



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

**DISEÑO DE UN PUENTE Y ESTUDIO TOPOGRÁFICO PARA LA INTRODUCCIÓN DE
ENERGÍA ELÉCTRICA EN LAS COMUNIDADES DE NUEVO TODOS SANTOS Y NUEVA
BENDICIÓN, FINCA PRETORIA, DEL MUNICIPIO DE GUANAGAZAPA, ESCUINTLA**

Juan Carlos Ramírez De León

Asesorado por el Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta

Guatemala, mayo de 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE UN PUENTE Y ESTUDIO TOPOGRÁFICO PARA LA INTRODUCCIÓN DE
ENERGÍA ELÉCTRICA EN LAS COMUNIDADES DE NUEVO TODOS SANTOS Y NUEVA
BENDICIÓN, FINCA PRETORIA, DEL MUNICIPIO DE GUANAGAZAPA, ESCUINTLA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

JUAN CARLOS RAMÍREZ DE LEÓN

ASESORADO POR EL ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA OCHAETA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, MAYO DE 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

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

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
EXAMINADOR	Ing. Jeovany Rudaman Miranda Castañón
EXAMINADOR	Ing. Rafael Enrique Morales Ochoa
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

DISEÑO DE UN PUENTE Y ESTUDIO TOPOGRÁFICO PARA LA INTRODUCCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN LAS COMUNIDADES DE NUEVO TODOS SANTOS Y NUEVA BENDICIÓN, FINCA PRETORIA, DEL MUNICIPIO DE GUANAGAZAPA, ESCUINTLA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 23 de septiembre de 2004.



Juan Carlos Ramírez De León

Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería



UNIDAD DE E.P.S.

Guatemala 28 de agosto de 2009.
Ref.EPS.DOC.1266.08.09.

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

Estimada Ingeniera Sarmiento Zeceña.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Juan Carlos Ramírez de León** de la Carrera de Ingeniería Civil, con carné No. **9416798**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **“DISEÑO DE UN PUENTE Y ESTUDIO TOPOGRÁFICO PARA LA INTRODUCCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN LAS COMUNIDADES DE NUEVO TODOS SANTOS Y NUEVA BENDICIÓN, FINCA PRETORIA, DEL MUNICIPIO DE GUANAGAZAPA, ESCUINTLA”**.

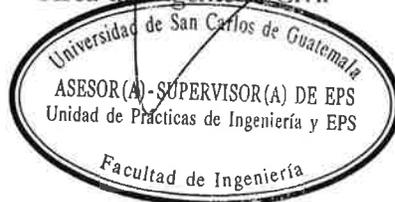
En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”


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



c.c. Archivo
MAAO/ra



UNIDAD DE E.P.S.

Guatemala, 28 de agosto de 2009.
Ref.EPS.D.521.08.09

Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
Director Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Samuels Milson.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"DISEÑO DE UN PUENTE Y ESTUDIO TOPOGRÁFICO PARA LA INTRODUCCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN LAS COMUNIDADES DE NUEVO TODOS SANTOS Y NUEVA BENDICIÓN, FINCA PRETORIA, DEL MUNICIPIO DE GUANAGAZAPA, ESCUINTLA"** que fue desarrollado por el estudiante universitario **Juan Carlos Ramírez de León**, 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. Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano
Directora Unidad de EPS

NISZ/ra





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



Guatemala,
17 de septiembre de 2009

Ingeniero
Sydney Alexander Samuels Milson
Director de la Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ing. Samuels.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DE UN PUENTE Y ESTUDIO TOPOGRÁFICO PARA LA INTRODUCCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN LAS COMUNIDADES DE NUEVO TODOS SANTOS Y NUEVA BENDICIÓN, FINCA PRETORIA, DEL MUNICIPIO DE GUANAGAZAPA, ESCUINTLA**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Juan Carlos Ramírez de León, 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. Hugo Leonel Montenegro Franco
Jefe del Departamento de Estructuras



FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO
DE
ESTRUCTURAS
USAC

/bbdeb.

Más de 130^{Años} de Trabajo Académico y Mejora Continua





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



Guatemala,
6 de octubre de 2010

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

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DE UN PUENTE Y ESTUDIO TOPOGRÁFICO PARA LA INTRODUCCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN LAS COMUNIDADES DE NUEVO TODOS SANTOS Y NUEVA BENDICIÓN, FINCA PRETORIA, DEL MUNICIPIO DE GUANAGAZAPA, ESCUINTLA**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Juan Carlos Ramírez de León, 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. Fernando Amilcar Boiton Velásquez
Coordinador del Área de Topografía y Transportes



FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO
DE
TRANSPORTES
USAC

/bbdeb.

Más de 130 Años de Trabajo Académico y Mejora Continua

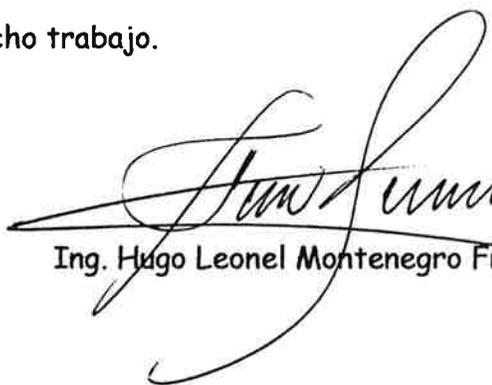




UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
www.ingenieria-usac.edu.gt



El Director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta y de la Directora de la Unidad de E.P.S. Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña, al trabajo de graduación del estudiante Juan Carlos Ramírez de León, titulado DISEÑO DE UN PUENTE Y ESTUDIO TOPOGRÁFICO PARA LA INTRODUCCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN LAS COMUNIDADES DE NUEVO TODOS SANTOS Y NUEVA BENDICIÓN, FINCA PRETORIA, DEL MUNICIPIO DE GUANAGAZAPA, ESCUINTLA da por este medio su aprobación a dicho trabajo.


Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco


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

Guatemala, marzo de 2011

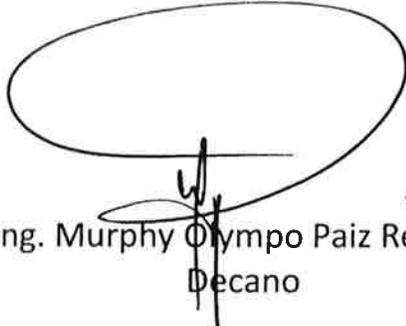
/bbdeb.



DTG. 121.2011

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE UN PUENTE Y ESTUDIO TOPOGRÁFICO PARA LA INTRODUCCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN LAS COMUNIDADES DE NUEVO TODOS SANTOS Y NUEVA BENDICIÓN, FINCA PRETORIA, DEL MUNICIPIO DE GUANAGAZAPA, ESCUINTLA**, presentado por el estudiante universitario **Juan Carlos Ramírez De León**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano

Guatemala, 3 de mayo de 2011

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

Mis padres	Marco Antonio Ramírez Miranda (q.e.p.d.) Rosibel De León de Ramírez.
Mis hijos	Carlos Javier y Emilio Antonio.
Mis hermanos	Edwin, Marco Antonio, Francisco, Víctor Manuel, Carla Marilyn.
Mis tíos	Ramiro Estrada, Eliseo Estrada, Elber Estrada, Erick Estrada, Ana Estrada, Dora De León, Margarito Vásquez.
Mis abuelos	Enrique Estrada, Graciela De León.
Mis suegros y cuñadas	Julio A. Xoyón, Rosaura de Xoyón, Marisa, Sara, Hayda, Mariela y Sandra.
Padrinos de graduación	Ing. Wálter Roderico Pérez, Lic. Julio Adolfo Xoyón Morales.
Mi esposa	Por su sencillez, su gran corazón y ejemplo de esfuerzo y lucha, con mucho amor

AGRADECIMIENTOS A:

Dios Todopoderoso

Por todo lo maravilloso que me ha regalado y ha permitido que hoy alcance esta meta, mil gracias.

Mis padres

Por los grandes esfuerzos, por sus sabios consejos y por su amor incondicional, los amo.

Mis hermanos

Por el amor y aprecio que les tengo

Mi esposa

Por su apoyo incondicional

Mis hijos

por el tiempo que les he robado en la realización de este trabajo

**Ingeniero Manuel Alfredo
Arrivillaga Ochaeta**

Por su dedicación y asesoría técnica

Sigma Constructores

Por su valioso apoyo y ejemplo de éxito

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

En especial a la facultad de Ingeniería y a la escuela de Ing. Civil por abrirme sus puertas y formarme para ser un profesional de éxito.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN	XVII
OBJETIVOS	XIX
INTRODUCCIÓN.....	XXI
1. MONOGRAFÍA DE LOS LUGARES EN ESTUDIO	1
1.1. Monografía de la aldea Nueva Bendición	1
1.1.1. Antecedentes.....	1
1.1.2. Características físicas	2
1.1.2.1. Localización geográfica.....	2
1.1.2.2. Climatología	2
1.1.2.3. Topografía.....	3
1.1.2.4. Hidrografía	3
1.1.2.5. Transportes y vías de acceso	3
1.1.3. Características sociales	4
1.1.3.1. Población	5
1.1.3.2. Organización comunitaria.....	6
1.1.3.3. Religión e idioma.....	6
1.1.4. Características económicas	7
1.1.4.1. Actividad productiva	7
1.1.4.2. Tenencia de la tierra.....	8
1.1.4.3. Ingresos y egresos familiares.....	8
1.1.5. Características de la infraestructura existente	8

1.1.5.1.	Servicios básicos	8
1.1.6.	Factibilidad social y económica del proyecto	10
1.1.6.1.	Recursos comunales	10
1.1.6.2.	Análisis económico	10
1.2.	Monografía de la aldea Nuevo Todos Santos.....	11
1.2.1.	Antecedentes	11
1.2.2.	Características físicas.....	12
1.2.2.1.	Localización geográfica	12
1.2.2.2.	Climatología	13
1.2.2.3.	Topografía.....	14
1.2.2.4.	Hidrografía	14
1.2.2.5.	Transportes y vías de acceso	15
1.2.3.	Características sociales	15
1.2.3.1.	Población	16
1.2.3.2.	Organización comunitaria	16
1.2.3.3.	Religión e idioma	17
1.2.4.	Características económicas.....	17
1.2.4.1.	Actividad productiva.....	18
1.2.4.2.	Tenencia de la tierra	18
1.2.4.3.	Ingresos y egresos familiares	19
1.2.5.	Características de la infraestructura existente	19
1.2.5.1.	Servicios básicos	19
1.2.6.	Factibilidad social y económica del proyecto	21
1.2.6.1.	Recursos comunales	21
1.2.6.2.	Análisis económico	21

2.	ESTUDIO TOPOGRÁFICO PARA LA INTRODUCCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN LAS COMUNIDADES DE NUEVA BENDICIÓN Y NUEVO TODOS SANTOS	23
----	--	----

2.1.	Levantamiento topográfico de la línea de transmisión.....	23
2.1.1.	Equipo y recursos.....	23
2.1.2.	Análisis en hoja cartográfica.....	25
2.1.3.	Criterios para el levantamiento.....	27
2.1.4.	Elaboración de plano de planta y perfil.....	29
2.2.	Levantamiento topográfico de la línea de distribución.....	29
2.2.1.	Equipo y recursos.....	29
2.2.2.	Criterios para efectuar el levantamiento.....	30
2.2.3.	Ubicación de calles.....	30
2.2.4.	Ubicación de viviendas.....	31
2.2.5.	Elaboración de plano de planta y perfil.....	31
2.3.	Elaboración del presupuesto.....	32
2.3.1.	Valor total del estudio.....	34
3.	DISEÑO DEL PUENTE DE LAS COMUNIDADES DE NUEVA BENDICIÓN Y NUEVO TODOS SANTOS.....	35
3.1.	Ubicación de la estructura existente.....	36
3.1.1.	Condiciones actuales de la estructura.....	36
3.2.	Levantamiento topográfico.....	37
3.2.1.	Planta perfil.....	38
3.2.2.	Secciones transversales.....	39
3.3.	Cálculo de caudales máximos.....	39
3.3.1.	Método de sección pendiente.....	39
3.3.1.1.	Cálculo de la pendiente.....	40
3.3.1.2.	Cálculo del área de la sección.....	41
3.3.1.3.	Cálculo del caudal máximo.....	41
3.3.2.	Método racional.....	41
3.3.2.1.	Cálculo del área tributaria.....	42
3.3.2.2.	Precipitación máxima por día.....	42

3.3.2.3.	Cálculo del caudal máximo	43
3.4.	Diseño de la losa de rodadura.....	43
3.4.1.	Calculo del espesor de la losa	43
3.4.2.	Calculo de momentos	44
3.4.3.	Calculo del refuerzo principal.....	47
3.4.4.	Distribución del refuerzo	47
3.5.	Diseño del barandal.....	50
3.5.1.	Diseño de miembros verticales.....	50
3.5.2.	Diseño de los miembros longitudinales.....	52
3.5.3.	Diseño de la banqueta y bordillo.....	53
3.5.4.	Diseño de los diafragmas	56
3.6.	Diseño de la viga principal.....	58
3.6.1.	Cálculo del refuerzo por carga viva	59
3.7.	Diseño de la estructura de apoyo (subestructura)	70
3.7.1.	Diseño de la cortina	71
3.7.1.1.	Combinación de cargas	73
3.7.2.	Diseño de la viga de apoyo.....	74
3.8.	Diseño de los estribos	76
3.8.1.	Análisis de los estribos	76
3.9.	Cuantificación de los materiales y elaboración del presupuesto	83
3.9.1.	Estimación de la mano de obra	84
3.9.2.	Valor total del puente	85
4.	VULNERABILIDAD EN ELEMENTOS DEL PUENTE	87
4.1.	Fundamentos para el análisis.....	87
4.1.1.	Conceptos de riesgo, amenaza y vulnerabilidad.....	87
4.1.2.	Comportamiento esperado de los componentes físicos y mecánicos del puente	88

4.1.3.	Cuando debe de hacerse un análisis de vulnerabilidad	89
4.1.4.	Análisis de vulnerabilidad	90
4.2.	Descripción de las amenazas naturales y de sus efectos en la estructura del puente	91
4.3.	Mitigación de desastres	94
4.3.1.	Medidas de mitigación en la estructura del puente, comunidad de Nueva Bendición y Nuevo Todos Santos	94
4.3.2.	Tipología constructiva de las comunidades y medidas de mitigación.....	95
CONCLUSIONES		97
RECOMENDACIONES		99
BIBLIOGRAFÍA.....		101
APÉNDICES		105

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. Detalle de armado de losa.....	49
2. Sección de pasamanos	53
3. Sección de banqueteta y bordillo	55
4. Detalle de diafragmas.....	58
5. Diagrama de cuerpo libre por carga viva.....	60
6. Diagrama de cuerpo libre por carga muerta	63
7. Detalle de viga principal	66
8. Diagrama por cortante.....	67
9. Triángulo de cortante.....	69
10. Detalle de refuerzo en viga por cortante.....	70
11. Distribución de fuerzas en cortina de cabezal	71
12. Sección de armado de la cortina y viga de apoyo	75
13. Geometría de subestructura	77
14. Geometría del apoyo	82

TABLAS

I. División por género, comunidad de Nueva Bendición	6
II. Datos estación hidrométrica Sábana Grande, Escuintla	14
III. Organización comunitaria Nuevo Todos Santos	17
IV. Equipo y recursos para el levantamiento de la línea de transmisión.....	24

V. Personal de topografía línea de transmisión.....	25
VI. Estimación de equipo, materiales y mano de obra línea de transmisión.....	32
VII. Estimación de equipo, materiales y mano de obra línea de distribución.....	33
VIII. Valor total del estudio	34
IX. Momento de volteo (kg.m)	78
X. Cálculo de momento estabilizante ME (respecto a B)...	78
XI. Momento de volteo de muro con sismo	81
XII. Cuantificación de materiales	83
XIII. Estimación de la mano de obra.....	84
XIV. Costo y valor total del puente.....	85

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
Ag	Área gruesa
As	Área de acero requerida
As Max	Área de acero máxima
Asmín	Área de acero mínima
Ast	Área de acero temperatura
G40	Acero legitimo de grado especificado
Av	Área de varilla de refuerzo
B	Base unitaria
Cm	Carga muerta
Cv	Carga viva
C	Centroide de la sección
V	Corte
Va	Corte actuante
Vr	Corte resistente
Fy	Esfuerzo de fluencia del acero
S	Espaciamiento entre refuerzos y elementos
E	Excentricidad
Fd	Factor de distribución de carga
Φ	Factor de reducción de carga
A	Factor de seguridad
S	Fuerza externa de sismo
Fv	Fuerza vertical
I	Fuerza por impacto, inercia

Hg	Hierro galvanizado
Lu	Longitud de columna
M	Momento
Mcg	Momento respecto al centro de gravedad
Mcm	Momento por carga muerta
Mcv	Momento por carga viva
MLF	Momento por fuerza longitudinal
Mr	Momento resistente
MR	Momento resultante
Ms	Momento generado por la fuerza de sismo
Mst	Momento por carga lateral
Mu	Momento ultimo
γ	Peso especifico
D	Peralte efectivo de la sección
F	Presión por sobrecarga
Q	Presión del suelo
W	Peso
p.max	Porcentaje de acero máximo
p.min	Porcentaje de acero mínimo
R	Radio de giro
F'c	Resistencia del concreto a la compresión
Ton/m²	Tonelada por metro cuadrado

GLOSARIO

ACI	Instituto Americano del Concreto, por sus siglas en inglés.
Acero	Aleación de hierro que contiene entre un 0,04 y un 2,25% de carbono y a la que se añaden otros elementos. Acero de punto de fluencia elevado, en el caso de las barras de armadura de 60 000 y 40 000 psi.
AGIES	Asociación Guatemalteca de Ingenieros Estructurales.
Agregado fino	Agregado que atraviesa un tamiz de 9,5 mm (3/8 in.) y atraviesa casi totalmente un tamiz de 4,75 mm (No. 4) mientras que es predominantemente retenido sobre el tamiz de (No. 200); o aquella porción que atraviesa el tamiz de 4,75 mm (No. 4) predominantemente retenida sobre el tamiz de (No. 200).
Agregado grueso	Agregado predominantemente retenido sobre un tamiz de 4,75 mm (No. 4), o aquella porción retenida sobre un tamiz de 4,75 mm (No. 4).

Amenaza	Fenómeno natural o provocado por la actividad humana que se torna peligroso para las personas, propiedades, instalaciones y para el medio ambiente.
Área de construcción	Proyección horizontal del área que ocupa una edificación.
AASHTO	Asociación Americana de Oficiales de Autopistas Estatales y Transporte – American Association of State Highway and Transportation Officials.
Capacidad portante admisible	Máxima tensión unitaria a la cual se puede someter un suelo u otro material a fin de impedir la falla por corte o el asentamiento excesivo.
Concreto	Material compuesto que consiste esencialmente en un medio ligante dentro del cual hay partículas o fragmentos de agregado, generalmente una combinación de agregado fino y agregado grueso; en el concreto de cemento portland el ligante es una mezcla de cemento portland y agua.
Concreto reforzado	Concreto que contiene armaduras adecuadas (Pretensada o no pretensada) y diseñado en Base a la hipótesis que los dos materiales actúan resistiendo las fuerzas conjuntamente por adherencia.

Conservación	Proceso de mantener una estructura en su estado actual impidiendo su deterioro.
DGC	Dirección General de Caminos.
Diafragma	Elemento colocado normalmente al tercio de la luz. Una viga que provee rigidez al sistema se clasifica de acuerdo a su ubicación como externo e interno.
Estribo	Armadura que se usa para resistir tensiones de corte y tracción diagonal en un miembro estructural; típicamente consiste en una barra de acero doblada en forma de U o de caja que se instala perpendicular a la armadura longitudinal o formando un ángulo con la misma y anclada adecuadamente.
Junta	Separación física en el hormigón pre moldeado o colocado en el lugar de la obra, incluyendo las grietas si es que éstas ocurrieron intencionalmente en ubicaciones especificadas.
Losa	Capa moldeada de concreto simple o armado, plana y horizontal o casi horizontal, generalmente de espesor uniforme aunque algunas veces de espesor variable, ya sea apoyada sobre el terreno o soportada por vigas, columnas, muros u otros elementos.

Longitud de desarrollo	Longitud de empotramiento requerida para desarrollar la resistencia de diseño de la armadura en una sección crítica; anteriormente se le llamaba longitud de adherencia.
Mampostería	Sistema constructivo por medio del cual unidades formadas o moldeadas, por lo general lo suficiente pequeñas para que una sola persona los manipule, se adhiere con mortero para formar paredes o muros.
Mortero	Mezcla con cemento, cal hidratada, arena y agua, usado para unir las unidades de mampostería entre sí y forma uniones de cabecero y en estrato.
Neopreno	Nombre genérico para los polímeros de cloropreno. Su efectividad como medio para la transferencia de carga en la estructura, absorbe el movimiento debido a la dilatación y contracción térmica del concreto, actuando también como aislante de vibraciones en los componentes de estructuras que vinculan de la carga.
Pendiente	Inclinación necesaria con respecto a una línea horizontal.

Pavimento flexible	Pavimento que mantiene un contacto íntimo con la subrasante y distribuye las cargas sobre la misma, y para su estabilidad depende de la fricción de los agregados, fricción entre partículas y cohesión; los agentes cementantes si es que se los utiliza generalmente son materiales bituminosos y no cemento hidráulico como en el caso de los pavimentos rígidos.
Riesgo	Grado de pérdidas esperadas y efectos provocados debido a la ocurrencia de un evento particular en función de la amenaza y la vulnerabilidad.
Tipología estructural	Clasificación de estructuras en función de la forma en que transmiten y soportan las cargas que se les aplican.
Viga	Miembro estructural sometido a carga axial y flexión, pero fundamentalmente a flexión. Bajo condiciones de diseño en puentes se consideran como elementos simplemente apoyados.
Vulnerabilidad	Es la susceptibilidad o factor de riesgo interno de un componente o del sistema como un todo de ser dañado total o parcialmente por el impacto de una amenaza. A la magnitud del daño cuantificado o medido se le denomina vulnerabilidad.

**Vulnerabilidad
estructural**

Grado de pérdidas de un elemento o grupo de elementos que están en riesgo por la probable ocurrencia de un evento desastroso como resultado del daño al que es susceptible el sistema estructural que mantiene en pie a un edificio.

Zapata

Elemento estructural que transmite las cargas provenientes de la sub estructura directamente al suelo.

RESUMEN

El trabajo de graduación que a continuación se presenta, contiene el diseño de un puente vehicular y el estudio topográfico para la introducción de energía eléctrica para las comunidades de Nuevo Todo Santos y Nueva Bendición del Municipio de Guanagazapa, departamento de Escuintla. Está dividido en cuatro capítulos que analizan las características propias de las comunidades, el estudio de campo para la introducción de energía eléctrica, el diseño del puente vehicular y el estudio de vulnerabilidad aplicado a la estructura del puente.

El puente vehicular de una vía está diseñado con una carga viva de H15-44 y una luz de 10,00 m, sobre estribos de concreto ciclópeo, la superestructura compuesta de dos vigas de sección rectangular, dos diafragmas externos y un interno, el espesor de la losa es de 0,18 m. El pasamanos, compuesto por postes de concreto reforzado y elementos longitudinales de tubo Hg de 2 pulgadas. El valor soporte asumido del suelo es de 20,00 Ton por metro cuadrado. En la ubicación de la estructura se establece una topografía aguas arriba como aguas abajo. La estructura se analizó por métodos estructurales, que cumplen con las especificaciones y normas establecidas para el diseño de puentes. El valor de la estructura equivale a Q. 705 472,27

El estudio topográfico para la introducción de energía eléctrica establece la información requerida para el análisis de la línea de conducción y la distribución. La información vertical y horizontal se presenta en secciones transversales y longitudinales para definir el trazo ideal considerando los accidentes topográficos, el derecho de vía, el tipo de terreno y otras consideraciones que fueron evaluadas.

El método topográfico utilizado de conservación de azimut, para el levantamiento de campo establece la información necesaria. El valor del estudio equivale a Q. 12 026,12

En el capítulo cuarto se presenta un análisis de vulnerabilidad en donde se hace una descripción de las posibles amenazas y sus efectos sobre la estructura diseñada, y se plantean medidas de mitigación con el objeto de contrarrestar el efecto de éstas sobre la estructura.

OBJETIVOS

General

Contribuir con el estudio para la introducción de energía eléctrica y el diseño de un puente para las Comunidades de Nueva Bendición y Nuevo Todos Santos, del municipio de Guanagazapa, Escuintla.

Específicos

1. Elevar el nivel organizativo y de gestión de la comunidad para promover su desarrollo.
2. Estimular el crecimiento económico y social de la región.
3. Aportar ayuda a la municipalidad en cuanto a la planificación y ejecución de proyectos de infraestructura dirigidos a las comunidades que carecen de los mismos.
4. Contribuir al esfuerzo de las comunidades por mejorar cada día con el aporte del estudio realizado para gestionar los recursos económicos para su construcción.

INTRODUCCIÓN

En muchos lugares del país, existe la necesidad de solventar problemas de carácter social. Tal es el caso de las comunidades de Nueva Bendición y Nuevo Todos Santos, que se localizan en el municipio de Guanagazapa del departamento de Escuintla.

Este trabajo de graduación está dividido en cuatro capítulos: en el Capítulo 1 se presenta la investigación monográfica de las dos comunidades. El Capítulo 2 contiene la información y análisis del levantamiento, la generación de los planos de planta y perfiles de la línea transmisión y distribución con una longitud total de 3,51 Km. También contiene el presupuesto del estudio. En el Capítulo 3 se presenta el diseño de puente vehicular para las comunidades de Nueva Bendición y Nuevo Todos Santos. La estructura se diseñó en concreto reforzado para una vía, bajo especificaciones técnicas adoptadas para el diseño de puentes, posee una longitud de 10,00 m, la carga de diseño es H 15-55.

En el capítulo 4 se describe el estudio de vulnerabilidad en elementos del puente. Las consideraciones recomendadas para el buen uso y funcionamiento de la estructura bajo efectos de desastres naturales como resultado de la ocurrencia de un evento con el fin de preservarla. Algunas recomendaciones técnicas respecto al tipo de viviendas que se localizan en las comunidades.

1. MONOGRAFÍAS DE LOS LUGARES EN ESTUDIO

1.1. Monografía de la aldea Nueva Bendición

Nueva Bendición es una comunidad que debido a los problemas del conflicto armado interno fueron reubicados de su lugar natal.

1.1.1. Antecedentes

La comunidad de Nueva Bendición está constituida en su mayoría por familias procedentes del departamento de Huehuetenango en el municipio de Todos Santos Cuchumatanes. Debido al conflicto armado interno, fueron desplazadas hacia México y, tras la firma de los Acuerdos de Paz en 1996, fueron repatriadas, y por medio del Fondo de Tierras lograron comprar la finca que actualmente ocupan. Sus pobladores en su mayoría se dedican a labores agrícolas de las cuales una parte de la producción es utilizada para autoconsumo y la otra se comercializa en los mercados del municipio o bien en otros departamentos.

La comunidad no cuenta con un puente vehicular que proporcione seguridad sobre la ruta al transitar sobre el río ya que la estructura actual no es una estructura formal, por ello un elemento nuevo construido con materiales de calidad bajo especificaciones. Actualmente tampoco cuenta con el servicio de energía eléctrica lo cual imposibilita que las personas no puedan desarrollarse personal y socialmente especialmente por la noche.

1.1.2. Características físicas

La finca Oscuros Guatalones ubicada en el municipio de Guanagazapa, Escuintla, es el nuevo hogar de la comunidad con las siguientes características.

1.1.2.1. Localización geográfica

El municipio de Guanagazapa se localiza en el departamento de Escuintla norte $14^{\circ} 18' 03''$ - oeste $90^{\circ} 47' 08''$. Situado al sur de la república, este municipio tiene una extensión de 220 kilómetros cuadrados, a una altura de 315 msnm. Limita al norte con San Vicente Pacaya (Escuintla); al este con Pueblo Nuevo Viñas y Taxisco (Santa Rosa); al sur con Iztapa (Escuintla); al oeste con Masagua y Escuintla (Escuintla). La comunidad de Nueva Bendición se encuentra dentro de la Finca Oscuros Guatalones, actualmente finca Pretoria.

Consiste en adoptar objetivos y acciones para llevarlos a cabo y alcanzarlos (Autor-Informe, Año), así mismo se debe tomar las decisiones apropiadas.

1.1.2.2. Climatología

A. Fisiografía y clima: el clima es predominantemente cálido, con elevadas precipitaciones y altas temperaturas, debido a la altura en que se ubica respecto al nivel del mar. Por las noches el clima es fresco. Se marcan dos estaciones, la estación lluviosa y estación seca, en los meses de octubre a febrero la comunidad es afectada por fuertes vientos que es uno de los factores más perjudiciales para los habitantes tanto para sus viviendas como para sus cosechas, fenómeno que se da debido a las características montañosas y boscosas de la región donde se encuentran.

B. Orografía: el área que ocupa la finca es 502 hectáreas, localizada sobre las faldas del cerro Miramundo, contando así con una densa extensión de bosque cuya vegetación tropical se compone en su mayoría de especies como: Ceiba, el copal y las palmeras. En la parte superior de la finca se encuentra un bosque de coníferas y varias plantaciones de café. En época lluviosa se forman varias corrientes de agua pluvial que contribuyen a incrementar los caudales de las quebradas.

1.1.2.3. Topografía

La comunidad Nueva Bendición se caracteriza por tener una topografía variada, conformada por áreas con pendientes suaves y excesivas, laderas de mediana inclinación. La comunidad propiamente dicha esta asentada en el casco de la finca que esta ubicado en la parte de poca pendiente. El 60% del área total es boscosa y el 40% restante es zona de cultivos.

1.1.2.4. Hidrografía

Las principales fuentes de agua en el área, son: la micro cuenca, compuesta por las márgenes de los ríos Michatoya y María Linda, así como las quebradas y nacimientos: Sucio, río Oscuro y El Papayo; los nacimientos El Puente y El Volador. El primero de estos es la fuente de abastecimiento de la comunidad por su ubicación en la parte alta de la finca.

1.1.2.5. Transporte y vías de acceso

En época de lluvia, la comunidad afronta serios problemas de transporte al dañarse seriamente la única vía vehicular de comunicación debido a la falta de obras de captación, manejo y evacuación de las aguas pluviales un adecuado diseño geométrico y por ser una carretera de terracería.

En esa época la comunidad cuenta con un tractor sobre llantas tipo agrícola con un carretón que lo utilizan como medio de transporte de personas y de mercadería ya que el transporte extraurbano únicamente llega a la entrada de la finca Altamira, faltando una distancia de más o menos siete kilómetros hasta la comunidad. En la época seca el transporte extraurbano y vehículos tipo pick up pueden ingresar con alguna dificultad hasta el centro de la comunidad lo que facilita el transporte de personas y mercadería.

La vía vehicular de acceso mencionada para la comunidad y comunidades aledañas como se menciona es un camino de terracería que conduce desde la parte alta de la finca hacia la aldea el papayo conectándose con la ruta CA-02 en el Km. 92. Es de suma importancia la rehabilitación de un puente de concreto reforzado, la construcción de tres pasos tipo badén y proteger con balastro la carretera incluyendo sus obras de drenaje para aprovechar el actual camino en las épocas lluviosa y seca.

El único medio de comunicación telefónica que poseen es el de un teléfono celular comunitario, algunas personas cuentan con aparatos personales. Debido a la falta de energía eléctrica no se cuenta con otro medio de comunicación telefónico.

1.1.3. Características sociales

La familia es la base fundamental de la sociedad, la comunidad esta organizada por un comité y predomina el sexo masculino, sus características sociales son:

1.1.3.1. Población

Según proyecciones del Instituto Nacional de Estadística y el Centro Latinoamericano de Demografía, para el 2000 la población total del departamento de Escuintla era de 483 769 habitantes, de los cuales 31 203 (6,45%) eran indígenas; 442 165 (91,40%) no indígenas, y 10 401 (2,15%) ignorado.

Solo en el municipio de Palín se habla el idioma pocomam y en el resto del departamento se habla el español. En el municipio de Guanagazapa la población es de 12 726 habitantes, predomina el idioma español. Actualmente se encuentran ubicadas en las periferias del centro del municipio, comunidades de repatriados procedente de México, originarios en su mayoría del altiplano del país lo que ha introducido algunos idiomas indígenas en esta región.

Según censos elaborados en la comunidad en octubre de 2003, la comunidad de Nueva Bendición estaba integrada por 409 habitantes entre hombres y mujeres. Todos ellos (hombres) dedicados a la agricultura y algunas actividades fuera de la finca. Las mujeres dedicadas a las actividades del hogar como se muestra en la siguiente tabla:

La siguiente tabla describe la división por genero que integra la comunidad de Nueva Bendición, como puede notarse predomina el sexo masculino pero por una diferencia muy poca.

Tabla I. **División por Géneros. Comunidad de Nueva Bendición**

Género	Cantidad	%	Lugar de origen
Mujeres	194	47	San Marcos, Quiché, Chimaltenango y Huehuetenango.
Hombres	215	53	

Fuente: elaboración propia.

1.1.3.2. Organización comunitaria

La comunidad está organizada y cuenta con un Comité Oficial, el cual está integrado por los cargos de presidente, vice-presidente, secretario y tesorero. Este comité, se dedica a promover y gestionar proyectos de desarrollo comunal, coordinación de actividades y administración de los recursos de la finca con la participación de todos los habitantes.

1.1.3.3. Religión e idioma

En la comunidad se practican dos religiones, la católica y la evangélica. Se hablan el idioma español e idioma mam, algunos pobladores hablan el idioma quiche.

1.1.4. Características económicas

Estas actividades están basadas en las actividades agrícolas como las principales generadoras de ingresos y fuentes de empleo para los pobladores.

1.1.4.1. Actividades productivas

La principal fuente de trabajo es la agricultura. El 40% de tierra es fértil y los cultivos son: café, aguacate, tomate, chile pimiento, arroz, maíz, frijón, y a baja escala banano, piña, papaya y limón persa, pacaya y frutas propias de la región. Las explotaciones agrícolas pueden clasificarse de la manera siguiente:

- A. De autoconsumo (doméstico)
- B. El mercado interno
- C. Para el mercado externo

Cuando obtienen algún excedente lo utilizan para la ventas y esta ganancia la invierten en comprar otros productos alimenticios de consumo diario. Algunos pobladores continúan con la cosecha del café, producto que se ha heredado en las tierras de la finca.

La actividad de tejidos, se realiza en las viviendas de la comunidad mediante un proceso artesanal este producto no se lleva a cabo a nivel de comercio, únicamente para uso personal.

1.1.4.2. Tenencia de la tierra

En 1996, a través de FONATIERRAS hoy FONTIERRAS, fue adquirida la finca y otorgada a la comunidad de Nueva Bendición y Nuevo Todo Santos, con quienes comparten la misma. Los límites están establecidos. Un 60% es bosque maderable y el 40% restante es tierra cultivable donde se cosechan los productos mencionados.

1.1.4.3. Ingresos y egresos familiares

La principal fuente de ingresos es generada por la agricultura, por la venta de las cosechas y en algunos casos por las jornadas de trabajo denominadas jornal que generan ingresos en distintas épocas del año.

El ingreso por familia en promedio mensual es alrededor de Q. 700,00 y sus gastos mensuales promedio ascienden a Q. 500,00. El ingreso por jornal de trabajo se paga a Q. 30,00/día, pocos pobladores tienen ingresos superiores a los mencionados por trabajar en actividades diferentes fuera de la finca.

1.1.5. Características de la infraestructura existente

La comunidad de Nueva Bendición se instaló en el casco de la finca, misma que no cuenta con los servicios básicos para albergar a una comunidad

1.1.5.1. Servicios básicos

La finca posee una casa patral que en la actualidad la utilizan como escuela, en época de invierno y otoño como albergue para las familias, un cuarto de máquinas en donde se encuentra una turbina tipo *Peltón* sin servicio que generaba energía eléctrica a la finca, toda esta infraestructura forma parte

de la adquisición de la finca. La comunidad no cuenta con un sistema adecuado de agua potable, que garantice agua 100% potable. No existe un sistema de drenaje sanitario ni disposición adecuada de las heces humanas, no cuenta con el servicio de energía eléctrica, no hay un manejo adecuado de la basura, no cuentan con una instalación adecuada para la escuela.

No cuentan con ningún centro de salud y en la comunidad. En casos de emergencia, los habitantes necesariamente tienen que ir al Centro de Salud de Guanagazapa, eventualmente médicos del centro mencionado hacen visitas a la comunidad.

Entre los servicios de apoyo que se les proporciona están las Jornadas Medicas, cuyas visitas son un tanto esporádicas, poseen una farmacia comunitaria, también reciben ayuda por medio de Cáritas Diocesana de Escuintla, cuyo director es el padre Edgar del Cid Leiva, les proporcionan insumos para sus cultivos, asesoría técnica y les llevan víveres.

En la actualidad, también reciben apoyo técnico de estudiantes de EPS de la Universidad de San Carlos, siendo este informe parte de la ayuda que se les puede proporcionar así como las municipalidades de Guanagazapa y Escuintla. Como ya se mencionó anteriormente, son comunidades que viven en extrema pobreza, y debido a la ausencia de una buena vía de acceso es difícil que la ayuda llegue de inmediato.

Es por eso que carecen de los servicios básicos, en los que se pueden mencionar la ausencia de salud, agua potable, vivienda, saneamiento, energía eléctrica, instalaciones educativas adecuadas, capacitación, recreación, fuentes de trabajo, medidas de mitigación, etc., que son indispensables para toda comunidad para bien de la población y desarrollo de la misma.

1.1.6. Factibilidad social y económica del proyecto

La comunidad no cuenta con los recursos necesarios para llevar a cabo este proyecto pero puede aportar la mano obra no calificada.

1.1.6.1. Recursos comunales

Existen dentro de la población buenas expectativas hacia el proyecto ya que se contará con un servicio que mejorara las condiciones de los habitantes y una estructura segura para el paso vehicular, la comunidad puede proporcionar la mano de obra no calificada con horas de trabajo como apoyo y algunos materiales locales como arena de río, piedra bola, alguna madera pero será necesario considerar el traslado de los mismos al lugar de trabajo. Desde cualquier punto de vista, sería justificable que este proyecto a través de gestiones pueda de algún modo, con la participación de la comunidad, la alcaldía e instituciones del estado o no gubernamentales llegar a ejecutar en un futuro muy próximo.

1.1.6.2. Análisis económico

En la comunidad las personas económicamente productivas son en su mayoría hombres. Las familias viven de la agricultura, de la siembra de hortalizas y legumbres considerando que la finca tiene un potencial para la siembra y cosecha de café, del cual no se tiene una dependencia.

De las cosechas obtienen pocas ganancias a través de las ventas de algunos de sus productos ya que en una pequeña parte de las mismas la usan para autoconsumo.

Otro ingreso monetario es trabajar por jornales, que no llegan a ganar más de Q. 30,00 al día en algunas temporadas del año.

Esto define que para la comunidad, sería económicamente imposible costear los gastos para que este proyecto se lleve a cabo, debido a las condiciones de vida que hoy llevan. En otras palabras, el aporte que la comunidad podría dar, sería exclusivamente con mano de obra no calificada y algunos materiales que se encuentran en el lugar.

1.2. Monografía de la aldea Nuevo Todos Santos

Todos Santos, es una comunidad que debido a los problemas del conflicto armado interno que vivió nuestro país, fueron reubicados de su lugar natal.

1.2.1. Antecedentes

La población de la comunidad de Nuevo Todos Santos está conformada por familias repatriadas originarias de los departamentos de San Marcos, Huehuetenango, Quiché y Chimaltenango, a raíz de la firma de los acuerdos de paz, retornar al país.

Después de siete años de gestión ante las autoridades estatales, a través del proyecto de FONTIERRAS, lograron adquirir lo que antes era una finca dedicada a la producción cafetalera llamada Pretoria, en la cual se reubicaron como comunidad perteneciente al municipio de Guanagazapa, departamento de Escuintla.

Como consecuencia de la utilización de la finca, la actual población no ha tenido acceso a los servicios básicos, que les permita desarrollarse como comunidad.

Dentro de los principales problemas que se pudieron identificar después de llevar a cabo una inspección del lugar, se menciona la falta de caminos en buenas condiciones, medios adecuados de transporte, suministro de energía eléctrica, instalaciones educativas y de salud, vivienda y un sistema de abastecimiento de agua potable.

1.2.2. Características físicas

La finca Oscuros Guatalones ubicada en el municipio de Guanagazapa, Escuintla, es el nuevo hogar de la comunidad con las siguientes características.

1.2.2.1. Localización geográfica

Escuintla, departamento situado al sur de Guatemala, se encuentra ubicado en la región V (Central) cuya cabecera municipal es la ciudad de Escuintla. Se ubica en las coordenadas norte 14° 18' 03" - oeste 90° 47' 08", su extensión territorial es de 4 384 kilómetros cuadrados y una altura de 347 metros sobre el nivel del mar.

Está situado entre la costa del océano Pacífico y la vertiente meridional de la dorsal volcánica mesoamericana, de la que destacan los volcanes Pacaya y Escuintla.

Limita al norte con Yepocapa (Chimaltenango), Alotenango (Sacatepéquez) y Guatemala; al sur con Masagua (Escuintla), y el océano Pacífico; al este con Palín, San Vicente Pacaya y Guanagazapa (Escuintla) y Santa Rosa; y al oeste con La Democracia, Siquinalá, Santa Lucía Cotzumalguapa (Escuintla) y Suchitepéquez.

1.2.2.2. Climatología

Fisiografía y clima: el clima esta caracterizado por dos estaciones: severamente seca y muy húmeda, de casi igual duración. La época de sequía se extiende desde noviembre hasta abril, pero por lo general hay suficiente lluvia entre los meses de junio a octubre. La precipitación pluvial es variable, caracterizándose por ser lluvias de alta intensidad principalmente en la parte alta de la finca por ser una zona boscosa.

Las temperaturas son moderadas, con días cálidos y noches agradables. Las variaciones diarias son mayores que las estacionales promedio, pues las variaciones diarias pueden ser de hasta 10 grados, siendo las estacionales promedio de solamente unos dos grados. Los vientos huracanados son comunes, particularmente entre los meses de octubre a enero, siendo los más fuertes en los meses de noviembre y diciembre a causa de las tormentas provenientes del océano, y también vientos descendentes provocados por la conformación del terreno.

Los datos proporcionados por la estación hidrométrica más cercana al área de estudio es la de Sabana Grande ubicada en el municipio de Escuintla, registrando para el mes de marzo del 2004 en la siguiente tabla se muestran los siguientes datos:

Tabla II. **Datos estación hidrométrica Sábana Grande, Escuintla**

Humedad relativa media	82%
Humedad relativa máxima	91%
Humedad relativa mínima	71%
Tensión de vapor	23 mm Hg
Temperatura punto de rocío	26°C

Fuente: elaboración propia.

1.2.2.3. Topografía

De acuerdo con la orografía, Nuevo Todos Santos se caracteriza por tener una topografía variada de accidentada a moderada, que va de áreas medianamente quebradas, así como laderas de las cuales un 60% es área forestal y el 40% restante se destina a zonas de cultivo.

El área que ocupa la finca es 451 hectáreas, localizada sobre las faldas del cerro Mira mundo, cuenta con una densa extensión de bosque en la parte alta cuya vegetación tropical se compone en su mayoría de especies como: pino, Ceiba, el copal y algunas palmeras. Siembras de café y pacaya. En la parte baja se esta trabajando la tierra para siembra de hortalizas y legumbres, pequeñas plantaciones de piña y banano.

1.2.2.4. Hidrografía

Las principales fuentes de agua en el área, son: la micro-cuenca compuesta por las márgenes de los ríos Michatoya y María Linda, así como las

quebradas: Sucio, río Oscuro y El Papayo. También se consideran los nacimientos: El Puente y El Volador.

1.2.2.5. Transporte y vías de acceso

En época de invierno, la comunidad afronta serios problemas de transporte por la actual vía de comunicación por los daños causados por las lluvias debido a la falta de dispositivos de captación, manejo y evacuación de las aguas pluviales, características de la terracería y un alineamiento vertical y horizontal inadecuado.

La vía vehicular de acceso para los habitantes de la comunidad es un camino de terracería que conduce desde el interior de la finca pasando por la finca Altamira rumbo hacia la aldea el papayo y algunas comunidades aledañas hasta llegar a interceptarse con la ruta asfaltada CA-02 en el kilómetro 91 que conduce hacia la frontera con el Salvador. Es de suma importancia la rehabilitación de un puente de concreto reforzado y la construcción de tres pasos tipo badén y balastar el camino con el fin de poder aprovechar el acceso en las épocas de invierno y verano.

1.2.3. Características sociales

La familia es la base fundamental de la sociedad, la comunidad esta organizada por un comité predominando el sexo masculino, sus características sociales son:

1.2.3.1. Población

Gracias a la información obtenida por los representantes de la comunidad se establece que la cantidad de habitantes del género masculino es de 188 y la cantidades del género femenino es de 152.

Dentro de los aspectos poblacionales, el proyecto tendrá un área de influencia que toma en cuenta la totalidad de familias que se ubican en la comunidad. En cuanto a las áreas de futuro crecimiento en el caso específico de Nuevo Todos Santos, la población cuenta con terrenos adicionales en la parte baja de la finca sobre los cuales se reubicaran.

El total de pobladores de la comunidad son indígenas, predominando el grupo étnico mam. De acuerdo con las estadísticas locales, se observa que la población predominante es la adulta con un 44% sobre el total de habitantes.

1.2.3.2. Organización comunitaria

En la comunidad está organizado un Comité Oficial, nombrado por la comunidad para el bien común el cual se dedica a promover y gestionar proyectos de desarrollo comunal, en la siguiente tabla se muestra el orden de organización:

Tabla III. **Organización comunitaria Nuevo Todos Santos**

Presidente	Juan Pérez
Vice – presidente	Salvador Jiménez
Secretario	Gilberto Mendoza
Tesorero	Santos Pérez

Fuente: elaboración propia.

1.2.3.3. Religión e idioma

En la comunidad se practican dos religiones, la religión Católica y la religión Evangélica. Existe una iglesia católica con muy malas condiciones en su estructura ya que esta se utilizaba por los anteriores habitantes de la finca y tiene muchos años desde que se construyó por lo que se practica esta religión en otro recinto.

La comunidad habla el idioma español e idioma mam, algunos pobladores hablan el idioma quiche como lengua natal. Esto se debe como se mencionó anteriormente a la reubicación como repatriados por parte de las autoridades de gobierno responsables en esta zona.

1.2.4. Características económicas

Estas actividades están basadas en las actividades agrícolas como las principales generadoras de ingresos y fuentes de empleo para los pobladores.

1.2.4.1. Actividades productivas

En la población la mayoría son agricultores, actualmente se han organizado como comunidad bajo el nombre de Empresa Campesina Asociativa (ECA) Nuevo Todos Santos Cuchumatanes y los principales productos que cosechan son: maíz, frijol, café y en frutas producen en menor escala la piña y algunos cultivos secundarios como pepino o rábano y tomate.

La producción artesanal se concentra en las mujeres, la principal actividad es la del tejido, siendo el uso final de estos productos el autoconsumo algunas mujeres apoyan en la actividad clasificación de productos que se comercian en los puntos de acopio.

Los agricultores trabajan por sus propios medios, es decir, que no obtienen crédito de alguna institución, aunque reciben cierta clase de asesoría sobre el manejo y uso adecuado del suelo, por parte de representantes de Cáritas Diocesana de Escuintla, cuyo director es el padre Edgar del Cid Leiva, quienes además les proporcionan insumos para sus cultivos y víveres.

1.2.4.2. Tenencia de la tierra

En la comunidad el 100% de las familias cuentan con terrenos propios tanto para vivienda como para áreas de cultivo. En el caso de las parcelas sobre las cuales construirán sus viviendas, éstas tienen de área 15 x 40 varas cuadradas, en cuanto a los terrenos que utilizan para cultivo, aún no se ha definido el área que corresponderá a cada grupo familiar....

1.2.4.3. Ingresos y egresos familiares

La fuente de ingreso con que cuentan los habitantes de la comunidad, es el ingreso generado por la comercialización de sus cosechas tomando como clave comercial los mercados del municipio y cabecera departamental, algunos comerciantes trasladan sus productos a otros departamentos del país, por otro lado, venden su fuerza de trabajo en las distintas fincas dedicadas al cultivo de caña de azúcar, cosecha de café, piña y tomate.

El ingreso promedio por familia es alrededor de Q. 500,00 a Q. 600,00 mensuales y sus gastos promedio son alrededor de Q. 350,00 a Q. 400,00 por mes. Muy pocas familias tienen ingresos superiores a los Q. 1 300,00 mensuales pero su centro de trabajo es fuera de la finca en actividades dedicadas a la albañilería.

1.2.5. Características de la infraestructura existente

La comunidad de Todos santos se instaló en la parte alta de la finca, misma que no cuenta con los servicios básicos para albergar a una comunidad

1.2.5.1. Servicios básicos

Centros educativos: en la comunidad existe atención para educación pública a nivel primario, aunque en la actualidad cuentan con un edificio escolar en fase constructiva, las actividades de docencia se llevan a cabo en las instalaciones de la casa patronal.

Servicios de salud: no cuentan con ningún centro de salud, y no existe farmacia en la comunidad. En casos de emergencia, los habitantes

necesariamente tienen que ir al Centro de Salud de Guanagazapa, eventualmente médicos del centro mencionado hacen visitas a la comunidad.

Servicio de agua potable: esta localidad se abastece de agua no potabilizada para consumo a través de un sistema artesanal el cual utiliza poliducto para conducir el vital líquido desde la fuente hasta donde se ubica la comunidad. Los reservorios se encuentran expuestos y no existe un sistema de purificación que garantice la potabilidad del agua.

Servicio de energía eléctrica y vivienda: la comunidad no cuenta con el servicio de energía eléctrica, tampoco cuenta con casas construidas en el sector Donde se asentará la comunidad. Actualmente, todas las familias están hacinadas en la casa patronal de la finca. Las pocas viviendas están hechas de lepa de madera y techo de lamina.

Disposición de basuras: al carecer de los servicios básicos de infraestructura, tiran la basura en áreas cercanas a la casa patronal que habitan, además no cuentan con un sistema de evacuación de excretas, por lo que tienen que hacer sus necesidades fisiológicas a campo abierto.

Medios de comunicación: dentro de la comunidad existe recepción de telefonía celular, contando así con un teléfono comunitario, además algunos miembros poseen un aparato propio.

Medios de transporte: los habitantes de la comunidad y comunidades aledañas ingresan por una brecha existente y el camino que viene de la finca Altamira, la cual es un camino de terracería. El transporte extraurbano únicamente llega a la entrada de la finca en época de invierno por lo que se debe de caminar una distancia aproximada de siete kilómetros hasta la comunidad.

En verano cuando las condiciones del camino lo permiten este tipo de transporte, ingresa a la finca. Actualmente la comunidad cuenta con un con un tractor agrícola con un carretón y un vehículo motorizado todo terreno que le permite trasladar las cosechas a puntos de consumo con el fin de mejorar las ganancias.

1.2.6. Factibilidad social y económica del proyecto

La comunidad no cuenta con los recursos necesarios para llevar a cabo este proyecto pero puede aportar la mano obra no calificada.

1.2.6.1. Recursos comunales

En el área de influencia del proyecto, las familias de la comunidad manifestaron su voluntad para aportar los jornales necesarios de mano no calificada, para la construcción del proyecto. Entre los materiales locales que podría aportar la comunidad se tiene: arena de río, pedrín de río y piedra bola dichos materiales se pueden conseguir en áreas cercanas a Nuevo Todos Santos. Por su parte, el comité solicitará el permiso respectivo para su extracción, pero el ejecutor del proyecto tendrá que costear el transporte hasta el lugar cercano a la obra.

1.2.6.2. Análisis económico

Definitivamente, la comunidad no cuenta con los recursos económicos que le permitan desarrollarse, carece de capacitación técnica, y aunque tenga la inquietud de ser parte dinámica no podrá lograrlo. Es necesario, entonces, el aporte de todos los sectores relacionados del estado, organismos no

gubernamentales y todas las entidades comprometidas en la promoción del desarrollo comunitario.

La posibilidad de la comunidad de financiar sus propios proyectos es remota; aunque está organizada en un comité pro-mejoramiento, no poseen recursos, más que su trabajo y sus buenas intenciones de trabajar, sus potencialidades económicas se reducen a la subsistencia y, en el mejor de los casos, la aportación que daría cada grupo familiar no sería suficiente.

2. ESTUDIO TOPOGRÁFICO PARA LA INTRODUCCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN LAS COMUNIDADES DE NUEVA BENDICIÓN Y NUEVO TODOS SANTOS

2.1. Levantamiento topográfico de la línea de transmisión

La importancia de establecer los alineamientos y distancias desde donde se hará la conexión hasta el punto de consumo, permite definir los recursos necesarios para lograr este objetivo

2.1.1. Equipo y recursos

La línea de transmisión tiene como función el transporte de potencia a los centros de carga y a los grandes usuarios industriales. Los propósitos principales son:

- A. La línea de transmisión de potencia de un centro de generación hidráulica o térmica a un mercado de consumo o a los centros de carga.

- B. La transmisión de energía de un sistema a otro como en los casos de interconexiones nacionales (aplicación en este estudio) e internacionales.

El levantamiento topográfico fue realizado para obtener datos con la mayor precisión posible. Se definió de acuerdo con el análisis en hoja cartográfica y el apoyo de fotografía aérea el trazo de la línea, se tomo una franja de 15 metros respecto al eje principal para generar secciones

transversales de esta franja y el perfil longitudinal de la línea central. El equipo utilizado para el trabajo de campo fue el siguiente:

Tabla IV. Equipo y recursos para el levantamiento de la línea de transmisión

Equipo	Cantidad
Teodolito marca Wild Heerbrugg, precisión de 06 segundos.	1 unidad
Brújula magnética	1 unidad
Estadal de madera plegable de 4.00 m	1 unidad
Cinta métrica de 50 m de longitud	1 unidad
Plomadas de bronce de 2 lb.	2 unidades
Clavos	1 libra
Pintura color rojo	¼ de galón
Almágana de 10 lb; punta de 15"	1 unidad
Machetes	4 unidades
Vehículo de transporte	1 unidad
Hoja cartográfica de Guanagazapa y Brito	2 unidades
Fotografías aéreas de la zona en estudio	1 unidad

Fuente: elaboración personal.

El personal necesario en la cuadrilla de topografía, para realizar los trabajos de campo se muestra en la siguiente tabla:

Tabla V. **Personal de topografía, línea de transmisión**

Personal	Cantidad
Topógrafo	1
Cadeneros	2
Ayudantes de topografía	2
Brecheros	2

Fuente: elaboración propia.

2.1.2. Análisis en hoja cartográfica

El método de levantamiento para líneas eléctricas es muy similar al utilizado en carreteras, con reconocimiento, levantamiento previo y replanteo; pero la precisión requerida en general, es menor que en carreteras.

La utilización de la hoja cartográfica a escala 1:50,000 permite el reconocimiento a gran escala del área en estudio, la apreciación de las condiciones topográficas del terreno y es complementado con la aplicación de fotografía aérea del lugar, presentando una imagen real del terreno por donde se determina el trazo en estudio. La aplicación de la fotografía y las curvas de nivel puede efectuarse en cuatro fases:

- A. La primera fase (reconocimiento de una superficie) permitiendo el trazado de varias alternativas posibles entre los puntos en estudio.

- B. La segunda fase (comparación de trazos) el disponer de fotografías a mayor escala, permite tener una mejor percepción de los detalles como pendientes, curvas, estructuras existentes, monumentos, etc.
- C. En la tercera fase (levantamiento previo y trazado) se estudia la ruta seleccionada para determinar el eje longitudinal requerido.
- D. La cuarta fase (levantamiento para replanteo) se realiza el señalamiento de la línea por medio de estacas sobre el eje para determinar los niveles verticales del perfil longitudinal, los perfiles transversales y todos los detalles requeridos y necesarios para la construcción.

Consideraciones en el levantamiento de campo como los factores siendo uno de los más importantes es la economía referente a postes y aisladores. Cuando en un poste del tendido no hay cambio de dirección actúan en él fuerzas debido al peso de los cables, la fuerza de viento y la sobrecarga que pueda producirse por la rotura accidental de un cable.

Al final de una serie de postes, o cuando en alguno de estos existe un cambio de dirección, existe una fuerza horizontal considerable que debe de contrarrestarse con una estructura especial. Con esto se define que el trazo definitivo debe ser lo más rectilíneo posible evitándose en lo posible todo cambio de dirección.

Los tendidos en terrenos planos o llanos son más económicos aunque muchas veces es necesario utilizar fuertes pendientes para evitar los cambios de dirección o para reducir los costos por los derechos de paso en propiedades privadas, es conveniente trazar el tendido paralelo a las carreteras o caminos

para reducir los costos de conservación y mantenimiento teniendo en cuenta que se utiliza el derecho de vía del camino. En algunas ocasiones los caminos son rehabilitados por que es necesario el traslado de algunos postes que se encuentran dentro de los nuevos límites de construcción por lo que deben de reubicarse.

2.1.3. Criterios para el levantamiento

El levantamiento comprende, en general, la información necesaria para la elaboración de un mapa topográfico. Los puntos de control y el señalamiento con estacas de madera o monumentos de concreto sobre el terreno. La determinación de alineaciones y pendientes que puedan necesitarse en un replanteo y las mediciones necesarias que permitan establecer condiciones finales de avances de los trabajos establecidos.

Es de suma importancia la información levantada en los linderos de las propiedades adyacentes cuando existe necesidad de fijación de derechos de servidumbre o en algunos casos expropiación de una parte del terreno.

Las características de los materiales encontrados, el tipo de vegetación, obras existentes, pasos de agua, depresiones fuertes del terreno y cualquier otra información que pueda afectar o contribuir en la definición de un proyecto es de suma importancia considerarla al momento de realizar un levantamiento. Los métodos empleados para el levantamiento de obras varían; según la clase, la situación y la importancia de la obra.

El levantamiento debe extenderse a los extremos con la finalidad de proporcionar información necesaria que permita conocer las condiciones existentes con buena apreciación. La fotografía aérea es muy útil para el

estudio de alternativas y desarrollo de un proyecto, como se menciono anteriormente. Para este trabajo fueron, el de conservación de azimut para ángulos y el método taquimétrico para la determinación de niveles y distancias.

La fotografía aérea al igual que la hoja cartográfica de la zona permitieron, reconocer el terreno por donde se debería de efectuar el levantamiento y poder definir un trazo preliminar en papel. Posteriormente se realizo un reconocimiento físico del área para establecer los accidentes topográficos y la información anteriormente descrita.

Cabe mencionar que el levantamiento definitivo se realizo en dos fases, la primera por un levantamiento preliminar dentro de la propiedad de la finca Altamira y el segundo siguiendo el trazo del camino existente de terracería que comunica a las comunidades de Nueva Bendición y Nuevo Todos Santos.

La información levantada se traslado a gabinete para el cálculo y ploteo de los puntos con el objeto de general los perfiles longitudinales y transversales del eje del levantamiento las líneas levantadas son poligonales abiertas, también se obtuvo la información del tipo de terreno, colindantes, ancho del camino existente, tipo de vegetación en especial zona boscosa por condiciones del paso de la línea obligatorio, obras existentes como referencia y pasos de agua para contar con toda la información posible y determinar en planta y perfil los resultados requeridos.

El levantamiento inicio en la entrada de la finca Altamira a 3,50 km de donde se pretende llevar la línea que transportara la energía eléctrica hasta las comunidades mencionadas.

2.1.4. Elaboración de plano de planta perfil

Para la elaboración de los planos de planta y perfil, se calcularon las coordenadas X, Y, Z de cada uno de los puntos levantado en campo sobre el eje longitudinal. El alineamiento horizontal de la línea de transmisión tiene una longitud de 2,60 km, inicia en la entrada de la finca Altamira de donde se considero conectar dicha línea ya que hasta este punto llegan las estructuras que soportan la línea eléctrica que viene de la CA-02.

Se levanto información topográfica en una franja de 15,00 m respecto del eje central de la línea con el objeto de tener una franja de información por las condiciones antes mencionadas que permitan tener un trazo lo más recto posible.

Se obtuvo el perfil longitudinal y las secciones transversales a cada 20,00 m que muestra las diferentes alturas o la conformación del terreno por donde se pretende realizar el trazo definitivo con ayuda de esta información.

2.2. Levantamiento topográfico de la línea de distribución

La importancia de la ubicación de las viviendas que permita establecer la dispersión y cantidades para la estimación de recursos es importante

2.2.1. Equipo y Recursos

De la misma manera que la línea de conducción, el levantamiento topográfico se hizo por medio de los métodos taquimétrico y conservación de acimut. Al igual que el levantamiento para la línea de conducción (ver tabla IV página 24).

2.2.2. Criterios para efectuar el levantamiento

Los métodos utilizados para la poligonal abierta de la línea de distribución, son, el de conservación de acimut para ángulos y el método taquimétrico para la determinación de niveles y distancias.

El levantamiento se hizo siguiendo el centro del camino referenciando las viviendas y el frente de las mismas para su ubicación. Desde la ubicación de la escuela en las afueras del casco de la finca hasta la última vivienda, fueron levantadas. Las coordenadas están relacionadas al levantamiento de la línea de conducción. Las operaciones de campo se realizaron con el equipo y personal mencionado, las referencias y estaciones al igual que las radiaciones fueron marcadas con pintura color rojo.

Con la información obtenida se realizó el trabajo de gabinete para calcular las coordenadas de los puntos para el ploteo del eje del camino y las calles con la finalidad de crear el perfil longitudinal y la ubicación de las viviendas. Algunas alternativas de paso de la línea no fueron consideradas ya que a criterio se reducirían las distancias de la línea pero la iluminación a futuro de las calles se vería afectada por lo que se considero la opción del camino existente.

2.2.3. Ubicación de calles

Las calles fueron localizadas respecto a la línea central del eje longitudinal. El casco de la finca cuenta con una calle principal ancha y cuatro calles cortas (callejones), todas de terracería que en época lluviosa se deterioran por no contar con una estructura adecuada. El ancho de las mismas, varia de 3,00 a 6,00 metros.

La importancia de la localización de las calles permitirá tener un panorama certero para la distribución de la iluminación en las comunidades.

2.2.4. Ubicación de viviendas

Las viviendas al igual que las calles, fueron localizadas respecto a la línea central. Se estimaron alrededor de 125 terrenos de los cuales solo un 80% cuenta con vivienda. El esquema anterior muestra la distribución de las viviendas. Algunas viviendas se encuentran retiradas respecto de las calles hasta 10,00 metros.

Se espera que la comunidad de Nuevo Todos Santos, se traslade a la parte baja del casco sobre el camino de terracería, con lo que se construirán 57 viviendas del total antes mencionado.

2.2.5. Elaboración de plano de planta perfil

Por facilidad de interpretación se denominó línea de transmisión y línea de distribución sobre un mismo levantamiento, a los tramos que inicio en la finca Altamira y llegó al inicio de las comunidades como línea de transmisión y posterior línea de distribución. Para la elaboración de los planos de planta y perfil, se calcularon las coordenadas X, Y, Z de cada uno de los puntos. El alineamiento horizontal de la línea de conducción tiene una longitud de 0,9217 km. Se levanto información topográfica de las viviendas y calles existentes respecto del eje central de la línea. Se obtuvo el perfil longitudinal que muestra las diferentes alturas al igual que las secciones transversales en la franja de los 15,00 metros. Para las calles de longitud corta se consideró un perfil longitudinal únicamente referenciado con el perfil principal de la calle.

2.3. Elaboración del presupuesto

El valor del estudio para la introducción de energía eléctrica esta integrado por la línea de transmisión y la línea de distribución

La presenta tabla muestra los renglones de trabajo incluidos para la línea de transmisión

Tabla VI. **Estimación de equipo, materiales y mano de obra línea de transmisión**

ESTIMACION DE MATERIALES, EQUIPO Y MANO DE OBRA				
LÍNEA DE TRANSMISIÓN				
PROYECTO: INTRODUCCIÓN DE ENERGIA ELECTRICA				
EQUIPO	Unidad	Cantidad	C.U.	Total
Alquiler equipo topográfico	Día	1.00	300.00	Q300.00
Alquiler de vehiculo	Día	1.00	200.00	Q200.00
TOTAL EQUIPO				Q500.00
MATERIALES	Unidad	Cantidad	C.U.	Total
Estacas de madera	Unidad	100.00	3.00	Q300.00
Pintura Color rojo	Gl.	0.13	150.00	Q18.75
Clavo de 1"	Lb.	0.50	6.75	Q3.38
Machetes	Unidad	2.00	70.00	Q140.00
Combustible	Gl.	12.00	28.00	Q336.00
TOTAL MATERIALES				Q798.13
MANO DE OBRA	Unidad	Cantidad	C.U.	Total
Topógrafo	Día	1.00	180.00	Q180.00
Cadenero	Día	2.00	85.00	Q170.00
Ayudantes	Día	2.00	60.00	Q120.00
Chofer de vehículo	Día	1.00	75.00	Q75.00
Prestaciones	Global	96.00	%	Q422.40
TOTAL MANO DE OBRA				Q967.40
RESUMEN DE CANTIDADES				
PROYECTO: INTRODUCCIÓN DE ENERGIA ELECTRICA				
TOTAL DE MATERIALES		Q798.13		\$99.77
TOTAL DE MANO DE OBRA		Q967.40		\$120.93
TOTAL DE EQUIPO		Q500.00		\$62.50
SUPERVISION		Q339.83		\$42.48
IMPREVISTOS (10%)		Q226.55		\$28.32
SUBTOTAL COSTO		Q2,831.91		\$353.99
INDIRECTOS (45%)		Q1,274.36		\$159.29
IVA (12%)		Q492.75		\$61.59
VALOR TOTAL:		Q4,599.02		\$574.88

Fuente: elaboración propia.

Tabla VII. **Estimación de equipo, materiales y mano de obra línea de distribución**

ESTIMACION DE MATERIALES, EQUIPO Y MANO DE OBRA				
LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN				
PROYECTO: INTRODUCCIÓN DE ENERGIA ELECTRICA				
EQUIPO	Unidad	Cantidad	C.U.	Total
Alquiler equipo topográfico	Día	1.00	300.00	Q300.00
Alquiler de vehiculo	Día	1.00	200.00	Q200.00
TOTAL EQUIPO				Q500.00
MATERIALES	Unidad	Cantidad	C.U.	Total
Estacas de madera	Unidad	200.00	3.00	Q600.00
Pintura Color rojo	Gl.	0.13	150.00	Q18.75
Clavo de 1"	Lb.	1.00	6.75	Q6.75
Machetes	Unidad	2.00	70.00	Q140.00
Combustible	Gl.	13.00	28.00	Q364.00
Hojas cartográficas esc. 1:50000	Unidad	2.00	112.00	Q224.00
Fotografía aérea de guanagazapa	Unidad	1.00	290.17	Q290.17
Elaboración e impresión de planos	Global	1.00	430.00	Q430.00
TOTAL MATERIALES				Q2,073.67
MANO DE OBRA	Unidad	Cantidad	C.U.	Total
Topógrafo	Día	1.00	180.00	Q180.00
Cadenero	Día	2.00	85.00	Q170.00
Ayudantes	Día	3.00	60.00	Q180.00
Chofer de vehiculo	Día	1.00	75.00	Q75.00
Prestaciones	Global	96.00	%	Q480.00
TOTAL MANO DE OBRA				Q1,085.00
RESUMEN DE CANTIDADES				
PROYECTO: INTRODUCCIÓN DE ENERGIA ELECTRICA				
TOTAL DE MATERIALES		Q2,073.67		\$259.21
TOTAL DE MANO DE OBRA		Q1,085.00		\$135.63
TOTAL DE EQUIPO		Q500.00		\$62.50
SUPERVISION		Q548.80		\$68.60
IMPREVISTOS (10%)		Q365.87		\$45.73
SUBTOTAL COSTO		Q4,573.34		\$571.67
INDIRECTOS (45%)		Q2,058.00		\$257.25
IVA (12%)		Q795.76		\$99.47
VALOR TOTAL:		Q7,427.10		\$928.39

Fuente: elaboración propia.

2.3.2. Valor total del estudio

La presente tabla muestra los valores económicos del estudio para la introducción de energía eléctrica divididos en la línea de transmisión y la línea de conducción. Es importante mencionar que no se incluyen ningún tipo de material eléctrico, estructuras de retención(postes), acometidas, transformadores y retenidas:

Tabla VIII. **Valor total del estudio**

VALOR DEL ESTUDIO TOPOGRÁFICO		
PROYECTO: INTRODUCCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA		
Línea de transmisión	Q4,599.02	\$574.88
Línea de distribución	Q7,427.10	\$928.39
Valor total del estudio:	Q12,026.12	\$1,503.26

Fuente: elaboración propia.

3. DISEÑO DEL PUENTE DE LAS COMUNIDADES DE NUEVA BENDICIÓN Y NUEVO TODOS SANTOS

Un puente es una estructura destinada a salvar obstáculos dando continuidad a una vía, los obstáculos, pueden ser: valles, lagos, ríos, también vías férreas o carreteras, con el fin de unir caminos de viajeros, de animales y mercancías. Los puentes generalmente son obras complejas, que requieren estudiar los siguientes aspectos:

- A. La localización de la estructura o ubicación en cuanto al sitio, alineamiento, pendiente y rasante.
- B. El tipo de estructura que resulte más adecuado para el sitio escogido considerando su economía y seguridad.
- C. La forma geométrica y dimensiones, analizando sus accesos, cauces de la corriente y suelo de fundación que garantice su estabilidad.

El proyecto consiste en el diseño de un puente vehicular de concreto reforzado de un carril, para soportar una carga viva AASHTO H15-44, con una longitud efectiva de 10 metros, el ancho de carril es de 3,50 metros.

Compuesto de una sección de losa de concreto reforzado de 0,18 metros de espesor, 2 vigas de sección rectangular simplemente apoyadas con dimensiones de 0,75 metros por 0,35 metros de concreto reforzado, tres

diafragmas, dos externos y uno interno además aceras o banquetas de concreto reforzado en los lados longitudinales de 0,65 metros de ancho y 0,15 metros de espesor, barandales compuestos por postes de concreto reforzado de sección rectangular de 0,20 m por 0,15 m y pasamanos de tubería circular de hierro galvanizado de 2 pulgadas. Los estribos serán de concreto ciclópeo con una sección de 5,00 metros de altura y una base de 4,05 metros por el ancho del puente, el valor soporte del suelo adoptado es de 20 Ton/m².

El diseño está basado en las disposiciones de las normas AGIES, AASHTO, ACI y Especificaciones de DGC.

3.1. Ubicación de la estructura existente

Actualmente se encuentra un paso con elementos de madera a dos kilómetros del casco de la finca sobre el camino que conduce de la aldea El Papayo a la comunidad de Nueva Bendición y Nuevo Todos Santos.

Este paso por su ubicación actual presenta problemas de tránsito y seguridad para los vehículos y peatones por no contar con una estructura adecuada a las necesidades. El acceso a dicho paso es obligado ya que el camino no posee las especificaciones necesarias que otorguen un acceso cómodo y seguro.

3.1.1. Condiciones actuales de la estructura

El paso actual tiene un luz de 6,50 m y un ancho de 3,40 m, esta constituido por tres vigas de madera de sección 0,45 * 0,37 m en mal estado, apoyadas sobre dos muros de concreto ciclópeo que presentan grietas. El piso es de madera y esta constituido por tablones de madera en el sentido

transversal que están deteriorados, estos transmiten las cargas a las vigas. La poca altura del puente ha permitido que las aguas producto de las crecidas lleguen muy cerca de la parte baja de las vigas incrementado los efectos de deterioro considerando el tipo de material con el que esta construida esta estructura. Los muros están muy cercanos al cauce del río lo que ha provocado desgaste en la parte baja de los mismos producto del arrastre de cuerpos en tiempo de invierno que chocan contra las paredes. La estructura no cuenta con elementos de seguridad tanto para los vehículos y peatones que circulan por el lugar, también carece de elementos adecuados de protección contra crecidas en época de lluvia considerando que es un área montañosa, la mala ubicación de sus bases respecto a la corriente del río permite un choque directo en una de las mismas dañándola cada vez más.

Las condiciones actuales de este paso presentan un diagnostico negativo en función de la seguridad de la estructura con lo que se define en el colapso a corto plazo de la misma.

Se debe considerar incrementar la luz para retirar los cimientos del cauce del río, así como su ubicación para protegerlo de la corriente de las aguas y construir obras de protección que garanticen la seguridad de la nueva estructura.

3.2. Levantamiento topográfico

El levantamiento topográfico requiere de una gran precisión en los ángulos, distancias y elevaciones. Se realizó utilizando el método de conservación de azimut en calidad de un levantamiento especial (ver recursos en tabla IV pag. 24). El levantamiento fue de primer orden y consistió en lo siguiente:

- A. Planimetría: se localizó el puente dentro de la sección del río, con el propósito de ubicarlo respecto al camino existente y el eje longitudinal del río. Equidistando del eje longitudinal de la estructura 100 metros aguas arriba y abajo.

- B. Altimetría: se trazó un eje central, tomando como referencia 100 m río arriba y 100 m río abajo, luego se trazaron secciones transversales a cada 10,00 y 5,00 y 1,00 metro en puntos importantes próximos a la estructura.

- C. Información adicional: se tomaron todos los datos de la estructura existente como ancho, largo, altura, tipo de material de construcción, y condiciones actuales de la misma.

3.2.1. Planta perfil

La combinación de la información planimetría y altimetría es fundamental para el diseño de la nueva estructura, conocer la topografía de la zona que nos permita definir la correcta ubicación con base en la existente. Determinar los accidentes topográficos del terreno para definir los elementos que se consideraran en el diseño como: la luz libre, la altura de la estructura en función de la cuenca y caudal del río. El tipo de cimentación. El perfil longitudinal permitirá conocer la pendiente del terreno, el nivel actual del agua y el ancho de los márgenes.

3.2.2. Secciones transversales

Las secciones transversales aportaran la información adicional para conocer a detalle elementos importantes de la cuenca del río, el tipo de material en los puntos específicos y niveles de crecida máxima, estructuras existentes dentro de la franja en estudio.

Con los datos obtenidos de la topografía, se dibujaron las curvas de nivel y el eje longitudinal del lecho del río, el camino existente y los perfiles necesarios para definir los elementos mencionados. Es importante mencionar que las secciones transversales aportaron valiosa información en las condiciones del cauce actual del río debido a los cambios de dirección que se encontraron en la rivera.

3.3. Cálculo de caudales máximos

La crecida máxima extraordinaria ocurre en épocas de tormentas u otros fenómenos naturales; para el cálculo de la misma se usara el método de Sección-pendiente.

3.3.1. Método de sección pendiente

Es un método empírico uno de los más utilizados en lugares donde la información es difícil de obtener para efectuar un análisis confiable.

Para determinar las crecidas máximas se procede a consultar con personas del lugar en un periodo de 30 años, buscar señales que han quedado como consecuencia de grandes crecidas, en archivos o crónicas locales, con esta información se obtiene el área de la sección.

3.3.1.1. Cálculo de la pendiente

Con la información topográfica y del lugar se calcula el área de la sección transversal del río, seguidamente se calcula el valor de la velocidad de la corriente, por medio de la formula de Manning:

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

Donde se define los elementos de la ecuación anterior:

V = velocidad en m/s

R = radio hidráulico

S = Pendiente de la sección

n. = coeficiente de rugosidad

La altimetría del terreno se obtuvo por medio de los cálculos topográficos y la pendiente del terreno es 3,00%.

3.3.1.2. Cálculo del área de la sección

Se calcula el área de la sección transversal utilizando la crecida máxima por datos históricos recabados en el lugar, dando como resultado 12,34 m² y un perímetro mojado de 4,55 m.

3.3.1.3. Cálculo del caudal máximo

El cálculo del caudal máximo debe de hacerse utilizando el coeficiente de escorrentía que en particular se tomo el valor de 0,20 el cual esta basado el tipo de vegetación del terreno. Con los datos obtenidos se determinaron los resultados.

Cálculos:

$$R = A/PM = 12.34 / 4.55 = 2.71 \text{ m}$$

$$V = \frac{1}{0.20} * (2.71)^{2/3} * (0.03)^{1/2} = 1.68 \text{ m/s}$$

$$Q = (1.68) * (12.34) = 20.75 \text{ m}^3 / \text{s}$$

3.3.2. Método racional

En el método racional se asume que el caudal máximo para un punto dado se alcanza cuando el área tributaria esta contribuyendo con su escorrentía

superficial durante un periodo de precipitación máxima, este método esta representado por la siguiente fórmula.

$$Q = CIA/ 3.60$$

Donde:

Q = Caudal de diseño en m³/s.

C = Coeficiente de escorrentía

I = Intensidad de lluvia en mm/h.

A = Área drenada de la cuenca en Km².

3.3.2.1. Calculo del área tributaria

Para conseguirlo, la tormenta máxima de diseño debe prolongarse durante un periodo igual o mayor que el que necesita la gota de agua más lejana para llegar al punto considerado o tiempo de concentración. En este caso se considera un valor de escorrentía de C: 0,20 y un área tributaria de 5,20 Km².

3.3.2.2. Precipitación máxima por día

La intensidad de lluvia es la estimación de caudales de diseño, asociados de determinados periodos de retorno, para cuencas tributarias pequeñas. El valor de la intensidad I se calcula de la ecuación siguiente:

$I = a / b + t$ para un valor de $t = [(0.886 \times L^3) / H]^{0.385} \times 60$ donde para valores de $L = 3.2$ km, $H = 32$ m $t = 60$ min.

Considerando un periodo de retorno de 25 años, la intensidad será:

$$I = 1225 / [t + 6]^{0.699}, \text{ sustituyendo } I = 66.33 \text{ mm / hr.}$$

3.3.2.3. Cálculo del caudal máximo

Considerando un valor de $C = 0,20$ y un área de $5,20$ Km², el caudal esperado es: $Q = [(0,20) \times (66,33) \times (5,20)] / (3,60) = 19,16$ m³ / s. Al compara el valor de ambos métodos se considera más acertado el método de pendiente sección por lo que se tomara el valor de $Q = 20,75$ m³ / s.

3.4. Diseño de la losa de rodadura

El comportamiento de la losa es en un solo sentido, debido a la relación de ancho y largo; por lo tanto trabaja en el sentido corto, el refuerzo principal de la losa es perpendicular al tránsito.

3.4.1. Cálculo del espesor de la losa

El espesor de losas para puentes de concreto reforzado va desde 15 cm hasta 25 cm máximo, según especifica AASHTO; para este diseño se selecciono un espesor (t) de 18 cm, equivalente a 0,59 pies:

$$t: (0.10 + S) = (0.10 + 2.40) = 0.18 > 0.16$$

3.4.2. Cálculo de momentos

Las cargas consideradas en este análisis son: la carga muerta, viva y de impacto; esta última es aplicada directamente al momento producido por la carga viva en función al efecto dinámico sobre la estructura.

Carga muerta. Se calculó mediante la fórmula siguiente:

$$W_m = 2400 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \times 0.18\text{m} = W_m = 432 \frac{\text{Kg}}{\text{m}}$$

$$W_{\text{barandal}} = \frac{W_{\text{baran}}}{\text{Ancho de la sección}}$$

$$W_m = 80 \frac{\text{Kg}}{\text{m}} / 4.80\text{m} = W_m = 9.52 \frac{\text{Kg}}{\text{m}}$$

Peso de la banquetta y capa de asfalto:

$$W_{\text{ban}} = \text{Espesor} \times \text{ancho} \times 2400 = 0.15 \times 0.60 \times 2400 = 90 \text{ Kg / m}$$

$$W_{\text{asf}} = t \times \gamma_{\text{asf}} = 2100 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \times 0.05 \text{ m} = 105 \frac{\text{Kg}}{\text{m}}$$

$$\text{Peso del tope: } W_{\text{tope}} = \text{Espesor} \times \text{ancho} \times 2400$$

$$= 0.15 \times 0.25 \times 2400 = 90 \text{ Kg / m}$$

$$W_{\text{cm}} : W_{\text{losa}} + W_{\text{barandal}} + W_{\text{banqueta}} + W_{\text{asfalto}} + W_{\text{tope}}.$$

$$W_{\text{cm}} : 432.00 \text{ Kg/m} + 9.52 \text{ Kg/m} + 90.00 \text{ Kg/m} + 105.00 \text{ Kg/m} + 90.00$$

$$\text{Kg/m.} = W_{\text{cm}} : 726.52 \text{ Kg/m.}$$

Carga viva, se toma puntual según H15-44.

P camión = 15000 lb.

P camión (eje delantero) = 3000 lb.

P camión (eje trasero) = 12000 lb.

Momentos para cargas muertas. Se opta por usar:

$$M_{cm} = \frac{1}{10} \times WL^2 \text{ y } M_{cm} = \frac{1}{2} \times WL^2$$

$$M_{cm} = \frac{1}{2} \times \left(726.52 \frac{\text{Kg}}{\text{m}}\right) \times (1.20\text{m})^2 = 523.09 \text{ Kg.m}$$

Momento para carga viva Se opta por usar:

$$M_{cv} = 0.80 \times \left(\frac{7.87 + 2}{32}\right) \times 12000 \quad M_{cv} = 0.80 \times \left(\frac{s+2}{32}\right) \times P$$

$$M_{cv} = 2961 \text{ lb-pie} = 408.46 \text{ Kg-m} \quad \text{Donde:}$$

M_{cv}: Momento por carga viva

S: Espaciamiento entre vigas en pies

P: Eje trasero del camión en libras

Carga por impacto (AASHTO 3.8.2.1)

La carga de impacto está asociada a la interacción de las cargas móviles con la superestructura del puente. Esta interacción produce vibraciones y aumenta los esfuerzos en los materiales. El incremento del esfuerzo producido por la carga viva debido al efecto dinámico, considera un valor menor o igual que el 30% del esfuerzo de la carga viva.

$$I = 50 / (S + 125) < 30\%$$

$$I = 50 / (7.87 + 125) = 0.38$$

Donde:

I = Momento por impacto

S = Espaciamiento entre vigas en pies

Debido a que el valor de la carga de impacto encontrado producido por los efectos de la carga viva es mayor que lo especificado entonces tomaremos el valor de: $I = 0.30$

Momento último (AASHTO 1.2.22)

La fórmula que integra los momentos para dar el momento último en, la siguiente ecuación donde se definen los términos:

Mcm: Momento por carga muerta.

Mcv: Momento por carga viva

$$\begin{aligned}
 Mu &= \frac{1}{3} \times (418.87 \text{ Kg-m}) + \frac{5}{3} \times (408.46 \text{ Kg-m} \times 1.30) \\
 &= 1695.03 \text{ Kg-m}
 \end{aligned}$$

3.4.3 Cálculo de refuerzo principal.

A continuación se determina el valor del acero de refuerzo requerido según los datos siguientes:

Donde:

$$Mu = 1695.03 \text{ Kg/cm}^2; \quad F'c = 280 \text{ Kg/cm}^2; \quad F'y = 2810 \text{ Kg/cm}^2; \quad As = \text{cm}^2;$$

$$b = 100 \text{ cm}; \quad t = 18 \text{ cm}$$

Valuando en la fórmula del área de acero (A_s)

$$As = \left(bt - \sqrt{bt^2 - \frac{Mu \times b}{0.003825 F'c}} \right) \left(0.85 \frac{F'c}{fy} \right)$$

$$As = \left((100 \times 18) - \sqrt{(100 \times 18)^2 - \frac{1695.03 \times 100}{0.003825 \times 210}} \right) \left(0.85 \times \frac{210}{2810} \right) = 4.016 \text{ cm}^2$$

3.4.4. Distribución del refuerzo

$$\begin{aligned}
 \text{Calculando área de acero mínimo } (As \text{ min.}) &= As \text{ min} = \frac{14.1}{fy} \times (bt) \\
 &= 6.21 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Calculando área de acero máximo ($A_s \text{ máx.}$) = ρ_{max} = Porcentaje de acero máximo.

$$M_u = \frac{1}{3} \times M_{cm} + \frac{5}{3} \times (M_{cv} + I) \quad \rho_{\text{max}}: \frac{0.5 \times 0.85 \times 0.85 \times F'_c \times 6090}{F'_y(6090 + f_y)} = 0.037$$

$$A_s \text{ max} = \rho_{\text{max}} \times b \times t = 22.87 \text{ cm}^2.$$

Con los valores encontrados del área de acero mínimo y máximo tomaremos el acero mínimo.

Proponiendo acero hallando espaciamiento entre varillas para $A_s \text{ min}$:

A_s : Área de acero requerido

A_v : Área de la varilla de refuerzo

S : Espaciamiento entre varillas.

El espaciamiento entre varillas de refuerzo, se calcula según la siguiente relación:

$$S = (A_v \times 100 \text{ Cm}) / A_s = (1.98 \text{ Cm}^2 \times 100 \text{ Cm}) / 6.21 \text{ Cm}^2 = 30.00 \text{ Cm}$$

Con los datos obtenidos, se concluye que se necesitan 1No.5 G40 @ 30cm, lo cual es acero para el área transversal de la cama inferior.

Calculando el refuerzo longitudinal o paralelo al camión para la cama superior e inferior, según la AASHTO 3.24.1.2.

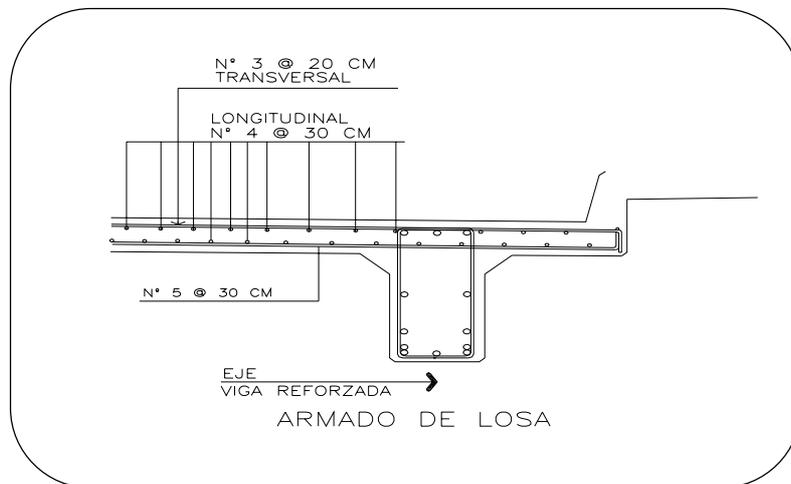
$A_s = 0.002 \times bt = 3.60 \text{ cm}^2$. Hallando el espaciamiento:

$$S = \frac{0.71 \text{ cm}^2 \times 100 \text{ cm}}{3.60 \text{ cm}^2} = 19.72 \text{ cm} \approx 20.00 \text{ cm} .$$

Según la AASHTO, recomienda que no se sobrepase el 67%. Debido a que el cálculo de acero longitudinal para la cama superior sobrepasa el 67% normalizado por AASHTO entonces se procede a tomar el 67% del área de acero.

$$A_s = 6.21 \text{ cm}^2 \times 67\% . A_s = 4.16 \text{ cm}^2 ; S \approx 30.00 \text{ cm} .$$

Figura 1. **Detalle de armado de losa**



Fuente: elaboración propia.

Con los datos obtenidos, se concluye que se necesitan 1 varilla No.4 @ 30 cm; este es el acero calculado para el área longitudinal de la cama superior de la losa.

3.5. Diseño del barandal

Para los miembros verticales se colocaran postes de sección de 0,15m x 0,20m, con una separación a ejes de 2,00 m a ejes y 0,65m en los extremos los cuales serán diseñados con por el método del ACI bajo la condición de columnas a flexo-compresión el análisis por carga axial y momento.

AASHTO recomienda para el diseño de los postes una carga vertical de 100 lb/pie, una carga horizontal de 300 lb/pie; que son producto de los peatones que circulan por la acera.

3.5.1. Diseño de miembros verticales

Calculando el área transversal del poste según la sección propuesta:

$$A = b \times h = 0.20m \times 0.15m .$$

Donde:

Es : Esbeltez; $K = \text{Factor de empotramiento} = 1.00$; $r = 0.30$

$Es = K(lu) / r = 1(1.00) / 0.30 = 3.33 < 21$ $Lu < 21$. Según

ACI, se clasifica como columna corta.

Revisión por compresión, proponiendo 4 No. 4, $A = 4 \times 1.27 \text{ cm}^2 = 5.08 \text{ cm}^2$.

Revisando la compresión pura

$$P_i = \phi (A_s \times F_y + 0.85 \times F'_c \times A_g)$$

$$P_i = 47453.76 \text{ Kg}$$

Revisando la flexión pura

$$P2 = \phi \langle As \times Fy \times \langle d - As \times Fy \div 2 \times \beta + F'c \times b \rangle \rangle$$

$$P2 = 0.90 \langle 5.08 \times 2810 \times \langle 17 - 5.08 \times 2810 \div 2 \times 0.85 + 210 \times 15 \rangle \rangle$$

$$P2 = 80268.30 \text{ Kg.cm} = 802.68 \text{ Kg.m}$$

De los esfuerzos encontramos estos valores en el concreto y acero:

$$C = 17 * 0.003 / (0.003 + 0.00134) = 11.76 \text{ cm}, a = 9.99 \text{ cm}$$

$$\text{Fuerza de comp. Acero T} = 2 * 2.54 * 2810 = 14,246 \text{ Kg.}$$

$$\text{Fuerza de comp. Concreto C} = 0.85 * 210 * 9.99 * 17 = 30,314.66 \text{ Kg}$$

Encontrando las fuerzas internas en la sección compuesta:

$$\Sigma Fx = 0, P_{ext} = P_{int.}$$

$$P_b = 30,314.66 \text{ Kg} - 14274.80 \text{ Kg} = 16,039.86 \text{ Kg}$$

$$P_3 = P_{bn} = \phi_c * P_b = 11,227.90 \text{ Kg}$$

Encontrando el momento que resiste la sección compuesta:

$$\Sigma M = 0, \Sigma E_{ext} = \Sigma I_{nt}$$

$$M_b = 30,314.66 \text{ Kg} * (0.10 - (0.0099/2)) + (14,246.70 * (0.10 - 0.03))$$

$$M_b = 2,530.13 \text{ Kg/m.m}$$

$$P_3 = \phi * M_b = 2,277.11 \text{ Kg.m. Entonces } P_3 > P_2 < P_1$$

3.5.2. Diseño de miembros longitudinales

Para el elemento longitudinal, se utilizará tubo estándar HG de diámetro de 2" separados entre si a 0,45 metros respecto al nivel de la banqueta. Se tomará la carga mayor de 300 lb/pie (445,87 Kg/m).

Datos:

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

De = 2.375 plg, Di = 2.067 plg, I = inercia del tubo = 0.665 plg⁴

Inercia de la sección, C = De / 2 = 1.1875 plg³

Módulo de sección S = I / C = 0.665 plg⁴ / 1.1875 plg = 0.56 plg³.

El momento que resiste el tubo:

$$M = S \times f$$

$$M = 0.56 \text{ plg}^3 \times 20,000 \text{ lb/plg}^2 = 11,200 \text{ lb-plg} = 933.33 \text{ lb-pie} = 129.03 \text{ Kg.m.}$$

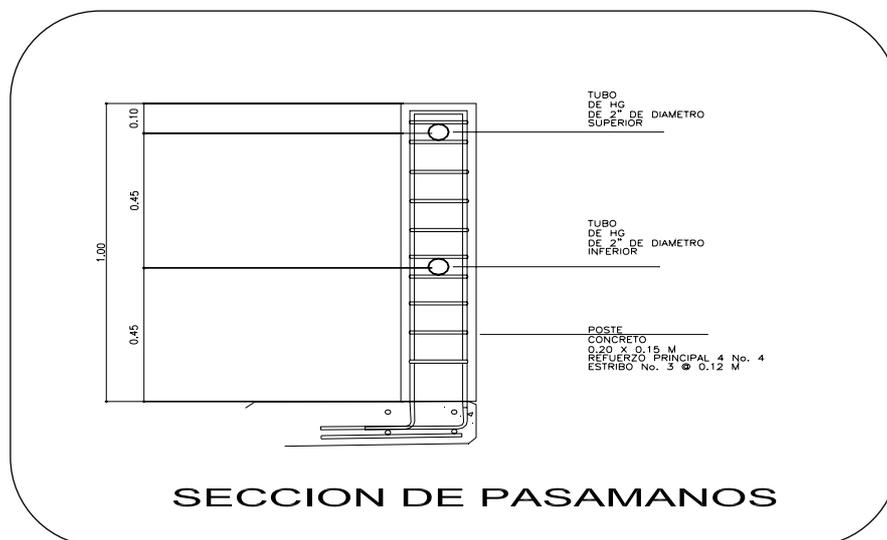
Cálculo del momento actuante en el tubo, debido a la carga de 300 lb/pie.

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

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

el momento actuante es menor que el momento el cual soporta el tubo, por lo tanto el tubo de 2,0 plg es el adecuado.

Figura 2. Sección de pasamanos



Fuente: elaboración propia.

3.5.3. Diseño de la banqueta y bordillo

Las banquetas son elementos longitudinales que se construyen para el paso seguro de los peatones sobre un puente, la sección, esta definida por:

$$A: b \times h. = 0.65 \times 0.15 = 0.10 \text{ m}^2.$$

La carga de diseño, esta integrada por: la carga muerta ultima (W_{cm}) más la carga viva ultima (W_{cv})

$$W_{cm} : W_{banqueta} + W_{tope} = 216.00 \text{ Kg/m} + 72.00 \text{ Kg/m} = 288 \text{ Kg/m}.$$

$$C_{m \text{ ultima}} = 1.4(288) \text{ kg/m.} = 403.26 \text{ Kg/m}.$$

Carga viva

$$W_{\text{barandal}}(Vt) = 100 \text{ lb/ pie} \approx (148.62 \text{ Kg/m})$$

$$W_{\text{barandal}}(Hz) = 300 \text{ lb/ pie} \approx (445.87 \text{ Kg/m})$$

$$Cv \text{ de acera} = 743.11 \text{ Kg/m}$$

$$Cv = 148.62 + 445.87 + 743.11 \text{ Kg/m} = 1337.60 \text{ Kg/m}$$

$$Cv \text{ ultima} = 1.7(1337.60) \text{ Kg/m} = 2273.92 \text{ Kg/m}$$

$$\text{Carga de dise\u00f1o: } 403.26 \text{ Kg/m} + 2,273.92 \text{ Kg/m: } 2,677.12 \text{ Kg/m}$$

Momento total

$$M_{ct} = \frac{1}{2} \times WtL^2$$

$$M_{cm} = \frac{1}{2} \times (2677.12 \frac{\text{Kg}}{\text{m}}) \times (0.65\text{m})^2 = 481.88 \text{ Kg-m}$$

C\u00e1lculo de refuerzo:

Mu: 615.52 Kg/m.m; F'c: 210 Kg/cm²; Fy: 2,810 Kg/cm²; b: 100 cm y d: 12,5 cm como el peralte efectivo, evaluando en la siguiente f\u00f3rmula para encontrar la secci\u00f3n de acero As en funci\u00f3n de los valores mencionados:

$$As = \left(bt - \sqrt{bt^2 - \frac{Mu \times b}{0.003825 F'c}} \right) \left(0.85 \frac{F'c}{fy} \right) = 1.54 \text{ cm}^2$$

Calculando área de acero mínimo (A_s min.):

$$A_s \text{ min} = \frac{14.1}{f_y} \times (bt) = 6.27 \text{ cm}^2 \quad \text{Reforzar con } A_s \text{ mín. Proponiendo}$$

refuerzo con No. 4:

$$A_s = 6.27 \text{ cm}^2. \text{ Colocar No. 4 a cada } 20 \text{ cm (refuerzo transversal)}$$

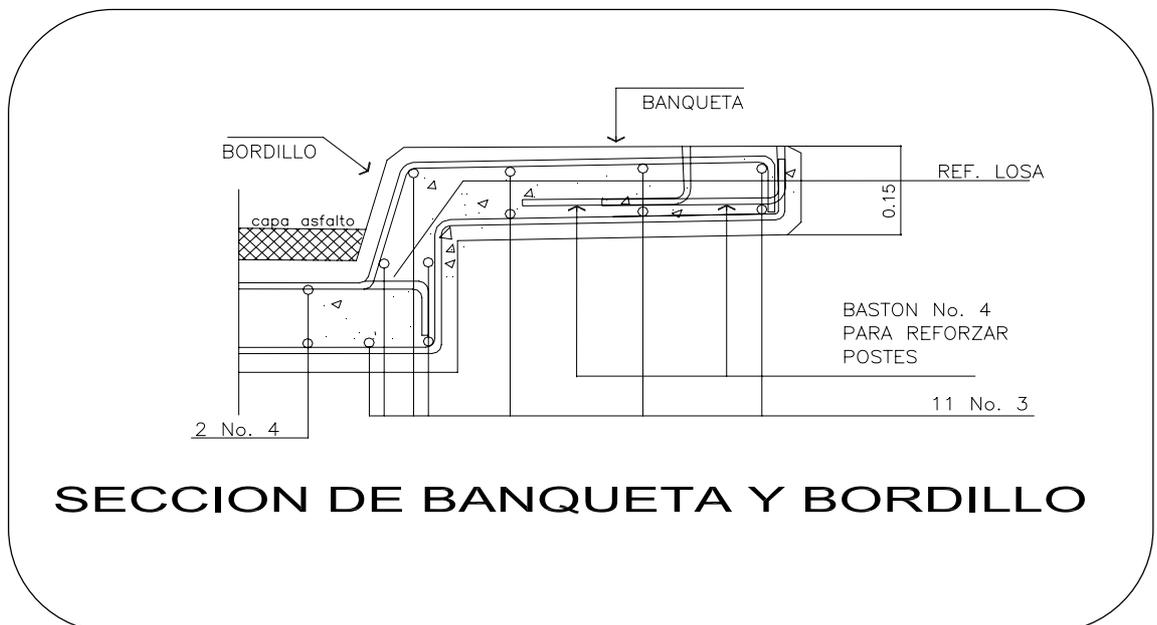
Refuerzo longitudinal:

$$A_s = A_s \text{ transversal} \times 67\% = 4.20 \text{ cm}^2. \text{ Colocar No. 3 a cada } 17 \text{ cm.}$$

Refuerzo por temperatura:

$$A_s \text{ temp} = 0.002bt = 3.00 \text{ cm}^2. \text{ Colocar No. 3 a cada } 20 \text{ cm.}$$

Figura 3. Sección de banqueta y bordillo



Fuente: elaboración propia.

3.5.4. Diseño de los diafragmas

Los diafragmas se utilizan al centro y/o en los tercios de la luz, lo cual depende del criterio del diseñador, estos proveen rigidez a las vigas principales y evitan el alabeo de las mismas, también dan soporte al voladizo de la losa principalmente en los extremos. El ancho usual de los mismos es de 30 centímetros, la altura de los interiores es $\frac{3}{4}$ de la altura de las vigas principales, si se colocan diafragmas en los extremos, los cuales podrán ser de $\frac{1}{2}$ de la altura de las vigas principales. Los diafragmas exteriores transmiten su peso a los apoyos interiores de las vigas como cargas puntuales P, para este proyecto, se usarán tres diafragmas, de los cuales dos serán exteriores y uno será interno.

Diafragma Interior

La sección rectangular del diafragma se determina por el 75% de la altura de la viga longitudinal y una base (b) estándar de 30 cm y reforzado con acero mínimo:

$$d = \frac{3}{4}H_{\text{viga}} \approx 60 \text{ cm}$$

el refuerzo mínimo A_s min:

$$A_s \text{ min} = 14.1/F_y * bd = 9.03 \text{ cm}^2$$

Para cubrir esta área de acero, se propone utilizar 2 No.8, G40 en doble cama. Para hallar el espaciamiento entre estribos, se usa la siguiente fórmula:

$$s = \frac{(d - r)}{2} = 28 \text{ cm} \approx 25.00 \text{ cm. Colocar No. 3 @ 30 cm.}$$

Adicionalmente por cada pie de altura que se tenga, se recomienda un refuerzo extra de 0,25 plg² o 5,29 cm² por metro de altura con el objeto de evitar grietas en el concreto. En este caso, se usara 2 No. 4 G40 para evitar las grietas. Con los datos obtenidos, se concluye que se necesita 4 No. 4 G40 + 2 No. 8 G40 y estribos No. 3 @ 30 cm.

Diafragma exterior

$$b = 30.00cm$$

$$d = \frac{1}{2} \times 75cm \approx 50cm$$

$$As \text{ min} = \frac{14.1}{fy} \times (bd), \quad As \text{ min} = 7.53 \text{ cm}^2.$$

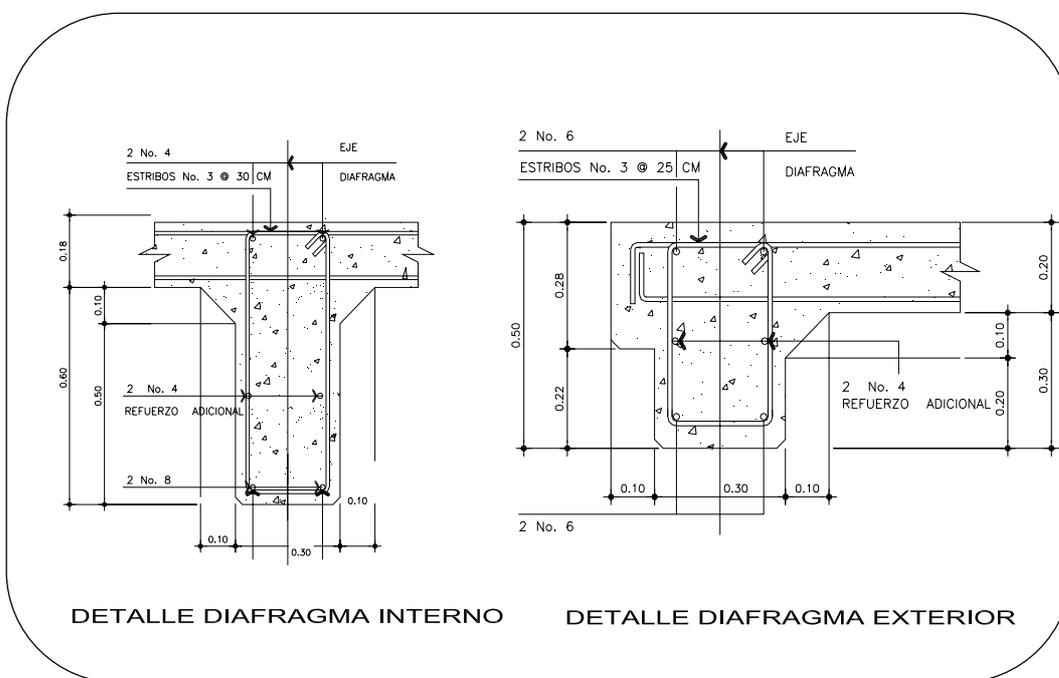
Para cubrir esta área de acero se propone utilizar 2No.6 G40 en doble cama. Hallando el espaciamiento entre estribos:

$$s = \frac{(d - r)}{2} = (50 - 5) / 2 = 25.00 \text{ cm}$$

Utilizar No 3a cada 25.00 cm

Adicionalmente por cada pie de altura que se tenga, se recomienda un refuerzo extra de 0,25 plg² o 5,29 cm² por metro de altura con el objeto de evitar grietas en el concreto. En este caso, se usara 2 No. 4 G40 para evitar las grietas. Con los datos obtenidos, se concluye que se necesita 4No.6 + 2No.4 G40, y estribos No. 3 G40 @ 25 cm.

Figura 4. Detalles de diafragmas



Fuente: elaboración propia.

3.6. Diseño de la viga principal

Las vigas serán de dimensiones de 0,75 m de altura y 0,35 m de base, se diseñaran dos vigas por ser el puente de un solo carril. El reglamento de construcción ACI sugiere para el pre-dimensionamiento de vigas tomar el peralte como $L/16$. Además sugiere un valor de $2/5$ del peralte de la viga como la base de la misma. Datos:

$$t = 10 / 16 = 0.625m \approx 75 \text{ cm} .$$

W eje de trasero = 12.00 Kips.

W eje delantero = 3.00 Kips.

$$b = 35.00\text{cm.}$$

$$S = 14 \text{ pies (distancia entre ejes de camión de diseño)}$$

$$L_v = 32.81 \text{ pies (Longitud de viga en pies)}$$

3.6.1. Cálculo de refuerzos por carga viva

Para luces mayores de 25,00 m, la carga de camión produce mayores efectos por lo que no se considera la carga de pista. Se trabajara la carga del camión como crítica, debido a la luz. Debe utilizarse la tabla 3.23.1 de AASHTO, para determinar la distribución de la carga de camión en las vigas considerando si son vigas metálicas, vigas de concreto pre-esforzado, vigas tipo cajón o vigas T de concreto. Según la tabla 3.23.1 se tiene la siguiente distribución.

Factor de distribución

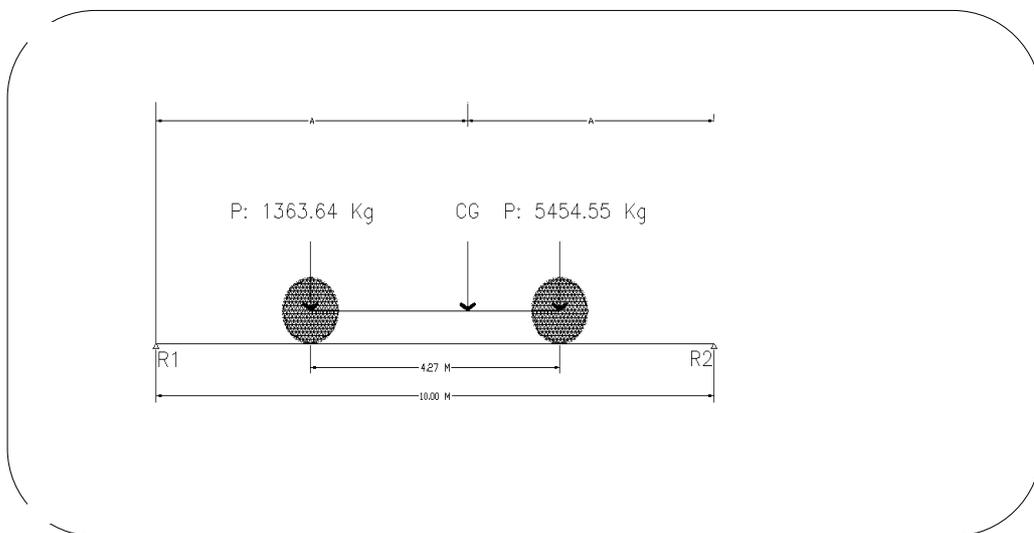
Puente de una vía = $\frac{S}{1.98}$ si $S \geq 1.83 \text{ m}$ S = separación promedio entre vigas y ejes.

En este caso la carga sobre cada viga, será la reacción de las cargas de las ruedas, considerando que el piso entre las vigas actúa como viga una simple. Como en este puente la separación entre vigas $S \geq 1.83 \text{ m}$, se calcula el factor de distribución (Fd):

$$F_d = S / 1.98 \text{ entonces } F_d = 2.40 / 1.98 = 1.21$$

El factor de distribución se aplica al valor de la carga viva para determinar el valor del momento último con el cual se determina el área de acero requerida para las cargas internas y externas.

Figura 5. Diagrama de cuerpo libre por carga viva



Fuente: elaboración propia.

Donde:

A = Es la longitud que existe de cada apoyo al centroide.

Cg = Centro de gravedad.

Mcg = Momento en el Cg = 0

Para determinar el valor de "X"

$$5454.55X - (1,360.78(4.27 - X)) = 0, \text{ entonces } x = 0.85\text{m}$$

El valor de "A" esta dado por la siguiente fórmula:

$$A = (10.00 - 0.85) / 2, \text{ entonces } A = 4.58\text{m}$$

Encontrando reacciones en los extremos para encontrar el valor de la carga en cada apoyo, primero se tiene que hacer sumatoria de momentos en cada una de las reacciones:

$$\Sigma MR2 = 0; (10XR1) - ((1,363.64)X(8.845)) - (5,454.55X4.574) = 0$$

$$\text{Entonces } R1 = 3,701.60 \text{ Kg}$$

$$\Sigma Fv = 0; (R1 + R2) - (1,363.64) - (5,454.55) = 0;$$

$$\text{Entonces } R2 = 3,116.59 \text{ Kg}$$

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

$$M_{\text{max}} = R1XA - P(4.27 - X)$$

$$\text{Entonces } M_{\text{max}} = ((3,701.60X4.27) - (1,363.64X(4.27-0.85)) = 12,289.68 \text{ Kg-m}$$

Carga de impacto ASSHTO 3.8.2.1

La aplicación de las cargas dinámicas, producidas por los vehículos al transitar sobre los puentes, no se efectúa de forma suave y gradual, sino violenta, lo cual produce incrementos notables en las fuerzas internas de la estructura; por esta razón, se deben considerar cargas adicionales, denominadas cargas de impacto, las cuales se calculan como una fracción de la carga viva que la incrementa en un porcentaje que, según AASHTO, se calcula de la siguiente forma:

$$I = \frac{15.24}{L + 38.10} \leq 30, \text{ Donde } L : \text{ luz del puente en m, (10 m)}$$

Diseño estructural a flexión momento carga muerta

Tomando los diafragmas interior y exterior como cargas puntuales (p')

$$P' = W(\text{Diafragma exterior} + \text{Diafragma interior}) = 792.00 \text{ Kg}$$

La carga de la losa más la viga (W).

$$W \text{ viga} = 630.00 \text{ Kg/m}$$

$$W (\text{losa} + \text{banqueta} + \text{tope} + \text{barandal} + \text{asfalto}) = 726.52 \text{ Kg/m}$$

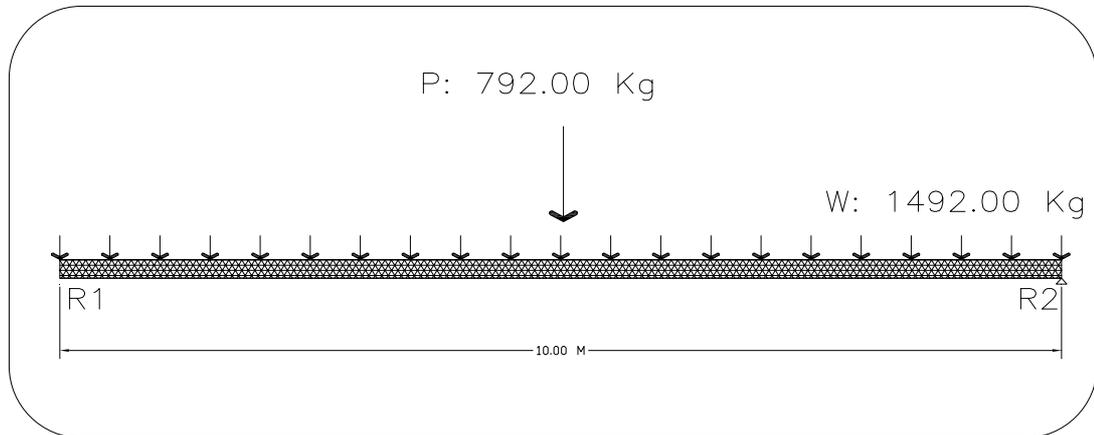
.W total por carga muerta = 1492.00 Kg/m. Para encontrar el momento máximo por carga muerta, donde:

$$W \text{ total} = 1492.00 \text{ Kg/m, } L = 10.00 \text{ m, } P' = 792.00 \text{ Kg y } A = 5.00 \text{ m}$$

$$M \text{ max} = (W_{\text{total}} \times L^2) / 8 + P'A$$

$$M \text{ max} = 18,808.49 \text{ Kg.m-m}$$

Figura 6. Diagrama de cuerpo libre por carga muerta



Fuente: elaboración propia.

Momento último

$$Mu = 1.3(Mcm + \frac{5}{3}(Mcv * I * Fd))$$

$$Mu = 1.3(18808.40 + \frac{5}{3} \times (12289.68 * 1.3 * 1.21)) = 66,336.20 \text{ Kg} - m$$

Cálculo del área de acero

$$Mu = 66,336.20 \text{ Kg} - m, b = 35 \text{ cm}, d = 75 \text{ cm}, f'c = 210 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2},$$

$$fy = 2810 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

$$As \text{ max} = \rho \text{ max} \times b \times t = 0.0246 \times (75) \times (40) = 48.13 \text{ cm}^2$$

$$As \text{ min} = \frac{14.1}{2810} \times (40) \times (75) = 13.18 \text{ cm}^2$$

$$As = \left(bt - \sqrt{bt^2 - \frac{Mu \times b}{0.003825 F'c}} \right) \left(0.85 \frac{F'c}{fy} \right) = 39.69 \text{ cm}^2.$$

Como $A_{smin} < A_s < A_{smax}$, la sección propuesta cumple. Proponiendo área de acero: Varilla No. 8

El área de una varilla No. 8 es 5.07 cm^2 , entonces el Número de Varillas necesarias para el área de acero encontrada es $= 39.69 / 5.07 = 8$ unidades.

El área propuesta es $= 8(5.07 \text{ cm}^2) = 40.56 \text{ cm}^2$, armar con 8 No. 8

Diseño del refuerzo superior

$33\% A_s = 0.33X(39.69 \text{ cm}^2) = 13,10 \text{ cm}^2$, A_s propuesto es No. 8, entonces $13,10/5,08 = 3$ varillas No. 8. El refuerzo complementario según AASHTO es de $5,29 \text{ cm}^2$ por metro de altura, la viga propuesta tiene una altura de $0,75 \text{ m}$, por lo que $0,75(5,29 \text{ cm}^2) = 3,97 \text{ cm}^2$, proponer armar con 3 No. 8 + 2 No. 5

Determinar el refuerzo a $2,00 \text{ m}$ respecto del apoyo

Para determinar el refuerzo a dos metros respecto del apoyo encontramos los valores de momento por carga muerta y por carga viva, Momento por carga muerta $2,00 \text{ m}$

Momento por carga muerta :

$$W = 1492 \frac{\text{Kg}}{\text{m}}, L = 8.00 \text{ m}, P' = 792 \text{ Kg}, A = 5 \text{ m.}$$

$$MC_m = \frac{W \times L^2}{8} + P' A = 12,094.40 \text{ Kg.m.}$$

Momento por carga viva 2.00 m

$$M_u \text{ por carga viva} = 12,289.68 * I * F_d = 19,331.67 \text{ Kg.m-m}$$

Momento último a 2,00 m

$$Mu = 1.3(Mcm + 5/3(Mcv \cdot I \cdot Fd)) = 1.3(15,360.82 + 5/3(19,331.67))$$

$$Mu = 57608.00 \text{ Kg.m-m}$$

Cálculo del área de acero

$$Mu = 57608.00 \text{ Kg} - m$$

$$b = 35 \text{ cm}, d = 75 \text{ cm}, f'c = 210 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}, fy = 2810 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

$$As_{\text{max}} = \rho_{\text{max}} \times b \times t = 0.0184 \times (75) \times (35) = 48.13 \text{ cm}^2$$

$$As_{\text{min}} = \frac{14.1}{2810} \times (35) \times (72) = 13.18 \text{ cm}^2$$

$$As = \left(bt - \sqrt{bt^2 - \frac{Mu \times b}{0.003825 F'c}} \right) \left(0.85 \frac{F'c}{fy} \right) = 33.79 \text{ cm}^2$$

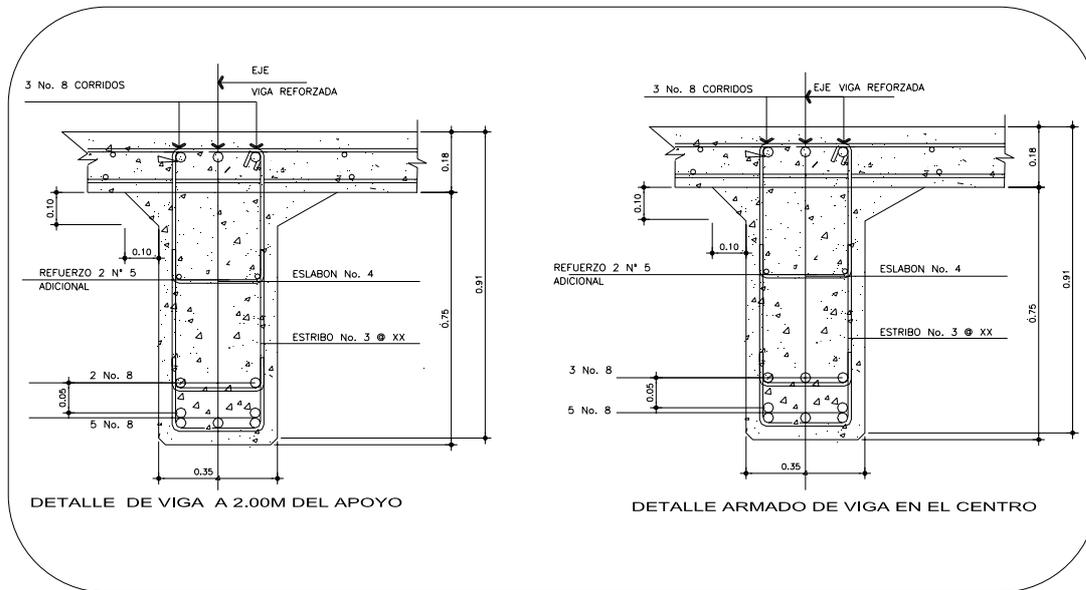
Como $As_{\text{min}} < As < As_{\text{max}}$, la sección propuesta cumple. Proponiendo área de acero: 7 unidades de varillas No. 8

Diseño del refuerzo superior

$$33\% As = 0.33 \times (3.79) = 11.15 \text{ cm}^2.$$

Refuerzo complementario $5.29 \text{ cm}^2 \times (\text{H viga}) = 3.97 \text{ cm}^2$. Entonces armar con 3 No. 8 + 2 No. 5

Figura 7. Detalles de viga de principal



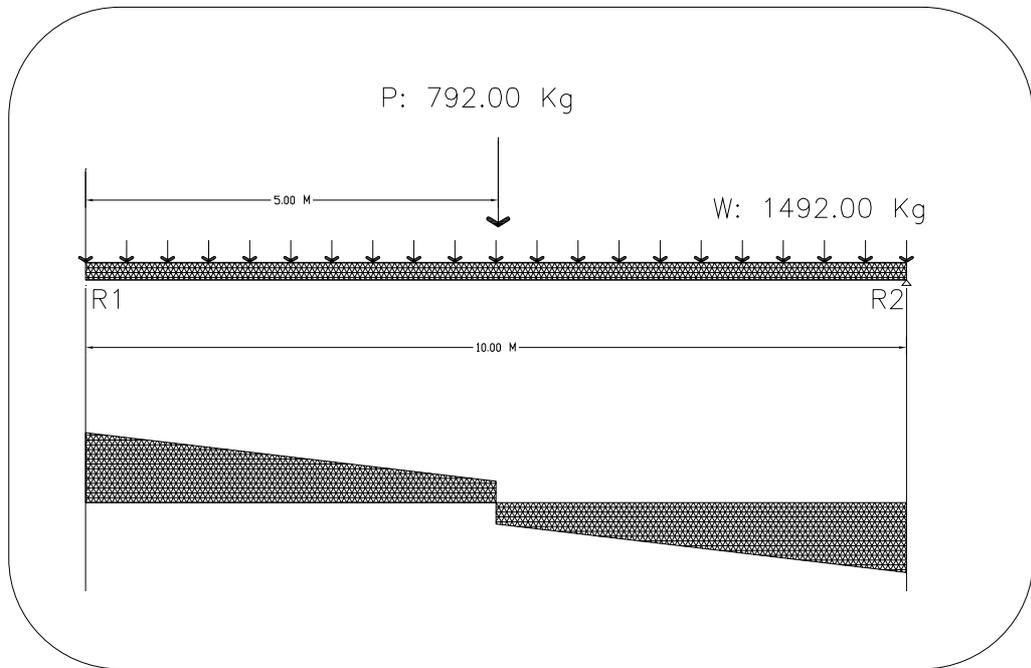
Fuente: elaboración propia.

El corte generado por cargas muertas, cargas viva y cargas por impacto, genera un valor máximo en los apoyos, cuando la carga mayor del camión (eje trasero) de diseño, esta sobre uno de ellos. Para determinar el valor del cortante producido por la carga muerta, es necesario hacer un diagrama de corte.

El cortante por carga muerta

$$M_{\max} = \frac{W \times L^2}{8} + P'A, \quad P' = 792.00 \text{ Kg} = 7856.00 \text{ Kg.m}$$

Figura 8. Diagrama por cortante



Fuente: elaboración propia

Cortante por carga viva

El valor de la reacción producida por la carga viva (eje trasero del camión) encontrada es el valor del corte, afectado por el factor de distribución.

$$\text{Eje 1, } P_1 = 1,363.64 * 1.21 = 1,650 \text{ Kg}$$

$$\text{Eje 2, } P_2 = 5,454.55 * 1.21 = 6,600 \text{ Kg}$$

Por sumatoria de momentos respecto a la reacción en B:

$$M_b = 0$$

$$R_A = ((6,600 * 10) + (1,650 * (10 - 4.27))) / 10, R_A = 7,545.45 \text{ Kg} = V_{cv}$$

El cortante por carga de impacto

Por ser el impacto un incremento en la carga viva, se tiene que afectar el corte por carga viva con la carga de impacto:

$$V_{cv*I} = 7n545.45*1.30 = 9,809.09 \text{ Kg}$$

Cortante último

Se calcula el corte último en la viga. El corte actuante, es el corte por carga viva, muerta y por impacto, que actúa en la viga.

$$V_u = 1.30(V_{cm} + 5/3(V_{cv*I}))$$

$$V_u = 1.3[7,856\text{Kg} + 5/3(7,545.45\text{Kg}*1.30)] = 31,508.32\text{Kg}$$

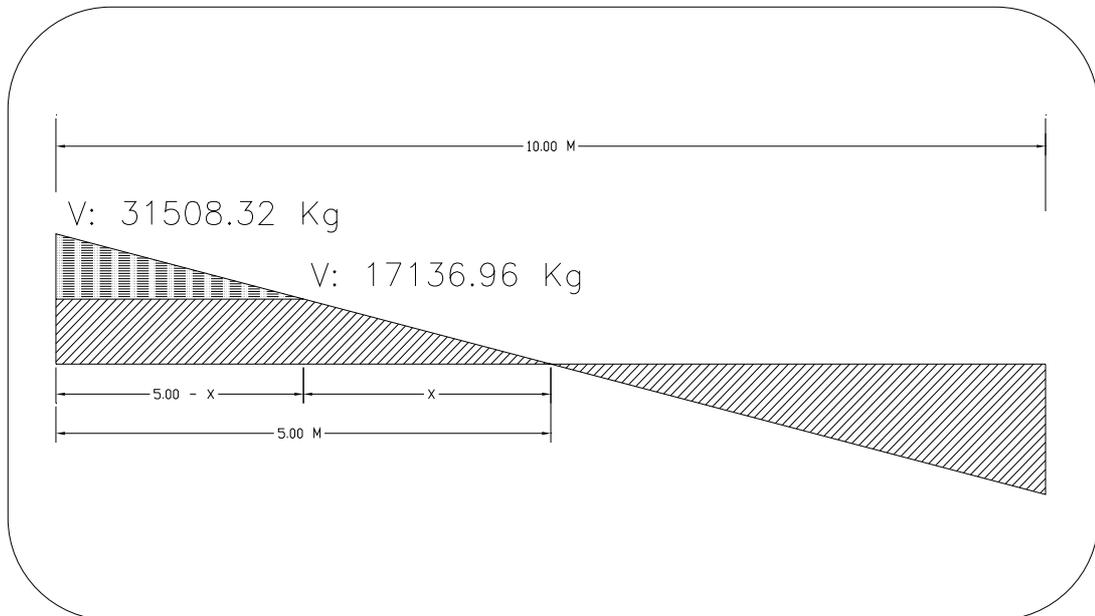
El cortante que resiste el concreto

$$V_{cr} = 0.53*0.85*(\sqrt{281\text{Kg}/\text{cm}^2})*35\text{cm}*75\text{cm} = 17,136.96\text{Kg}$$

$$\text{El corte actuante: } V_s = (V_u - (\Phi V_{cr})/\Phi) = 19,931.65\text{Kg}$$

Debido a que $V_{cr} < V_u$ por lo tanto, no cumple $s = d/2$, mediante una relación de triángulos semejantes, donde la altura mayor es el V_u y la altura menor es el V_{cr} , por lo que se calcula la distancia que será cubierta por $d/2$ y con la distancia restante, se encuentra el espaciamiento necesario el refuerzo por cortante. Hallando distancia que cumple $S = d/2$.

Figura 9. Triángulo de cortante



Fuente: elaboración propia.

Mediante una relación de triángulos, se encontrará la distancia donde resiste el concreto por si solo.

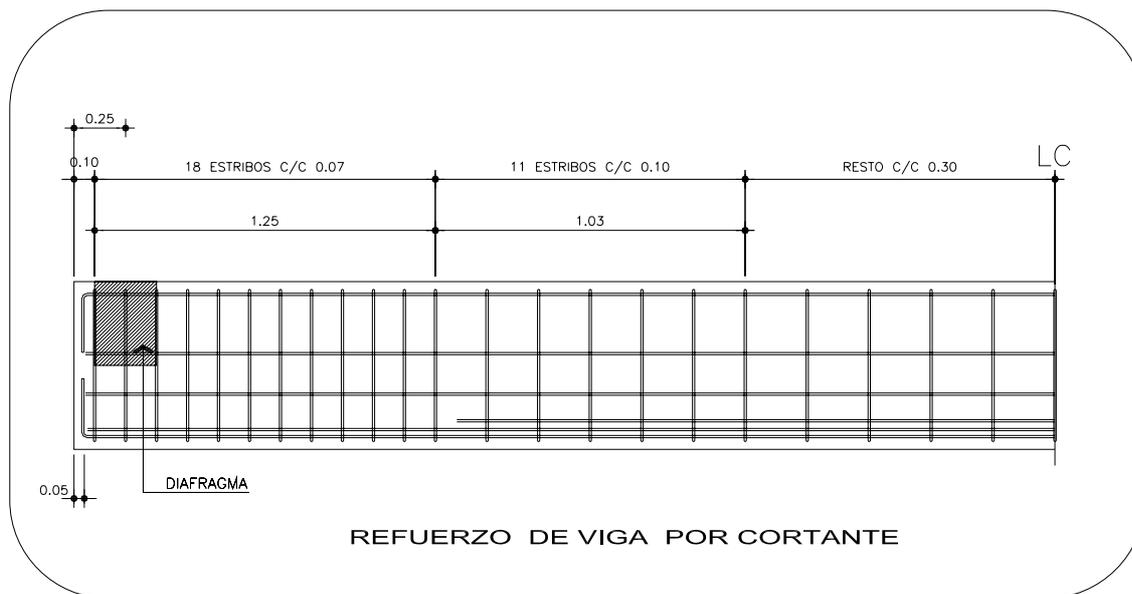
$$X = \frac{5.00 \times 17136.96}{31508.32} = 2.72 \text{ m}$$

En la parte donde resiste el concreto por si solo se colocarán estribos a $d/2$, $S_{max}: d/2 = 0.72/2 = 0.36$, por criterio se opta colocarlos @ 30 cm.

Por confinamiento se encuentran los espaciamientos a 1m, 2.28m distancias tomadas desde apoyos, efectuando relaciones de triángulos a las distancias anteriormente citadas, por lo tanto:

$$S(1m) = \left\langle \frac{2 \times 0.71 \times 2810 \times 70}{31508.32} \right\rangle \times 0.85 = 0.075 \text{ m}$$

Figura 10. Detalle de refuerzo en viga por cortante



Fuente: elaboración propia.

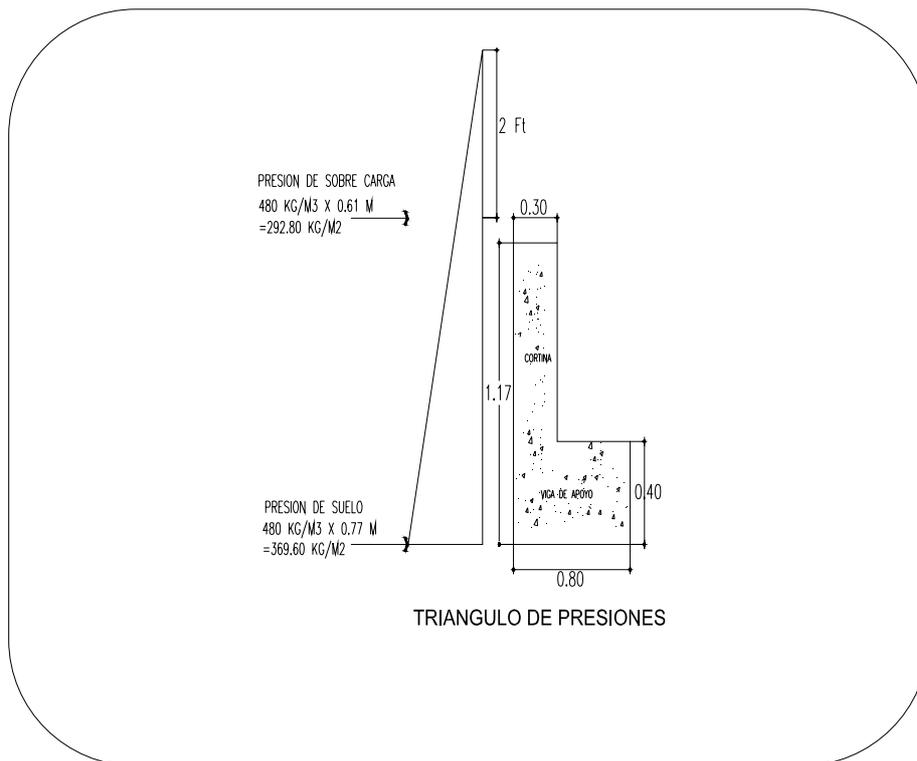
3.7. Diseño de la estructura de apoyo (subestructura)

La función principal de los elementos de la subestructura de apoyo es transmitir las cargas provenientes de la superestructura y las cargas vivas de una forma correcta al suelo, sin sobrepasar la capacidad de soporte, deben de evaluarse las condiciones críticas de carga muerta mas el valor de la fuerza de sismo y el valor de la carga viva integrada. Estos elementos están Integrados por los estribos que pueden ser diseñados por elementos de concreto reforzado o concreto ciclópeo, la cortina que da soporte al terraplén y protege la losa y vigas y la viga de apoyo donde se apoyan las vigas.

3.7.1. Diseño de cortina

La cortina soporta el relleno de los apoyos y protege las vigas principales y la losa. Se considera empotrado a la viga de apoyo, y la altura depende del peralte de la viga principal y el espesor de la losa del puente. Según AASHSTO 3,20, se deberá considerar una sobrecarga del suelo. Equivalente liquido de 2 pies, con una presión de 480 Kg./m³.

Figura No.11. Distribución de fuerzas en cortina de cabezal



Fuente: elaboración propia.

Cálculo de fuerzas

$$F = 29280 \text{ Kg/m}^2 \times (0.77 \text{ m}) + 36960 \times 0.77 \div 2 = 36776 \text{ Kg/m}$$

Cálculo del empuje

B = base de la cortina = 0,30m, H = altura cortina = 0,77m, a = franja de 1,00m, P = carga de 15 000 Lb (H-15-44), Ap = ancho de la sección transversal del puente = 4,80m

$$P_{sob} = 480 \text{ Kg/m}^3 \times (0.61 \text{ m}) = 292.80 \text{ Kg/m}^2$$

$$P_s = 480 \text{ Kg/m}^3 \times 0.77 \text{ m} = 369.60 \text{ Kg/m}^2$$

Cálculo de fuerza longitudinal AASHTO 1,2,13

Será producida por las llantas del camión sobre el terraplén del aproche, que ejerce una presión adicional a la cortina la cual es transmitida a la viga de apoyo, se calcula de la siguiente manera:

$$L_f = (0.05 \times 6,818.19) / 1.54 = 224.00 \text{ Kg} \times (2 \text{ llantas}) = 442.74 \text{ Kg}$$

Momento de fuerza longitudinal

$$ML_f = 442 \text{ Kg} \times 0.77 \text{ m} = 340.91 \text{ Kg.m-m}, \text{ el brazo donde actúa la fuerza:}$$

$$H + 6 \text{ pies} = (0.77 \times P + 6P) \times (0.3048 \text{ m/pie}) = 2.60 \text{ m}$$

Cálculo de fuerza por sismo AASHTO 3.21

Sismo: coeficiente por sismo es igual 12% considerando el peso de la viga de apoyo aplicado en el centro de la sección de la cortina.

$$W = \gamma * b * H * a$$

$$W = 0.30 * 0.77 * 2,400 * 1.00 + (0.85 * 0.40 * 2,400) = 1,370.40 \text{Kg}$$

$$S = 1,370.40 * (12\%) = 164.45 \text{Kg}$$

$$M_s = 164.45 \text{Kg} * (0.77/2) = 63.31 \text{Kg.m-m}$$

3.7.1.1. Combinación de cargas

Siguiendo lo especificado en AASHTO 3.22.1a, aplican en lo siguiente, cuando existe sismo, se deberán comparar los resultados obtenidos en las formulas del grupo III y VII y se tomara en cuenta, para la cuantía (área de acero requerida) el grupo con el valor más crítico.

Grupo III

$$M \text{ max} = 1.30 * (E_{sob} + E_s * FL)$$

$$M \text{ max} = 1.30(292.80 \text{Kg/m}^2 * 0.77 \text{m} * 0.385) + (369.60 \text{Kg/m}^2 * (0.77 \text{m}/3) + (1,442.74 * 2.60) = 1,732.60 \text{Kg.m-m}$$

Grupo VII

$$M \text{ max} = 1.30 * (E_{sob} + E_s * S) = 1.30(86.80 + 94.86 + 63.31) = 245.07 \text{Kg.m}$$

Al hacer la comparación de momentos se observa que el momento más crítico, es el del grupo III, por lo tanto se toma el momento de dicho grupo para calcular el refuerzo de la cortina. Entonces el refuerzo de la cortina según la siguiente formula es:

$$A_s = \left(bd - \sqrt{bt^2 - \frac{Mu \times b}{0.003825F'_c}} \right) \left(0.85 \frac{F'_c}{f_y} \right) A_s = 0.95 \text{ cm}^2$$

$$A_{s \text{ min}} = \frac{14.1}{2810} (72)(30) = 10.84 \text{ cm}^2; A_{s \text{ max}} = 0.0185(72)(30) = 39.96 \text{ cm}^2$$

En este caso debido a que no se cumple con la relación $A_{s \text{ min}} < AS < A_{s \text{ max}}$, se tomara el valor de $A_{s \text{ min}}$, y se propone como acero de refuerzo 8 No.4 @ 0,19 en doble cama.

Refuerzo a corte

Se tomará en cuenta, para la cuantía, el grupo con el valor más crítico:

$$\text{Grupo III: } V_{\text{max}} = 1.3(F + Fl) = 1.3(367.76 + 442.74) = 1053.65 \text{ Kg}$$

$$\text{Grupo VII: } V_{\text{max}} = 1.3(F + S) = 1.3(367.76 + 164.40) = 691.81 \text{ Kg}$$

El valor de cortante más crítico, se produce según las ecuaciones anteriores en el grupo III, por lo tanto se toma el cortante de dicho grupo para calcular el refuerzo por corte de la cortina.

$$V_{cr} = 0.53 * 0.85 * (\sqrt{210 \text{ Kg/cm}^2}) = 10.22 \text{ Kg}$$

Como el corte que resiste el concreto es mayor al corte último, se colocaran los estribos igual a la distancia de $d/2$, o sea estribo. No.3 @ 0.20m.

3.7.2. Diseño de la viga de apoyo

La viga de apoyo, se chequea por aplastamiento, debido a que esta apoyada en toda su longitud, y se refuerza con acero mínimo por no soportar

flexión. El refuerzo transversal lo constituyen los estribos.

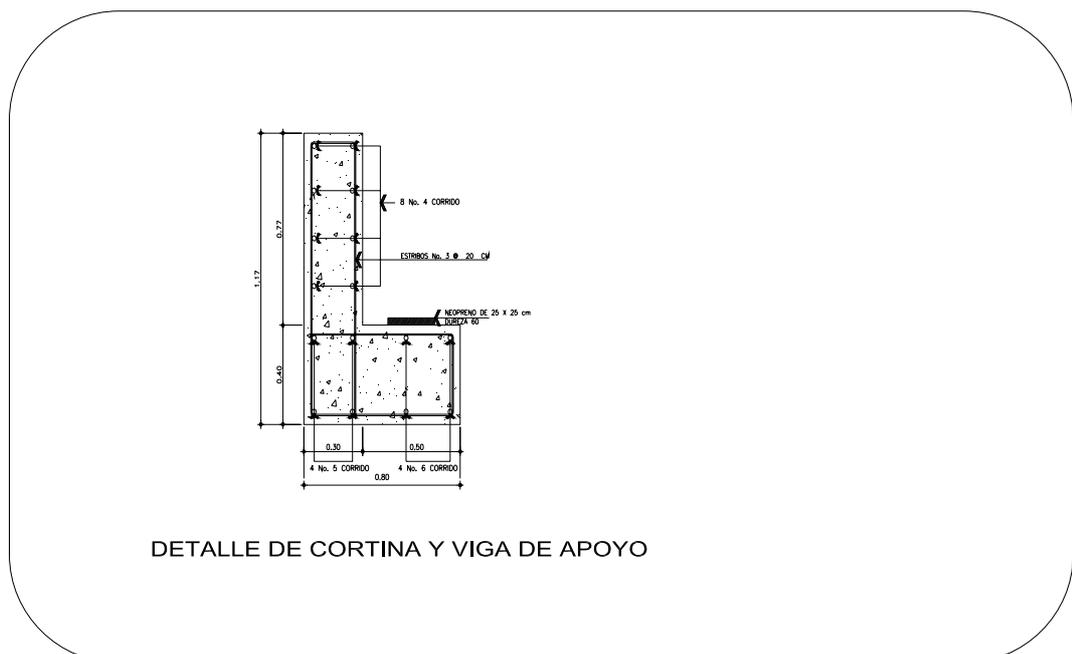
Refuerzo mínimo

$$As_{min} = (14.10/2,810\text{Kg/cm}^2) * (85\text{cm} * 40\text{cm}) = 17.06\text{cm}^2$$

Armar con 4No 5 + 4No 6.

La separación de los estribos se tomara como $d/2$ con refuerzo No.3, entonces colocar estribo No. 3 @ 0.20 m

Figura 12. Sección de armado de la cortina y viga de apoyo



Fuente: elaboración propia.

3.8. Diseño de los estribos

El soporte vertical de la estructura que se construirán de concreto ciclópeo fuera del cauce del río para evitar asentamientos provocados por socavaciones

3.8.1. Análisis de los estribos

Los estribos son los componentes del puente, que soportan la superestructura en los lados extremos y transmiten la carga al terreno de cimentación.

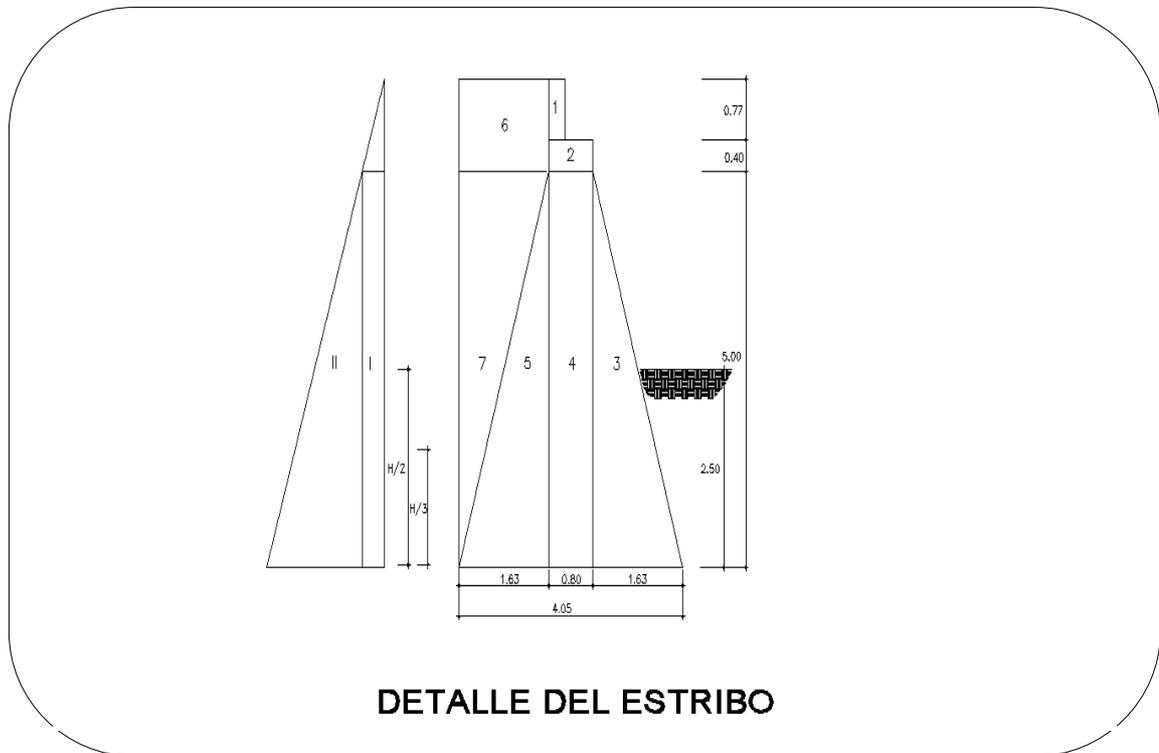
Debido a la falta de recursos no se pudo realizar un estudio completo de suelos por lo que se adopto un valor soporte de 20,00 Ton por metro cuadrado constituido por un muro de gravedad de concreto ciclópeo. Se determina la geometría y se analizan las condiciones de volteo, deslizamiento y presiones sobre el suelo. Para el cálculo se utilizan los siguientes pesos específicos.

$$\gamma \text{ concreto} = 2,400.00 \text{ Kg/m}^3, \gamma \text{ suelo} = 1,800.00 \text{ Kg/m}^3$$

$$\gamma \text{ concreto ciclopeo} = 2,600.00 \text{ Kg/m}^3$$

$$V_s = 20,000.00 \text{ Kg/m}^2$$

Figura 13. Geometría de subestructura



Fuente: elaboración propia.

Momento de volteo (MV) y el momento estabilizante (ME)

El momento de volteo es producido por el empuje del suelo sobre los estribos, considerando las presiones, empujes y momentos. El valor del momento de volteo: MV es 13,680.00 Kg-m

Tabla IX. **Momentos de volteo (Kg.m)**

Item	Fuerzas		Brazo (m)		Momentos Kg-m
	Empuje Kg				
I	1,464.00	x	2.50	=	3,660.00
II	6,000.00	x	1.67	=	10,020.00
				MV	13,680.00

Fuente: elaboración propia.

El valor del momento estabilizante ME:

Tabla X. **Cálculo de momento estabilizante ME (Respecto a “B”)**

Item	Pesos			W (Kg)		Brazo(m)		Momentos Kg-m
	m ²	Peso Esp. Kg						
1	0.231	x 2,400.00	=	554.40	x	2.60	=	1,441.44
2	0.320	x 2,400.00	=	768.00	x	2.03	=	1,555.20
3	4.000	x 2,600.00	=	10,400.00	x	1.06	=	11,024.00
4	4.250	x 2,600.00	=	11,050.00	x	2.03	=	22,376.25
5	4.000	x 2,600.00	=	10,400.00	x	3.52	=	36,608.00
6	1.872	x 1,800.00	=	3,369.60	x	3.25	=	10,951.20
7	4.000	x 1,800.00	=	7,200.00	x	3.52	=	25,344.00
		W 16,200.00		43,742.00			ME	109,300.09

Fuente: Elaboración propia.

Verificación del apoyo sin carga de superestructura según especificación

Volteo = ME / MV = 7.99 » 1.50. Cumple

Revisión por deslizamiento = 0.50*(W)/E = 2.93 > 1.50

Presiones

Para calcular las presiones positivas y negativas, es necesario calcular el valor de la constante "a", (B: base del muro) luego se calcula la excentricidad "e", para encontrar los valores de las presiones aplicadas en la fórmula, el objetivo de la verificación es no sobrepasar los valores de capacidad de soporte del suelo en función a las cargas aplicadas. Según especificación:

$$a = (ME - MV)/W; 3^a > B, \text{ cumple}$$

$$e = B/2 - a$$

$$P = (W/B) \pm [1 \pm (6e/B)], \text{ para } P \text{ max} < V \text{ soporte y } P \text{ min} > 0; \text{ cumple}$$

Calculo de presiones

$$a = (109,300.09 - 13,680)/(43,742 = 2.186; 3^*a > 4.05 = 6.55. \text{ cumple}$$

$$e = (B/2) - a = (4.05/2) - 2.186 = 0.16$$

Las presiones, máxima y mínima

$$P = (43,742\text{Kg/m}^2/4.05\text{m}) \pm [1 \pm ((6*0.16)/4.05\text{m})]$$

$$P \text{ máxima} = 13,360.61\text{Kg/m}^2 < \text{valor soporte, cumple}$$

$$P \text{ mínima} = 8,240.37\text{Kg/m}^2 > 0, \text{ no hay tensiones en el suelo, cumple}$$

Verificación del muro con superestructura y carga viva

El análisis del estribo bajo la acción de las cargas muerta y viva. Esta última carga se toma como la reacción que resulta cuando el eje trasero de la sobrecarga

esta sobre el apoyo directamente como condición crítica, aplicado en el punto medio de la base del muro:

Cargas

Carga total = $(C_m = 17,411.35\text{Kg/m} + C_v = 47,545.45\text{Kg/m}) = 24,956.80\text{Kg/m}$, distancia de aplicación de la carga en = 2.025m, el momento $ME_2 = 24,956.80\text{Kg/m} \cdot 2.025\text{m} = 50,537.52\text{Kg.m-m}$

El momento total debido a la superestructura y la carga viva actuando sobre el apoyo:

$$M E \text{ total} = ME + ME_2 = 159,937.81\text{Kg.m-m}$$

Cálculo de presiones

$a = (159,937.81 - 13,680)/(24,956.80 + 43,742) = 2.13$; $3 \cdot a > 4.05 = 6.42$.
cumple

$$e = (B/2) - a = (4.05/2) - 2.13 = 0.115$$

Las presiones, máxima y mínima

$$P = ((43,742\text{Kg/m}^2 + 17,411.35)/4.05\text{m}) \pm [1 \pm ((6 \cdot 0.115)/4.05\text{m})]$$

$$P \text{ máxima} = 17,453.71\text{Kg/m}^2 < \text{valor soporte, cumple}$$

$$P \text{ mínima} = 12,769.17\text{Kg/m}^2 > 0, \text{ no hay tensiones en el suelo, cumple}$$

Verificación del estribo por sismo sin carga viva

Se deben tomar momentos de volteo en sentido horizontal, el cálculo de los datos para la verificación por sismo en el estribo se dan a continuación:

$$W2 = W_{sob} + W_{cm}, W2 = 43,742\text{Kg} + 17,411.35\text{Kg} = 61,153.35\text{Kg}$$

El momento estabilizante $ME2 = ME1 + (W_{cm} \cdot \text{brazo})$

$$ME2 = 109,300.09\text{Kg.m} + (17,411.35\text{Kg} \cdot 2.025\text{m}) = 144,558.07\text{Kg.m-m}$$

La fuerza horizontal $F_h = ((1.08 \cdot E) + (0.08 \cdot (W_{sob} + W_{cv})))$

$$F_h = 18,877.40\text{Kg}$$

Tabla XI. **Momento de volteo de muro con sismo**

Item	Pesos		Peso Esp. Kg	=	W (Kg)	x	Brazo(m)	=	Momentos Kg-m
	m ²								
1	0.231	x	2,400.00	=	554.40	x	5.78	=	3,204.43
2	0.320	x	2,400.00	=	816.00	x	5.20	=	4,243.20
3	4.000	x	2,600.00	=	10,400.00	x	1.67	=	17,368.00
4	4.250	x	2,600.00	=	11,050.00	x	2.50	=	27,625.00
5	4.000	x	2,600.00	=	10,400.00	x	1.67	=	17,368.00
6	1.872	x	1,800.00	=	3,369.60	x	5.59	=	18,832.71
7	4.000	x	1,800.00	=	7,200.00	x	3.52	=	23,976.00
			W 16,200.00		87,580.00				ME 225,234.68

Fuente: elaboración propia

Comprobación del momento de volteo

$$V = ME2 \div MV3 = \frac{144558.07}{32378.03} = 4.47 \geq 1.5 \text{ OK}$$

$$\text{Delizamiento} : 0.5 \times W2 \div Fh = 0.5 \times \frac{87580}{18881.24} = 2.32 \geq 1.5 \text{ OK}$$

Cálculo de presiones: Revisión de las presiones sobre el suelo por la fuerza de sismo sin carga viva.

$a = (ME2 - Mv3)/(W1 + Cv) = (144,558.07\text{Kg.m} - 32,378.03\text{Kg.m})/(43,742 + 75,454.45) = 2.18$, revisando los valores:

$3*a > 4.05 = 6.54$. cumple

$e = (B/2) - a = (4.05/2) - 2.18 = 0.155$

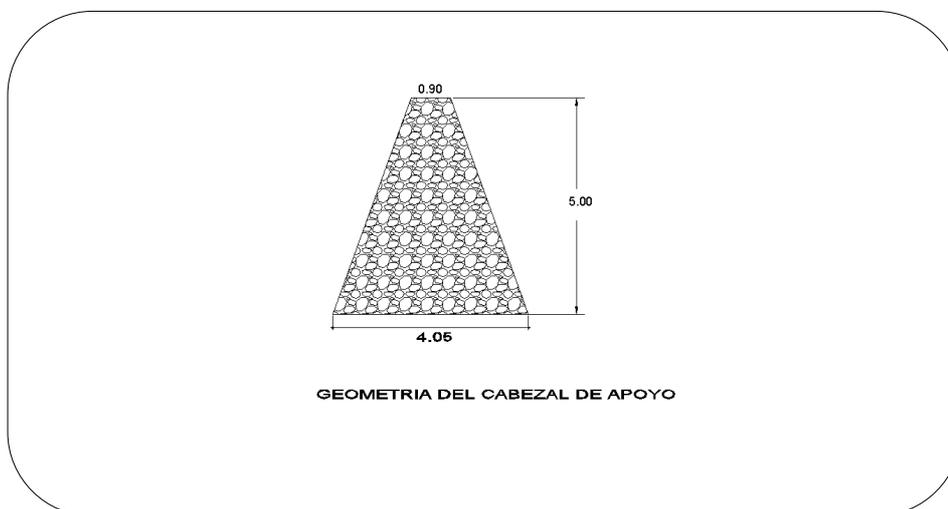
Las presiones, máxima y mínima

$P = ((51,335.45\text{Kg/m}^2)/4.05\text{m}) \pm [1 \pm ((6*0.155)/4.05\text{m})]$

P máxima = $15,586.07\text{Kg/m}^2 <$ valor soporte, cumple

P mínima = $9,760.07\text{Kg/m}^2 > 0$, no hay tensiones en el suelo, cumple

Figura 14. **Geometría del apoyo**



Fuente: elaboración propia.

3.9 Cuantificación de materiales y elaboración del presupuesto

La presente tabla muestra el resumen de la cantidad de materiales necesarios para la construcción del puente

Tabla XII. Cuantificación de materiales

RESUMEN DE CANTIDADES DE MATERIALES		
Proyecto: Diseño de puente vehicular Nueva Bendición y Nuevo Todos Santos		
Materiales	Unidad	Cantidad
Cemento	sacos	887.00
Arena	m3	80.40
Piedrín	m3	188.06
Piedra Bola	m3	45.00
Hierro No. 8	quintal	13.11
Hierro No. 6	quintal	3.30
Hierro No. 5	quintal	8.00
Hierro No. 4	quintal	18.32
Hierro No. 3	quintal	16.62
Alambre de amarre	libra	277.00
Madera	pie tabla	425.00
Paral de madera de 4"*4"*12'	Unidad	18.00
Paral de madera de 4"*3"*12'	Unidad	22.00
Parales de madera de 3"*3"*10'	unidad	40.00
Regla de madera de 1"*2"*12'	unidad	48.00
Tubo HG de 4"	unidad	1.00
Tubo HG de 2"	unidad	6.00
Coplas de HG de 2"	unidad	4.00
Clavo de 2",3",4"	lb	88.00
Material selecto	m3	170.00
Plancha de neopreno	Unidad	4.00
Platina metalica de 3/8"*3"*1,80m	Unidad	4.00
Pintura anticorrosiva color gris	gl	0.5
Electrodo de 1/8" 7018	lb	12
Tope lateral metalico	Unidad	4.000
Combustible	gl	106.00

Fuente: elaboración propia

3.9.1. Estimación de mano de obra

Como se menciona anteriormente las comunidades aportaran mano de obra no calificada para la construcción del puente:

Tabla XIII. Estimación de la mano de obra

RESUMEN DE CANTIDADES DE MANO DE OBRA		
Proyecto: Diseño de puente vehicular Nueva Bendición		
No. 1 Levantamiento topográfico		
TOTAL MANO DE OBRA		Q15,624.00
No. 2 Limpieza, excavación y trabajos preliminares		
TOTAL MANO DE OBRA		Q508.40
No. 3 Estribos		
TOTAL MANO DE OBRA		Q126,750.00
No. 4 Viga de apoyo		
TOTAL MANO DE OBRA		Q5,289.00
No. 5 Cortina de apoyo		
TOTAL MANO DE OBRA		Q2,013.00
No. 6 Aletones para protección		
TOTAL MANO DE OBRA		Q893.50
No. 7 Viga principal		
TOTAL MANO DE OBRA		Q8,101.00
No. 8 Diafragma exterior		
TOTAL MANO DE OBRA		Q605.50
No. 9 Diafragma interior		
TOTAL MANO DE OBRA		Q376.75
No. 10 Losa de superestructura		
TOTAL MANO DE OBRA		Q6,421.50
No. 11 Banqueta		
TOTAL MANO DE OBRA		Q2,931.00
No. 12 Postes de los barandales		
TOTAL MANO DE OBRA		Q1,413.00
No. 13 Relleno y compactación de aproches		
TOTAL MANO DE OBRA		Q2,232.00
No. 14 Juntas de calzada		
TOTAL MANO DE OBRA		Q1,250.00
No. 2 Limpieza, excavación y trabajos preliminares		
TOTAL MANO DE OBRA		Q2,551.00

Fuente: elaboración propia.

3.9.2. Valor total del puente

La siguiente tabla muestra en resumen las cantidades totales de los recursos necesarios para la construcción del puente

Tabla XIV. **Costo y Valor total del puente**

VALOR TOTAL DEL PUENTE		
Proyecto: Diseño de puente vehicular Nueva Bendición y Nuevo Todos Santos		
TOTAL DE MATERIALES	Q143,313.77	\$17,914.22
TOTAL DE MANO DE OBRA	Q177,087.20	\$22,135.90
TOTAL DE EQUIPO	Q46,809.95	\$5,851.24
IMPREVISTOS	Q5,314.38	\$664.30
FLETES	Q6,000.00	\$750.00
SUPERVISION	Q55,878.80	\$6,984.85
SUBTOTAL	Q434,404.11	\$54,300.51
INDIRECTOS 45%	Q195,481.85	\$24,435.23
IVA (12%)	Q75,586.31	\$9,448.29
VALOR TOTAL DEL PUENTE	Q705,472.27	\$88,184.03

Fuente: elaboración propia.

Nota: en la copia digital se adjuntan los costos unitarios del presupuesto.

4. VULNERABILIDAD EN ELEMENTOS DEL PUENTE

4.1. Fundamentos para el análisis

Es el proceso para determinar los componentes críticos o débiles de los sistemas y las medidas de emergencia y mitigación ante las amenazas como resultado de la probable ocurrencia de un evento.

4.1.1. Conceptos de riesgo, amenaza y vulnerabilidad

- A. **Riesgo:** medida de la probabilidad de pérdidas esperadas y efectos provocados debido a la ocurrencia de un evento particular, en función de la amenaza y la vulnerabilidad.

- B. **Amenaza:** fenómeno natural de ocurrencia de un evento potencialmente desastroso durante cierto período, en un sitio dado, provocado por la actividad humana que se torna peligroso para las personas, propiedades, instalaciones y para el medio ambiente.

- C. **Vulnerabilidad:** medida de la debilidad de un componente para resistir el impacto de las amenazas. Es la susceptibilidad o factor de riesgo interno de un componente o del sistema como un todo, de ser dañado total o parcialmente por el impacto de una amenaza. A la magnitud del daño

cuantificado o medido se le denomina vulnerabilidad. Dos condiciones contribuyen a la vulnerabilidad de un componente:

- a) La existencia de la amenaza.
- b) El estado, conservación y mantenimiento del componente.

4.1.2. Comportamiento esperado de los componentes físicos y mecánicos del puente

Este proyecto se diseñó con base en normas y especificaciones técnicas utilizadas por AASHTO, las especificaciones generales para la construcción de carreteras y puentes de la DGC, la norma ACI, AGIES, también por el departamento de Estructuras de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad de San Carlos, es decir, que si este proyecto se lleva a cabo tal y como se diseñó se espera que sea una estructura que cumpla con las especificaciones y requerimientos adoptados para su diseño, utilizando los materiales, sistemas y métodos constructivos adecuados para su construcción.

La estructura esta diseñada como simplemente apoyada con losa de concreto rígida que transmitirá las cargas de servicio a las vigas y estas a la sub. estructura. Los estribos transmitirán los esfuerzos de la superestructura al suelo sin sobrepasar las condiciones de capacidad del mismo. Los aproches deberán de protegerse con elementos de muros secos para evitar socavaciones que puedan dañar la integridad de los mismos, estos deben de ser protegidos por ge textil para evitar el arrastre de material fino de los aproches y el sello repentino de los muros secos. Las juntas de calzada deben de colocarse adecuadamente previniendo que los elementos se adecuen a las superficies con el objeto de evitar esfuerzos en la entrada y salida del puente por la

incorrecta colocación de las platinas y eviten que cuerpos extraños se depositen en estas zonas.

El bombeo en la losa es importante al igual que los elementos de drenaje para evitar acumulaciones de agua que puedan ser objeto de accidentes.

4.1.3. Cuando debe hacerse un análisis de vulnerabilidad

El impacto de las amenazas naturales sobre los sistemas de una estructura en particular depende del grado de exposición a la amenaza, de las características técnicas del componente y de la estructura del sistema. De lo anterior, es importante primero identificar las amenazas a las que estarán expuestos los componentes de un puente, los cuales debido a su ubicación y localización pueden tener componentes ubicados en áreas expuestas a distintos tipos de amenazas.

La superposición del mapa de amenazas con el del sistema permite elaborar los mapas de riesgo, en los que se distinguen los componentes expuestos a las amenazas a fin de obtener los datos necesarios para el análisis de vulnerabilidad.

Los sistemas de información geográfica constituyen un instrumento muy eficiente para la preparación de mapas de riesgo porque analizan gráficamente la información, generan mapas de zonificación del peligro e identifican los componentes más expuestos a diferentes amenazas.

4.1.4. Análisis de vulnerabilidad

La vulnerabilidad es la susceptibilidad de que un elemento o conjunto de elementos sea dañado o afectado por la ocurrencia de un desastre. Cuando se aprovecha el trazado de una carretera sobre laderas, se expone a que el sistema se vea afectado cuando las condiciones del terreno cambian provocando derrumbes o aludes o si un puente que se construye con apoyos centrales sobre el cauce de un río el cual incrementa considerablemente su caudal y arrastra consigo grandes cantidades de cuerpos flotantes que pueden impactar directamente sobre estos apoyos o provocar socavaciones de los cimientos provocando grandes daños a la estructura. Para evitar lo anterior se debe analizar su vulnerabilidad previamente. En relación con lo anterior, algunos profesionales recomiendan que los cimientos de un puente deban de alejarse lo más posible de la orilla del río, para evitar daños por crecidas.

Una vez que se identifican las amenazas propias de la zona y sus posibles efectos, el análisis de vulnerabilidad permite determinar las debilidades físicas de los componentes del sistema. Solo mediante la determinación de esas debilidades se podrán establecer las medidas correctivas.

El desarrollo de los criterios para reducir el riesgo en la estructura de un puente frente a desastres naturales, es responsabilidad desde el diseñador como del constructor, los usuarios y los entes encargados de velar por el buen funcionamiento de la estructura. Cuando los requerimientos establecidos de los componentes no es la correcta, la infraestructura colapsará aun sin grandes desastres.

Las vulnerabilidades detectadas en el sistema podrán identificarse de manera cuantitativa o cualitativa para conocer las situaciones de mayor riesgo y establecer prioridades. En cada componente vulnerable se deberá estimar el nivel de daños que podría experimentar frente a un desastre, desde la ausencia de daños hasta la ruina del componente. Este análisis se realiza para un evento específico y para cada componente del sistema analizado.

Al realizar el análisis de vulnerabilidad es necesario identificar la organización local y nacional para situaciones de emergencia y desastres, sus normas de funcionamiento y recursos disponibles. También es importante caracterizar la zona donde se ubica y a la cual sirve el sistema (distancia a otros centros poblados, estructura urbana, salud pública, desarrollo socioeconómico, servicios, accesos, etc.) y tener la descripción física del sistema con los datos más relevantes de cada componente, su funcionamiento. Es necesario conocer las amenazas y el impacto de las mismas en los componentes del sistema y su repercusión en el servicio.

4.2. Descripción de las amenazas naturales y sus efectos en la estructura del puente

Los fenómenos naturales que pueden afectar la vulnerabilidad de la estructura de un puente considerándola como una obra compleja, pueden ser muy variados, entre los que se mencionan los sismos, inundaciones, incendios forestales, deslizamientos de masas de tierra, etc:

A. Sismos

El sismo es un evento físico causado por la liberación repentina de energía debido a una dislocación o desplazamiento en la corteza terrestre; parte

de la energía es irradiada en todas direcciones en forma de ondas elásticas y ondas sísmicas, y es percibido en la superficie como una vibración del terreno denominada “temblor”, cuando no causa daños, y “terremoto”, cuando la sacudida es violenta y el evento es destructivo, causando daños severos y víctimas., cuyo fenómeno telúrico puede ocurrir en cualquier momento y afectar gravemente cualquier estructura por las condiciones y tipo de suelo que pueden oponerse al paso de las ondas o incrementar su velocidad produciendo pérdidas tanto materiales y en ocasiones pérdidas humanas.

Guatemala es un país altamente sísmico por su ubicación ya que está afectado por tres placas tectónicas que son; la de Cocos, la del Caribe y la de Norte América. También esta afectada por un gran número de fallas geológicas. En la estructura de un puente, un sismo puede generar severos problemas, desde un asentamiento diferencial repentino de las bases, empujes laterales que puedan producir esfuerzos adicionales de corte y flexión que podrían colapsar la estructura. Muchos puentes han sufrido daños considerables a causa de este fenómeno. Sismos recientes han demostrado que puentes que no han sido diseñados con fuerza sísmica pueden colapsar incluso con sismos no tan severos.

B. Vientos

Los vientos que predominan en el territorio nacional son al nor- este, al sur-suroeste, siguiendo las características normales de los alisios, por lo general, la intensidad máxima de los vientos normalmente sobrepasa los 80 kilómetros por hora fenómeno que se provoca por el choque de frentes, uno caliente proveniente de la costa del Océano Pacífico y que choca con uno frío en el cerro Miramundo lugar donde se ubica la finca de la comunidad. Este fenómeno es el que más ha afectado a la comunidad ya que les ha quemado

siembras, destruido viviendas, levantando techos y otros daños considerables, problema que ha sido de impedimento para que todo el año pudiera ser productivo en lo que a la agricultura se refiere.

El efecto del viento en este tipo de estructuras no es considerable debido a su longitud y geometría, en combinación con fuertes lluvias puede ocasionar inundaciones y votar árboles que puedan causar daños a la estructura.

C. Inundaciones

Las inundaciones son fenómenos naturales que tiene como origen las lluvias, y que van acompañadas por lo general con el crecimiento anormal del nivel del agua provocando desbordamiento de ríos, aludes de lodo, derrumbes, etc.

Este, fenómeno puede provocar daños importantes a la estructura debido a los niveles superiores de las aguas, generando socavaciones de los cimientos, daños considerables a los aproches del puente, acumulación de materiales y basura en la entrada del cauce del río por el arrastre producto del incremento de caudal. Este es uno de los principales fenómenos que han provocado serios daños a las estructuras.

D. Incendios forestales

Por ser una región montañosa y boscosa, está expuesta a los incendios forestales en ciertas épocas del año, ya sea los provocados por la misma naturaleza, o bien por la mano humana (quemadas de sembradíos que se salen de control). Es por ello que este fenómeno podría afectar grandemente a las viviendas de la comunidad. El puente podría sufrir daños menores ante un

incendio ya que los materiales poseen valores altos a los ataques directos del fuego.

4.3. Mitigación de desastres

El conocer la vulnerabilidad estructural de una región frente a determinada amenaza, permite estimar los daños potenciales y su consideración ante la ocurrencia de algún evento esperado. No obstante, lo importante es conocer la vulnerabilidad estructural de una región y los daños potenciales asociados a dicha vulnerabilidad. Aunque importante es tomar medidas que permitan minimizar y reducir los daños asociados a dicha vulnerabilidad, de tal manera que al presentarse la amenaza afecte lo menos posible el desarrollo de las actividades de la región y se pueda volver a la funcionalidad normal en el menor tiempo y con los menores costos posibles.

4.3.1. Medidas de mitigación en la estructura del puente, comunidad Nueva Bendición y Nuevo Todos Santos

El método de diseño de esta estructura es el adoptado por la AASHTO, DGC, ACI, AGIES, principalmente las especificaciones y requisitos establecidos en nuestro medio.

La ejecución y supervisión debe ser por un profesional con experiencia en estructuras de concreto reforzado especialmente en puentes.

La calidad de los materiales y las especificaciones de diseño, que se utilizarán en el proceso constructivo, es fundamental para la vida útil de la estructura.

4.3.2 Tipología constructiva de las comunidades y medidas de mitigación

Las comunidades presentan un nivel de vida de extrema pobreza, prevaleciendo viviendas con techo de lámina, paredes de madera y adobe. Son muy raras las estructuras de mampostería por el factor económico y la dificultad de transportar los materiales hasta las comunidades. Las casas de madera y lámina, por ser tan livianas no presentarían seria amenaza frente a un sismo, pero son altamente vulnerables a la fuerza de viento y lluvia que es característico del sector.

Algunas medidas de mitigación que pudieran aplicar serían: la ubicación de sus casas lejos de laderas o riberas de ríos, alejados de taludes que por deslaves puedan ocasionar daños a sus estructuras y hasta pérdidas humanas, reforzar sus estructuras, cambiar elementos estructurales de madera podridos y en mal estado, reforestar las zonas cercanas a las viviendas, construir sistemas naturales de zanjas que permitan desviar a lugares alejados las aguas de lluvia de las zonas pobladas.

En el caso de viviendas de adobe se tendría que tener especial cuidado en muros de adobe expuestos a la intemperie, ya que sin ningún tipo de recubrimiento son erosionados por la lluvia y viento y la sección de los muros pueden disminuir de manera notable especialmente en la base de los mismos reduciendo su capacidad de carga.

Evitar la construcción de muros de adobe sin refuerzo vertical y horizontal, sin prevenir la mala adherencia entre el adobe y el nuevo refuerzo, lo que

podría favorecer el desprendimiento de los lienzos de muro con movimientos sísmicos.

El método más seguro para readecuar una estructura de mampostería no reforzada, si no se tiene capacidad para reconstruirla con otra técnica constructiva, es el encamisado de los muros, técnica que se puede practicar en diversas formas. El uso de materiales naturales como los son el bambú, la fibra de coco, la cal, etc.

CONCLUSIONES

1. Es importante gestionar la ayuda por parte de las autoridades y los comités para desarrollar este proyecto, ya que con la construcción del puente y la introducción de energía eléctrica, las comunidades elevarán sus condiciones socio–económicas.
2. El presente estudio tiene un valor de Q. 717 498,39 distribuidos así: el puente tiene un costo de Q. 705 472,27 y el estudio topográfico equivale a Q. 12 026,12. El costo para el puente es elevado debido a que no se encuentran específicamente algunos materiales y deben ser transportados desde la capital.
3. El nuevo puente fue reubicado respecto de acuerdo con la estructura actual para proteger sus cimientos y ampliar el área hidráulica. Con esta variante el nivel de rasante del camino existente se debe modificar para permitir un acceso cómodo al puente.
4. En la etapa de construcción se generarán impactos positivos relacionados a la generación de puestos de trabajo, también impactos negativos de carácter temporal recuperable, relacionados a la contaminación y calidad del suelo, la calidad del aire local, alteración del paisaje y la perturbación del hábitat de especies. La construcción no generará contaminantes altamente tóxicos ni peligrosos que pongan en riesgo la salud de la población.

5. Debe construirse la protección de los taludes del puente en los estribos de entrada y salida con zampeado de piedra ligada, con mortero o protección de concreto para evitar cualquier socavación de los mismos.

RECOMENDACIONES

1. Los comités de las comunidades deben buscar el apoyo necesario para el desarrollo de este proyecto para solventar dos de las necesidades actuales.
2. Es importante que el responsable de la construcción y supervisión del puente sea una persona profesional con experiencia.
3. Los materiales para la construcción de la estructura del puente deben ser los especificados en los planos, para garantizar la calidad y la vida útil de dicha estructura.
4. Es importante que la Universidad de San Carlos continúe con el aporte de estudiantes de la unidad de EPS para dar soluciones técnicas y sociales a muchos problemas que afrontan comunidades, principalmente del área rural.

BIBLIOGRAFÍA

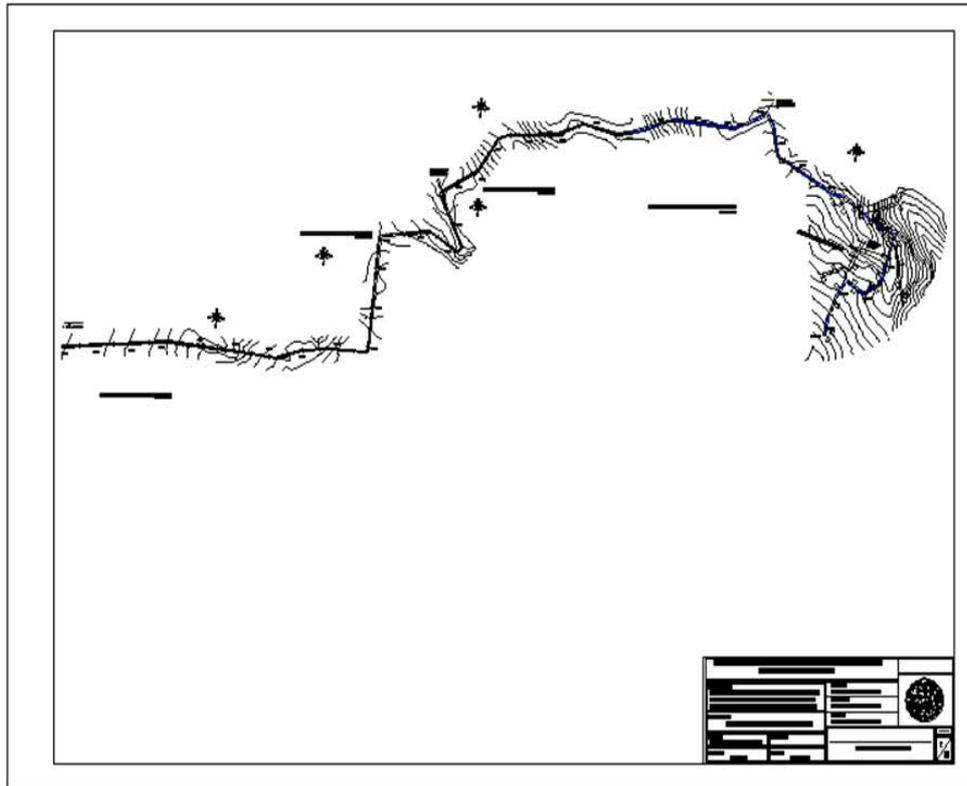
1. American Association of State Highway and Transportation Officials, Standard, *Specifications for Highway Bridges*. 16a ed. Washington: AASHTO, 1996. 427 p.
2. ÁNGEL FIGUEROA, Oscar Miguel. *Análisis comparativo de costos de construcción de diferentes tipos de puentes cortos*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 1989. 116 p.
3. Dirección General de Caminos. *Especificaciones especiales para la construcción de carreteras y puentes*. Guatemala: DGC, 1975, 578.p.
4. GELLERT, Gisela. *Algunas lecturas de riesgo y vulnerabilidad en Guatemala, utilizando la herramienta Des inventar*. Guatemala: s.e.,1999. 63 p.
5. Instituto Americano del Concreto. *Diseño de hormigón estructural*. ACI318-99, Guatemala: ACI. 1999. 378 p.
6. Instituto Nacional de Electrificación. *Normas de construcción de electrificación rural*. INDE, Sección de Normas, Departamento de Proyectos.1991. 146 p.
7. JUAREZ CARNEDAS, Víctor Leonardo. *Diseño de tres puentes en el municipio de San Marcos. Dirección y supervisión de la instalación de la red de distribución de agua potable en la aldea San Rafael y análisis de su línea de conducción*. Trabajo de graduación de Ing. Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 1991. 96 p.

8. MARTI ZAPATA, Ricardo; CABALLEROS Rómulo. *Un tema del desarrollo: la reducción de la vulnerabilidad frente a los desastres*. México: s.e., 2000. 85 p.
9. MONTUFAR URIZAR, Edgar Florencio. *Evaluación de los voltajes de 13.8kV y 34.5kV como alternativa para la distribución primaria de energía en el área rural*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 1980. 126 p.
10. *Norma de diseño estructural recomendada para la república de Guatemala – requisitos para el diseño de obras de infraestructura y obras especiales*. AGIES NR- 2005. Guatemala: AGIES, junio de 2002. 112 p.
11. OCHAETA REQUENA, José Francisco. *Diseño de la red de distribución de energía eléctrica de San Marcos*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 1986. 107 p.
12. ORDONEZ ALVARADO, Leonel Fernando. *Consideraciones generales acerca de la localización y diseño de subestructuras de puentes*. Trabajo de graduación de Ing. Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 1974. 98 p.
13. SARCEÑO G, Wilder. *Introducción de energía eléctrica en la aldea San Francisco, del municipio de Jutiapa*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 1991. 92 p.

APÉNDICES

Apéndice No. 1

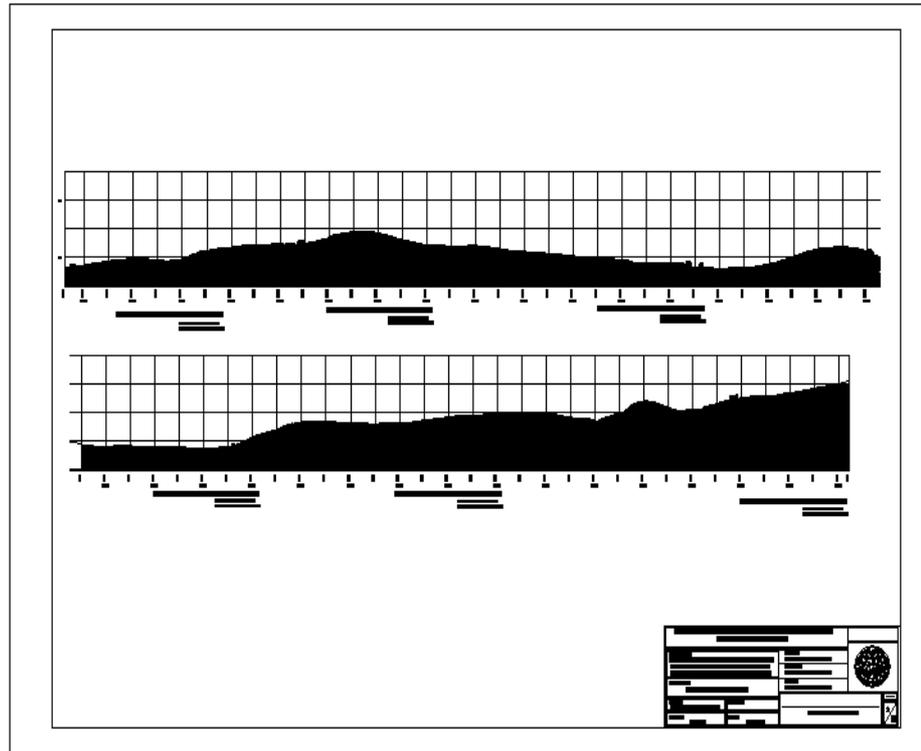
Topografía estudio de introducción de energía eléctrica



Fuente: elaboración propia.

Apéndice No. 2

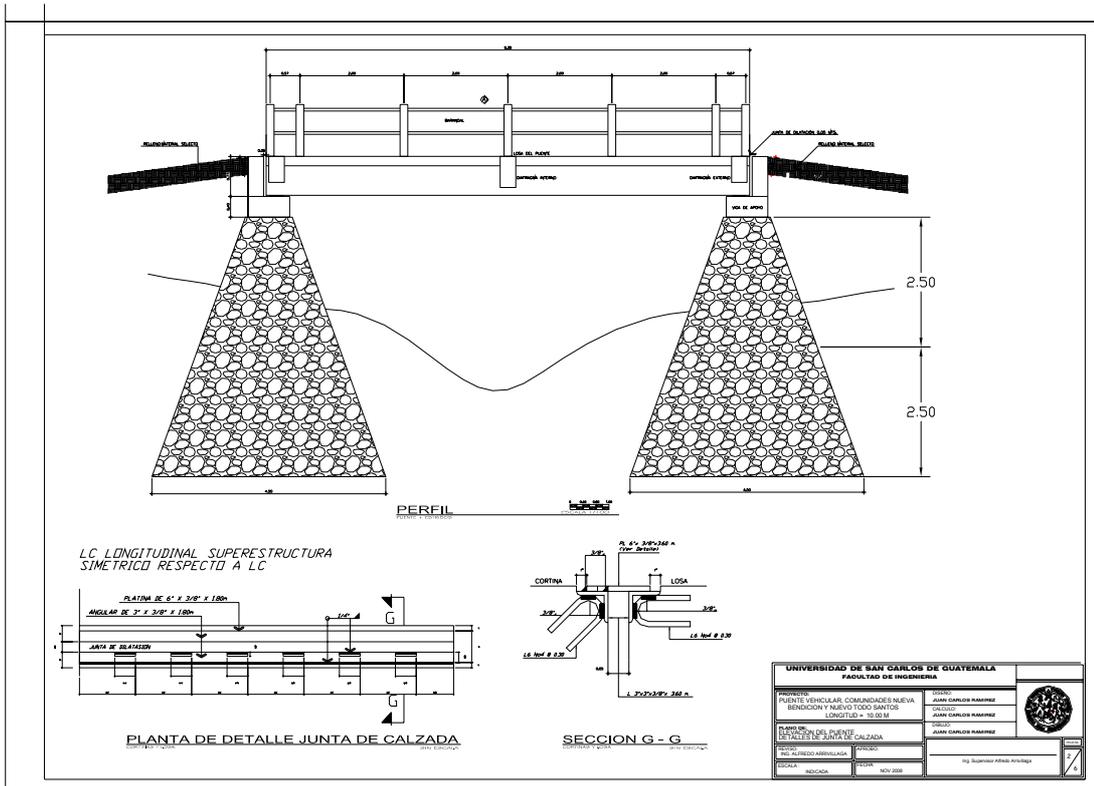
Perfil longitudinal línea de conducción y línea de distribución.



Fuente: elaboración propia

Apéndice No. 4

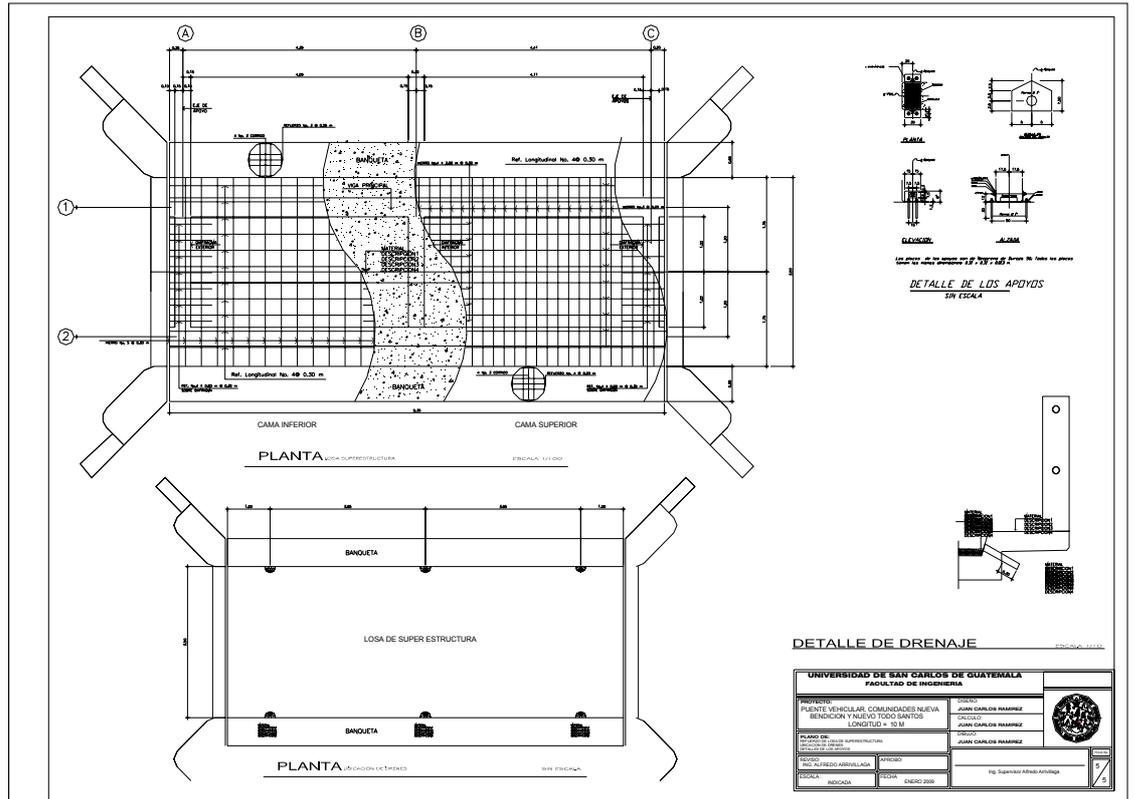
Detalles de estribos del puente



Fuente: elaboración propia.

Apéndice No. 5

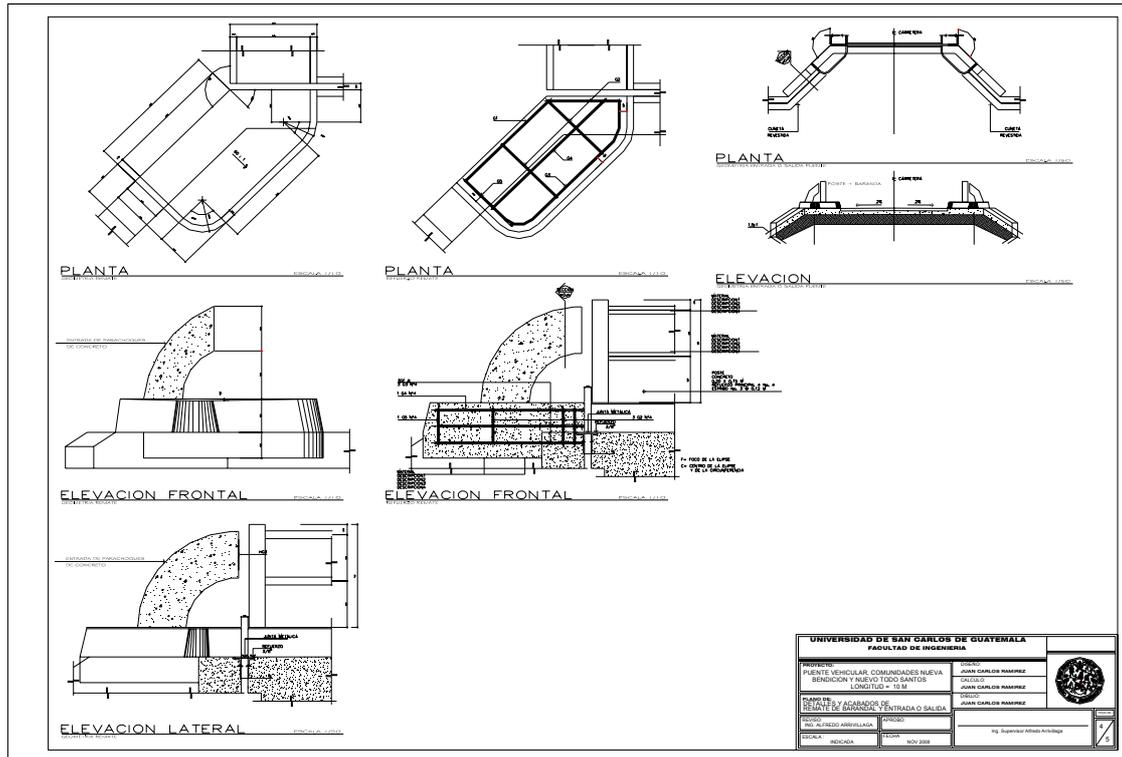
Detalles de armado de la losa del puente



Fuente: Elaboración propia.

Apéndice No. 6

Detalles de armado de los remates del puente



Fuente: elaboracion propia