



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

**DISEÑO DE LA CARRETERA QUE UNE LA ALDEA TIERRA BLANCA CON
GUASTATOYA Y DISEÑO DE PUENTE COLGANTE EN LA ALDEA CASAS
VIEJAS**

Carlos Enrique Díaz Escobar
Asesorado por el Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta

Guatemala, octubre de 2009

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE LA CARRETERA QUE UNE LA ALDEA TIERRA BLANCA CON
GUASTATOYA Y DISEÑO DE PUENTE COLGANTE EN LA ALDEA CASAS
VIEJAS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN
PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR:

CARLOS ENRIQUE DIAZ ESCOBAR

ASESORADO POR EL ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA OCHAETA
AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2009

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Jose Milton De León Bran
VOCAL V	Br. Isaac Sultan Mejía
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Inga. Evelyn Maribel Morales Ramírez
EXAMINADOR	Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta
EXAMINADOR	Ing. Luis Gregorio Alfaro Véliz
SECRETARIA	Inga. Márcia Ivónne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**DISEÑO DE LA CARRETERA QUE UNE LA ALDEA TIERRA BLANCA CON
GUASTATOYA Y DISEÑO DE PUENTE COLGANTE EN LA ALDEA CASAS
VIEJAS,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 8 de mayo de 2008.


CARLOS ENRIQUE DÍAZ ESCOBAR

Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería



UNIDAD DE E.P.S.

Guatemala 15 de julio de 2009.
Ref.EPS.DOC.857.07.09.

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 **Carlos Enrique Díaz Escobar** de la Carrera de Ingeniería Civil, con carné No. **200112589**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **"DISEÑO DE LA CARRETERA QUE UNE LA ALDEA TIERRA BLANCA CON GUASTATOYA Y DISEÑO DE PUENTE COLGANTE EN LA ALDEA CASAS VIEJAS"**.

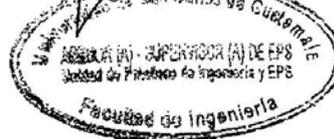
En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

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



c.c. Archivo
MAAO/ra

Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería



UNIDAD DE E.P.S.

Guatemala, 15 de julio de 2009.
Ref.EPS.D.390.07.09

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 LA CARRETERA QUE UNE LA ALDEA TIERRA BLANCA CON GUASTATOYA Y DISEÑO DE PUENTE COLGANTE EN LA ALDEA CASAS VIEJAS"** que fue desarrollado por el estudiante universitario **Carlos Enrique Díaz Escobar**, 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 Zecena de Serrano
Directora Unidad de EPS



NISZ/ra

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



Guatemala,
17 de septiembre de 2009

FACULTAD DE INGENIERIA

Ingeniero
Sydney Alexander Samuels Milson
Director Escuela Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos

Estimado Ingeniero Samuels.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DE LA CARRETERA QUE UNE LA ALDEA TIERRA BLANCA CON GUASTATOYA Y DISEÑO DE PUENTE COLGANTE EN LA ALDEA CASAS VIEJAS**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Carlos Enrique Díaz Escobar, 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 INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
ESTRUCTURAS
USAC

/bbdeb.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



Guatemala,
17 de septiembre de 2009

FACULTAD DE INGENIERIA

Ingeniero
Sydney Alexander Samuels Milson
Director Escuela Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos

Estimado Ingeniero Samuels.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DE LA CARRETERA QUE UNE LA ALDEA TIERRA BLANCA CON GUASTATOYA Y DISEÑO DE PUENTE COLGANTE EN LA ALDEA CASAS VIEJAS**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Carlos Enrique Díaz Escobar, 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 Amílcar Boiton Velásquez
Coordinador del Área de Topografía y Transporte



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
TRANSPORTES
USAC

/bbdeb.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

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 Carlos Enrique Díaz Escobar, titulado DISEÑO DE LA CARRETERA QUE UNE LA ALDEA TIERRA BLANCA CON GUASTATOYA Y DISEÑO DE PUENTE COLGANTE EN LA ALDEA CASAS VIEJAS, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

Mgter. Ing. Sydney Alexander Samuels Milson



Guatemala, octubre 2009.

/bbdeb.

Universidad de San Carlos
De Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref. DTG.392.09

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 LA CARRETERA QUE UNE LA ALDEA TIERRA BLANCA CON GUASTATOYA Y DISEÑO DE PUENTE COLGANTE EN LA ALDEA CASAS VIEJAS**, presentado por el estudiante universitario **Carlos Enrique Díaz Escobar**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy ~~Alfonso~~ Paiz Recinos
Decano

Guatemala, Octubre de 2009



/cc

AGRADECIMIENTOS A:

Dios, nuestro creador

Mis padres

Mis hermanos

Mi familia

Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta, por su valiosa colaboración en este trabajo.

Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Municipalidad de Guastatoya, El Progreso.

A mis compañeros y amigos, por el cariño y apoyo.

ACTO QUE DEDICO A:

DIOS	Por ser mi padre, la fuente de mi vida, mi guía, mi ayudador, por darme su amor y sabiduría eterna para poder cumplir este sueño.
MI PADRE	Por brindarme su total apoyo, por confiar en mí, por ser ejemplo de dedicación y esfuerzo, por guiarme en el buen camino y por su cariño incondicional.
MI MADRE	Por su amor incomparable, su paciencia, sus consejos, su esmero en educarme y brindarme su tiempo, gracias por ser ejemplo de trabajo.
MI HERMANO	Por darme su apoyo, su comprensión y compañerismo.
MI HERMANA	Por darme su cariño y ser un ejemplo de dedicación.
MI FAMILIA	Mis abuelos, tíos y primos que me brindaron su apoyo y consejos.
MIS AMIGOS	Por compartir buenos momentos dentro y fuera de la universidad y darme su apoyo.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
LISTA DE ABREVIATURAS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN	XIII
OBJETIVOS	XV
INTRODUCCIÓN	XVII

1. MONOGRAFÍA DEL MUNICIPIO DE GUASTATOYA, EL PROGRESO

1.1 Generalidades	1
1.1.1 Datos históricos	1
1.1.1.1 Costumbres	2
1.1.2 Ubicación geográfica	2
1.1.2.1 Localización	3
1.1.3 Accesos y comunicaciones	3
1.1.4 Topografía	4
1.1.4.1 Relieve y pendientes	5
1.1.5 Aspectos climáticos	6
1.1.5.1 Temperatura	6
1.1.5.2 Vientos	6
1.1.5.3 Precipitación pluvial y humedad relativa	7
1.1.6 Actividades económicas y productivas	8
1.1.7 Población	9
1.1.7.1 Urbana y rural	10
1.1.7.2 Indígena y no indígena	10

1.1.7.3 Activa e inactiva	10
1.1.7.4 Económicamente activa	10
1.1.8 Actividad comercial	11
1.1.8.1 Uso de la tierra	11
1.1.8.1.1 Área de potencial agrícola	11
1.1.8.1.2 Área de potencial silvícola	12
1.1.8.1.3 Flora	13
1.1.8.1.4 Fauna	13
1.1.8.2 Comercio	13
1.1.9 Educación	14
1.1.10 Salud	14
1.1.10.1 Índice de mortalidad	15
1.1.10.2 Índice de natalidad	15
1.1.10.3 Esperanza de vida	15

2. DISEÑO DE LA CARRETERA QUE UNE LA ALDEA TIERRA BLANCA CON GUASTATOYA

2.1 Descripción del proyecto	17
2.1.1 Estudio de tránsito	18
2.2 Estudio geométrico de carreteras	19
2.2.1 Inspección inicial	19
2.2.2 Levantamiento topográfico	19
2.2.3 Diseño vertical	19
2.2.4 Diseño horizontal	20
2.3 Estudio de suelos	21
2.3.1 Ensayo de laboratorio de suelos	21
2.3.1.1 Granulometría	21
2.3.1.2 Límites de Atterberg	22

2.3.1.2.1 Límite líquido	22
2.3.1.2.2 Límite plástico	23
2.3.1.2.3 Índice plástico	23
2.3.1.3 Ensayo de Proctor	24
2.3.1.4 Ensayo de valor soporte (C.B.R.)	25
2.3.1.5 Análisis de resultados	25
2.4 Estudio de drenajes	26
2.4.1 Drenaje menor	27
2.4.1.1 Las alcantarillas	27
2.4.1.2 Drenaje subterráneo	27
2.4.2 Drenaje mayor	28
2.4.2.1 Bóvedas	28
2.4.2.2 Vados	28
2.4.2.3 Puente vado	29
2.4.2.4 Puentes	29
2.4.3 Obra complementaria de drenaje	30
2.4.3.1 Drenaje superficial	30
2.4.3.2 Cunetas	30
2.4.3.3 Contra cunetas	32
2.4.3.4 Bombeo	32
2.4.3.5 Zampeado	32
2.4.3.6 Lavaderos	33
2.5 Parámetros de diseño de carreteras	33
2.5.1 Período de diseño	34
2.5.2 Diseño de la base	34
2.5.3 Diseño del espesor de pavimento	35
2.5.4 Diseño de mezcla de concreto	40

3. PARÁMETROS DE DISEÑO PUENTES COLGANTES

3.1 Especificaciones generales de diseño	45
3.2 Tipos de alambre comúnmente empleados para puentes colgantes	46
3.2.1 Trenzado regular 6 x 7	46
3.2.2 Warrington 6 x 19	47
3.2.3 Cables de cordones galvanizados	47
3.2.4 Elección del cable	47
3.2.5 Pedido de un cable	48
3.2.6 Uso y manejo	48
3.2.7 Flexibilidad	49
3.2.8 Fatiga	50
3.2.9 Desgaste abrasivo	51
3.2.10 Alargamiento de los cables	51
3.2.11 Módulo de elasticidad aproximado	53
3.2.12 Resistencia	54
3.3 Accesorios de los cables	54
3.4 Cargas de diseño	59
3.4.1 Cargas verticales	59

4. DISEÑO DE UN PUENTE COLGANTE EN LA ALDEA CASAS VIEJAS

4.1 Especificaciones de diseño del proyecto	61
4.2 Levantamiento topográfico	61
4.3 Integración de cargas	62
4.4 Esfuerzos de diseño	63
4.5 Diseño del sistema de piso	64
4.6 Diseño de cable principal	67

4.7 Diseño de anclajes	68
4.8 Diseño de torres	71
4.9 Diseño de tensores	72
4.9.1 Diseño del anclaje del tensor	74
4.10 Evaluación de impacto ambiental Inicial	76
4.10.1 Impacto ambiental en el diseño de una carretera	76
4.10.1.1 Plan de contingencia	78
4.10.1.2 Programa de monitoreo ambiental	78
4.10.1.3 Plan de seguridad humana	79
4.10.1.4 Plan de seguridad ambiental	79
4.10.2 Impacto ambiental en puente colgante	79
4.10.2.1 Impactos negativos	80
4.10.2.2 Medidas de mitigación	80
4.10.2.3 Plan de contingencia	81
4.10.2.4 Programa de monitoreo ambiental	81
4.10.2.5 Plan de seguridad humana	82
4.10.2.6 Plan de seguridad ambiental	82
4.11 Costos Unitarios por renglón de trabajo	83
4.11.1 Carretera aldea Tierra Blanca	83
4.11.2 Puente colgante	83
4.12 Cronograma de actividades y ejecución	84
4.12.1 Carretera aldea Tierra Blanca	84
4.12.2 Puente colgante	85
CONCLUSIONES	87
RECOMENDACIONES	89
BIBLIOGRAFÍAS	91
APÉNDICES	97

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. Mapa de accesos de Guastatoya	4
2. Uso actual de la tierra	12
3. Ubicación del proyecto	17
4. Determinación de la reacción K por medio del C.B.R.	37
5. Sistema de piso	46
6. Anclaje principal	57
7. Torres	58
8. Anclaje del tensor	69
9. Longitud de desarrollo	71
10. Accesorios para cables	74
11. Abrazaderas	75
12. Resultado de ensayos de laboratorio de suelos	93

TABLAS

I. Valores de N para la fórmula de Manning	31
II. Clasificación de vehículos, según su categoría	36
III. Tipos de suelos de sub-rasante y valores aproximados de K	38
IV. Pavimento con juntas con agregados de trave	39
V. Datos para diseño de mezclas (calculados para 1m ³ de concreto fresco)	41
VI. Diámetros de cables	52
VII. Medidas de mitigación de impactos ambientales en pavimentos	76

VIII.	Presupuesto carretera aldea Tierra Blanca	83
IX.	Presupuesto puente colgante	83
X.	Cronograma físico-financiero carretera aldea Tierra Blanca	84
XI.	Cronograma físico-financiero puente colgante	85

LISTA DE ABREVIATURAS

f'c	Resistencia del concreto
fy	Esfuerzo de fluencia el acero
L, L₁	Luz de diseño
CV	Carga viva
CM	Carga muerta
A	Área
w_{CM}	Carga muerta distribuida
WD	Carga última distribuida
p	Peso de la madera
p.p.	Peso propio
M	Momento
V	Fuerza de corte
f	Esfuerzo de flexión
I	Inercia
T	Tensión
σ	Esfuerzo
Φ	Diámetro
K_p	Coefficiente de empuje pasivo
E	Empuje
F	Fuerza
P_{v_u}	Carga última puntual
W_{CM_u}	Carga última distribuida
ml	metro lineal

Ld, <i>ld</i>	Longitud de desarrollo
ACI	American Concrete Institute
PCA	Portlant Cement Asosiation
Vol.	Volumen
Kg-m	Kilogramo-metro
m²	metros cuadrados
m³	metros cúbicos
a	ancho
<i>l</i>	largo
PSI	Libras por pulgada cubica
IGN	Instituto Geográfico Nacional

GLOSARIO

Agregado	Mezcla de arena y piedra de granulometría variable.
Anclaje	Conjunto de elementos destinados a fijar algo firmemente al suelo.
Bombeo	Pendiente dada a la corona de las tangentes del alineamiento horizontal, hacia uno y otro lado del eje para evitar la acumulación del agua sobre la superficie del rodamiento.
Carga muerta	Peso propio de la estructura y de todas las demás cargas inmóviles constantes en magnitud y asignadas, permanentemente a la misma.
Carga viva	Cargas que varían durante el emplazamiento de la estructura.
Pendiente	Relación entre el desnivel y la distancia horizontal que hay entre dos puntos.
Plasticidad	Es la propiedad mecánica de un material, de deformarse permanentemente e irreversiblemente cuando se encuentra sometido a tensiones encima de su límite elástico.

Rasante	El trazo vertical que determina el nivel superior, sobre la línea central, que se proyecta construir a lo largo de una carretera.
Tensor	Origina tensión o está dispuesto a producirla.
Velocidad de diseño	Es la velocidad máxima en la que un vehículo puede transitar con seguridad, en una carretera trazada con determinadas características.

RESUMEN

El trabajo de graduación contiene información acerca del municipio de Guastatoya, El Progreso, en donde se realizó una investigación sobre las necesidades de infraestructura y servicios básicos que se presentan en esta región del país. Para esto se tomaron en consideración los factores físicos, ambientales, económicos y sociales de la comunidad.

Tierra Blanca es una de las comunidades que tiene como problema la falta de acceso adecuado, y para solventar esta necesidad, se realizó el estudio correspondiente que incluye: topografía, diseño geométrico, movimiento de tierra, drenajes, elaboración de planos y presupuesto.

También se desarrolló el diseño de un puente colgante peatonal para la comunidad de Casas Viejas, que surge de la necesidad de tener un acceso más corto hacia la cabecera municipal. El diseño incluye: cable principal, anclajes, torres, tensores, elaboración de planos y presupuesto.

OBJETIVOS

General:

Diseñar una carretera y un puente peatonal colgante, que satisfaga las necesidades de los pobladores en el municipio Guastatoya, departamento de El Progreso.

Específicos:

1. Desarrollar un diagnóstico sobre las necesidades de servicios básicos e infraestructura existentes en el municipio de Guastatoya, El Progreso.
2. Por medio del diseño de proyectos de infraestructura, contribuir al desarrollo y crecimiento de las comunidades del municipio de Guastatoya, El Progreso.

INTRODUCCIÓN

El municipio de Guastatoya del departamento de El Progreso ha tenido como una de sus características principales tener el aumento de población en las diferentes comunidades a su alrededor. En la actualidad la implementación de vías de comunicación o acceso, ya sea en el área central o sus alrededores, representa el desarrollo a un país y en este caso a un departamento, tanto a nivel socio económico, educativo, cultural como para bienestar de las comunidades.

Se hace una breve descripción de la población, sus características topográficas y las consideraciones preliminares para el diseño de la carretera y el puente colgante. Posteriormente, se hace una descripción técnica de todos los elementos a considerar para dichos diseños y, por último, se adjuntan presupuesto, cronograma de actividades y planos del mismo.

Como una ayuda para mejorar las vías de comunicación entre las comunidades, se realizó el diseño de la carretera que conduce de la aldea Tierra Blanca a la cabecera municipal y, el puente colgante en la aldea Casas Viejas.

1. MONOGRAFÍA DEL MUNICIPIO DE GUASTATOYA, EL PROGRESO

1.1 Generalidades

1.1.1 Datos históricos

EL nombre original de nuestro municipio, es derivado de las voces provenientes de la lengua Náhuatl “**Guaxhtl**” que significa: “**Morror y Etoyac**” que se traduce en “**último**” o sea el punto donde asoman los últimos morros, pero también se traduce como lugar donde comienza el calor, que tiene las interpretaciones siguientes: punto donde se asoma los últimos morros, lugar de guajes (árbol del lugar), otros historiadores afirman que el vocablo Guastatoya, proviene del aborígen antiguo guaje, árbol de la familia de las acacias y que podría significar río donde hay guajes, ya que se pueden encontrar actualmente en el lugar. Que sus habitantes tejen innumerables leyendas que reflejan con fuerza su ancestro eminentemente ladino, que desde sus postrimerías históricas fue conocida como **Guastatoya o Huastatoya**”.

Se cree que fue fundada por los españoles en la época colonial por un sacerdote Jesuita, los españoles no podían pronunciar bien la palabra **Guastlatoyac** y sintieron más fácil decir: **Guastatoya**, como hasta a la fecha se conoce y se usa. Este municipio fue fundado por los españoles en la época colonial, un sacerdote fundó una comunidad en el valle de Guastatoya a la cual le llamó: “**La Casa Guastatoya**”.

1.1.1.1 Costumbres

Guastatoya celebra su fiesta patronal del 12 al 15 de enero de cada año, siendo el día principal el 15 de enero, en honor a su santo patrón, señor de Esquipulas, en la cual se desarrollan actividades deportivas, culturales, desfiles típicos jaripeos y actividades religiosas también se celebra una segunda a finales del mes de junio, denominada feria departamental.

En donde se observa la danza de los moros, ésta la hacen para recaudar fondos para actividades que se desarrollan en la comunidad, durante la feria. Una tradición relevante, es la peregrinación del 4 de febrero de todos los años, que hacen la mayoría de habitantes del municipio hacia el cementerio de la localidad llevando consigo coronas y adornos florales para colocarlos en las tumbas de sus seres queridos que fallecieron el 4 de febrero de 1,976, celebrándose antes una misa para luego dirigirse al campo santo a la hora y fecha que fue el movimiento telúrico.

1.1.2. Ubicación geográfica

Guastatoya está ubicada en la región del centro del país con una latitud norte de 14° 51'18" y una longitud oeste de 90° 04'12", está a 516.90 metros sobre el nivel del mar. La cabecera municipal cubre una extensión territorial de 262 km.², organizándose en seis barrios: Las Joyas, Minerva, La Democracia, El Calvario, El Porvenir, El Golfo y dos colonias: La Asunción y Nueva Vida. Guastatoya está conectada con la ciudad capital, con carreteras asfaltadas a una distancia de 73 km. El municipio de Guastatoya ocupa el 12% del área del departamento del Progreso y está situada geográficamente en el centro del mismo.

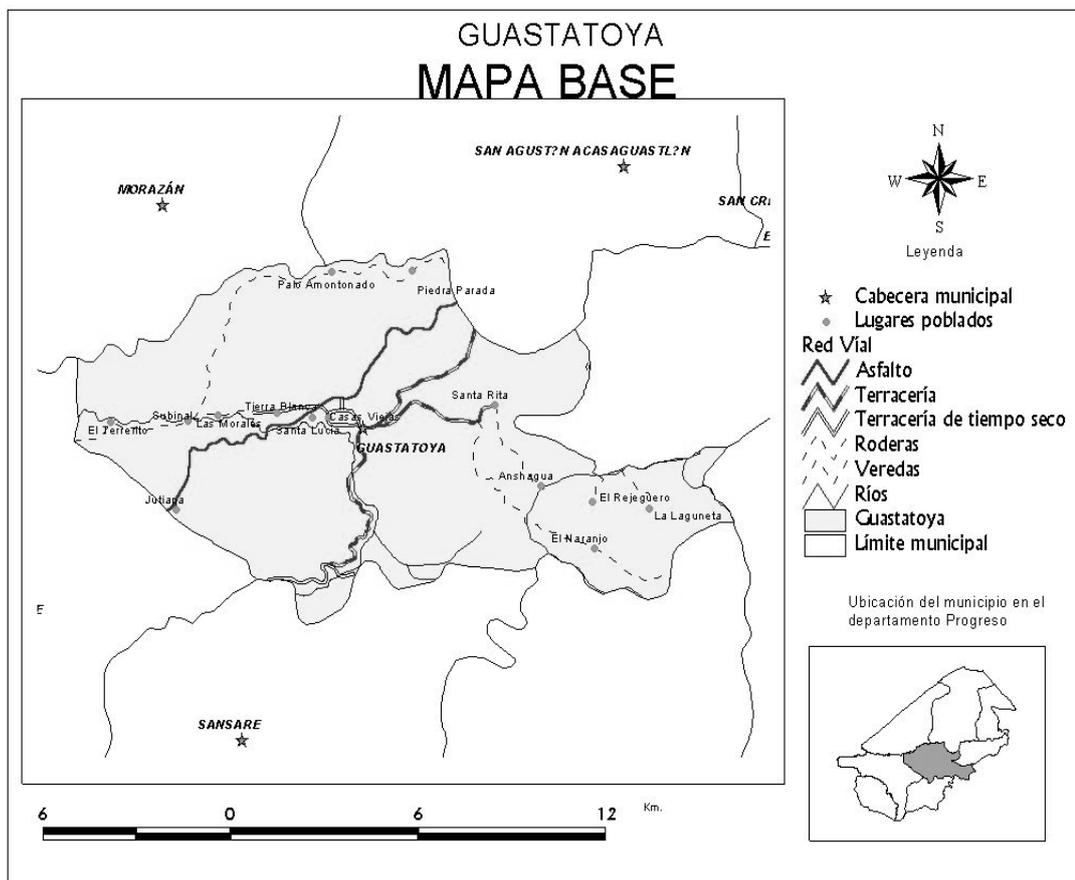
1.1.2.1 Localización

El centro poblado objeto de estudios (Guastatoya), se encuentra localizado dentro de la región No. III de Guatemala, llamada también oriente norte o nor-oriente. Pertenece a esta región, los departamentos de: El Progreso, Izabal, Zacapa, Chiquimula. Guastatoya es uno de los 8 municipios con que cuenta El Progreso. El municipio es atravesado por la ruta CA9 al atlántico, a 73 kilómetros de la ciudad de Guatemala, la cabecera del municipio: que lo es a la vez del departamento de El Progreso, según el banco de marca establecido por el IGN en la estación del ferrocarril, esta a 516.90 metros sobre el nivel del mar.

1.1.3 Accesos y comunicaciones

El acceso a la comunidad de Guastatoya, se encuentra hacia el norte de la ciudad, siendo en el kilómetro 73, de la ruta al atlántico CA9 en donde se encuentra la desviación que después de 1.5 kilómetros llega al centro de la ciudad a través de carretera asfaltada, existe transporte por la ruta al atlántico durante todo el día y la noche, por estar Guastatoya en punto intermedio de poblaciones importantes (Zacapa, Chiquimula, Las Verapaces, Puerto Barrios).

Figura 1. Mapa de accesos de Guastatoya



FUENTE: SEGEPLAN Guastatoya

1.1.4 Topografía

Su configuración topográfica es bastante variada, pues sus alturas varían entre los 1,240 metros sobre el nivel del mar en San Antonio La Paz y los 245 en el Júcaro. Se puede suponer que en el pasado toda esta región haya sido más densa en bosques, pero todo ha desaparecido por las talas inmoderadas, especialmente para dar paso a la siembra del maíz, de tal manera que actualmente solamente existen bosques en las zonas más alejadas y de mayor altura.

Por la misma razón el clima cálido predomina, se encuentran variedades de plantas propias de terrenos semiáridos y áridos. El principal accidente geográfico que presenta el departamento es la sierra de Las Minas, que lo atraviesa al norte del río Grande o Motagua, aunque por la diferencia de alturas se encuentran algunos cerros y hondonadas que le dan una característica de terreno irregular. La principal fuente de agua que irriga el departamento es el río Grande o Motagua, el cual, durante su recorrido permite formar acequias para irrigar terrenos para la siembra de algunos productos agrícolas. Además de este río existen otras pequeñas corrientes de agua de menor importancia.

1.1.4.1 Relieve y pendientes

Por el lado oeste de la población en estudio se encuentra el cerro el Pinal, cultivado en su mayor parte, entre el cerro y la ciudad de Guastatoya, se encuentra la aldea Santa Rita. Este cerro, cuyas alturas dominan gran extensión de tierras, del municipio y de los municipios vecinos, va inclinado cada vez más hacia el sur este. En las tierras fértiles se halla la aldea Anshagua, desde la cabecera se ven hacia el oeste las verdosas montañas del cerro grande del Guanacaste, cuyas extensas laderas septentrionales y orientales cubiertas de rica vegetación, sirve de parapeto a las correntadas del río Guastatoya. La fértil región comprendida entre el río Guastatoya por el sur y oeste y el Grande o Motagua por el sur este, esta formado casi en su totalidad por las altas lomas y extensas faldas del llamado cerro Monte Verde o el Clavo, que culmina al este con el cerro Injerto.

1.1.5 Aspectos climáticos

El Progreso está localizado en una zona tropical muy seca teniendo altitudes de, 0-700 m.s.n.m. en la vertiente del atlántico; pero en sí el municipio de Guastatoya está situado a 516 m.s.n.m. Su clima está entre los cálidos y con poca posibilidad de lluvia, contribuyendo esto a la baja producción y al mismo tiempo genera bajos ingresos. La vegetación natural esta característica de clima cálido seco, con dos estaciones bien definidas: invierno de mayo a octubre y verano de noviembre abril.

1.1.5.1 Temperatura

La temperatura como un factor climático se ve fuertemente influenciado por la altura sobre el nivel del mar, en el caso de estudio se encuentra localizado a 516 metros. Sobre el nivel del mar, lo que indica una biotemperatura máxima promedio de 29.1° C. Con temperatura máximas en los meses de marzo y abril de 39° C.

1.1.5.2 Vientos

Los vientos pueden ser definidos como masa de aire en movimiento, causado por las diferencias de temperatura y las de presiones de aire frío o caliente, siendo este otro importante factor del clima. Conocer el movimiento de acción o la erosión causada por el mismo. En nuestra área de estudio el comportamiento eólico se presenta combinada con vientos dominantes de nor noreste, a sur suroeste, y secundario sur suroeste a nor noreste. Manifestándose turbulento por la configuración topográfica local con cerros en su parte norte y sur.

Es necesario recordar que los vientos adoptan direcciones inversas, durante el día y la noche, en función de la temperatura prevaleciente, es decir cuando la temperatura aumenta, se perfilan corrientes húmedas ascendentes a las montañas, al bajar la temperatura provoca en consecuencia corrientes descendentes. El valor máximo promedio mensual de velocidad del viento es de 22.5 km/hora en el mes de julio la velocidad promedio anual es de 19.4 km/hora.

1.1.5.3 Precipitación pluvial y humedad relativa

Otro de los factores importantes en la determinación del clima, lo constituye la precipitación pluvial, el valor empleado para medirla se refiere al volumen de milímetros de agua que cae en un año, o bien mensualmente, lo seco húmedo con que se establece en función de la caída y distribución mensual de la lluvia durante el año. La precipitación pluvial oscila entre 500 y 1,000 mm, anuales de lluvia bien distribuidas, que corresponden a esta zona ecológica; pero para el caso del municipio de Guastatoya; el promedio anual de lluvia, es de 470.2 milímetros, y llueve aproximadamente 44 días al año, concentrándose en los meses de mayo a septiembre, siendo de noviembre a mayo meses secos. Aunque según experiencias en el año 1977 (que podría considerarse como el más crítico de los últimos años) escasamente llegó a 390 mm; el promedio anual de humedad varía entre el 54% y el 76%.

1.1.6 Actividades económicas y productivas

Un alto porcentaje de los pobladores se dedican a actividades agrícolas, pero la mayoría no cuenta con tecnología adecuada para resolver la problemática agrícola. Se puede señalar que ya se utilizan técnicas de producción en terrenos que tienen riego y que son asesorados por ONG'S dedicados a los aspectos agrícolas. La mayoría de agricultores de la zona practican una agricultura de subsistencia produciendo granos básicos; algunos practican la agricultura excedentaria y muy pocos la comercial.

En los casos del maíz y el frijol, alrededor del 80% es dedicado para el consumo familiar (autoconsumo) y el resto es vendido en plazas como la terminal de la ciudad capital. Las hortalizas y el café por su parte son comercializados a través de intermediarios, la producción de limón deshidratado cuenta con mercado externo (exportación), especialmente en los países de Estados Unidos, Europa y en los países Árabes.

En los meses de enero a marzo, se da la migración de personas en busca de trabajo a la ciudad capital, fincas de la costa atlántica y de la costa sur, meses que coinciden con época seca, en la cual no es posible practicar la agricultura, por lo regular solamente el jefe de hogar sale a trabajar para ganar el sustento de la familia. La comercialización de la mayoría de los productos agropecuarios, artesanales, e industriales se da principalmente en el departamento, haciéndolo directamente el productor o a través de intermediarios. A nivel departamental los días de plaza son: martes y viernes en la cabecera departamental, en estos días se reúnen todos los productores, especialmente los del área rural, para ofrecer sus productos.

1.1.7 Población

En términos globales, la población de Guastatoya se considera en 11,531 habitantes, además la población se identifica entre muchas, por ser pacífica, tiene tendencia al egocentrismo, aunque honrada y honesta. Algo muy notable en la cabecera municipal, es que no se marcan clases sociales definidas; pero si pueden observarse varios grupos marcados de acuerdo a características afines tales como: sus religiones ocupación, etc., pero no con tendencia económica.

Se manifiesta la unidad familiar, de tipo paternalista y conservador, la hospitalidad es muy peculiar, además constituye un círculo social bastante inaccesible para extraños; pero es muy amplia toda vez que se penetra en él. En Guastatoya la tasa de crecimiento actual es del 3% restándole el 1% de mortalidad, tiene un crecimiento neto del 2%.

Se puede observar que la población en su mayoría es joven, ya que el 43% es menor de 15 años y la edad promedio es 17.1; esto al lograr la mayoría de edad buscan nuevos horizontes para trabajar, ya que la cabecera municipal no llena a cabalidad las necesidades de sus habitantes, causa justa por la que tienen que emigrar los hombres en busca de trabajo dando lugar a que haya más mujeres que hombres. La población del municipio de Guastatoya a diciembre del 2000 es de 16,992 habitantes, de los cuales 8,880 son mujeres lo que el 52.26% son de sexo femenino y 8,112 son de sexo masculino o sea el 47.64%.

1.1.7.1 Urbana y rural

Por estudios realizados se sabe que el 63.73% de la población total, se encuentra localizada en el área urbana y el 36.27 corresponde al área rural.

1.1.7.2 Indígena y no indígena

Según el último censo El Progreso era uno de los departamentos del país con menos indígenas llegando a un 2% y 98% ladina, en las condiciones actuales es difícil que se mantenga.

1.1.7.3 Activa e inactiva

En Guastatoya la edad mínima de trabajo es a los 7 años, por lo tanto la población económicamente activa representa el 41% de la población. De ésta población económicamente activa el 70.09% se dedica a la actividad agrícola y el 29.91% a otras actividades como: artesanía, comercio, pequeña empresa, etc.

1.1.7.4 Económicamente activa

- Población económicamente activa 3,659
- PEA dedicada a Agricultura 2,331
- PEA dedicada a comercio y servicios 596
- PEA dedicada a industria 732

1.1.8 Actividad comercial

En el área rural la actividad principal de los hombres es la agricultura, mientras que las mujeres se dedican a los oficios domésticos, por esta razón las mujeres no aportan ningún ingreso económico familiar, por dedicarse al cuidado de los hijos y a la crianza de animales domésticos.

En el área urbana, los hombres se dedican a vender su fuerza de trabajo, a la agricultura y a desempeñar distintos cargos, en las respectivas instituciones gubernamentales y no gubernamentales. Las mujeres por su parte también se dedican a los oficios domésticos y las que han tenido oportunidad de superarse académicamente, desempeñan cargos en las distintas instituciones gubernamentales y no gubernamentales.

1.1.8.1 Uso de la tierra

Actualmente el uso y explotación esta orientada en gran parte a la extracción minera, donde los principales productos son: piedra de cal y la materia prima para la elaboración de cemento, así como demás minerales.

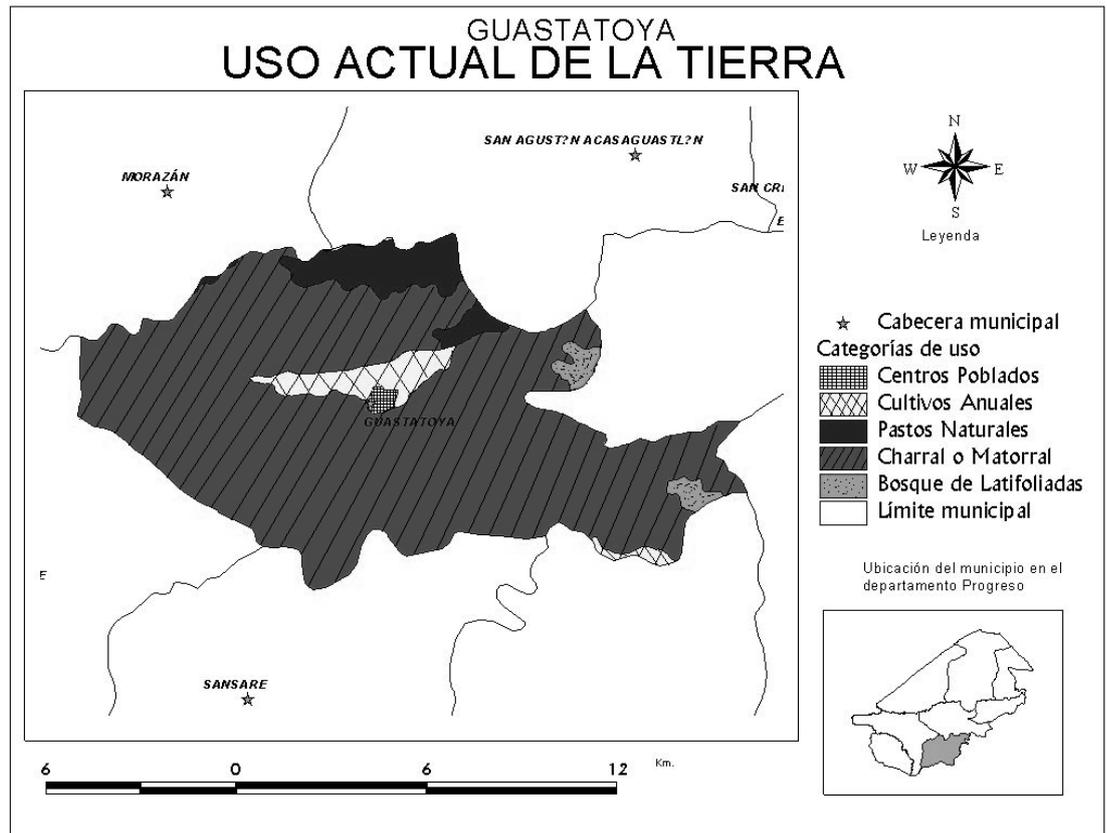
1.1.8.1.1 Área de potencial agrícola

El municipio cuenta con poco potencial agrícola, debido a que existen muy pocas áreas de cultivo, por lo que no se tienen productos de potencialidad. En cuanto a la explotación de la tierra los agricultores se dedican a esta actividad de manera tradicional de productos como el maíz, frijol, tomate, limón y otros. En su mayoría en las vegas dispuestas en las riveras del río Guastatoya, Anshagua y el río Motagua.

1.1.8.1.2 Área de potencial silvícola

Debido a la topografía, a la vocación de la tierra y a la aridez del terreno, el municipio de Guastatoya posee muy poco, es decir, escaso bosques con promedio de 1,856 hectáreas de bosque de coníferas totalmente dispersas localizadas en los límites con el departamento de Jalapa, en su mayoría las hectáreas de bosque son de monte espinoso subtropical.

Figura 2. Uso actual de la tierra



1.1.8.1.3 Flora

Entre las que predominan podemos mencionar: el aripiun, yaje, paraíso, brasil, subin, naranjillo, mango, guayacan trueno, pino, flor amarillo, zarza, jocote, anono, palo jiote, vainillo, quinina, llamarada, etc.

1.1.8.1.4 Fauna

Entre las especies que predominan podemos mencionar animales silvestres como el conejo, tacuacín, iguana verde, garrobos o sheros, zorrillo, armadillo, pericos, torditos, tortolitas, aves de rapiña, serpientes, mapaches, talconetes, salamandra, etc. Así mismo animales domésticos como: gallina, la cabra, el pato, la vaca, el caballo, los cerdos, el perro, el gato, el perigüey (cruce entre cabra y oveja) etc.

1.1.8.2 Comercio

Los cultivos más importantes de Guastatoya son: maíz, trigos, frijol, tomate, cebolla, chile, pepino, hortaliza y árboles frutales, achote, vainilla, sandía, chille pimiento, limón, plantas medicinales como: ruibarbo, sangre de dragón, té de limón, quina, las pieles de res y venado. Lo cual se desarrolla con mayor intensidad debido a que se lleva a cabo en terrenos regables en las riveras del río Guastatoya, es importante mencionar que en el caso del maíz se han logrado obtener en terrenos regables una producción de 50 quintales por manzana, en el caso del cultivo del chile se obtiene un rendimiento aproximado de 486 cajas por manzana, en el tomate una producción estimada en 834 cajas por manzana, en el pepino se a logrado obtener un rendimiento de 1,043 cajas por manzana, en maderas de varias clases, plantas medicinales, sangre de dragón, té de limón y quina.

1.1.9 Educación

Nuestro municipio actualmente cuenta con 18 escuelas primarias públicas, un instituto de educación básica con orientación ocupacional y 5 colegios privados, los que funcionan también de acuerdo al Ministerio de Educación, que pertenecen y sus reglamentos respectivos. El área urbana del municipio de Guastatoya, se cuenta con varios centros educativos.

En el área rural del municipio se cuenta con una cobertura educativa del 96% en educación primaria. En las comunidades de Santa Rita, Casa Viejas y Santa Lucía cuenta con escuelas de pre-primaria. Según información otorgada por la oficina departamental de CONALFA, existe para el municipio un índice de analfabetismo del 17.40%.

1.1.10 Salud

Las causas principales de morbilidad que reporta el hospital nacional de Guastatoya, para el área urbana y rural son: síndrome diarreico agudo, resfriado, parasitismo intestinal, neumonía, amebiasis, laringitis, otitis, amigdalitis y enfermedades transmitidas por alimentos contaminados (problemas gastrointestinales). Entre las causas de mortalidad infantil tenemos que mueren 42 niños por cada mil nacidos teniendo una tasa de mortalidad infantil de 56, y entre sus principales causas mencionamos, sepsis, prematuridad, bronconeumonía, e infecciones intestinales. La mortalidad general es producida por: enfermedades cardíacas, senilidad, edema pulmonar agudo, diabetes, desnutrición crónica, hipertensión arterial y cáncer.

1.1.10.1 Índice de mortalidad

La tasa de mortalidad general para el municipio de Guastatoya es del 4.3 en tanto que para menores de 1 año es de 17.18 y para menores de 5 años de 2.08.

1.1.10.2 Índice de natalidad

El indicador de natalidad es del 6.13% el cual tiene mucha recurrencia el ambiente donde se desenvuelve la familia típica de Guastatoya.

1.1.10.3 Esperanza de vida

La esperanza de vida para el sexo masculino es de 64.6 años y para el sexo femenino 70.2 años debido a la condiciones de vida que actualmente imperan. La tasa de crecimiento para el municipio de Guastatoya es del 5.63 en base a registros del INE. La densidad poblacional para el municipio de Guastatoya es de 65 habitantes por kilómetro cuadrado concentrándose en mayor medida en el casco urbano de la cabecera municipal.

2. DISEÑO DE LA CARRETERA QUE UNE LA ALDEA TIERRA BLANCA CON GUASTATOYA

2.1 Descripción del proyecto

En el presente capítulo se desarrollará el proyecto de pavimentación rígida para el camino que conduce a la aldea Tierra Blanca, municipio de Guastatoya, departamento de El Progreso, en lo referente a los aspectos relacionados con pavimentos, se describirán las propiedades del suelo y el método de diseño de espesor de losa así como de la mezcla para pavimento rígido.

Figura 3: Ubicación del proyecto



Fuente: Dirección General de Caminos

2.1.1 Estudio de tránsito

El estudio de tránsito en el diseño de proyectos de carreteras es importante, ya que es el principal factor en la determinación del espesor de un pavimento. Por eso es necesario conocer datos como:

- TPDA: tránsito promedio diario en ambas direcciones.

La finalidad de los estudios de tránsito es determinar los flujos futuros que circularán por el tramo en estudio. Se pueden dividir en estudio de tránsito actual y proyección del mismo en toda la vida del proyecto. De la primera se definen dos tipos de información básica: origen y destino de los viajes en la zona y tránsito actual en cada tramo de la red. Todos estos datos se obtienen por medio de encuestas de origen y destino, censos o conteos volumétricos y de composición vehicular, en el caso de la Dirección General de Caminos se utilizan conteos volumétricos (aforo vehicular), por medio de tablas en donde se especifican los diferentes tipos de vehículos y la hora en que transitan por el tramo.

Los aforos vehiculares permiten determinar la procedencia de las personas y su destino. De las encuestas se pueden obtener resultados como el tránsito promedio diario anual para cada origen y destino, discriminadas por tipo de vehículo; clasificación de la flota de vehículos, marca, número de asientos y de pasajeros; flujo de mercancías. Los resultados que se obtengan de los conteos volumétricos y de clasificación se expresarán a través de volumen de tránsito, movimiento horario, composición del tránsito por tipo de vehículo, direccionalidad de la circulación. La información que se obtiene es la base para la proyección del tránsito; determinando el volumen de tránsito que circulara por el tramo de estudio durante la vida útil del proyecto.

2.2 Estudio geométrico de carreteras

2.2.1 Inspección inicial

Al realizar la inspección al terreno, se constató que ya existe una carretera de terracería de aproximadamente 6 metros de ancho y 1,480 metros de longitud. Las condiciones topográficas del terreno en donde se encuentra hacen que el diseño geométrico de la sub rasante sea limitado.

2.2.2 Levantamiento topográfico

Para definir y dibujar la carretera, se procedió a realizar un levantamiento topográfico de la línea seleccionada, con el objetivo de mostrar los accidentes del terreno donde se encuentra localizado el proyecto. Este levantamiento consistió en una poligonal abierta con estacionamientos numerados.

Ésta fue nivelada y seccionada transversalmente; como complemento se tomaron con radiaciones los datos adicionales requeridos. Para la medición de los ángulos se utilizó el teodolito; las distancias, con cinta y taquimetría.

2.2.3 Diseño vertical

Conjunto de trabajos, para la obtención de todos los datos, necesarios para representar gráficamente la superficie de la tierra. El método altimétrico utilizado en el tramo a pavimentar, fue la nivelación para el ploteo de puntos que sirvieran de referencia para el trazo de los niveles del terreno. Las curvas verticales están en función del terreno y a su pendiente, la visibilidad de frenado, son diseñadas como parábolas.

2.2.4 Diseño horizontal

Es la proyección sobre un plano horizontal del eje de una carretera. Debe ser capaz de ofrecer seguridad y permitir asimismo uniformidad de operación a velocidad aproximadamente uniforme. Los elementos que definen el diseño horizontal son los siguientes:

- a. **Tangentes.** Son las proyecciones rectas sobre un plano horizontal que unen a las curvas circulares.
- b. **Curvas circulares.** Son proyecciones sobre un plano horizontal de arcos de círculo. La longitud de una curva circular está determinada desde el principio de una curva hasta el principio de la tangente o el final de la misma curva.
- c. **Curvas de transición.** Su función es proporcionar un cambio gradual a un vehículo, en un tramo en tangente a un tramo en curva.

Este tipo de transición es muy importante pues generalmente los estancamientos de agua de lluvia ocurren en tramos en curva, mas no en los tramos rectos (tangentes). El trazo y construcción de esa transición debe ser meticulosamente realizado para garantizar un drenaje adecuado.

2.3 Estudio de suelos

Este estudio sirve para conocer las propiedades físico-mecánicas de los suelos, los cuales serán la base principal para el diseño y construcción del proyecto. Se tomó muestras de suelo del lugar y revisamos los datos de proyectos pasados, que describen y especifican las características de los suelos del municipio. Los ensayos descritos son los siguientes.

2.3.1 Ensayo de laboratorio de suelos

Son los ensayos que se utilizan para clasificar el tipo de suelo con el que se trabajará en el proyecto, son de mucha importancia para ser descritos y clasificados adecuadamente. Dentro de estos ensayos, los principales son: el análisis granulométrico y los límites de Atterberg.

El suelo es un factor determinante en la estabilidad de una carretera, es necesario llevar un control de su estado para tener la seguridad de la buena calidad de la carretera.

2.3.1.1 Granulometría

El análisis granulométrico es un intento de determinar las proporciones relativas de los diferentes tamaños de granos presente en una masa de suelo dada. Para tener un resultado significativo la muestra deber ser estadísticamente representativa de la masa del suelo. Se traza la curva de la composición granulométrica del material en una grafica que tiene por abscisas, a escala logarítmica, las aberturas de las mallas y por ordenadas los porcentajes de material que pasa por dichas mallas a escala aritmética.

La curva resultante se compara con las que se tengan como especificaciones, o se obtienen de ella relaciones entre ciertos porcentajes que dan idea de la graduación del material. Conocidas las composiciones granulométricas del material, se le representa gráficamente. Según los resultados obtenidos en el laboratorio, el suelo posee un 73.20% de arena, 7.60% de grava y 19.20% de finos. El suelo se clasifica como: **limo arenoso color café claro**.

2.3.1.2 Límites de Atterberg

Los límites de Atterberg determinan fronteras que separan zonas en las que el suelo presenta distintos comportamientos. Lo que define en que zona se halla un suelo o que lo hace variar dentro de las zonas es el contenido de humedad que hay en el, en un instante determinado. Cada zona define un comportamiento plástico distinto.

La plasticidad es la propiedad que presentan los suelos de poder deformarse, hasta cierto límite sin romperse. Las arcillas presentan esta propiedad en grado variable.

2.3.1.2.1 Límite líquido

Es el contenido de humedad expresado en porcentaje, respecto del peso seco de la muestra con el cual el suelo cambia del estado líquido, al estado plástico. El método que actualmente se utiliza para determinar el límite líquido, es el que ideó Casagrande. El límite líquido debe determinarse, con muestras del suelo que hayan cruzado la malla número 40, si el espécimen es arcilloso, es preciso que nunca haya sido secado a humedades menores que su límite plástico.

2.3.1.2.2 Límite plástico

Es el contenido de humedad, expresado en porcentaje de su peso secado al horno, que tiene el material cuando permite su arrollamiento en tiras de 1/8 de pulgada sin romperse. Según los ensayos de laboratorio el suelo es medianamente plástico.

2.3.1.2.3 Índice plástico

Representa la variación de humedad que puede tener un suelo, que se conserva en estado plástico. Tanto el límite líquido, como el límite plástico, dependen de la calidad y del tipo de arcilla; sin embargo, el índice de plasticidad, depende generalmente, de la cantidad de arcilla del suelo.

Según Atterberg:

Índice plástico = 0 entonces, suelo no plástico;

Índice plástico = 7 entonces, suelo tiene baja plasticidad

$7 \leq \text{I.P.} \leq 17$ suelo medianamente plástico

Dado que el índice plástico, es de 6.5 según el laboratorio, el suelo se encuentra clasificado como medianamente plástico.

2.3.1.3 Ensayo de Proctor

El proceso por medio del cual se aumenta el peso volumétrico de un material se llama compactación. El grado de compactación de un suelo es muy importante para aumentar la resistencia y disminuir la compresibilidad del mismo. Mediante el proceso de compactación se consigue aumentar su densidad en el lugar donde el suelo se encuentre y se obtienen varias características benéficas. La densidad que se puede obtener de un suelo, por medio de un método de compactación dado, depende de su contenido de humedad. El contenido de humedad, que da el más alto peso unitario seco (densidad), se llama contenido de humedad óptima para el método de compactación.

Debido al aumento de la densidad del suelo es posible alcanzar incremento en la capacidad soporte y una menor tendencia a la deformación del suelo, conjuntamente con una disminución de la permeabilidad del mismo. Paralelamente se reduce el peligro de que suelos cohesivos o semi-cohesivos absorban agua. Por tales razones el control y la verificación de la compactación del material alcanzado en una obra es de suma importancia.

El proceso de compactación consiste en aplicar cierta cantidad de energía al suelo, esto se consigue de distintas formas, algunas veces con cargas de impacto y otras veces con cargas estáticas. El método utilizado para este estudio es proctor modificado.

Los resultados indican que posee un densidad seca máxima de 1,552 Kg/m³, humedad óptima de 16.3%. La humedad que contenga el suelo, representa la cantidad de agua necesaria para que el suelo pueda alcanzar el grado máximo de resistencia y acomodo de sus partículas.

2.3.1.4 Ensayo de valor soporte (C.B.R.)

El valor relativo de soporte de un suelo es un índice de su resistencia al esfuerzo cortante en condiciones determinadas de compactación y humedad, y es la razón de carga unitaria que se requiere para introducir un mismo pistón dentro del suelo, a la carga requerida y a la misma profundidad en una muestra de piedra triturada.

Los valores límites del CBR son los siguientes:

- 0% a 5% Sub-rasantes muy malas
- 5% a 10% Sub-rasantes malas
- 10% a 20% Sub-rasantes de regulares a buenas
- 20% a 30% Sub-rasantes muy buenas
- 30% a 50% Sub-bases buenas
- 50% a 80% Buena para bases de gravas
- 80% a 100% Buenas bases de piedra y grava triturada

Los resultados de laboratorio demuestran que la sub-rasante tiene un valor soporte del 85.3%, clasificando al suelo como buena base de piedra y grava triturada.

2.3.1.5 Análisis de resultados

Los resultados obtenidos de los ensayos realizados a la muestra representativa, así como las gráficas, pueden observarse en los anexos. De estos resultados dependen los espesores de las diferentes capas que conforman el pavimento. Se cuenta entonces, en éste caso, con un material con las siguientes características:

Clasificación P.R.A. = A-2-4

Descripción del suelo = Limo arenoso color café claro

Límite líquido = 33.4 %

Índice plástico = 6.5 %

Peso unitario seco máximo = 1552 kg/m³

Humedad óptima = 16.3 %

C.B.R. = al 9.4 % de compactación de 85.3%

2.4 Estudio de drenajes

Las obras de drenaje son elementos estructurales que eliminan la inaccesibilidad de un camino, provocada por el agua o la humedad. De la construcción de las obras de drenaje, dependerá en gran parte la vida útil, facilidad de acceso y la vida útil del camino. Los objetivos primordiales de las obras de drenaje son:

- a. Dar salida al agua que se llegue a acumular en el camino.
- b. Reducir o eliminar la cantidad de agua que se dirija hacia el camino.
- c. Evitar que el agua provoque daños estructurales.

Para llevar a cabo la evacuación del agua se puede utilizar drenajes menores, drenajes mayores y obras complementarias de drenajes.

2.4.1 Drenaje menor

2.4.1.1 Las alcantarillas

Son estructuras transversales al camino que permiten el cruce del agua y están protegidas por una capa de material en la parte superior, pueden ser de forma rectangular, cuadrada, de arco o tubular, se construyen de concreto, lamina, piedra o madera. Para canalizar el agua se complementan con muros o aleros en la entrada y salida, podemos decir que actualmente en los caminos rurales, las más usuales son las alcantarillas laminares.

2.4.1.2 Drenaje subterráneo

El drenaje subterráneo es un gran auxiliar para eliminar humedad que inevitablemente ha llegado al camino y así evitar que provoque asentamientos o deslizamientos de material.

Son usuales los drenes ciegos que consisten en zanjas bajo las cunetas rellenas con material graduado con una base firme que evite filtraciones mas allá de donde se desea, dirigiendo el agua hacia un lugar donde se le pueda retirar de manera superficial del camino, las dimensiones varían según las características hidrológicas del lugar donde se van a construir, son funcionales en varios tipos de camino. La plantilla de estos es de 45 cm. Y de 80 a 100 cm. De profundidad, el material se graduara cuidadosamente en capas con tamaños uniformes.

2.4.2 Drenaje mayor

Las obras de drenaje mayor requieren de conocimientos y estudios especiales, entre ellas podemos mencionar los puentes, puentes vado y bóvedas. Aunque los estudios estructurales de estas obras son diferentes para cada una, la primera etapa de selección e integración de datos preliminares es común. Así con la comparación de varios lugares del mismo río o arroyo elegiremos el lugar más indicado basándonos en el ancho y altura del cruce, de preferencia que no se encuentre en lugares donde la corriente tiene deflexiones y aprovechando las mejores características geológicas y de altura donde vamos descendiendo o ascendiendo con el trazo.

2.4.2.1 Bóvedas

Las bóvedas de medio punto construidas con mampostería son adecuadas cuando requerimos salvar un claro con una altura grande de la rasante al piso del río.

2.4.2.2 Vados

Los vados son estructuras muy pegadas al terreno natural, generalmente losas a piso, tienen ventajas en cauces amplios con tirantes pequeños y régimen torrencial por corto tiempo. La construcción de vados es económica y accesibles a los cambios rurales por el aprovechamiento de los recursos del lugar, ya que pueden ser construidos de mampostería, concreto simple, ciclópeo y hasta de lámina. Su diseño debe evitar provocar erosión aguas arriba y aguas abajo, además de evitar que se provoque régimen turbulento que también es causa de socavación.

2.4.2.3 Puente vado

Es una estructura en forma de puente y con características de vado, que permite el paso del agua a través de claros inferiores en niveles ordinarios, y por la parte superior cuando se presentan avenidas con aguas máximas extraordinarias. La altura de la obra debe permitir que cuando se presenten avenidas en aguas máximas extraordinarias los árboles u objetos arrastrados no dañen la estructura.

2.4.2.4 Puentes

Los puentes son estructuras de más de seis metros de claro, se distingue de las alcantarillas por el colchón que estas levan en la parte superior. La estructura de un puente está formada por la infraestructura, la subestructura y la superestructura.

La infraestructura se manifiesta en zapatas de concreto o mampostería, cilindros de cimentación y pilotes. La subestructura forma parte de un puente a través de pilas centrales, estribos, columnas metálicas sobre pedestales de concreto, caballetes de madera, etc. La superestructura integra la parte superior de un puente a través de concreto o metálicas, vigas y pisos de madera, losas de concreto, nervaduras armadas de fierro, madera, cable, etc.

2.4.3 Obra complementaria de drenaje

2.4.3.1 Drenaje superficial

Se construye sobre la superficie del camino o terreno, con funciones de captación, salida, defensa y cruce, algunas obras cumplen con varias funciones al mismo tiempo. En el drenaje superficial encontramos: cunetas, contra cunetas, bombeo, lavaderos, zampeados, y el drenaje transversal.

2.4.3.2 Cunetas

Las cunetas son zanjas que se hacen en uno o ambos lados del camino, con el propósito de conducir las aguas provenientes de la corona y lugares adyacentes hacia un lugar determinado, donde no provoque daños, su diseño se basa en los principios de los canales abiertos.

Para un flujo uniforme se utiliza la fórmula de Manning, como se muestra a continuación.

$$V = \frac{1}{n} (R^{\frac{2}{3}}) (S^{\frac{1}{2}})$$

Donde:

V = velocidad media en metros por segundo

N = coeficiente de rugosidad de Manning

R = radio hidráulico en metros (área de la sección entre el perímetro mojado)

S = pendiente del canal en metros por metro

Tabla I. Valores de “n” para la fórmula de Manning

TIPO DE MATERIAL	VALORES DE "n "
Tierra común, nivelada y aislada	0.02
Roca lisa y uniforme	0.03
Rocas con salientes y sinuosa	0.04
Lechos pedregosos y bordos enyerbados	0.03
Plantilla de tierra, taludes ásperos	0.03

Determinación del área hidráulica:

$$Q = \frac{A}{V}$$

$$q = (A) \left(\frac{1}{n} \right) (R^{\frac{2}{3}}) (S^{\frac{1}{2}})$$

Donde:

Q = gasto en m³/seg.

A = Área de la sección transversal del flujo en m²

Debido a la incertidumbre para la determinación del área hidráulica en la práctica, las secciones de las cunetas, se proyectan por comparación con otras en circunstancias comunes. Se evita dar una gran longitud a las cunetas, mediante el uso de obras de alivio. En algunos casos será necesario proteger las cunetas mediante zampeados, debido a la velocidad provocada por la pendiente.

2.4.3.3 Contra cunetas

Las contra cunetas son zanjas que se construyen paralelamente al camino, de forma trapecial comúnmente, con plantilla de 50cms y taludes adecuados a la naturaleza del terreno. La función de las contra cunetas es prevenir que llegue al camino un exceso de agua o humedad, aunque la practica ha demostrado que en muchos casos no es conveniente usarlas, debido a que como se construyen en la parte aguas arriba de los taludes, provocan reblandecimientos y derrumbes.

Si son necesarias, deberá estudiarse muy bien la naturaleza geológica del lugar donde se van a construir, alejándolas lo más posible de los taludes y zampeándolas en algunos casos para evitar filtraciones.

2.4.3.4 Bombeo

Es la inclinación que se da a ambos lados del camino, para drenar la superficie del mismo, evitando que el agua se encharque provocando reblandecimientos o que corra por el centro del camino causando daños debido a la erosión. El bombeo depende del camino y tipo de superficie, se mide su inclinación en porcentaje y es usual un 2 a 4 por ciento en caminos revestidos.

2.4.3.5 Zampeado

Es una protección a la superficie de rodamiento o cunetas, contra la erosión donde se presentan fuertes pendientes. Se realiza con piedra, concreto ciclópeo o concreto simple.

2.4.3.6 Lavaderos

Son pequeños encauzamientos a través de cubiertas de concreto, lámina, piedra con mortero o piedra acomodada que se colocan en las salidas de las alcantarillas o terrenos erosionables, eliminando los daños que originaría la velocidad del agua.

2.5 Parámetros de diseño

Para el diseño del pavimento rígido se utilizó el método simplificado de la PCA, en donde se ha elaborado tablas basadas en distribuciones de carga–eje para diferentes categorías de calles y carreteras. Estas tablas están formuladas para un período de diseño de 20 años y contemplan un factor de seguridad de carga. Este factor es de 1, 1.1, 1.2 y 1.3 para las categorías 1, 2, 3 y 4, respectivamente. Para determinar el espesor de la losa es necesario conocer los esfuerzos combinados de la sub-rasante y la base, ya que mejoran la estructura del pavimento.

Valores aproximados del módulo de reacción K, cuando se usan bases granulares y bases de suelo–cemento.

Etapas o pasos del método simplificado:

- Estimar TPDA (tránsito promedio diario) en dos direcciones.
- Seleccionar la categoría de carga–eje, según su tabla correspondiente.
- Encontrar el espesor de losa en la tabla apropiada.

Tras conocer el CBR de la sub-rasante se busca su correspondiente módulo de reacción K en la tabla correspondiente. Luego se determinará el espesor de base de acuerdo al tipo de suelo y el módulo de ruptura del concreto, que es el 15% f'_c . Con la información anterior y conociendo el tipo de junta a utilizar, se localiza el espesor de la losa en la tabla correspondiente.

2.5.1 Período de diseño

Algunos diseñadores consideran que la vida de un pavimento termina cuando el primer recapeo es colocado. La vida de los pavimentos de concreto puede variar de menos de 20 años, en algunos proyectos que tengan una carga de tráfico mayor que la originalmente asumida en el diseño y materiales o defectos en la construcción; a más de 40 años, en otros proyectos en los cuales los defectos no se presentaron. Para este caso en particular se estima un período de diseño de 20 años, tomando en cuenta al menos una rehabilitación.

2.5.2 Diseño de la base

La base es necesaria con el objeto de prevenir el efecto de succión, pero además incrementa la capacidad soporte del pavimento, situación que se aprovecha con el objeto de poder reducir el espesor de la losa. Como el suelo de sub-rasante tiene un soporte alto, se asume un espesor de base de 10cms. Se calcula el módulo de ruptura del concreto de junta a utilizar, se utilizan juntas de trave por agregados con bordillo integrado. Según el módulo de ruptura del concreto tomando un porcentaje de la resistencia a compresión, la cual es del 15% f'_c ; el f'_c del concreto tiene un valor de 4,000 PSI y el módulo de ruptura será igual a:

$$\text{Módulo de ruptura} = 15\% \times f'c = 15\% \times 4,000\text{PSI}$$

$$\text{Módulo de ruptura} = 600\text{PSI}$$

2.5.3 Diseño del espesor del pavimento

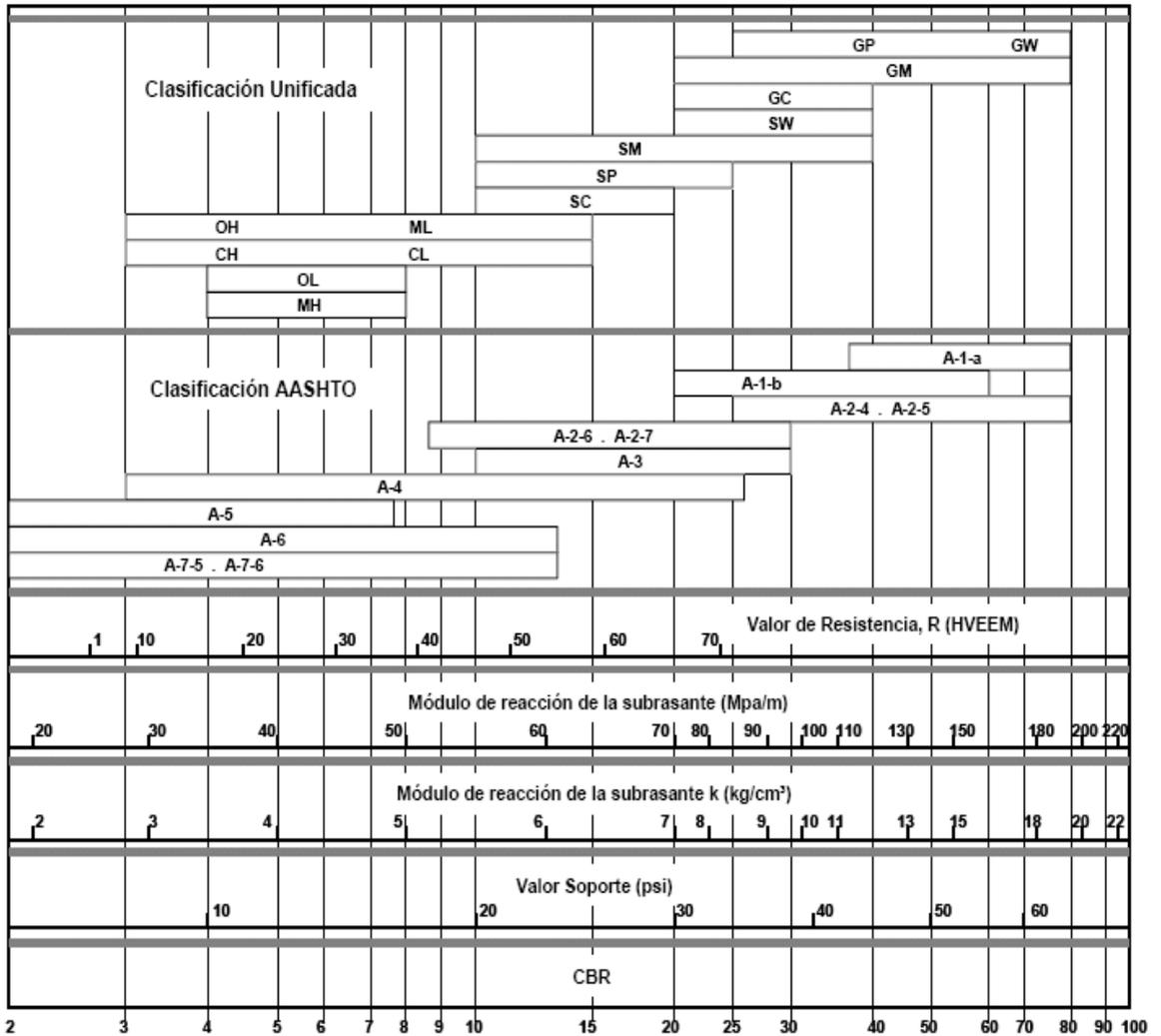
Para el cálculo del espesor del pavimento lo primero que se calculó fue el tránsito promedio diario en ambas direcciones (TPD). Este dato se estableció tomando en cuenta lo que representa el lugar a diseñar, para el tramo a pavimentar se tomó como parámetro la entrada que actualmente se utiliza donde se consideraron 275 vehículos diarios para 20 años, de los cuales se tomó un porcentaje del 15% del TPDC en ambas direcciones. Según lo mencionado anteriormente, se clasifica en la categoría número 1 de la siguiente tabla.

Tabla II. Clasificación de vehículos, según su categoría

Categoría	Descripción	Tráfico			Máxima carga por eje, KIPS	
		TPD	TPDC		Sencillo	Tandem
			%	Por día		
1	Calles residenciales, carreteras rurales y secundarias (bajo a medio)	200 a 800	30	Arriba de 25	22	36
2	Calles colectoras, carreteras	700 a 5,000	5 a 18	de 40 a 1,000	26	44
3	Calles arteriales y carreteras primarias (medio) Supercarreteras o interestatales urbanas y rurales (bajo a medio)	3000 a 12,000 para 2 carriles 3,000 a 5,000 para 4 carriles o más	8 a 30	De 500 a 5,000	30	52
4	Calles arteriales, carreteras primarias, supercarreteras (altas), interestatales urbanas y rurales (medio alto)	3,000 a 20,000 para 2 carriles, 3,000 a 15,000 para 4 carriles o más	8 a 30	De 1,500 a 8,000	34	60

Una vez conocida la categoría a la que pertenece se encuentra el módulo de reacción K. Este valor se establece por medio del CBR del laboratorio, en éste caso, es de 9.4 %. Según la siguiente figura:

Figura 4. Determinación de la reacción K por medio del C.B.R.



En donde el módulo de reacción K es de 5.35 Kg / cm³, que es equivalente a 192.88 PSI. Identificado el módulo de reacción K, se clasifica la sub-rasante según la siguiente tabla.

Tabla III. Tipos de suelos de sub-rasante y valores aproximados de K

Tipos de suelo	Soporte	Rango de valores de K PSI
Suelos de grano fino en el cual el tamaño de partículas de limo y arcilla predominan	Bajo	75 – 120
Arenas y mezclas de arenas con grava, con una cantidad considerable de limo y arcilla	Medio	130 – 170
Arenas y mezclas de arenas con grava, relativamente libre de finos	<u>Alto</u>	180 – 220
Sub-bases tratadas con cemento	Muy alto	250 – 400

Para encontrar el espesor del pavimento se necesita definir el tipo de junta a utilizar, se utilizan juntas de trave por agregados con bordillo integrado. Según la siguiente tabla, el espesor del pavimento es de 6.5pulg.

Tabla IV. Pavimento con juntas con agregados de trave

MR	Espesor de la losa pulg.	Sin hombros de concreto o bordillo Soporte Subrasante – Subbase				Espesor de la losa pulg.	Con hombros de concreto o bordillo Soporte Subrasante - Subbase			
		Bajo	Medio	Alto	Muy alto		Bajo	Medio	Alto	Muy alto
650 PSI	5.5				5	5		3	9	42
	6		4	12	59	5.5	9	42	120	450
	6.5	9	43	120	490	6	96	380	700	970
	7	80	320	840	1200	6.5	650	1000	1400	2100
	7.5	490	1200	1500		7	1100	1900		
	8	1300	1900							
600 PSI	6				11	5			1	8
	6.5		8	24	100	5.5	1	8	23	98
	7	15	70	190	750	6	19	84	220	810
	7.5	110	440	1100	2100	6.5	160	520	1400	2100
	8	590	1900			7	1000	1900		
	8.5	1900								
550 PSI	6.5			4	19	5.5			3	17
	7		11	34	50	6	3	14	41	160
	7.5	19	84	230	890	6.5	29	120	320	1100
	8	120	470	1200		7	210	770	1900	
	8.5	560	220			7.5	1100			
	9	2400								

Se busca en el lado derecho, por incluir bordillo, el diseño de losa. La subrasante tiene un carácter alto, al buscar en el sector correspondiente a un módulo de ruptura de 600 PSI, el cual es de 6.5 pulgadas, por facilidad de construcción se dejará de 17.00 cm. de espesor.

Las juntas transversales serán construidas a cada 2.75 metros y la juntas longitudinales a cada 3.00 metros, la pendiente de bombeo será de 3%, así como se indica en los planos.

2.5.4 Diseño de mezcla de concreto

El diseño de la mezcla de concreto se realizará con las siguientes condiciones:

- Resistencia requerida: 3000 PSI = 210 kg/m³
- Tamaño máximo de agregado grueso: 3/4"
- Módulo de finura de agregado fino: 2.6-2.9
- Asentamiento para pavimento de concreto: 8cm

Primeramente, se procede a definir la relación agua/cemento (w/c) para la mezcla. Ya que el asentamiento es de 8cm y el tamaño máximo del agregado grueso es de 3/4" corresponde una relación w/c de 0.56.

La función w/c se define de la siguiente manera:

$$w/c = f(w/c)$$

Por lo tanto, como observamos en la siguiente tabla, $184/c = 0.56$.

Tabla V. Datos para diseño de mezclas (calculados para 1 m³ de concreto fresco)

Resistencia media requerida a los 28 días	Tamaño maximo del agregado		Concentracion de pasta		Agua en litros para los distintos asentamientos indicados en cm.						% de agregado fino			% aire				
	kg/cm ²	lb/plg ²	mm.	plg.	W/C	C/W	0 a 2	2 a 5	5 a 10	10 a 15	2.2 - 2.6	2.6 - 2.9	2.9 - 3.2	M.F.	2.2 - 2.6	2.6 - 2.9	2.9 - 3.2	M.F.
140	2000	19.1	3/4	0.65	1.54	165	175	186	197	47	49	51	4.8	4.9	5	4.5	4.5	4.5
		25.4	1	0.65	1.54	167	165	173	181	44	46	48	4.4	4.5	4.6			
		38.1	1 1/2	0.65	1.54	154	160	166	193	42	44	46	4	4.1	4.2			
175	2500	19.1	3/4	0.6	1.67	165	175	186	197	45	47	49	4.3	4.4	4.5	3.9	3.9	3.9
		25.4	1	0.6	1.67	157	165	173	181	42	44	46	3.7	3.8	3.9			
		38.1	1 1/2	0.6	1.67	154	160	166	193	40	42	44	3.3	3.4	3.5			
210	3000	19.1	3/4	0.56	1.79	164	171	184	195	44	46	48	3.6	3.7	3.8	3.1	3.1	3.2
		25.4	1	0.56	1.79	156	164	172	180	41	43	45	3	3.1	3.2			
		38.1	1 1/2	0.56	1.79	154	160	166	191	39	41	43	2.6	2.7	2.8			
246	3500	19.1	3/4	0.52	1.92	164	174	184	195	42	44	46	3.1	3.2	3.3	2.4	2.4	2.5
		25.4	1	0.52	1.92	156	164	172	180	39	41	43	2.3	2.4	2.5			
		38.1	1 1/2	0.52	1.92	154	160	166	191	37	39	41	1.9	2	2.1			
281	4000	19.1	3/4	0.49	2.04	162	172	182	193	40	42	44	2.6	2.7	2.8	2.1	2.1	2.2
		25.4	1	0.49	2.04	155	163	171	179	37	39	41	2	2.1	2.2			
		38.1	1 1/2	0.49	2.04	154	160	166	189	35	37	39	1.6	1.7	1.8			
316	4500	19.1	3/4	0.46	2.17	162	172	182	193	38	40	42	2.4	2.5	2.6	1.8	1.8	1.9
		25.4	1	0.46	2.17	155	163	171	179	35	37	39	1.7	1.8	1.9			
		38.1	1 1/2	0.46	2.17	154	160	166	189	33	35	37	1.4	1.5	1.6			

Donde $c = 328.57 \text{ kg/m}^3$

El peso unitario del concreto se compone de la sumatoria de los pesos del cemento, agua y agregados, así:

$$\text{PUc} = C + A + \text{Ag}$$

Donde:

PUc = peso unitario del concreto en kg/m^3

C = peso del cemento en kg/m^3

A = peso del agua en kg/m^3

Ag = peso de agregados (fino y grueso) en kg/m^3

De estos datos conocemos el peso del agua, del cemento y el peso unitario del concreto, por lo que falta definir el peso de los agregados.

Así, despejando la formula obtenemos:

$$\text{Ag} = \text{PUc} - C - A$$

$$\text{Ag} = 2400 - 328.57 - 184$$

$$\text{Ag} = 1887.43 \text{ kg/m}^3$$

Ahora obtenemos los porcentajes de cada agregado según la Tabla V.

Agregado fino (Af): 46%

Agregado grueso (Agr): 54%

Entonces, se multiplica el peso del agregado por cada porcentaje para obtener pesos separados de arena y piedrín.

$$A_f = 1887.43 \times 0.46 = 868.22 \text{ kg/m}^3$$

$$A_g = 1887.43 \times 0.54 = 1019.21 \text{ kg/m}^3$$

De esta manera tenemos todos los pesos de los componentes de la mezcla de concreto, para 1 m^3 , los cuales son:

$$C = 328.57 \text{ kg}$$

$$A_f = 868.22 \text{ kg}$$

$$A_g = 1019.21 \text{ kg}$$

$$W = 184 \text{ Lt}$$

El diseño teórico se define en función de las proporciones, tomando como referencia la unidad de cemento.

$$\frac{\text{Cemento}}{\text{Cemento}} : \frac{\text{Arena}}{\text{Cemento}} : \frac{\text{Piedrín}}{\text{Cemento}} : \frac{\text{Agua}}{\text{Cemento}}$$

El resultado del diseño teórico es el siguiente:

$$1:2:3:0.5$$

3. PARÁMETROS DE DISEÑO PUENTE COLGANTES

3.1 Especificaciones generales de diseño

Un factor determinante en el diseño es la luz “L” entre las torres, ya que esta afecta directamente los valores de las fuerzas “H” y “T” como puede verse en la fórmula de la tensión, razón por la cual puede decirse que para una misma carga uniformemente distribuida “x”, el puente que tenga mayor longitud tendrá mayor sección en los cables, en los anclajes y en las torres.

Un factor determinante en el diseño de los anclajes lo constituirá la naturaleza del suelo, ya que según la fórmula de Rankine, el equivalente líquido “W” esta en función directa con la resistencia del suelo y éste, a su vez, afecta directamente el valor del empuje “E”.

En cuanto a las especificaciones de diseño, en Guatemala se cuenta con normas específicas para el diseño de puentes colgantes, por lo que fue necesario utilizar algunas especificaciones de la Dirección General de Caminos, haciendo de algunas especificaciones de la ACI 318-05.

Figura 5: Ubicación del proyecto



Fuente: Dirección General de Caminos

3.2 Tipos de alambre comúnmente empleados para puentes colgantes

3.2.1. Trensado regular 6 x 7

Los cables de 6 cordones con 7 alambres en cada cordón y un núcleo de fibra son conocidos como: “Cables de acarreo, Transporte o Arrastre”. Ya que los alambres están situados para resistir el desgaste abrasivo al cual están sujetos. Esta construcción es la menos flexible de las construcciones estándar de cables. Los **núcleos** de alambre son generalmente cordones que hacen un cable con una construcción de 7 x 7. Cuando son fabricados de alambres galvanizados son denominados: cables galvanizados de retención de 6 x 7 y cuando se les incluye un núcleo con un cordón galvanizado se denominan: cable galvanizado de retención de 7 x 7.

3.2.2 Warrington 6 x 19

En esta construcción las hiladas exteriores de alambres en cada cordón consisten en 6 alambres pequeños. Los alambres grandes exteriores evitan que este cable sea tan flexible como lo es el cable estándar para izamientos tipo No. de 6 x 19. Los cables galvanizados de retención son generalmente, de construcción Warrington.

3.2.3 Cables de cordones galvanizados

Los cordones de retención galvanizados de 7 x 19 alambres son hechos en 4 grados: de hierro o cordones comunes, Siemenes Martin, de alta resistencia y de resistencia Extra. Por tamaños e incluyendo un diámetro de 1/2", los cordones de retención son generalmente, de 7 alambres. Los de construcción de 19 alambres tienen tamaños de 9/16" a 1". Los cordones galvanizados para puentes son de construcciones con 19, 37, 61 ó 91 alambres, dependiendo de su tamaño. Los cables para puentes están hechos de alambres galvanizados de acero de arado, con resistencia a la tensión que exceden de aquellas usadas para los cordones de retención.

3.2.4 Elección del cable

Cuando se seleccione un cable de alambres para dar mejor servicio, hay 4 requerimientos, los cuales deberán ser dados a consideración. Una elección adecuada es hecha al estimar correctamente la importancia relativa de estos requerimientos y seleccionando un cable que tenga las cualidades mejor adecuadas para soportar los efectos destructivos del uso continuo.

El cable debe poseer resistencia suficiente para prevenir la máxima carga que puede ser aplicada y con un adecuado factor de seguridad. Habilidad de soportar dobleces o flexiones repetidas sin que los cables fallen por fatiga. Habilidad de resistir desgaste abrasivo. Habilidad de soportar distorsión y machacamiento o poner más en cuenta la habilidad de resistir el mal trato.

3.2.5 Pedido de un cable

Al hacer el pedido de un cable debe concretarse:

- a) número de alambres de cada cordón,
- b) número de cordones,
- c) sentido del arrollamiento de los cordones y tipo de estos,
- d) arrollamiento del cable,
- e) diámetro del cable,
- f) naturaleza del alma y tratamiento si se requiere,
- g) resistencia y tipo del acero de los alambres,
- h) carga de rotura del cable,
- i) acabado (el galvanizado reduce la resistencia mecánica en un 10%, pero aumenta la resistencia a la corrosión),
- j) longitud del cable,
- k) embalaje y marcas (rollos, en carretes abiertos o cerrados).

3.2.6 Uso y manejo

Es normal suministrar los cables en rollos. Para instalar los cables deben tenerse presente las siguientes precauciones:

- a) empezar a desenrollar por el exterior del cable, nunca por el interior,
- b) evitar la deformación del cable,

c) antes de cortar el cable, hacer las ligaduras oportunas para evitar que se deshagan los extremos.

Para aumentar la duración de un cable es conveniente tener en cuenta que:

- a) el cable no debe rozar con cuerpos duros o de aristas vivas,
- b) el cable debe trabajar perfectamente engrasado, eliminando la grasa vieja antes de poner la nueva,
- c) la grasa debe ser neutra para evitar corrosiones,
- d) los cables sometidos a rozamiento intenso deben llevar alambres gruesos en el exterior,
- e) las gargantas de poleas y tambores deben ser las adecuadas al diámetro del cable,
- f) las gargantas de poleas y tambores deben estar perfectamente pulidas,
- g) los cables deben arrollarse en los tambores en una sola capa,
- h) deben evitarse poleas muy pesada y de gran inercia que sigan girando una vez parado el cable,
- i) si el cable ha de funcionar a la intemperie o sometido a atmósferas agresivas, deben usarse cables galvanizados y de alambres gruesos.

3.2.7 Flexibilidad

Depende de la relación entre los diámetros de los alambres, de la polea o tambor y del tipo del acero empleado. Una mayor flexibilidad produce una reducción de los esfuerzos de flexión del cable. Los esfuerzos de flexión pueden disminuirse: aumentando el No. de alambres, lo que lleva consigo una disminución del diámetro para resistir una misma carga, empleando aceros de menor resistencia unitaria, aumentando los diámetros de poleas y tambores.

La flexibilidad crece más de prisa aumentando en número de alambres en cada cordón que aumentando el número de éstos en cada cable.

Desde este punto de vista los cables se clasifican en:

- a) rígidos,
- b) semiflexibles,
- c) flexibles,
- d) muy flexibles,
- e) extraflexibles.

3.2.8 Fatiga

La falla por fatiga de los alambres en un cable es el resultado de la prolongación de pequeños resquebrajamientos bajo aplicaciones repetidas de cargas de flexión. Ocurren cuando los cables operan sobre roldanas o tambores pequeños comparados con el diámetro. El desdoblamiento repetitivo de los alambres individuales, como el caso de los cables curvos, cuando pasan sobre los accesorios de empalme y el enderezamiento de los cables individuales, causa fatiga. El efecto de la fatiga sobre los alambres es ilustrado al doblar o flexionar un cable, repetidamente, de atrás hacia adelante hasta que se rompe.

El mejor medio de prevenir la fatiga prematura de los cables es usar las roldanas y tambores de tamaño adecuado para incrementar la resistencia de la fatiga, deberá ser usado un cable de construcción más flexible, el incremento de flexibilidad es asegurado mediante el uso de alambres más pequeños.

3.2.9 Desgaste abrasivo

La habilidad de un cable para resistir abrasión está determinada por su tamaño; el contenido de manganeso y carbón, el tratamiento térmico de los alambres exteriores y, la construcción del cable. Los alambres exteriores mas grandes de las construcciones menos flexibles son mejores para resistir abrasión que los alambres exteriores más finos de los cables más flexibles. El alto contenido de carbón y de manganeso y el tratamiento térmico usado en la producción de alambres, para cables más fuertes hacen que los cables de grados más altos sean mejores para resistir el desgaste abrasivo que los cables de grado menor.

La construcción de cables trenzados tipo lang (torcido paralelo) los hace mejor adaptados para resistir abrasión, que los que resisten los cables trenzado regular, del mismo tamaño, construcción y grado.

3.2.10 Alargamiento de los cables

El alargamiento de un cable bajo carga es el resultado de dos componentes: por el alargamiento estructural, causado por el alargamiento del trenzado del cable, la compresión del núcleo y el ajuste de los alambres y cordones a la carga y por el alargamiento elástico causado por la elongación de los alambres. El alargamiento estructural varía con el tamaño del núcleo, las longitudes de los trenzados y la longitud del cable. Este alargamiento varía con las cargas impuestas y la cantidad de doblamiento o flexión a la cual el cable esté sujeto. Para estimar este alargamiento un valor de 1/2% ó 0.005 veces la longitud del cable bajo carga, da un valor aproximado. Si las cargas son livianas, el 1/4 ó 0.0025 veces la longitud del cable puede ser utilizado.

El alargamiento elástico de un cable de alambre es directamente proporcional a la carga y la longitud del cable bajo carga e inversamente proporcional al área metálica y el módulo de elasticidad. Esto es aplicable a carga que no excede el límite elástico del cable. El límite elástico de los cables claros brillantes es aproximadamente el 55% de su resistencia a la rotura y para los cables galvanizados es, aproximadamente, el 50%. Esto puede ser expresado como:

$$\text{Alargamiento elástico} = \frac{\text{Carga (lb)} \times \text{long cable(pies)}}{\text{area met. (pulg}^2) \times \text{Melasticidad(lb/pulg}^2)}$$

Fórmulas aproximadas de sección y peso:

Llamando D el diámetro del cable y expresado en centímetros se tendrá:

Tabla VI. Diámetros de cables

Tipo de cable	Área de la sección útil cm²	Peso (Kg)
Cable de cordones Con alma de cáñamo	0.4D ²	0.365 D ³
Cable de cordones Con alma de acero	0.5D ²	0.437 D ³
Cable-cordón espiral Con alma de acero	0.6 D ²	0.507 D ³
Cable vía liso	0.8 D ²	0.578 D ³

3.2.11 Módulo de elasticidad aproximado

El módulo de elasticidad de los cables varía a lo largo de su vida y es dependiente de la construcción del cable y de las condiciones bajo las cuales opera, este módulo se incrementa durante su vida útil. Es afectado por la longitud de servicio del cable, la intensidad de las cargas de trabajo, ya sea que sean constantes o variables y la cantidad de flexión y vibración a la cual el cable esté sujeto. Los cables nuevos o no usados tendrán un modulo de elasticidad más grande que los cables ya usados, debido a la porción más grande del alargamiento estructural de un cable, que ocurre durante el período inicial de su vida útil. El módulo de elasticidad es también más pequeño durante este período.

Cable para puentes con núcleo de alambre galvanizado

6 x 7	16, 000,000 PSI
6 x 19	15,000,000 PSI
6 x 37	14,000,000 PSI

Cable para puentes *con* núcleo de alambre galvanizado pretensado
20.000.000 PSI

Cordones galvanizados para puentes.

7 alambres	21,000,000 PSI
19 alambres	19,000,000 PSI
37 alambres	18,000,000 PSI
61 alambres	17,000,000 PSI
91 alambres	16,000,000 PSI

Cordones pretensados galvanizados para puentes 25,000,000 PSI.

El factor de seguridad es la relación de resistencia del cable y la carga de trabajo. Así, un cable con una resistencia de 10,000 libras y una carga total de trabajo de 2,000 libras estará operando con un factor de seguridad de 5.

3.2.12 Resistencia

Los cables en servicio están sujetos a varias clases de esfuerzos. Los esfuerzos más frecuentes encontrados son: de tensión directa, esfuerzos debidos a aceleración, esfuerzos debido a cargas repentinas o cargas de choque, esfuerzos debido a flexión y esfuerzos resultantes de varias fuerzas que actúan en un mismo tiempo. La mayor parte de estos esfuerzos pueden ser convertidos en términos de tensión simple para que pueda ser escogida un cable, aproximadamente, la resistencia correcta, puesto que la resistencia del cable está determinada por su tamaño, grado y construcción, estos tres factores deberán ser considerados.

3.3 Accesorios de los cables

Los accesorios de los cables son elementos que sirven para protegerlo adecuadamente en las conexiones de unos con otros, evitando así su pronto deterioro y por consiguiente prolongando su vida útil.

Existe gran variedad de accesorios para la conservación adecuada de los cables y los mismos se colocan según lo exijan las condiciones de trabajo; en todo caso, queda a criterio del diseñador escoger aquellos en la mejor forma posible, debiendo el supervisor de la construcción velar porque los mismos sean colocados perfectamente.

Lista de accesorios para cables.

- ✓ Grilletes abiertos para cables de alambre.
- ✓ Grilletes cerrados para cables de alambre.
- ✓ Grilletes abiertos para cables de alambres para puentes.
- ✓ Grilletes cerrados para cables de alambres para puentes.
- ✓ Grilletes abiertos para acuñar cables de alambres.
- ✓ Abrazaderas o sujetadores para cables de alambres.
- ✓ Guardacables livianos galvanizados para cables de alambres.
- ✓ Guardacables pesados galvanizados para cables de alambres.
- ✓ Guardacables estándar galvanizados para cables.
- ✓ Ganchos o garfios para cables de alambres.
- ✓ Argollas de acoplamiento.
- ✓ Tensores o torniquetes con argolla para los extremos.
- ✓ Tensores o torniquetes con ojo para los extremos.
- ✓ Tensores o torniquetes especiales.

Las abrazaderas o sujetadores para cables de alambre, son abrazaderas de suficiente tamaño con genuinas bases de acero forjado con martinete. Ellos no podrán ser confundidos con los tipos más ligeros de abrazaderas de bases de hierro maleable.

Estos sujetadores para cables son fáciles para fijar, seguros y durables. Protegidos de corrosión por un grueso revestimiento de puro zinc aplicado por procesos de galvanizado en caliente; ellos pueden ser usados repetidamente.

En adición a los sujetadores de acero forjado con martinete, los sujetadores para cable son forjados de bronce de alta resistencia. Estos sujetadores de bronce son diseñados para usar donde la electrólisis o corrosión hacen impráctico el uso de sujetadores de acero. Cuando los sujetadores de bronce de alta resistencia son usados en cables, un sujetado más que los anteriores recomendados podrán ser usados para cada atadura.

Los sujetadores deberán ser espaciados, al menos 6 diámetros del cable separadamente para asegurar máximos valores habidos de fuerza. Después que el cable ha sido colocado en servicio y está bajo tensión, las tuercas podrán ser apretadas otra vez para compensar con alguna disminución en el diámetro del cable causado por la carga. En las siguientes gráficas se muestran los accesorios principales utilizados en puentes colgantes, si desea usar otros accesorios se recomienda consultar manuales.

Figura 6. Accesorios para cables

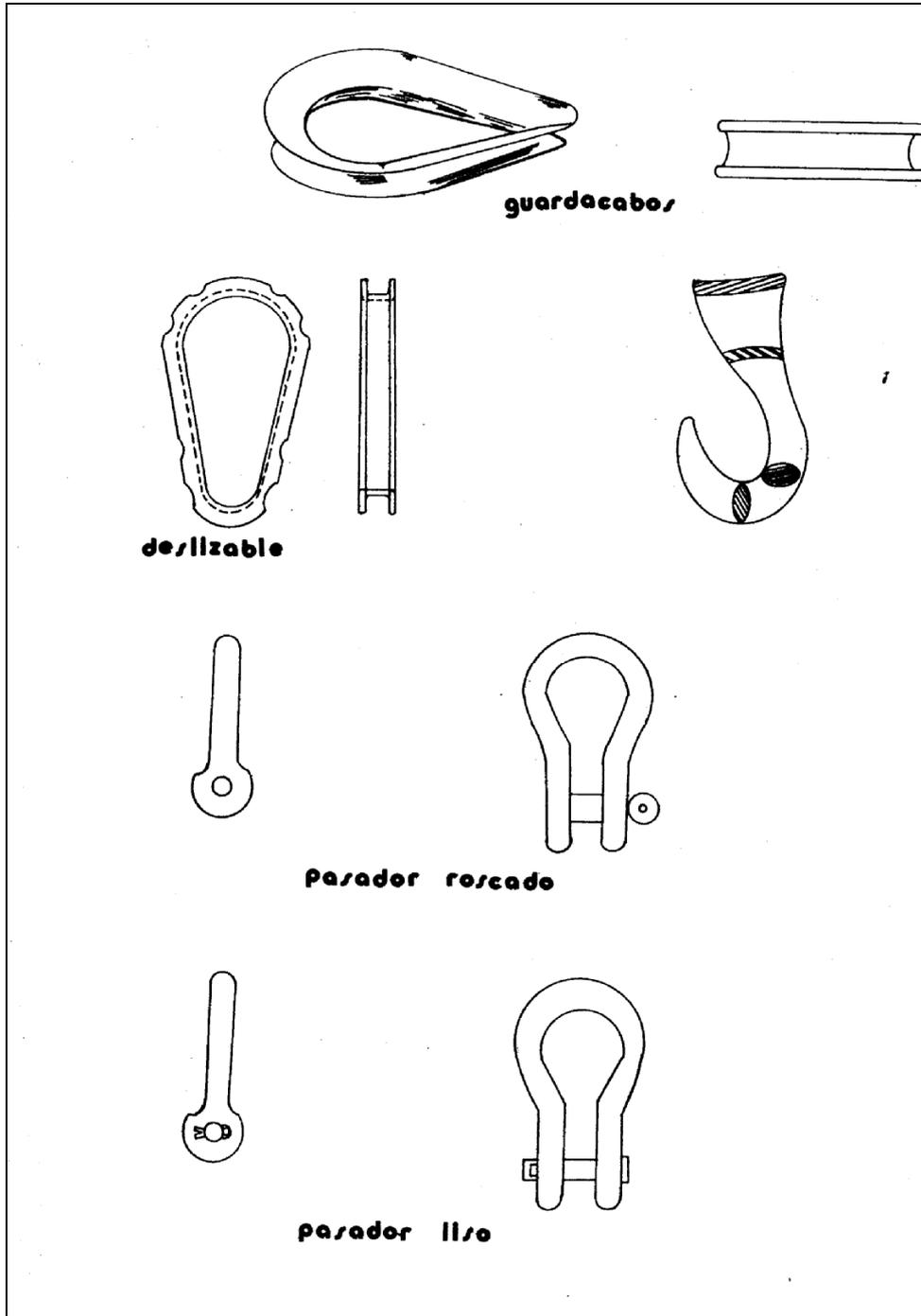
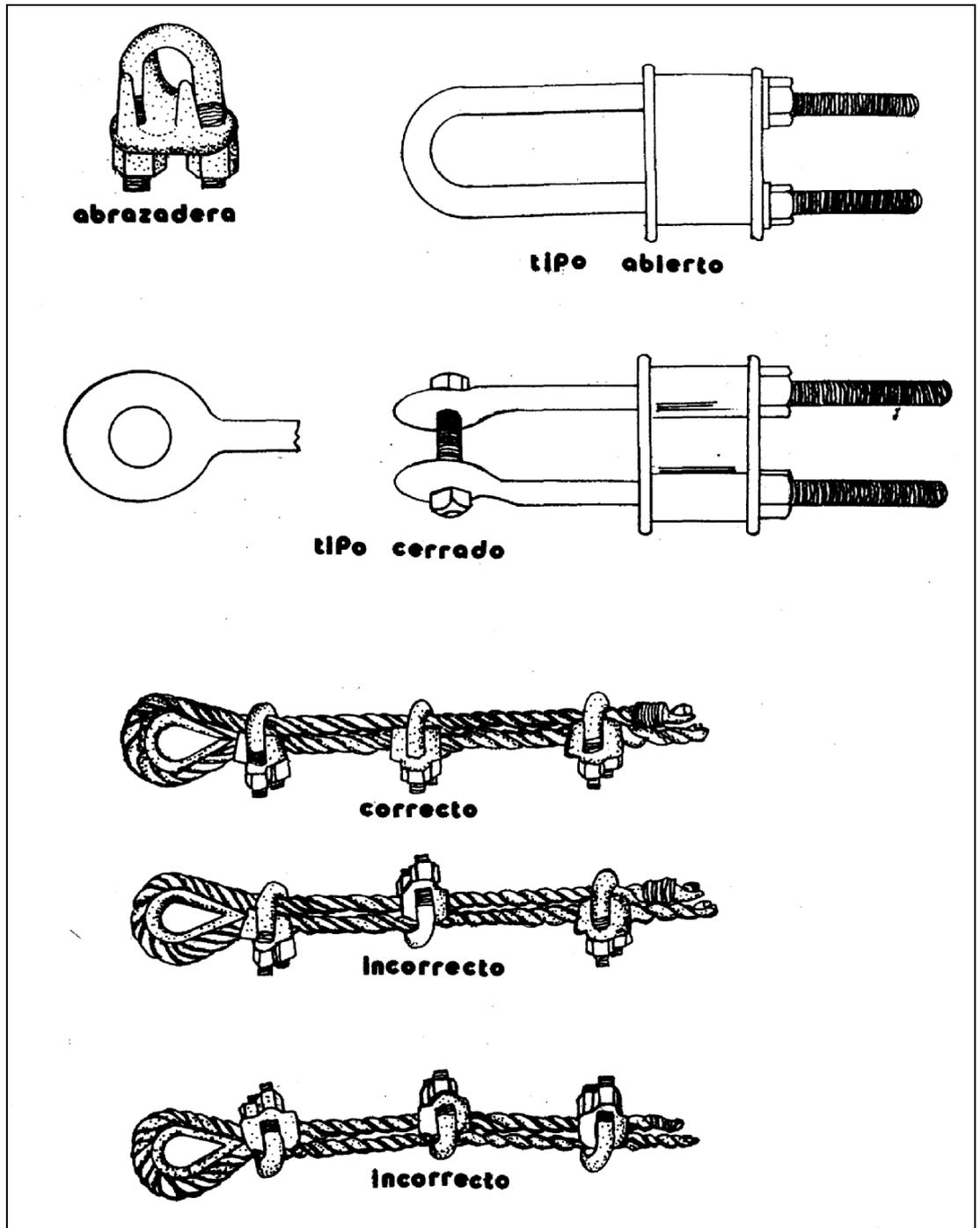


Figura 7. Abrazaderas



3.4 Cargas de diseño

Los tipos de cargas que se consideran en el diseño de puentes colgantes son:

Cargas verticales:

- a. Cargas muertas,
- b. Cargas vivas.

Cargas laterales:

- a. Cargas de viento,
- b. Cargas de sismo,
- c. Cargas por empuje del suelo.

Otras cargas:

- a. Cargas por posibles variaciones de temperatura

3.4.1 Cargas verticales

Cargas muertas: La carga muerta que actúa sobre una estructura, consta del peso de la propia estructura y de todas las demás cargas inmóviles, constantes en magnitud y asignadas, permanentemente, a la misma. Para un puente colgante para el paso de peatones, la carga muerta la constituyen los siguientes pesos de: los cables principales, las péndolas, las torres, los anclajes, de los accesorios de los cables, etc.

Como hay que conocer la carga muerta que actúa sobre un elemento antes de proyectarle, habrá que proyectar los miembros de una estructura, en un orden tal que hasta donde sea posible, el peso de cada elemento proyectado sea una parte de la carga fija soportada por el siguiente a proyectar. Después de proyectada la estructura, hay que calcular exactamente su peso real y se revisará, si es necesario, el análisis de esfuerzos y el proyecto. Esto es necesario para la seguridad y deseable para la economía.

Cargas vivas: En contraste con la carga muerta, que permanece constante en magnitud como en posición, es normal considerar cargas vivas que pueden variar el emplazamiento, debido a la probabilidad que el puente colgante para el paso de peatones, sea usado por bestias o carretas para trasladarse de un extremo a otro.

4. DISEÑO DE UN PUENTE COLGANTE EN LA ALDEA CASAS VIEJAS

4.1 Especificaciones de diseño del proyecto

Flecha (f)

$$f = 2.5\% * L$$

$$f = 0.025 * 27.80\text{m} = 0.695\text{m}$$

$$\frac{L1}{L} = \frac{1}{4}$$

$$L1 = \frac{1}{4} L$$

$$L1 = \frac{1}{4} * 27.80\text{m} = 6.95\text{m}$$

$$\text{tg}(\theta) = \frac{1.15}{4.05} \Rightarrow \theta = \text{tg}^{-1}\left(\frac{1.15}{4.05}\right) \Rightarrow \theta = 15^{\circ}50'57''$$

4.2 Levantamiento topográfico

En este caso lo que se tomó en cuenta fueron los niveles del terreno así como también los niveles a los que puede subir el agua, con la finalidad de diseñar el puente con la altura adecuada para su funcionamiento.

4.3 Integración de cargas

Carga viva (CV):

Peso hombre	=	180lbs.
Peso carga hombre	=	150lbs.
Peso mula	=	750lbs.
Peso carga mula	=	500lbs.
Total	=	<u>1,580lbs.</u> = 718.18kg.

Área donde se distribuye la carga:

A = ancho puente * largo carreta

A = 1.50m * 2.00m

A = 3.00m²

Carga viva distribuida:

$$w_{CV} = \frac{718.18Kg}{3.00m^2} = 239.39Kg/m^2$$

Carga muerta (CM):

Peso específico del ciprés = 0.50 g/m³

Para 1ml de puente:

4 cables de $\Phi 1"$	.....	10 lbs/cu	40lbs.
4 cables de $\Phi 1/2"$	.....	5 lbs/cu	20lbs.
3 piezas de tablón	.....	3*27.33	82lbs.
2 ml de malla	.....	2*13	<u>26lbs.</u>
			168lbs. = 76.36Kg.

Área donde se distribuye la carga:

$$A = \text{ancho puente} * 1\text{m}$$

$$A = 1.50\text{m} * 1\text{m}$$

$$A = 1.50\text{m}^2$$

Carga muerta distribuida:

$$w_{CM} = \frac{76.36\text{Kg}}{1.50\text{m}^2} = 50.91\text{Kg/ m}^2$$

Determinando cargas últimas (WD):

$$WD = 1.2CM + 1.6CV \quad \Rightarrow \quad \text{Según ACI 318 - 05}$$

$$WD = 1.2 * 50.91\text{Kg/ m}^2 + 1.6 * 239.39\text{Kg/ m}^2$$

$$WD = 444.12\text{Kg/ m}^2$$

Para 1m lineal de puente:

$$WD = 444.12\text{Kg/ m}^2 * 1.50\text{m}^2$$

4.4 Esfuerzos de diseño

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

$$\text{Acero } f_y = 2,810 \text{ Kg/cm}^2$$

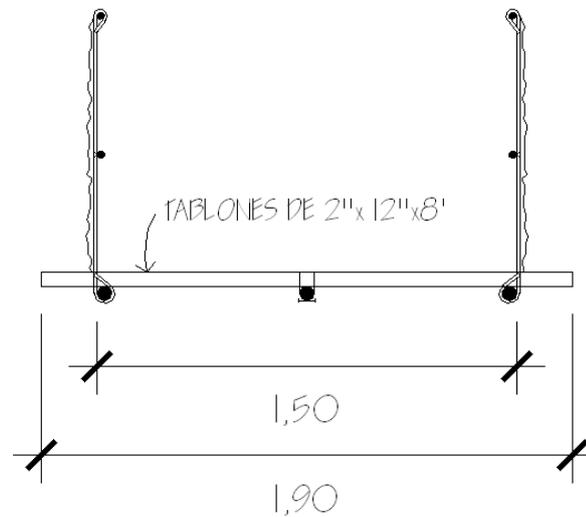
$$\text{Peso específico concreto} = 2,400 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{Cable acerado de alta resistencia} = 5,274.49 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{Madera (Ciprés)} = 50 \text{ Lb/p}^3$$

4.5 Diseño del sistema de piso

Figura 8. Sistema de piso



Carga muerta:

Peso propio de la madera = 50Lb/p^3

Dimensiones de la madera = $2" \times 12" \times 8'$

$$p = a \times l \times p.p. = \frac{2 \times 12 \times p^2}{144} \times 50\text{Lb/pulg}^3$$

$$p = 8.33\text{Lb/pulg} \approx 12.42\text{Kg/m}$$

Luz de diseño:

$$L = \frac{1.90\text{m}}{2} + \frac{1.00\text{m}}{2}$$

$$L = 1.45\text{m}$$

Momento 1:

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

$$M_1 = \frac{12.42Kg / m * (1.45m)^2}{8}$$

$$M_1 = 3.26kg-m$$

Momento 2:

Carga Viva (de la integración de cargas)

$$w_2 = \frac{WD}{3}$$

$$w_2 = \frac{666.18Kg / m}{3}$$

$$w_2 = 222.06Kg/m$$

$$M_2 = \frac{w_2L^2}{8}$$

$$M_2 = \frac{222.06Kg / m * (1.45m)^2}{8}$$

$$M_2 = 58.36Kg-m$$

Momento total:

$$M_T = M_1 + M_2$$

$$M_T = 3.26Kg-m + 58.36Kg-m$$

$$M_T = 61.62Kg-m$$

Verificando sección:

Corte actuante

$$V = \frac{w_1 L}{2} + \frac{w_2 L}{2}$$

$$V = \frac{12.42 \text{Kg/m} * (1.45 \text{m})}{2} + \frac{222.06 \text{Kg/m} * (1.45 \text{m})}{2}$$

$$V = 169.99 \text{Kg}$$

Por corte:

$$V_c = 1.5 \frac{V}{b * h}$$

$$V_c = \frac{1.5 * 166.99 \text{Kg}}{0.0508 \text{m} * 0.3048 \text{m}}$$

$$V_c = 16,467.31 \text{Kg/m}^2 \approx 1.65 \text{Kg/cm}^2$$

$V_c <$ Esfuerzo de corte en la madera

Es correcta la sección utilizada

Por Flexión:

$$f = \frac{Mc}{I}$$

$$f = \frac{61.62 \text{Kg} - m * 1}{\frac{1}{12} * (0.3048 \text{m}) * (0.0508 \text{m})^3}$$

$$f = \frac{61.62 \text{Kg} - m}{3.33 * 10^{-6}}$$

$$f = 18,504,504.50 \text{Kg/m}^2 \approx 1,850.45 \text{Kg/cm}^2$$

$f <$ Esfuerzo de flexión en la madera

Es correcta la sección utilizada

4.6 Diseño cable principal

$$T = \frac{w * L}{2} \sqrt{1 + \frac{L^2}{16 * f^2}}$$

$$L = 27.80m \quad f' = 0.025 * (27.80m) = 0.695$$

$$W = 666.18Kg/m \quad f = f' + 0.90$$

$$f = 0.695 + 0.90 = 1.595$$

$$T = \frac{666.18kg / m * 27.80m}{2} \sqrt{1 + \frac{(27.80m)^2}{16 * 1.595^2}}$$

$$T = 9,259.90 * 4.47$$

$$T = 41,391.76Kg \approx 41.39Ton.$$

Área de esfuerzo de tensión:

σ = para cable de Φ 1"

$$\sigma = 75,000Lb/plg^2 \approx 5,284.10Kg/cm^2$$

σ_t = factor de seguridad* σ

$$\sigma_t = 0.6 * 5,284.10Kg/cm^2$$

$$\sigma_t = 3,170.46Kg/cm^2$$

$$\sigma_t = \frac{P}{A} \Rightarrow A = P/\sigma_t$$

P = Tensión máxima de diseño

A = Área necesaria de cable

$$A_{\text{necesaria}} = \frac{41,391.76\text{Kg}}{3,170.46\text{Kg/cm}^2}$$

$$A_{\text{necesaria}} = 13.06\text{cm}^2$$

Con 3 cables de Φ 1"

$$A_{\Phi 1"} = 3 \cdot 5.07\text{cm}^2$$

$$A_{\Phi 1"} = 15.21\text{cm}^2$$

Utilizar 3 cables de Φ 1"

Chequeando:

$$\sigma_t = \frac{P}{A} = \frac{41,391.76\text{Kg}}{15.21\text{cm}^2}$$

$$\sigma_t = 2,721.35\text{Kg/cm}^2$$

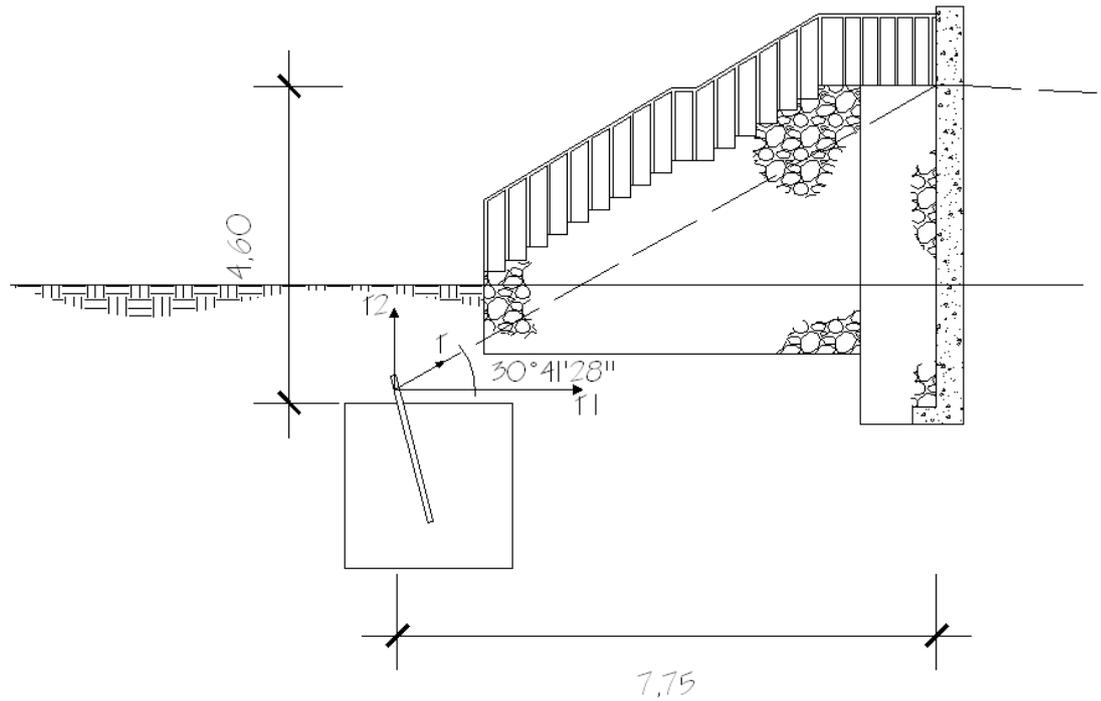
σ que resiste el cable $>$ σ_t cable Φ 1"

4.7 Diseño de anclajes

Se debe de calcular el ángulo que se forma entre la horizontal y la tensión del cable.

$$\theta = \text{tg}^{-1}\left(\frac{4.6}{7.75}\right) = 30^\circ 41' 28''$$

Figura 9. Anclaje principal



$$W_{\text{suelo}} = 1,600 \text{Kg/m}^3$$

$$\Phi = 30^\circ$$

$$W_{\text{concreto}} = 2,400 \text{Kg/m}^3$$

$$K_p = 3$$

$$\sum F_x = 0 \rightarrow +$$

$$T_1 = 0$$

$$T_1 = T \cdot \cos \theta$$

$$T_1 = 41.39 \text{ton} \cdot \cos (30^\circ 41' 28'')$$

$$T_1 = 35.59 \text{ton.}$$

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

$$T_2 = 0$$

$$T_2 = T \cdot \sin \theta$$

$$T_2 = 41.39\text{ton} * \text{Sen}(30^\circ 41' 28'')$$

$$T_2 = 21.12\text{ton}.$$

Cálculo del empuje:

$$E = \frac{1}{2} * w * h^2 * Kp * a$$

w = peso del suelo

h = altura del anclaje

a = ancho del anclaje

$$E = \frac{1}{2} * 1,600\text{Kg} / \text{m}^3 * (3.9\text{m})^2 * 3 * 2.4\text{m}$$

$$E = 87,609.60\text{Kg} \approx 87.61\text{Ton}.$$

Cálculo de la fuerza F:

Peso del concreto w_1

$$w_1 = A * W_{\text{concreto}}$$

$$w_1 = 13.82\text{m}^3 * 2,400\text{Kg}/\text{m}^3$$

$$w_1 = 33,168\text{Kg}.$$

Peso del suelo w_2

$$w_2 = A * \rho_{\text{suelo}}$$

$$w_2 = 9.79\text{m}^3 * 1,600\text{Kg}/\text{m}^3$$

$$w_2 = 15,667.20\text{Kg}.$$

Peso total W_T

$$W_T = w_1 + w_2$$

$$W_T = 33,168\text{Kg} + 15,667.20\text{Kg}$$

$$W_T = 48,835.20\text{Kg}$$

$$F = u^*(W_T - T_2)$$

$$F = 0.5*(48,835.20\text{Kg} - 21,120\text{Kg})$$

$$F = 13,857.60\text{Kg}$$

Chequeo por Deslizamiento

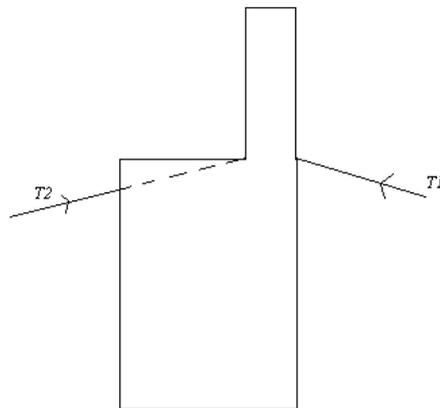
$$\frac{E + F}{T_1} > 1.5$$

$$\frac{87,609.60\text{Kg} + 13,857.60\text{Kg}}{35,590\text{Kg}} > 1.5$$

$$2.85 > 1.5$$

4.8 Diseño de torres

Figura 10. Torres



$$\sum F_x = 0 \rightarrow +$$

$$-T_1 * \cos \theta + T_2 * \cos \theta = 0$$

$$\text{Si } T_1 = T_2$$

Se anula todo

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

$$T_2 * \sin \theta + T_1 * \sin \theta = 0$$

donde: $F_y = 2T \cdot \text{Sen } \theta$
 $F_y = 2 \cdot 41,390 \text{Kg} \cdot \text{Sen } (30^\circ 41' 28'')$
 $F_y = 42,251.70 \text{Kg}$

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

$$F_y - W = 0$$

$$W = F_y$$

$$\text{Si } W = \text{Vol} \cdot W_{\text{concreto}}$$

$$\text{Vol} \cdot W_{\text{concreto}} = F_y$$

$$\text{Vol} = F_y / W_{\text{concreto}}$$

$$\text{Vol} = \frac{42,251.70 \text{Kg}}{2,400 \text{Kg} / \text{m}^3}$$

$$\text{Vol} = 17.60 \text{m}^3$$

$$b = 2.60 \text{m} \approx 2.30 \text{m} \cdot 1.50 \text{m} \cdot h$$

h depende de la topografía del terreno

4.9 Diseño de tensores

Según el reglamento de tensores debe utilizarse para

$$h < 9 \text{m} \quad P_v = 100 \text{Kg/m}^2$$

$$h > 9 \text{m} \quad P_v = 150 \text{Kg/m}^2$$

$f_m = 1.6$ (factor de seguridad)

Carga a utilizar:

$$P_{v_u} = 1.6 \cdot 150 \text{Kg/m}^2$$

$$P_{v_u} = 240 \text{Kg/m}^2$$

$$W_{CM_u} = 1.2 \text{CM}$$

$$W_{CM_u} = 1.2 \cdot 50.91 \text{Kg/m}^2$$

$$W_{CMu} = 61.09 \text{ Kg/m}^2$$

$$W_{TOTAL} = (Pv_u + W_{CMu}) * (1\text{ml de puente})$$

$$W_{TOTAL} = (240\text{Kg/m}^2 + 61.09 \text{ Kg/m}^2) * 1\text{ml}$$

$$W_{TOTAL} = 301.09\text{Kg/m}$$

$$T_1' = \frac{W_{TOTAL} * L}{2}$$

$$T_1' = \frac{301.09\text{Kg} / \text{m} * 28\text{m}}{2}$$

$$T_1' = 4,215.26\text{Kg.}$$

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

$$A = \frac{4,215.26\text{Kg}}{3,170.46\text{Kg} / \text{cm}^2}$$

$$A = 1.32\text{cm}^2$$

$$T'' = \frac{T}{4}$$

$$T'' = \frac{41.39\text{Ton}}{4}$$

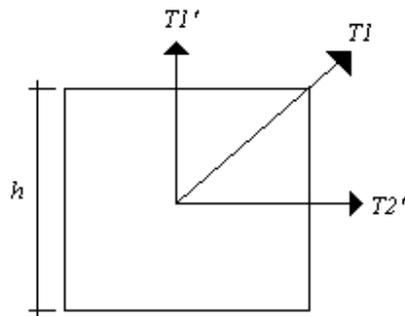
$$T'' = 10.35\text{Ton.}$$

$$\sigma = \frac{10,350\text{Kg}}{4 * 5.07\text{cm}^2}$$

$$\sigma = 510.36\text{Kg/cm}^2 < f_y$$

4.9.1 Diseño del anclaje del tensor

Figura 11. Anclaje del tensor



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

$$T_2' = T_1' = T_1$$

$$T_1' \text{ Sen } 45^\circ = 0$$

donde

$$F_y = T_1' \text{ Sen } 45^\circ$$

$$F_y = 4,215.26 \text{Kg} * \text{Sen } 45^\circ$$

$$F_y = 2,980.64 \text{Kg}$$

$$\text{Si } W = F_y$$

$$\text{Entonces } W = T$$

$$\text{Vol} * \rho_{\text{concreto}} = T$$

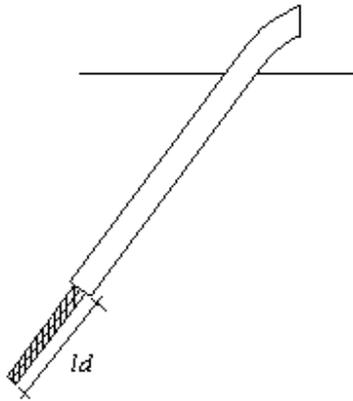
$$\text{Vol} = \frac{2,980.64 \text{Kg}}{2,400 \text{Kg} / \text{m}^3}$$

$$\text{Vol} = 1.24 \text{m}^3$$

Se asume que las dimensiones de los anclajes de los tensores serán de 1.00m

Longitud de desarrollo:

Figura 12. Longitud de desarrollo



$$Ld = \frac{0.06 * Av * fy}{\sqrt{f'c}}$$

$$ld = 0.67Ld$$

$$ld = 0.67 \left(\frac{0.06 * Av * fy}{\sqrt{f'c}} \right)$$

$$ld = 0.67 \left(\frac{0.06 * 5.07 \text{ cm}^2 * 2,810 \text{ Kg / cm}^2}{\sqrt{210 \text{ Kg / cm}^2}} \right)$$

$$ld = 0.40 \text{ m}$$

4.10 Evaluación de impacto ambiental inicial

4.10.1 Impacto ambiental en el diseño de una carretera

La construcción de vías pavimentadas, al igual que todos los proyectos de infraestructura, genera impactos en los componentes ambientales: ambiente físico, biológico y social. Para la construcción de una carretera de pavimento rígido los impactos generados se consideran poco significativos, debido a que generalmente no cruzan zona de alto valor escénico, área turística, sitio ceremonial, sitio arqueológico, área de protección agrícola, área de producción forestal, área de producción pecuaria.

Toda autorización derivada de un estudio de evaluación de impacto ambiental significativo, deberá garantizar su cumplimiento por parte de la persona interesada, individual o jurídica, por medio de una fianza que será determinada por el Ministerio de Ambiente.

Factores que puedan causar impacto ambiental y sus obras de mitigación

Tabla VII. Medidas de mitigación de impactos ambientales en pavimentos

Componentes	Impacto	Medida de mitigación
Suelos	Deslaves de material	Prevención durante la construcción, prevención de erosión usando estabilización física.
	Erosión de cortes	
Recursos hídricos	Alteración del drenaje superficial	Construcción durante estación seca, minimizar la erosión de la ribera del río, alteración mínima de corrientes de aguas naturales.
	Disminución de la calidad del agua	

	Contaminación cuerpos de agua por causas de los insumos utilizados durante la construcción	Depositar los desechos de insumos en un lugar fuera de la zona del cause del río
Calidad del aire	Contaminación del aire por polvo generado en construcción.	Uso de agua para minimizar la generación de polvo
Salud humana	Riesgos para la salud de los trabajadores	Desarrollar plan de seguridad e higiene
	Generación de desechos sólidos, derivados de las actividades de los trabajadores de la obra	Hacer servicios sanitarios provisionales. Colocar toneles para la basura, para posterior disposición en una zona adecuada
	Remoción y afectación de cobertura vegetal	Utilizar la infraestructura existente para la instalación de los trabajadores. Separar la capa de material orgánico de la del material inerte. Disponer adecuadamente del material orgánico para su posible reutilización. Evitar el paso de maquinaria sobre el suelo con cobertura vegetal fuera del área de la obra. Restaurar las zonas afectadas con especies establecidas en el lugar.
	Alteración de las costumbres y cultura de las comunidades cercanas	Evitar la interferencia entre el tráfico peatonal y/o vehicular y los frentes de trabajo, además disponer de rutas alternativas en fechas de importancia para la población.
	Incremento en los niveles de accidentes	Transportar el material de excavación sin superar la capacidad del vehículo de carga. Mantener una adecuada señalización en el área de la obra.

		Controlar la velocidad de los vehículos y que éstos cuenten con alarma reversa.
	Impacto visual	Recuperar y restaurar el espacio público afectado, una vez finalizada la obra, retirando todos los materiales y residuos provenientes de las actividades constructivas.
	Daño al patrimonio cultural	Suspender la obra, delimitar el área e informar a quién corresponda para una correcta evaluación; en eventualidades de encontrar hallazgos históricos y arqueológicos, una vez realizadas estas actividades se puede continuar el trabajo.

4.10.1.1 Plan de contingencia

En áreas planas, ríos y riachuelos cercanos, es común que en épocas de lluvia ocurran inundaciones con el consecuente arrastre de fango y otros materiales o cuerpos extraños que en un dado caso pudieran dañar el proyecto.

- Plantar vegetación en las áreas donde sea necesario el corte del suelo.
- Regar de manera constante el lugar donde se movilen los camiones para evitar problemas con el polvo.
- Drenar el agua llovediza del lugar de manera que se eviten los estancamientos.

4.10.1.2 Programa de monitoreo ambiental

- Supervisar periódicamente si están siendo ejecutadas las medidas de mantenimiento de la carretera.

- Supervisar si el personal utiliza la señalización adecuada para la prevención de accidentes en obra.
- Monitorear si la comunidad está organizada de acuerdo a lo propuesto en las medidas o plan de contingencia.

4.10.1.3 Plan de seguridad humana

Se debe de contar con el equipo adecuado, tal como guantes, overoles, botas de hule, etc., para minimizar los accidentes y tener un mejor ambiente de trabajo. También se debe de tener un botiquín de primeros auxilios en el área de trabajo para una eventual emergencia.

4.10.1.4 Plan de seguridad ambiental

En el análisis de los impactos se observa que el proyecto tiene aspectos negativos al ambiente, solamente en la etapa de construcción, pero éstos son fácilmente manejables mediante la implementación de las medidas de mitigación que se explicaron en el apartado de alternativas de ahí en adelante no se visualizan impactos que dañen el ambiente.

4.10.2 Impacto ambiental en puente colgante

Al analizar el diseño del proyecto, se determinó que los elementos ambientales y socioeconómicos que serán impactados por el proyecto son:

El agua: debido a que se realizaran diferentes actividades cerca del río pudiendo causar contaminación con el movimiento de tierra, al momento del zanjeo.

El suelo: sí lo impactaran negativamente si no se verifica la etapa del zanjeo porque habrán movimientos de tierra, solamente se dará en la etapa de construcción y sus efectos son fácilmente prevenibles.

Salud: hay un impacto relativamente pequeño en la salud en la etapa de construcción que debido al movimiento de tierras se producirá polvo en las sucesivas etapas del proyecto.

4.10.2.1 Impactos negativos

Los impactos negativos del proyecto se dan sólo en las etapas de construcción y operación del proyecto, y la mayoría se da en la fase de construcción, los elementos más impactados negativamente son:

- El suelo
- El agua

4.10.2.2 Medidas de mitigación

- Para evitar la contaminación del agua, será necesario advertir al personal que este laborando, que lleve con cuidado la mezcla de concreto así como también dejar limpia el área donde se esté trabajando.
- Deberá de capacitarse al o a las personas encargadas del mantenimiento del puente colgante, para evitar accidentes.

4.10.2.3 Plan de contingencia

En áreas planas, ríos y riachuelos cercanos, es común que en épocas de lluvia ocurran inundaciones con el consecuente arrastre de fango y otros materiales o cuerpos extraños que en un dado caso pudieran dañar el proyecto.

- Integrar un comité de emergencia contra inundaciones, asolvamiento en la comunidad beneficiada y además deben velar por que los lugares en donde se ubican las obras civiles se encuentran lo más despejado posible.
- Elaborar un programa de capacitación para prevención de accidentes.
- Capacitar a los trabajadores que se encargarán de darle mantenimiento al sistema de piso, especialmente sobre las mallas de los lados.
- Se debe velar porque los comunitarios no depositen su basura en río, para evitar contaminación del agua.
- Capacitar al personal que laborará en el proyecto en el momento de entrar en operación para su mantenimiento y limpieza, así se evitará la creación de basureros clandestinos.

4.10.2.4 Programa de monitoreo ambiental

- Supervisar periódicamente si están siendo ejecutadas las medidas de supervisión y mantenimiento del puente.

- Monitorear si el personal utiliza el equipo necesario para la prevención de accidentes y de salud.
- Monitorear si la comunidad está organizada de acuerdo a lo propuesto en las medidas o plan de contingencia.

4.10.2.5 Plan de seguridad humana

- El personal que trabajará en la ejecución del proyecto debe contar con el equipo adecuado, tal como guantes, overoles, botas de hule, casco, etc., que minimicen los riesgos de accidentes de salud.
- Plan de capacitación al personal que laborará en la ejecución del proyecto sobre aspectos de salud y manejo del sistema, y del equipo a utilizar.
- Mantener en un lugar de fácil acceso un botiquín con medicamentos de primeros auxilios.

4.10.2.6 Plan de seguridad ambiental

En el análisis de los impactos se observa que el proyecto tiene aspectos negativos al ambiente, solamente en la etapa de construcción, pero éstos son fácilmente manejables mediante la implementación de las medidas de mitigación que se explicaron en el apartado de alternativas de ahí en adelante no se visualizan impactos que dañen el ambiente.

4.11 Costos unitarios por renglón de trabajo

4.11.1 Carretera aldea Tierra Blanca

Tabla VIII. Presupuesto carretera aldea Tierra Blanca

CUADRO DE CANTIDADES ESTIMADAS DE TRABAJO, PRECIOS UNITARIOS Y COSTOS

PROYECTO: DISEÑO DE LA CARRETERA QUE UNE LA ALDEA TIERRA BLANCA CON GUASTATOYA
UBICACIÓN: ALDEA TIERRA BLANCA, GUASTATOYA, EL PROGRESO
LONGITUD: 1,480 m.

No.	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	P.U.	MONTO
1.00	TRAZO Y NIVELACIÓN	1,484.50	m	Q 3.63	Q 5,392.08
2.00	MOVIMIENTO DE TIERRA	2,303.86	m ³	Q 197.89	Q 455,919.05
3.00	SUB-BASE (0.10 m DE ESPESOR)	8,140.00	m ²	Q 61.67	Q 501,976.87
4.00	PAVIMENTO (0.17 m DE ESPESOR)	8,140.00	m ²	Q 250.54	Q 2,039,414.62
5.00	CUNETA	1,460.00	m	Q 133.66	Q 195,150.85
6.00	DRENAJES TRANSVERSALES	36.00	m	Q 3,004.28	Q 108,154.05
7.00	TRANSPORTE DE MAQUINARIA	1.00	Global	Q 11,165.00	Q 11,165.00
COSTO TOTAL DE LA OBRA					Q 3,317,172.51

4.11.2 Puente colgante

Tabla IX. Presupuesto puente colgante

CUADRO DE CANTIDADES ESTIMADAS DE TRABAJO, PRECIOS UNITARIOS Y COSTOS

PROYECTO: DISEÑO DE UN PUENTE COLGANTES EN LA ALDEA CASAS VIEJAS
UBICACIÓN: ALDEA CASAS VIEJAS, GUASTATOYA, EL PROGRESO
LONGITUD: 27.80m

No.	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	P.U.	MONTO
1.00	TRABAJOS PRELIMINARES	81.00	m	Q 13.60	Q 1,101.60
2.00	CIMENTACION	162.00	ml	Q 10.74	Q 1,739.88
3.00	TORRES	37.99	m ³	Q 913.27	Q 34,694.95
4.00	SISTEMAS DE PISO	568.55	p-t	Q 8.94	Q 5,083.04
5.00	CABLES	427.00	m	Q 53.90	Q 23,014.41
6.00	ANCLAJES	31.72	m ³	Q 895.43	Q 28,402.90
7.00	GRADAS	51.52	m ³	Q 664.09	Q 34,213.88
COSTO TOTAL DE LA OBRA					Q 128,250.66

4.12.2 Puente colgante

Tabla XI. Cronograma físico-financiero puente colgante

CRONOGRAMA FÍSICO-FINANCIERO

PROYECTO: DISEÑO DE UN PUENTE COLGANTES EN LA ALDEA CASAS VIEJAS
 UBICACIÓN: ALDEA CASAS VIEJAS, GUASTATOYA, EL PROGRESO
 LONGITUD: 27.80m

No.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	%	AVANCE FINANCIERO	MESES																
						MES 1			MES 2			MES 3			MES 4							
						S-1	S-2	S-3	S-4	S-5	S-6	S-7	S-8	S-9	S-10	S-11	S-12	S-13	S-14	S-15	S-16	
1.00	TRABAJOS PRELIMINARES	81.00	ml	0.86%	Q 1,101.60																	
2.00	CIMENTACION	162.00	ml	1.36%	Q 1,739.88																	
3.00	TORRES	37.99	m ³	27.05%	Q 34,694.95																	
4.00	SISTEMAS DE PISO	568.55	p-t	3.96%	Q 5,083.04																	
5.00	CABLES	427.00	m	17.94%	Q 23,014.41																	
6.00	ANCLAJES	31.72	m ³	22.15%	Q 28,402.90																	
7.00	GRADAS	51.52	m ³	26.68%	Q 34,213.88																	
				100.00%	Q 128,250.66																	

CONCLUSIONES

1. Con el diseño de la carretera hacia la aldea Tierra Blanca la población tendrá una mejor vía de acceso y fluidez para los vehículos que transitan hacia la cabecera, así como un desarrollo en cuanto a infraestructura se refiere.
2. Es importante tomar en cuenta que la relación costo-beneficio en la carretera será de Q. 8,292.89/habitante y la relación costo-beneficio del puente colgante será de Q. 89.87/habitante.
3. Es importante tomar en cuenta que con el diseño de estos proyectos se tiene como finalidad principal, un desarrollo integral y balanceado en el municipio de Guastatoya, así como una fuente de trabajo para los habitantes de estas comunidades.
4. El costo total de la carretera es Q. 3,317,156.17, lo que da un costo por metro lineal de Q. 2,234.58, y el puente colgante tiene un costo total de Q. 128,250.66, que da un costo por metro lineal de Q.4,613.33, costos similares comparados con otros proyectos de la región, en donde los costos promedio por metro lineal oscilan entre Q. 2,000.00 y Q. 5,000.00 respectivamente.
5. El impacto al ambiente que pueden provocar los trabajadores, la manipulación de materiales, instalación de campamentos en el área, así como la deforestación que puede haber tanto en la construcción del puente colgante como en la carretera, debe tomarse en cuenta por parte de las autoridades ambientales para evitar problemas en el futuro.

RECOMENDACIONES

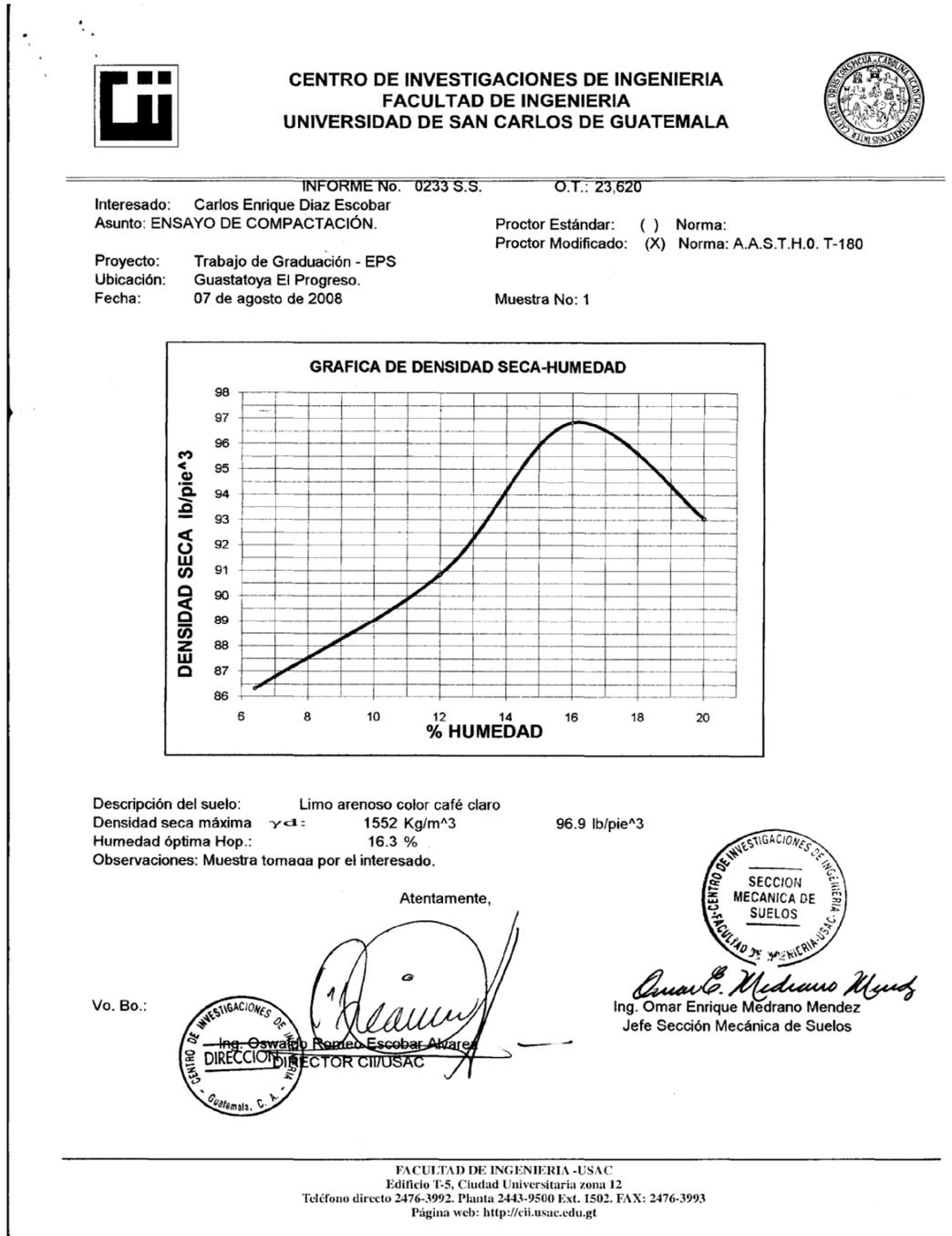
1. Cumplir con todas las normas y especificaciones de diseño para los proyectos a la hora de su ejecución, a través de la supervisión de un profesional.
2. Se hace necesario organizar a través de la Oficina Municipal de Planificación, un programa de mantenimiento, donde se especifique la manera de supervisar y reparar los distintos componentes del puente colgante, así como de la carretera con la finalidad de prolongar su período de diseño.
3. Se deberá tomar en cuenta que con la construcción de la carretera se necesita una adecuada señalización que indique las velocidades y medidas de precaución; en el puente colgante se señalizará para evitar sobrecargo y mal uso del mismo que provoque accidentes.

BIBLIOGRAFÍA

1. **Cabrera Cortes, José Ricardo.** Investigación respecto a puentes colgantes recomendables en el área rural, diseño y construcción de puente colgante de 35m de luz en caserío Chichalum, Chiantla Huehuetenango. Trabajo de graduación. Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería. USAC, Guatemala 1994.
2. **Juan José, Meza Navarro.** Diseño de tramo carretero que comunica la ciudad de Cuilapa con la aldea Los Pinos, finalizando el río Los Esclavos, Cuilapa, Santa Rosa. Trabajo de graduación. Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería. USAC, Guatemala 2006.
3. **Yllescas Ponce, Álvaro Danilo.** Diseño de tramo Carretero Comprendido desde el Entronque del Km. 171+400 Carretera Interamericana (CA-1), Hacia el Caserío Nuevo Xenamit, del municipio de Nahuala, departamento de Sololá. Trabajo de graduación. Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería. USAC, Guatemala 2003.
4. Dirección General de Caminos, Ministerio de Comunicaciones Infraestructura y Vivienda. Especificaciones generales para construcción de carreteras y puentes, diciembre 2000.

APÉNDICE 1

Figura 11. Resultados de ensayo de laboratorio de suelos



Continuación



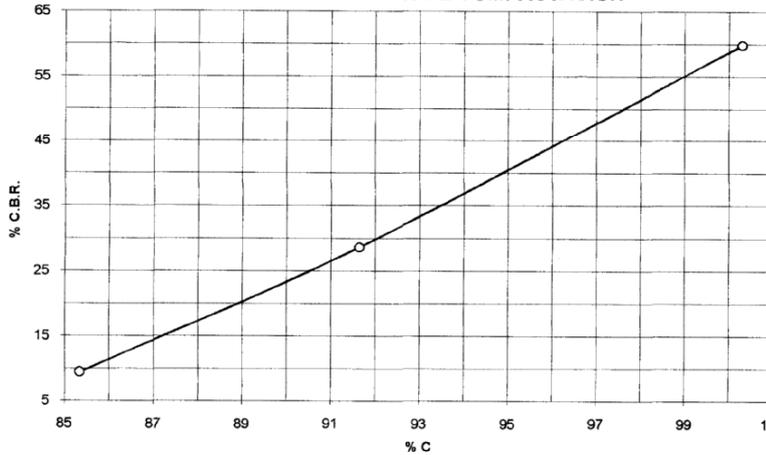
CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



INFORME No.: 0234 S.S. O.T.: 23620
 Interesado: Carlos Enrique Diaz Escobar
 Asunto: Ensayo de Razón Soporte California (C.B.R.) Norma: A.A.S.H.T.O. T-193
 Proyecto: Trabajo de Graduación - EPS
 Ubicación: Guastatoya El Progreso.
 Descripción del suelo: Limo arenoso color café claro
 Fecha: 07 de agosto de 2008

PROBETA No.	GOLPES No.	A LA COMPACTACION		C (%)	EXPANSION (%)	C.B.R. (%)
		H (%)	γ_d (Lb/pie ³)			
1	10	15.50	82.7	85.3	0.0	9.4
2	30	15.50	88.8	91.6	0.0	28.7
3	65	15.50	97.2	100.3	0.0	59.9

GRAFICA DE % C.B.R.-% DE COMPACTACION



Atentamente,

Vo. Bo.:



Ing. Oswaldo Romeo Escobar Alvarez
 DIRECTOR CII/USAC

Omar E. Medrano Mendez
 Ing. Omar Enrique Medrano Mendez
 Jefe Sección Mecánica de Suelos

Continuación



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



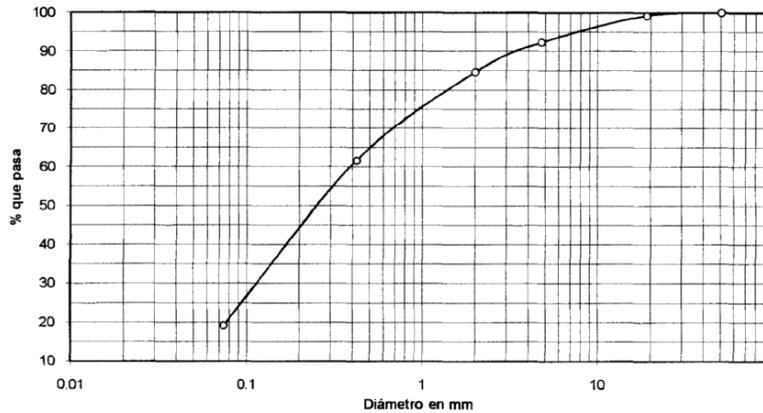
INFORME No. 0235 S.S. O.T. No. 23,620

Interesado: Carlos Enrique Diaz Escobar
Tipo de Ensayo: Análisis Granulométrico, con tamices y lavado previo.
Norma: A.A.S.H.T.O. T-27, T-11
Proyecto: Trabajo de Graduación - EPS

Procedencia: Guastatoya El Progreso.
Fecha: 07 de agosto de 2008

Tamiz	Abertura (mm)	% que pasa
2"	50.8	100.00
3/4"	19.00	99.32
4	4.76	92.40
10	2.00	84.76
40	0.42	61.68
200	0.074	19.20

% de Grava: 7.60
% de Arena: 73.20
% de Finos: 19.20



Descripción del suelo: Limo arenoso color café claro
Clasificación: S.C.U.: SM P.R.A.: A-2-4
Observaciones: Muestra tomada por el interesado.



Atentamente,

Vo. Bo.

Ing. Oswaldo Romeo Escobar Alvarez
DIRECTOR CI/USAC



Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos

FACULTAD DE INGENIERIA -USAC
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo 2476-3992. Planta 2443-9500 Ext. 1502. FAX: 2476-3993
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Continuación



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



INFORME No. 0236 S. S O.T.: 23620

Interesado: Carlos Enrique Diaz Escobar
Proyecto: Trabajo de Graduación - EPS

Asunto: ENSAYO DE LIMITES DE ATTERBERG
Norma: AASHTO T-89 Y T-90

Banco No: 1
Ubicación: Guastatoya El Progreso.

FECHA: 07 de agosto de 2008

RESULTADOS:

ENSAYO No.	MUESTRA No.	LL. (%)	I.P. (%)	C.S.U. *	DESCRIPCION DEL SUELO
1	1	33.4	6.5	S.M.	Limo arenoso color café claro

(*) C.S.U. = CLASIFICACION SISTEMA UNIFICADO

Observaciones: Muestra tomada por el interesado.

Atentamente,

Vo. Bo.

Ing. Osvaldo Romeo Escobar Alvarez



Omar E. Medrano Méndez
Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos

FACULTAD DE INGENIERIA -USAC
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo 2476-3992. Planta 2443-9500 Ext. 1502. FAX: 2476-3993
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

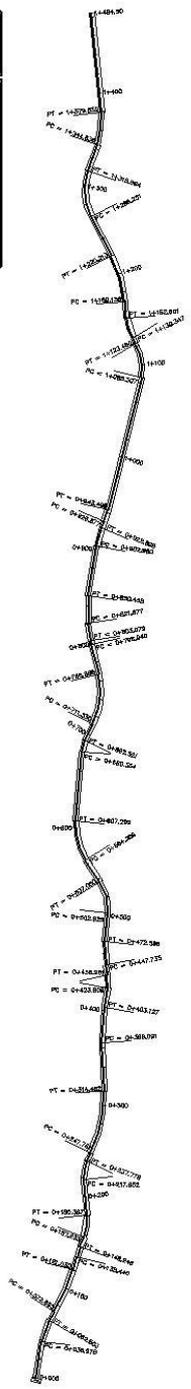
APÉNDICE 2

Planos constructivos de la carretera y puente colgante

(Las escalas indicadas en los planos son originales para un formato A-1, por lo que los dibujos dentro de los planos no corresponden a la escala indicada, pues se han tenido que reducir para poder incorporarlos en el presente trabajo)


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

DISEÑO DE LA CARRETERA QUE UNE LA ALDEA TIERRA BLANCA CON CARACIOVA
 TITULO: DISEÑO DE CARRETERA
 AUTORA: MARIANA GIBERNA
 CODIGO: 13-002-14



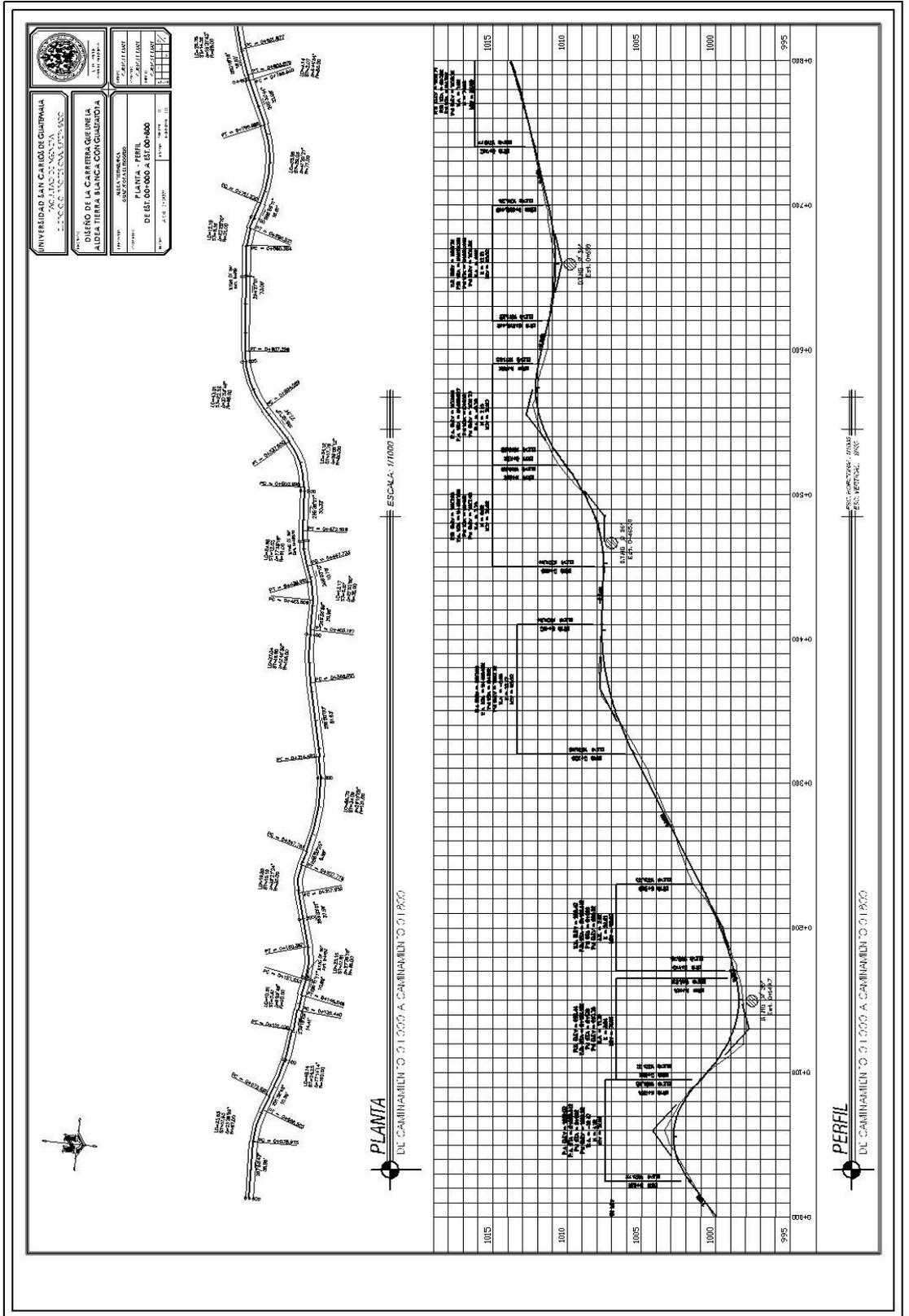

PLANTA GENERAL

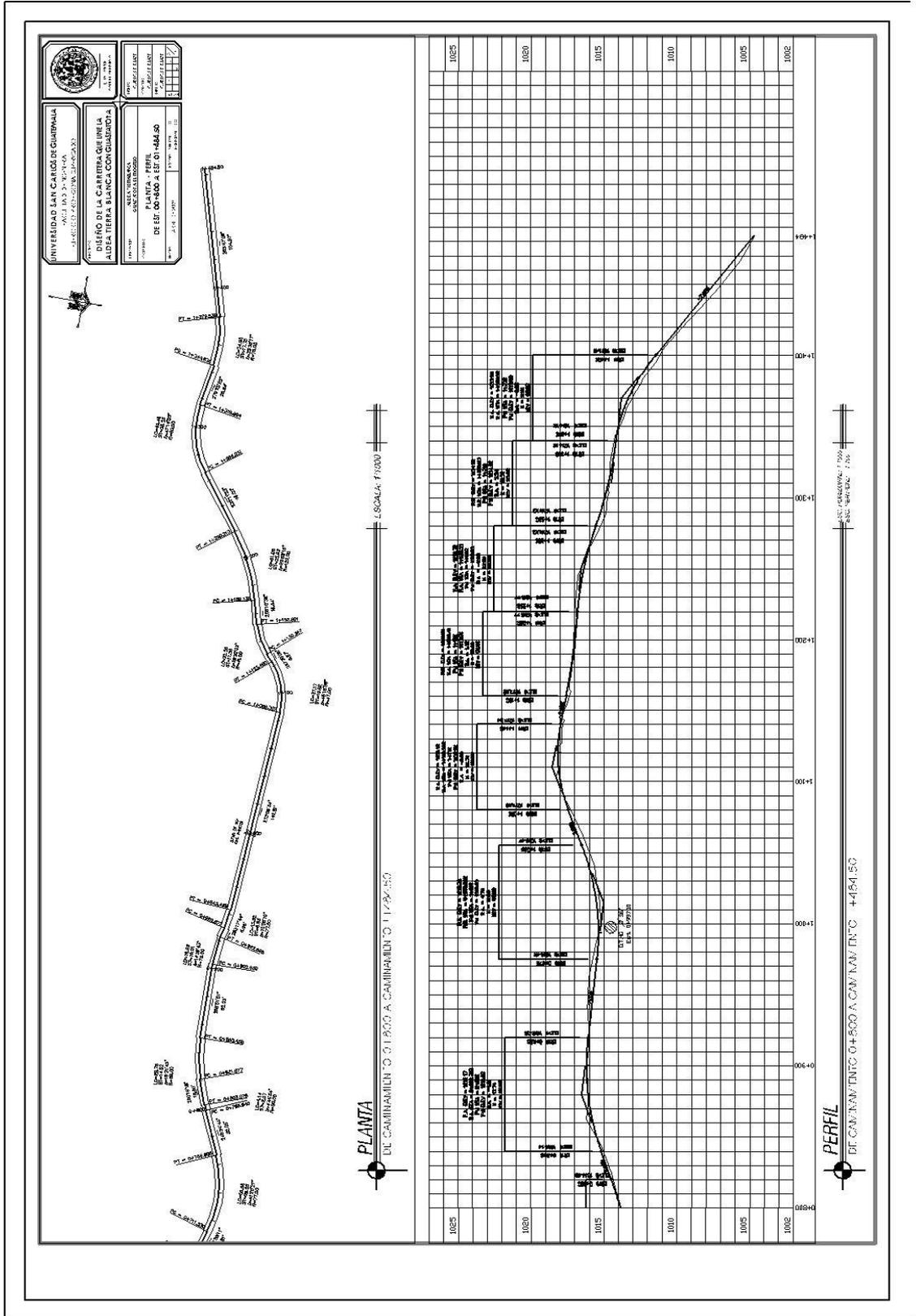
ESECCIONES TECNICAS DE DISEÑO

- Sección de Diseño: 200' x 100'
 - Escala: 1:1000
 - Sistema de Coordenadas: UTM
 - Datum: WGS 84
 - Zona: 18N
 - Fuente: Datos suministrados por el cliente.
 - Fecha: 15 de mayo de 2023.
 - Autor: Mariana Giberna.
 - Revisado: [Nombre].
 - Aprobado: [Nombre].
 - Notas: Este documento es propiedad de la Universidad San Carlos de Guatemala. No se permite su reproducción sin el consentimiento escrito de la Universidad.

SIMBIOLOGIA GENERAL

Simbolo	SIS/INSTRUCION	Simbolo	SIS/INSTRUCION
+	Intersección	P.B. STA	Inicio de la primera curva
PC	Inicio de la primera curva	P.V.I. ELEV	Punto vertical de intersección
PT	Fin de la primera curva	P.V.I. STA	Punto vertical de intersección
PI	Inicio de la segunda curva	D.A.	Distancia al punto de intersección
PE	Fin de la segunda curva	K	Constante de abscisas
+	Intersección	LCV	Longitud de la curva vertical
+	Intersección	NZ	Nivel
+	Intersección	+	Intersección
PA. STA	Inicio de la primera curva	+	Intersección
P.B. ELEV	Inicio de la primera curva	+	Intersección

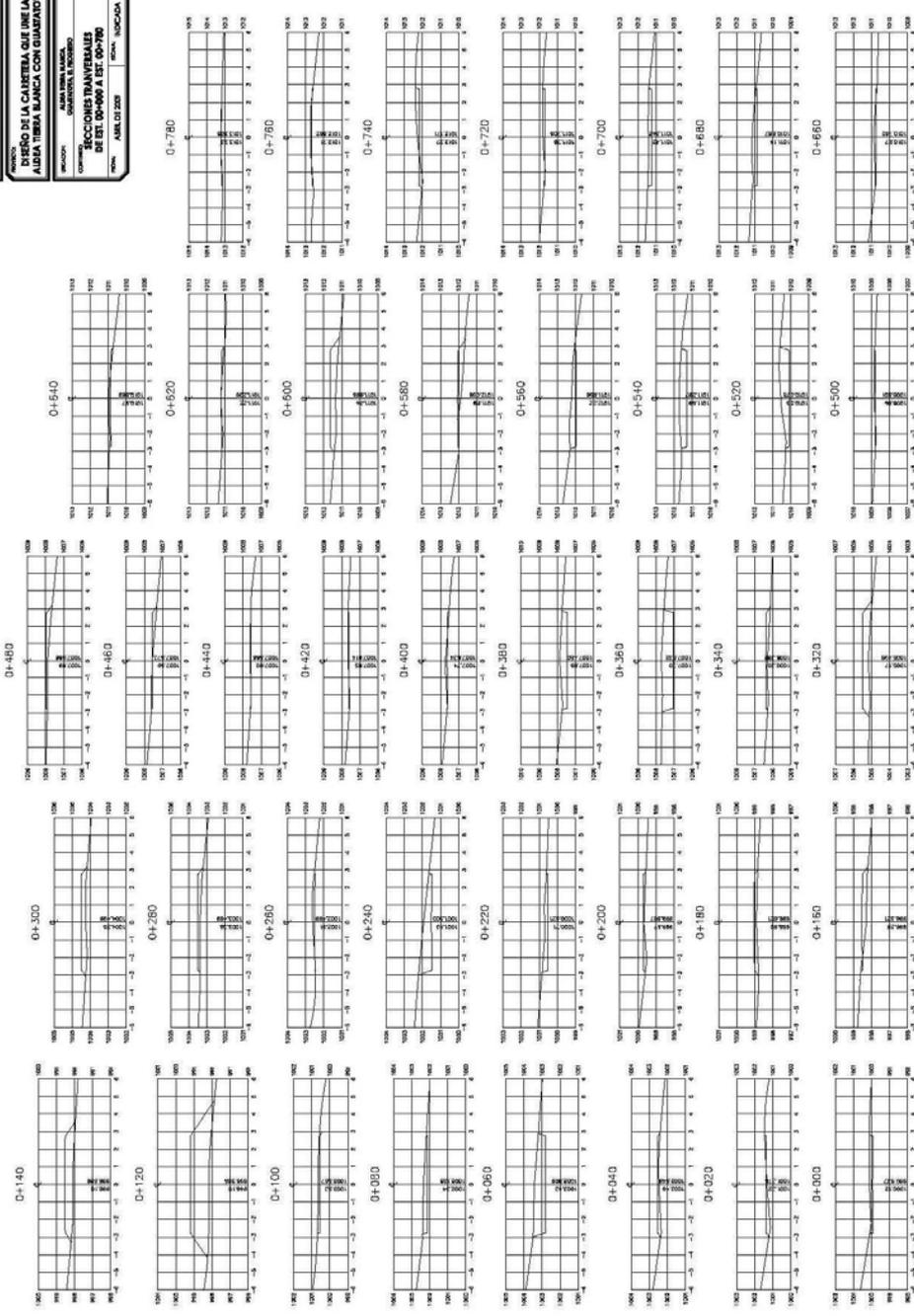





UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

DISEÑO DE LA CARRETERA QUE UNE LA ALDEA TIERRA BLANCA CON GUASTAVIYA

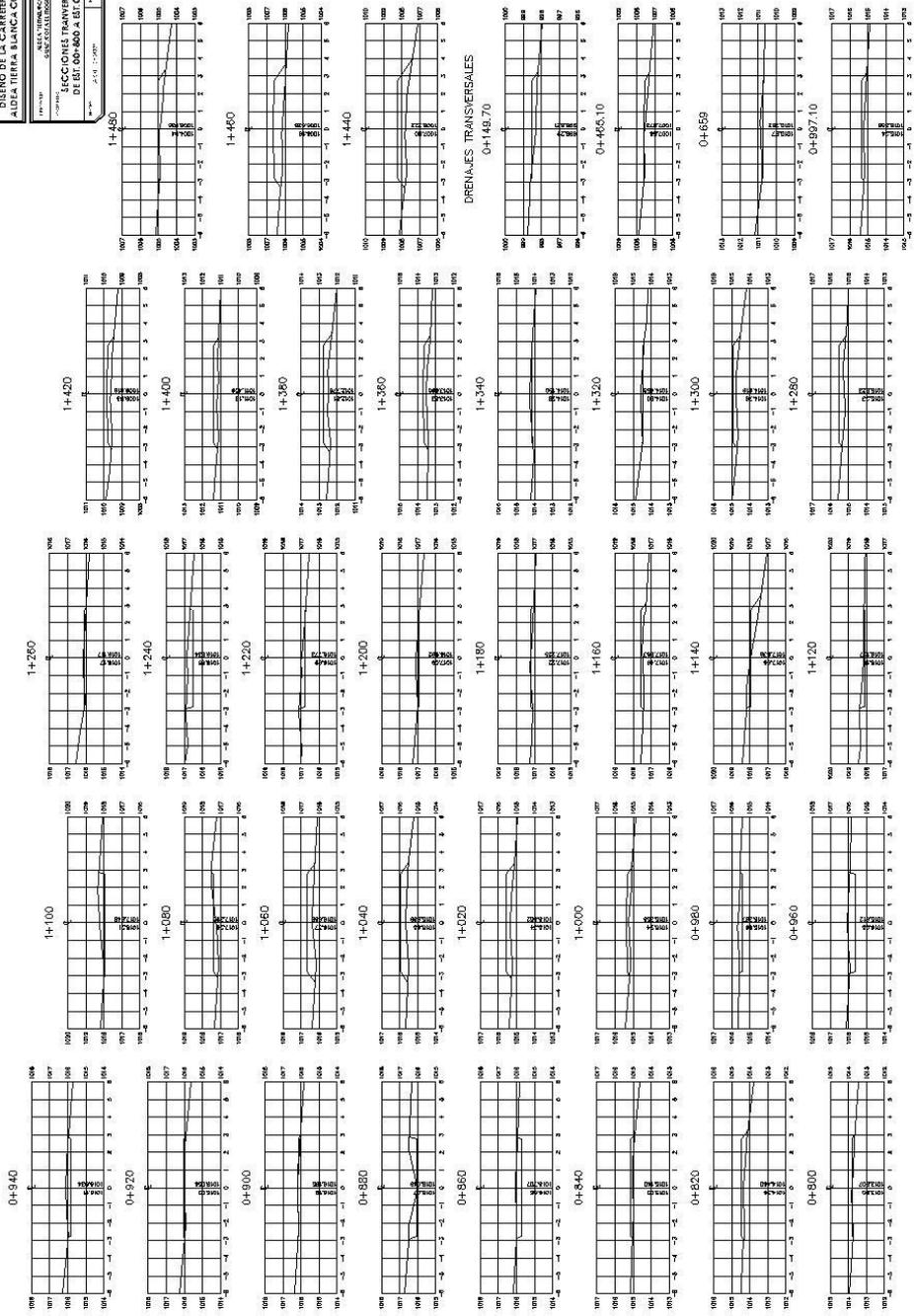
NOMBRE: **ALVARO TIERRA BLANCA**
 CARRERA: **INGENIERIA CIVIL**
 COMPROBADO POR: **SECCIONES TRANSVERSALES DE EST. 00+000 A EST. 00+780**
 FECHA: **ABRIL 03 2009**

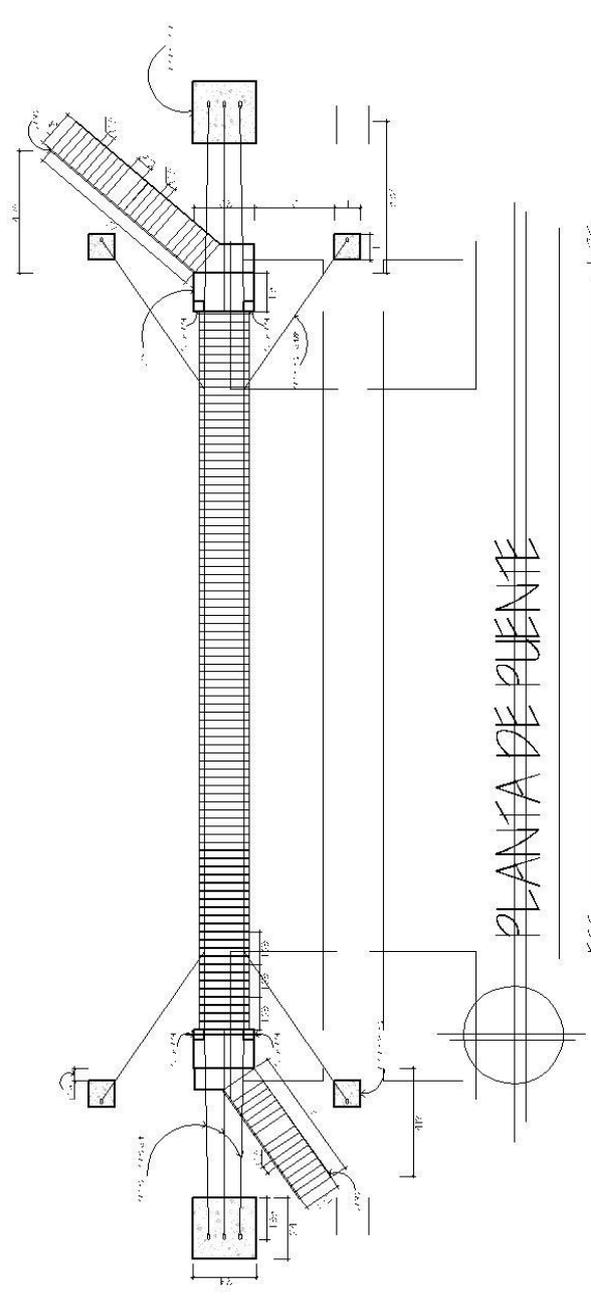



UNIVERSIDAD DE CUENCA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA POLITÉCNICA DE CUENCA

DISEÑO DE LA CARRETERA QUE UNE LA ALDEA TIERRA BLANCA CON GUAMUNDIOTA
 TÍTULO: DISEÑO DE LA CARRETERA QUE UNE LA ALDEA TIERRA BLANCA CON GUAMUNDIOTA
 AUTORES: JUAN CARLOS VILLALBA, JUAN CARLOS VILLALBA
 FECHA: 2017

SECCIONES TRANSVERSALES DE EST. 00+000 A EST. 01+400
 ESCALA: 1:1000





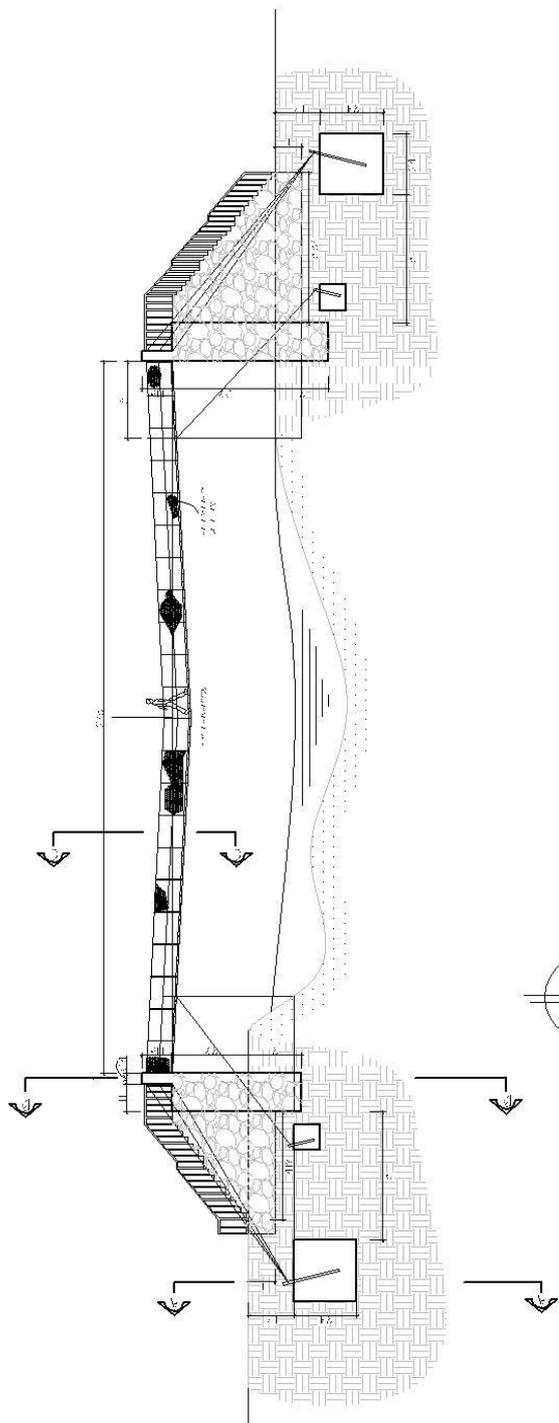
PLANTA DE PUENTE

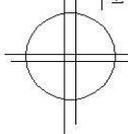
ESC. 1:75

ESPECIFICACIONES GENERALES.

1. CERRAMIE DE LOS MÓDULOS QUE SE CONSIGAN.
2. CERRAMIE DE LOS MÓDULOS QUE SE CONSIGAN.
3. CERRAMIE DE LOS MÓDULOS QUE SE CONSIGAN.
4. CERRAMIE DE LOS MÓDULOS QUE SE CONSIGAN.
5. CERRAMIE DE LOS MÓDULOS QUE SE CONSIGAN.
6. CERRAMIE DE LOS MÓDULOS QUE SE CONSIGAN.
7. CERRAMIE DE LOS MÓDULOS QUE SE CONSIGAN.
8. CERRAMIE DE LOS MÓDULOS QUE SE CONSIGAN.
9. CERRAMIE DE LOS MÓDULOS QUE SE CONSIGAN.
10. CERRAMIE DE LOS MÓDULOS QUE SE CONSIGAN.

	
UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL	
INGENIERIA PUENTE COLGANTE DE LA ALDEA CASAY NEBAS	
NOMBRE: ALUMNO: GRUPO:	NOMBRE: ALUMNO: GRUPO:
FECHA: 2020-02-2020	FECHA: 2020-02-2020

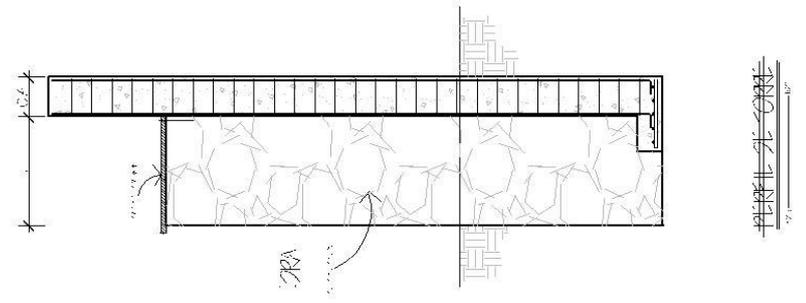
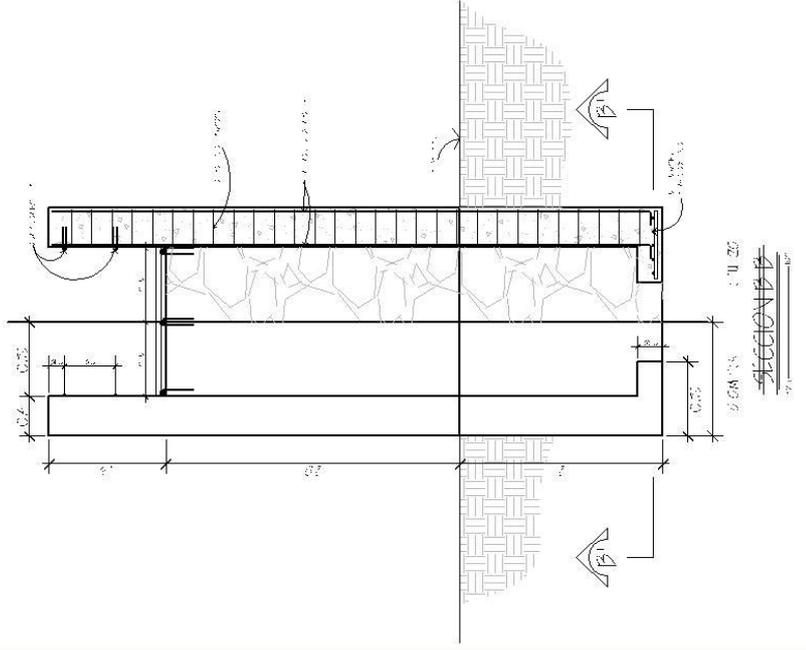
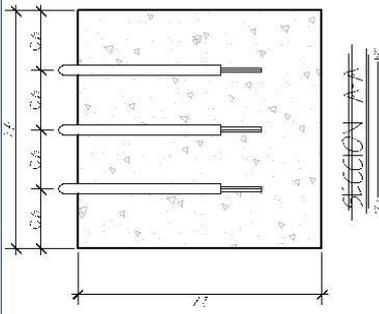
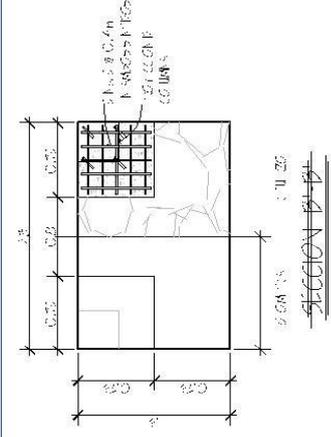
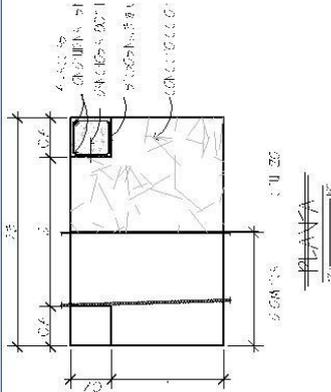




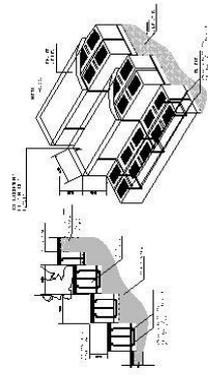
 ELEVACION-SECCION FRONTA

 FIG. 175

 UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL		TITULO INGENIERIA CIVIL PLAN DE ESTUDIOS 2009	
PROYECTO PUENTE COLGANTE DE LA ALDEA 'CASAS VERDES'		FECHA 2010-02-20	
DISEÑADO POR ANDREA GONZALEZ GUATEMALA, GUATEMALA		ESCUELA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL	
TITULO ELEVACION GENERAL		PLAN N.º 0004	

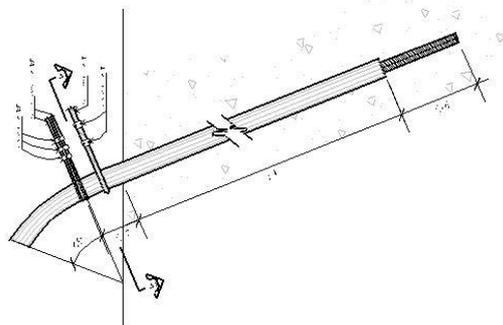


- 1. MALLA DE MALLA
- 2. MALLA DE MALLA
- 3. MALLA DE MALLA
- 4. MALLA DE MALLA
- 5. MALLA DE MALLA
- 6. MALLA DE MALLA
- 7. MALLA DE MALLA
- 8. MALLA DE MALLA
- 9. MALLA DE MALLA
- 10. MALLA DE MALLA

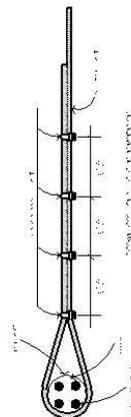


DETALLE DE GRADAS

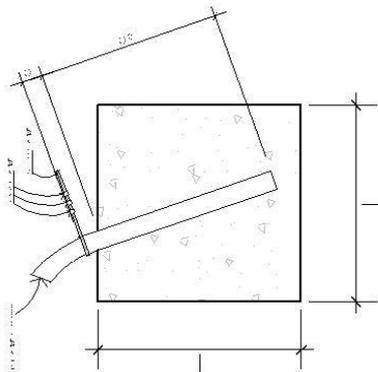
UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL	
PIBRECOLIGARE DE LA ALDIA "CASAS VIEJAS"	
TITULO: ALBA GONZALEZ GUATEMALA, GUATEMALA	FECHA: 2020-02-20
PROYECTO: DETALLE DE LAS TORRES FUNCIONALES PRINCIPAL	ESCALA: 1:50
AREA: 100.00 m ²	VOLUMEN: 100.00 m ³
PERIMETRO: 100.00 m	ALTURA: 10.00 m
PROFUNDIDAD: 10.00 m	TEMPERATURA: 20.00 °C
HUMEDAD: 50.00 %	VELOCIDAD DEL VIENTO: 10.00 m/s
PRESION DEL VIENTO: 10.00 Pa	DENSIDAD DEL AIRE: 1.20 kg/m ³
COEFICIENTE DE PENETRACION DEL VIENTO: 0.50	COEFICIENTE DE EXPOSICION DEL VIENTO: 0.50
COEFICIENTE DE DEFLECCION DEL VIENTO: 0.50	COEFICIENTE DE EXPOSICION DEL VIENTO: 0.50
COEFICIENTE DE DEFLECCION DEL VIENTO: 0.50	COEFICIENTE DE EXPOSICION DEL VIENTO: 0.50



DETALLE DE ANCLAJE _____ C

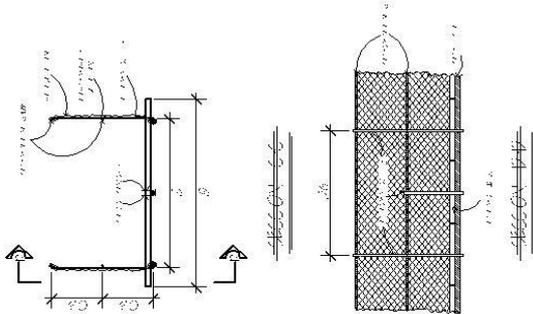


SECCION EE _____ C



ANCLAJE DEL TENSOR _____ C

RECUERDOS:
 Siempre se debe utilizar un mínimo de 3 barras de acero en los
 extremos de los elementos de concreto armado, para evitar el
 efecto de empuje lateral y asegurar la integridad de los
 extremos de los elementos de concreto armado.
 Siempre se debe utilizar un mínimo de 3 barras de acero en los
 extremos de los elementos de concreto armado, para evitar el
 efecto de empuje lateral y asegurar la integridad de los
 extremos de los elementos de concreto armado.



SISTEMA DE PISO _____ C

 UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL		DISEÑO: _____ VERIFICACION: _____
PROYECTO: PUEBLO COCACINE DE LA ALDRA "CASAS VIEJAS"		FECHA: 25/05/2019
INSTITUCION: ALBA GONZALEZ		PAGINA: 13 DE 13
TITULO: DETALLE DE ANCLAJE DEL TENSOR		ESCALA: 1:1