación
- Mantenimiento general del sistema de cables y tablonés de piso
- Inspección continua, sobre estado general del puente

#### **2.1.3.8. Presupuesto**

A continuación, se muestra el presupuesto por renglones, del puente de hamaca.

Tabla XII. Presupuesto del puente de hamaca

<b>PRESUPUESTO POR RENGLONES PARA EL PUENTE DE HAMACA DE ALDEA SANTA SOFÍA, YEPOCAPA</b>					
<b>No.</b>	<b>RENLÓN</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UNITARIO</b>	<b>TOTAL</b>
<b>1</b>	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>				
1.1	Limpieza y chapeo	m <sup>2</sup>	137,5	Q28,50	Q3 918,75
1.2	Trazo y nivelación	m <sup>2</sup>	137,5	Q11,50	Q1 581,25
<b>2</b>	<b>ZAPATAS</b>				
2.1	Excavación estructural	m <sup>3</sup>	4,5	Q25,00	Q112,50
2.2	Acero 1/2" G.40	Varilla 6 m	12	Q44,12	Q529,44
2.3	Concreto mezclado 3000 PSI	m <sup>3</sup>	3,9	Q1 200,00	Q4 680,00
2.4	Alambre de amarre calibre 16	lb	2	Q5,20	Q10,40
<b>3</b>	<b>TORRE</b>				
3.1	Acero 1/2" G.40	Varilla 6 m	25	Q44,12	Q1 103,00
3.2	Acero 3/8" G.40	Varilla 6 m	16	Q22,16	Q354,56
3.3	Concreto mezclado 3000 PSI	m <sup>3</sup>	1,92	Q1 200,00	Q2 304,00
3.4	Alambre de amarre calibre 16	lb	9	Q5,20	Q46,80
3.5	Formaleta	m <sup>2</sup>	32	Q35,00	Q1 120,00
3.6	Clavos 4	lb	50	Q4,00	Q200,00
<b>4</b>	<b>ANCLAJES PRINCIPALES</b>				
4.1	Excavación estructural	m <sup>3</sup>	72	Q25,00	Q1 800,00
4.2	Tubo HG 4	Unidad	4	Q315,00	Q1 260,00
4.3	Concreto mezclado 3000 PSI	m <sup>3</sup>	48	Q1 200,00	Q57 600,00
<b>5</b>	<b>ANCLAJES TENSORES</b>				
5.1	Excavación estructural	m <sup>3</sup>	8	Q25,00	Q200,00
5.2	Tubo HG 4"	Unidad	2	Q315,00	Q630,00
5.3	Concreto mezclado 3000 PSI	m <sup>3</sup>	4	Q1 200,00	Q4 800,00



Continuación de tabla XII.

<b>6 SISTEMA DE PISO</b>					
6.1	Tablones de pino tratado 2"x12"x6.9'	Unidad	72	Q170,00	Q12 240,00
6.2	Pieza 3"x6"	Unidad	10	Q146,50	Q1 465,00
6.3	Clavos 6"	lb	30	Q6,25	Q187,50
<b>7 SUPERESTRUCTURA</b>					
7.1	Cable acero diámetro 1/2"	ml	60	Q35,20	Q2 112,00
7.3	Cable de acero diámetro 1"	ml	175	Q115,00	Q20 125,00
7.2	Cable de acero diámetro 3/8"	ml	103	Q18,40	Q1 895,20
7.3	Abrazadera 3/8"	Unidad	108	Q4,00	Q432,00
7.4	Abrazaderas diámetro 3/8"	Unidad	28	Q8,50	Q238,00
7.5	Abrazadera	Unidad	24	Q32,25	Q774,00
7.4	Guardacable	Unidad	16	Q6,75	Q108,00
7.5	Malla galvanizada de 1m	ml	72	Q17,76	Q1 278,72
7.6	Alambre de amarre galvanizado	lb	28	Q5,20	Q145,60
<b>8 RELLENO Y COMPACTACIÓN</b>					
8.1	Material relleno	m <sup>3</sup>	13.6	Q103.50	Q1 407,60
<b>9 MANO DE OBRA</b>					
9.1	Mano de obra no calificada	Días	440	Q75,00	Q33 000,00
9.2	Mano de obra calificada	Días	220	Q105,00	Q23 100,00
<b>TOTAL, COSTOS DIRECTOS</b>					Q180 759,30
<b>TOTAL, COSTOS INDIRECTOS 30% (Admon+fianzas+superv+utilidades)</b>					Q54 227,80
<b>TOTAL, COSTOS DIRECTOS E INDIRECTOS</b>					Q234 987,10
<b>TOTAL, EN LETRAS</b>				Doscientos treinta y cuatro mil novecientos ochenta y siete quetzales con diez centavos	

Fuente: elaboración propia.

### **2.1.3.9. Planos constructivos**

Los planos constructivos elaborados son: planta, elevación, acotadas y detalles estructurales (ver anexo).

## **2.2. Diseño sistema de captación de agua de lluvia Siquinalá, Escuintla**

Para realizar el diseño del sistema de captación de agua pluvial se consideraron los siguientes factores.

### **2.2.1. Tiempo de vida del agua en un reservorio**

El agua, como todo ser vivo, contiene un periodo de caducidad; esto por diferentes factores, como la forma de almacenamiento, la calidad, el cuidado que se tenga, entre otros; pero el periodo de duración del agua potable en un almacenamiento de concreto puede ser de no más de 6 meses, esto considerando que la misma sea potable; en caso de la cosecha de agua no se recomienda tener el agua guardada por más de 3 meses, por la forma de captación que esta tiene. El agua embotellada puede durar hasta dos años, esto gracias a su forma de empaque.

Toda el agua tardará más tiempo siempre y cuando esta se encuentre en lugares frescos y no reciba radiación solar, debido a que aumenta la proliferación de microorganismos que pueden descomponer las aguas por medio de procesos anaeróbicos.

## **2.2.2. Componentes del sistema de captación**

Un sistema de captación de agua pluvial básico se compone de los siguientes elementos:

### **2.2.2.1. Captación**

Esta puede darse gracias al techo de la estructura, el cual deberá contar con pendiente y superficie adecuadas, para mejorar la esorrentía de agua hacia el sistema de almacenamiento. Para los cálculos se considera la proyección horizontal del techo.

Entre los materiales más comunes en la construcción de sistemas de captación se encuentran: lámina de zinc, teja de arcilla, paja, entre otros. La lámina de zinc es la de mayor uso por su fácil instalación y mejor tiempo de duración.

### **2.2.2.2. Recolección y conducción**

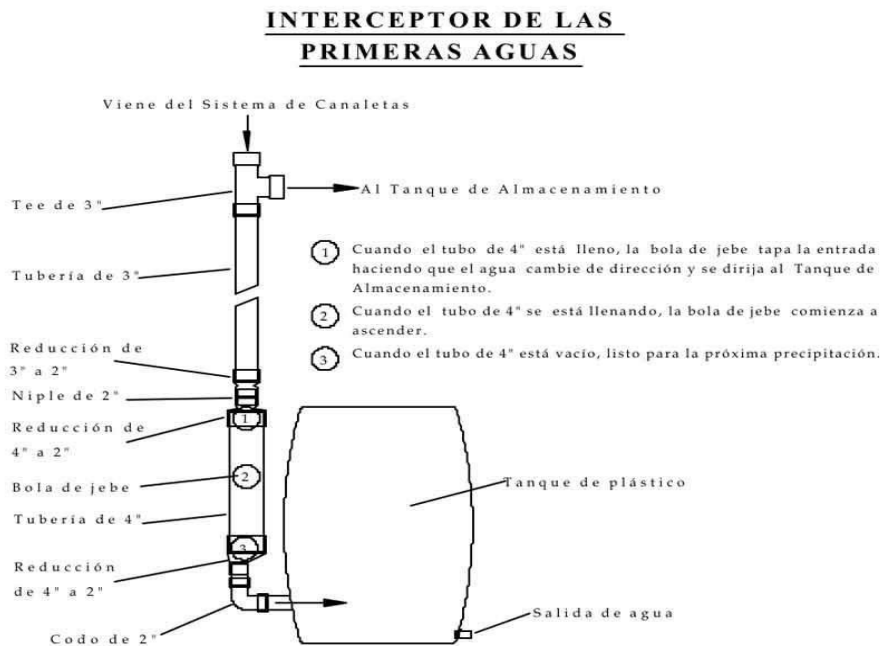
Esta parte es la que se encarga de encaminar el agua, hacia tuberías o canaletas que van en los bordes de los techos, en donde se acumula. El material de las canaletas se recomienda que sea de características livianas y duraderas; existen de diferentes materiales: metal en diferentes denominaciones o PVC.

Para las primeras aguas de recolección se necesita contar con un dispositivo de descarga, que permita el paso de las partículas, o contaminantes que se hayan adherido al techo durante la falta de lluvia.

### 2.2.2.3. Interceptor

Este dispositivo se encarga de descargar las primeras aguas que provienen del primer lavado del techo. Este dispositivo evita que los materiales y partículas indeseables ingresen al depósito de almacenamiento y de este modo se reduce la contaminación del agua. Al inicio del interceptor deberá existir un ensanchamiento que permita guiar el agua hacia él, sin que se produzcan rebalses; el ancho inicial debe ser igual al doble del diámetro de la canaleta; luego, se considera una reducción de dos veces el diámetro. Se estima que el volumen de lavado es de 1 litro por metro cuadrado de techo. En la siguiente figura se muestran las partes que componen el interceptor.

Figura 23. Interceptor de aguas



Fuente: Organización Panamericana de la Salud. *Guía de diseño para captación del agua de lluvia.* p.7.

#### 2.2.2.4. Almacenamiento

Se consideró el volumen del depósito de almacenamiento y el consumo diario de la población beneficiada del proyecto. El tipo de almacenamiento puede variar según sean las necesidades; estas existen desde que el ser humano tuvo la necesidad de almacenar agua, tales como: el depósito tipo jarra, el tipo pozo, y la cisterna, que pueden ser de concreto armado o aleaciones de poliuretanos de altas resistencias.

Además, en el área rural se pueden considerar depósitos con los siguientes materiales:

- Mampostería para volumen menor de 500 litros
- PVC para volúmenes comerciales
- Concreto armado para cualquier volumen

Figura 24. Depósito de almacenamiento



Fuente: Organización Panamericana de la Salud. *Tecnologías apropiadas en agua potable y saneamiento básico*. [helid.digicollection.org/en/d/Jwho91s/2.8.2.html](http://helid.digicollection.org/en/d/Jwho91s/2.8.2.html). Consulta: 15 de febrero del 2019.

#### **2.2.2.5. Filtro de arena**

Esto consiste en un depósito compuesto por capas de arena de diferente granulometría, en el cual el agua cruda fluye verticalmente por las diferentes capas removiendo las partículas y bacterias por suspensión; la capa superior, la cual contiene los sólidos, debe ser removida y lavada para mantener la calidad del agua; esto debe hacerse en intervalos de 2 veces por mes.

Este proceso solo se aplica para aguas de baja turbiedad, ya que en estos filtros se desarrollan bacterias colaboradoras para la eliminación de parásitos. El proceso es eficaz con la remoción de compuestos orgánicos, incluyendo algunos pesticidas.

La composición del filtro es la siguiente: el fondo debe estar compuesto de al menos 7,5 cm de agregado grueso de 1/2"; luego sobre este, un mínimo de 5 cm de arena gruesa o triturada, para finalizar con una capa de agregado fino de como mínimo 50 cm.

El material se debe mantener húmedo; por lo cual, la salida del tubo por donde sirve el agua debe estar por lo menos 5 cm más alto que el nivel superior de la arena, con la finalidad de que se mantenga la capa biológica y que los microorganismos que se forman se encarguen de realizar la limpieza.

#### **2.2.3. Recolección y ordenamiento de la información**

La información se recolectó a cabo en el casco urbano de Siquinalá; esta se ordenó de la siguiente forma:

### 2.2.3.1. Ubicación de la recolección

Se recolectó la información en el municipio de Siquinalá, departamento de Escuintla, Guatemala. El punto de interés es el centro del municipio: su plaza principal; ya que acá se ubican las áreas que se usarán para la construcción de los sistemas de captación: el área del mercado y la estación de bomberos, los cuales pueden observarse a continuación.

Figura 25. Ubicación de sistemas de captación



**Fuente:** Google Maps. *Siquinalá, Escuintla*. <https://n9.cl/j2xo>. Consulta: 22 de enero 2020.

### 2.2.3.2. Proceso de recolección

Para obtener los datos del municipio de Siquinalá se realizaron visitas coordinadas con la municipalidad, en las cuales se propusieron diferentes áreas, de acuerdo con las características solicitadas. Asimismo, se consultó la

información del estado de edificaciones en el casco urbano, así como su antigüedad e importancia.

Para llegar a la mejor selección se consultó información pluviométrica, proporcionada por el Instituto Privado del Cambio Climático.

Las visitas técnicas a Siquinalá proporcionaron la información acerca del tipo de techos para obtener mejor y mayor captación, así como la mejor ubicación para propiciar un cambio de comportamiento y dar un buen uso a los sistemas.

Los datos de la precipitación media, diaria y mensual se obtuvieron por parte de Visión Mundial, gracias al Instituto Privado del Cambio Climático; la intensidad de lluvia se obtuvo del Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología de Guatemala INSIVUMEH del departamento de Investigación y Recursos Hídricos, en su boletín de intensidad de precipitación en la República de Guatemala.

#### **2.2.4. Plan de análisis de resultados**

Para esto se tomaron en cuenta los siguientes parámetros:

##### **2.2.4.1. Precipitación promedio mensual**

$$P_{pi} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} (P_i)}{n}$$



Donde:

n = número de años evaluados

Pi = valor de la precipitación mensual del mes "i" (mm)

Ppi = precipitación promedio mensual del mes "i" todos los años (mm)

#### 2.2.4.2. Cálculo de la demanda de agua

$$D_i = \frac{N_u \times N_d \times D_o}{1\ 000}$$

Donde:

Nu = número de usuarios que se benefician del sistema

Nd = número de días del mes analizado

Do = dotación (L/persona/día)

Di = demanda mensual (m<sup>3</sup>)

#### 2.2.4.3. Volumen de agua captada

$$A_i = \frac{P_{pi} \times C_e \times A_c}{1\ 000}$$

Donde:

Ppi = precipitación promedio mensual (litros/m<sup>2</sup>)

Ce = coeficiente de escorrentía

Ac = área de captación (m<sup>2</sup>)

Ai = abastecimiento correspondiente al mes "i" (m<sup>3</sup>)

#### **2.2.4.4. Volumen necesario de agua**

$$V_i = A_i - D_i$$

Donde:

$V_i$  = volumen del depósito necesario para el mes "i" ( $m^3$ )

$A_i$  = volumen de agua que se captó en el mes ( $m^3$ )

$D_i$  = volumen de agua demanda por los usuarios X mes "i" ( $m^3$ )

#### **2.2.4.5. Intensidad y duración de lluvias**

La intensidad es la altura que deja la precipitación; está expresada en milímetros, en un intervalo de tiempo; la intensidad generalmente se calcula para varios intervalos y periodos. Estos datos muestran que altas intensidades de lluvia en periodos cortos presentan una mayor actividad erosiva en los suelos e incremento de escorrentía.

El pluviómetro permite conocer la intensidad y duración de la lluvia en mm, según sea el periodo (5,10, 20, 30, 40, 60, 80, 100 y 120) minutos, para cualquier tormenta.

#### **2.2.4.6. Coeficientes de escorrentía**

Los techos que se usarán son los de la estación de bomberos y el mercado; estos son de lámina de zinc, y la mayoría de los hogares cuenta con ellos. A continuación, se detallará cada uno de los coeficientes de escorrentía en la tabla, dependiendo del material del techo.

Tabla XIII. **Coeficiente de escorrentía**

<b>Material</b>	<b>Coeficiente</b>
Lámina de zinc	0,90
Teja de arcilla	0,80 – 0,90
Madera	0,80 – 0,90
Paja	0,60 – 0,70

Fuente: elaboración propia, con datos del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, UNATSABAR. *Criterios de diseño*. p.5.

#### **2.2.4.7. Almacenamiento**

En el diseño del almacenamiento se efectuó una cisterna de concreto armado, la cual está enterrada al lado de cada edificación, para evitar la pérdida de espacio útil.

#### **2.2.4.8. Depósito de almacenamiento**

El depósito de almacenamiento, requerido por la municipalidad a la cual el diseño se debe ajustar, y tener una capacidad de 50 m<sup>3</sup>, debe ser de concreto armado y estar preparado para evitar filtraciones.

### **2.3. Resultados**

Los resultados permiten realizar un análisis representativo de los cálculos.

#### **2.3.1. Precipitados, demanda y volumen de agua**

A continuación, se describen aspectos variados relacionados con la precipitación pluvial y su volumen.

### 2.3.1.1. Precipitación promedio mensual

Los datos de la precipitación pluvial mensual correspondiente a los años 2018 y 2019, fueron obtenidos a través del Instituto Privado del Cambio Climático; estos pueden observarse en la siguiente tabla.

Tabla XIV. Precipitación media mensual para los años 2018 y 2019

Información pluviómetro Instituto Privado del Cambio Climático	Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total (mm/año)
	<b>2018</b>	28	46.5	98	214	385	431	325	123	223	530	423	25	2851,5
	<b>2019</b>	44	47.8	123	195	425	985	652	675	725	778	465	69	5183,8

Fuente: elaboración propia.

Según datos proporcionados por la municipalidad de Siquinalá, por parte de la estación del INSIVUMEH, los registros de precipitación anual del 2018 y 2019, para la estación del Instituto del Cambio Climático son en los siguientes:

Tabla XV. **Precipitación anual estación**

Estación meteorológica	Elevación (msnm)	Longitud	Latitud	Precipitación anual,2018 (mm)	Precipitación anual, 2019 (mm)
ICC	280	910 303	141 930	3 264	5 812

Fuente: elaboración propia.

Se observaron los datos proporcionados por la estación del Instituto del Cambio Climático, ya que estos son los utilizados en Siquinalá, como referencia; los registros de precipitación fueron brindados por el Instituto Privado del Cambio Climático ICC, que posee un pluviómetro en su sede sur y registra la precipitación pluvial del área.

### **2.3.1.2. Demanda de agua**

Para la demanda de agua se utiliza la ecuación de la sección 2.2.4.2; esto si se tratara de uso doméstico; pero la idea del proyecto es mantener un reservorio para el uso de emergencia; en caso de que la línea de distribución se vea interrumpida, las dimensiones de las cisternas deben ser de 50 m<sup>3</sup>, una para la estación de bomberos y la otra en el mercado. Aun así, se calculará si el diseño satisface la demanda de 4 783 personas que tendrán acceso a los sistemas; según datos poblacionales proporcionados por la municipalidad de Siquinalá se tomará una dotación de 20 Lt/persona/día.

#### **2.3.1.2.1. Demanda mensual**

Se encuentra a partir de la siguiente fórmula:

$$D_i = \frac{Nu * 30 \text{ días} * \frac{20 \text{ lt}}{\text{persona}} / \text{día}}{1\ 000}$$

$$D_i = \frac{4\ 783 * 30 * 20}{1\ 000} = 2869,8 \text{ m}^3$$

### 2.3.1.2.2. Demanda diaria

Se utilizará la fórmula siguiente:

$$D_i = \frac{4\ 783 * 1 * 20}{1\ 000} = 95,66 \text{ m}^3$$

Según los datos obtenidos, las dimensiones del diseño no abastecerían la necesidad por completo; pero estos reservorios son para utilizarse en caso de emergencias; las dimensiones se mantendrán; además, estos serán llenados por el ingenio Pantaleón, cuantas veces sea necesario, pero para la dotación diaria los dos sistemas serían capaces de satisfacer la necesidad.

### 2.3.1.3. Volumen de agua captada por mes

Para el cálculo del agua captada por mes se usaron los datos de precipitación obtenidos para cada mes. Los techos que se utilizarán son de lámina, así se sabe cuál el coeficiente de escorrentía; las áreas de captación son de 224 m<sup>2</sup> para la estación de bomberos y 1 442,1 m<sup>2</sup> para el mercado. En las tablas siguientes se encuentran los datos del agua captada durante los años de estudio.

Tabla XVI. Volumen de agua captada por mes, año 2018

Año	2018		Bomberos		Mercado	
Mes	PP (mm)	Ce	Ac (m <sup>2</sup> )	Ai(m <sup>3</sup> )	Ac (m <sup>2</sup> )	Ai(m <sup>3</sup> )
Enero	28	0,90	224,00	5,64	1 442,10	36,34
Febrero	47	0,90	224,00	9,37	1 442,10	60,35
Marzo	98	0,90	224,00	19,76	1 442,10	127,19
Abril	214	0,90	224,00	43,14	1 442,10	277,75
Mayo	385	0,90	224,00	77,62	1 442,10	499,69
Junio	431	0,90	224,00	86,89	1 442,10	559,39
Julio	325	0,90	224,00	65,52	1 442,10	421,81
Agosto	123	0,90	224,00	24,80	1 442,10	159,64
Septiembre	223	0,90	224,00	44,96	1 442,10	289,43
Octubre	530	0,90	224,00	106,85	1 442,10	687,88
Noviembre	423	0,90	224,00	85,28	1 442,10	549,01
Diciembre	25	0,90	224,00	5,04	1 442,10	32,45

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVII. Volumen de agua captada por mes, año 2019

Año	2019		Bomberos		Mercado	
Mes	PP (mm)	Ce	Ac (m <sup>2</sup> )	Ai(m <sup>3</sup> )	Ac (m <sup>2</sup> )	Ai(m <sup>3</sup> )
Enero	44	0,9	224	8,87	1 442,1	57,11
Febrero	48	0,9	224	9,64	1 442,1	62,04
Marzo	123	0,9	224	24,8	1 442,1	159,64
Abril	195	0,9	224	39,31	1 442,1	253,09
Mayo	425	0,9	224	85,68	1 442,1	551,6
Junio	985	0,9	224	198,58	1 442,1	1 278,42
Julio	652	0,9	224	131,44	1 442,1	846,22
Agosto	675	0,9	224	136,08	1 442,1	876,08
Septiembre	725	0,9	224	146,16	1 442,1	940,97
Octubre	778	0,9	224	156,84	1 442,1	1 009,76
Noviembre	465	0,9	224	93,74	1 442,1	603,52

Continuación de la tabla XVII

<b>Diciembre</b>	69	0,9	224	13,91	1 442,1	89,55
------------------	----	-----	-----	-------	---------	-------

Fuente: elaboración propia.

Estos datos representan el volumen de agua que se podría haber captado solo por precipitación, en los años 2018 y 2019, los cuales hubieran podido aportar al reservorio de agua.

#### 2.3.1.4. Volumen necesario de agua mensual

Para calcular el volumen necesario mensual de agua que necesitan las 4 783 personas se usa la ecuación del volumen necesario de agua; con esto se puede observar la cantidad de la misma que el sistema de distribución y conducción debe mantener para la población de casco urbano 1, 2 y 3, que son los sectores más afectados por la falta de agua y la irregularidad del servicio. En las tablas siguientes se presentan los volúmenes de agua que se necesitan.

Tabla XVIII. Volumen necesario de agua mensual, año 2018

2018 Mes	Bomberos	Mercado	Población	
	Ai(m <sup>3</sup> )	Ai(m <sup>3</sup> )	Di(m <sup>3</sup> )	Vi(m <sup>3</sup> )
Enero	56,448	3,634,092	2 869,8	-2,827,814
Febrero	93,744	60,351,885	2 869,8	-2,800,074
Marzo	197,568	12,719,322	2 869,8	-2722,85
Abril	431,424	27,774,846	2 869,8	-2,548,909
Mayo	77,616	49,968,765	2 869,8	-2,292,496
Junio	868,896	55,939,059	2 869,8	-2223,52
Julio	65,52	42,181,425	2 869,8	-2,382,466
Agosto	247,968	15,964,047	2 869,8	-2,685,363



Continuación de la tabla XVIIl

<b>Septiembre</b>	449,568	28,942,947	2 869,8	-2,535,414
<b>Octubre</b>	106,848	6,878,817	2 869,8	-2075,07
<b>Noviembre</b>	852,768	54,900,747	2 869,8	-2,235,516
<b>Diciembre</b>	5,04	3,244,725	2 869,8	-2,832,313

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIX. **Volumen necesario de agua mensual, año 2019**

<b>2019</b>	<b>Bomberos</b>	<b>Mercado</b>	<b>población</b>	
<b>Mes</b>	<b>Ai(m<sup>3</sup>)</b>	<b>Ai(m<sup>3</sup>)</b>	<b>Di(m<sup>3</sup>)</b>	<b>Vi(m<sup>3</sup>)</b>
<b>Enero</b>	8,8704	57,10716	2 869,8	-2 803,822
<b>Febrero</b>	9,63648	62,039142	2 869,8	-2 798,124
<b>Marzo</b>	24,7968	159,64047	2 869,8	-2 685,363
<b>Abril</b>	39,312	253,08855	2 869,8	-2 577,399
<b>Mayo</b>	85,68	551,60325	2 869,8	-2 232,517
<b>Junio</b>	198,576	1 278,421	2 869,8	-1 392,802
<b>Julio</b>	131,4432	846,22428	2 869,8	-1 892,133
<b>Agosto</b>	136,08	876,07575	2 869,8	-1 857,644
<b>Septiembre</b>	146,16	940,97025	2 869,8	-1 782,67
<b>Octubre</b>	156,8448	1009,758	2 869,8	-1 703,197
<b>Noviembre</b>	93,744	603,51885	2 869,8	-2 172,537
<b>Diciembre</b>	13,9104	89,55441	2 869,8	-2 766,335

Fuente: elaboración propia.

Se observa que la necesidad mensual de agua es mayor a la que los sistemas de captación de agua proveen, pero al implementar estos en cada vivienda se puede apoyar al sistema principal de distribución de agua.

### 2.3.1.5. Volumen de agua captada por día

Para calcular el agua captada por día se usa la ecuación de la sección 2.2.4.3. Acá se utilizan los datos obtenidos anteriormente para poder llevar a cabo los cálculos. Los datos se pueden observar en las tablas siguientes.

Tabla XX. Volumen de agua captada por día, año 2018

Año	2018		Bomberos		Mercado	
Mes	PP (mm)	Ce	Ac (m <sup>2</sup> )	Ai(m <sup>3</sup> )	Ac (m <sup>2</sup> )	Ai(m <sup>3</sup> )
Enero	0,60	0,90	224,00	0,12	1 442,10	0,78
Febrero	0,31	0,90	224,00	0,06	1 442,10	0,40
Marzo	5,60	0,90	224,00	1,13	1 442,10	7,27
Abril	7,90	0,90	224,00	1,59	1 442,10	10,25
Mayo	14,32	0,90	224,00	2,89	1 442,10	18,59
Junio	23,60	0,90	224,00	4,76	1 442,10	30,63
Julio	18,60	0,90	224,00	3,75	1 442,10	24,14
Agosto	6,70	0,90	224,00	1,35	1 442,10	8,70
Septiembre	11,60	0,90	224,00	2,34	1 442,10	15,06
Octubre	22,60	0,90	224,00	4,56	1 442,10	29,33
Noviembre	26,30	0,90	224,00	5,30	1 442,10	34,13
Diciembre	0,06	0,90	224,00	0,01	1 442,10	0,08

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXI. Volumen de agua captada por día, año 2019

Año	2019		Bomberos		Mercado	
Mes	PP (mm)	Ce	Ac (m <sup>2</sup> )	Ai(m <sup>3</sup> )	Ac (m <sup>2</sup> )	Ai(m <sup>3</sup> )
Enero	3,50	0,90	224,00	0,71	1 442,10	4,54
Febrero	2,60	0,90	224,00	0,52	1 442,10	3,37
Marzo	12,10	0,90	224,00	2,44	1 442,10	15,70

Continuación de la tabla XXI.

<b>Abril</b>	16,50	0,90	224,00	3,33	1 442,10	21,42
<b>Mayo</b>	26,60	0,90	224,00	5,36	1 442,10	34,52
<b>Junio</b>	32,30	0,90	224,00	6,51	1 442,10	41,92
<b>Julio</b>	27,80	0,90	224,00	5,60	1 442,10	36,08
<b>Agosto</b>	31,60	0,90	224,00	6,37	1 442,10	41,01
<b>Septiembre</b>	40,30	0,90	224,00	8,12	1 442,10	52,30
<b>Octubre</b>	18,10	0,90	224,00	3,65	1 442,10	23,49
<b>Noviembre</b>	12,60	0,90	224,00	2,54	1 442,10	16,35
<b>Diciembre</b>	2,16	0,90	224,00	0,44	1 442,10	2,80

Fuente: elaboración propia.

Se presentan los datos de agua captada por día, lo cual muestra que, dependiendo la época del año, la lluvia captada en algunos momentos es considerable.

### 2.3.1.6. Volumen de agua diaria que se necesita

Para calcular el volumen de agua diaria necesaria, se utiliza la ecuación de volumen necesario de agua; en las tablas siguientes se encuentran los datos correspondientes.

Tabla XXII. **Volumen diario necesario de agua para el 2018**

2018	Bomberos	Mercado	Personas	
Mes	Ai(m <sup>3</sup> )	Ai(m <sup>3</sup> )	Di (m <sup>3</sup> )	Vi(m <sup>3</sup> )
<b>Enero</b>	0,12	0,78	95,66	-94,76
<b>Febrero</b>	0,06	0,40	95,66	-95,20
<b>Marzo</b>	1,13	7,27	95,66	-87,26
<b>Abril</b>	1,59	10,25	95,66	-83,81

Continuación tabla XXII.

<b>Mayo</b>	2,89	18,59	95,66	-74,19
<b>Junio</b>	4,76	30,63	95,66	-60,27
<b>Julio</b>	3,75	24,14	95,66	-67,77
<b>Agosto</b>	1,35	8,70	95,66	-85,61
<b>Septiembre</b>	2,34	15,06	95,66	-78,27
<b>Octubre</b>	4,56	29,33	95,66	-61,77
<b>Noviembre</b>	5,30	34,13	95,66	-56,22
<b>Diciembre</b>	0,01	0,08	95,66	-95,57

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIII. **Volumen diario necesario de agua para el 2019**

<b>2019</b>	<b>Bomberos</b>	<b>Mercado</b>	<b>Personas</b>	
<b>Mes</b>	<b>Ai(m<sup>3</sup>)</b>	<b>Ai(m<sup>3</sup>)</b>	<b>Di (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Vi(m<sup>3</sup>)</b>
<b>Enero</b>	0,71	4,54	95,66	-90,41
<b>Febrero</b>	0,52	3,37	95,66	-91,76
<b>Marzo</b>	2,44	15,70	95,66	-77,52
<b>Abril</b>	3,33	21,42	95,66	-70,92
<b>Mayo</b>	5,36	34,52	95,66	-55,77
<b>Junio</b>	6,51	41,92	95,66	-47,23
<b>Julio</b>	5,60	36,08	95,66	-53,97
<b>Agosto</b>	6,37	41,01	95,66	-48,28
<b>Septiembre</b>	8,12	52,30	95,66	-35,23
<b>Octubre</b>	3,65	23,49	95,66	-68,52
<b>Noviembre</b>	2,54	16,35	95,66	-76,77
<b>Diciembre</b>	0,44	2,80	95,66	-92,42

Fuente: elaboración propia.

El volumen de agua captado sigue sin ser suficiente para suplir la necesidad de la población, pero la capacidad del sistema sí lo es por los dos tanques de 50 m<sup>3</sup>; si fuera necesario se llenarían con pipas de agua proporcionadas por el ingenio Pantaleón.

### 2.3.2. Diseño del sistema de captación

Los diseños pueden ser variables, dependiendo de la zona o la necesidad en la figura siguiente se muestra un sistema empírico.

Figura 26. **Sistema empírico de captación**



Fuente: BONILLA Iván , GUERRA Fátima , SÁNCHEZ Melanie. *Muestreo de luvias, para cosechar agua*. <http://www.abc.com.py/edición-impres/suplementos/escolar/como-almacenar-agua-de-lluvia-162342.html>. Consulta: 11 de enero de 2019.

### 2.3.2.1. Superficie de captación

Las superficies que se usarán para captar el agua de lluvia son la estación de bomberos y el mercado principal del casco urbano de Siquinalá en Escuintla. Esto se consideró así porque la estación de bomberos acaba de cambiar todo su techo de lámina galvanizada, lo cual da mejor calidad de agua captada y cuenta con espacio para realizar el sistema.

El mercado es una nueva estructura que cuenta con techo de lámina y un área considerable para la recolección; asimismo, los dos se encuentran en el área principal del casco urbano, facilitando el acceso al líquido y a las pipas que transportan el agua que constantemente dona el Ingenio Pantaleón.

### 2.3.2.2. Volumen del interceptor

Ya que el volumen de este debe ser de al menos 1 litro por metro cuadrado, se consideró uno para cada sistema, con las dimensiones siguientes:

$$V_i = \frac{\text{Área captación (m}^2\text{)} * \frac{1 \text{ litro}}{\text{m}^2}}{1\ 000} =$$

Tabla XXIV. Volumen del interceptor por captación

Bomberos	Mercado
$V_i = 0,24 \text{ m}^3$	$V_i = 1,45 \text{ m}^3$

Fuente: elaboración propia.

Las dimensiones de cada uno se encuentran en los planos, así como los detalles del diseño.

### **2.3.2.3. Filtro lento de arena**

El filtro se dimensionará para que pueda cumplir con eficacia; el tiempo de filtración, las dimensiones y grosor de capas se muestran en los planos.

### **2.3.2.4. Sistema de almacenamiento**

Este será de 50 m<sup>3</sup> para cada uno de los sistemas; se encontrará enterrado a la par de cada edificación, estará compuesto por concreto armado capaz de resistir el peso volumétrico del agua de 1 000 kg/ m<sup>3</sup>; además de estar tratado por capas de impermeabilizante en su interior para evitar la filtración y daño.

La estructura, se compone de concreto reforzado usando concreto 3000PSI o  $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ ; los detalles de la estructura se encontrarán en los planos; este es un tipo de cisterna construida en el lugar.

#### **2.3.2.4.1. Diseño de cisterna**

Tipo de cubierta: losa

$$A/B = 1 > 0,5$$

Refuerzo en dos sentidos

Espesor:  $t = 12 \text{ cm}$

Carga muerta CM

$$W_{\text{losa}} = 2\,400 * 0,12 = 288 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Sobre carga} = \frac{90 \text{ kg}}{\text{m}^2}$$

$$C_{\text{Multima}} = 1,7 * 378 = 529,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

Carga viva CV

$$CV = 80 \text{ kg/m}^2$$

Carga última Cu

$$529,2 + 136 = 665,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

Cálculo de momentos utilizando el caso 5 de coeficientes para momentos;  
esto por la configuración de la losa la cual es de 5,40 x 5,40 metros.

$$M(-) = l^2 (f * C_u)$$

$$M(+)= l^2 ((f_1 * C_M) + (f_2 * C_V))$$

$$M_{a(-)} = 1\,247,25 \text{ kg-m}$$

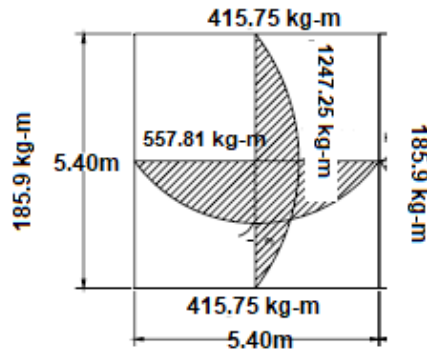
$$M_{(a)} = 415,75 \text{ kg-m}$$

$$M_{b(+)} = 557,81 \text{ kg-m}$$

$$M_b = 185,94 \text{ kg-m}$$



Figura 27. **Momentos en losa**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Cálculo de área de acero:

$$M_a = 1\ 247,25 \text{ kg-m}$$

$$M_b = 557,81 \text{ kg-m}$$

Recubrimiento 2,5 cm

$$D = t - r = 12 - 2,5 = 9,5 \text{ cm}$$

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

$$F'_y = 2\ 800 \text{ kg/cm}^2$$

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

$$A_{s_a} = 5,47 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_b} = 2,38 \text{ cm}^2$$

As mínimo:

$$0,4 \left( \frac{14}{2\ 800} \right) (100 * 9,5) = 1,9 \text{ cm}^2$$

Tabla XXV. **Espaciamiento losa sentido a**

Área a	Espaciamiento	S
5,47 cm <sup>2</sup>	100 cm	12,98 cm
0,71 cm <sup>2</sup>	s	10 cm

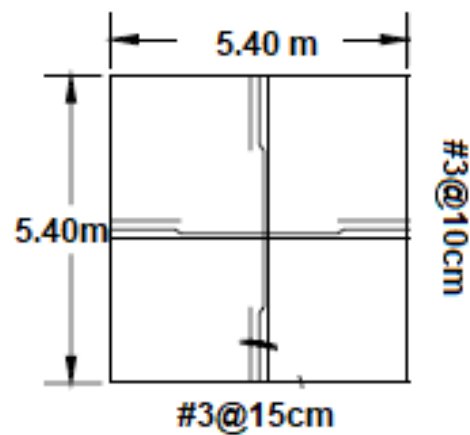
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVI. **Espaciamiento losa sentido b**

Área b	Espaciamiento	S
2,38 cm <sup>2</sup>	100 cm	29,83 cm
0,71 cm <sup>2</sup>	s	15 cm

Fuente: elaboración propia.

Figura 28. **Armado de losa**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Diseño viga de corona:

$$F'y = 2\,800 \text{ kg/cm}^2$$

$$Wc = 2\,400 \text{ kg/cm}^2$$

$$h = 25 \text{ cm}$$

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

$$d = 22 \text{ cm}$$

$$\rho_{\min} = \frac{14,1}{f'y} = 0,005$$

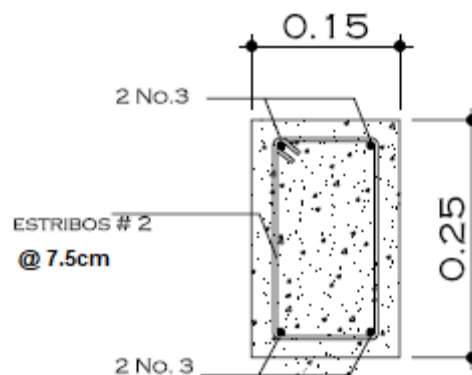
$$A_{s \min} = \rho_{\min} * b * d = 1,65 \text{ cm}^2$$

$$\rho_{\max} = 0,5 * \rho_b * \text{zona sismica}$$

$$A_{s \max} = \rho_{\max} * b * d = 5,94 \text{ cm}^2$$

Se decidió colocar 4 varillas No.3 estribos No.2 @ 7,5 cm.

Figura 29. **Detalle de viga de corona**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Diseño de muros del tanque:

Carga distribuida:

$$W_u = W_{\text{losa}} + W_{\text{viga}}$$

$$W_u = 833,6 \text{ kg/m} * 1 \text{ m} = 833,6 \text{ kg}$$

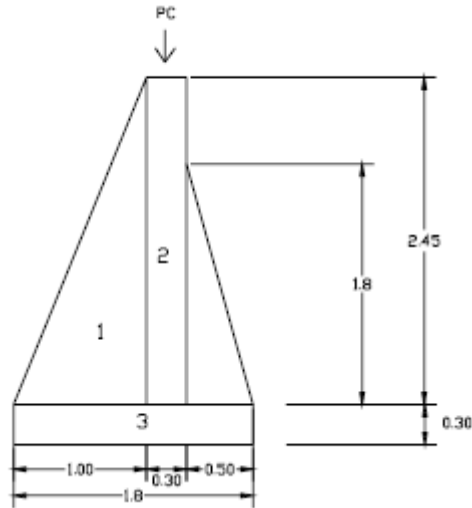
Momento de carga puntual:

$$M_c = 833,6 \left( 1 + \frac{0,2}{2} \right) = 916,96 \text{ kg} - \text{m}$$

Fuerza activa:  $F_a$

$$F_a = \gamma_{\text{agua}} * \left( \frac{h^2}{2} \right) = 1\ 000 * \left( \frac{2^2}{2} \right) = 2\ 000 \text{ kg/m}$$

Figura 30. **Diagrama de paredes del tanque**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Momento de volteo:

$$M_{act} = F_a * \frac{h}{3} = 2\,000 * \left(\frac{2}{3} + 0.30\right) = 1\,933,33 \text{ kg} - m$$

Momento estabilizante para el muro:

Tabla XXVII. **Momentos estabilizantes**

Sección	W kg/m	Brazo (m)	MR (kg-m/m)
1	2 928	0,67	1 959,75
2	1 752	1,1	1 927,2
3	1 296	1	1 292

Fuente: elaboración propia.

$W_r \text{ total} = 5\,975 \text{ kg/m}$

Sumatoria MR = 5 178,95 kg-m/m

Carga total:

$W_t = 1\,008 + 5\,975 = 6\,983 \text{ kg/m}$

Verificación para volteo  $F_{sv} > 1,5$

$$F_s = \frac{M_r + M_c}{M_{act}} = \frac{5\,178,95 + 916,96}{1\,933,33} = 3,15$$

$F_s = 3,15 > 1,5$

Estabilización por deslizamiento  $F_{sd} > 1,5$

$F_d = W_t \cdot \text{coeficiente de fricción}$

$$F_d = 6\,983 \cdot 0,9 \cdot \text{tg}(27) = 3\,202,21 \text{ kg}$$

$$F_{sd} = \frac{F_d}{F_a} = \frac{3\,202,21}{2\,000} = 1,60$$

$F_{sd} = 1,60 > 1,50$

Verificando de presión en la base del muro:

$P_{max} < V_s$  donde  $e_x = \text{Base}/2 - a$

$$a = \frac{M_r + M_c - M_{act}}{W_t} = 0,596 = 0,60$$

$$ex = \frac{2}{2} - 0,60 = 0,40\text{m}$$

Módulo de sección (Sx):

$$Sx = \frac{1}{6} * \text{base}^2 * \text{long} = 0,67 \text{ m}^3$$

Presión:

$$P_{\text{max}} = \frac{Wt}{A} + \frac{Wt * ex}{Sx} = 7\,660,46 \text{ kg/m}^2$$

$$P_{\text{max}} = 7\,660,46 \text{ kg/m}^2 < 10\,000 \text{ kg/m}^2$$

La información del valor soporte y el ángulo de fricción fue dado por parte de la municipalidad de Siquinalá.

Ya que las verificaciones fueron acertadas se llevará a cabo, la cisterna de concreto armado, la cual deberá incluir un respiradero y un sistema de flote para evitar rebalses.

### **2.3.2.5. Cálculo de tuberías**

Para el cálculo de la tubería se considera la precipitación máxima de 985 mm/día.

Tabla XXVIII. **Área de captación en pie cuadrado**

<b>Área de captación pie cuadrado</b>	
Bomberos	Mercado
1 205,56	7 760,78

Fuente: elaboración propia.

Precipitación pulgada/hora: 1,62.

Según la tabla se debe seleccionar tubería de 3" para la estación de bomberos y de 4" para el mercado, pero se utilizará la de 4" para los dos; esto por consideración de lluvias más fuertes.

### **2.3.2.6. Calidad del agua**

El agua de lluvia puede llegar a no ser apta para el consumo humano. La calidad depende de la superficie de captación, tanto su estado como el material y la limpieza de este además del método de almacenamiento y tratamiento biológico, todo esto según las normas COGUANOR NGO 29001. Si el agua va a ser de consumo se recomienda hervir.

Generalmente el agua de lluvia y los sistemas de captación presentan las siguientes características:

- Es limpia
- Gratuita
- Es blanda
- Ligeramente ácida
- Tiene poco olor y sabor (depende de los tejados y su limpieza)



- Pueden contener microorganismos, debido a materia fecal de pájaros o roedores, depositados en los techos.

### **2.3.2.7. Dureza del agua**

La dureza del agua depende de la cantidad de carbonato de calcio, por miligramo sobre litro de agua, en el agua de lluvia se considera como un agua suave por su procedencia.

### **2.3.3. Impacto ambiental**

Se observa que la creciente urbanización, es normal debido al creciente desarrollo económico; el reto es en hacer sustentable, eficiente y equitativo este crecimiento. Los sistemas de captación de agua de lluvia aportan de manera positiva hacia el crecimiento.

Los sistemas de captación de agua aportan grandes beneficios ambientales como.

:

- Reducción del daño a la capa fértil causada por la escorrentía.
- Permite la recarga del manto freático al reducir su explotación en un 75 % en época de lluvia.
- Genera conciencia ambiental en los usuarios.
- Se reducen las inundaciones en las partes bajas de cuencas, a causa de escorrentías acumuladas.

### 2.3.4. Presupuesto

A continuación, se muestra el desglose del presupuesto, de los sistemas de captación de agua pluvial.

Tabla XXIX. Presupuesto del sistema de captación

PRESUPUESTO POR RENGLONES PARA, SISTEMA DE CAPTACIÓN AGUA PLUVIAL, SIQUINALÁ, ESCUINTLA					
No.	RENLÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
<b>1</b>	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>				
1.2	Limpieza y trazo	ml	15	Q28,50	Q427,50
<b>2</b>	<b>CIMENTACIÓN</b>				
2.1	Excavación	m <sup>3</sup>	142,9	Q25,00	Q3 572,50
2.2	Cemento	Saco	142	Q83,00	Q11 786,00
2.3	Arena	m <sup>3</sup>	9,1	Q103,33	Q940,30
2.4	Piedrín 1/2	m <sup>3</sup>	13,66	Q205,35	Q2 805,08
2.5	Electro malla	Unidad	36	Q230,00	Q8 280,00
<b>3</b>	<b>COLUMNAS</b>				
3.1	Cemento	Saco	15	Q83,00	Q1 245,00
3.2	Arena	m <sup>3</sup>	0,83	Q103,33	Q85,76
3.3	Piedrín 1/2	m <sup>3</sup>	1.26	Q205,35	Q258,74
3.4	Hierro No.3	Varilla 6 m	27	Q46,20	Q1 247,40
3.5	Hierro no.2	Varilla 6 m	36	Q40,95	Q1 474,20
<b>4</b>	<b>SOLERA CORONA</b>				
4.1	Cemento	Saco	15	Q83,00	Q1 245,00
4.2	Arena	m <sup>3</sup>	0,83	Q103,33	Q85,76
4.3	Piedrín 1/2	m <sup>3</sup>	1,26	Q205,35	Q258,74
4.4	Hierro No.3	Varilla 6 m	33	Q46,20	Q1 524,60

Continuación de la tabla XXIX.

4.5	Hierro No.2	Varilla 6 m	31	Q40,95	Q1 269,45
<b>5</b>	<b>MUROS</b>				
5.1	Electromalla	Unidad	14	Q230,00	Q3 220,00
5.2	Cemento	Saco	68	Q83,00	Q5 644,00
5.3	Piedrín 1/2	m <sup>3</sup>	5,68	Q205,35	Q1 166,39
5.4	Arena	m <sup>3</sup>	3,76	Q103,33	Q388,52
<b>6</b>	<b>LOSA</b>				
6.1	Cemento	Saco	30	Q83,00	Q2 490,00
6.2	Arena	m <sup>3</sup>	1,65	Q103,33	Q170,49
6.3	Piedrín 1/2	m <sup>3</sup>	2,49	Q205,35	Q511,32
6.4	Electromalla	Unidad	20	Q230,00	Q4 600,00
<b>7</b>	<b>FILTRO E INTERCEPTOR</b>				
7.1	Cemento	Saco	17	Q83,00	Q1 411,00
7.2	Arena	m <sup>3</sup>	0,94	Q103,33	Q97,13
7.3	Piedrín 1/2	m <sup>3</sup>	1,42	Q205,35	Q291,60
7.4	Malla	Unidad	12	Q230,00	Q2 760,00
<b>8</b>	<b>TUBERÍA</b>				
8.1	Tubería 4"	Unidad	23	Q129,00	Q2 967,00
8.2	Tubería 6"	Unidad	2	Q265,00	Q530,00
<b>9</b>	<b>ACCESORIOS</b>				
9.1	Codo 90 4"	Unidad	20	Q40,60	Q812,00
9.2	T	Unidad	4	Q47,90	Q191,60
9.3	Boquilla bajante	Unidad	4	Q30,00	Q120,00
9.4	Reductor 6" a 4"	Unidad	8	Q114,00	Q912,00
9.5	Canaleta PVC	Unidad	18	Q285,00	Q5 130,00
9.6	Válvula	Unidad	2	Q110,00	Q220,00
<b>10</b>	<b>VARIOS</b>				
10.1	Cemento contacto	Unidad	1	Q68,00	Q68,00
10.2	Formaleta tablón	m <sup>2</sup>	32	Q35,00	Q1 120,00
10.3	Alambre de amarre	lb	12	Q5,20	Q62,40
10.4	Clavos 4"	lb	25	Q4,10	Q102,50

Continuación de la tabla XXIX.

<b>11</b>	<b>MANO DE OBRA</b>				
11.1	Mano de obra calificada	Días	104	Q105,00	Q10 920,00
<b>TOTAL, COSTOS DIRECTOS</b>					<b>Q82 412,00</b>
<b>TOTAL, COSTOS INDIRECTOS 30%(admon+fianzas+superv+utilidades)</b>					<b>Q 24,723.60</b>
<b>TOTAL, COSTOS DIRECTOS E INDIRECTOS</b>					<b>Q 107,135.59</b>
<b>TOTAL, EN LETRAS</b>	Ciento siete mil ciento treinta y cinco quetzales con cincuenta y nueve centavos				

Fuente: elaboración propia.

### 2.3.5. Planos

Los planos constructivos elaborados son: planta, elevación, acotadas y detalles estructurales (ver apendices).

## CONCLUSIONES

1. Se espera que los reservorios de agua suplan la necesidad de agua para la estación de bomberos, el mercado y las personas de Siquinalá.
2. El diagnóstico realizado por medio de la investigación de campo permitió seleccionar de manera correcta las necesidades de mayor prioridad o las que se ajustaban al presupuesto.
3. El puente de hamaca reducirá el riesgo y tiempo que les lleva a los pobladores de Santa Sofía cruzar el río Gobernador.
4. Al momento de diseñar, se realizaron cálculos y elaboraron los planos necesarios, que servirán para el desarrollo de los proyectos de manera adecuada.
5. Se diseñó con base en las normas y parámetros constructivos, para optimizar los recursos y para proponer obras con criterio formal.



## RECOMENDACIONES

A Visión Mundial Guatemala:

1. Garantizar una buena supervisión técnica al momento de iniciar la ejecución de los proyectos, para garantizar el resultado óptimo esperado, y así evitar la mala ejecución de obra.
2. Cumplir con las especificaciones indicadas en los planos, seleccionar los materiales de la calidad especificada, para evitarán fallos por malos materiales. Contar con mano de obra calificada que pueda apoyar al agente supervisor.
3. Propiciar el cambio de comportamiento, en relación con los sistemas de captación de agua pluvial; de esa manera más pobladores podrán optar por estos sistemas que mejoran su calidad.
4. Siempre mencionarles a los receptores de las obras, que deben darles mantenimiento periódico, para mantener las estructuras en buen estado.





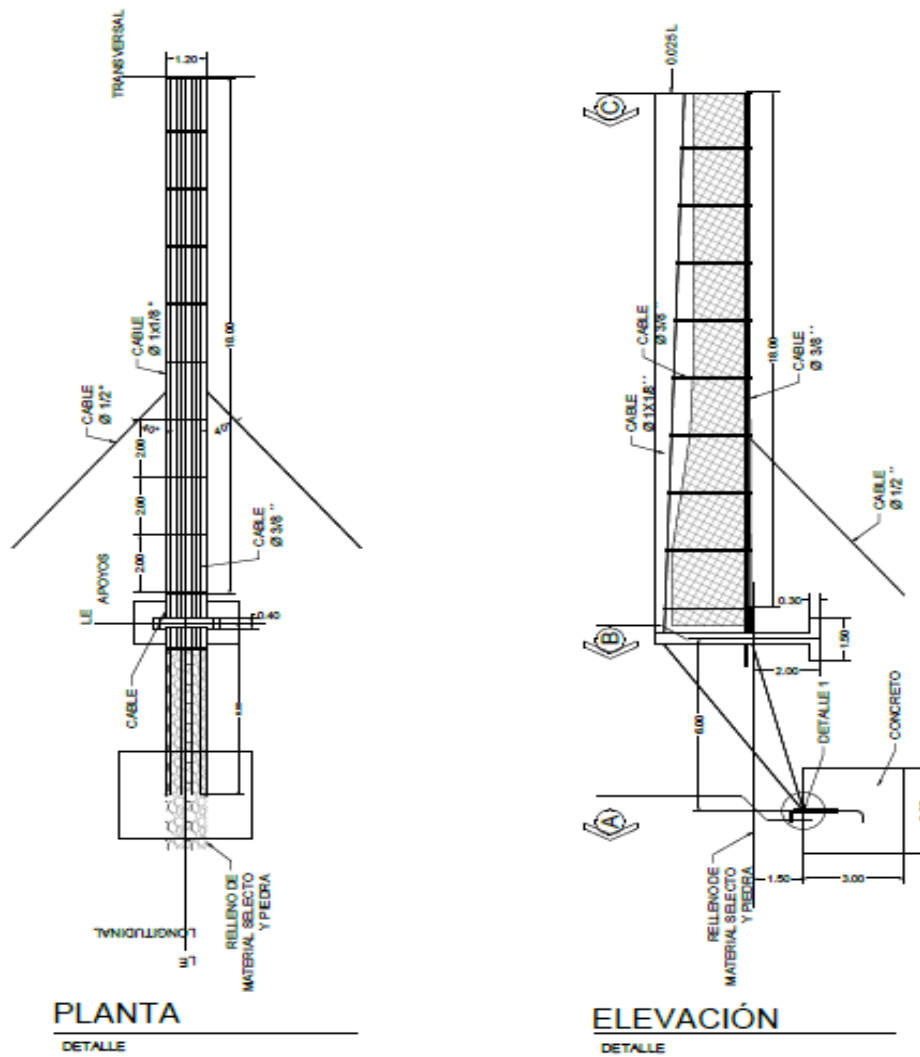
## BIBLIOGRAFÍA

1. Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica. *Normas de seguridad estructural de edificios y obras de infraestructura para la República de Guatemala*. Guatemala: AGIES, 2010. 75 p.
2. Comité ACI318. *Reglamento de las construcciones de concreto reforzado (ACI 318-14) y comentarios*. México: Limusa, 1995. 721 p.
3. ESTRADA RODAS, José Humberto. *Análisis descriptivo de puentes colgantes peatonales, en la costa sur de Guatemala*. Trabajo de graduación, Facultad de Arquitectura, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2006. 125 p.
4. Instituto de Fomento Municipal. *Guatemala. Guía de normas sanitarias para el diseño de sistemas rurales de abastecimiento de agua para consumo humano*. Guatemala: INFOM, 2011. 33 p.
5. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). *Sistemas de captación de agua de lluvia para uso doméstico en América Latina y el Caribe*. México: s.l., 1998. 154 p.
6. JORDÁN VÁSQUEZ, Sergio Eduardo. *Diseño de un puente peatonal colgante, de 220 metros de largo y 2 metros de ancho, en la aldea El Manguito, municipio de Morales, departamento de Izabal*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2003. 95 p.



# APÉNDICES

## Apéndice 1. Planos de planta y elevación del puente



Fuente

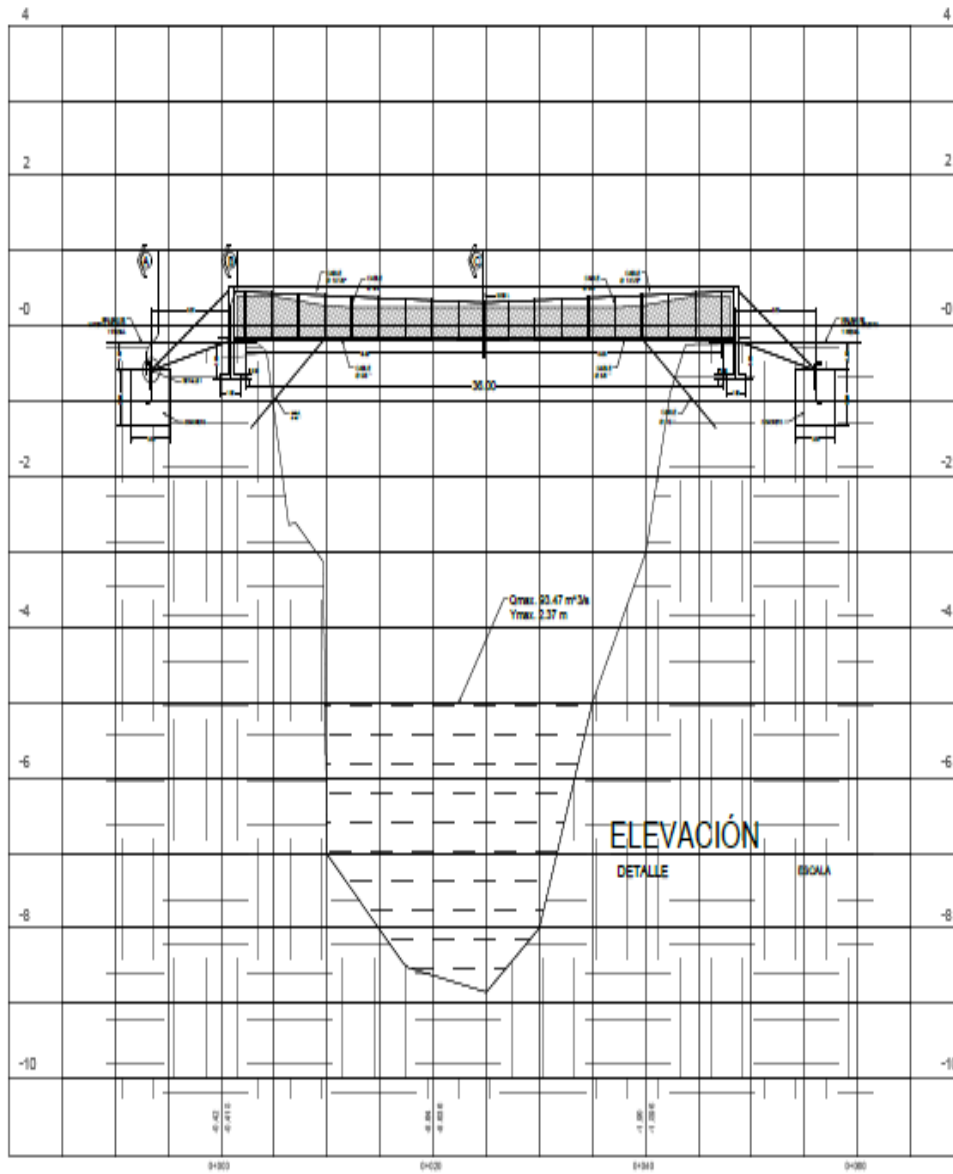
:

elaboración propia, empleando AutoCAD.



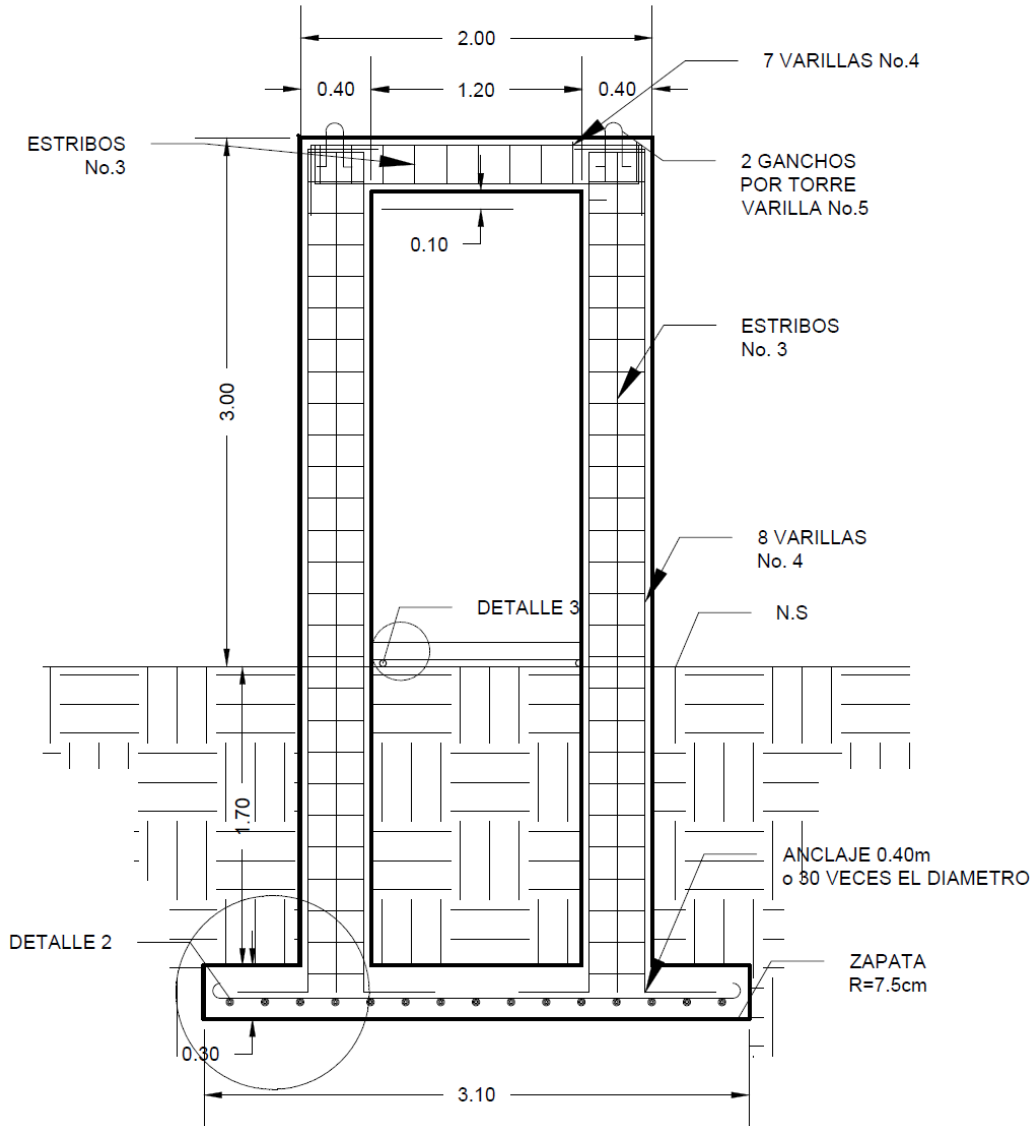
### Apéndice 3. Plano de alineamiento del puente

#### PROFILE. ALINEAMIENTO PUENTE GOBERNADOR



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Apéndice 4. **Plano del corte del marco del puente**



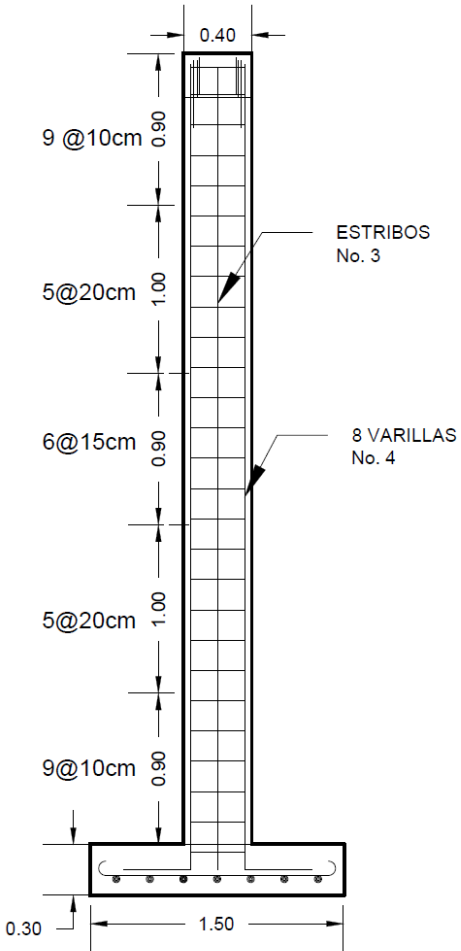
**CORTE**

MARCO

ESCALA: 1/25

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Apéndice 5. **Plano del perfil del marco del puente**



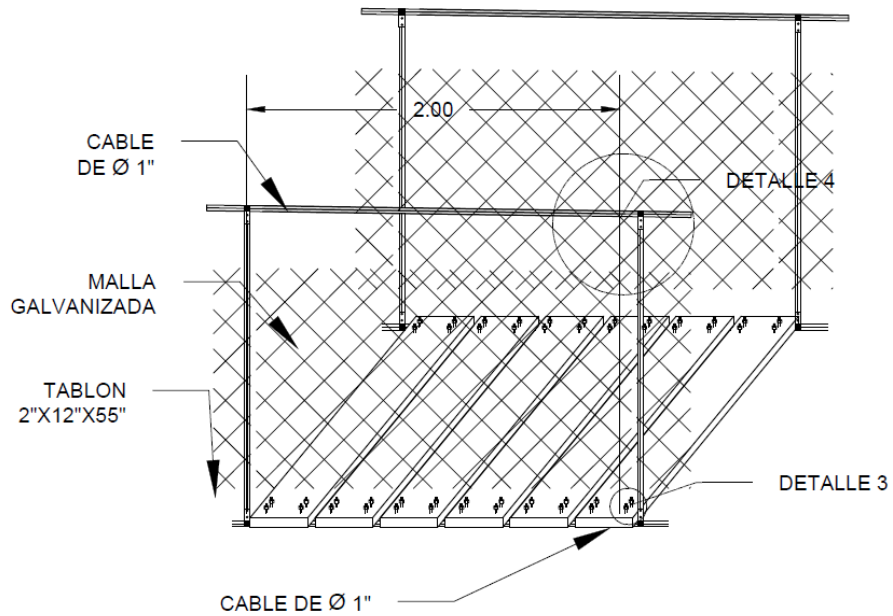
**PERFIL COLUMNA**

SECCION

ESCALA: 1/25

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Apéndice 6. **Plano isométrico del puente**



**ISOMETRICO**

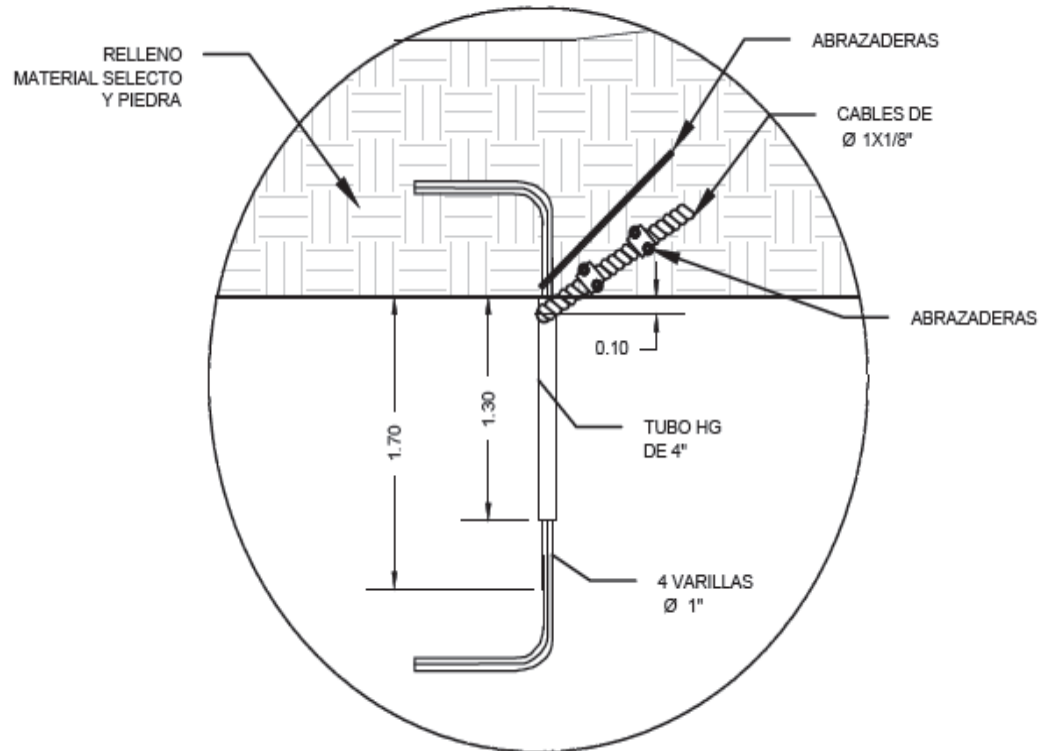
DETALLES

ESCALA: 1/25

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.



Apéndice 7. **Plano detalle lateral del anclaje del puente**

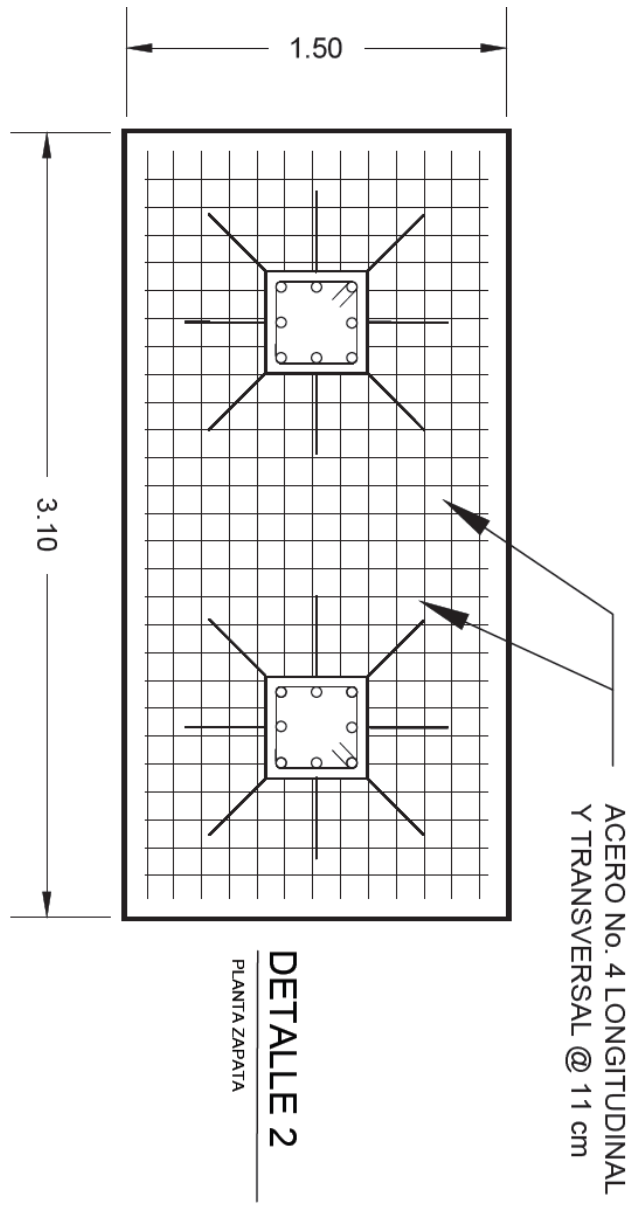


# DETALLE 1

ELEVACIÓN LATERAL

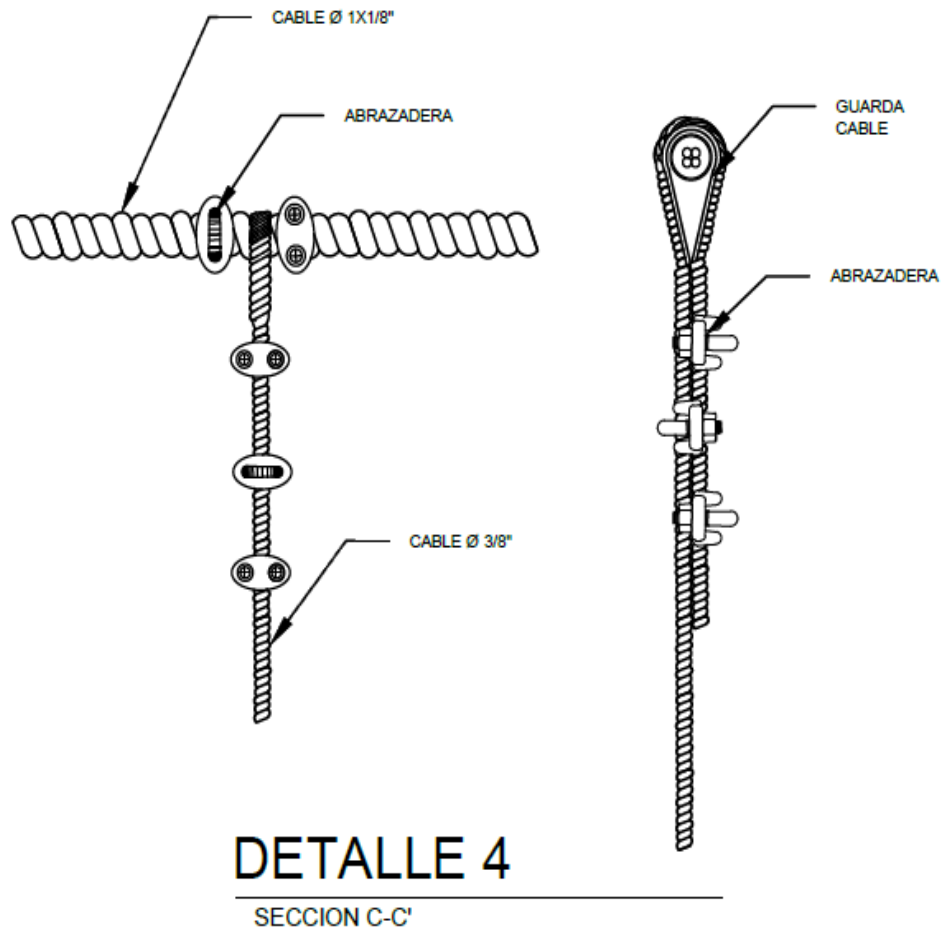
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Apéndice 8. **Plano de planta detalle de zapata**



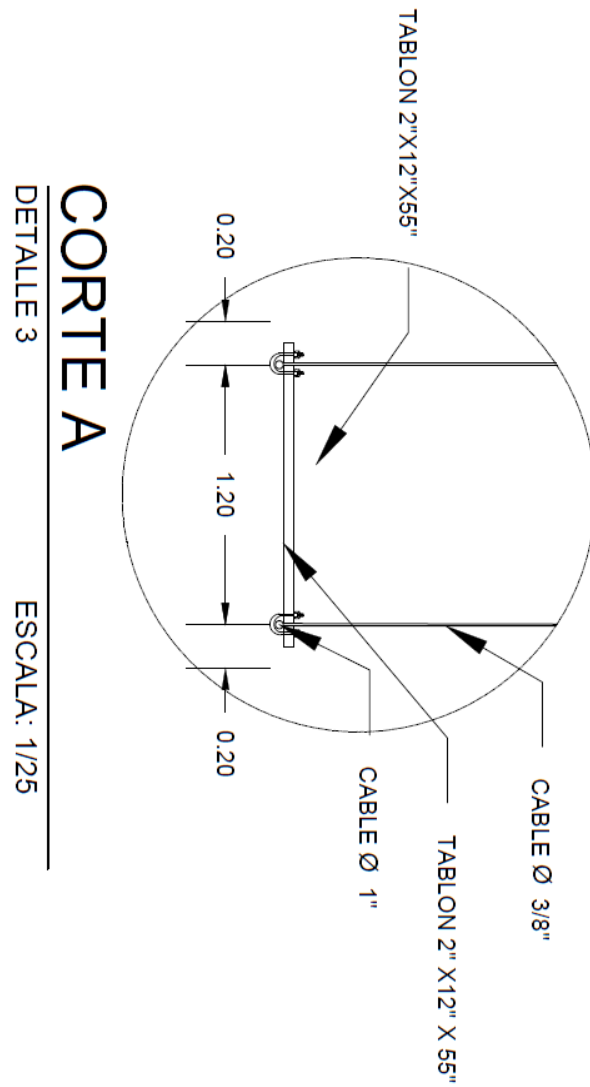
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Apéndice 9. **Plano detalle del cableado principal del puente**



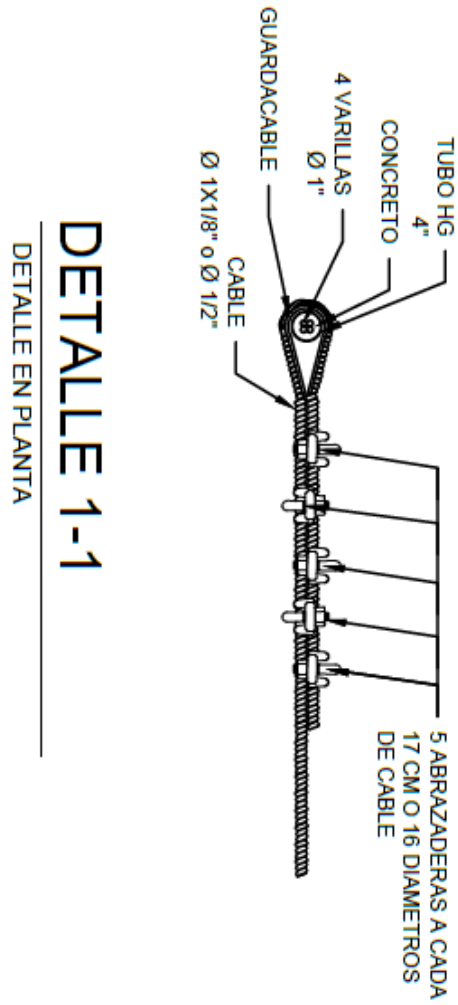
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Apéndice 10. **Plano detalle del sistema de piso del puente**



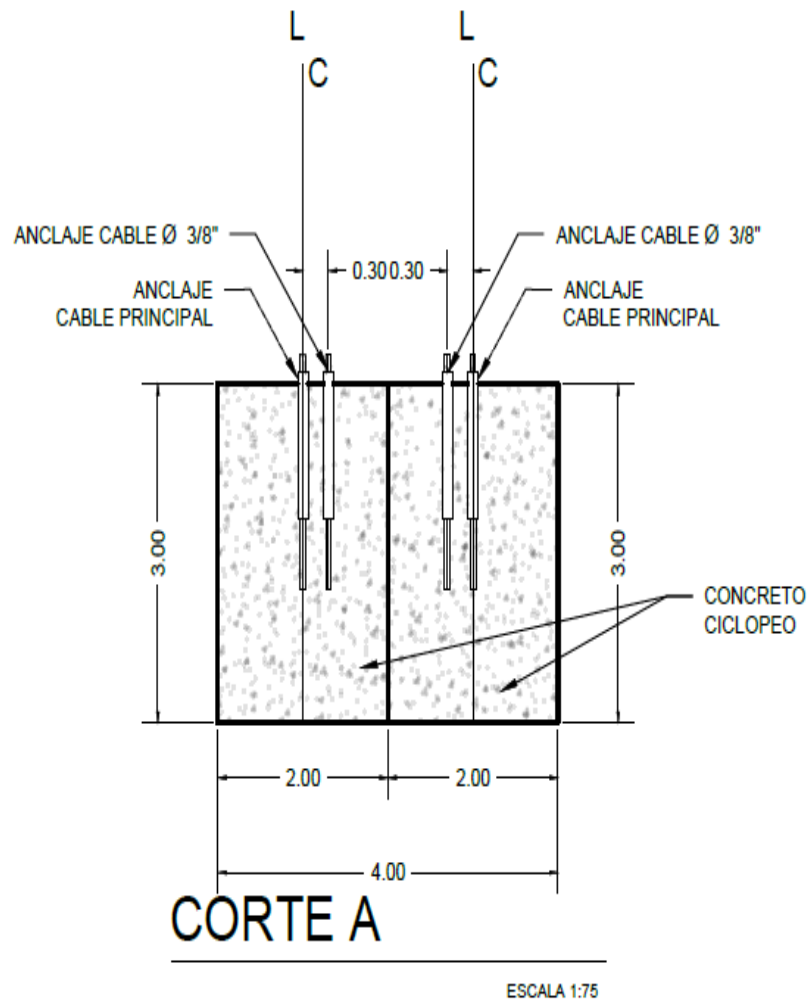
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Apéndice 11. **Plano detalle armado del cableado del puente**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

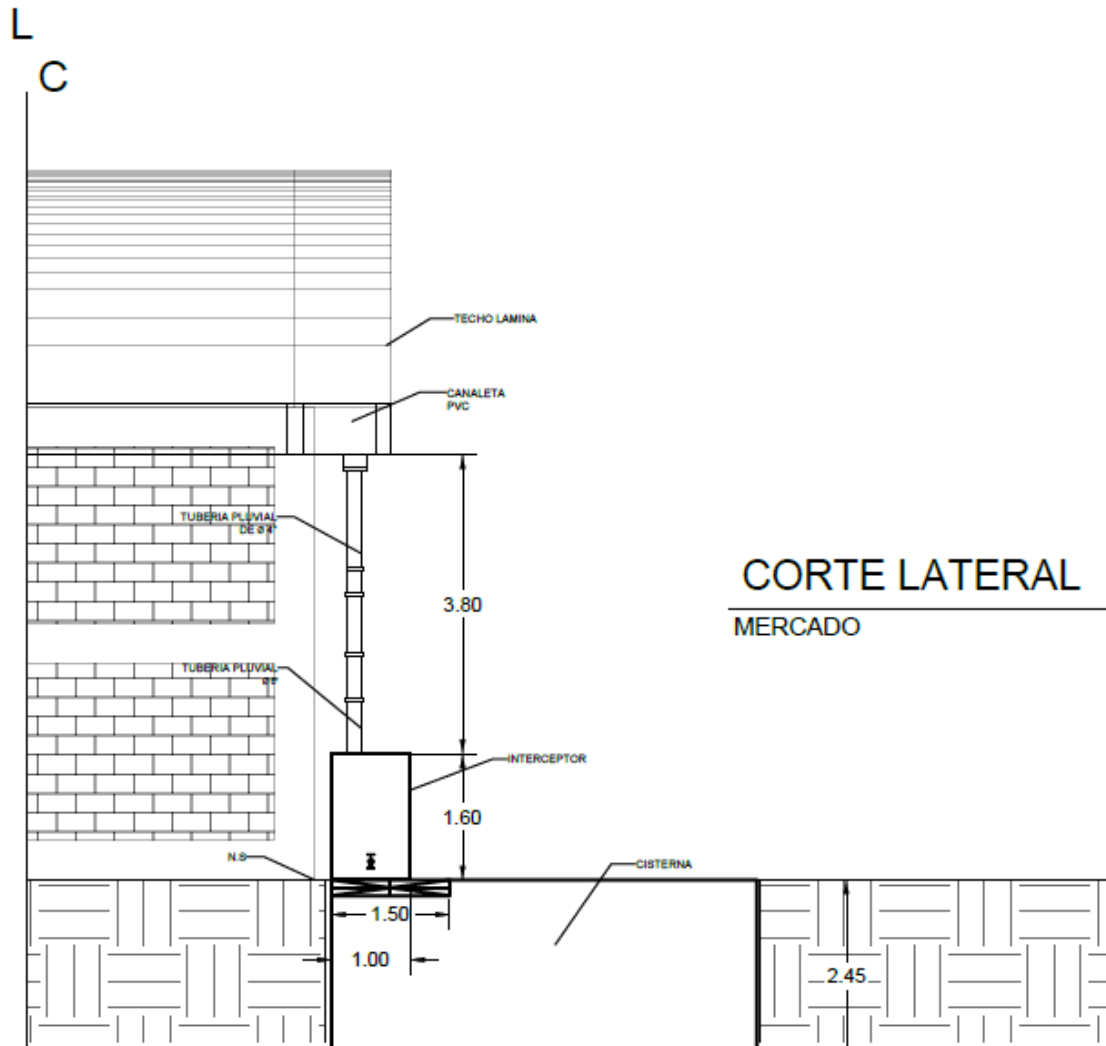
Apéndice 12. **Plano detalle anclaje del puente**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.



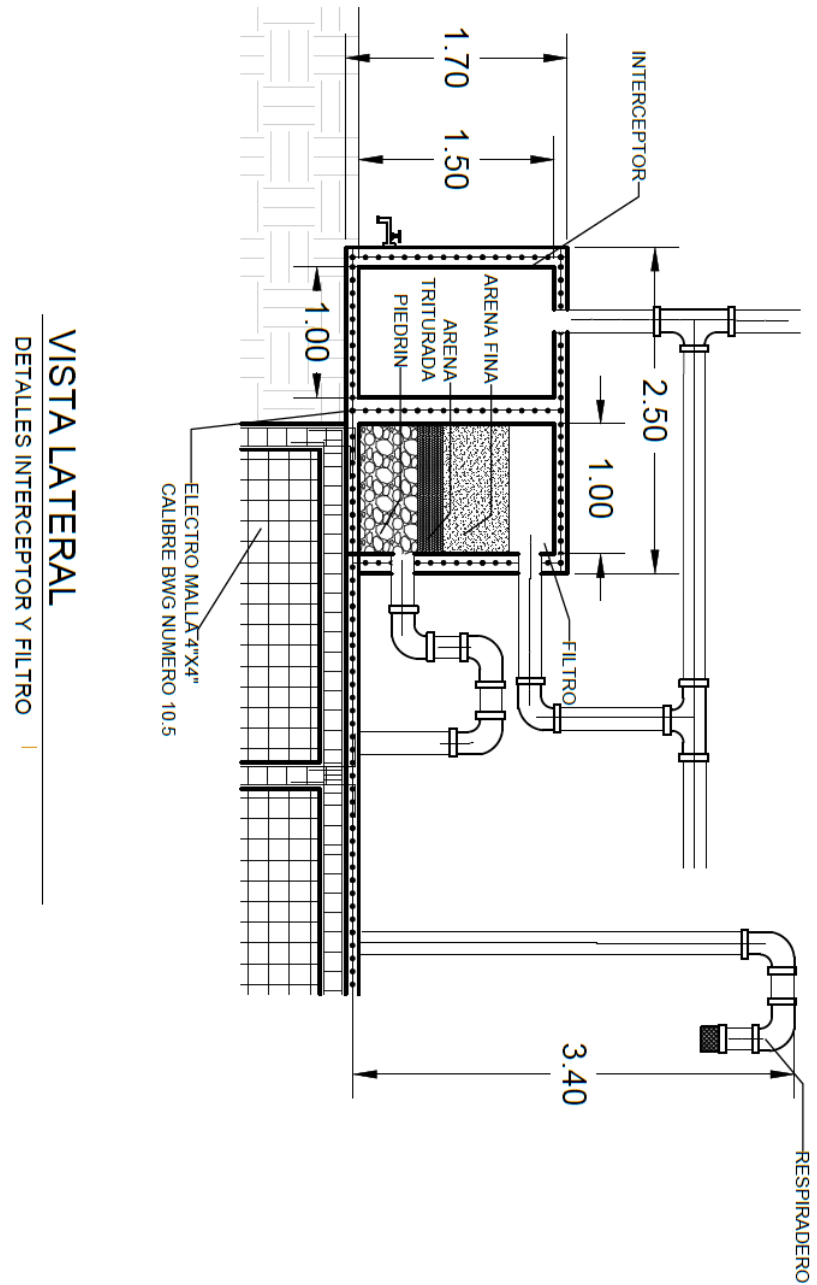
Apéndice 14. Plano vista lateral sistema de captación pluvial



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

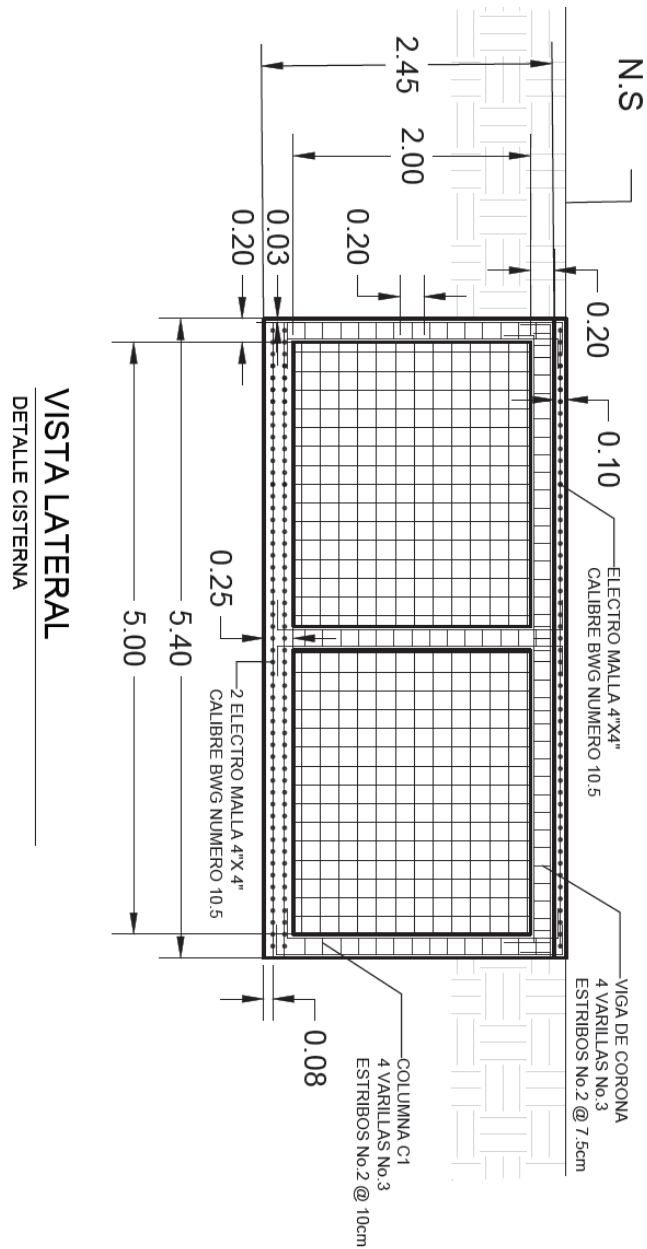


Apéndice 15. **Plano corte lateral filtro del sistema de captación pluvial**



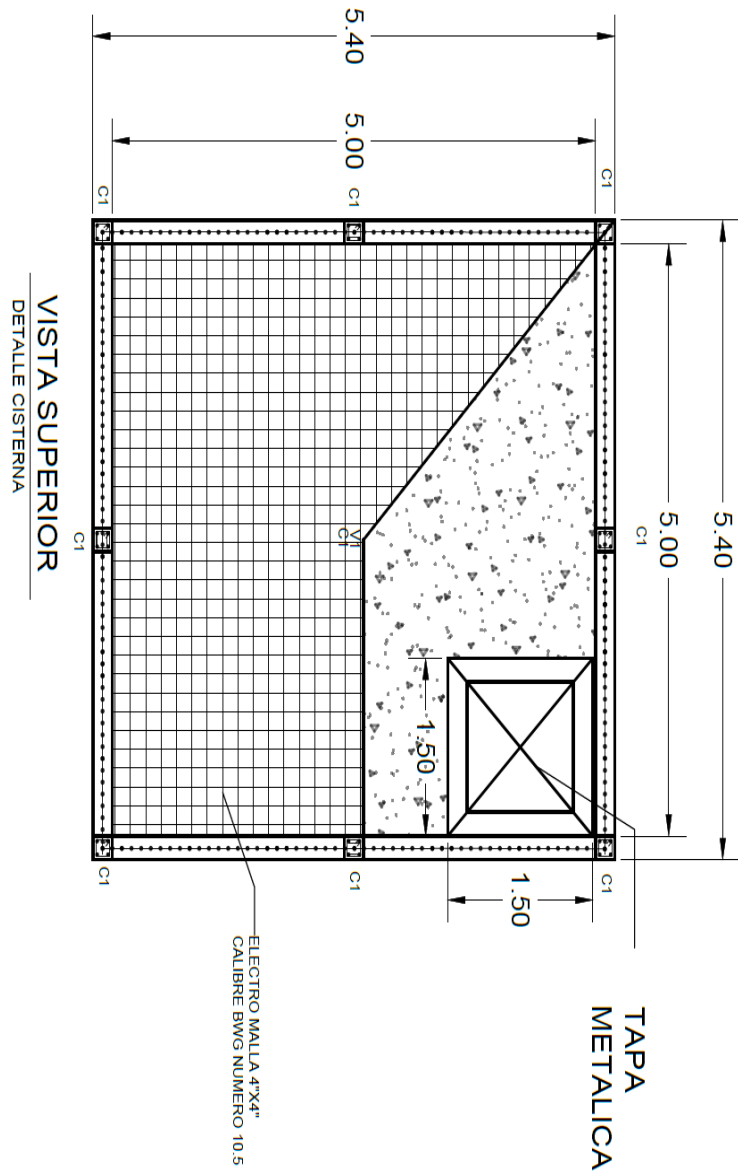
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Apéndice 16. **Plano corte lateral cisterna del sistema de captación pluvial**



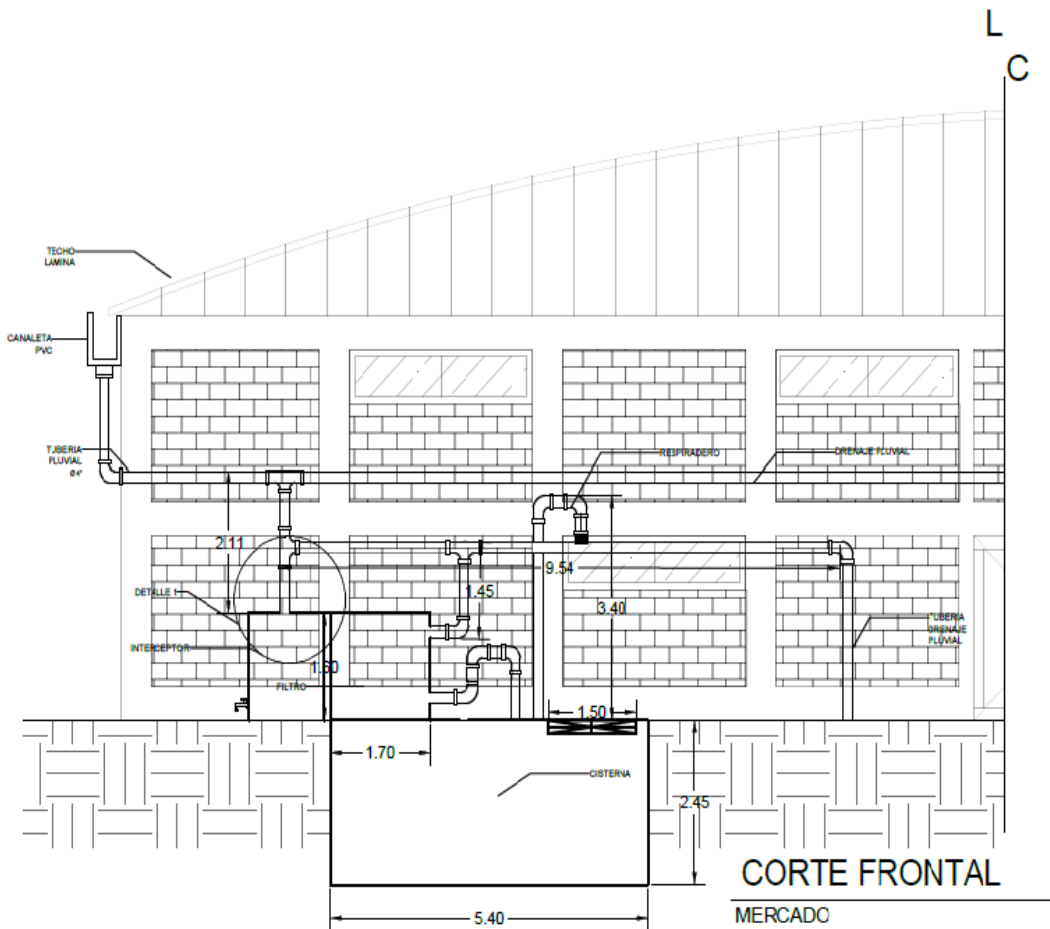
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Apéndice 17. Plano vista superior sistema de captación pluvial



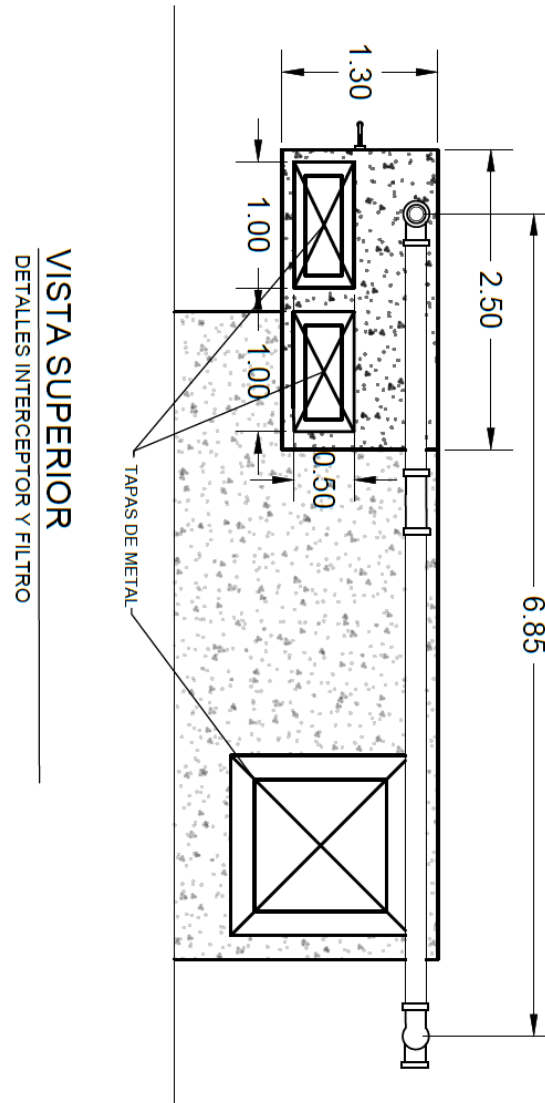
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Apéndice 18. Plano vista frontal del sistema de captación pluvial



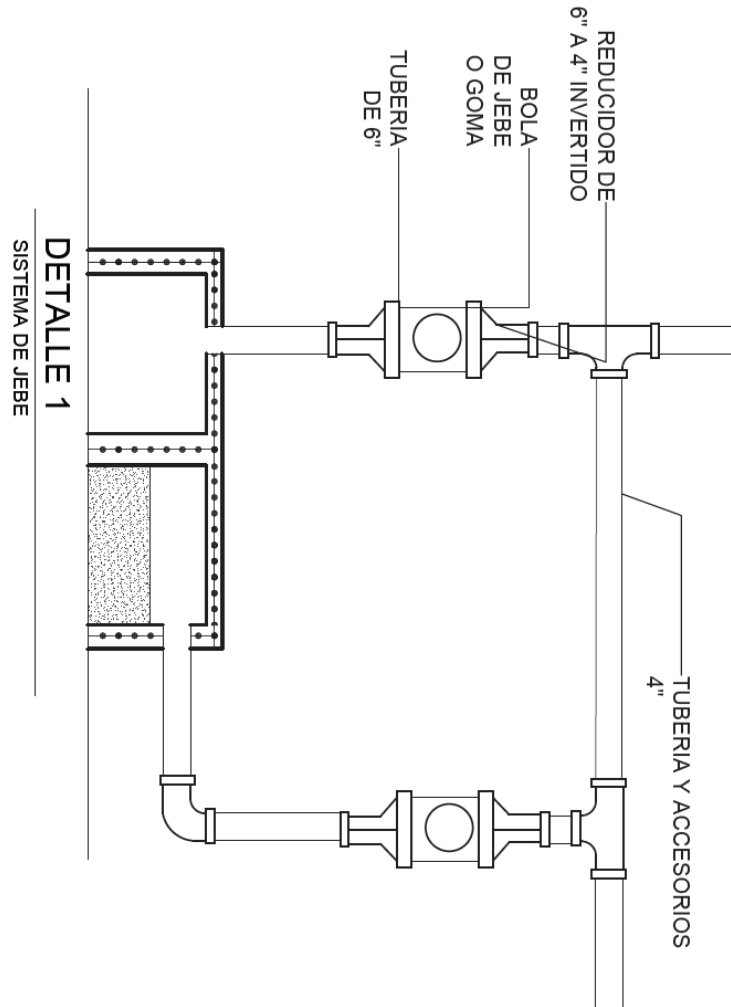
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Apéndice 19. **Plano vista superior del sistema de captación pluvial**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Apéndice 20. **Plano detalle del sistema de jebe del sistema de captación pluvial**



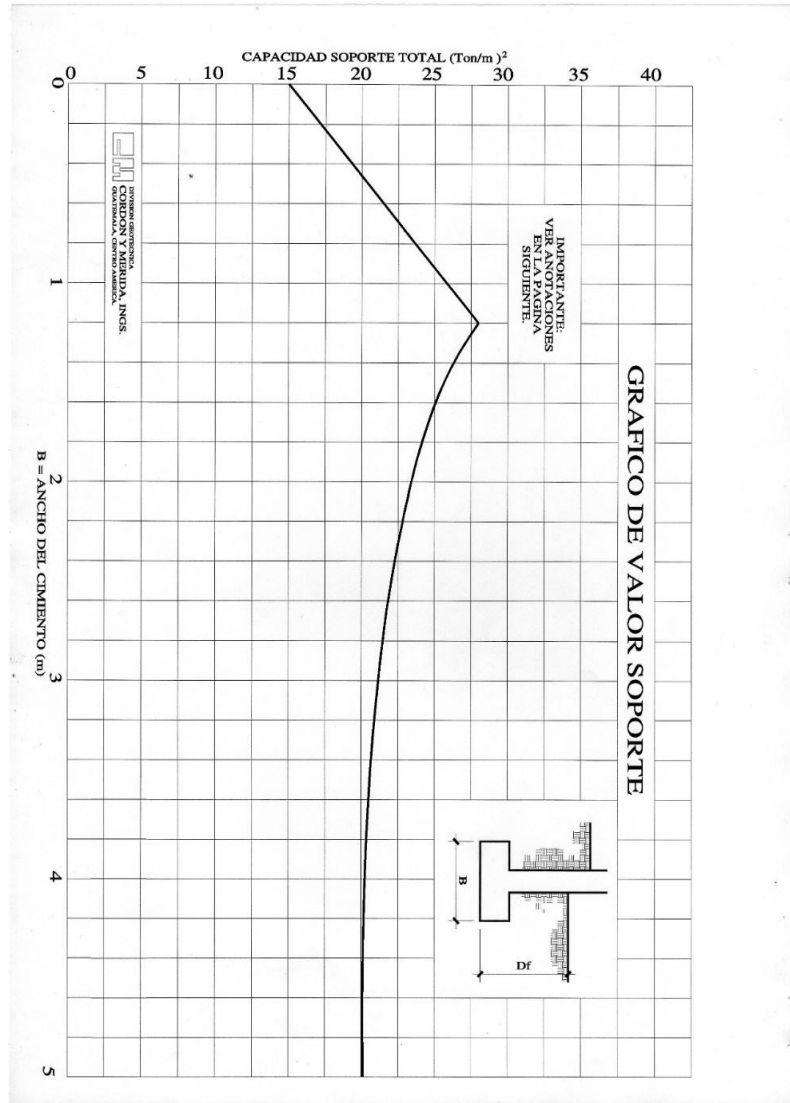
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.



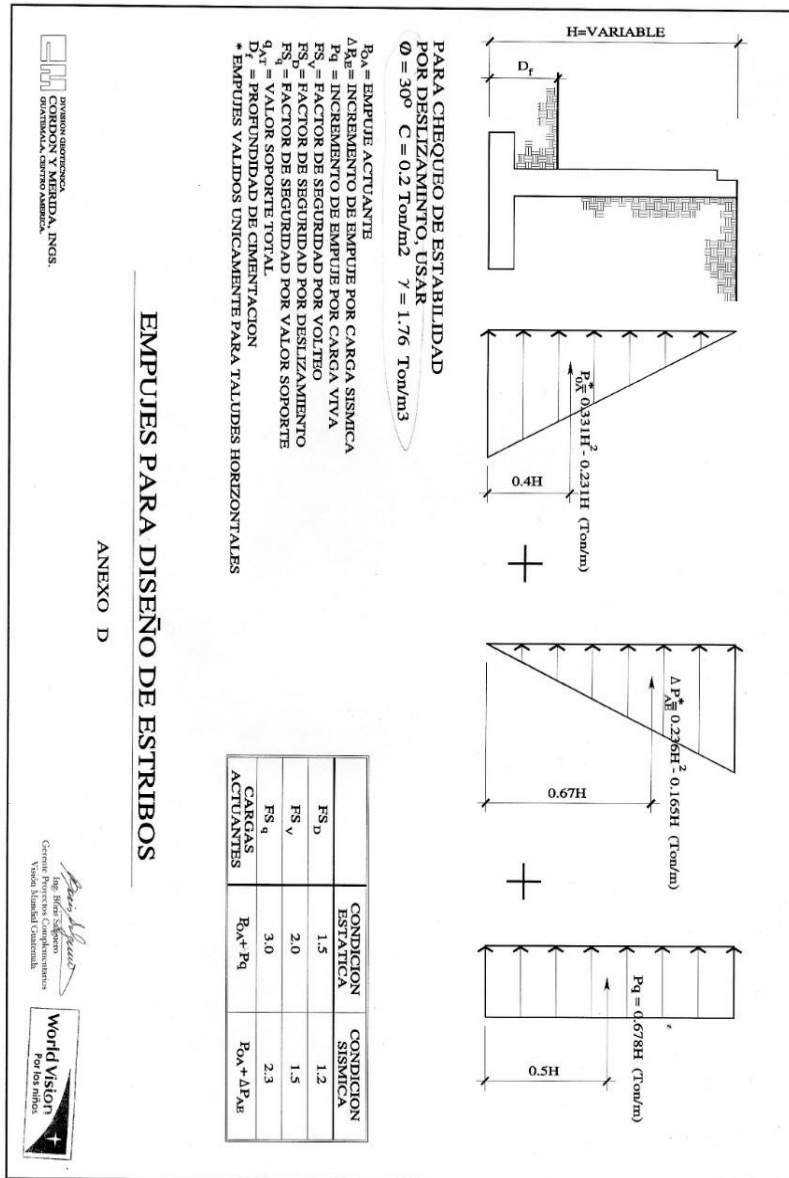




Anexo 2. Hojas proporcionadas por Visión Mundial Guatemala sobre grafico del valor soporte del suelo.



Continuación del anexo 2.



Fuente externa: Cordón y Mérida ingenieros, laboratorio de suelos.