



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

**DISEÑO DEL PUENTE COLGANTE ORELLANA, DE TIPO HAMACA VEHICULAR, PARA LA
COMUNIDAD DE EL RANCHO, SAN AGUSTÍN ACASAGUASTLÁN, EL PROGRESO**

Fernando Benjamín Martínez Marroquín

Asesorado por el Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta

Guatemala, julio de 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DEL PUENTE COLGANTE ORELLANA, DE TIPO HAMACA VEHICULAR, PARA LA
COMUNIDAD DE EL RANCHO, SAN AGUSTÍN ACASAGUASTLÁN, EL PROGRESO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

FERNANDO BENJAMÍN MARTÍNEZ MARROQUÍN
ASESORADO POR EL ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA OCHAETA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, JULIO DE 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

| | |
|------------|--|
| DECANO | Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco |
| VOCAL I | Ing. Angel Roberto Sic García |
| VOCAL II | Ing. Pablo Christian de León Rodríguez |
| VOCAL III | Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa |
| VOCAL IV | Br. Raúl Eduardo Ticún Córdova |
| VOCAL V | Br. Henry Fernando Duarte García |
| SECRETARIA | Inga. Lesbia Magalí Herrera López |

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

| | |
|------------|--|
| DECANO | Ing. Angel Roberto Sic García (a.i.) |
| EXAMINADOR | Ing. José Gabriel Ordóñez Morales |
| EXAMINADOR | Ing. Guillermo Francisco Melini Salguero |
| EXAMINADOR | Ing. Nicolás de Jesús Guzmán Sáenz |
| SECRETARIO | Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez |

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

DISEÑO DEL PUENTE COLGANTE ORELLANA, DE TIPO HAMACA VEHICULAR, PARA LA COMUNIDAD DE EL RANCHO, SAN AGUSTÍN ACASAGUASTLÁN, EL PROGRESO

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha agosto de 2015.



Fernando Benjamín Martínez Marroquín



Guatemala, 11 de enero de 2016
Ref.EPS.DOC.02.01.16

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

Estimado Ingeniero Rodríguez Serrano.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Fernando Benjamín Martínez Marroquín** con carné No. **200815406**, de la Carrera de Ingeniería Civil, procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **DISEÑO DEL PUENTE COLGANTE ORELLANA, DE TIPO HAMACA VEHICULAR, PARA LA COMUNIDAD DE EL RANCHO, SAN AGUSTÍN ACASAGUASTLÁN, EL PROGRESO.**

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta
Asesor-Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Civil



c.c. Archivo
MAAO/ra



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

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

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



Guatemala,
09 de marzo de 2016

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

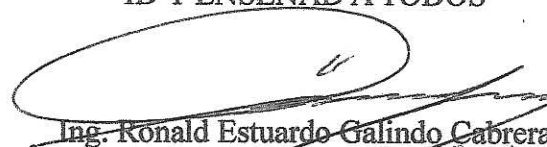
Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación DISEÑO DEL PUENTE COLGANTE ORELLANA, DE TIPO HAMACA VEHÍCULAR, PARA LA COMUNIDAD DE EL RANCHO, SAN AGUSTÍN ACASAGUASTLÁN, EL PROGRESO, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Fernando Benjamín Martínez Marroquín, con Carnet No.200815406 , quien contó con la asesoría del Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. Ronald Estuardo Galindo Cabrera
Jefe del Departamento de Estructuras



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
ESTRUCTURAS
USAC

/mrrm.

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua





Guatemala, 27 de abril de 2016
Ref.EPS.D.181.04.16

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

Estimado Ingeniero Montenegro Franco:


Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **DISEÑO DEL PUENTE COLGANTE ORELLANA, DE TIPO HAMACA VEHICULAR, PARA LA COMUNIDAD DE EL RANCHO, SAN AGUSTÍN ACASAGUASTLÁN, EL PROGRESO**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Fernando Benjamín Martínez Marroquín**, carné **200815406**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"


Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto
Directora Unidad de EPS


DIRECCIÓN
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
Facultad de Ingeniería

CdRCdP/ra



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

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

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



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta y de la Coordinadora de E.P.S. Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto, al trabajo de graduación del estudiante Fernando Benjamín Martínez Marroquín, titulado **DISEÑO DEL PUENTE COLGANTE ORELLANA, DE TIPO HAMACA VEHICULAR, PARA LA COMUNIDAD DE EL RANCHO, SAN AGUSTÍN ACASAGUASTLÁN, EL PROGRESO**, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.


Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, junio 2016.

/mrrm.

Más de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua



Universidad de San Carlos
de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 309.2016

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DEL PUENTE COLGANTE ORELLANA, DE TIPO HAMACA VEHICULAR, PARA LA COMUNIDAD DE EL RANCHO, SAN AGUSTÍN ACASAGUASTLÁN, EL PROGRESO**, presentado por el estudiante universitario: **Fernando Benjamín Martínez Marroquín**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano

Guatemala, julio de 2016

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

| | |
|--------------------|--|
| Dios | El ser supremo que me dio sabiduría y me iluminó durante toda mi carrera. |
| Mis padres | Rogelio Martínez y Lilian Marroquín, por ser mi apoyo incondicional y por sus sabios consejos. |
| Mi hermano | Rogelio Antonio Martínez Marroquín, por el apoyo que me ha brindado durante toda la vida. |
| Mi novia | Jackeline Paola Barrios Vásquez, por ser una importante influencia en mi carrera. |
| Mis abuelos | Augustina Molina, Miguel Ángel Martínez, Fidel Marroquín (q. e. p. d.), por sus sabios consejos. |
| Mis tíos | Ana María Martínez y Gladis Patricia Marroquín, por el apoyo que me brindaron durante mi EPS. |
| Mi abuela | Gelma Carrillo, por todo el apoyo que me brindó durante mi EPS. |
| Mis amigos | Por su amistad y apoyo. |

AGRADECIMIENTOS A:

| | |
|--|--|
| Dios | Por darme la vida y la oportunidad de culminar mis estudios universitarios. |
| Mis padres | Por ser una ayuda incondicional, brindarme el apoyo moral que siempre necesité y sus sabios consejos. |
| Mi hermano | Rogelio Antonio Martínez Marroquín, por impulsarme para ser mejor cada día. |
| Mi novia | Jackeline Paola Barrios Vásquez, por exhortarme siempre a salir adelante en mi carrera profesional. |
| Universidad de San Carlos de Guatemala | Por ser mi segunda casa en la cual me formé como profesional. |
| Facultad de Ingeniería | Por mi formación académica profesional. |
| Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta | Mi eterna gratitud por sus consejos, apoyo y por estar siempre dispuesto a guiarme en la elaboración del presente trabajo de graduación. |

Mis amigos de la Facultad Jovito Sipaque, Marco del Cid, Pablo Cotton, David García, Alan Tercero, Aníbal Sierra, Henry Pérez, Azucena Valdéz, Yocelin Leal, Shirley Chaclán, por su amistad sincera y su apoyo.

Mis amigos de la infancia Bani Campaneros, Yossimar Matul, Mileydi Valdez, Williams Gómez, Allan Paniagua, Eduardo Bran, por estar presentes en cada etapa de mi vida.

Mis amigos de la iglesia Estuardo Hernández, Soraya Gonzáles y Brenda Gómez.

Dirección Municipal de Planificación Marvin Ramos, Juan Carlos Iguardia, Alexis Marroquín, Eduardo Aguilar, Rogelio Salazar y Claudia Ballina, por todo el apoyo y amistad que me brindaron durante mi EPS.

Mis primos Jossilyn Carrillo, Miguel Martínez, Carmen Martínez, Brandon Linares, Bryan Linares, Jazmín Martínez, Kimberlin Paredes, por todo su cariño y apoyo.

ÍNDICE GENERAL

| | |
|---|------|
| ÍNDICE DE ILUSTRACIONES..... | V |
| LISTA DE SÍMBOLOS..... | VII |
| GLOSARIO..... | XI |
| RESUMEN..... | XVII |
| OBJETIVOS..... | XIX |
| INTRODUCCIÓN..... | XXI |
| | |
| 1. FASE DE INVESTIGACIÓN..... | 1 |
| 1.1. Aspectos monográficos del municipio de San Agustín Acasaguastlán..... | 1 |
| 1.2. Características físicas..... | 2 |
| 1.2.1. Ubicación y localización..... | 2 |
| 1.2.2. Colindancias..... | 2 |
| 1.2.3. Topografía..... | 3 |
| 1.2.4. Clima..... | 3 |
| 1.2.5. Tipo de vivienda y actividad económica..... | 4 |
| 1.2.6. Población y demografía..... | 4 |
| 1.3. Características de infraestructura..... | 4 |
| 1.3.1. Vías de acceso..... | 5 |
| 1.3.2. Servicios públicos..... | 5 |
| 1.3.2.1. Educación..... | 7 |
| 1.3.2.2. Salud..... | 7 |
| 1.3.2.3. Agua potable..... | 9 |
| 1.3.2.4. Drenajes..... | 9 |
| 1.3.2.5. Energía eléctrica..... | 10 |

| | | |
|----------|--|----|
| 1.4. | Características socioeconómicas. | 10 |
| 1.4.1. | Origen de la comunidad..... | 11 |
| 1.4.2. | Actividad económica..... | 12 |
| 1.4.3. | Idioma y religión. | 12 |
| 1.4.4. | Áreas protegidas | 13 |
| 1.5. | Diagnóstico sobre necesidades en servicios básicos e infraestructura de la comunidad de San Agustín Acasaguastlán..... | 13 |
| 1.6. | Descripción de necesidades..... | 14 |
| 1.7. | Evaluación y priorización de necesidades. | 15 |
| 2. | FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL | 17 |
| 2.1. | Consideraciones generales | 17 |
| 2.1.1. | Descripción del proyecto. | 17 |
| 2.2. | Especificaciones del diseño | 17 |
| 2.3. | Especificaciones de construcción..... | 18 |
| 2.4. | Estudios topográficos | 20 |
| 2.4.1. | Levantamiento topográfico. | 20 |
| 2.4.1.1. | Levantamiento planimétrico. | 21 |
| 2.4.1.2. | Levantamiento altimétrico. | 21 |
| 2.5. | Características del estudio hidrológico. | 22 |
| 2.5.1. | Datos de crecientes..... | 23 |
| 2.5.1.1. | HEC RAS..... | 24 |
| 2.5.2. | Cálculo del caudal máximo..... | 26 |
| 2.6. | Estudio de suelos..... | 31 |
| 2.6.1. | Granulometría. | 32 |
| 2.6.2. | Gravedad específica..... | 32 |
| 2.6.3. | Ensayo de fuerza triaxial. | 33 |
| 2.6.4. | Límites de Atterberg. | 33 |

| | | |
|-----------|---|----|
| 2.7. | Diseño arquitectónico | 33 |
| 2.8. | Diseño de la estructura | 34 |
| 2.8.1. | Diseño de la cimentación | 35 |
| 2.8.1.1. | Anclaje de torres | 35 |
| 2.8.2. | Concepto de análisis estructural | 36 |
| 2.8.2.1. | Integración de cargas..... | 36 |
| 2.8.3. | Dimensionamiento del puente colgante de hamaca | 50 |
| 2.9. | Geometría..... | 51 |
| 2.9.1. | Flecha | 51 |
| 2.9.2. | Altura de las torres | 52 |
| 2.9.3. | Luces laterales..... | 53 |
| 2.10. | Péndolas | 53 |
| 2.11. | Datos y bases de diseño..... | 55 |
| 2.12. | Diseño del caminamiento..... | 55 |
| 2.13. | Integración de cargas. | 56 |
| 2.13.1. | Carga viva..... | 56 |
| 2.13.2. | Carga muerta. | 57 |
| 2.13.3. | Carga última. | 58 |
| 2.13.4. | Refuerzos. | 59 |
| 2.14. | Análisis y diseño del sistema de piso..... | 59 |
| 2.14.1. | Diseño de vigas principales de madera..... | 62 |
| 2.14.2. | Diseño de vigas secundarias de madera..... | 67 |
| 2.15. | Análisis y diseño del cable principal..... | 73 |
| 2.15.1. | Cable principal | 74 |
| 2.15.2. | Tensores..... | 76 |
| 2.15.3. | Torres | 76 |
| 2.15.3.1. | Predimensionamiento de columnas..... | 78 |

| | | |
|-----------------------|---|-----|
| 2.15.3.2. | Cálculo de tensión del cable en la columna..... | 79 |
| 2.15.3.3. | Refuerzo longitudinal y transversal | 80 |
| 2.16. | Anclaje..... | 81 |
| 2.16.1. | Muerto..... | 81 |
| 2.16.1.1. | Predimensionamiento | 82 |
| 2.16.2. | Anclaje principal | 83 |
| 2.17. | Análisis y diseño de torres..... | 84 |
| 2.18. | Análisis y diseño de los tensores..... | 88 |
| 2.18.1. | Diseño de péndolas..... | 90 |
| 2.19. | Barandales para el caminamiento..... | 91 |
| 2.20. | Especificaciones técnicas..... | 92 |
| 2.20.1. | Matriz de evaluación..... | 94 |
| 2.21. | Fases constructivas del puente colgante flexible de hamaca | 96 |
| 2.22. | Presupuesto del puente colgante..... | 102 |
| 2.23. | Cronograma de ejecución..... | 105 |
| 2.24. | Requerimientos de un estudio de impacto ambiental | 106 |
| CONCLUSIONES | | 117 |
| RECOMENDACIONES | | 119 |
| BIBLIOGRAFÍA | | 121 |
| APÉNDICES | | 123 |
| ANEXOS | | 127 |

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

| | | |
|-----|--|-----|
| 1. | Ubicación del municipio..... | 1 |
| 2. | Informaciones de crecientes en internet..... | 23 |
| 3. | Modelación del cauce del río..... | 25 |
| 4. | 3D del cauce del río y perfil del área en estudio..... | 26 |
| 5. | Valores para C..... | 27 |
| 6. | Mapa de zonas de velocidad básica del viento para la República de Guatemala (kilómetros/hora)..... | 38 |
| 7. | Zonificación sísmica para la República de Guatemala..... | 44 |
| 8. | Factor de probabilidad según el tipo de sismo..... | 49 |
| 9. | Geometría de un puente colgante..... | 51 |
| 10. | Área tributaria para una péndola..... | 54 |
| 11. | Torre de estructura metálica..... | 77 |
| 12. | Plataforma de paso con vigas de madera..... | 81 |
| 13. | Isométrico del muerto..... | 83 |
| 14. | Isométrico de muertos existentes..... | 84 |
| 15. | Matriz de evaluación..... | 95 |
| 16. | Fundición de cimiento y anclaje..... | 96 |
| 17. | Erección de torres..... | 97 |
| 18. | Montaje de cables principales..... | 98 |
| 19. | Instalación de cables secundarios..... | 99 |
| 20. | Colocación de vigas primarias y secundarias..... | 100 |
| 21. | Instalación de cables laterales..... | 101 |
| 22. | Portada del estudio de impacto ambiental..... | 114 |

TABLAS

| | | |
|--------|--|-----|
| I. | Límites geográficos..... | 3 |
| II. | Establecimientos comerciales de la cabecera municipal de San Agustín Acasaguastlán | 6 |
| III. | <i>Ranking</i> del municipio San Agustín Acasaguastlán | 7 |
| IV. | Mapeo de infraestructura de diagnóstico municipal | 8 |
| V. | Principales actividades del municipio de San Agustín Acasaguastlán | 11 |
| VI. | Infraestructura productiva | 14 |
| VII. | Especificaciones de construcción | 19 |
| VIII. | Caudales calculados, método racional..... | 31 |
| IX. | Presión de remanso del viento q_s | 39 |
| X. | Coeficiente de exposición C_e | 40 |
| XI. | Coeficiente de presión C_q | 41 |
| XII. | Coeficientes y factores para el diseño de sistemas sismorresistentes | 46 |
| XIII. | Coeficiente de Sitio F_a | 47 |
| XIV. | Coeficiente de Sitio F_v | 48 |
| XV. | Presupuesto desglosado del proyecto | 102 |
| XVI. | Requisitos del instrumento ambiental | 106 |
| XVII. | Datos generales para instrumentos ambientales | 108 |
| XVIII. | Impactos ambientales | 110 |
| XIX. | Ejemplo ilustrativo de índice | 115 |

LISTA DE SÍMBOLOS

| Símbolo | Significado |
|-------------------------------|---|
| ht | Altura de las torres |
| Hi | Altura del aparato (teodolito) |
| A | Área |
| B | Base |
| β | Beta (ángulo vertical en grados) |
| V_s | Capacidad soporte del suelo |
| W | Carga distribuida |
| C_m | Carga muerta |
| C_u | Carga última |
| C_v | Carga viva |
| Q | Caudal |
| cm | Centímetro |
| cm^2 | Centímetro cuadrado |
| C | Coefficiente de escorrentía |
| P_v | Componente vertical de la tensión del cable |
| Cot | Cotangente |
| Δ | Delta |
| ρ_m | Densidad de la madera |
| \emptyset | Diámetro |
| ΔH | Diferencia de hilos |
| d | Distancia entre apoyos |
| Dh | Distancia horizontal |
| λ | Esbeltez |

| | |
|-------------------------|----------------------------------|
| ∂c | Esfuerzo de corte de la madera |
| ∂f | Esfuerzo de flexión de la madera |
| $f 'y$ | Esfuerzo de fluencia del acero |
| ∂t | Esfuerzo de tensión del cable |
| σ_{acero} | Esfuerzo del acero |
| F.S. | Factor de seguridad |
| F | Flecha |
| V | Fuerza cortante |
| $^{\circ}$ | Grados |
| $^{\circ}\text{C}$ | Grados centígrados |
| G_s | Gravedad específica del suelo |
| hr | Hora |
| I | Inercia |
| i | Intensidad de la precipitación |
| kg | Kilogramos |
| km² | Kilómetros cuadrados |
| Lat | Latitud |
| h | Lectura horizontal del aparato |
| lb | Libras |
| PSI | Libras sobre pulgada cuadrada |
| Long | Longitud |
| L | Longitud del puente |
| LL | Luces laterales |
| ML | Metro lineal |
| m | Metros |
| m³/s | Metros cúbicos por segundo |
| msnm | Metros sobre el nivel del mar |
| mm | Milímetros |
| mm/hr | Milímetros por hora |

| | |
|-----------------------|---------------------------------------|
| min | Minutos |
| M | Momento |
| M_T | Momento total |
| Tr | Período de retorno |
| γ_{pb} | Peso específico de la piedra bola |
| γ_c | Peso específico del concreto |
| γ_{cc} | Peso específico del concreto ciclópeo |
| W_p | Peso propio |
| P_c | Peso soportado por una columna |
| PT | Pie tabla |
| ft | Pies |
| % | Porcentaje |
| In | Pulgadas |
| Q. | Quetzales |
| R_g | Radio de giro |
| f 'c | Resistencia a compresión del concreto |
| “ | Segundos |
| Sen | Seno |
| T | Tensión |
| T_m | Tensión máxima del cable |
| tc | Tiempo de concentración |
| Ton | Toneladas |
| Vol | Volumen |

GLOSARIO

| | |
|----------------------|---|
| AASHTO | Asociación Americana de Autoridades Estatales de Carreteras y Transporte. |
| AISC | American Institute of Steel Construction. |
| Altimetría | Parte de la topografía que se ocupa de la medición de alturas. |
| Apremiantes | Situaciones que tienen mayor urgencia. |
| Aristas vivas | Intersección en un ángulo exterior entre dos molduras o superficies. |
| ASTM | American Society for Testing and Materials. |
| Atterberg | Científico sueco Albert Mauritz Atterberg. |
| CA | Ruta centroamericana. |
| Carbolíneo | Substancia líquida, grasa y de color verdoso, que se emplea para hacer impermeable la madera. |
| CCA | Cobre, cromo y arsénico. |

| | |
|---|---|
| Ciclópeo | Concreto que está hecho en enormes bloques y su agregado grueso es la piedra bola. |
| Curvas IDF | Duración, intensidad y frecuencia. |
| DGC | Dirección General de Caminos. |
| Dimensionamiento | Proceso para determinar la dimensión o característica correcta o esperada de algo. |
| EPS | Ejercicio Profesional Supervisado. |
| Escorrentía | Agua de lluvia que circula libremente sobre la superficie de un terreno. |
| Granulometría | Es la determinación más corriente y una de las más importantes que se realizan a un suelo; y representa la distribución de los tamaños de grano que posee el suelo. |
| Hec Ras | Software específico de modelización hidráulica. |
| Hydrologic Engineering Center del US Army Corps of Engineers | Centro de Ingeniería Hidrológica del Cuerpo de Ingenieros del Ejército. |
| IAEM | Índice de Avance Educativo Municipal. |

| | |
|----------------------|--|
| IGSS | Instituto Guatemalteco de Seguridad Social. |
| INDE | Instituto Nacional de Electrificación. |
| INE | Instituto Nacional de Estadística. |
| Insivumeh | Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología. |
| Isométrico | Es un método gráfico de representación constituye una representación visual de un objeto tridimensional en dos dimensiones. |
| Joist | Vigueta de alma abierta hecha de acero, que se utiliza en la construcción de pisos, techos, entre otros. |
| Meteorización | Acción de desgaste las rocas por la acción de los agentes atmosféricos. |
| Mineduc | Ministerio de Educación. |
| Monografía | Es un documento que trata un tema en particular porque está dedicado a utilizar diversas fuentes compiladas y procesadas por uno o por varios autores. |
| Morfometría | Se refiere al análisis cuantitativo de la forma, un concepto que abarca el tamaño y la forma. |

| | |
|--------------------|---|
| MSPAS | Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. |
| Norma ASTM | Normas internacionales para el ensayo de materiales. |
| Parábola | Curva abierta formada por dos líneas o ramas simétricas respecto de un eje y en que todos sus puntos están a la misma distancia del foco y de la directriz. |
| PDM | Plan de Desarrollo Municipal. |
| Péndolas | Cualquiera de las varillas verticales que sostienen el piso de un puente colgante o de otras obras. |
| Planimetría | Parte de la topografía que trata la medición y representación de una porción de la superficie terrestre sobre una superficie plana. |
| Predictivo | Acciones que se toman y las técnicas que se aplican con el objetivo de detectar fallas y defectos. |
| Proctor | Es uno de los más importantes procedimientos de estudio y control de calidad de la compactación de un terreno. |
| Ranking | Lista o relación ordenada de cosas o personas con arreglo a un criterio determinado. |

| | |
|--------------------|---|
| Riostras | Varillas o alambres que sustentan las alas desde el fuselaje. Muy usadas, sobre todo, en los biplanos. |
| Segeplan | Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia de la República de Guatemala. |
| Tamizado | Es un método físico para separar mezclas en el cual se separan dos sólidos formados por partículas de tamaño diferente. |
| Transeúntes | Persona que transita o camina por un lugar. |
| Volumétrico | Medición de volúmenes. |

RESUMEN

Este trabajo de investigación corresponde al informe del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), realizado en el municipio de San Agustín Acasaguastlán, del departamento de El Progreso, cuyo propósito es mejorar la calidad de vida de sus habitantes.

Para la elaboración del mismo se hizo un estudio donde se reflejaron las principales necesidades de la población, estableciendo una de ellas como las más apremiantes, entre una serie de carencias del municipio: el puente colgante de hamaca entre dos caseríos de la aldea El Rancho.

Para dar solución al transporte en los barrios mencionados, para resolver el problema de acceso a dos caseríos de la aldea El Rancho, separados geográficamente por el río Motagua, se diseñó la construcción de un puente colgante tipo hamaca, con una longitud de ciento cuarenta metros y un ancho de dos metros; con el fin de que haya un acceso seguro tanto para sus habitantes, como para mototaxis, el costo total del proyecto Q 522 391,50.

El diseño del puente se basó en normativas impuestas por la Dirección General de Caminos, normativas ASTM para los cables, criterios del ACI-318-08 del capítulo 9 y ejemplificación de cómo se deberá elaborar un estudio de impacto ambiental con la normativa legal ambiental vigente en Guatemala.

OBJETIVOS

General

Diseñar la estructura de un puente colgante de hamaca para la comunidad de El Rancho, San Agustín Acasaguastlán, departamento de El Progreso.

Específicos

1. Generar un acceso de comunicación más rápido entre la comunidad de El Rancho y Santa Gertrudis.
2. Diseñar una estructura sustentada por cables que sea viable, factible y económica en su construcción.
3. Promover el desarrollo social, económico y agrícola en dichos sectores.

INTRODUCCIÓN

La Universidad de San Carlos de Guatemala y la Facultad de Ingeniería, a través del EPS, tratan de mejorar las condiciones de vida de las comunidades, y permiten que el estudiante aplique los conocimientos adquiridos en las soluciones de problemas reales en beneficio de las comunidades, con aplicación del método científico, y la actualización de la aplicación de técnicas modernas para su implementación.

San Agustín Acasaguastlán, municipio del departamento de El Progreso, presenta la problemática propia de un país del tercer mundo, y que ha repercutido en el pobre desarrollo local y evidencia la carencia de servicios de primera necesidad tales como: agua potable y vías de comunicación, que genera deterioro de salud y riesgos de accidentes por falta de vías de comunicación seguras.

Para la elaboración de los proyectos, se tomaron en cuenta los aspectos monográficos de la población como lo son: ubicación, colindancias, extensión, población, entre otros. Para el diseño de proyectos fue necesaria la utilización de equipo topográfico para determinar la ubicación exacta de cada componente de los proyectos.

El proyecto se trata de la construcción de un puente tipo colgante de hamaca, con una longitud aproximada de ciento cuarenta metros, conformado con dos torres en los extremos donde van ubicadas 2 rampas de acceso, y sus respectivas barandas laterales en toda su longitud para evitar caídas al río.

El aforo de la circulación de personas sobre el lugar daría un dato muy elevado; ya que dicho puente ahorraría entre 20 a 25 min en trasladarse de un barrio a otro. Dicho movimiento se da debido al transporte de mercadería, traslado de estudiantes para los establecimientos educativos y demás comercios como lo son: carnicerías, salones de belleza, barberías, abarroterías, tiendas de conveniencia, entre otros.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1. Aspectos monográficos del municipio de San Agustín Acasaguastlán

Se determinará sobre el municipio de San Agustín Acasaguastlán, departamento de El Progreso, conceptos específicos tales como; ubicación, colindancias, extensión territorial, clima, población e idioma, entre otros.

Figura 1. Ubicación del municipio



Fuente: Municipalidad de San Agustín Acasaguastlán.

1.2. Características físicas

Son todos los factores que influyen en un lugar y forman parte del ecosistema.

1.2.1. Ubicación y localización

San Agustín Acasaguastlán, municipio del departamento de El Progreso, se encuentra ubicado a 89 kilómetros de la ciudad capital, por medio de la carretera Interoceánica CA-9.

Cuenta con una cabecera municipal localizada a una altitud de doscientos noventa metros sobre el nivel del mar, una latitud norte de 14° 58' 50", y longitud oeste de 80° 57' 0". Posee además, 18 aldeas y 65 caseríos, entre las aldeas se encuentra El Rancho, situada a orillas del río Motagua o también conocido como río Grande.

1.2.2. Colindancias

El municipio de San Agustín Acasaguastlán, por su ubicación se encuentra limitado por la sierra de las Minas hacia el norte con Baja Verapaz, hacia el sur con la cabecera departamental y en el resto de la siguiente forma.

Tabla I. **Límites geográficos**

| Límite | Municipio | Departamento |
|--------|---|--------------|
| Norte | San Jerónimo y Salamá | Baja Verapaz |
| Sur | Guastatoya | El Progreso |
| Este | San Cristóbal Acasaguastlán y El Jícara | El Progreso |
| Oeste | Morazán | El Progreso |

Fuente: informe catastral de la Municipalidad de San Agustín Acasaguastlán.

1.2.3. Topografía

La altura oficial de la cabecera municipal es de 290 msnm, lat. 14°56'37, long. 89°58'07. San Agustín Acasaguastlán 2260 IV; El Progreso 2160 I. Cuenta también con caminos, roderas y veredas que unen a sus poblados entre sí y con los municipios vecinos.

El municipio posee condiciones topográficas muy particulares ya que se encuentra limitado por dos grandes áreas, una de ellas la sierra de las Minas, y la ribera del río Motagua.

1.2.4. Clima

El clima en el municipio, según la estación hidrológica más cercana del Insivumeh ubicada en la cabecera departamental de San Agustín Acasaguastlán, a 1 kilómetro del municipio de San Agustín Acasaguastlán, presenta las siguientes temperaturas durante el año:

- Temperatura máxima (promedio anual): 35,5 °C
- Temperatura promedio (anual): 28,6 °C
- Temperatura mínima (promedio anual): 21,0 °C
- Precipitación normal anual: 878,1 mm
- Estación lluviosa: mayo-octubre
- Estación seca: noviembre–abril

El clima general del municipio es cálido, especialmente en las partes bajas; en áreas cercanas al río Motagua.

1.2.5. Tipo de vivienda y actividad económica

La economía de San Agustín Acasaguastlán se basa en la producción agrícola de maíz, frijol, caña de azúcar, café, cacao, achiote y vainilla; así también, los habitantes de este lugar trabajan en la elaboración de productos artesanales como la cerámica, jarcia, instrumentos musicales y muebles de madera, productos de hierro y hojalata, ladrillos y tejas de barro.

1.2.6. Población y demografía.

Según el censo del INE existe una población de 46 429 habitantes. El resultado de la investigación muestra el número de habitantes del área urbana que es de 13 929 habitantes, que hacen un 30 % de la población y el 64 % del área rural es de 32 500 habitantes, para un gran total de 46 429 habitantes del municipio de San Agustín Acasaguastlán.

1.3. Características de infraestructura

Conjunto de elementos de una construcción para que pueda funcionar.

1.3.1. Vías de acceso

El acceso para el municipio de San Agustín Acasaguastlán desde la ciudad capital es por la carretera CA-09, la cual está asfaltada en su totalidad, la cual conecta al municipio con la República, por el kilómetro 88 de la ruta al Atlántico, y de la cabecera municipal hacia la cabecera departamental, es de 22 kilómetros, ambas por la ruta al Atlántico CA 09. En el municipio, la calle principal es adoquinada y los caminos para comunicarse con los barrios son de adoquín y de tierra. Estos caminos en época de invierno se convierten en accesos peligrosos para los transeúntes.

1.3.2. Servicios públicos

Existe el centro de salud ubicado en la cabecera municipal, también se cuenta con el servicio de energía eléctrica que se inauguró el 3 noviembre 1972, el cual es distribuido por parte del Instituto Nacional de Electrificación (INDE). Asimismo, con servicios de agua domiciliar que escasean en épocas de verano, hacen uso de un sistema de letrinas, el cual es deficiente por lo que no cuentan con un sistema adecuado de tratamiento de las excretas y un drenaje que desemboca en el río Hato.

En cuanto a los recursos tecnológicos, el municipio cuenta con el servicio de telefonía móvil celular con una cobertura del 90 % a nivel municipal, las estaciones de radio que se pueden captar en el municipio, emiten desde la cabecera departamental de Guastatoya; también provienen de Alta y Baja Verapaz, Zacapa, Chiquimula y la capital. En la cabecera municipal, los canales de televisión que se captan localmente, provienen de emisiones vía satélite y la señal es distribuida por cable, se cuenta también con servicio de internet.

En el área rural, únicamente se tiene acceso a la telefonía celular, careciendo de los demás servicios.

La cabecera municipal de San Agustín Acasaguastlán, cuenta con los siguientes servicios: agua potable, drenajes, energía eléctrica, Municipalidad, distrito de salud, Coordinación Técnica Administrativa de Educación, Centro de Atención Integral, Policía Nacional Civil, Juzgado de Paz, Biblioteca Municipal, banda de música civil, Defensores de la Naturaleza, cementerio municipal, entre otros. Además, posee varios tipos de comercios que se muestran a continuación.

Tabla II. **Establecimientos comerciales de la cabecera municipal de San Agustín Acasaguastlán**

| COMERCIO | CANTIDAD | COMERCIO | CANTIDAD | COMERCIO | CANTIDAD |
|--------------|----------|------------------|----------|-------------------|----------|
| BANCOS | 2 | PUESTOS DE SALUD | 1 | MECANOGRAFÍA | 2 |
| COOPERATIVAS | 1 | PIZZERÍAS | 1 | FUNERARIAS | 2 |
| DESPENSAS | 1 | CASSETAS | 2 | ELECTRODOMÉSTICOS | 2 |
| TIENDAS | 50 | EXPENDIOS DE GAS | 3 | TURICENTROS | 2 |
| COMEDORES | 6 | CLÍNICA DENTAL | 3 | BARES | 5 |
| LIBRERÍAS | 6 | PINCHAZOS | 1 | GASOLINERAS | 1 |
| TORTILLERÍAS | 12 | TALLER MECÁNICO | 2 | FARMACIAS | 6 |

Fuente: informe catastral. Municipalidad de San Agustín Acasaguastlán.

1.3.2.1. Educación

El Informe de Índice de Avance Educativo, que tiene como objetivo medir en un solo indicador la dispersión existente en cuanto al logro de la cobertura en los niveles preprimaria, primaria, básicos y diversificado, así como la terminación del nivel primaria, básicos y diversificado y el logro obtenido en las pruebas estandarizadas de matemática y lenguaje para tercero básico, muestra que los municipios del departamento de El Progreso, presentan un Índice de Avance Educativo Municipal (IAEM) alto o medio, ubicando al departamento en una buena posición relativa a nivel nacional. Entre los municipios que mostraron un mayor avance en el período 2002-2006, se encuentra el municipio de San Agustín Acasaguastlán, ubicándolo en un IAEM medio.

Tabla III. **Ranking del municipio San Agustín Acasaguastlán**

| Nombre del Municipio | Avance 2002 | Avance 2006 | Avance (2002-2006) | Categoría | Ranking 2002 | Ranking 2006 | Diferencia Ranking (2002-2006) | Ranking según marginación |
|---------------------------|-------------|-------------|--------------------|-----------|--------------|--------------|--------------------------------|---------------------------|
| San Agustín Acasaguastlán | 47,70 % | 58,70 % | 0,11 | Media | 140 | 107 | 33 | 32/117 |

Fuente: elaboración propia con datos del Informe sobre el Índice de Avance Educativo Municipal, que fue construido con datos del Sistema de Información Educativa del Mineduc y de Segeplan.

1.3.2.2. Salud

El Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS) da cobertura al municipio de San Agustín Acasaguastlán, por medio de un centro y siete puestos de salud a nivel municipal. Además, existen promotores de salud y comadronas capacitadas que coadyuvan a la prestación de la atención primaria, principalmente en el área rural.

Según información proporcionada por el Distrito Municipal de Salud, el 95 % de la población depende de los servicios públicos de salud, el resto (5 %) tiene acceso a servicios del IGSS o pagan por atención privada ya sea en los servicios que actualmente se prestan en la cabecera municipal y El Rancho, o bien se trasladan a la cabecera departamental de Guastatoya, Zacapa o ciudad capital.

A continuación se presenta el cuadro que describe los principales servicios médicos o de salud que se prestan en el municipio.

Tabla IV. **Mapeo de infraestructura de diagnóstico municipal**

| Institución | Localización | Distancia Km |
|-------------------------|-------------------------------------|---------------------|
| Distrito de salud | Cabecera municipal | 00 |
| Puesto de salud | Aldea El Rancho | 11 |
| Puesto de salud | Aldea Tulumajillo | 13 |
| Puesto de salud | Aldea Comaja | 18 |
| Puesto de salud | Aldea Puerta de Golpe | 9 |
| Puesto de salud | Aldea Cimientó | 17 |
| Puesto de salud | Aldea Tecuiz | 17 |
| Puesto de salud | Aldea Jute de la Cobana | 22 |
| Promotores de salud | Todo el municipio | -- |
| Comadronas | Todo el municipio | |
| Médicos particulares | Aldea El Rancho, cabecera municipal | 11 |
| Clínica Médica San José | Aldea El Rancho | 11 |

Fuente: elaboración propia con información de los resultados del mapeo participativo y diagnóstico municipal de San Agustín Acasaguastlán.

1.3.2.3. Agua potable

Es de hacer notar que solo la cabecera municipal y la aldea El Rancho tienen servicio de agua potable. Según el mapeo participativo, el resto de la población cuenta con la infraestructura de agua entubada, pero el servicio es escaso. El último censo realizado en el 2002, determina que el 90,59 % de las viviendas cuenta con acceso a servicio de agua.

1.3.2.4. Drenajes

La cabecera municipal y la aldea El Rancho tienen servicio de alcantarillado. Según el mapeo participativo, el resto de la población no cuenta con servicio de alcantarillado. El último censo realizado en 2002 determina que el 86,85 % de las viviendas dispone de servicios sanitarios.

La población del área urbana reporta el acceso a servicio de drenaje en un 85 %. En el área rural el 20 % a servicio de drenaje, y el 65 % a fosas sépticas, lo que indica que el municipio no cuenta con la infraestructura adecuada y mínima para brindar el saneamiento ambiental correspondiente a la población. Otro problema con los drenajes es que en su gran mayoría están dañados, se ve correr a flor de tierra las aguas sucias, causando contaminación de los suelos y de las aguas.

1.3.2.5. Energía eléctrica

Según el censo del 2002, el 67,21 % de las viviendas cuenta con acceso a energía eléctrica; un 13,90 % utiliza gas corriente; un 12,75 % recurre al uso de candela; un 5,60 % cuenta con paneles solares. Respecto al servicio de alumbrado debe resaltarse que dos de cada tres viviendas en el municipio tiene conexión a la red nacional de electricidad.

1.4. Características socioeconómicas

Las principales fuentes de empleo en San Agustín Acasaguastlán lo constituyen las fincas de café, caña de azúcar y hortalizas. Otro sector importante en la generación de empleo lo representan las procesadoras de madera o aserraderos, y las empresas o asociaciones de deshidratación de limón con baja presencia en el municipio.

Según estimaciones del Instituto Nacional de Estadística (INE), la población económicamente activa en el 2007, era de 2 997 personas, de las cuales el 55 % se dedica a actividades agrícolas, el 18 % al comercio y el 27 % a otras actividades, entre las cuales se pueden mencionar la de servicios profesionales. El promedio de ingreso familiar en el municipio es de Q 30,00 diarios para quienes realizan trabajo informal y temporal.

En el mapeo participativo del municipio de San Agustín Acasaguastlán no existe mayor grado de desarrollo industrial. Las principales actividades industriales en pequeña escala lo constituyen la artesanía, como la elaboración de sombreros, hamacas, comales, ollas de barro, escobas, lo manufacturero como tejas, ladrillo, maceteros, y *blocks*; y con menor presencia esta la minería, que consiste en la extracción de las piedras: talco, yeso, argentina y mármol.

Tabla V. **Principales actividades del municipio de San Agustín Acasaguastlán**

| Lugar poblado | Tipo de artesanía se elabora |
|--|-------------------------------------|
| • Llano de Jesús | • Comales y ollas de barro |
| • Tamarindo y Ojo de Agua (cabecera municipal) | • Comales y ollas de barro |
| • Vado Ancho | • Ollas de barro |
| • Puerta de Golpe | • Ollas de barro y comales, escobas |
| • Rancho | • Ollas de piedra |
| • Comaja | • Sombreros de palma |
| • Tinmasha | • Comales y ollas de barro |
| • Magdalena | • Atrarrayas, hamacas |

Fuente: taller mapeo participativo 2010.

1.4.1. **Origen de la comunidad**

Las dos partes de que se forma el nombre de Acasaguastlán son: *Acatzau* = torditos, conforme a la etimología de las voces *nahuatl*, y *aztlán* = lugar de garzas. Durante el período hispánico se conoció al poblado como San Agustín de la Real Corona. Cuando se creó el departamento de Zacapa por acuerdo núm. 30 del 10 de noviembre de 1871, este municipio pasó a formar parte del mismo como San Agustín Acasaguastlán. Más tarde, pasó a integrar el departamento de El Progreso, cuando este se creó en el Acuerdo Gubernativo núm. 683 del 13 de abril de 1908.

1.4.2. Actividad económica

La economía de San Agustín Acasaguastlán se basa en la producción agrícola de maíz, frijol, caña de azúcar, café, cacao, achiote y vainilla; así también, los habitantes de este lugar trabajan en la elaboración de productos artesanales como la cerámica, jarcia, instrumentos musicales y muebles de madera, productos de hierro y hojalata, ladrillos y tejas de barro.

1.4.3. Idioma y religión

Al inicio de la conquista española, el principal centro poblacional era Valil, cuyos habitantes hablaban pokoman y chortí. Actualmente, la mayoría de la población tiene como idioma natal el castellano.

La mayoría de la población profesa la religión católica. El principal templo católico es la parroquia de San Agustín Acasaguastlán de construcción colonial que pertenece a la Diócesis de Jalapa. Entre las actividades religiosas principales se encuentran: el Día de Oración de Fe que se realiza en cada comunidad, Día de la Santa Cruz, Semana Santa, Día de la Virgen María, Día del Santísimo Cuerpo de Cristo y el Día de la Sagrada Familia. La población evangélica es minoritaria y dentro de las iglesias evangélicas destaca la Iglesia de Cristo Rey.

Tienen por tradición celebrar su fiesta titular del 24 al 30 de agosto, siendo el 28 el día principal, en honor a San Agustín Obispo y Doctor.

1.4.4. Áreas protegidas

En parte del territorio de San Agustín Acasaguastlán, se encuentra el área protegida de la Reserva de la Biosfera de la sierra de las Minas, que tiene una superficie de 96 000 hectáreas, la cual es administrada por los Defensores de la Naturaleza.

1.5. Diagnóstico sobre necesidades en servicios básicos e infraestructura de la comunidad de San Agustín Acasaguastlán

Según el FODA participativo, en el municipio de San Agustín Acasaguastlán, existe poca infraestructura productiva. En las microrregiones del norte hay sistemas de riego por gravedad. Existe tres centros de acopio, uno para el café de exportación hacia los países de Europa, ubicado en Los Apantes, La Montañita, los otro dos son de limón para su secado y posterior exportación hacia los países del Medio Oriente, ubicados en Ixcanal y Tulumaje.

En cuanto a las vías de acceso, se pueden identificar las siguientes: los caminos asfaltados como la carretera CA 9 norte para el Atlántico, la ruta para Cobán, Alta Verapaz, y el acceso principal a la cabecera municipal. Los demás caminos que de la cabecera municipal conducen a las aldeas y otras comunidades, todos son de terracería y se encuentran en muy mal estado, solo son transitables en la estación seca.

Tabla VI. **Infraestructura productiva**

| Descripción | Ubicación | Condiciones actuales |
|-----------------------------|--|-----------------------------|
| Beneficios de café | En las comunidades de Albores, Hierba Buena, Delicias el Carmen San Miguel, La Montañita, Las Cidras y El Morro. | De regular a buen estado. |
| Riego artesanal | Comunidades de el Cimientto, Chanrayo, Comaja, Tulumajillo, Timiluya, Conte Tishical, La Trinidad y Puerta de Golpe. | De malo a regular estado. |
| Centros de acopio de limón. | Comunidades de Ixcanal y Tulumaje. | Regular estado. |

Fuente: PDM San Agustín Acasaguastlán.

1.6. Descripción de necesidades

Las personas que viven en el municipio de San Agustín Acasaguastlán principalmente del área rural padecen de deficiencias en la calidad de vivienda, así como en la provisión de servicios básicos, afectando de manera directa la calidad de vida para la mayor parte de la población.

Respecto a los datos presentados en el VI Censo de Habitación realizado en el 2002, destaca que para ese período el municipio contaba con un total de 8 171 viviendas de las cuales un 91,98 % corresponde al tipo de vivienda formal. Un 6,06 % tipo rancho y resto se divide en tipo casa improvisada, cuarto en casa de vecindad, apartamento y otros.

1.7. Evaluación y priorización de necesidades

Es de hacer notar que solo la cabecera municipal y la aldea El Rancho tienen servicio de agua potable y servicio de alcantarillado. Según el mapeo participativo, el resto de la población cuenta con la infraestructura de agua entubada, pero el servicio es escaso. Sin embargo, no cuentan con servicio.

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

Para el diseño del proyecto se efectuarán varios cálculos como son: levantamientos topográficos, análisis hidráulico, análisis hidrológico y estudio de suelos, indispensables para realizar el proyecto.

2.1. Consideraciones generales

Contiene un análisis de la situación que destaca las características fundamentales del proyecto incluidos los factores de riesgo.

2.1.1. Descripción del proyecto

El proyecto consiste en el diseño de un puente colgante tipo hamaca de 120 metros de longitud total y 2 metros de ancho, con el que se puedan beneficiar los pobladores de la aldea.

2.2. Especificaciones del diseño

El puente suspendido es un tipo de puente que tiene la plataforma con la flecha hacia abajo. La flecha de la plataforma está suspendida debajo del anclaje. Los cables están anclados dentro de la cimentación del anclaje principal en ambos bancos. Los principales componentes de este puente son: cables de la plataforma y cables de los pasamanos, sistema de pasarela y cimentación de anclajes.

Este tipo de puente es seleccionado donde las cimentaciones del puente puede ser ubicadas en una posición lo suficientemente elevada como para tener el borde libre del máximo nivel de aguas.

El puente suspendido es más económico, simple de diseñar y construir que un puente en suspensión.

Diseño: diseño y construcción de puentes peatonales suspendidos. Manual 1: diseño y construcción de puentes peatonales suspendidos para ingenieros. Fundación Helvetas Honduras, Tegucigalpa, Honduras y Helvetas Guatemala, ciudad de Guatemala.

Construcción: especificaciones generales para construcción de carreteras y puentes de la Dirección General de Caminos, (ESP DGC), edición de septiembre de 2001.

2.3. Especificaciones de construcción

Se definen las normas, exigencias y procedimientos a ser empleados y aplicados en todos los trabajos de construcción de obras, elaboración de estudios, fabricación de equipos.

Estas forman parte integral del proyecto y complementan lo indicado en los planos respectivos y en el contrato.

Tabla VII. **Especificaciones de construcción**

| Concepto | Descripción | Observaciones |
|----------------------|--|--|
| Carga viva (Cv) | Tuc tuc de 277 kg + 6 personas de 90 kg c/u | Será una carga distribuida en todo el caminamiento del puente. |
| Concreto | $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ | Para uso de la cimentación y anclajes. |
| Acabados de concreto | Deben ser según la sección 553.17 de las especificaciones de DGC | Todas las superficies deben de ser acabadas inmediatamente después de retiradas las formaletas, con un “acabado ordinario de superficie”. Toda la rebaba debe ser cincelada al ras de la superficie. |
| Acero de refuerzo | Grado 60 Especificaciones M31 de la AASHTO y A615 de las ASTM | Se usará acero de refuerzo en forma de barras corrugadas. |
| Biseles | Todas las aristas deben ser biseladas 2 cm. | |
| Dimensionamientos | Todas las dimensiones están dadas en metros. | Salvo que se indique en los planos otro tipo de medida. |
| Diseño estructural | | Cualquier cambio debe ser consultado con un ingeniero estructural y con el ingeniero supervisor responsable del desarrollo de los mismos. |

Fuente: elaboración propia.

2.4. Estudios topográficos

Los estudios topográficos utilizan el sistema de representación de planos, mostrando la elevación del terreno utilizando líneas que conectan los puntos con la misma cota respecto de un plano de referencia, denominadas curvas de nivel, en cuyo caso se dice que el mapa es hipsográfico.

2.4.1. Levantamiento topográfico

Para la ejecución y diseño de un proyecto de ingeniería, la base es el estudio topográfico del terreno disponible donde se llevará a cabo. Se ha realizado un levantamiento topográfico en la sección transversal del río donde estará ubicado el puente. El levantamiento topográfico consta de dos métodos los cuales son: altimetría y planimetría.

Para el levantamiento topográfico en el lugar donde se situará el puente colgante tipo hamaca se utilizó el siguiente equipo:

- 1 teodolito
- 1 cinta métrica de 30 metros
- 1 metro de 5 metros
- 1 estadal

Este trabajo se realizó con una cuadrilla de topografía integrada por un topógrafo, un cadenero y un peón.

Los resultados obtenidos en campo del levantamiento topográfico son indicados en la libreta de campo adjunta en los apéndices.

El trabajo de gabinete consistió en obtener los siguientes planos:

- Plano de localización
- Plano de curvas de nivel
- Plano de secciones transversales

2.4.1.1. Levantamiento planimétrico

Parte de la topografía que se refiere a la posición de puntos y su proyección sobre un plano horizontal. Pretende identificar los niveles del terreno, para determinar las diferencias de niveles existentes y así determinar la altura. Para determinar las diferencias existentes se utilizará la siguiente fórmula:

$$Dh = \Delta H * 2h * \text{sen } (2\beta)$$

Donde

ΔH = diferencia de hilos (superior – inferior)

$2h$ = 2 veces la constante de lectura horizontal del aparato

B = ángulo vertical (grados)

2.4.1.2. Levantamiento altimétrico

Parte de la topografía que tiene por objetivo el estudio de los métodos y procedimientos para representar el relieve del terreno, pretende identificar los niveles del terreno donde se ubicará el puente, para determinar las diferencias existentes, se utilizará la siguiente fórmula:

$$\text{Cot} = 2 * \left[\left(\frac{1}{2} * DH \right) (\cos \beta) \right] + Hi + Hm$$

Donde

Hi = altura del aparato

Hm = hilo medio (m)

DH = distancia horizontal (m)

β = ángulo vertical (grados)

2.5. Características del estudio hidrológico

El puente colgante tipo hamaca a diseñar estará expuesto a factores climáticos, y en época de invierno es cuando los ríos transportan mayor cantidad de agua en su cauce, poniendo en riesgo componentes del puente, para ello es necesario estimar las condiciones máximas de riesgo al que supuestamente estará sujeta la estructura.

En el estudio hidrológico se hace una caracterización general del tramo en donde se ubica el puente. Las características hidrológicas son propias de la región lluviosa de la estación hidrológica, en la cual se encuentran claramente definidos los períodos lluviosos y no lluviosos dentro del año calendario. La mayoría de las cuencas se caracterizan por tener una respuesta rápida a precipitaciones intensas por lo que los rendimientos son altos para períodos cortos.

2.5.1. Datos de crecientes

Las crecientes son eventos extraordinarios que se presentan en los cauces de las corrientes naturales durante las cuales las magnitudes de los caudales, superan con creces los valores medios que son normales en dichas corrientes.

Figura 2. Informaciones de crecientes en internet

| DÍA | Estación: PUENTE ORELLANA | | | | | | | | | | | |
|-----|---------------------------|---------|---------|--------|---------|---------|--------|--------|-----|-----|-----|-----|
| | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | ENE | FEB | MAR | ABR |
| 1 | 21.357 | 95.850 | 74.063 | 73.405 | 73.405 | 123.828 | 20.824 | 63.444 | | | | |
| 2 | 21.627 | 79.480 | 97.450 | 59.409 | 98.257 | 263.896 | 20.301 | 66.444 | | | | |
| 3 | 22.175 | 75.391 | 100.707 | 56.642 | 81.583 | 114.525 | 20.562 | 67.673 | | | | |
| 4 | 22.175 | 58.848 | 95.057 | 54.497 | 62.271 | 217.598 | 13.542 | 72.102 | | | | |
| 5 | 22.452 | 54.497 | 107.456 | 68.293 | 95.057 | 203.565 | 8.305 | 71.457 | | | | |
| 6 | 22.732 | 48.901 | 81.583 | 49.392 | 150.558 | 101.533 | 8.305 | 72.102 | | | | |
| 7 | 22.175 | 49.886 | 70.179 | 67.673 | 200.838 | 111.836 | 8.305 | 76.737 | | | | |
| 8 | 22.175 | 43.732 | 76.737 | 74.063 | 94.269 | 78.100 | | 27.241 | | | | |
| 9 | 21.900 | 24.763 | 47.450 | 61.691 | 250.915 | 55.562 | | | | | | |
| 10 | 22.732 | 31.287 | 95.850 | 64.036 | 370.860 | 64.632 | | | | | | |
| 11 | 23.587 | 64.036 | 97.450 | 56.642 | 284.266 | 64.632 | | | | | | |
| 12 | 23.300 | 56.100 | 78.788 | 53.970 | 123.828 | 61.114 | | | | | | |
| 13 | 23.587 | 52.411 | 61.114 | 47.450 | 160.711 | 59.409 | | | | | | |
| 14 | 23.587 | 164.202 | 61.114 | 38.970 | 108.322 | 57.737 | | | | | | |
| 15 | 22.175 | 53.447 | 50.885 | 32.363 | 78.788 | 39.806 | | | | | | |
| 16 | 22.732 | 43.283 | 78.788 | 48.901 | 115.432 | 25.981 | | | | | | |
| 17 | 24.170 | 64.036 | 120.044 | 42.394 | 91.934 | 25.981 | | | | | | |
| 18 | 23.877 | 101.533 | 52.411 | 41.954 | 113.624 | 26.292 | | | | | | |
| 19 | 23.015 | 83.223 | 50.384 | 34.215 | 135.697 | 25.981 | | | | | | |
| 20 | 23.587 | 99.885 | 80.878 | 26.606 | 211.904 | 25.367 | | | | | | |
| 21 | 22.732 | 110.069 | 50.384 | 25.064 | 322.613 | 25.367 | | | | | | |
| 22 | 22.732 | 78.100 | 120.044 | 24.170 | 171.349 | 25.367 | | | | | | |
| 23 | 22.732 | 99.885 | 67.673 | 23.587 | 262.247 | 25.367 | | | | | | |
| 24 | 22.732 | 88.134 | 73.405 | 23.300 | 120.982 | 25.367 | | | | | | |
| 25 | 22.732 | 104.042 | 68.918 | 23.300 | 133.664 | 24.763 | | | | | | |
| 26 | 22.732 | 64.036 | 88.885 | 42.837 | 134.677 | 24.465 | | | | | | |
| 27 | 23.300 | 61.114 | 67.057 | 41.954 | 179.968 | 24.465 | | | | | | |
| 28 | 20.562 | 51.899 | 58.291 | 40.229 | 272.251 | 20.824 | | | | | | |
| 29 | 111.836 | 74.063 | 45.101 | 71.457 | 209.097 | 21.627 | | | | | | |
| 30 | 85.178 | 103.201 | 46.500 | 90.400 | 181.224 | 22.175 | | | | | | |
| 31 | 99.885 | | 68.918 | 70.179 | | 21.357 | | | | | | |

Fuente: Insivumeh.

2.5.1.1. HEC RAS

Cuando se estudia un tramo de un determinado río para conocer hasta donde llegaría el agua si el caudal alcanzara cierto valor, surgen preguntas como: ¿Qué altura alcanzará la lámina de agua? ¿Se inundarán las zonas próximas? ¿En qué extensión?

Responder a estas preguntas no es una tarea fácil ya que se deben tener en cuenta diferentes factores como la forma del cauce, su pendiente o su naturaleza (tipo de material, presencia de vegetación, entre otros). Pero si además existen obras en el cauce (puentes, canalizaciones, entre otros) o se quiere saber qué pasaría si existieran, el problema se complica.

Hoy en día, se dispone de diversos software específicos de modelización hidráulica que facilitan la entrada de datos y permiten visualizar gráficamente los resultados, incluso exportarlos en forma de tablas, lo que nos facilita su interpretación. Entre todos ellos, destaca sin duda el software HEC-RAS (desarrollado por el Hydrologic Engineering Center del US Army Corps of Engineers), es uno de los programas de referencia dentro de su campo.

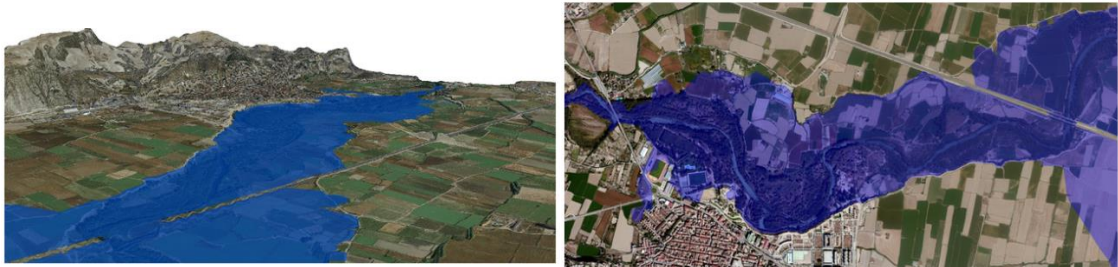
Se trata de un software gratuito, por lo tanto su uso se ha generalizado y se encuentra en un proceso constante de actualización al introducir continuas mejoras. Esto ha hecho que poco a poco la gran mayoría de administraciones hayan comenzado a exigir el estudio del impacto, que puede representar sobre la dinámica de los cauces cualquier tipo de actuación con un modelo hidráulico suficientemente fiable, como es el caso de HEC RAS.

Es un programa de modelización hidráulica unidimensional compuesto por 4 tipos de análisis en ríos:

- Modelización de flujo en régimen permanente
- Modelización de flujo en régimen no permanente
- Modelización del transporte de sedimentos
- Análisis de calidad de aguas

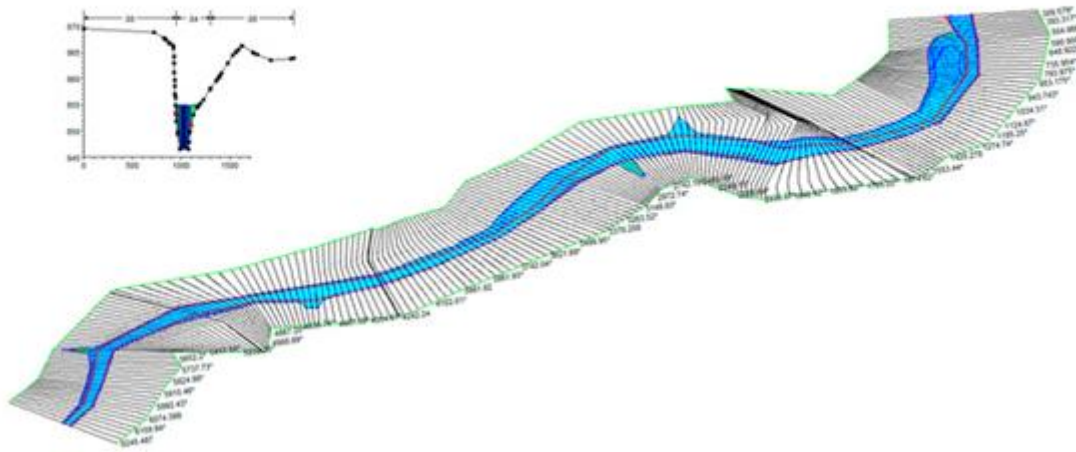
Permite simular flujos en cauces naturales o canales artificiales para determinar el nivel del agua, por lo que su objetivo principal es realizar estudios de inundabilidad y determinar las zonas inundables.

Figura 3. **Modelación del cauce del río**



Fuente: elaboración propia, empleando el programa HEC RAS.

Figura 4. **3D del cauce del río y perfil del área en estudio**



Fuente: elaboración propia, empleando el programa HEC RAS.

2.5.2. **Cálculo del caudal máximo**

Método racional

Este es un método empírico basado en relaciones precipitación-escorrentía. Esto es uno de los métodos empíricos más populares cuya aplicación original ha sido para áreas urbanas; sin embargo, también se aplica a cuencas rurales de pequeñas áreas.

El caudal pico, Q [m^3/s] se estima mediante la siguiente ecuación:

$$Q = C i A / 3,6$$

Donde

C = es el coeficiente de escorrentía

i = intensidad de la precipitación (mm/hr), con una duración igual a tc

A = área de la cuenca tributaria (km²)

tc= tiempo de concentración de la cuenca (min)

El coeficiente de escorrentía C, se estima con base en características hidrogeológicas de las cuencas. En literatura de hidrología se pueden encontrar valores de C en función, generalmente, de tres aspectos: la cobertura, el tipo de suelo y las pendientes del terreno.

En la figura se muestra una tabla que el Insivumeh presenta en el estudio *Curvas IDF, 2002*.

Figura 5. **Valores para C**

Cuadro No.3
Valores de C para diferentes tipos de suelo. USDA, 1972

| Uso de Suelo | Pendiente del terreno | Suelos arenosos | Suelos francos | Suelos arcillosos |
|-----------------|-----------------------|-----------------|----------------|-------------------|
| Tierra agrícola | < 5 % | 0,30 | 0,50 | 0,60 |
| | 5 – 10 % | 0,4 | 0,60 | 0,70 |
| | 10 – 30 % | 0,50 | 0,70 | 0,80 |
| Poteros | < 5 % | 0,10 | 0,30 | 0,40 |
| | 5 – 10 % | 0,15 | 0,35 | 0,55 |
| | 10 – 30 % | 0,20 | 0,40 | 0,60 |
| Bosques | < 5 % | 0,10 | 0,30 | 0,40 |
| | 5 – 10 % | 0,25 | 0,35 | 0,50 |
| | 10 – 30 % | 0,30 | 0,50 | 0,60 |

Fuente: *Nacional Engineering Handbook, Sec. 4: Hydrology, USDA. p. 16.*

Los valores de i , para una duración $t=t_c$ de la cuenca, pueden obtenerse de las curvas de duración-intensidad-frecuencia (*IDF*) de lluvias. En el caso de Guatemala, existen familias de curvas derivadas para varias estaciones del país, así como mapas de isolíneas con este tipo de información (Insivumeh).

La ecuación general que relaciona la duración t , la intensidad i y la frecuencia, expresado en términos del período de retorno (Tr) es la siguiente ecuación. Los valores de A , B y n , son parámetros de ajuste.

Normalmente, i se expresa en mm/hr, $t= t_c$ en min y Tr en años.

$$i = A / (t + B)^n$$

El tiempo de concentración del área tributaria puede estimarse mediante fórmulas que se basan en parámetros morfométricos de las cuencas. Una de las fórmulas más utilizadas en el medio es la recomendada por el Proyecto Hidrometeorológico centroamericano, que usa el desnivel y la longitud del cauce.

$$t_c = \left(\frac{0,87 L^3}{h_s - h_i} \right)^{0,385}$$

Donde t_c es el tiempo de concentración expresado en horas, L es la longitud del cauce o del canal principal desde la cabecera de la cuenca (kilómetros), h_s es la elevación del punto más alto del cauce o del canal principal (milímetros sobre el nivel del mar), h_i es la elevación del punto más bajo o de observación del canal principal (milímetros sobre el nivel del mar).

Para fines de este trabajo, para determinar la intensidad i , se utilizó la curva IDF de la estación Orellana (ubicada en Santa Gertrudis, San Agustín Acasaguastlán, El Progreso). Para un período de retorno T_r de 50 años la intensidad de la lluvia se estima a través de:

$$I = 10\,300 / (35 + t_c)^{1,02}$$

Y para un T_r de 100 años se estima a través de:

$$I = 10\,110 / (35 + t_c)^{1,0014}$$

Se estimó utilizar un coeficiente de escorrentía C de 0,50

A continuación se muestran los diferentes caudales estimados con base en el procedimiento del método racional.

Datos de la cuenca Motagua respecto a la estación Orellana:

Estación: Orellana

Área de la cuenca: 5 776,76 km²

Longitud de la cuenca: 459 000 m

Desnivel: 3 050,35 m

Calculando t_c :

$$t_c = \left(\frac{0,87 L^3}{h_s - h_i} \right)^{0,385}$$

$$t_c = \frac{0,87 (459\,000\,m)^3}{3\,050,35\,m}^{0,385}$$

$$t_c = 6,47365493\,hr$$

Calculando i 50 años:

$$I = 10\,300 / (35 + tc)^{1,02}$$

$$I = 10\,300 / (35 + 6,47365493)^{1,02}$$

$$I = 230,52 \text{ mm/hr}$$

Calculando i 100 años:

$$I = 10\,110 / (35 + tc)^{1,0014}$$

$$I = 10\,110 / (35 + 6,47365493)^{1,0014}$$

$$I = 242,50 \text{ mm/hr}$$

Caudal estimado para un período de retorno de 50 años es el siguiente:

$$Q_{50} = C i A / 3,6$$

$$Q_{50} = \frac{0,50 \times 230,52 \times 5\,776,76}{3,6}$$

$$Q_{50} = 184\,952,965 \text{ m}^3/\text{s}$$

Caudal estimado para un periodo de retorno de 100 años es el siguiente:

$$Q_{100} = C i A / 3,6$$

$$Q_{100} = \frac{0,50 \times 242,50 \times 5\,776,76}{3,6}$$

$$Q_{100} = 194\,565,4815 \text{ m}^3/\text{s}$$

Tabla VIII. **Caudales calculados, método racional**

| Nombre | Área de drenaje km ² | tc | C | i50 años | i100 años | Q 50 años | Q 100 años |
|----------|------------------------------------|------|-----|-------------|--------------|------------|------------|
| Orellana | 5 776,76 | 6,47 | 0,5 | 230,52 | 242,50 | 184 952,96 | 194 565,48 |

Fuente: elaboración propia.

Con base en estos resultados obtenidos del método racional se puede decir que la cota máxima debido a la crecida en un período de retorno de 100 años es de 7,65 m. Con un resguardo de 2,35 m.

2.6. Estudio de suelos

Como toda estructura apoyada sobre el suelo, necesita que este sea sustentable para soportar el peso de la misma. Por ello es necesario establecer si el suelo aporta las características mecánicas que sirva de apoyo a la estructura, sin que esta esté en riesgo y para ello se harán los análisis correspondientes.

2.6.1. Granulometría

La variedad en el tamaño de las partículas del suelo, casi es ilimitada; por definición, los granos de mayor tamaño son los que se pueden mover con gran facilidad, mientras que los más finos son tan pequeños que no se puede apreciar con un microscopio corriente. Las partículas producidas por la meteorización mecánica rara vez son de diámetro inferior a 0,001 mm y generalmente, son mucho mayores. Para clasificar por tamaño de partículas gruesas, el procedimiento más expedito es el del tamizado. Sin embargo, al aumentar la finura de las partículas, el tamizado se hace cada vez más difícil teniéndose entonces que recurrir al procedimiento de sedimentación.

La información obtenida del análisis granulométrico puede en ocasiones utilizarse para predecir movimientos del agua a través del suelo, aun cuando los ensayos de permeabilidad se utilizan más comúnmente. El análisis granulométrico es un intento de determinar las proporciones relativas de los diferentes tamaños de grano presentes en una masa de suelo dada.

2.6.2. Gravedad específica

El valor de la gravedad específica es necesario para calcular la relación de vacíos de un suelo, es utilizada en el análisis hidrométrico, es útil para predecir el peso unitario del suelo y sirve para graficar la recta de saturación máxima en el ensayo de compactación Proctor. La gravedad específica de un suelo (G_s) se define como el peso unitario del material en cuestión, dividido por el peso unitario del agua destilada a cuatro grados Celsius.

2.6.3. Ensayo de fuerza triaxial

Son las pruebas que más se utilizan en la actualidad para determinar los parámetros de resistencia al corte de los suelos. Debido a que el suelo es un material tan complejo, ninguna prueba bastará por si sola para estudiar todos los aspectos importantes del comportamiento esfuerzo-deformación. El ensayo triaxial constituye el método más versátil en el estudio de las propiedades esfuerzo-deformación. Con este ensayo es posible obtener una gran variedad de estados reales de carga. Esta prueba es la más común para determinar las propiedades esfuerzo–deformación.

2.6.4. Límites de Atterberg

Los límites de Atterberg son propiedades índices de los suelos, con que se definen la plasticidad y se utilizan en la identificación y clasificación de un suelo. Atterberg dividió y consideró tres límites o estados de consistencia: el límite de contracción que es la frontera convencional entre el estado sólido y semisólido, el límite plástico que es la frontera entre los estados semisólido y plástico; y el límite líquido que se define como la frontera entre estado plástico y semilíquido. También se denomina al límite líquido como la frontera entre el estado plástico y líquido.

2.7. Diseño arquitectónico

El diseño arquitectónico consiste en la conformación y disposición de espacios volumétricos, los cuales tendrán una determinada función y actividades humanas dentro de los mismos. Además de cumplir con una función en específico, el diseño también comprende un interior y exterior del espacio, estético al ojo humano, así como una comodidad del espacio para los usuarios.

El diseño arquitectónico no solo se basa en la creación de espacios volumétricos, también se diseñan aspectos importantes dentro del espacio, como una adecuada apariencia estética, áreas de uso, áreas de circulación, estructura, acabados, entre otros. Así también, se deben aplicar aspectos tales como el clima del lugar, si existe riesgo en el mismo, entre otros. El diseño abarca todo el objeto en general.

2.8. Diseño de la estructura

Puentes colgantes semirrígidos:

En este tipo de puentes es posible adoptar disposiciones especiales adecuadas para disminuir notablemente la deformidad que presentan, varios son los efectos.

- Reforzar el tablero mediante vigas robustas en el sentido longitudinal como largueros o bien emplear parapetos capaces de obrar como vigas resistentes a la deflexión.
- Colocar una serie de tirantes oblicuos, los cuales a partir de la cabeza del pilar, a la que están asegurados, sobre la pared de suspensión y van a fijarse en el tablero en diversos puntos, salvo un trozo central de él.

- Desarrollar debajo del tablero un sistema de arriostramiento eficaz formado por varias series horizontales que enlazan los pilares en diferentes puntos del tablero. Si se adopta como ángulo de inclinación el que se forma por la horizontal con el peso que gravita en un cable y la máxima presión del viento sobre el puente, uno de los cables, por efecto de dos especies de fuerza, resultará extendido en su plano y experimentará una desviación mínima a causa del refuerzo que a él le transmite el otro cable.

2.8.1. Diseño de la cimentación

Normalmente llamada cámara de anclaje; para los dos cables principales en cada lado del puente. Basado en la tensión del cable debido a la componente vertical y la componente horizontal. Se calcula el volumen de concreto de la cámara más el volumen de relleno de material suelo que va encima de la cámara de anclaje.

2.8.1.1. Anclaje de torres

Las torres estarán ancladas en un angular como base de 4" x 4" x ¼" y una platina de acero de ¼". El molde formado por la platina será relleno con concreto para crear un nudo rígido en la base de la torre. Estas por lo general, son construidas de acero, ya sea de cualquier perfil, por la facilidad de construcción y montaje, estas van unidas a las elongaciones de las cimentaciones por medio de pernos, para un mejor anclaje.

2.8.2. Concepto de análisis estructural

Sirve para analizar una estructura; por lo tanto es necesario idealizarla y verificar como está soportado y conectado entre sí. Se colocan las cargas y se analizan los desplazamientos y momentos por medio de análisis estructural. En este caso para el análisis del peso de la estructura se emplea el método de equilibrio de pesos.

2.8.2.1. Integración de cargas

Como todo puente, se consideran dos tipos de cargas verticales. La carga muerta (Cm); que está compuesta por la estructura del mismo. El otro tipo de carga a considerar, es la carga viva (Cv); que se encontrará en movimiento en determinado momento en el puente, como podrán ser personas, animales de carga como (mulas, caballos, bestias y burros), y el peso de su carga, el peso de un tuc tuc y el peso de su servicio.

La carga de viento también afecta el comportamiento dinámico del puente. Para minimizar los efectos dinámicos de las cargas de viento, se ha introducido una plataforma de madera y posiciones de la flecha con respuesta más favorable que se incluye en el diseño. Las cargas de viento son particularmente importantes en el proyecto. El efecto total sobre la estructura debido a fuerzas de viento puede expresarse por medio de la fórmula:

$$P = KV^2$$

Donde

P = presión del viento en kg/m^2 o lb/ft^2

V = velocidad del viento en km/hr o MPH

K = constante empírica que se ha determinado experimentalmente

La ecuación anterior se basa en la ecuación de la hidrodinámica para la presión de la velocidad que ejerce un fluido en movimiento.

$$q = \frac{w}{2g} * V^2$$

Donde

Q = presión de la velocidad del viento en kg/m²

w = peso del fluido en kg/m³ (1,22)

g = aceleración de la gravedad en m/seg²

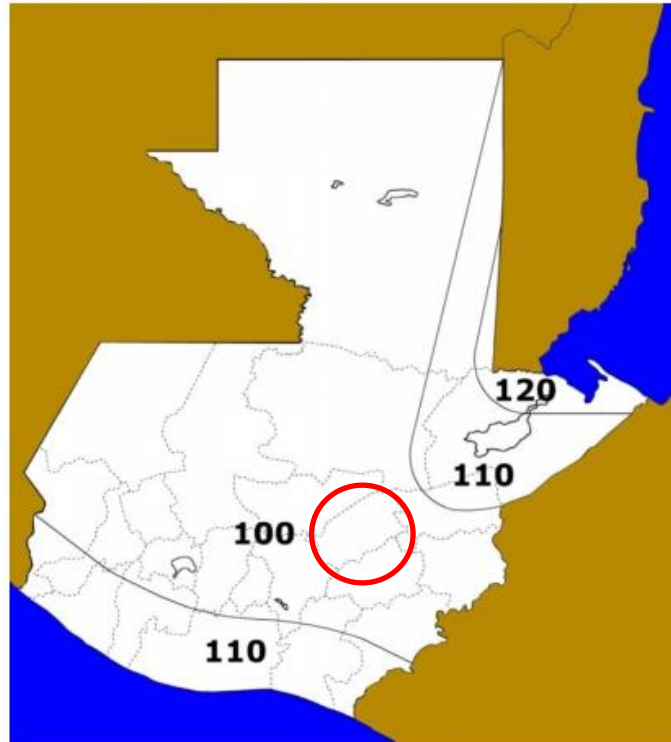
V = velocidad del fluido en m/seg

Efectuando las respectivas sustituciones en ambas ecuaciones, queda de la siguiente manera:

$$q = (1,22/29,81) * V^2$$

$$q = 0,0624 V^2$$

Figura 6. **Mapa de zonas de velocidad básica del viento para la República de Guatemala (kilómetros/hora)**



Fuente: Agies.

Para el cálculo de la presión de viento utilizaremos la siguiente ecuación descrita en las normas de seguridad estructural de edificaciones y obras de infraestructura para la república de Guatemala, Agies NSE 2-10 demandas estructurales, condiciones de sitio y niveles de protección.

$$P = C_e C_q q_s I$$

Donde

P: presión de diseño de viento

C_e : coeficiente de exposición (tabla X)

C_q : coeficiente de presión para la estructura (tabla XI)

q_s : presión de remanso del viento a la altura estándar de 10 m (tabla IX)

I: factor de importancia. Usar 1,15 para obras esenciales y 1,0 en general

Para la presión del viento de remanso q_s se usará la siguiente tabla:

Tabla IX. **Presión de remanso del viento q_s**

| | | | |
|---|------------|------------|------------|
| Velocidad básica del viento (Km/h) | 100 | 110 | 120 |
| Presión (Pa) | 474 | 573 | 682 |

Fuente: Agies.

Para la estructura se utilizará la presión de viento $q_s = 100$ por estar ubicada en El Progreso (ver figura 6).

Para el cálculo de la presión de viento que afectará la estructura se necesitan de unos coeficientes C_q y C_e , los cuales está en las siguientes tablas:

Tabla X. **Coefficiente de exposición C_e**

| ALTURA SOBRE EL NIVEL PROMEDIO DEL TERRENO (m) | Exposición D | Exposición C | Exposición B |
|--|--------------|--------------|--------------|
| 4.5 | 1.39 | 1.06 | 0.62 |
| 6.0 | 1.45 | 1.13 | 0.67 |
| 7.5 | 1.50 | 1.19 | 0.72 |
| 9.0 | 1.54 | 1.23 | 0.76 |
| 12.0 | 1.62 | 1.31 | 0.84 |
| 18.0 | 1.73 | 1.43 | 0.95 |
| 24.0 | 1.81 | 1.53 | 1.04 |
| 30.0 | 1.88 | 1.61 | 1.13 |
| 36.0 | 1.93 | 1.67 | 1.20 |
| 48.0 | 2.02 | 1.79 | 1.31 |
| 60.0 | 2.10 | 1.87 | 1.42 |
| 90.0 | 2.23 | 2.05 | 1.63 |
| 120.0 | 2.34 | 2.19 | 1.80 |

Alturas menores a 4.50m debe utilizar el factor C_e para 4.50m
 Alturas mayores a 4.50m pueden ser interpoladas

Fuente: Agies.

Debido a que la altura de las torres es de 5,50 m; se procede a interpolar en la tabla entre los valores marcados según altura.

Interpolación

| Altura m | Exposición D |
|----------|--------------|
| 4,5 | 1,39 |
| 5,0 | C_e |
| 6,0 | 1,45 |

$$\frac{5,50 - 4,50}{6,00 - 4,50} = \frac{C_e - 1,39}{1,45 - 1,39}$$

$$C_e = 1,43$$

Tabla XI. Coeficiente de presión C_q

| ESTRUCTURA O PARTE DE LA MISMA | DESCRIPCIÓN | FACTOR C_q |
|---|--|--|
| 1.Estructuras y Sistemas Primarios | Muros: Muro en barlovento Muro en sotavento Techos: Viento perpendicular a la cumbrera Techo en sotavento o techo plano Techo en barlovento: Pendiente menor a 1:6 Pendiente mayor a 1:6 y menor a 3:4 Pendiente mayor a 3:4 y menor a 1:1 Pendiente mayor a 1:1 Viento paralelo a la cumbrera y techo plano | 0.8 hacia adentro 0.5 hacia fuera 0.7 hacia fuera 0.7 hacia fuera 0.9 hacia fuera ó 0.3 hacia adentro 0.4 hacia adentro 0.7 hacia adentro 0.7 hacia fuera |
| 2.Elementos y componentes que no están en áreas de discontinuidad | Elementos de Muros: Todas las estructuras Estructuras encerradas y no encerradas Estructuras parcialmente encerradas Parapetos Elementos de Techos: Estructuras encerradas y no encerradas Pendiente menor a 7:12 Pendiente mayor a 7:12 y menor a 1:1 Estructuras parcialmente encerradas Pendiente menor a 1:6 Pendiente mayor a 1:6 y menor a 7:12 Pendiente mayor a 1:6 y menor a 7:12 Pendiente mayor a 7:12 y menor a 1:1 | 1.2 hacia dentro 1.2 hacia fuera 1.6 hacia fuera 1.3 hacia dentro o hacia fuera 1.3 hacia fuera 1.3 hacia fuera o hacia dentro 1.7 hacia fuera 1.6 hacia fuera 0.8 hacia dentro 1.7 hacia adentro o hacia fuera |
| 3.Elementos y componentes en áreas de discontinuidades | Esquinas de Muros Aleros de techos, cornizas inclinadas o cumbreras sin voladizos Pendiente menor a 1:6 Pendiente mayor a 1:6 y menor a 7:12 Pendiente mayor a 7:12 y menor a 1:1 Voladizos en aleros de techos, cornizas inclinadas o cumbreras y toldos | 2.3 hacia arriba 2.6 hacia fuera 1.6 hacia fuera 0.5 sumado a los valores anteriores |
| 4.Chimeneas, tanques y torres sólidas | Cuadrado o rectangular Hexagonal u octogonal Redondo o elíptico | 1.4 en cualquier dirección 1.1 en cualquier dirección 0.8 en cualquier dirección |
| 5.Torres de estructuras abiertas | Cuadrado y rectangular Diagonal Normal Triangular | 4.0 3.6 3.2 |
| 6.Accesorios de torres (escaleras, conductos, lámparas y ascensores) | Elementos cilíndricos 51 mm o menor diámetro Mayores de 51 mm de diámetro Miembros planos o angulares | 1.0 0.8 1.3 |
| 7.Señalización, astas de bandera, postes de luz y estructuras menores | | 1.4 en cualquier dirección |

Fuente: Agies.

El coeficiente C_q por se estructura de alma abierta será de $C_q = 4,0$ (cuadrado y rectangular).

El factor de importancia será de 1,15 (sugerido por Agies).

$$P = C_e C_q q_s I$$

$$P = (1,43) (4,00) (q_s) (1,15)$$

$$q_s = 474 \text{ Pa}$$

$$q_s = 48,33 \text{ kg/m}^2$$

$$P = (1,43) (4,00) (48,33 \text{ kg/m}^2) (1,15)$$

$$P = 317,94 \text{ kg/m}^2$$

Según la sección 8.2.3 del Agies, la carga de viento se tiene que mayorar utilizando un factor de seguridad de 1,3; de esta forma la carga de viento quedaría así:

$$P = (317,94 \text{ kg/m}^2) (1,3)$$

$$P = 413,32 \text{ kg/m}^2$$

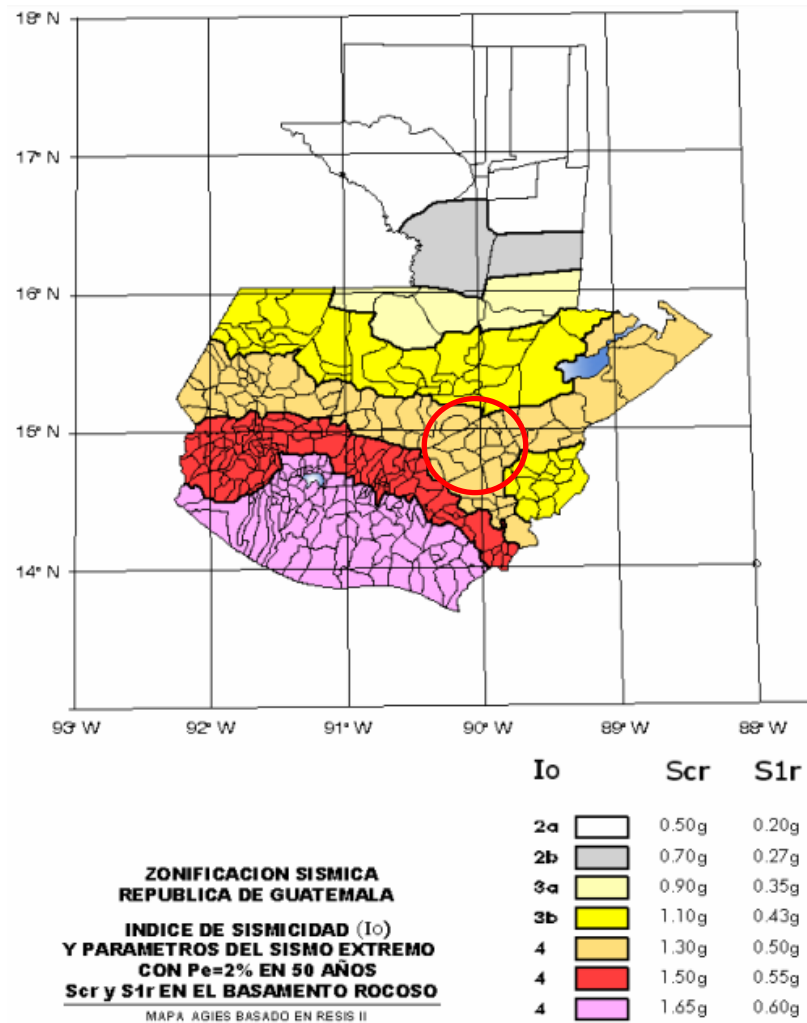
El puente está ubicado en la falla del Motagua, por lo tanto está en una zona vulnerable a sismos. Durante un sismo la estructura puede sufrir daños por el hecho de sufrir aceleraciones en su cimentación. Analizando por corte basal sus aceleraciones horizontales y estas son el décimo de la aceleración de la gravedad y se representa como 0,1 g (0,981 m/seg²). La estructura no es rígida por lo tanto solo su cimentación y las torres actuarán como un todo rígido y sufrirá las mismas aceleraciones que la cimentación. Por lo tanto, cada parte de la estructura actuará una fuerza de inercia horizontal igual a su masa multiplicada por su aceleración horizontal.

Fuerza lateral = masa x aceleración

$$\text{Fuerza} = \frac{\text{peso}}{g} \times 0,5 g$$

$$\text{Fuerza} = 0,5 \text{ peso}$$

Figura 7. Zonificación sísmica para la República de Guatemala



Fuente: Agies.

El sismo está calculado en la base de la estructura, directamente en los cimientos de las torres el cuál será calculado por el corte basal dado en la siguiente fórmula:

$$V_B = C_s W_s$$

Donde

V_B : corte basal

C_s : coeficiente sísmico de diseño

W_s : peso de la estructura

$$C_s = \frac{S_a(T)}{R}$$

Donde

$S_a(T)$: es la demanda sísmica de diseño para una estructura con período T obtenida del espectro de diseño sísmico establecido para el sitio; y calibrado según la probabilidad de ocurrencia requerida.

R : es el factor genérico de reducción de respuesta sísmica.

T : es el período fundamental de vibración de la estructura.

Tabla XII. **Coefficientes y factores para el diseño de sistemas sismorresistentes**

| | SISTEMA ESTRUCTURAL (sección 1.5) | Sistema Constructivo Véase Secc1.5.8 | R | Ω_r | C_d | Límite de altura en metros | | | |
|----|--|---|----------|------------|----------|----------------------------|----------|----------|----------|
| | | | | | | Nivel de Protección | | | |
| | | | | | | B | C | D | E |
| E4 | SISTEMA DUAL | | | | | | | | |
| | Marcos de concreto reforzado A Con muros estructurales De concreto reforzado A De mampostería reforzada A | NSE 7.1 NSE 7.4 | 7 5.5 | 2.5 3 | 5.5 5 | SL SL | SL SL | SL SL | SL SL |
| | Marcos de acero tipo A con riostras excéntricas con riostras concéntricas especiales | NSE 7.6 NSE 7.5 | 8 7 | 2.5 2.5 | 4 5.5 | SL SL | SL SL | SL SL | SL SL |
| | | | | | | | | | |
| E5 | COLUMNAS VOLADIZAS o PÉNDULO INVERTIDO | | | | | | | | |
| | De concreto reforzado Confinado | NSE 7.1 | 2.5 | 1.2 | 2.5 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| | De estructura de acero Con detalles sísmicos | NSE 7.5 | 2.5 | 1.2 | 2.5 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| | De estructura de madera | NSE 7.7 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| E6 | OTRO TIPO | | | | | | | | |
| | Clasificar como E5, o bien, consultar exclusiones en NSE 3.1, NSE 4, NSE 5 o NSE 6. | | | | | | | | |

Fuente: Agies.

Para estructuras de acero se utilizará $R = 2,5$

Selección de parámetros:

Scr: ordenada espectral de período corto.

S1r: ordenada espectral con período de 1 segundo del sismo extremo considerado en el basamento de roca en el sitio de interés.

De la figura 7 se hace la selección de Scr y S1r, los cuales serían los siguientes:

$$Scr = 1,3 \text{ g}$$

$$S1r = 0,5 \text{ g}$$

Ajuste por clase de sitio:

$$Scs = Scr * Fa$$

$$S1c = S1r * Fv$$

Donde

Fa: coeficiente de sitio (índice de sismicidad) (tabla XIII)

Fv: coeficiente de sitio (índice de sismicidad) (tabla XIV)

Tabla XIII. **Coeficiente de Sitio Fa**

| Clase de sitio | Índice de sismicidad | | | | |
|----------------|--|-----|-----|-----|-----|
| | 2a | 2b | 3a | 3b | 4 |
| AB | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| C | 1.2 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| D | 1.4 | 1.2 | 1.1 | 1.0 | 1.0 |
| E | 1.7 | 1.2 | 1.0 | 0.9 | 0.9 |
| F | se requiere evaluación específica -- ver sección 4.4.1 | | | | |

Fuente: Agies.

Tabla XIV. **Coficiente de Sitio Fv**

| Clase de sitio | Índice de sismicidad | | | | |
|----------------|--|-----|-----|-----|-----|
| | 2a | 2b | 3a | 3b | 4 |
| AB | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| C | 1.7 | 1.6 | 1.5 | 1.4 | 1.3 |
| D | 2.0 | 1.8 | 1.7 | 1.6 | 1.5 |
| E | 3.2 | 2.8 | 2.6 | 2.4 | 2.4 |
| F | se requiere evaluación específica -- ver sección 4.4.1 | | | | |

Fuente: Agies.

$$S_{cs} = (1,3 \text{ g}) (0,9)$$

$$S_{cs} = 1,17 \text{ g}$$

$$S_{1s} = (0,5 \text{ g}) (2,4)$$

$$S_{1s} = 1,2 \text{ g}$$

$$T_s = \frac{S_{1s}}{S_{cs}}$$

Donde

Ts: período de transición

$$T_s = \frac{1,2 \text{ g}}{1,17 \text{ g}}$$

Período que separa los períodos cortos de los largos

$$T_s = 1,0256$$

Espectro calibrado al nivel de diseño requerido:

$$S_{cd} = K_d * S_{cs}$$

$$S_{1d} = K_d * S_{1c}$$

Donde

K_d : factor de probabilidad del sismo

Figura 8. **Factor de probabilidad según el tipo de sismo**

| | | |
|---|--|------------|
| Los siguientes factores determinan los niveles de diseño: | | |
| Sismo ordinario | -- 10% probabilidad de ser excedido en 50 años | $K_d=0.66$ |
| Sismo severo | -- 5% probabilidad de ser excedido en 50 años | $K_d=0.80$ |
| Sismo extremo | -- 2% probabilidad de ser excedido en 50 años | $K_d=1.00$ |
| Sismo mínimo | -- condición de excepción | $K_d=0.55$ |

Fuente: Agies.

$$S_{cd} = (1,17 \text{ g}) (0,8)$$

$$S_{cd} = 0,936 \text{ g}$$

$$S_{1d} = (1,2 \text{ g}) (0,8)$$

$$S_{1d} = 0,96 \text{ g}$$

Las ordenadas espectrales $S_a(T)$ para cualquier período de vibración (T), se definen como:

$$S_a(T) = S_{cd} \text{ si } T \leq T_s$$

$$S_a(T) = S_{1d} \text{ si } T > T_s$$

$$S_a(T) = S_{cs}$$

Componente vertical del sismo:

$$S_{vd} = 0,15 S_{cd}$$

$$S_{vd} = (0,15) (0,936 \text{ g})$$

$$S_{vd} = 0,1404 \text{ g}$$

El coeficiente sísmico de diseño sería:

$$C_s = \frac{0,936}{2,5}$$

$$C_s = 0,3744$$

Por lo tanto el corte basal

$$V_B = 0,3744 W_s$$

$$V_B = (0,3744) (10\,738,00 \text{ kg})$$

$$V_B = 4\,020,31 \text{ kg}$$

2.8.3. Dimensionamiento del puente colgante de hamaca

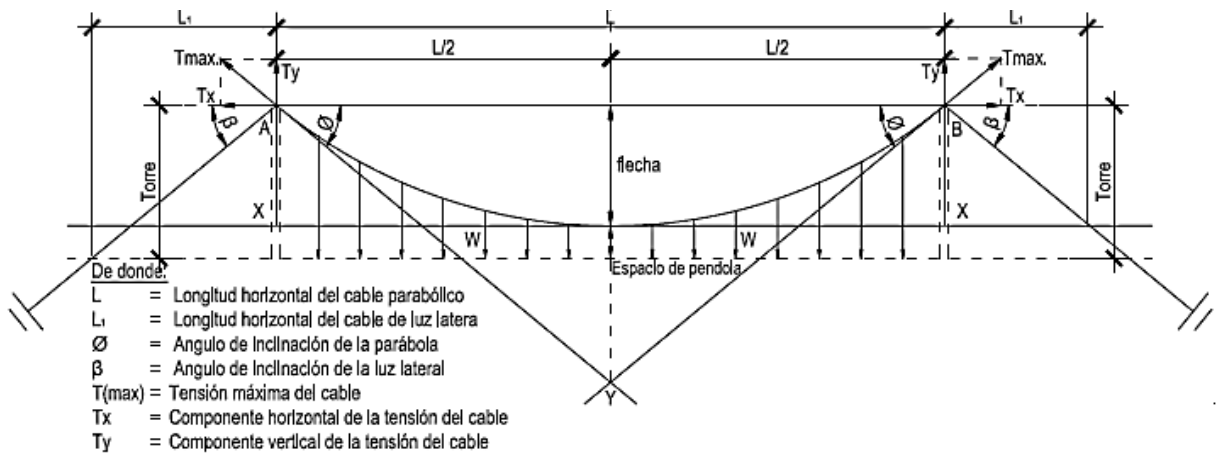
Se detallan los procedimientos de cálculo, consideraciones, criterios y límites en las variables más importantes, para el dimensionamiento estructural de las dos tipologías de puentes más usados:

- Puentes colgantes suspendidos de plataforma
- Puentes colgantes en suspensión

2.9. Geometría

La geometría del cable en este tipo de puentes funciona de la siguiente manera:

Figura 9. Geometría de un puente colgante



Fuente: análisis descriptivo de puentes colgantes peatonales.

2.9.1. Flecha

La Dirección General de Caminos, por tratarse de un puente peatonal colgante y paso de bestias recomienda una flecha del 2,5 % de la longitud del puente. Distancia del caminamiento del puente a diseñar es de 120 metros.

Cálculo de flecha del cable principal

- 2,5 % (longitud del puente)

$$F = 2,5 \% L$$

Donde

F = flecha

L = longitud horizontal del puente

$$F = 2,5 \% (120 \text{ m})$$

$$F = 3,00 \text{ m}$$

2.9.2. Altura de las torres

La altura de las torres variará de acuerdo con la topografía del lugar donde se construirá el puente peatonal colgante y la altura de la crecida máxima. Sin embargo, se utiliza el siguiente criterio para predimensionar dicha altura.

$$ht = F + 1,00$$

Donde

ht = altura de las torres

F = flecha

$$ht = 3,00 \text{ m} + 1,00$$

$$ht = (4,00 \text{ m como mínimo}) \text{ teórico}$$

Altura propuesta para las torres de acero = 5,50 m

$$\text{Longitud útil} = 5,44 \text{ m}$$

2.9.3. Luces laterales

$$LL = \frac{ht}{4\left(\frac{F}{d}\right)}$$

Donde

LL = luces laterales

d = distancia entre apoyos = L

ht = altura de las torres

F = flecha

$$LL = \frac{5,50 \text{ m}}{4\left(\frac{3}{120}\right)} = 55 \text{ m}$$

Luces laterales propuestas = 30 m

(ver plano de detalles hoja 1/2)

2.10. Péndolas

Son los elementos doblemente articulados que transmiten las cargas del tablero del puente y de las vigas de rigidez a los cables. Pueden estar formados por uno o dos cordones y de acuerdo con esto cambia la manera de conectarlos al cable. Estas péndolas se colocan verticalmente, aunque en algunos puentes se les ha colocado inclinadas para mejorar el comportamiento aerodinámico, pero esto aumenta la variación de esfuerzos debidos a la sobrecarga, por lo que no se les ha seguido empleando.

El espaciamiento entre péndolas se selecciona de manera que coincida con los nudos de la viga de rigidez, en puentes de pequeña luz se colocan en cada nudo y en puentes de luz grande generalmente cada dos nudos.

Área tributaria

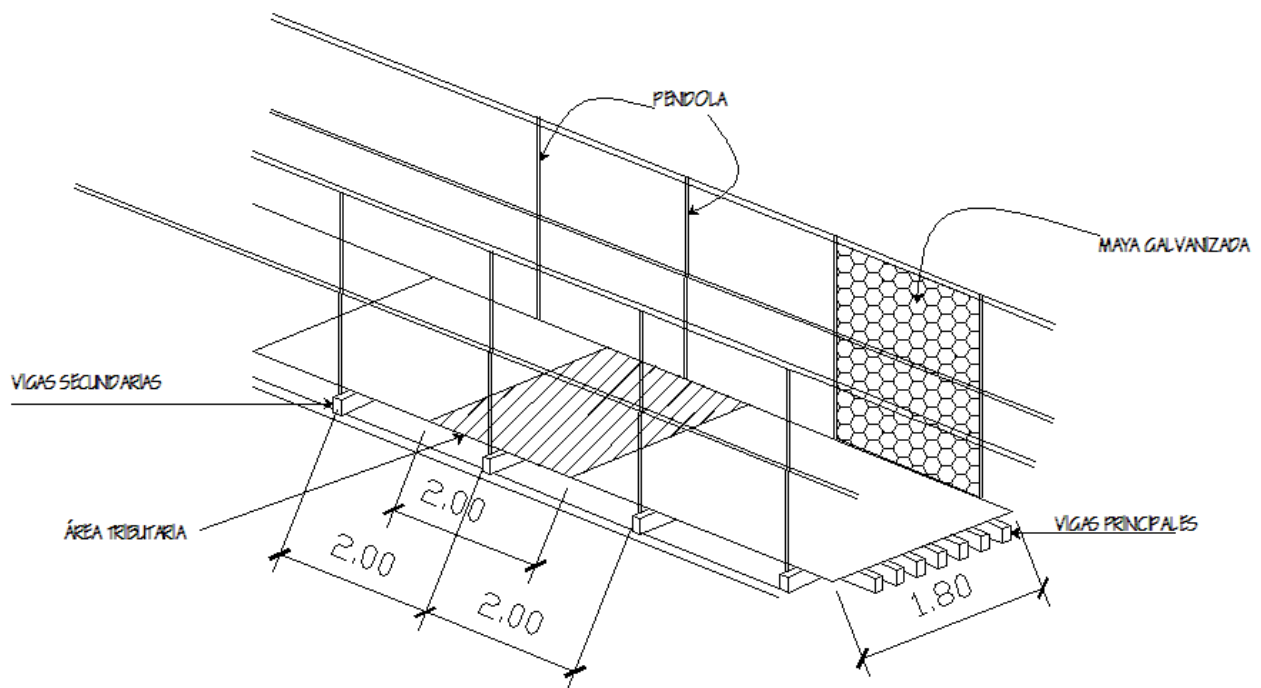
Ancho 2,00 m

Largo 2,00 m

$$A = 2,00 \text{ m} * 2,00 \text{ m} = 4,00 \text{ m}^2$$

Su cálculo se efectúa en el numeral 2.18.1

Figura 10. **Área tributaria para una péndola**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

2.11. Datos y bases de diseño

Para desarrollar el proyecto, se describen a continuación distintos valores con unidades de medida definidos, que serán utilizados en cada uno de los cálculos.

| | |
|---|--|
| Esfuerzo máximo a compresión del concreto | $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ |
| Esfuerzo de fluencia del acero | $f'y = 4\,200 \text{ kg/cm}^2$ |
| Peso específico del concreto | $\gamma_c = 2\,400 \text{ kg/m}^3$ |
| Peso específico del concreto ciclópeo | $\gamma_{cc} = 2\,200 \text{ kg/m}^3$ |
| Peso específico mínimo de piedra bola | $\gamma_{pb} = 1\,390 \text{ kg/m}^3$ |
| Peso específico del suelo | $\gamma_s = 1\,574,44 \text{ kg/m}^3$ |
| Capacidad soporte del suelo | $V_s = 28,31 \text{ Ton/m}^2$ |
| Esfuerzo a tensión de cable | $\partial_t = 115\,125 \text{ psi}$ |
| Esfuerzo de corte de madera | $\partial_c = 351,90 \text{ kg/cm}^2$ |
| Esfuerzo de flexión de madera | $\partial_f = 3\,519,05 \text{ kg/cm}^2$ |
| Densidad de la madera | $\partial_m = 750 \text{ kg/m}^3$ |

2.12. Diseño del caminamiento

Estará diseñado por medio de tres cables, siendo el central el que resistirá el esfuerzo a tensión, con características físicas y mecánicas que cumplen con la Norma ASTM A-603 con un esfuerzo a tensión de 220 000 libras sobre pulgada cuadrada. Los dos cables secundarios servirán para fijar las barandas, el sistema de piso estará conformado por tabloncillos de madera.

Para el diseño de este puente se utilizará madera de pino, tomando en cuenta su durabilidad y resistencia, la madera deberá ser tratada.

Se colocará vigas rigidizantes en forma transversal y la medida utilizada será la siguiente:

$$5'' \times 10'' \times 2 \text{ m}$$

2.13. Integración de cargas

Como todo puente, se consideran dos tipos de cargas verticales. La carga muerta (Cm); que está compuesta por la estructura del mismo. El otro tipo de carga a considerar, es la carga viva (Cv); que se encontrará en movimiento en determinado momento en el puente, como podrán ser personas, animales de carga como, más el peso de su carga.

La integración de cargas en el puente, se hará de la siguiente forma.

2.13.1. Carga viva

Esta carga es considerada a criterio del diseñador. Este tipo de carga es impropia a la estructura; estas son aplicadas al momento que una persona, objeto o animal se transporte por el puente al tratar de cruzarlo y para calcularla se toma en consideración.

En este caso las cargas utilizadas para el diseño del puente son:

| | |
|--------------------------------|-------------------|
| Peso del tuc tuc | 609,40 lb |
| Peso de 6 personas (90 kg c/u) | 1 191,77 lb |
| Total | <hr/> 1 801,17 lb |

Entonces $1\,801,17 \text{ lb} \times \frac{1 \text{ kg}}{2,2 \text{ lbs}} = 818,71 \text{ kg}$

El área donde se va a distribuir la carga viva se asume de un ancho del puente de 1,80 metros, se toma en consideración que en esta área el espaciamiento es permisible para un tuc tuc.

$$\text{Área de distribución: } 1,80 \times 2,00 = 3,60 \text{ m}^2$$

$$C_v = \frac{818,71 \text{ kg}}{3,6 \text{ m}^2} = 227,42 \text{ kg/m}^2$$

$$C_v = 227,42 \text{ kg/m}^2$$

2.13.2. Carga muerta

Para un metro del puente

| | | | |
|---|--------------------------|------------------|------------|
| 4 | Cable de 1 ½" | 12,36 lb x 4 | 49,44 lb |
| 5 | Tablones | 65,81 lb/tab x 5 | 329,05 lbs |
| 2 | Cable para barandal | 4,12 lbs x 2 | 8,24 lbs |
| 2 | Malla galvanizada | 7 lbs x 2 | 14,00 lbs |
| | Varillas de acero Ø 3/8" | | 2,46 lbs |
| | Sobrecarga | | 130 lbs |
| | | | 533,19 lb |

$$\text{Entonces } 533,19 \text{ lbs} \times \frac{1 \text{ kg}}{2,2 \text{ lbs}} = 242,35 \text{ kg}$$

$$\text{Área de distribución: } 1,80 \times 2,00 = 3,60 \text{ m}^2$$

$$C_m = \frac{242,35 \text{ kg}}{3,6 \text{ m}^2} = 67,32 \text{ kg/m}^2$$

$$C_m = 67,32 \text{ kg/m}^2$$

2.13.3. Carga última

El valor de la carga última, no es más que la suma de las cargas muerta y viva, multiplicadas por un factor de seguridad diferente para cada una de ellas, lo que hará que la estructura se diseñe más robusta, asegurando que la estructura soporte sobre cargas en algún momento.

Determinando valor de carga última: según criterio ACI-318-08. Cap. 9

$$\text{Carga última (C. 9-1) } U = 1,4 C_m + 1,7 C_v$$

$$C_u = 1,4 (67,32 \text{ kg/m}^2) + 1,7 (227,42 \text{ kg/m}^2)$$

$$C_u = 480,862 \text{ kg/m}^2$$

Convirtiendo a carga distribuida para 1 metro del puente se usa la siguiente fórmula:

$$W = C_u \times \text{ancho del puente}$$

$$W = 480,862 \text{ kg/m}^2 \times 2 \text{ m}$$

$$W = 961,724 \text{ kg/m}$$

2.13.4. Refuerzos

Para conseguir la rigidez, el tablero ha de ser reforzado con riostras o estar formado por vigas transversales, y mediante tablonces anclados a las vigas transversales, combinación que proporciona la máxima rigidez con mínimo peso.

2.14. Análisis y diseño del sistema de piso

Se utilizará madera de pino tratado por medio del método de impregnación a célula llena con solución (CCA), compuesta por cobre, cromo y arsénico; que actúan como fungicidas y bactericidas, protegiéndola de la pudrición y de los insectos, garantizando así la durabilidad de la madera por 15 años.

Propiedades mecánicas del pino

| | |
|-------------------------------------|-----------------------------|
| Compresión paralela a la fibra | 1 100 lb/plg ² |
| Compresión perpendicular a la fibra | 325 lb/plg ² |
| Peso seco aparente | 59,50 lb/pie ³ |
| Elasticidad | 1,6 E+6 lb/pie ² |
| Esfuerzo al corte | 120 lb/plg ² |
| Esfuerzo a la flexión | 1 200 lb/plg ² |

Tipo de madera a utilizar en el sistema de piso.

Madera rústica cuadrada:

Tablonces de 2" x 1' x 10'

Peso propio de la madera: 49,50 lb/ft³

El tablón tendrá 1 in de espesor por 1 ft de ancho por 10 ft de largo

$$W_1 = 2 \text{ in} \times 12 \text{ in} \times \frac{1 \text{ ft}^2}{144 \text{ in}^2} \times \frac{50 \text{ lb}}{1 \text{ ft}^3}$$

$$W_1 = 8,33 \text{ lb /ft}$$

$$W_1 = 12,42 \text{ kg/m}$$

Determinando el momento actuante en el caminamiento provocado por el peso propio de la madera.

Momento en tramos continuos.

$$M_1 = \frac{WL^2}{8}$$

$$M_1 = \frac{(12,42 \frac{\text{kg}}{\text{m}})(1)^2}{8} = 1,55 \text{ kg}\cdot\text{m}$$

$$W_2 = \frac{Wcv}{\# \text{ piezas}}$$

$$W_2 = \frac{961,724 \text{ kg/m}}{6}$$

$$W_2 = 160,29 \text{ kg/m}$$

Momento actuante en el caminamiento provocado por Cu.

$$M_2 = \frac{W_2 L^2}{8}$$

$$M_2 = \frac{(160,29 \frac{\text{kg}}{\text{m}})(1)^2}{8}$$

$$M_2 = 20,03 \text{ kg}\cdot\text{m}$$

Momento total

$$M_T = M_1 + M_2$$

$$M_T = 1,55 \text{ kg}\cdot\text{m} + 20,03 \text{ kg}\cdot\text{m}$$

$$M_T = 21,58 \text{ kg}\cdot\text{m}$$

Verificación por el momento actuante

$$V = \frac{1}{2}W_{CM} + \frac{1}{2}W_{CV}$$

$$V = \frac{1}{2}(12,42 \text{ kg/m}) + \frac{1}{2}(160,29 \text{ kg/m})$$

$$V = 86,355 \text{ kg/m}$$

Calculando sección por corte

$$V_c = \frac{1,5 V}{A}$$

$$V_c = \frac{1,5 (86,355 \text{ kg})}{(0,0508 \times 0,3048)}$$

$$V_c = 8\,365,66 \text{ kg/m}^2$$

$$V_c < \partial c$$

$$\partial c = 84\,545,62 \text{ Kg/m}^2$$

Verificación de sección por flexión

$$F = \frac{MT*t/2}{I}$$

Donde

t: grosor del tablón

M_T : momento total

I: inercia del elemento

$$F = \frac{(21,58)(0,0508/2)}{\frac{1}{12}(0,3048)(0,0508)^3}$$

$$F = 164\,611,55 \text{ kg/m}^2$$

Esfuerzo de flexión de madera $\partial f = 845\,456,24 \text{ Kg/m}^2$

$$V_c < \partial c \quad \text{y} \quad F < \partial f$$

Por lo tanto la sección propuesta será con la que se trabajará.

Tablón de 2" x 1' x 10'

2.14.1. Diseño de vigas principales de madera

Sección de:

Base (b1) = 4"

Altura (h1) = 5"

$$S = \frac{b1 \times h1^2}{6}$$

$$S = \frac{(4" \times 2,54)(5" \times 2,54)^2}{6}$$

$$S = 273,12 \text{ cm}^3$$

$$R = \frac{2}{3} (b1)(h1)$$

$$R = \frac{2}{3} (4" \times 2,54 \times 5" \times 2,54)$$

$$R = 86,02 \text{ cm}^2$$

Cargas actuantes

Momento por carga muerta

Peso del entablado

$$W = h \times d \times \partial m$$

Donde

W: peso del entablado

h: separación entre vigas principales

d: alto del tablón

∂m : densidad de la madera = 750 kg/m^3

$$W = (0,3 \text{ m}) \left(\frac{2" \times 2,54}{100} \text{ m} \right) (750 \text{ kg/m}^3)$$

$$W = 11,43 \text{ kg/m}$$

Peso de vigas principales

$$W1 = b1 \times h1 \times \partial m \times 100$$

Donde

W1: peso de las vigas principales

b1: base

h1: altura

ρ_m : densidad de la madera

$$W1 = (4'' \times 0,0254 \text{ m} \times 5'' \times 0,0254 \text{ m})(750 \text{ kg/m}^3)(1,00)$$

$$W1 = 9,6774 \text{ kg/m}$$

Peso de clavos y otros 3 kg

$$\text{Peso total } Wd = 24,1074 \text{ kg/m}$$

Momento por carga muerta

$$M = \frac{Wd \times D^2}{8} \times 100$$

Donde

M: momento por carga muerta

Wd: peso total

D: separación entre vigas secundarias

$$M = \frac{(24,1074 \text{ kg/m}) (2\text{m})^2}{8} \times 100$$

$$M = 1\,205,37 \text{ kg m}$$

Cortante por carga muerta

$$V = Wd \times \frac{D}{2}$$

Donde

Wd: peso total

D: distancia entre vigas secundarias

$$V = (24,1074 \text{ kg/m})\left(\frac{2\text{m}}{2}\right)$$

$$V = 24,1074 \text{ kg}$$

Momento por carga viva

Momento por sobrecarga

$$ML = Sc \times \frac{D}{4}$$

Dnde

ML: momento por sobrecarga

Sc: carga viva con factor

D: distancia entre vigas secundarias

$$ML = (817 \text{ kg})(1,3)\left(\frac{2\text{m}}{4}\right) \times 100$$

$$ML = 53\,105 \text{ kg m}$$

Cortante por sobrecarga

$$V = Sc \times \frac{D}{2}$$

Donde

V: cortante por sobrecarga

Sc: carga viva con factor

D: distancia entre vigas secundarias

$$V = (817 \text{ kg}) (1,3) \left(\frac{2}{2}\right)$$

$$V = 1\,062,10 \text{ kg}$$

Chequeo

Esfuerzos actuantes totales a flexión:

$$E = \frac{(Md + ML)}{S}$$

$$E = \frac{(1\,205,37 \text{ kg cm} + 53\,105 \text{ kg cm})}{273,12 \text{ cm}^3}$$

$$E = 198,85 \text{ kg/cm}^2 < 210 \text{ kg/cm}^2$$

Esfuerzos actuantes totales al corte:

$$V = \frac{(Vd + VI)}{R}$$

$$V = \frac{(24,1074 \text{ kg} + 1\,062,10 \text{ kg})}{86,0213 \text{ cm}^2}$$

$$V = 12,63 \text{ kg/cm}^2 < 15,00 \text{ kg/cm}^2$$

2.14.2. Diseño de vigas secundarias de madera

Sección de:

Base (b2) = 3"

Altura (h2) = 6"

$$S = \frac{b2 \times h2^2}{6}$$

$$S = \frac{(3" \times 2,54)(6" \times 2,54)^2}{6}$$

$$S = 294,96 \text{ cm}^3$$

$$R = \frac{2}{3} (b2)(h2)$$

$$R = \frac{2}{3} (3" \times 2,54 \times 6" \times 2,54)$$

$$R = 77,42 \text{ cm}^2$$

Cargas actuantes

Momento por carga muerta

Peso del entablado

$$W = h \times d \times \partial m$$

Donde

W: peso del entablado

h: altura del tablón

d: distancia entre vigas secundarias

∂m : densidad de la madera

$$W = (2'' \times 0,0254 \text{ m}) (2 \text{ m}) (750 \text{ kg/m}^3)$$

$$W = 76,20 \text{ kg/m}$$

Peso de vigas principales

$$W1 = b2 \times h2 \times N \times d \times \frac{\partial m}{A}$$

Donde

W1: peso de las vigas principales

b2: base de las vigas

h2: altura de las vigas

N: número de vigas principales

d: distancia entre las vigas secundarias

∂m : densidad de la madera

A: ancho útil del entablado

$$W1 = (3'' \times 0,0254 \text{ m} \times 6'' \times 0,0254 \text{ m}) (2 \text{ m}) (7) \left(\frac{750 \text{ kg/m}^3}{1,8 \text{ m}} \right)$$

$$W1 = 67,74 \text{ kg/m}$$

Peso de vigas secundarias

$$Wv = b2 \times h2 \times \partial m \times 1$$

Donde

Wv: peso de vigas secundarias

b2: base de las vigas

h2: altura de las vigas

ρ : densidad de la madera

$$W_v = (3'' \times 0,0254 \text{ m} \times 6'' \times 0,0254 \text{ m}) (750 \text{ kg/m}^3)$$

$$W_v = 8,71 \text{ kg/m}$$

Peso de clavos y otros 15 kg/m

$$\text{Peso total } W_d = 167,65 \text{ kg/m}$$

Momento por carga muerta

$$M_d = \frac{W_d \times A^2}{8}$$

Donde

Wd: peso total

A: ancho útil del entablado

$$M_d = \frac{(167,65 \frac{\text{kg}}{\text{m}})(1,8\text{m})^2}{8} \times 100$$

$$M_d = 6\,789,88 \text{ kg cm}$$

Momento por la baranda

$$\text{Peso de baranda: } p = 70 \text{ kg}$$

Momento debido a la baranda

$$M_b = (70 \text{ kg}) (0,125 \times 100) \text{ m}$$

$$M_b = 875,00 \text{ kg m}$$

Momento total por carga muerta: 875 kg m + 6 789,88 kg m

$$\text{Momento total} = 7 664,88 \text{ kg m}$$

Cortante por carga muerta

$$V_d = \frac{W_d \times A}{2}$$

Donde

Vd: cortante por carga muerta

Wd: peso total

A: ancho útil del entablado

$$V_d = \frac{(167,65 \frac{\text{kg}}{\text{m}})(1,8 \text{ m})}{2}$$

$$V_d = 150,89 \text{ kg}$$

Corte por la baranda muerta

$$V = P$$

Donde

V: cortante por la baranda

P: peso de la baranda

$$V = 70 \text{ kg}$$

Momentos por sobrecarga

$$ML = \frac{Sc \times A^2}{8}$$

Donde

ML: momento por sobrecarga

Sc: carga viva con factor

A: ancho útil del entablado

$$ML = \frac{(817 \text{ kg})(1,3)(1,8)^2}{8} \times 100$$

$$ML = 43\,015,05 \text{ kg}$$

Cortante por sobrecarga

$$VI = \frac{Sc \times A}{2}$$

Donde

VI: corte por sobrecarga

Sc: carga viva con factor

A: ancho útil del entablado

$$VI = \frac{(817 \text{ kg})(1,3)(1,8 \text{ m})}{2}$$

$$VI = 955,89 \text{ kg}$$

Esfuerzos actuantes totales a flexión

$$E = \frac{(Md + Mb + ML)}{s}$$

Donde

Md: momento por carga muerta

Mb: momento por la baranda

ML: momento por sobrecarga

$$E = \frac{(6\,789,88 \text{ kg cm} + 7\,664,88 \text{ kg cm} + 43\,015,05 \text{ kg cm})}{294,96 \text{ cm}^3}$$

$$E = 194,83 \text{ kg/cm}^2 < 210 \text{ kg/cm}^2$$

Esfuerzos actuantes totales al corte

$$V = \frac{(Vd + VI + Vb)}{R}$$

Donde

Vd: cortante por carga muerta

VI: cortante por sobrecarga

Vb: cortante por la baranda

$$V = \frac{(150,88 \text{ kg} + 955,89 \text{ kg} + 70 \text{ kg})}{77,42 \text{ cm}^2}$$

$$V = 13,68 \text{ kg/cm}^2 < 15,00 \text{ kg/cm}^2$$

2.15. Análisis y diseño del cable principal

Para establecer la cantidad de cables necesarios en el puente, se tomará en cuenta los valores de carga anteriormente establecidos, se utilizará cable estructural regido por la Norma ASTM A-603.

Para determinar la tensión a la que serán sometidos los cables principales en el puente, se utilizará la siguiente fórmula según el libro de R. C. Hibbeler para tensión en cables, capítulo 5 Ec. 5-11.

$$T = \left(\frac{WL}{2}\right) \left(\sqrt{1 + \frac{L^2}{16f^2}}\right)$$

Donde

L: longitud del puente (m)

W: carga distribuida

F: flecha del puente

$$T = \left(\frac{971,552 \times 120}{2}\right) \left(\sqrt{1 + \frac{(120)^2}{16(3)^2}}\right)$$

$$T = 585\,838,60 \text{ kg}$$

F.S. = 40 % (factor de seguridad R. C. Hibbeler)

$$T_{\text{Fac}} = (585\,838,60 \text{ kg}) (1,40)$$

$$T_{\text{Fac}} = 820\,174,04 \text{ kg}$$

Donde

T_{Fac} = tensión con factor de seguridad.

2.15.1. Cable principal

Para elegir un cable se tiene que verificar que este debe ser resistente, lo suficiente para prevenir la máxima carga que pueda ser aplicada y con un adecuado factor de seguridad; además, debe resistir dobleces o flexiones repetidas sin que los cables fallen por fatiga y el desgaste abrasivo, la distorsión y aplastamiento.

Determinación del área de acero necesario

$$\sigma = \frac{T_{Fac}}{A}$$

Despejando el área de la ecuación

$$A = \frac{T_{Fac}}{\sigma}$$

$$\sigma = [\text{kg/cm}^2]$$

$$\sigma_{\text{acero}} = 220\,000 \text{ lb/in}^2$$

$$\sigma_{\text{acero}} = 15\,500,031 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{FS*acero} = 15\,500,031 \text{ kg/cm}^2 \times 0,65$$

$$\sigma_{\text{acero}} = 10\,075,02 \text{ kg/cm}^2$$

$$A = \frac{820\,174,04 \text{ kg}}{10\,075,02 \text{ kg/cm}^2}$$

$$A = 81,40 \text{ cm}^2$$

Se utilizará 8 cables de diámetro 2", cada cable tiene un área de 11.616 cm². Dos paquetes de 4 cables a cada lado del puente (ver detalle 1).

$$8 \text{ cables} \times 11,616 \text{ cm}^2 = 92,928 \text{ cm}^2$$

Revisión

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

$$\sigma \text{ de tensión} = \frac{820\,174,04 \text{ kg}}{92,928 \text{ cm}^2}$$

$$\sigma \text{ de tensión} = 8\,825,90 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma \text{ que resiste el cable} = 10\,075,02 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma \text{ que se necesita} = 8\,825,90 \text{ kg/cm}^2$$

Por lo tanto,

σ que resiste el cable > σ que se necesita

$$10\,075,02 \text{ kg/cm}^2 > 8\,825,90 \text{ kg/cm}^2$$

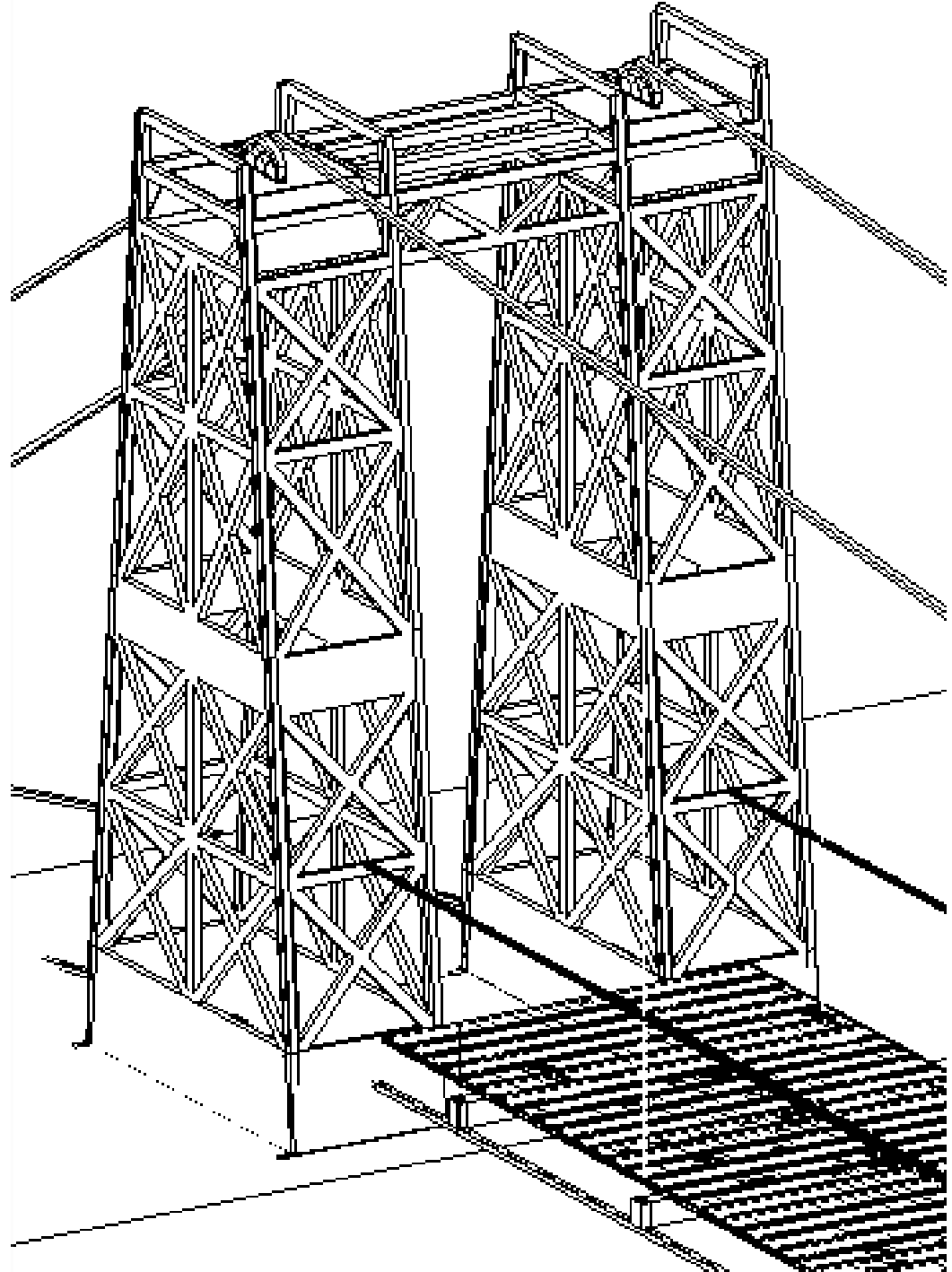
2.15.2. Tensores

Tensores: los cables tensores son utilizados para darle estabilidad al puente contra cargas de viento. Su cálculo está en el numeral 2.18.

2.15.3. Torres

Estas por lo general, son construidas de acero, ya sea de perfil cuadrado y rectangular, por la facilidad de construcción y montaje, estos van unidas a las elongaciones de las cimentaciones, por medio de pernos, para un mejor anclaje.

Figura 11. Torre de estructura metálica



Fuente: elaboración propia, empleando el programa SketchUp.

2.15.3.1. Predimensionamiento de columnas

Las torres mencionadas como de izquierda a derecha, poseen entre sí una distancia de 120 metros, ubicadas cerca de las estaciones (E-1) y (E-6) respectivamente. Encontrándose ambas con niveles de 100,00 metros y 99,93 metros respectivamente.

Se modificará la altura en las torres quedando a un mismo nivel, se calculará con la siguiente fórmula:

$$H = \Delta h + h_{\text{columna}}$$

Donde

Δh = diferencia de alturas

f = flecha

h_{columna} = altura de columna

Cálculo de diferencia de torres

$$\Delta h = 100,00 \text{ m} - 99,93 \text{ m}$$

$$\Delta h = 0,07 \text{ m}$$

$$H = \Delta h + h_{\text{columna}}$$

$$H = 0,07 \text{ m} + 5,50 \text{ m}$$

$$H = 5,57 \text{ m}$$

Por lo tanto, la torre de la estación E-6 tendrá una altura de 5,57 m.

2.15.3.2. Cálculo de tensión del cable en la columna

Debido a que el cable principal carga todos los tramos de la plataforma, es necesario integrar esa cantidad para el cálculo total.

$$\text{Módulos} = \frac{\text{Longitud del puente}}{\text{Long. Módulo}}$$

$$\text{Módulos} = 120 \text{ m} / 2 \text{ m} = 60 \text{ módulos}$$

Integración de carga = 1,4 Cv + 1,7 Cm en kg

$$1,4 (818,71 \text{ kg}) + 1,7 (242,35 \text{ kg})$$

$$\text{Carga} = 1 558,19 \text{ kg}$$

$$60 \text{ módulos} \times 1 558,19 \text{ kg} = 93 491,40 \text{ kg}$$

$$\text{Carga distribuida} = \frac{\text{Carga}}{\text{Longitud}}$$

$$\text{Carga distribuida} = \frac{93 491,40 \text{ kg}}{120,00 \text{ m}} = 779,10 \text{ kg/m}$$

Tensión máxima del cable (Tm) según libro de R. C. Hibbeler, capítulo 5
Ec. 5-10:

$$T_m = \frac{Ct \times L^2}{8 \times F} \times \sqrt{1 + (16 \times n^2)}$$

Donde

Tm: tensión máxima del cable

Ct: carga distribuida en el puente

L = longitud del puente

F: flecha

n: F/L

$$Tm = \frac{779,10 \frac{kg}{m} \times (120 m)^2}{8 \times 3 m} \times \sqrt{1 + (16 \times 0,025^2)}$$

$$Tm = 469\,791,49 \text{ kg}$$

Como el puente está cargado por dos juegos de cables, uno en cada extremo; se debe de dividir en 2 la tensión.

$$Tm = \frac{469\,791,49 \text{ kg}}{2}$$

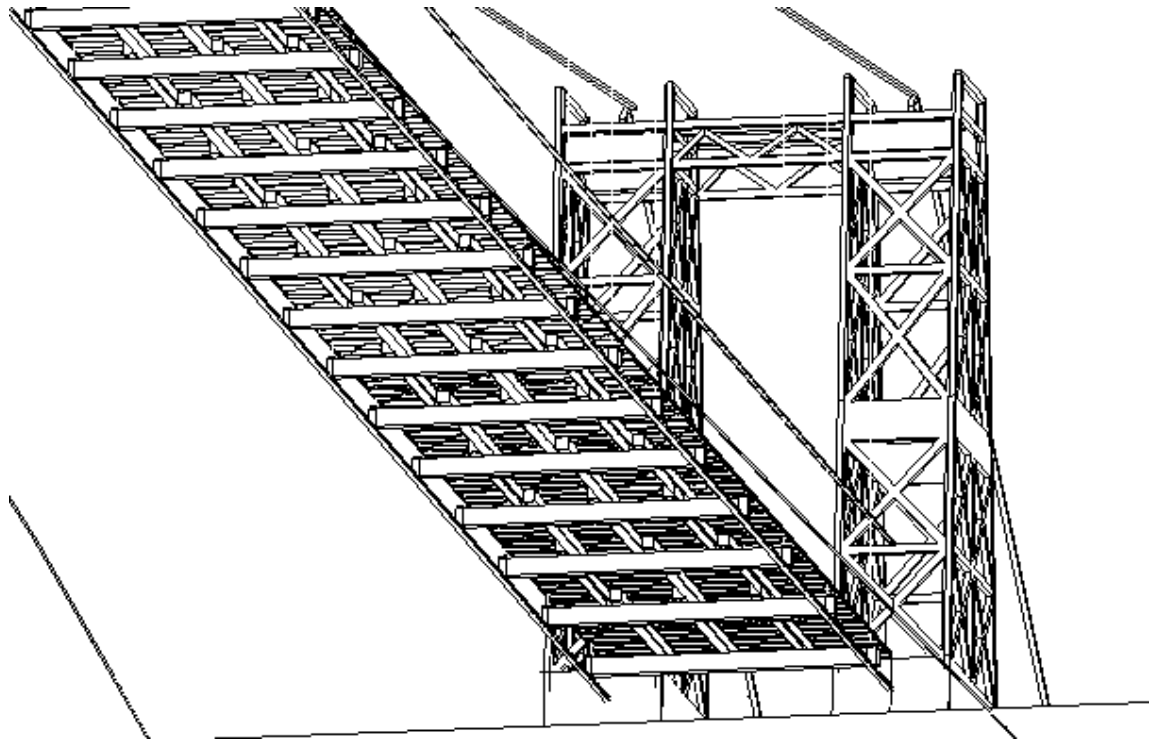
$$Tm = 234\,895,74 \text{ kg}$$

2.15.3.3. Refuerzo longitudinal y transversal

Plataformas de paso

Estos constan de las vigas principales, secundarias, que son de madera y la superficie de paso por lo general, se usan tablones. También se puede usar una estructura mixta entre vigas principales de acero y vigas secundarias de madera. Tiene que tenerse especial cuidado con las vigas secundarias, ya que ahí se instalarán las conexiones para anclarlos a las péndolas, ya que de ahí, serán suspendidos. Para los puentes de hamaca, solo son necesarios los tablones, ya que es su único sistema de paso, además de los cables inferiores.

Figura 12. **Plataforma de paso con vigas de madera**



Fuente: elaboración propia, empleando el programa SketchUp.

2.16. Anclaje

Todas las cimentaciones son diseñadas bajo los principios de la mecánica de suelos y mecánica de rocas.

2.16.1. Muerto

Es el elemento estructural situado en cada una de las orillas del puente donde los cables se sujetan al suelo, es aquí donde se brinda a los cables principales la tensión adecuada.

2.16.1.1. Predimensionamiento

Puente simétrico para efectos de predimensionamiento del muerto.

$W = 10\,738,00$ kg (peso total de la estructura)

Relación $B = 2H$

Peso del concreto ciclópeo: $2\,400$ kg/m³

$$\begin{aligned} 2\,400 \text{ kg} &= 1 \text{ m}^3 \\ 10\,738 \text{ kg} &= x \text{ m}^3 \\ x &= 4,50 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Vol} = 2H \times H \times H$$

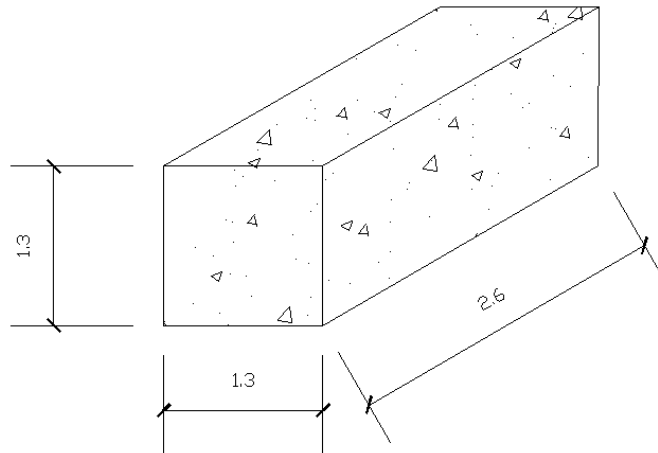
$$\text{Vol} = 2H^3$$

$$H = \sqrt{\frac{4,5}{2}}$$

$$H = 1,3 \text{ m}$$

Por lo que cada muerto deberá tener las siguientes dimensiones en metros representadas en el siguiente isométrico.

Figura 13. **Isométrico del muerto**



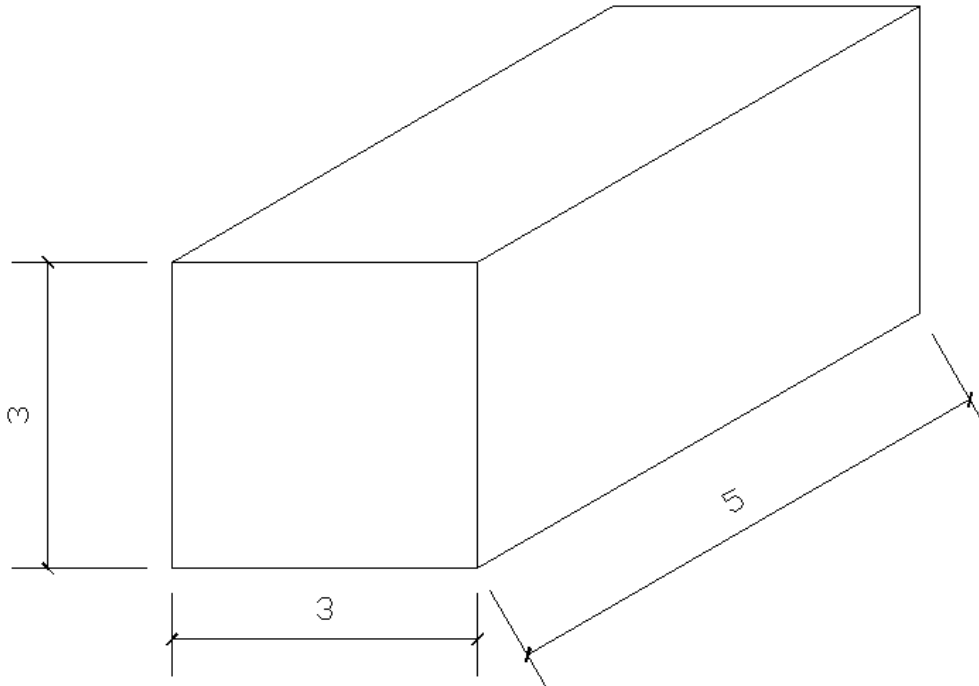
Fuente: elaboración propia, empleando el programa AutoCAD.

2.16.2. **Anclaje principal**

Concreto ciclópeo: (34 % concreto – 66 % piedras) para puentes colgantes suspendidos de hamaca, se perfila como una excelente opción, por su economía, facilidad de construcción y obtención de materiales, especialmente la piedra. No se debe usar con puentes colgantes con plataforma rígida.

Por acuerdo de la Municipalidad de San Agustín Acasaguastlán se trabajará con los muertos existentes del puente anterior, los cuales son 4 muertos de concreto; 2 individuales en cada torre, los cuales tienen las siguientes dimensiones en metros:

Figura 14. **Isométrico de muertos existentes**



Fuente: elaboración propia, empleando el programa AutoCAD.

2.17. **Análisis y diseño de torres**

Se proponen torres de estructura de acero, cada columna consiste en 4 tubos proceso \varnothing 4" longitudinales, y refuerzo diagonal de tubo proceso de \varnothing 3", según AISC para ambos elementos. Cada columna tiene 1,00 m x 2,20 m, y cada par de torres se encuentra unido por elementos rigidizantes de 4 tubos proceso \varnothing 4" diagonales en la parte superior de la estructura de las torres.

Cálculo por cada columna

$$\text{Carga} = \frac{234\,895,74 \text{ kg}}{2} = 117\,447,87 \text{ kg}$$

$$\text{Carga de viento} = 317,94 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Área crítica de la torre} = (\text{ancho} \times \text{alto})$$

$$\text{Área crítica de la torre} = (3,50 \text{ m} \times 5,50 \text{ m})$$

$$\text{Área crítica de la torre} = 19,25 \text{ m}^2$$

Según Agies 8.2.3 se debe mayorar la carga de viento con un factor de 1,3

$$\text{Carga de viento} = (1,3) (317,94 \text{ kg/m}^2) (19,25 \text{ m}^2)$$

$$\text{Carga de viento} = 7\,956,45 \text{ kg}$$

$$\text{Carga de sismo} = 4\,020,31 \text{ kg}$$

$$\text{Carga total} = 129\,424,63 \text{ kg}$$

Componente vertical de la tensión del cable de la columna (P_v)

$$P_v = \text{carga total} \times \text{sen } \theta$$

$$P_v = 129\,424,63 \times \text{sen } 30^\circ$$

$$P_v = 64\,712,32 \text{ kg}$$

Peso propio estimado (W_p)

Refuerzo longitudinal de joist 4 Ø 4" según AISC

$$4 \times (81,84 \text{ kg/m}) = 327,36 \text{ kg/m}$$

Refuerzo transversal de Ø 3" según AISC

$$9 \times (43,39 \text{ kg/m}) = 390,51 \text{ kg/m}$$

$$\text{Peso puntual total} = 717,87 \text{ kg/m}$$

Para ambas torres se multiplica por dos:

$$\text{Peso puntual total} = 717,87 \text{ kg/m} \times 2 \text{ m}$$

$$\text{Peso puntual total} = 1\,435,74 \text{ kg}$$

Peso soportado por una columna (Pc)

$$P_c = P_v + W_p$$

Donde

Pc: peso soportado por una columna

Pv: componente vertical de la tensión del cable

Wp: peso puntual total

$$P_c = 64\,712,32 \text{ kg} + 1\,435,74 \text{ kg}$$

$$P_c = 66\,148,06 \text{ kg}$$

Cálculo de la capacidad de soporte de la sección de las columnas:

Área de los 4 tubos, c/ columna = (A)

$$A = 4 \times (9,62 \text{ in}^2)$$

$$A = 38,48 \text{ in}^2$$

$$\text{Inercia (I)} = \frac{1}{12} b h^3$$

$$\text{Radio de giro (Rg)} = \sqrt{I/A}$$

$$\text{Inercia} = 4 \times (3,02 \text{ in}^4)$$

$$\text{Rg} = \sqrt{\frac{12,08 \text{ in}^4}{38,48 \text{ in}^2}}$$

$$I = 12,08 \text{ in}^4$$

$$\text{Rg} = 0,56 \text{ in}$$

Esbeltez (λ)

$$K = 1$$

$$\lambda = \frac{k \times ht}{Rg}$$

$$\lambda = \frac{1 \times 18,04 \text{ ft}}{0,56 \text{ in}}$$

$$\lambda = 32,22 \text{ ft/in}$$

Cálculo de $F_a = (\text{kips/in} \times \text{lg}^2)$

$$F_a = (\text{kips/in} \times \text{lg}^2) \times (32,22 \text{ ft/in})$$

$$F_a = 13,33 \text{ kips/in}^2$$

Presión (P)

$$P = Fa \times A$$

$$P = (13,33 \text{ kips/in}^2) \times (38,48 \text{ in}^2) \times (1 \text{ 000 lb})$$

$$P = 512 \text{ 940 lb} / 2,2 \text{ lb/kg}$$

$$P = 233 \text{ 153,80 kg}$$

Chequeo final

$$P \geq Pc$$

$$233 \text{ 153,80 kg} \geq 66 \text{ 148,06 kg}$$

Por lo tanto si cumple el criterio

2.18. Análisis y diseño de los tensores

Según la Dirección General de Caminos, para los tensores deben utilizarse los siguientes valores:

$$ht < 9,00 \text{ m} \quad Pv = 100 \text{ kg/m}^2$$

$$ht > 9,00 \text{ m} \quad Pv = 150 \text{ kg/m}^2$$

ht: es la altura de las torres

$$ht = 5,50 \text{ m}$$

$$Pv = 100 \text{ kg/m}^2$$

Factor de seguridad 1,8

$$Pv = (100 \text{ kg/m}^2) \times (1,8)$$

$$Pv = 180 \text{ kg/m}^2$$

$$WCu = 1,4 \text{ Cm}$$

$$WCu = 1,4 \times (71,34 \text{ kg/m}^2)$$

$$WCu = 99,876 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{total} = (Pv + WCu) \times 1 \text{ m}$$

$$W \text{ total} = (180 \text{ kg/m}^2 + 99,88 \text{ kg/m}^2) \times 1 \text{ m}$$

$$W \text{ total} = 279,88 \text{ kg/m}^2$$

Cálculo de la tensión en el cable tensor

$$T = W_{total} \times (L/2)$$

$$T = (279,88 \text{ kg/m}) \times (60 \text{ m})$$

$$T = 16 \text{ 792,80 kg}$$

Cálculo del área requerida para el acero a tensión

$$A = P/\sigma$$

$$A = \frac{16\,792,80\text{ kg}}{15\,500,03\text{ kg/cm}^2}$$

$$A = 1,08\text{ cm}^2 \text{ para la mitad del puente}$$

Si se utiliza un cable de 1" Ø por mitad del puente se obtendrá

$$\text{Área del cable de diámetro 1" = } 1,92\text{ cm}^2$$

Área de diseño > Área requerida

$$1,92\text{ cm}^2 > 1,08\text{ cm}^2$$

Se utilizará un tensor en cada lado del puente, debido a lo largo del mismo y para poder contrarrestar el volteo.

2.18.1. Diseño de péndolas

Varillas verticales que sostienen el piso del puente colgante.

$$F_{\text{adm}} = (0,60) (f_y)$$

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

$$A_{\text{péndola}} = \frac{P}{0,6 f_y}$$

Donde

P: cortante total

f_y : esfuerzo de fluencia del acero

$$A \text{ péndola} = \frac{V_d + V_b + V_I}{0,6 f_y}$$

$$A \text{ péndola} = \frac{150,89 \text{ kg} + 70 \text{ kg} + 955,89 \text{ kg}}{(0,60)(4200 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2})}$$

$$A \text{ péndola} = 0,4668 \text{ cm}^2$$

Se utilizarán péndolas de $\varnothing \frac{1}{2}$ " con un área de 1,27 cm²

2.19. Barandales para el caminamiento

Por motivos estrictamente de seguridad, tomando en cuenta que en el puente circularán personas y especialmente niños, el puente contará con un sistema de barandales de la siguiente forma:

- Un cable de acero de $\frac{1}{2}$ pulgada de diámetro en sentido longitudinal del puente, a una distancia de 1,00 metro del piso.
- Barandas de hierro de acero de $\frac{3}{8}$ pulgada de diámetro a cada 2,00 metros en ambos lados del puente.
- Se colocará malla galvanizada en ambos lados del puente, desde las rampas de acceso a modo de proteger al usuario a lo largo de toda la estructura, evitando su caída por todos los lados del puente.

2.20. Especificaciones técnicas

En cuanto a especificaciones generales, se tienen las siguientes para los cables:

- Empezar a desenrollar por el extremo del cable, nunca por el interior.
- Evitar el distorsionamiento de los cables.
- Antes de cortar el cable, hacer las ligaduras oportunas para evitar que se deshagan los extremos.
- Los cables se tensan uno por uno con una llave o gato Stilson.

Para aumentar la duración de los cables se debe proceder de la siguiente manera:

- El cable no debe rozar con cuerpos duros o de aristas vivas.
- Engrasar el cable, teniendo en cuenta que esta grasa debe ser neutra, para evitar corrosiones.
- Los cables sometidos a rozamiento intenso deben llevar alambres gruesos en el exterior.
- Las gargantas de poleas y tambores deben ser las adecuadas al diámetro del cable, y deben estar perfectamente pulidas.
- Los cables deben arrollarse en los tambores, en una sola capa.
- Deben evitarse poleas muy pesadas y de gran inercia.
- Deben usarse cables galvanizados y de alambre gruesos.

Para el desarrollo del proyecto se tienen las siguientes especificaciones:

- Cada cable principal debe tener un anclaje en los extremos. La separación mínima entre anclajes será de 30 centímetros (ver detalle 3).

- El anclaje se colocará formando un ángulo de 90° con el principal.
- Las barras del barandal deberán estar a 122 centímetros entre sí, debiendo absorberse la diferencia en los tramos extremos.
- La unión entre el cable de barandal y las barras del barandal debe ser fuerte que no permita el desalojamiento (ver plano de detalles 2/2).
- Para sujetar las vigas de madera a cada uno de los cables principales, a cada lado de un cable se colocará un sujetador con clavos de 6 plg. para fijarlo (ver detalle 4).
- Los cables principales se fijarán con abrazaderas (ver detalle 7).
- En toda la parte exterior del puente, se colocará malla de alambre galvanizado de acero. La malla se sujetará a los cables por medio de amarres de alambre galvanizado (ver figura 10).
- La madera debe ser tratada contra la pudrición con carbolíneo a presión.

Concreto

El concreto a utilizar será de clase tipo A, se hará con proporciones 1:2:2 cemento, arena y pedrín respectivamente, el cemento será de 4 000 PSI, la arena debe estar libre de materia vegetal y tener una granulometría regular, el pedrín será exclusivamente triturado, en ningún caso se permitirá una baja calidad de estos materiales, el mezclado se hará en un lugar limpio y libre de contaminantes orgánicos, debiendo hacer este con mezcladora, al final debe curarse el concreto por un período de 28 días para que alcance su resistencia óptima, la resistencia del concreto debe ser de 217 kg/cm².

Concreto ciclópeo

Se utilizará un 65 % de piedra y un 35 % de mortero. Las proporciones a utilizar serán de 1:3 cemento y arena respectivamente y piedra, la arena debe estar libre de materia vegetal y tener una granulometría regular, la piedra deberá ser uniforme en tamaño y forma, su diámetro debe estar comprendido entre 4" a 10" y el cemento será de 4 000 PSI.

La malla debe ser tejida y el alambre debe ser de 2,64 mm y la cubierta de zinc no será menor a 270 gr/m². La tensión promedio del alambre no será menor a 380 N/mm²; se utilizará como barandal del caminamiento según se detalla en la figura 10.

2.20.1. Matriz de evaluación

Tabla de doble entrada donde se describen criterios y niveles de calidad de cierto objetivo, de complejidad alta. Son unas guías de puntuación usadas en la evaluación del trabajo que describen las características específicas de un proyecto.

Figura 15. **Matriz de evaluación**

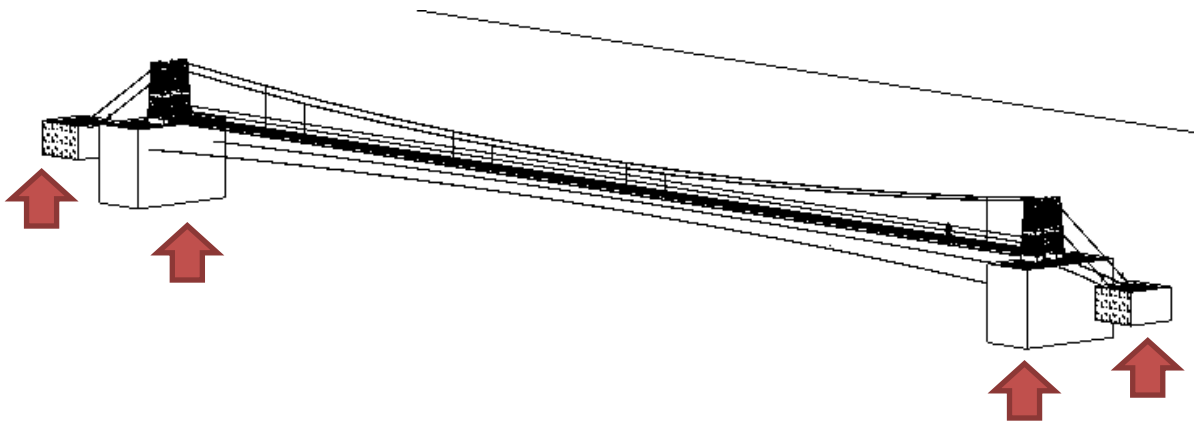
| | | | | |
|---------------------------------|----------------------|--------------------------------|------------------------------|----------------------|
| 1. Tipo de puente: | Hamaca | <input type="text"/> | Suspendido plataforma rígida | <input type="text"/> |
| 2. Nombre del puente: | <input type="text"/> | | | |
| 3. Ubicación del puente: | <input type="text"/> | | | |
| 4. Longitud horizontal: | <input type="text"/> | <input type="text"/> | 5. Ancho útil del puente: | <input type="text"/> |
| 5. Flecha del puente: | <input type="text"/> | | | |
| 6. Grosor del cable secundario: | <input type="text"/> | 7. Grosor del cable principal: | <input type="text"/> | |
| 8. Datos de las tablas de paso: | | | | |
| Largo | <input type="text"/> | | | |
| Ancho | <input type="text"/> | | | |
| Grosor | <input type="text"/> | | | |
| 9. Datos de las torres | | | | |
| Altura de las torres | <input type="text"/> | | | |
| Ancho | <input type="text"/> | | | |
| Grosor | <input type="text"/> | | | |
| 10. Particularidades: | <input type="text"/> | | | |

Fuente: análisis descriptivo de puentes colgantes peatonales, en la costa sur de Guatemala.

2.21. Fases constructivas del puente colgante flexible de hamaca

1. Fundición de cimentaciones y anclajes. Estos elementos deben ser precisos y alineados entre sí, para evitar cualquier error en las medidas de construcción, la transmisión de fuerzas laterales a otros elementos, y accesibilidad de inspección y mantenimiento. Con respecto a los cables, estos deben ser conectados por medio de cilindros trabados en el interior de dicha cimentación.

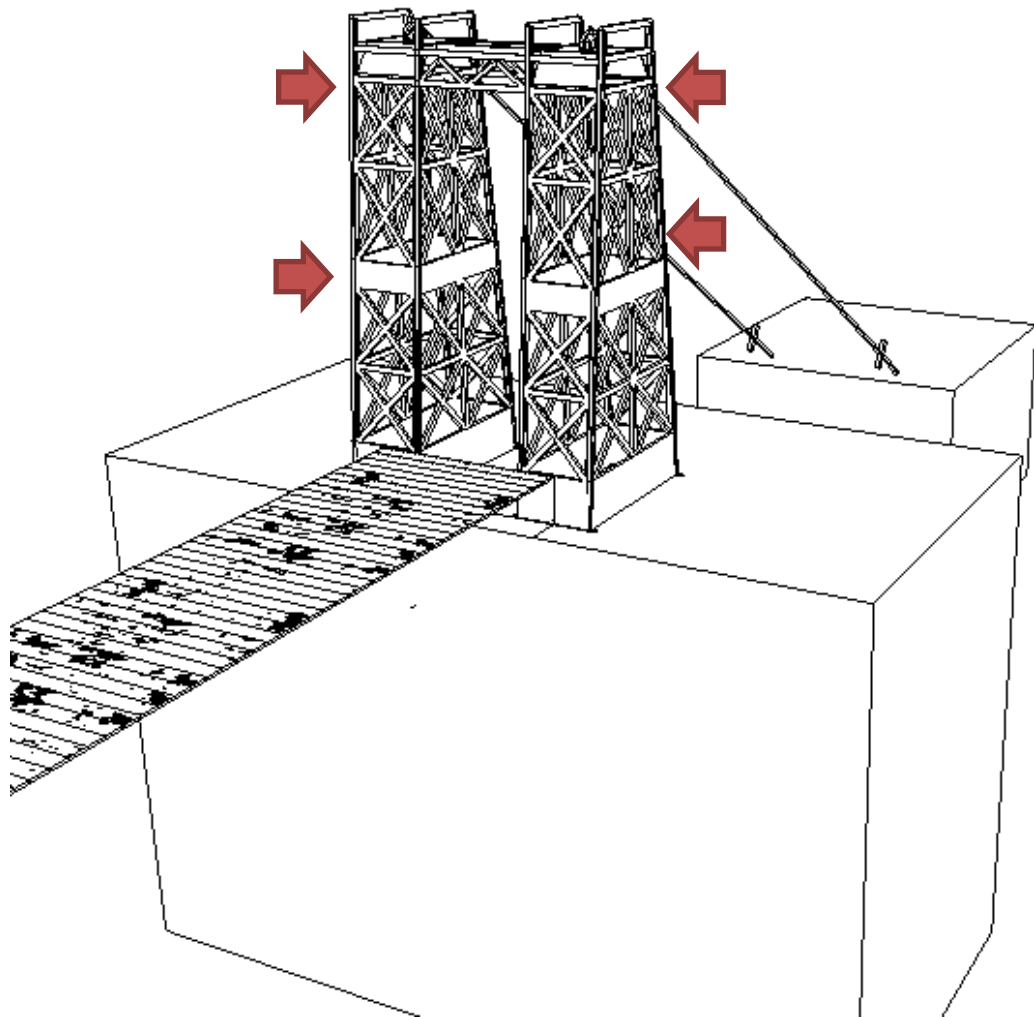
Figura 16. Fundición de cimiento y anclaje



Fuente: elaboración propia, empleando el programa SketchUp.

2. Erección de las torres. Cuando son construidas de acero estructural, estas serán instaladas en la prolongación de la cimentación principal, y serán de estructura de alma abierta. Se debe tener cuidado especial en la colocación de las monturas de los cables principales (que son los elementos que van en la parte superior de esta), los cuales deben quedar centrados y fijados, conforme a los requerimientos estructurales (ver detalle 2).

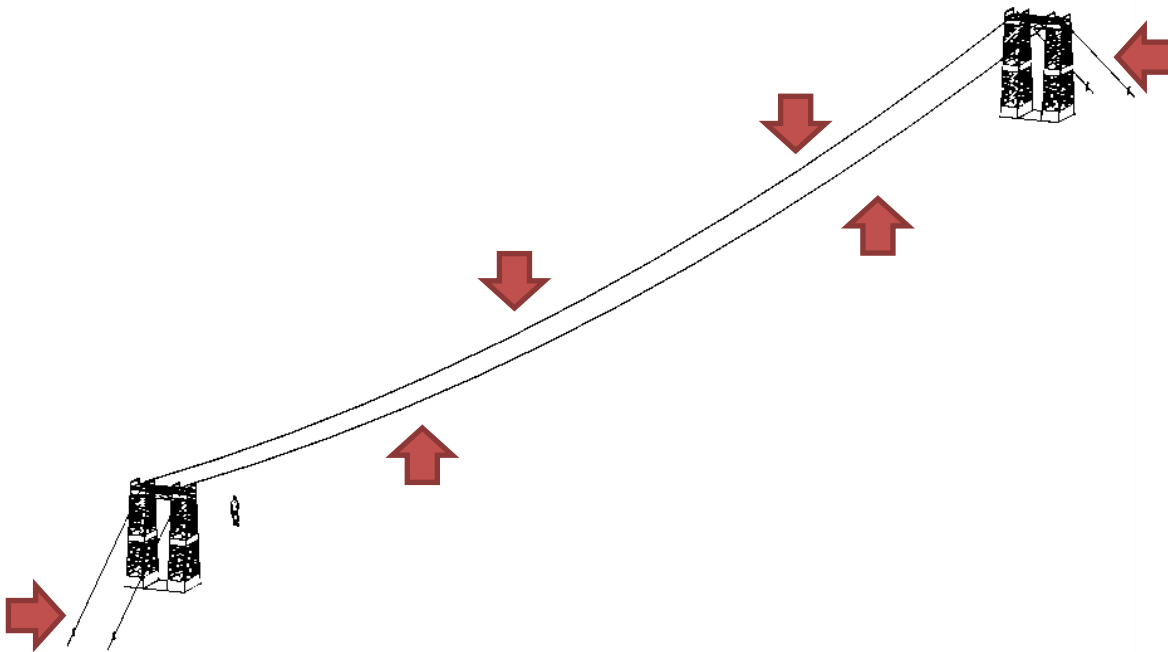
Figura 17. Erección de torres



Fuente: elaboración propia, empleando el programa SketchUp.

3. Montaje de los cables principales. La instalación de cables desenrollado, se procede a llevarlo hacia las torres para su colocación, es recomendable tener marcas en los tramos del cable que serán las longitudes de desarrollo de los tirantes laterales, de la parábola, y los puntos de apoyo en las torres. Para esta fase, es necesaria la instalación de cables auxiliares, con una flecha menor que el cable principal, que servirán para el tendido de los cables principales y posteriormente para el tendido de las péndolas. Este cable auxiliar puede ser de $\text{Ø}1/2''$ ya que soportará el paso del cable principal, además de su propio peso.

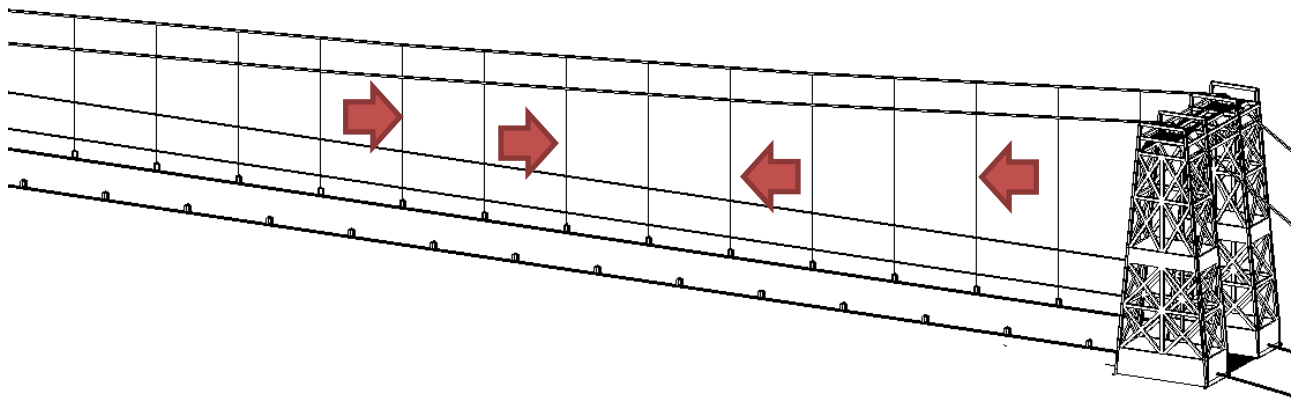
Figura 18. **Montaje de cables principales**



Fuente: elaboración propia, empleando el programa SketchUp.

4. Instalación de los cables secundarios (péndolas). Sobre los cables auxiliares se instala una cabina, metálica de preferencia, que funciona como plataforma de trabajo para la instalación de las péndolas. Esta plataforma se desliza sobre los cables auxiliares, el movimiento de la cabina se hace mediante malacates o poleas, jalando hacia delante o hacia atrás según se necesite. Las longitudes de las péndolas deben ser cuidadosamente calculadas en el numeral 2.18.1, tomando en cuenta las conexiones, las de cable principal-péndola y péndola-vigas principales, dejando cierto margen para ajustes finales de montaje.

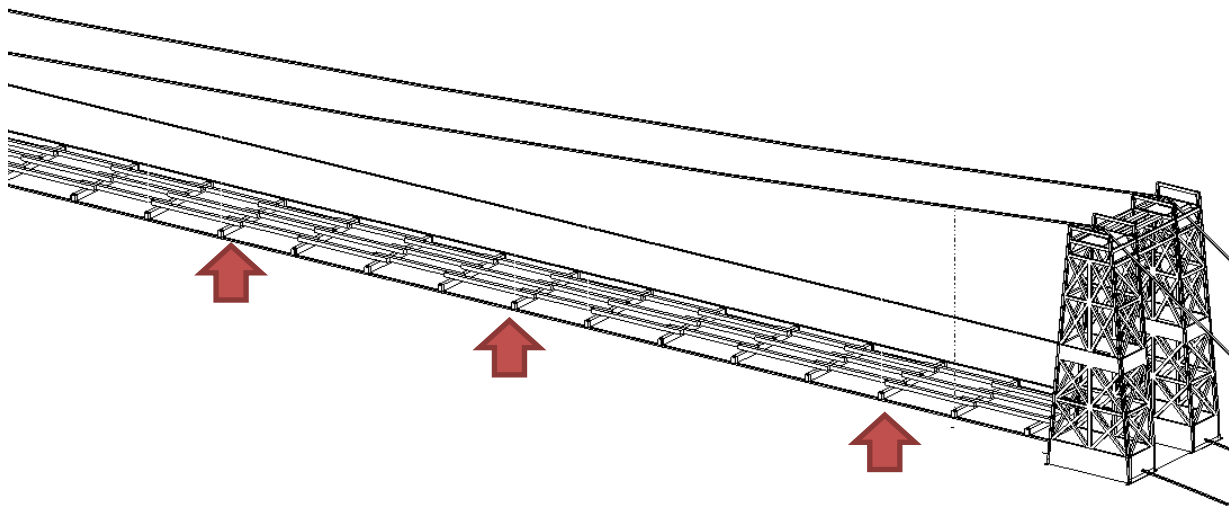
Figura 19. **Instalación de cables secundarios**



Fuente: elaboración propia, empleando el programa SketchUp.

5. Colocación de las vigas primarias y secundarias. La colocación de las vigas primarias también se puede hacer mediante el sistema descrito anteriormente, aunque la instalación del resto de la plataforma no tiene mayor dificultad. Su cálculo se realizó en los numerales 2.14.1 y 2.14.2 respectivamente.

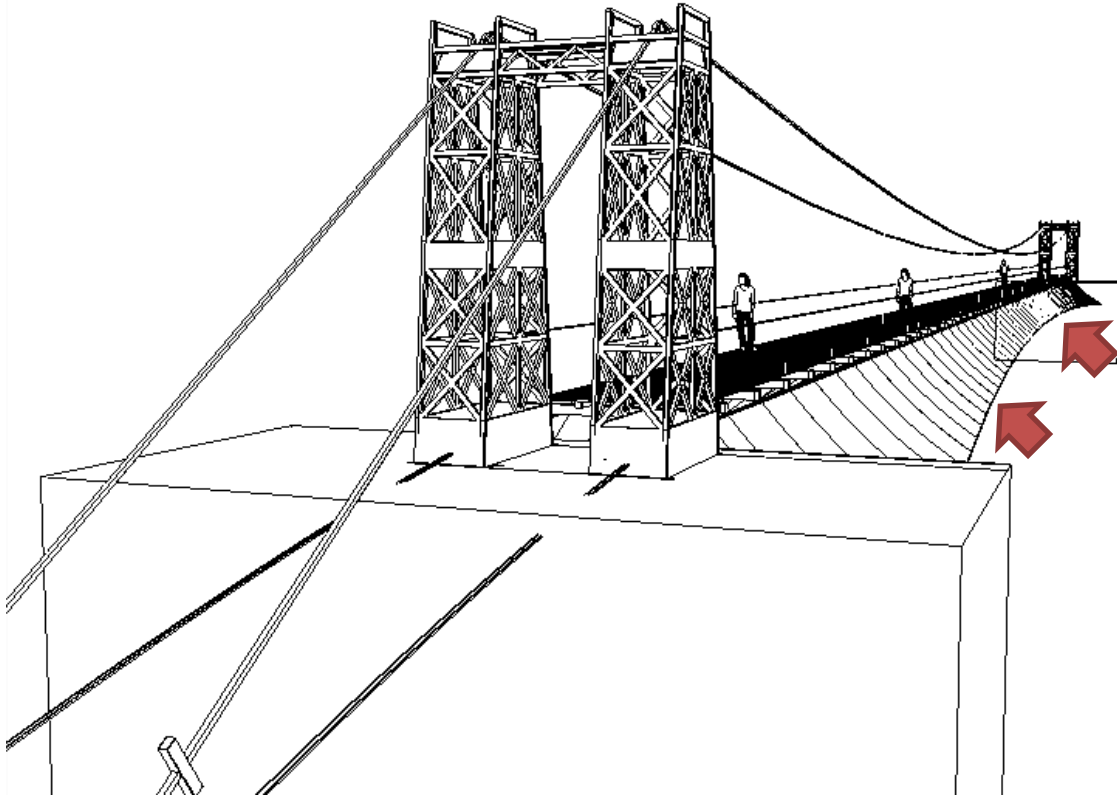
Figura 20. **Colocación de vigas primarias y secundarias**



Fuente: elaboración propia, empleando el programa SketchUp.

6. Instalación de cables laterales. La instalación de estos elementos es similar a la instalación de los cables principales, con la única diferencia es que el cable termina en las conexiones de las vigas principales, de manera que proteja acciones o cargas producidas por la presión del viento en dicha estructura y reducir el ladeo cuando se presente un sismo.

Figura 21. **Instalación de cables laterales**



Fuente: elaboración propia, empleando el programa SketchUp.

2.22. Presupuesto del puente colgante

Cálculo anticipado del coste del puente peatonal colgante de tipo hamaca, detallando la cantidad de dinero que se calcula necesaria o que se destina para ejecutar el proyecto.

Tabla XV. Presupuesto desglosado del proyecto

| CONSTRUCCIÓN PUENTE COLGANTE, SAN AGUSTÍN ACASAGUASTLÁN, EL PROGRESO | | | | | | | |
|--|----------------------|---|---------------|-----------|------------------------------|--------------------------------|------------------|
| CLAVE DE ORDEN | RENGLON DEL PROYECTO | DESCRIPCION MATERIAL Y/O MANO DE OBRA | CANTIDAD | UNIDAD | COSTO UNITARIO DE MATERIALES | COSTO UNITARIO DE MANO DE OBRA | TOTAL DEL RENGLO |
| 100 | | NIVELACION DEL TERRENO Y REPLANTEO TOPOGRAFICO | 810.00 | M² | | | |
| | MATERIAL | PALAS | 2.00 | UNIDAD | Q45.00 | | Q90.00 |
| | | POCHAS | 2.00 | UNIDAD | Q45.00 | | Q90.00 |
| | | CARRETA | 2.00 | UNIDAD | Q210.00 | | Q420.00 |
| | | MARTILLO | 2.00 | UNIDAD | Q40.00 | | Q80.00 |
| | | CINCEL | 2.00 | UNIDAD | Q50.00 | | Q100.00 |
| | | ALMADANA | 2.00 | UNIDAD | Q100.00 | | Q200.00 |
| | | MADERA | 15.00 | PT | Q8.00 | | Q120.00 |
| | | CLAVO | 40.00 | LB | Q10.00 | | Q400.00 |
| | | HILO DE NYLON | 1.00 | UNIDAD | Q5.20 | | Q5.20 |
| | | NIVEL (REGLA) | 1.00 | UNIDAD | Q28.30 | | Q28.30 |
| | | FLOMADA | 2.00 | UNIDAD | Q30.00 | | Q60.00 |
| | | ESTACA PARA PUENTE | 80.00 | UNIDAD | Q22.10 | | Q1,768.00 |
| | | EXTRACCION DE RIPO (FLETE) | 5.00 | MP | Q45.00 | | Q225.00 |
| | | | | | | SUBTOTAL | Q3,586.50 |
| | MANO DE OBRA | | | | | | |
| | | CERRAMIENTO PROVISIONAL | 80.00 | ML | | Q5.00 | Q400.00 |
| | | DEMOLICION | 50.00 | M² | | Q20.00 | Q1,000.00 |
| | | TRAZO Y ESTAQUEO | 100.00 | MP | | Q5.00 | Q500.00 |
| | | LIMPIEZA | 100.00 | MP | | Q3.00 | Q300.00 |
| | | | | | | SUBTOTAL | Q2,200.00 |
| | | | | | | TOTAL | Q5,786.50 |

| CLAVE DE ORDEN | RENGLON DEL PROYECTO | DESCRIPCION MATERIAL Y/O MANO DE OBRA | CANTIDAD | UNIDAD | COSTO UNITARIO DE MATERIALES | COSTO UNITARIO DE MANO DE OBRA | TOTAL DEL RENGLO |
|----------------|----------------------|---------------------------------------|-----------|-----------|------------------------------|--------------------------------|-------------------|
| 200 | | BASES DE CONCRETO | 25 | M3 | | | |
| | MATERIAL | CEMENTO | 250.00 | SACO | Q74.50 | | Q18,625.00 |
| | | ARENA | 16.00 | M3 | Q180.00 | | Q2,880.00 |
| | | PIEDRIN | 23.00 | M3 | Q220.00 | | Q5,060.00 |
| | | HIERRO 1/2" | 12.00 | qq | Q390.00 | | Q4,680.00 |
| | | MADERA | 190.00 | pt | Q12.00 | | Q2,280.00 |
| | | RIEL PARA TENSIONAR | 2.00 | UNIDAD | Q550.00 | | Q1,100.00 |
| | | | | | | SUBTOTAL | Q34,625.00 |
| | MANO DE OBRA | | | | | | |
| | MATERIAL | EXCAVACION | 25.00 | M3 | Q120.00 | | Q3,000.00 |
| | | FORMALETEO | 24.00 | ML | Q10.00 | | Q240.00 |
| | | FUNDICION DE BASES | 25.00 | M3 | Q450.00 | | Q11,250.00 |
| | | QUITAR FORMALETA | 25.00 | MP | Q5.00 | | Q125.00 |
| | | | | | | SUBTOTAL | Q14,615.00 |
| | | | | | | TOTAL | Q49,240.08 |

Continuación de la tabla XV.

| CLAVE DE ORDEN | REGLON DEL PROYECTO | DESCRIPCION MATERIAL Y/O MANO DE OBRA | CANTIDAD | UNIDAD | COSTO UNITARIO DE MATERIALES | COSTO UNITARIO DE MANO DE OBRA | TOTAL DEL REGLON | |
|----------------|---------------------|--|-------------|---------------|------------------------------|--------------------------------|-------------------|-------------------|
| 300 | MATERIAL | ESTRUCTURA METALICA (TORRES) | 4.00 | UNIDAD | | | | |
| | | ANGULAR DE 4" X 4" DE 1/4" | 40.00 | UNIDAD | Q300.00 | | Q12,000.00 | |
| | | PLATINAS DE 1/4" PARA ESTRUCTURA | 10.00 | UNIDAD | Q550.00 | | Q5,500.00 | |
| | | PERNOS PARA ANCLAJE DE PLATINAS EN BASES | 400.00 | UNIDAD | Q35.00 | | Q14,000.00 | |
| | | PLATINAS DE 1/4" PARA BASES | 16.00 | UNIDAD | Q550.00 | | Q8,800.00 | |
| | | ANGULAR DE 4" X 4" DE 1/4" PARA BREZAS | 32.00 | UNIDAD | Q300.00 | | Q9,600.00 | |
| | | ELECTRODO PUNTO CAFÉ | 40.00 | LB | Q16.00 | | Q640.00 | |
| | | DISCOS PARA CORTAR METAL 8" | 25.00 | UNIDAD | Q35.00 | | Q875.00 | |
| | | TORNILLO PARA ANCLAJE DE ESTRUCTURA | 2,000.00 | UNIDAD | Q8.00 | | Q16,000.00 | |
| | | | | | | | SUBTOTAL | Q67,415.00 |
| | MANO DE OBRA | | | | | | | |
| | | CORTE DE ANGULAR PARA ESTRUCTURA | 4.00 | UNIDAD | Q1,500.00 | | Q6,000.00 | |
| | | CORTE DE PLANTINAS PARA ESTRUCTURA | 4.00 | UNIDAD | Q1,000.00 | | Q4,000.00 | |
| | | CORTE DE PLANTINAS PARA BASE | 4.00 | UNIDAD | Q850.00 | | Q3,400.00 | |
| | | PERFORACION DE ENCLAJE PARA ANCLAJE | 500.00 | UNIDAD | Q8.00 | | Q4,000.00 | |
| | | PERFORACION DE PLATINAS PARA BASE | 400.00 | UNIDAD | Q8.00 | | Q3,200.00 | |
| | | COLOCACION DE TORNILLOS Y ARMADO DE ESTRUCTURA | 2,000.00 | UNIDAD | Q1.00 | | Q2,000.00 | |
| | | COLOCACION DE PERNOS PARA BASE | 400.00 | UNIDAD | Q3.00 | | Q1,200.00 | |
| | | | | | | SUBTOTAL | Q23,800.00 | |
| | TOTAL | | | | | | | Q91,215.00 |

| CLAVE DE ORDEN | REGLON DEL PROYECTO | DESCRIPCION MATERIAL Y/O MANO DE OBRA | CANTIDAD | UNIDAD | COSTO UNITARIO DE MATERIALES | COSTO UNITARIO DE MANO DE OBRA | TOTAL DEL REGLON | |
|----------------|---------------------|--|--------------|-----------|------------------------------|--------------------------------|------------------|--------------------|
| 400 | MATERIAL | CABLEADO PARA PUENTE | 12.00 | ML | | | | |
| | | CABLE PRINCIPAL PARA PUENTE 1 1/2" | 500.00 | ML | Q145.00 | | Q72,500.00 | |
| | | CABLE SECUNDARIO PARA TENSAR 1" | 250.00 | ML | Q100.00 | | Q25,000.00 | |
| | | CABLE SECUNDARIO PARA COLGAR MADERA 1" | 460.00 | ML | Q100.00 | | Q46,000.00 | |
| | | TUBO GALVANIZADO DE 1 1/2" | 50.00 | UNIDAD | Q125.00 | | Q6,250.00 | |
| | | MACISO SOQUET DE 4" CON ORIFICIO DE 1 1/2" | 12.00 | UNIDAD | Q350.00 | | Q4,200.00 | |
| | | GRAPAS PARA SUJECION DE CABLES | 120.00 | UNIDAD | Q35.00 | | Q4,200.00 | |
| | | GUARDA CABOS PARA CABLES | 120.00 | UNIDAD | Q12.00 | | Q1,440.00 | |
| | | PINTURA ANTI CORROSIVA | 15.00 | GALON | Q180.00 | | Q2,700.00 | |
| | | | | | | | SUBTOTAL | Q162,290.00 |
| | MANO DE OBRA | | | | | | | |
| | | COLOCACION DE CABLE DE 1 1/2" | 500.00 | ML | | Q12.00 | Q6,000.00 | |
| | | COLOCACION DE CABLE DE 1" | 710.00 | ML | | Q12.00 | Q8,520.00 | |
| | | COLOCACION DE TUBO GALVANIZADO | 50.00 | UNIDAD | | Q5.00 | Q250.00 | |
| | | COLOCACION DE SOQUET DE 4" | 12.00 | UNIDAD | | Q250.00 | Q3,000.00 | |
| | | COLOCACION DE SUJETORES PARA CABLE | 120.00 | UNIDAD | | Q6.00 | Q720.00 | |
| | | COLOCACION DE CABOS PARA CABLE | 120.00 | UNIDAD | | Q6.00 | Q720.00 | |
| | | PINTADO DE CABLE CON ANTICORROSIVO | 1,210.00 | ML | | Q3.00 | Q3,630.00 | |
| | | | | | | | SUBTOTAL | Q19,210.00 |
| | | TOTAL | | | | | | |

Continuación de la tabla XV.

| CLAVE DE ORDEN | REGLON DEL PROYECTO | DESCRIPCION MATERIAL Y/O MANO DE OBRA | CANTIDAD | UNIDAD | COSTO UNITARIO DE MATERIALES | COSTO UNITARIO DE MANO DE OBRA | TOTAL DEL REGLON | |
|----------------|---------------------|--|-----------------|-----------|------------------------------|--------------------------------|--------------------|--------------------|
| 500 | MATERIAL | MADERA PARA PUENTE | 8,080.00 | PT | | | | |
| | | VIGAS DE MADERA PRINCIPALES | 1,600.00 | PT | Q21.00 | | Q33,600.00 | |
| | | VIGAS SECUNDARIAS DE MADERA DE | 2,430.00 | PT | Q19.00 | | Q46,170.00 | |
| | | TABLONES DE 1" X 1' X 10' PARA BASE | 4,050.00 | PT | Q16.00 | | Q64,800.00 | |
| | | TORNILLO PARA ANCLAJE DE MADERA 12" | 1,600.00 | UNIDAD | Q12.00 | | Q19,200.00 | |
| | | TUERCAS PARA TORNILLO | 1,600.00 | UNIDAD | Q4.00 | | Q6,400.00 | |
| | | | | | | SUBTOTAL | Q170,170.00 | |
| | MANO DE OBRA | | | | | | | |
| | | PERFORACION Y COLOCACION DE MADERA 5" X 10" | 2,250.00 | PT | | Q3.50 | Q7,875.00 | |
| | | PERFORACION Y COLOCACION DE MADERA 3" X 6" | 2,430.00 | PT | | Q3.50 | Q8,505.00 | |
| | | PERFORACION Y COLOCACION DE TABLON PARA BASE | 1.00 | GLOBAL | | Q2,500.00 | Q2,500.00 | |
| | | COLOCACION DE TORNILLOS PARA FIJAR MADERA | 1,600.00 | UNIDAD | | Q3.50 | Q5,600.00 | |
| | | | | | | SUBTOTAL | Q24,480.00 | |
| | TOTAL | | | | | | | Q194,650.00 |

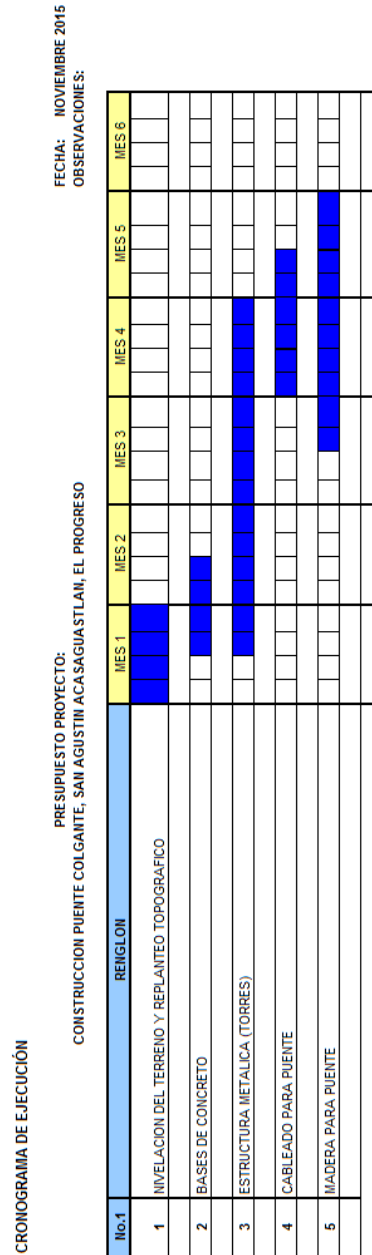
| | |
|--------------|--------------|
| Q 438 086,50 | Q 84 305,00 |
| MATERIALES | MANO DE OBRA |

TOTAL DE PROYECTO Q 522 391,50

Fuente: elaboración propia, empleando el programa Microsoft Excel.

2.23. Cronograma de ejecución

Representación gráfica de la ejecución de la obra del proyecto en función del tiempo.



Fuente: elaboración propia, empleando el programa Microsoft Excel.

2.24. Requerimientos de un estudio de impacto ambiental

El estudio de impacto ambiental es un instrumento técnico legal de carácter predictivo que sirve para identificar, comprender, conocer y gestionar los impactos ambientales del proyecto a realizar.

La normativa legal ambiental vigente en Guatemala (general) establece que para cada proyecto que se desee implementar se deberá elaborar un estudio de impacto ambiental, Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente (Decreto 68 de 1986).

Los requisitos que pide la Dirección de Gestión Ambiental y Recursos Naturales son:

Tabla XVI. **Requisitos del instrumento ambiental**

| Núm. | Requisitos | Sí | No | No aplica |
|------|--|----|----|-----------|
| 1 | 1.1. Formulario de evaluación ambiental inicial o diagnóstico ambiental de bajo impacto con la información correspondiente completa. | | | |
| 2 | Plano | | | |
| | 2.1. Plano de localización a escala visible. | | | |
| | 2.2. Plano de ubicación. | | | |
| | 2.3. Plano de distribución arquitectónica. | | | |
| | 2.4. Plano de instalaciones hidráulicas (agua potable). | | | |
| | 2.5. Plano de instalaciones sanitarias (agua residual y pluvial). | | | |

Continuación de la tabla XVI.

| | | | | |
|---|--|--|--|--|
| | 2.6. Plano de detalles del sistema de tratamiento de las aguas residuales. | | | |
| | 2.7. Plano de secciones. | | | |
| | 2.8. Plano de curvas de nivel originales y modificadas. | | | |
| 3 | Fotocopia completa del DPI del proponente o su representante legal, o copia del pasaporte si fuera extranjero. | | | |
| 4 | Acta notarial de declaración jurada del proponente. | | | |
| 5 | Personería | | | |
| | 5.1. Fotocopia del nombramiento del representante legal con su registro respectivo. | | | |
| | 5.2. Acta de toma de posesión. | | | |
| | 5.3. Acuerdo emitido por el Tribunal Supremo Electoral. | | | |
| | 5.4. Fotocopia del mandato con su inscripción del registro respectivo. | | | |
| 6 | Fotocopia del documento que acredita el derecho sobre el predio a favor del proponente. | | | |
| 7 | Patente de comercio de la empresa y sociedad. | | | |
| 8 | Fotocopia simple del Registro Tributario Unificado (RTU) del proponente. | | | |
| 9 | Dos copias completas del instrumento ambiental en CD en formato PDF. | | | |

Continuación de la tabla XVI.

| | | | |
|----|--|--|--|
| 10 | Instrumento ambiental debidamente foliado de adelante hacia atrás y únicamente en el anverso de las hojas, en la esquina superior derecha, con números arábigos enteros (no alfanuméricos), de forma consecutiva, sin tachones, enmendaduras, sin corrector o cualquier otro medio que cubra o altere la numeración. | | |
|----|--|--|--|

Fuente: elaboración propia, empleando términos del MARN.

- Requisitos de presentación:
 - Presentar original del documento en forma física y una copia para sellar de recibido.
 - Toda la documentación presentada relacionada al instrumentario ambiental deberá figurar en fotocopia autenticada de forma completa y legible.
 - Planos debidamente firmados, sellados y timbrados por el profesional correspondiente.

Tabla XVII. **Datos generales para instrumentos ambientales**

| | |
|---|--|
| Número de expediente | |
| Nombre del proyecto | |
| Folios al momento del ingreso | |
| Tipo de proyecto | |
| Tipo de actividad que va a desarrollarse en el proyecto terminado | |
| Dirección exacta del proyecto | |

Continuación de la tabla XVII.

| | |
|---|--|
| Nombre de la empresa o razón social | |
| Nombre del representante legal o persona individual | |
| Dirección para recibir notificaciones | |
| Número telefónico | |
| Número de NIT de la empresa o representante legal | |
| Monto estimado de inversión del proyecto | |
| Número de empleos que va a generar en la fase de operación y en la fase de construcción | |
| Localización de área protegida | |
| Ubicación del proyecto en coordenadas UTM | |
| Fuente de abastecimiento de agua | |
| Folios de los costos de medidas de mitigación | |
| Numero de DPI del representante legal | |

Fuente: elaboración propia, empleando términos del MARN.

Cuadro de impactos ambientales

En el siguiente cuadro, identificar el o los impactos ambientales que pueden ser generados como resultado de la construcción y operación del proyecto, obra, industria o actividad. Marcar con una X o indicar que no aplica, no es suficiente, por lo que se requiere que se describa y detalle la información, indicando si corresponde o no a sus actividades (usar hojas adicionales si fuera necesario).

Tabla XVIII. **Impactos ambientales**

| Núm. | Aspecto Ambiental | impacto ambiental | Tipo de impacto ambiental (de acuerdo con la descripción del cuadro anterior) | Indicar los lugares de donde se espera se generen los impactos ambientales | Manejo ambiental Indicar qué se hará para evitar el impacto al ambiente, trabajadores y/o vecindario. |
|------|-------------------|--|---|--|--|
| 1 | Aire | Gases o partículas (polvo, vapores, humo, hollín, monóxido de carbono, óxidos de azufre, entre otros.) | | | |
| | | Ruido | | | |
| | | Vibraciones | | | |
| | | Olores | | | |
| 2 | Agua | Abastecimiento de agua | | | |
| | | Aguas residuales Ordinarias (aguas residuales generadas por las actividades domésticas) | Cantidad: | | |
| | | Aguas residuales Especiales (aguas residuales generadas por servicios públicos municipales, actividades de servicios, industriales, agrícolas, pecuarias, hospitalarias) | Cantidad: | Descarga: | |

Continuación de la tabla XVIII

| | | | | | |
|---|---------------|---|-----------|-------------|--|
| | | Mezcla de las aguas residuales anteriores | Cantidad: | Descarga: | |
| | | Agua de lluvia | Captación | Descarga: | |
| 3 | Suelo | Desechos sólidos (basura común) | Cantidad: | | |
| | | Desechos Peligrosos (con una o más de las siguientes características: corrosivos, reactivos, explosivos, tóxicos, inflamables y bioinfecciosos) | Cantidad: | Disposición | |
| | | Descarga de aguas residuales (si van directo al suelo) | | | |
| | | Modificación del relieve o topografía del área | | | |
| 4 | Biodiversidad | Flora (árboles, plantas) | | | |
| | | Fauna (animales) | | | |
| | | Ecosistema | | | |
| 5 | Visual | Modificación del paisaje | | | |
| 6 | Social | Cambio o modificaciones sociales, económicas y culturales, incluyendo monumentos arqueológicos | | | |
| 7 | Otros | | | | |
| | | | | | |

Continuación de la tabla XVII

NOTA: Complementaria a la información proporcionada se solicitan otros datos importantes en los numerales siguientes.

| V. DEMANDA Y CONSUMO DE ENERGIA |
|---|
| <p>CONSUMO</p> <p>V.1 Consumo de energía por unidad de tiempo (kW/hr o kW/mes) _____</p> <p>V.2 Forma de suministro de energía</p> <p>a) Sistema público _____</p> <p>b) Sistema privado _____</p> <p>c) generación propia _____</p> <p>V.3 Dentro de los sistemas eléctricos de la empresa se utilizan transformadores, condensadores, capacitores o inyectores eléctricos? SI _____ NO _____</p> <p>V.4 Qué medidas propone para disminuir el consumo de energía o promover el ahorro de energía?</p> |
| VI. EFECTOS Y RIESGOS DERIVADOS DE LA ACTIVIDAD |
| <p>VI.1 Efectos en la salud humana del vecindario:</p> <p>a) <input 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>VI.2 En el área donde se ubica la actividad, a qué tipo de riesgo puede estar expuesto?</p> <p>a) inundación () b) explosión () c) deslizamientos ()</p> <p>d) derrame de combustible () e) fuga de combustible () d) Incendio () e) Otro ()</p> <p>Detalle la información explicando el por qué?</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> |
| <p>VI.3 riesgos ocupacionales:</p> <p><input type="checkbox"/> Existe alguna actividad que represente 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 type="checkbox"/> No existen riesgos para los trabajadores</p> <p>Ampliar información:</p> |

Continuación de la tabla XVIII

| |
|---|
| <p>VI.4 Equipo de protección personal</p> <p>VI.4.1 Se provee de algún equipo de protección para los trabajadores? SI () NO ()</p> <p>VI.4.2 Detallar que clase de equipo de protección se proporciona:</p> <p>VI.4.3 ¿Qué medidas propone para evitar las molestias o daños a la salud de la población y/o trabajadores?</p> |
|---|

Fuente: Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.

Documentos que deben adjuntar al formato:

- Plano de localización o mapa escala 1:5000.
- Plano de ubicación.
- Plano de distribución.
- Plano de los sistemas hidráulico sanitarios (agua potable, aguas pluviales, drenajes, planta de tratamiento).

Presentar original del documento en forma física y una copia completa del mismo en medio magnético (cd) (si el proyecto se encuentra fuera del departamento de Guatemala deberán presentarse dos copias magnéticas.)

1. El expediente se imprimirá en ambos lados de las hojas.
2. Presentar una copia para sellar de recibido.
3. El documento deberá foliarse de adelante hacia atrás (dicha foliación irá solamente en la parte frontal de las hojas, esquina superior derecha).
4. Fotocopia de DPI.
5. Declaración jurada.

6. Fotocopia del nombramiento del representante legal.

Nota: el tamaño de planos deberá ser:

Carta
Oficio
Doble carta

Lo que debe contener la portada del impacto ambiental

Figura 22. **Portada del estudio de impacto ambiental**

| |
|---|
| <p>PLAN DE GESTIÓN AMBIENTAL</p> <p>“Título del proyecto”</p> <p>Imagen [fotografía del lugar]</p> <p>ELABORADO POR:</p> <p>Nombre del ingeniero</p> <p>Licencia ambiental</p> <p>Núm. de colegiado</p> <p>Mes y año</p> |
|---|

Fuente: MARN.

Tabla XIX. **Ejemplo ilustrativo de índice**

| Núm. | CONTENIDO | PÁGINA |
|------|--|--------|
| 1. | Datos Generales: | 13 |
| 1.1. | Representante legal del proyecto | 13 |
| 1.2. | Número de identificación tributaria (NIT) | 13 |
| 1.3. | Actividad principal de la persona jurídica | 13 |
| 1.4. | Dirección para recibir notificaciones | 13 |
| 1.5. | Identificación comercial | 13 |
| 1.6. | Dirección del proyecto | 13 |
| 1.7. | Amparo legal | 13 |
| 2. | INTRODUCCIÓN | 14 |
| 2.1. | Objetivos y justificación del proyecto | 16 |
| 3. | Información general | 20 |
| 3.1. | Personal que participó en la elaboración del Plan de Gestión Ambiental | 20 |
| 4. | DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO | 20 |
| 4.1. | Ubicación geográfica y área de influencia | 20 |
| 4.2. | Descripción técnica del proyecto | 24 |
| 4.3. | Infraestructura a desarrollar | 27 |
| 4.4. | Maquinaria, equipo y materiales a utilizar | 34 |
| 4.5. | Mano de obra requerida | 34 |
| 4.6. | Disposición de desechos sólidos en las etapas de construcción, operación y abandono. | 35 |
| 5. | IDENTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES | 37 |
| 5.1. | Impacto al sistema atmosférico y al ambiente sonoro | 41 |
| 5.2. | Impacto sobre el sistema suelo | 42 |
| 5.3. | Impactos ambientales al ecosistema | 43 |
| 5.4. | Impactos ambientales al medio social | 44 |
| 5.5. | Impactos al componente estético | 45 |
| 5.6. | Impactos al medio socioeconómico | 47 |
| 5.7. | Amenazas naturales | 47 |
| 6. | EVALUACIÓN Y SINTESIS DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES | 50 |
| 6.1. | Identificación de normas y legislación a cumplir | 51 |
| 7. | MEDIDAS DE MITIGACIÓN | 58 |
| 7.1. | Metas para cumplir las medidas de mitigación | 58 |
| 8. | PLANES DE MANEJO ESPECÍFICOS | 60 |
| 8.1. | Plan de Manejo de Desechos Sólidos Ordinarios | 60 |
| 8.2. | Planes de Emergencia y Contingencia | 60 |

Continuación de la tabla XIX

| | | |
|-------|---|----|
| 8.3. | Plan de Monitoreo y Evaluación Ambiental | 65 |
| 8.4. | Plan de Monitoreo Ambiental | 68 |
| 8.5. | Plan de Recuperación Ambiental | 69 |
| 8.6. | Plan de Abandono o Cierre del Proyecto | 70 |
| 8.7. | Política Ambiental del Proyecto | 71 |
| 9. | NOMBRE DE CONSULTORES | 72 |
| 10. | ANEXOS | 73 |
| 10.1. | Cronograma de ejecución física del proyecto | 74 |
| 10.2. | Presupuesto del proyecto | 75 |
| 10.3. | Certificación de constancia de área municipal del lugar donde se construirá el proyecto | 76 |
| 10.4. | Declaración jurada del consultor ambiental | 78 |
| 10.5. | Mapa de macrolocalización del proyecto | 79 |
| 10.6. | Mapa de microlocalización del Proyecto | 80 |
| 10.7. | Planos constructivos del proyecto | 81 |

Seguido de la tabla de datos generales de la empresa

| | | |
|------|--|---|
| 1.1. | Nombre del representante legal del proyecto | José Manuel Marroquín Hichos |
| 1.2. | Número de identificación tributaria | NIT: 670255-4 |
| 1.3. | Actividad principal de la persona jurídica | Alcalde Municipal |
| 1.4. | Dirección para recibir notificaciones Números de teléfono | Municipalidad de San Agustín Acasaguastlán, Barrio El Centro, El Progreso. 79360673 |
| 1.5. | Identificación del proyecto | "Título del Proyecto" |
| 1.6. | Dirección del proyecto | |
| 1.7. | Amparo legal | Acta de toma de posesión 001-2015 |

Fuente: elaboración propia, empleando términos del MARN.

CONCLUSIONES

1. Como en toda obra de ingeniería, en el diseño de los puentes colgantes de hamaca se deberá tener cuidado en el análisis estructural, ya que por la forma en que trabajan los cables sobre una polea, estos trabajan a tensión, y transmiten a las torres cargas principales de compresión, las cuales deberán tomarse en cuenta en el diseño del mismo. Dicha estructura por ser demasiado larga estará sujeta por 2 tensores debajo del caminamiento del puente, uno a cada lado con el fin de evitar el efecto de onda cuando la estructura esté en uso; también cuando sea provocado por las cargas de sismo o viento.
2. El aforo de la circulación de personas sobre el lugar daría un dato de aproximadamente 10 000 usuarios; ya que dicho puente ahorraría entre 20 a 25 min en trasladarse de un barrio a otro, debido al traslado de personas entre las dos comunidades.
3. La construcción de un puente colgante de hamaca, referente al costo de mano de obra y materiales, es mucho más económica que la construcción de otros tipos de puentes. Los puentes rígidos de concreto cuestan Q 365 000,00 por metro lineal; y el puente de hamaca tendrá un costo de Q 4 353,26 por metro lineal. Este es uno de los factores más importantes que se consideran en la toma de decisión para la construcción de un puente colgante en comparación con otros puentes; como por ejemplo los puentes rígidos de concreto de una o varias luces.

4. El puente facilitará el intercambio comercial y cultural de esta región; será usado directamente para transporte de mercadería, traslado de estudiantes para los establecimientos educativos y demás comercios como lo son: carnicerías, salones de belleza, barberías, abarroterías, tiendas de conveniencia, entre otros. No tiene ningún impacto en el ambiente; debido a que sus bases ya están construidas por lo tanto, no se realizará ninguna excavación en el sitio.

RECOMENDACIONES

1. Garantizar que la supervisión técnica durante la ejecución de los proyectos que sea desarrollada por un profesional de ingeniería civil, para asegurar que este proyecto sea construido de acuerdo con las especificaciones ACI, Dirección General de Caminos, Agies, ASTM, AISC.
2. Seguir las especificaciones técnicas anteriormente descritas en este documento, las descritas en los planos de construcción y cumplir estrictamente con cada detalle.
3. Cualquier cambio que se quiera realizar en la ejecución del proyecto, se deberá comunicar al supervisor encargado o al ingeniero asesor.
4. Proporcionar el mantenimiento a las estructuras, periódicamente, recubriendo con pintura anticorrosiva las torres, colocar abrazaderas en los cables cuando alguno de ellos esté por deshilarse, engrasar el contacto del cable con el gancho dentro de la cámara de anclaje para evitar el sarro y la corrosión, aplicar carbolíneo en el sistema de piso cada fin de verano para proteger e impermeabilizar la madera y evitar la pudrición, y todo su mantenimiento preventivo debe ser realizado con personal calificado.
5. Para la Municipalidad de San Agustín Acasaguastlán, se debe atender cualquier reporte sobre daños a la estructura del puente, para impedir su deterioro y asegurar el servicio a la comunidad.

BIBLIOGRAFÍA

1. BOLAÑOS ESTRADA, Luis Fernando. *Diseño de un puente peatonal para la aldea Tulumaje, municipio de San Agustín Acasaguastlán, departamento de El Progreso*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2012. 143 p.
2. Comité ACI 318. *Reglamento de las construcciones de concreto reforzado (ACI 318-08) y comentarios*. México: Limusa, 1995. 586 p.
3. DUDLEY Charles Benjamín. *ASTM. 16 de mayo de 1898. American Society For Testing And Materials*. [en línea].
<D:/ Archivos Civil/ Materiales de Construcción/ ASTM.>. [Consulta: 13 de julio de 2015].
4. ESTRADA RODAS, José Humberto. *Análisis descriptivo de puentes colgantes peatonales, en la costa sur de Guatemala*. Trabajo de graduación de Arquitecto. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Arquitectura, 2006. 125 p.
5. 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.

6. MANUAL 1: *Diseño y construcción de puentes peatonales suspendidos para ingenieros*. Versión de Trabajo en Proceso de Revisión por las Instancias Responsables, 2011. 95 p.
7. PÉREZ GONZÁLES, Victor Manuel. *Proposición de soluciones alternas para determinar analíticamente los parámetros de la curva de descarga en corrientes superficiales*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de Mariano Gálvez de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1979. 130 p.
8. QUIJADA BARRERA, José Manuel. *Diseño de puente colgante aldea Pueblo Nuevo, San Jacinto, Chiquimula*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2012. 145 p.

APÉNDICES

Tabla I. **Topografía del terreno**

| MEDIDAS PUENTE ORELLANA EL RANCHO | | | |
|-----------------------------------|-----|------------|-----------|
| EST. | PO. | AZIMUT | DISTANCIA |
| 0 | N | 00°00'00" | |
| 0 | 1 | 193°36'00" | 19,93 |
| 0 | 2 | 193°03'20" | 21,91 |
| 0 | R-1 | 207°01'20" | 21,92 |
| 0 | R-2 | 179°42'40" | 21.94 |
| 0 | R-3 | 186°26'00" | 17,93 |
| 0 | R-4 | 199°24'40" | 17.93 |
| 0 | 3 | 19°58'00" | 10 |
| 0 | R-5 | 4°52'20" | 10 |
| 0 | R-6 | 36°20'20" | 10 |
| 0 | 4 | 20°07'20" | 31,89 |
| 0 | 5 | 195°32'20" | 141,98 |
| 5 | N | 00°00'00" | |
| 5 | R-1 | 292°22'40" | 5,96 |
| 5 | R-2 | 101°05'40" | 5,94 |
| 5 | 6 | 197°20'20" | 3,99 |
| 5 | R-3 | 173°12'00" | 3,98 |
| 5 | R-4 | 221°43'20" | 3,98 |
| 5 | 7 | 196°50'40" | 52 |
| 5 | 8 | 196°50'40" | 64 |
| 5 | 9 | 196°34'40" | 84 |
| 5 | 10 | 196°16'00" | 106 |
| 5 | 11 | 16°59'00" | 13,58 |
| 11 | 12 | 105°06'20" | 100 |
| 11 | 13 | 285°06'20" | 200 |

Continuación de la tabla I

| NIVELES ORIGINALES TRAMO 1 | | | | | |
|----------------------------|------|--------|-------|-----|-----------|
| EST. | MAS | HI | MENOS | PV. | ELEVACIÓN |
| BM. | 2,11 | 102,11 | | | 100 |
| 0,000.00 | | | 2,11 | | 100 |
| 0,05.00 | | | 1,9 | | 100,21 |
| 0,10.00 | | | 1,7 | | 100,41 |
| 0,15.00 | | | 1,55 | | 100,56 |
| 0,20.00 | | | 1,33 | | 100,78 |
| 0,25.00 | | | 1,15 | | 100,96 |
| 0,27.77 | | | 1,05 | | 101,06 |

| NIVELES ORIGINALES TRAMO 2 SOBRE CALLE | | | | | |
|--|------|--------|-------|-----|-----------|
| EST. | MAS | HI | MENOS | PV. | ELEVACIÓN |
| BM. | 1,45 | 100,71 | | | 99,26 |
| 0,000.00 | | | 0,78 | | 99,93 |
| 0,020.00 | | | 0,9 | | 99,81 |
| 0,040.00 | | | 1,41 | | 99,3 |
| 0,060.00 | | | 2,27 | | 98,44 |
| 0,080.00 | | | 2,58 | | 98,13 |
| 0,100.00 | | | 2,75 | | 97,96 |

| NIVELES ORIGINALES TRAMO 3 ORILLA RÍO | | | | | |
|---------------------------------------|------|-------|-------|-----|-----------|
| EST. | MAS | HI | MENOS | PV. | ELEVACIÓN |
| BM. | 0,83 | 95,55 | | | 94,72 |
| 0,00.00E-11 | | | 1,46 | | 94,09 |
| 0,020.00 | | | 0,71 | | 94,84 |
| 0,040.00 | | | 0,6 | | 94,95 |
| 0,060.00 | | | 0,85 | | 94,7 |
| 0,080.00 | | | 0,92 | | 94,63 |
| 0,100.00 | | | 0,85 | | 94,7 |

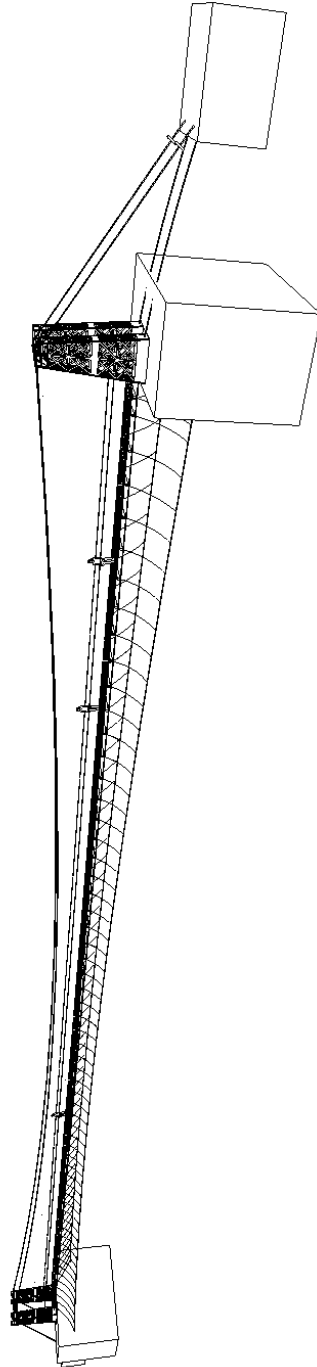
Continuación de la tabla I

| NIVELES ORIGINALES TRAMO 4 ORILLA DE RÍO | | | | | |
|--|------|-------|------|------|-------|
| | | 95,55 | | | |
| 0,020.00 | | | 0,72 | | 94,83 |
| 0,040.00 | | | 1,12 | | 94,43 |
| PV | 1,43 | 95,86 | | 1,12 | 94,43 |
| 0,060.00 | | | 1,45 | | 94,41 |
| 0,080.00 | | | 1,28 | | 94,58 |
| 0,100.00 | | | 1,38 | | 94,48 |
| 0,120.00 | | | 1,42 | | 94,44 |
| 0,140.00 | | | 1,3 | | 94,56 |
| 0,160.00 | | | 1,43 | | 94,43 |
| PV. | 1,64 | 96,07 | | 1,43 | 94,43 |
| 0,180.00 | | | 1,62 | | 94,45 |
| 0,200.00 | | | 1,48 | | 94,98 |

Fuente: elaboración propia, empleando el programa Microsoft Excel.

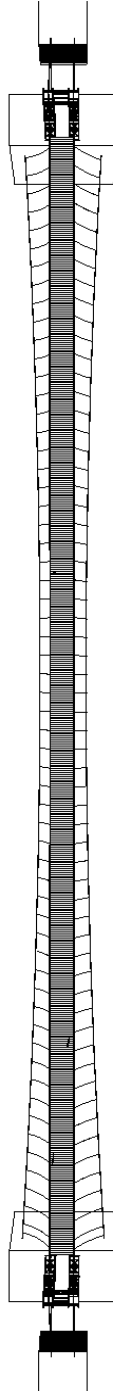
ANEXOS

Anexo 1. Isométrico del puente



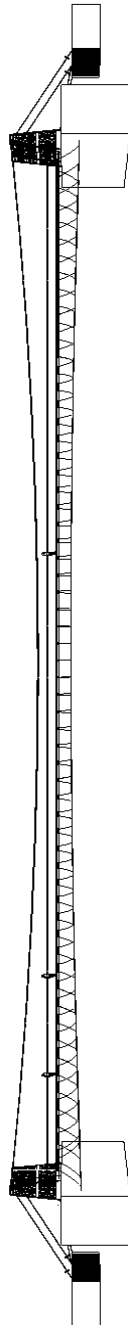
Fuente: elaboración propia, empleando el programa SketchUp.

Anexo 2. Planta del puente



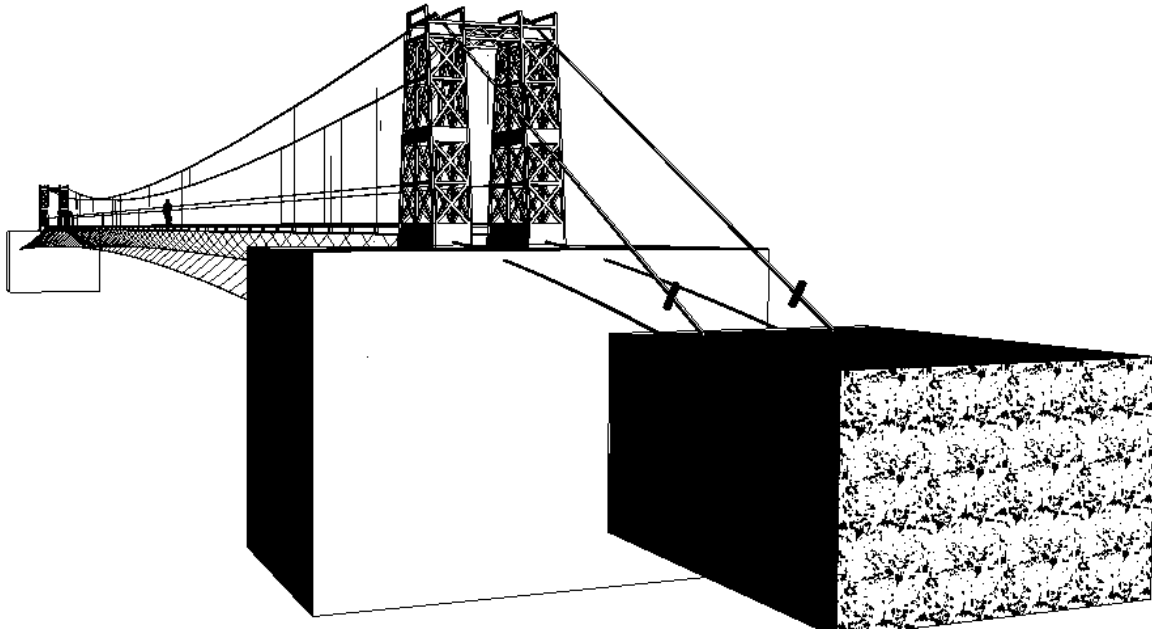
Fuente: elaboración propia, empleando el programa SketchUp.

Anexo 3. Elevación del puente



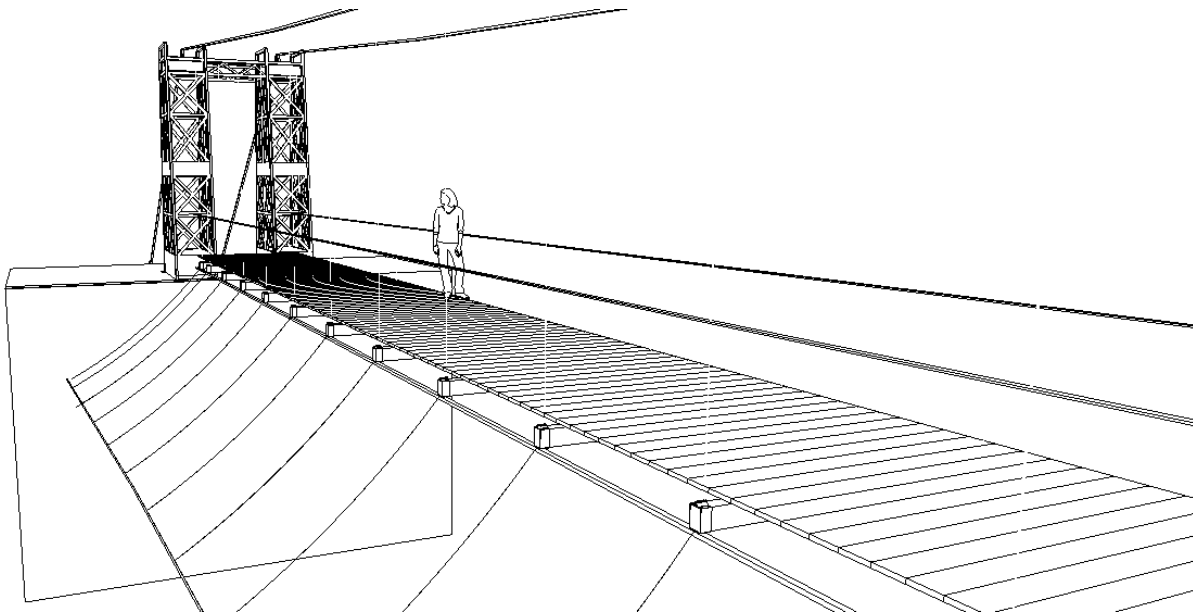
Fuente: elaboración propia, empleando el programa SketchUp.

Anexo 4. Vista lateral del puente



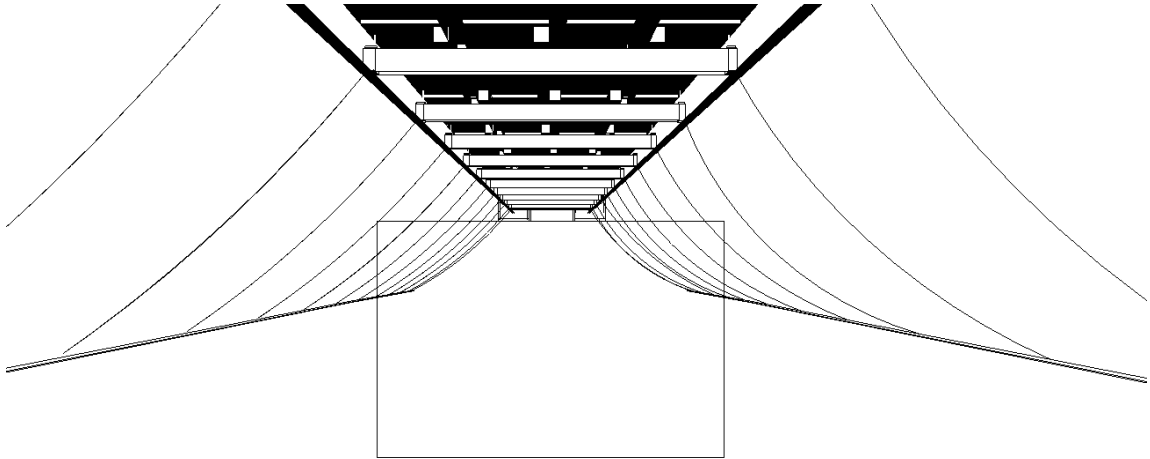
Fuente: elaboración propia, empleando el programa SketchUp.

Anexo 5. Interior del puente



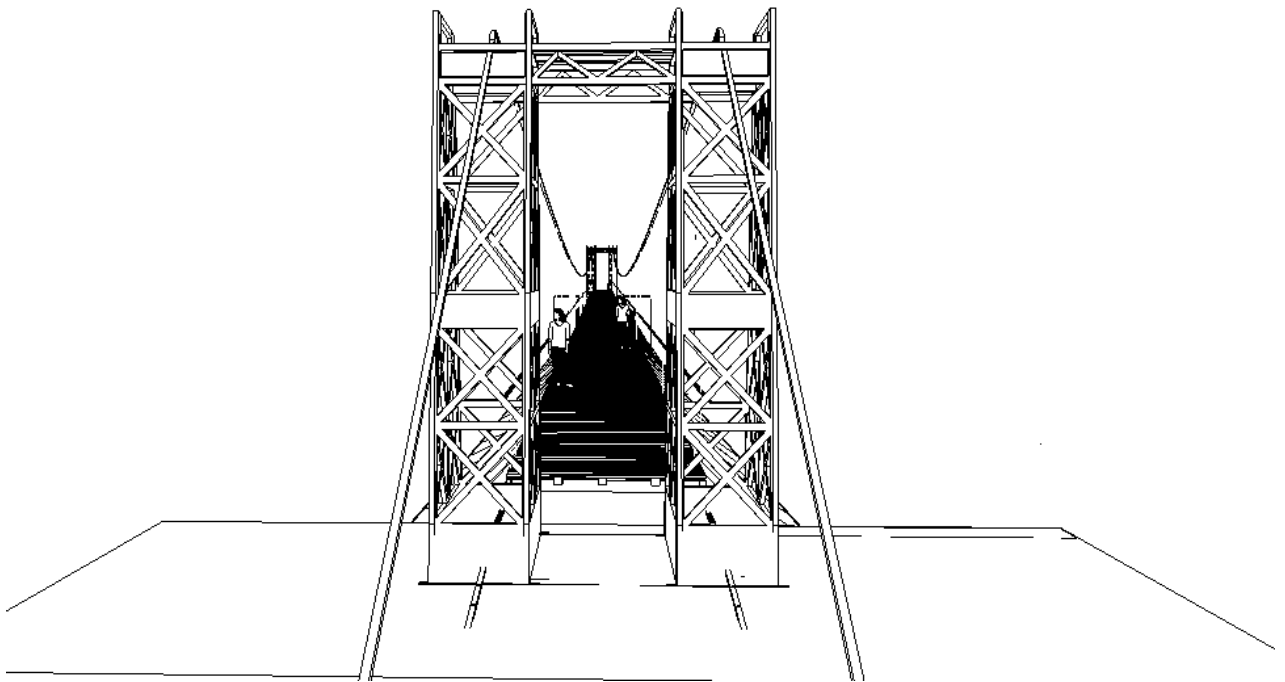
Fuente: elaboración propia, empleando el programa SketchUp.

Anexo 6. Caminamiento del puente



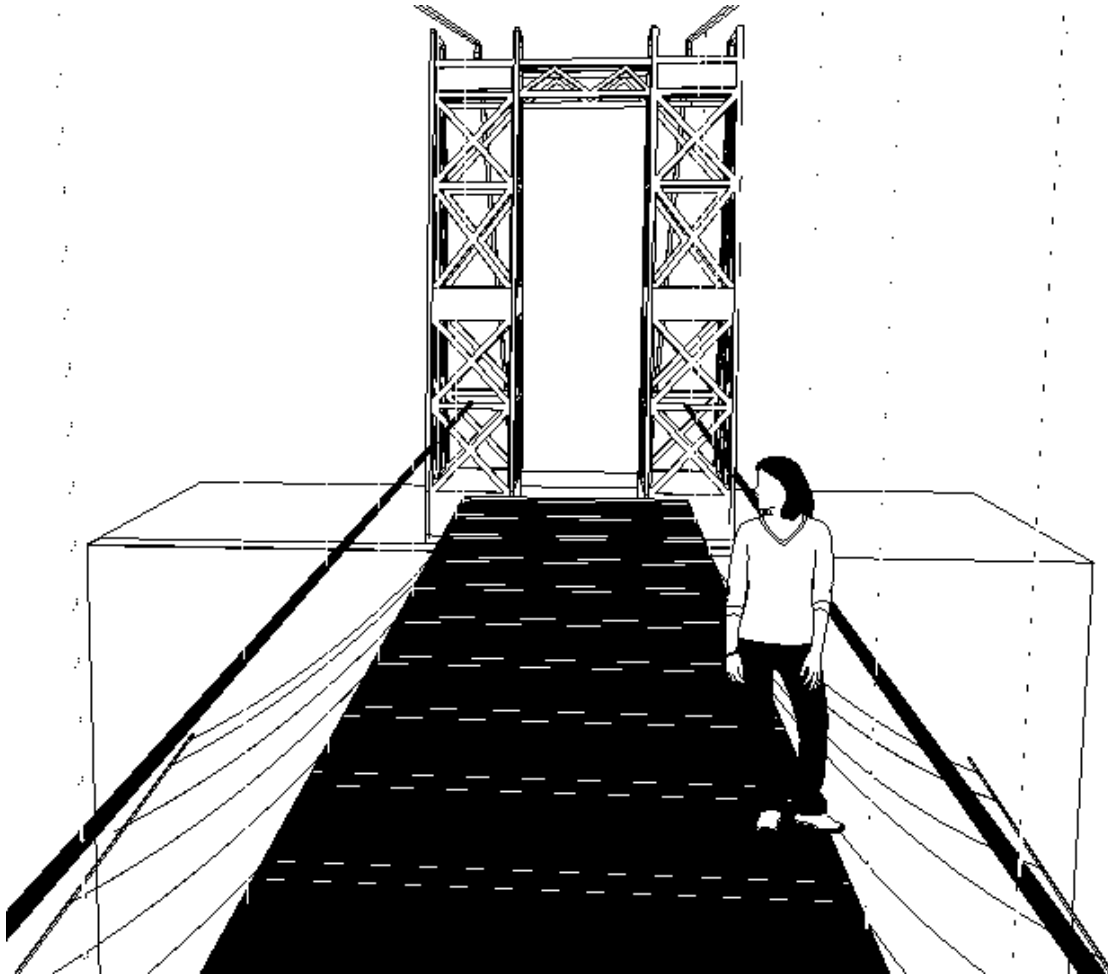
Fuente: elaboración propia, empleando el programa SketchUp.

Anexo 7. Vista externa de la torre del puente



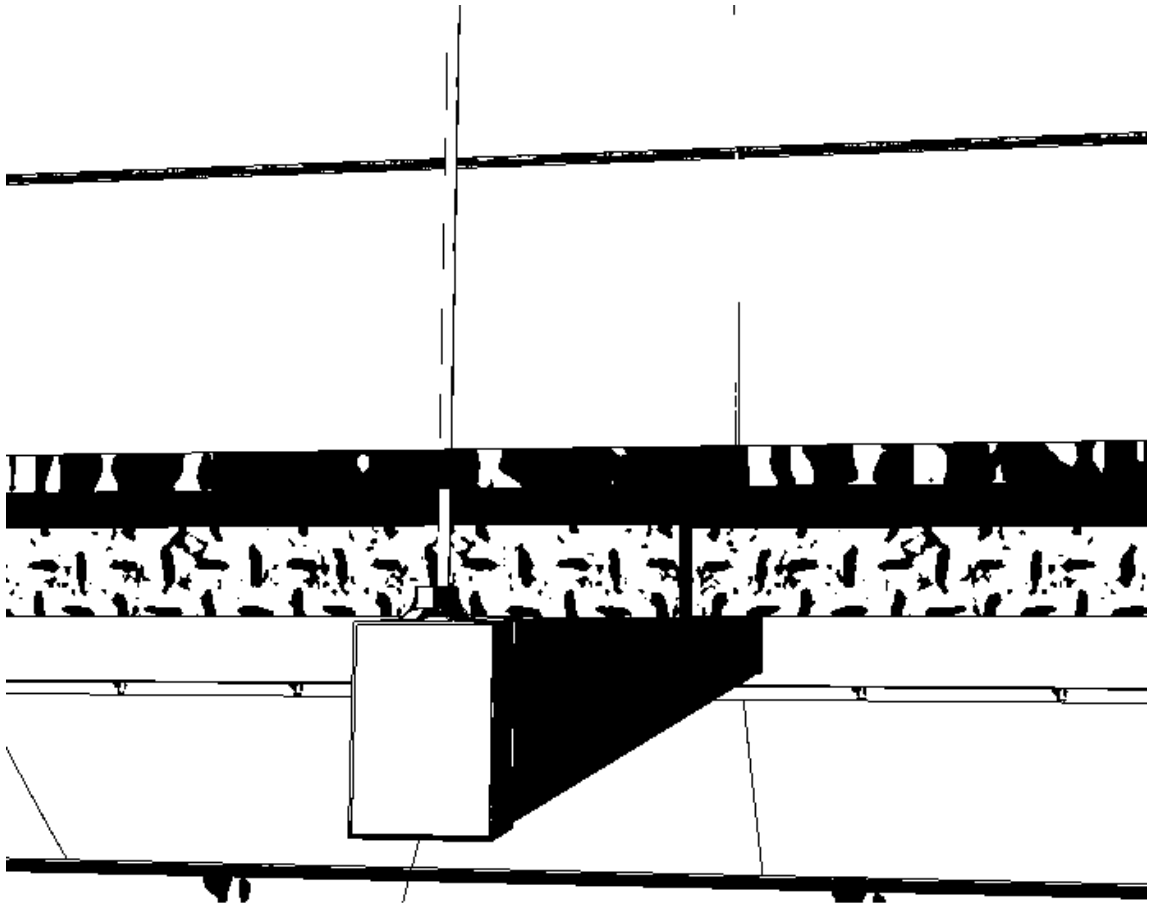
Fuente: elaboración propia, empleando el programa SketchUp.

Anexo 8. Vista interna de la torre del puente

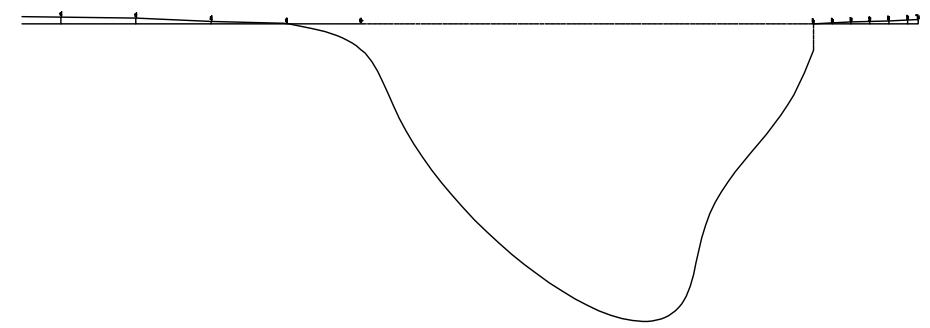
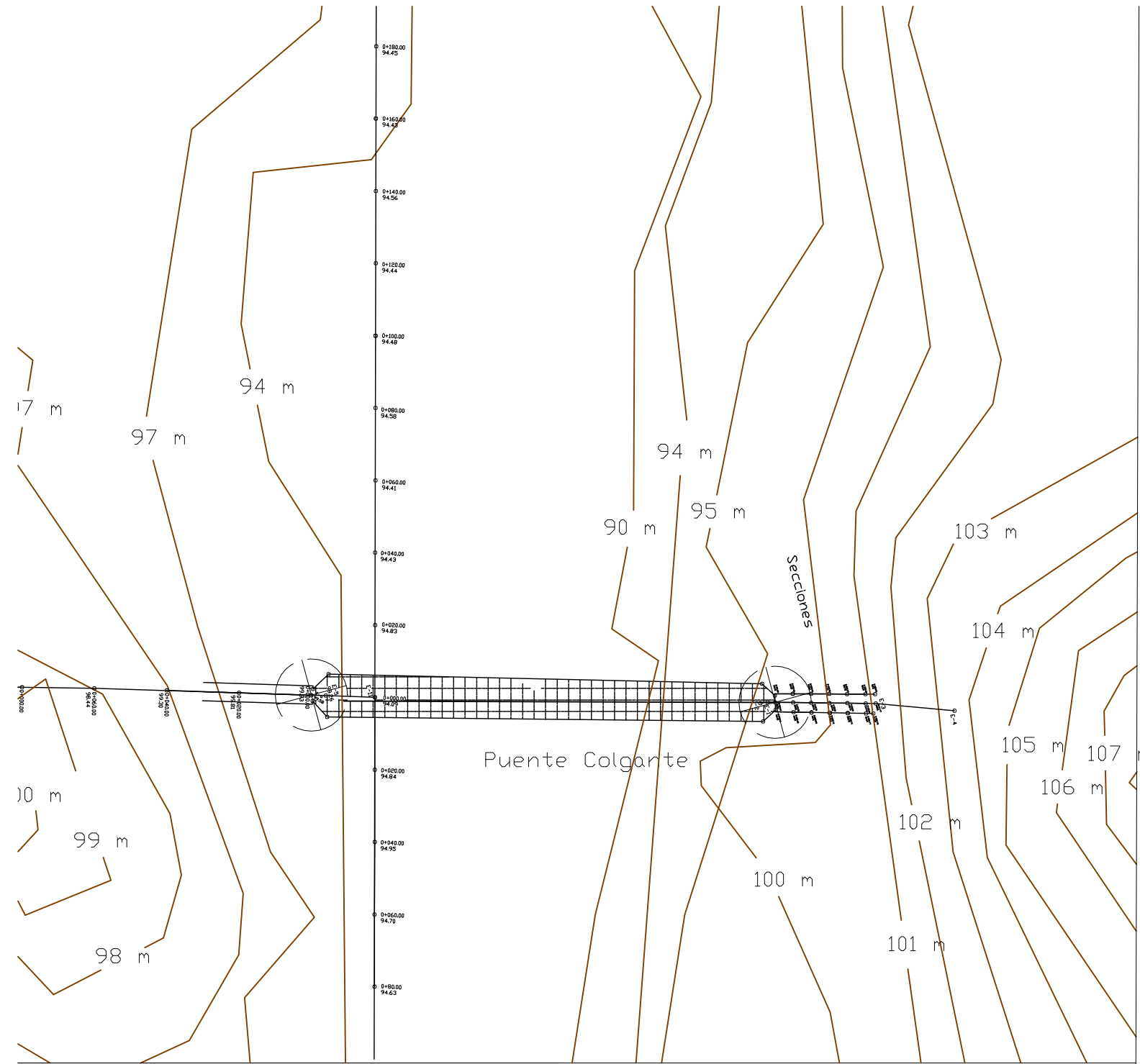
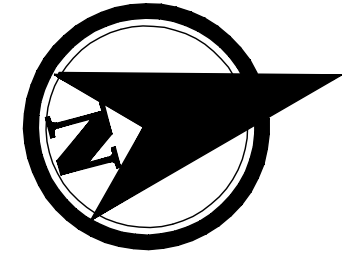


Fuente: elaboración propia, empleando el programa SketchUp.

Anexo 9. Anclaje de péndola del puente



Fuente: elaboración propia, empleando el programa SketchUp.



MUNICIPALIDAD DE SAN AGUSTIN AC.
DEPARTAMENTO DE EL PROGRESO
 DIRECCION MUNICIPAL DE PLANIFICACION 2015

CONTENIDO: **PLANTA DE CURVAS DE NIVEL** HOJA: **1 / 1**

DISEÑO:
FERNANDO MARTINEZ
 CALCULO:
FERNANDO MARTINEZ
 DIBUJO:
FERNANDO MARTINEZ
 ESCALA:
INDICADA
 FECHA:
OCTUBRE 2015

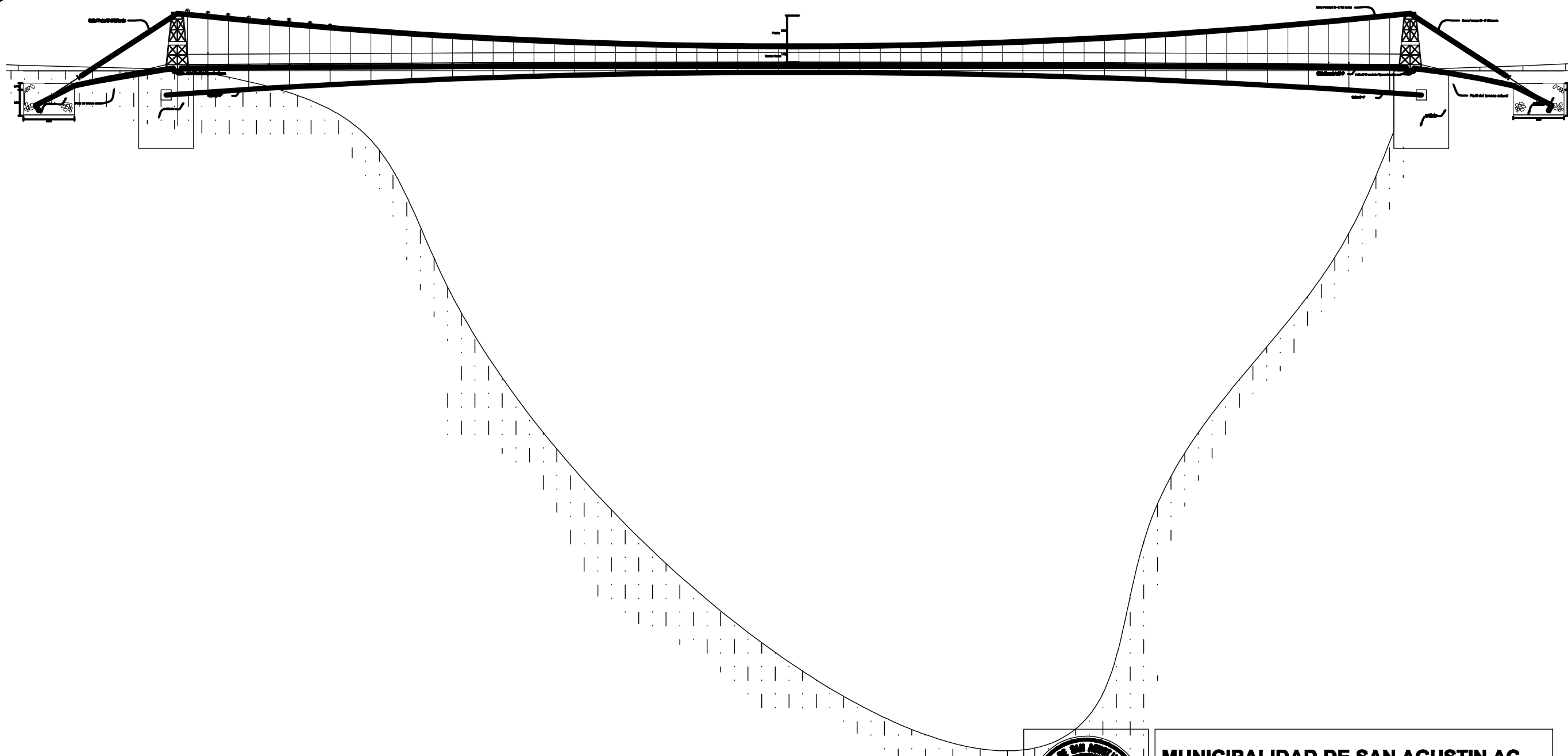
PROYECTO:
PUENTE COLGANTE

| | |
|---------|--|
| UBIC. | |
| ARG. | |
| ESTRUC. | |
| INSTAL. | |

APRUEBA:

(f.) _____ Vo.Bo. ALCALDE

(f.) _____ PROFESIONAL COLEGIADO

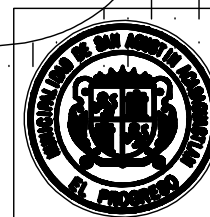


PERFIL LOGITUDINAL DEL PUENTE COLGANTE TIPO HAMACA

ESCALA: 1/100

PERFIL NATURAL DEL TERRENO

ESCALA VERTICAL: 1/05



MUNICIPALIDAD DE SAN AGUSTIN AC.
DEPARTAMENTO DE EL PROGRESO
 DIRECCION MUNICIPAL DE PLANIFICACION 2015

CONTENIDO:
PLANTA DE CURVAS DE NIVEL

HOJA:
1 / 1

DISEÑO:
FERNANDO MARTINEZ

CALCULO:
FERNANDO MARTINEZ

DIBUJO:
FERNANDO MARTINEZ

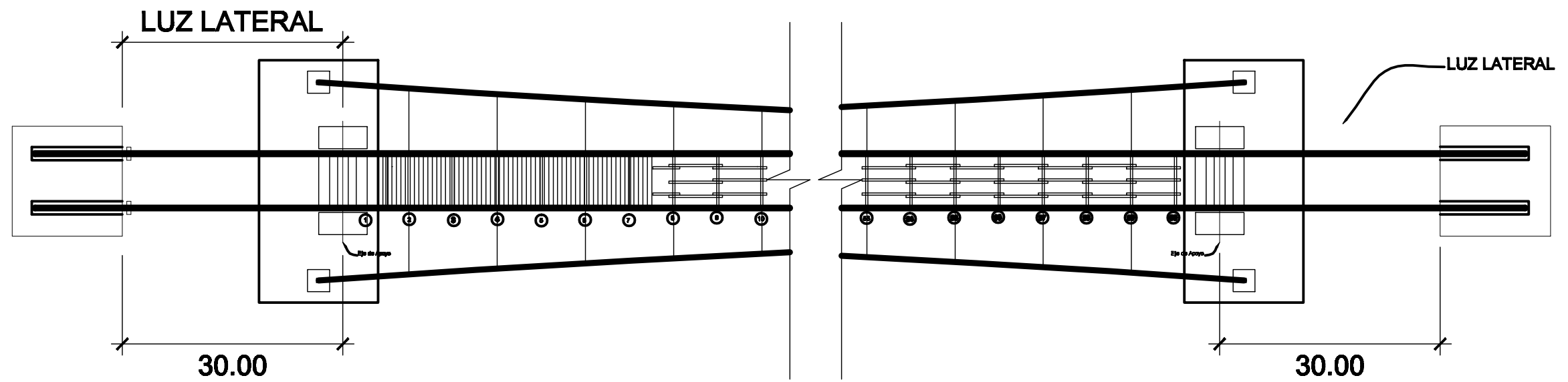
ESCALA:
INDICADA

FECHA:
OCTUBRE 2018

PROYECTO:
PUENTE COLGANTE

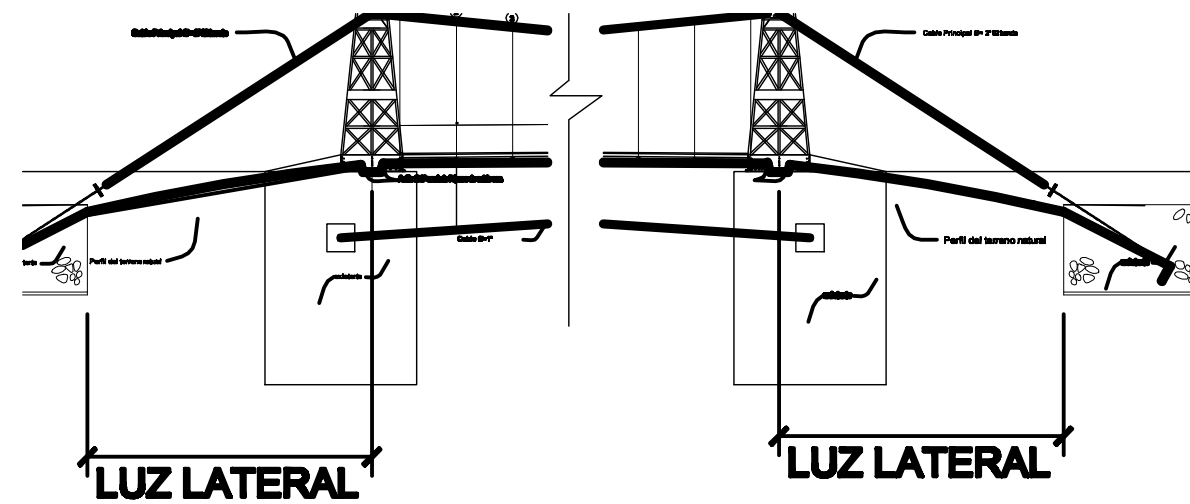
UBIC.
 ARG.
 ESTRUC.
 INSTAL.

APRUEBA:
 < f > _____ Vo.Bo. ALCALDE
 < f > _____ PROFESIONAL COLEGIADO




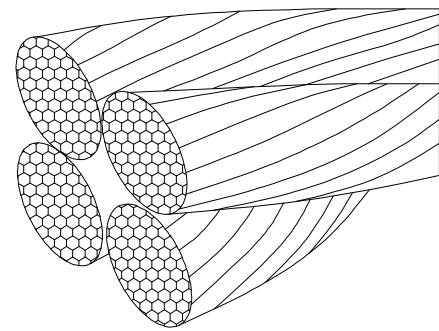
DETALLE DE LUCES laterales

SIN ESCALA

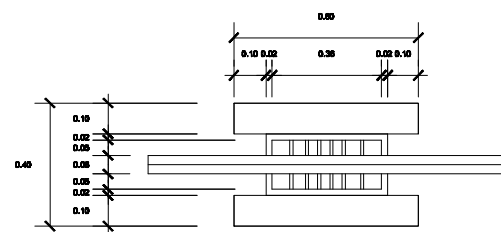


ELEVACIÓN
DETALLE DE LUCES laterales
SIN ESCALA

| | | |
|---|--|---|
|  | MUNICIPALIDAD DE SAN AGUSTIN AC. DEPARTAMENTO DE EL PROGRESO DIRECCION MUNICIPAL DE PLANIFICACION 2015 | |
| | CONTENIDO: DETALLE DE LUCES laterales | HOJA: 1 / 2 |
| DISEÑO: FERNANDO MARTINEZ | PROYECTO: PUNTE COLGANTE | UBIC. <input type="checkbox"/> |
| CALCULO: FERNANDO MARTINEZ | APRUEBA: < F > _____ Vo.Bo. ALCALDE | DET. <input checked="" type="checkbox"/> |
| DIBUJO: FERNANDO MARTINEZ | | ESTRUCC. <input type="checkbox"/> |
| ESCALA: INDICADA | < F > _____ PROFESIONAL COLEGIADO | INSTAL. <input type="checkbox"/> |
| FECHA: OCTUBRE 2018 | | |

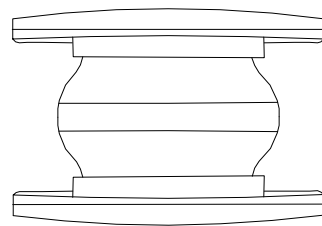


DETALLE #1 PAQUETE DE CABLES PRINCIPALES

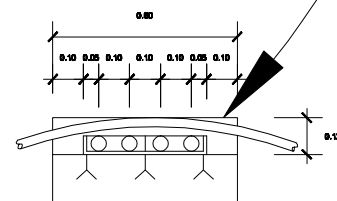


PLANTA CARRO DE DILATACIÓN

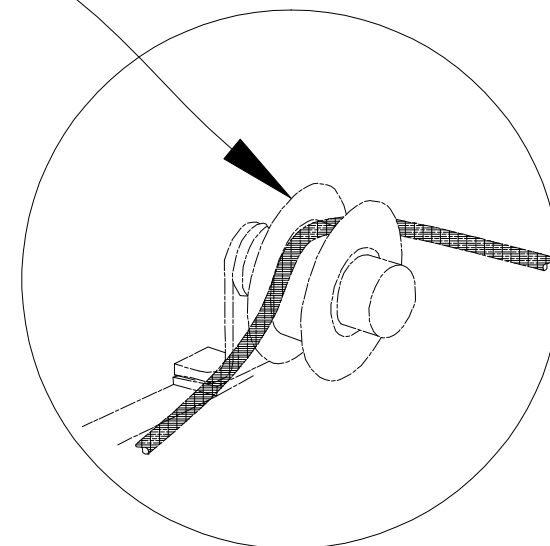
DETALLE #2 CARRO DE DILATACIÓN



PLANTA DEL RODO



PERFIL CARRO DE DILATACIÓN



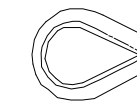
GUARDACABO PARA CABLES



PERFIL

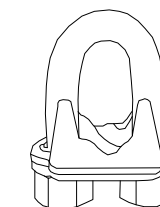


CORTE

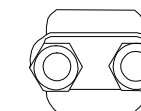


PLANTA

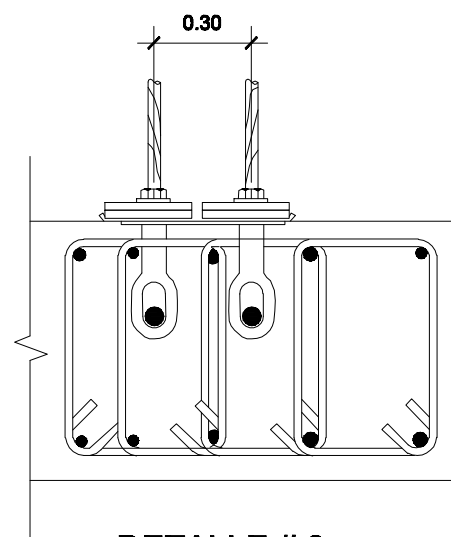
GRAPAS PARA SUJECIÓN DE CABLE



PERFIL

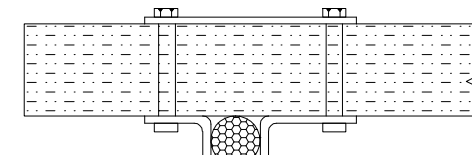
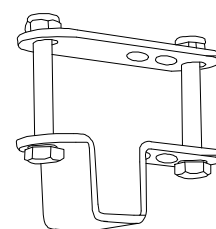


PLANTA



DETALLE # 3

SEPARACIÓN ENTRE CABLES EN LA CÁMARA DE ANCLAJE



DETALLE #4 DE ANCLAJE FIJACION DEL CABLE CABLE PRINCIPAL Y SECUNDARIO



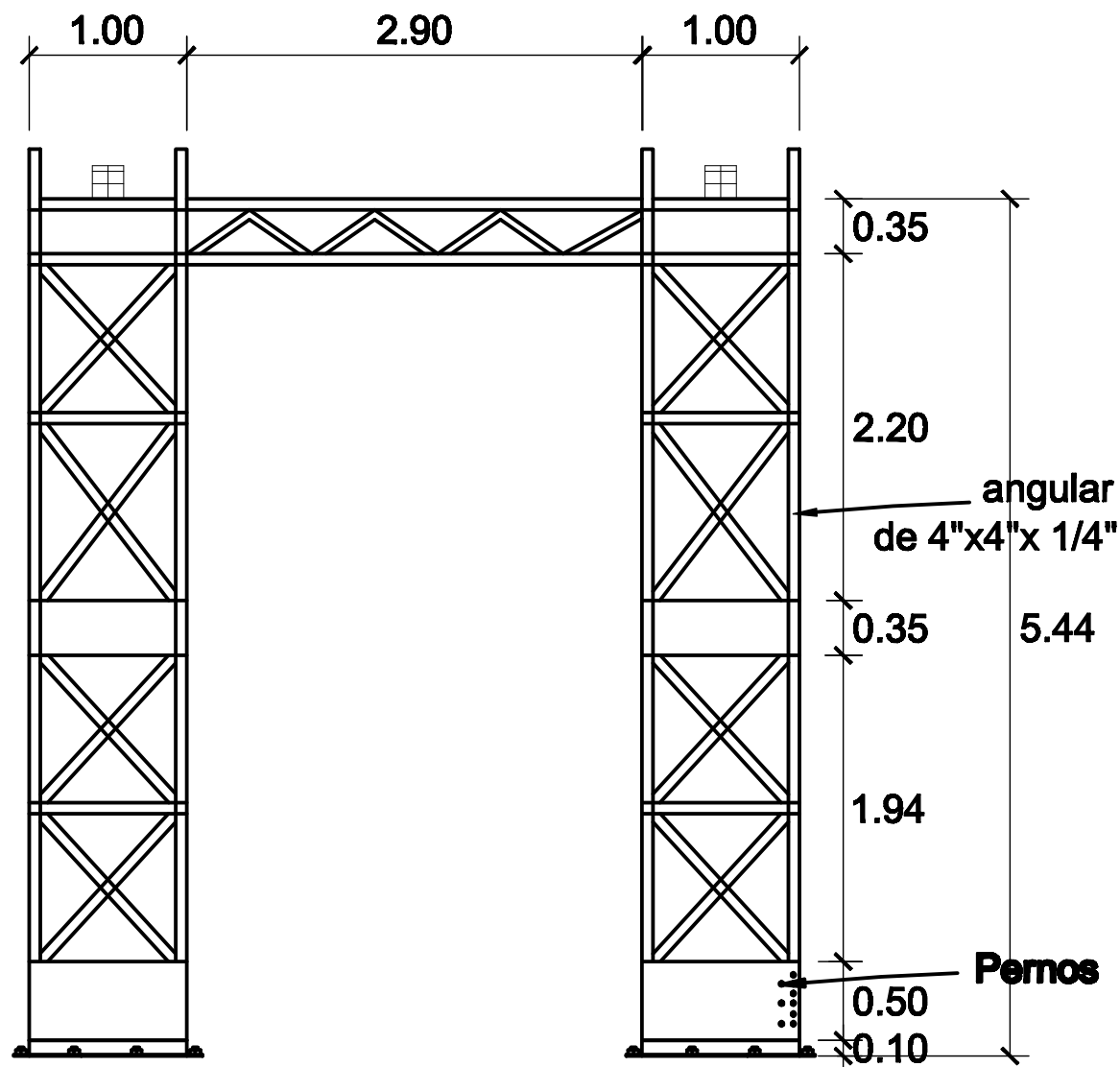
MUNICIPALIDAD DE SAN AGUSTIN AC.
DEPARTAMENTO DE EL PROGRESO
 DIRECCION MUNICIPAL DE PLANIFICACION 2015

CONTENIDO: **PLANTA DE CURVAS DE NIVEL** HOJA: 2/2

DISEÑO: FERNANDO MARTINEZ
 CALCULO: FERNANDO MARTINEZ
 DIBUJO: FERNANDO MARTINEZ
 ESCALA: INDICADA
 FECHA: OCTUBRE 2015

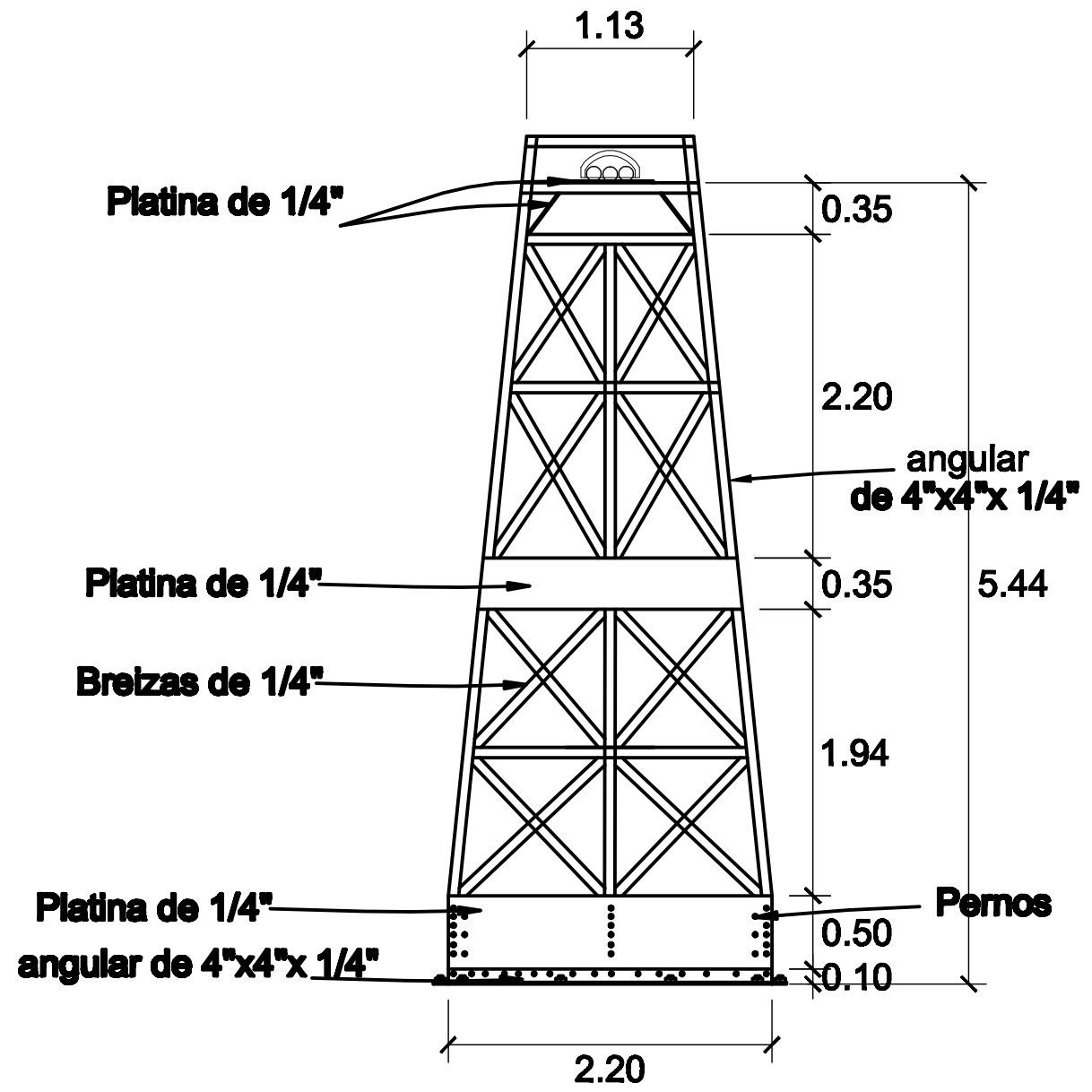
PROYECTO: **PUENTE COLGANTE**
 APRUEBA: _____
 Vo.Bo. ALCALDE

UBIC. _____
 DET. _____
 ESTRUC. _____
 INSTAL. _____
 PROFESIONAL COLEGIADO



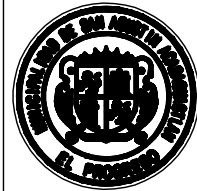
ELEVACION DE COLUMNA

ESCALA 1:25

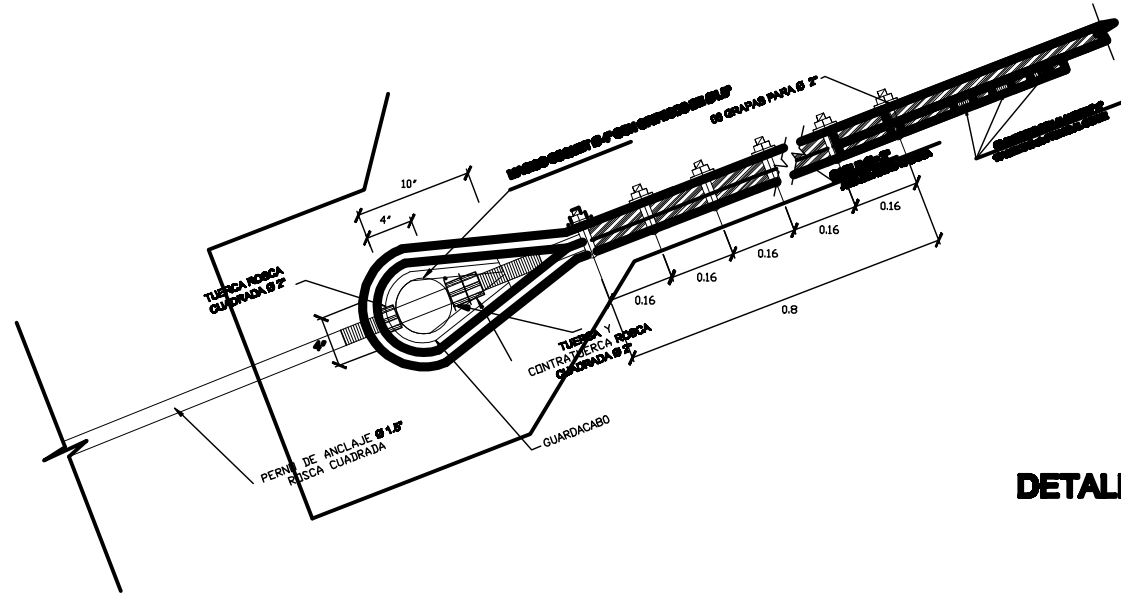


ELEVACION DE COLUMNA

ESCALA 1:25

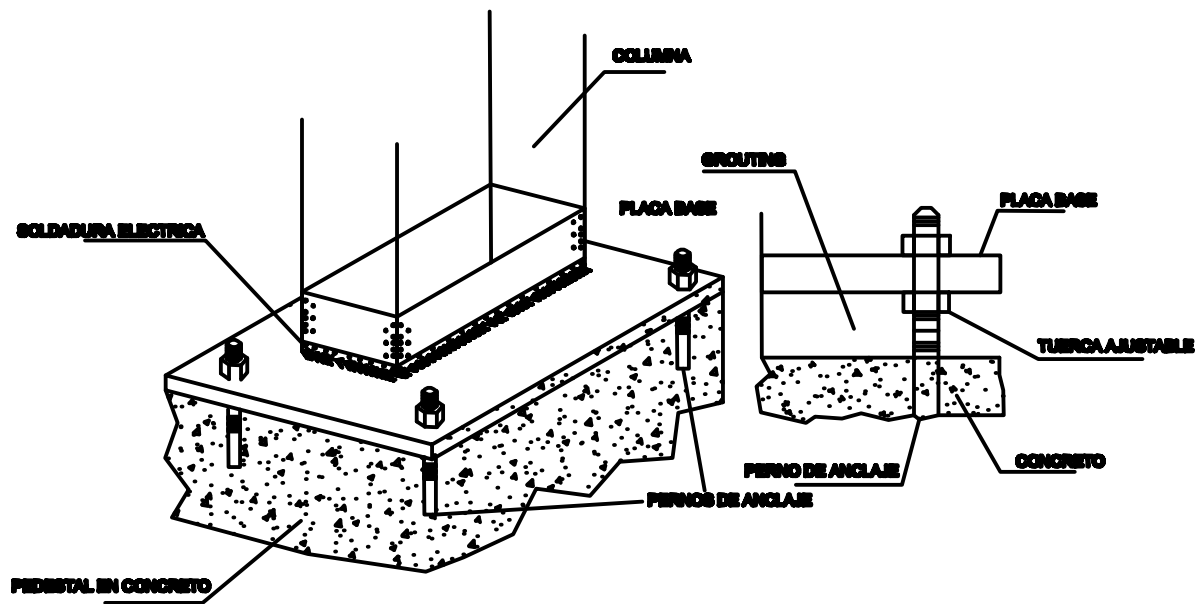
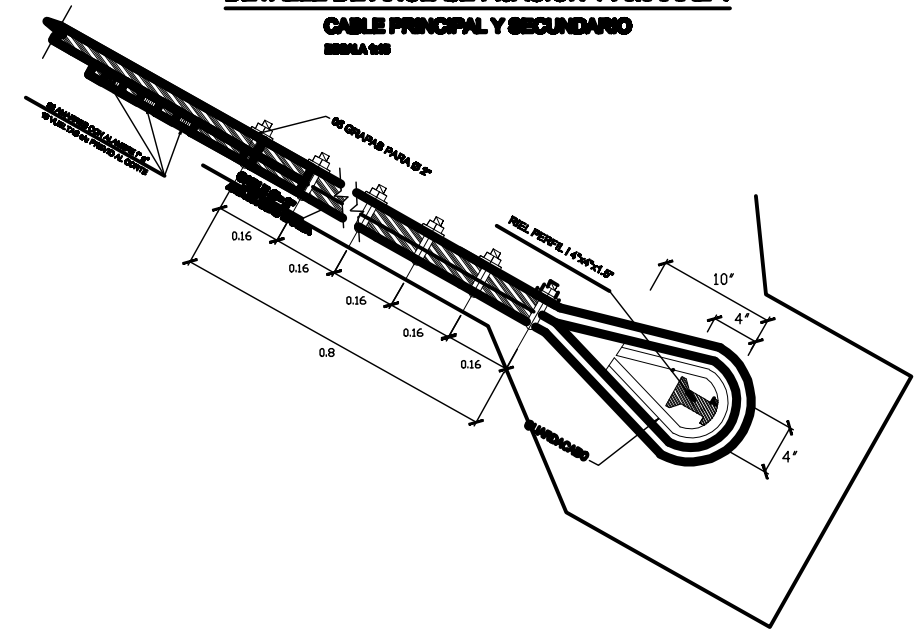
| | | |
|---|--|---|
|  | MUNICIPALIDAD DE SAN AGUSTIN AC. DEPARTAMENTO DE EL PROGRESO <small>DIRECCION MUNICIPAL DE PLANIFICACION 2015</small> | |
| | CONTENIDO: ELEVACIÓN DE TORRES | HOJA: 1 / 3 |
| DISEÑO: FERNANDO MARTINEZ | PROYECTO: PUENTE COLGANTE | UBIC.: DET.: ESTRUC.: INSTAL.: |
| CALCULO: FERNANDO MARTINEZ | APRUEBA: <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> < F. > Vo.Bo. ALCALDE < F. > PROFESIONAL COLEGIADO </div> | |
| DIBUJO: FERNANDO MARTINEZ | | |
| ESCALA: INDICADA | | |
| FECHA: OCTUBRE 2015 | | |

DETALLE DE ANCLAJE FIJACION Y AMARRE 2
CABLE PRINCIPAL Y SECUNDARIO
 BARRA #6

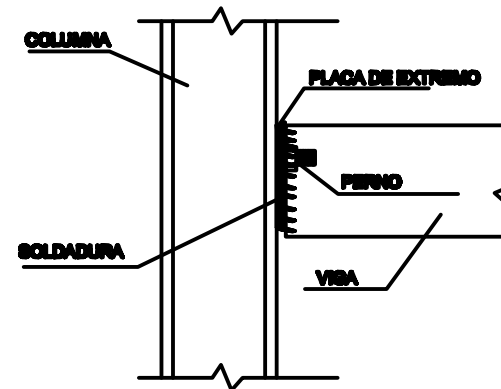


DETALLE #7

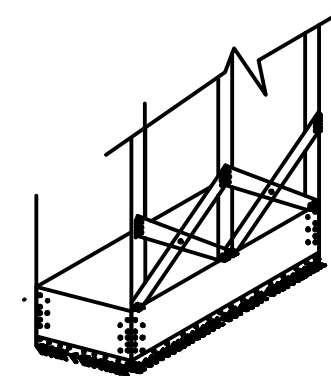
DETALLE DE ANCLAJE FIJACION Y AMARRE 1
CABLE PRINCIPAL Y SECUNDARIO
 BARRA #6



DETALLE #5
ANCLAJE DE TORRES



DETALLE #6 UNIÓN
COLUMNA-VIGA



ARRIOSTRAMIENTO DIAGONAL



MUNICIPALIDAD DE SAN AGUSTIN AC.
DEPARTAMENTO DE EL PROGRESO
 DIRECCION MUNICIPAL DE PLANIFICACION 2015

CONTENIDO:
DETALLES DE ACERO

HOJA:
2 / 3

DISEÑO:
FERNANDO MARTINEZ
 CALCULO:
FERNANDO MARTINEZ
 DIBUJO:
FERNANDO MARTINEZ
 ESCALA:
INDICADA
 FECHA:
OCTUBRE 2015

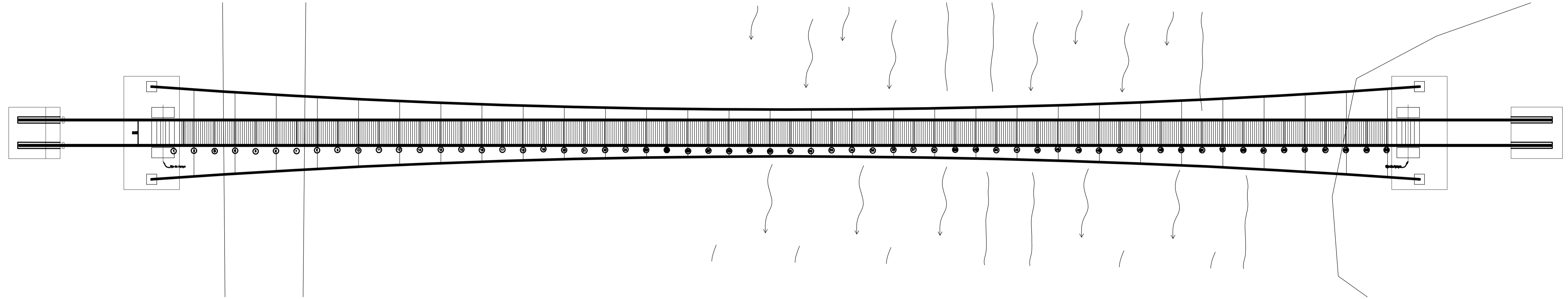
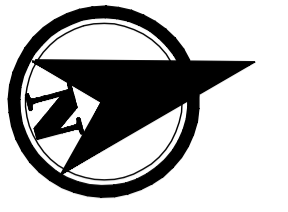
PROYECTO:
PUENTE COLGANTE

| | |
|---------|--|
| UBIC. | |
| DET. | |
| ESTRUC. | |
| INSTAL. | |

APRUEBA:

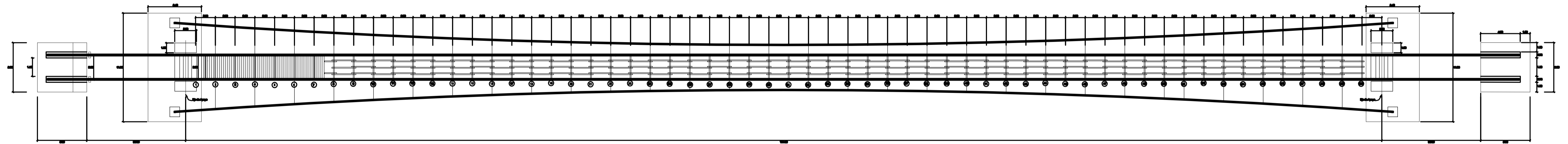
< F. > _____
 Vo.Bo. ALCALDE

< F. > _____
 PROFESIONAL COLEGIADO



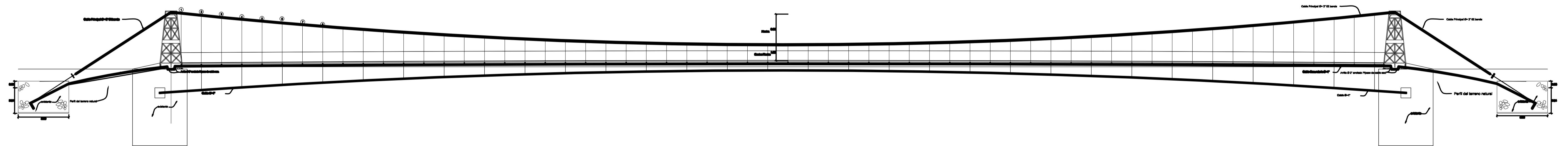
PLANTA DEL PUENTE COLGANTE PEATONAL

ESCALA: 1/100



PLANTA ACOTADA

ESCALA: 1/100



PERFIL LOGITUDINAL DEL PUENTE COLGANTE TIPO HAMACA

ESCALA: 1/100



MUNICIPALIDAD DE SAN AGUSTIN AC.
DEPARTAMENTO DE EL PROGRESO
DIRECCION MUNICIPAL DE PLANIFICACION 2015

CONTENIDO:
PLANTAS

HOJA:
3 / 3

DISERNO:
FERNANDO MARTINEZ
CALCULO:
FERNANDO MARTINEZ
DIBUJO:
FERNANDO MARTINEZ
ESCALA:
INDICADA
FECHA:
OCTUBRE 2015

PROYECTO:
PUENTE COLGANTE

URB.
ARQ.
ESTRUC.
INSTAL.

APRUEBA:

« f. »
VoBo. ALCALDE

« f. »
PROFESIONAL COLEGIADO