



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

**DISEÑO DE LAS INSTALACIONES DEL CAMPO MUNICIPAL, Y
DISEÑO DEL PAVIMENTO RÍGIDO DE LA CIRCUNVALACIÓN DE
LA LAGUNA LAS GARZAS, SAN ANTONIO ILOTENANGO,
EL QUICHÉ**

Wilson Ismael López Méndez
Asesorado por el Ing. Ángel Roberto Sic García

Guatemala, mayo 2009

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE LAS INSTALACIONES DEL CAMPO MUNICIPAL, Y
DISEÑO DEL PAVIMENTO RÍGIDO DE LA CIRCUNVALACIÓN DE
LA LAGUNA LAS GARZAS, SAN ANTONIO ILOTENANGO,
EL QUICHÉ**

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

POR:

WILSON ISMAEL LÓPEZ MÉNDEZ

ASESORADO POR EL ING. ÁNGEL ROBERTO SIC GARCÍA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, MAYO 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. José Milton De León Bran
VOCAL V:	Br. Isaac Sultán Mejía
SECRETARIA:	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

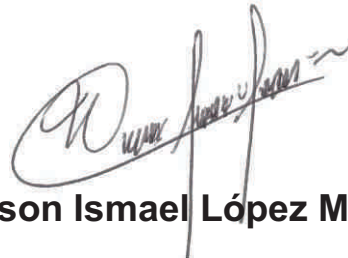
DECANO:	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADORA:	Inga. Crista Classon de Pinto
EXAMINADORA:	Inga. María del Mar Girón
EXAMINADOR:	Ing. Ángel Roberto Sic García
SECRETARIA:	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

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 LAS INSTALACIONES DEL CAMPO MUNICIPAL, Y DISEÑO DEL PAVIMENTO RÍGIDO DE LA CIRCUNVALACIÓN DE LA LAGUNA LAS GARZAS, SAN ANTONIO ILOTENANGO, EL QUICHÉ,

tema que me fuera asignado por la dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, el 23 de septiembre de 2008.



Wilson Ismael López Méndez



FACULTAD DE INGENIERÍA

UNIDAD DE EPS

Guatemala 17 de marzo de 2009.
Ref.EPS.DOC.488.03.09.

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 **WILSON ISMAEL LÓPEZ MÉNDEZ** de la Carrera de Ingeniería Civil, con carné No. **200312444**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **“DISEÑO DE LAS INSTALACIONES DEL CAMPO MUNICIPAL Y DISEÑO DEL PAVIMENTO RIGIDO DE LA CIRCUNVALACION DE LA LAGUNA LAS GARZAS, SAN ANTONIO ILOTENANGO, EL QUICHE”**.

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

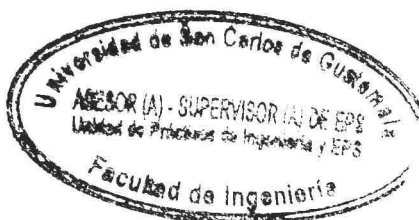
Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”

Ing. Angel Roberto Sic García
Asesor-Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Civil

c.c. Archivo
ANSG/ra





Guatemala, 17 de marzo de 2009.
Ref.EPS.D.175.03.09

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 LAS INSTALACIONES DEL CAMPO MUNICIPAL Y DISEÑO DEL PAVIMENTO RIGIDO DE LA CIRCUNVALACION DE LA LAGUNA LAS GARZAS, SAN ANTONIO ILOTENANGO, EL QUICHE"** que fue desarrollado por el estudiante universitario **WILSON ISMAEL LÓPEZ MÉNDEZ**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el **Ing. Angel Roberto Sic García**.

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 Todas"


Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano
Directora Unidad de EPS



NISZ/ra



Guatemala,
23 de marzo de 2009

FACULTAD DE INGENIERIA

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

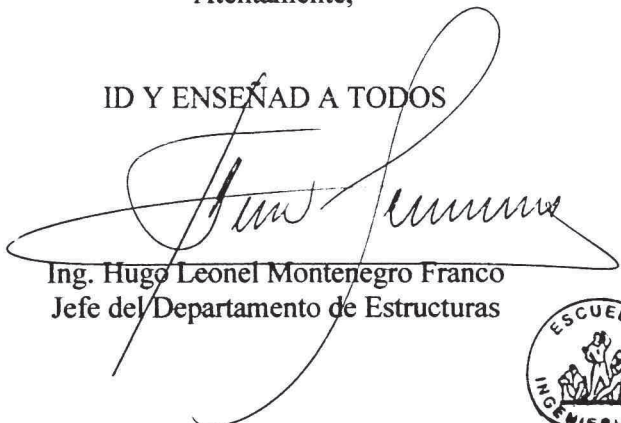
Estimado Ing. Samuels.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DE LAS INSTALACIONES DEL CAMPO MUNICIPAL Y DISEÑO DEL PAVIMENTO RÍGIDO DE LA CIRCUNVALACIÓN DE LA LAGUNA LAS GARZAS, SAN ANTONIO ILOTENANGO, EL QUICHÉ**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Wilson Ismael López Méndez, quien contó con la asesoría del Ing. Ángel Roberto Sic Gracia.

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.



Guatemala,
29 de abril de 2009

FACULTAD DE INGENIERIA

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

Estimado Ing. Samuels.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DE LAS INSTALACIONES DEL CAMPO MUNICIPAL, Y DISEÑO DEL PAVIMENTO RÍGIDO DE LA CIRCUNVALACIÓN DE LA LAGUNA LAS GARZAS, SAN ANTONIO ILOTENANGO, EL QUICHÉ**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Wilson Ismael López Méndez, quien contó con la asesoría del Ing. Ángel Roberto Sic García.

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 Transportes



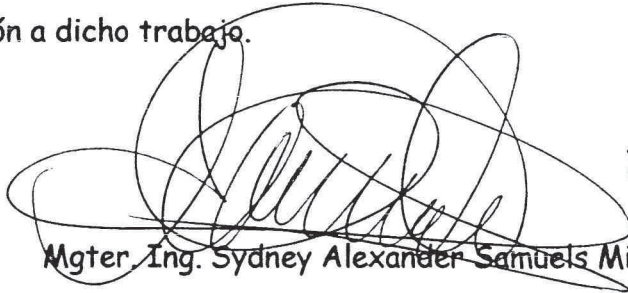
FACULTAD DE INGENIERIA,
DEPARTAMENTO
DE
TRANSPORTES
USAC

/bbdeb.



FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen de la Asesor Ing. Ángel Roberto Sic García y de la Directora de la Unidad de E.P.S. Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña, al trabajo de graduación del estudiante Wilson Ismael López Méndez, titulado DISEÑO DE LAS INSTALACIONES DEL CAMPO MUNICIPAL Y DISEÑO DEL PAVIMENTO RÍGIDO DE LA CIRCUNVALACIÓN DE LA LAGUNA LAS GARZAS, SAN ANTONIO ILOTENANGO, EL QUICHÉ, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.



Mgter. Ing. Sydney Alexander Samuels Milson



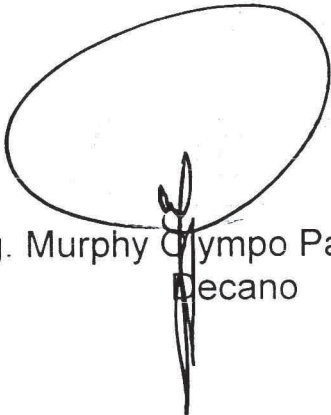
Guatemala, mayo 2009.


/bbdeb.



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 LAS INSTALACIONES DEL CAMPO MUNICIPAL, Y DISEÑO DEL PAVIMENTO RÍGIDO DE LA CIRCUNVALACIÓN DE LA LAGUNA LAS GARZAS, SAN ANTONIO ILOTENANGO, EL QUICHÉ**, presentado por el estudiante universitario **Wilson Ismael López Méndez**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.


Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano



Guatemala, mayo de 2009

/cc

ACTO QUE DEDICO A:

- MI DIOS:** Porque hoy es una muestra de que ÉL, siempre ha estado conmigo en todo momento.
- MI PADRE:** Roberto López Álvarez, por ser el mejor papá del mundo, por su amor incondicional, por la paciencia que me ha tenido, por sus sacrificios, por mi formación personal y por sus buenos consejos.
- MI MADRE:** Elizabeth Méndez Hernández, por ser la mejor mamá del mundo, por enseñarme el camino hacia Dios, por su amor incondicional, por la dedicación que me ha brindado y por todos sus sacrificios.
- MIS HERMANOS:** Oscar, por ser mi fuerza y mi inspiración de lucha; y Mynor por ser un ejemplo de superación.
- MIS ABUELOS:** Ezequiel López (†), Alejandra Álvarez (†), Julio Méndez y Elena De Méndez, por su herencia de amor.
- MIS TÍOS Y PRIMOS:** Por ese apoyo moral, y sus buenos consejos, en especial a mis tíos Julio y Mario.
- MI NOVIA:** Sharlyn, por su cariño y comprensión.

AGRADECIMIENTOS A:

DIOS

Por su misericordia, amor y bondad, por darme el conocimiento y entendimiento, y por brindarme el honor de servirle.

LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Por ser mi alma máter, quien permitió mi formación profesional.

LA FACULTAD DE INGENIERÍA

Quien fue la que me regaló los conocimientos técnicos y científicos, y por darme la oportunidad de lograr esta meta.

El Ing. Ángel Roberto Sic García

Por su amistad y la asesoría profesional que me brindó en la realización de este trabajo de graduación.

El Ing. Omar Medrano y Ronaldo Hidalgo

Por su amistad, participación y apoyo profesional en los trabajos de geotecnia incluidos en este material.

MIS AMIGOS

Roberto, Heber, Pedro, Luis Carlos, Walter, Gianni, Homero, Darío, Brenda, Cinthya, Diana, Evelyn, Nancy, Flor, Ronaldo, Selvin, Lacho, Erick y Joel, por su amistad y por tantos momentos compartidos; “Siempre los llevaré en mi corazón”. Y a todas aquellas personas que de una u otra forma hicieron posible que cumpliera esta meta.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO	XVII
RESUMEN	XXV
OBJETIVOS	XXVII
INTRODUCCIÓN	XXIX

1. MONOGRAFÍA

1.1	Etimología del nombre de San Antonio Ilotenango	1
1.2	Aspectos históricos de la comunidad	1
1.3	Aspectos físicos	2
1.3.1	Ubicación y localización	2
1.3.2	Población	3
1.3.3	Clima	4
1.3.4	Hidrología	4
1.3.5	Geología	4
1.3.6	Orografía	5
1.3.7	Flora y fauna	5
1.4	Aspectos de infraestructura	6
1.4.1	Vías de acceso	6
1.4.2	Tipología de vivienda	7
1.4.3	Servicios básicos	7
1.4.3.1	Educación	7
1.4.3.2	Salud	8

1.4.3.3	Agua potable	8
1.4.3.4	Drenajes	9
1.4.3.5	Energía eléctrica	9
1.4.3.6	Mercado	9
1.4.3.7	Cementerio	10
1.4.3.8	Rastro	10
1.5	Aspectos socio-económicos	10
1.5.1	Orígenes	10
1.5.2	Actividad económica	11
1.5.3	Lengua, etnia, religión y costumbres	11
1.5.4	Alfabetismo	12
1.5.5	Organización comunitaria	12
1.6	Otras actividades	12
1.7	Investigación diagnóstica sobre necesidades de servicios básicos e infraestructura	13
1.7.1	Descripción de las necesidades	13
1.7.2	Priorización de las necesidades	13

2. DISEÑO DEL PAVIMENTO RÍGIDO DE LA CIRCUNVALACIÓN DE LA LAGUNA LAS GARZAS, SAN ANTONIO ILOTENANAGO, EL QUICHÉ

2.1	Descripción del proyecto	15
2.1.1	Localización	16
2.1.2	Ubicación	17
2.1.3	Condiciones actuales de la superficie de la calzada	17
2.2	Comportamiento mecánico de los pavimentos	17
2.2.1	Generalidades	18
2.2.2	Esfuerzo al paso de los vehículos	19
2.3	Diseño geométrico y gabarito	21

2.4	Topografía	22
2.4.1	Reconocimiento	22
2.4.2	Levantamiento preliminar	23
2.4.3	Localización o línea definitiva	25
2.5	Evaluación de las características del suelo	25
2.5.1	Toma de muestras	26
2.5.2	Ensayos de laboratorio	27
2.5.2.1	Granulometría	28
2.5.2.2	Límites de consistencia	29
2.5.2.3	Ensayo de compactación Proctor	31
2.5.2.4	Ensayo de valor soporte CBR	33
2.5.2.5	Equivalente de arena	35
2.5.2.6	Peso unitario suelto	36
2.5.2.7	Análisis de resultados	37
2.6	Elementos estructurales del pavimento	39
2.6.1	Subrasante	39
2.6.1.1	Materiales de la subrasante	40
2.6.1.2	Compactación	40
2.6.2	Sub-base	41
2.6.2.1	Materiales de sub-base	42
2.6.2.2	Compactación de sub-base	43
2.6.3	Base	43
2.6.3.1	Base granular	43
2.6.3.1.1	Materiales de base granular	44
2.6.3.1.2	Compactación de base granular	45
2.6.3.2	Base estabilizada	46
2.6.4	Superficie de rodadura	46
2.6.4.1	Concreto hidráulico simple	47
2.6.4.2	Concreto hidráulico reforzado	47

2.6.4.3	Concreto hidráulico reforzado continuo	47
2.6.4.4	Materiales	48
2.6.4.4.1	Cemento tipo Pórtland	48
2.6.4.4.2	Agregados finos	49
2.6.4.4.3	Agregados gruesos	49
2.6.4.4.4	Agua	50
2.6.4.5	Aditivo	50
2.6.4.5.1	Ceniza volante	51
2.6.4.5.2	Aditivos químicos	51
2.6.5	Juntas	51
2.6.5.1	Juntas longitudinales de construcción	52
2.6.5.2	Juntas longitudinales de contracción	53
2.6.5.3	Juntas transversales de construcción	53
2.6.5.4	Juntas transversales de contracción	54
2.6.5.5	Juntas transversales de expansión	54
2.6.5.6	Selladores de juntas	55
2.7	Diseño y dimensiones del espesor del pavimento	57
2.7.1	Método de diseño de pavimento rígido de la PCA	57
2.7.2	Elementos básicos	58
2.7.3	Factores de diseño	60
2.7.3.1	Resistencia a la flexión del concreto	60
2.7.3.2	Capacidad soporte de la subrasante o de la sub-base k	61
2.7.3.3	Período de diseño	63
2.7.3.4	Tránsito	63
2.7.3.5	Factores de seguridad de carga	66
2.8	Cálculo del espesor del pavimento por el método de la PCA	67
2.8.1	Diseño de la mezcla de concreto	79

2.9	Presupuesto	82
2.10	Cronograma de ejecución	82
2.11	Planos y especificaciones	82
3.	DISEÑO DE LAS INSTALACIONES DEL CAMPO MUNICIPAL DE SAN ANTONIO ILOTENANGO, EL QUICHÉ.	
3.1	Descripción del proyecto	83
3.1.1	Localización	83
3.1.2	Ubicación	84
3.1.3	Topografía del terreno	85
3.1.4	Evaluación de la calidad del suelo y determinación de su capacidad de carga	85
3.2	Diseño arquitectónico	88
3.3	Selección del tipo de estructura	88
3.4	Predimensionamiento estructural	88
3.4.1	Vigas	89
3.4.2	Columnas	90
3.4.3	Losas	90
3.5	Cargas aplicadas a marcos dúctiles	91
3.5.1	Cargas verticales	91
3.5.1.1	Cargas muertas	91
3.5.1.2	Cargas vivas	92
3.5.2	Cargas horizontales	92
3.6	Análisis de marcos	93
3.6.1	Modelos matemáticos de marcos dúctiles	93
3.6.1.1	Integración de carga viva	93
3.6.1.2	Integración de carga muerta	95
3.6.1.3	Integración de carga por efecto sísmico	96
3.6.2	Análisis estructural	100

3.6.2.1	Teoría del método matricial	101
3.6.2.2	Análisis de la estructura (método matricial)	107
3.6.3	Envolvente de momentos, cortes, tensiones y compresiones.	117
3.7	Diseño estructural	121
3.7.1	Diseño de losa para los asientos	122
3.7.2	Diseño de vigas	129
3.7.3	Diseño de columnas	140
3.7.4	Diseño de cimientos	149
3.7.5	Diseño de locales comerciales	153
3.7.6	Diseño de la estructura del techo	154
3.7.6.1	Diseño de vigas de metal	156
3.7.6.2	Diseño de columnas de metal	161
3.7.7	Diseño de muro perimetral	169
3.7.8	Diseño de drenajes para gramilla	170
3.7.9	Selección del tipo de gramilla	174
3.8	Presupuesto	177
3.9	Cronograma de ejecución	177
3.10	Planos y especificaciones	177
	CONCLUSIONES	179
	RECOMENDACIONES	181
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	183
	BIBLIOGRAFÍA	185
	APÉNDICES	187
	ANEXOS	207

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Mapa departamental de El Quiché.	3
2.	Mapa de localización del proyecto	16
3.	Esquema de comportamiento de pavimentos rígidos y flexibles	18
4.	Distribución de la presión de carga de la llanta en la estructura del pavimento	19
5.	Resultado de la deformación del pavimento como esfuerzos de tensión y compresión en la estructura del pavimento	20
6.	Correlación aproximada entre la clasificación de los suelos y los diferentes ensayos	62
7.	Análisis de fatiga, repeticiones admisibles en función de la relación de esfuerzos en pavimentos con o sin hombros de concreto	72
8.	Análisis de erosión, con hombros de concreto. Repeticiones admisibles en función del factor de pavimentos con hombros de concreto hidráulico	77
9.	Mapa de localización del proyecto	84
10.	Modelo matemático de marco dúctil	100
11.	Asignación de numeración de barras y nudos	107
12.	Reacciones en los elementos estructurales	116
13.	Diagramas de momentos	117
14.	Diagramas de cortes	118

15.	Diagramas de compresiones y tensiones	120
16.	Armado de losa con longitud de 3.30 m.	128
17.	Corte producido por momentos plásticos	133
18.	Vigas	138
19.	Secciones de vigas	139
20.	Nomograma para pórticos arriostrados	145
21.	Columnas	148
22.	Sección de columnas	148
23.	Zapata	153
24.	Área tributaria sobre la viga	155
25.	Área tributaria que actúa sobre las columnas	161
26.	Fuerzas gravimétricas que llegan a las columnas	162

TABLAS

I.	Valores límites recomendados del diseño geométrico	21
II.	Clasificación de los suelos por su plasticidad, según Atteberg (año1911)	31
III.	Características generales de compactación de distintos tipos de suelos	32
IV.	Valores de resistencia a la penetración del material patrón, que deben tomarse para el cálculo de la fórmula de CBR	34
V.	Usos propuestos según el valor de CBR (en porcentaje)	34
VI.	Equivalente de arena aceptados	35
VII.	Especificaciones para el Cemento Pórtland	48
VIII.	Especificaciones para colocación de juntas	55
IX.	Materiales más comunes para sellado de juntas	56

X.	Efecto de la sub-base granular sobre los valores de k	63
XI.	Tasas anuales de crecimiento con sus correspondientes factores de proyección	65
XII.	Esfuerzo equivalente pavimento con hombros de concreto I	70
XIII.	Esfuerzo equivalente pavimento con hombros de concreto II	70
XIV.	Factor de erosión para pavimento sin dovelas y con hombros I	76
XV.	Factor de erosión para pavimento sin dovelas y con hombros II	76
XVI.	Resumen del proceso del cálculo del espesor del pavimento método PCA para un espesor de losa de 15 cm	78
XVII.	Composición del concreto de cemento hidráulico para pavimentos	81
XVIII.	Cargas vivas en edificaciones	94
XIX.	Especificaciones para muros sin carga	169
XX.	Granulometría recomendada en implantación de césped para un buen drenado	175

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
A	Área
A_g	Área gruesa de sección una transversal
A_s	Área de acero de refuerzo longitudinal
$A_{s,max}$	Área de acero de refuerzo longitudinal máxima
$A_{s,min}$	Área de acero de refuerzo longitudinal mínima
A_{st}	Área de acero de refuerzo por temperatura y agrietamiento
A_{sh}	Área de acero para refuerzo transversal de columnas
A_v	Área de la sección transversal del acero
A_w	Área del alma de una costanera
a	Área de concentración, espesor de bloque equivalente o separación entre puntos de soldadura en costaneras
B	Base de zapata
b	Ancho
C	Coeficiente numérico que depende del período de vibración
C	Cohesión
CM	Carga muerta uniformemente distribuida
CU	Carga última de diseño
CV	Carga viva uniformemente distribuida
c	Coeficiente de escorrentilla e infiltración

cm	Centímetro
cm^2	Centímetro cuadrado
D ó d	Diámetro
D_f	Desplante de cimentación
D_n	Diámetro de partícula del enésimo porciento
D_{xk}	Desplazamiento del nudo k en el sentido x
d	Peralte
E	Fuerza inercial de sismo
E	Módulo de elasticidad
E_c	Deformación de compresión
E_t	Deformación de tensión
F_{sc}	Factor de seguridad de carga
F_{xk}	Fuerza de tracción en el nudo k en el sentido x
FA	Factor de abundamiento
F_s	Factor de seguridad del suelo
F_{cr}	Esfuerzo crítico de pandeo
F_{cft}	Esfuerzo crítico
F_{cxy}	Esfuerzo de pandeo por flexión
F_{crz}	Esfuerzo de pandeo por flexo-torsión
ft	Pies
f'_c	Resistencia del concreto a los 28 días
f_y	Fluencia del acero
G	Módulo de corte del acero
H	Altura libre de columna
h	Longitud de columna paralela a la dirección del corte
h	Espesor

<i>ha</i>	Hectárea
I	Factor de importancia de la estructura
<i>IP</i>	Índice plástico
<i>I</i>	Inercia
<i>i</i>	Intensidad de lluvia
<i>in</i>	Pulgada
<i>in</i> ²	Pulgada cuadrada
<i>in</i> ³	Pulgada cúbica
<i>J</i>	Momento polar
K	Coefficiente numérico para marcos dúctiles
<i>K</i>	Factor de longitud efectiva
k	Módulo de reacción
<i>kg</i>	Kilogramo
<i>km</i>	Kilómetro
<i>kN</i>	Kilo Newton
<i>kPa</i>	Kilo Pascal
<i>L</i>	Longitud de una superficie
<i>LL</i>	Límite líquido
<i>LP</i>	Límite plástico
<i>lb</i>	Libra
<i>ℓ</i>	Luz libre entre apoyos de viga
<i>MPa</i>	Mega Pascales
MR	Módulo de ruptura
<i>M</i> _{max}	Momento máximo
<i>M</i> ₋	Momento negativo
<i>M</i> ₊	Momento positivo
<i>M</i> _{pr}	Momento probable
<i>M</i> _u	Momento último

m	Metro
m^2	Metro cuadrado
m^3	Metro cúbico
mm	Milímetro
N	Número de pisos de una estructura
N_x	Factor de capacidad de carga de Terzaghi
P	Presión uniforme
P	Presión
Pu_n	Carga enésima última de diseño
PSI	Libra sobre pulgada cuadrada
P_n	Carga enésima no factorizada de diseño o carga puntual en una unión
Q	Índice de inestabilidad o caudal de flujo
q	Caudal
q_{adm}	Capacidad de carga admisible del suelo
q_u	Capacidad de carga última del suelo
r	Radio de giro
$r_{i,min}$	Radio de giro mínimo
\bar{r}_r^{-2}	Centro de cortante
S	Factor que depende del tipo de la clase del suelo
S	Espaciamiento
S_x	Módulo de sección
s	Segundo
T	Período de vibración de una estructura
Ton	Tonelada
t	Peralte de zapata
U i	Deformación normal

V	Fuerza basal
V ó v	Velocidad
V	Corte total de piso
V_i	Deformación tangente
V_e	Corte de diseño
V_u	Corte último
W	Carga
W	Peso total de una estructura
W_{col}	Peso lineal de columna
W_{ch}	Peso lineal de contra-huella
W_{losa}	Peso lineal de losa
W_{viga}	Peso lineal de viga
W_v	Carga superficial viva
Z	Factor de zona sísmica
α	Razón de separación entre puntos de soldadura
β_1	Factor de profundidad del bloque de esfuerzos
ΔL	Alargamiento de una barra
$\Delta_{u,max}$	Deflexión máxima
Δ_{real}	Deflexión real relativa de primer orden
$\Delta_{permisible}$	Deflexión permisible relativa de primer orden
ϕ	Ángulo de fricción interna del suelo o factor de reducción de diseño
ϕP_n	Resistencia axial nominal
ϕM_n	Resistencia de flexión nominal
ϕV_n	Resistencia tangente nominal
ϕV_{cp}	Corte nominal de punzonamiento

ϕV_c	Corte nominal del concreto
ρ_b	Cuantía de falla balanceada
ρ_{\max}	Cuantía máxima de acero
Θ_i	Deformación rotacional
λ_c	Parámetro de esbeltez
γ_c	Peso específico del concreto
γ	Peso específico del suelo
φ_n	Grado de restricción de un nudo o unión estructural
Σ	Sumatoria
%	Porcentaje
@	A razón de
°	Grados
'	Minutos
"	Segundos

GLOSARIO

AASHTO	Asociación Americana de Transportistas de Carreteras Estatales.
ACI	Instituto Americano del Concreto.
Aditivo	Complementos químicos para provocar comportamientos en el fraguado y curado de las mezclas de concreto.
Agregado	Un material duro de composición mineralógica como la arena, la grava, la escoria, o la roca triturada, usado para ser mezclado en diferentes tamaños.
AISC	Instituto Americano de Construcción en Acero.
Alcantarilla	Cualquier estructura por debajo de la subrasante de una carretera u otras obras viales, con el objeto de evacuar las aguas superficiales y profundas.
Área tributaria	Área que corresponde para la integración de cargas.

Arriostrado	Definición del código ACI para definir un apuntalamiento.
Balasto	Una capa superficial de material selecto consistiendo por lo general de material granular natural o agregado triturado, que se coloca sobre la subrasante terminada de una carretera, con el objeto de protegerla y que sirva de superficie de rodadura, para permitir el libre tránsito durante todas las épocas del año.
Banco de marca	Punto referencial o cota de referencia.
Barra	Concepto en análisis estructural para referirse a columnas o vigas.
Base	Es la capa de espesor diseñado, constituyente de la estructura del pavimento, destinada fundamentalmente a distribuir y transmitir las cargas originadas por el tránsito, a las capas subyacentes y sobre la cual se coloca la carpeta de rodadura.
Calzada	Zona de la carretera destinada a la circulación de vehículos, con ancho suficiente para acomodar un cierto número de carriles para el movimiento de los mismos, excluyendo los hombros laterales.

Cama	Se le denomina así, al arreglo de varillas longitudinales de acero en vigas, losas, placas y zapatas.
Carga lineal	Carga que actúa uniformemente a lo largo de un elemento estructural.
Carretera, calle o camino	Un calificativo general que designa una vía pública para fines de tránsito de vehículo, y que incluye la extensión total comprendida dentro del derecho de vía.
CBR	California Bearing Ratio.
Clisímetro	Instrumento que sirve para la medición de pendientes en la superficie terrestre.
Concreto reforzado	Material compuesto de concreto y acero, a fin de elevar la resistencia de los elementos a tensión y otras fuerzas.
Confinamiento	Zona de aglomeración de acero a fin de dar resistencia a acciones de corte a los elementos estructurales.
Corte	Intensidad de fuerza que actúa tangente a una superficie.

Cota	Altura relativa de un punto espacial topográfico.
Cuantía	Proporción en porcentaje de área de acero en una sección de concreto armado.
Curado	Acción de proporcionar condiciones favorables de temperatura y humedad en el concreto fresco a fin de alcanzar la resistencia de diseño.
Deflexión	Desplazamiento en elementos estructurales provocado por cargas, medida a partir del eje axial.
Derecho de vía	El área de terreno que el Gobierno suministra para ser usada en la construcción de la carretera, sus estructuras, anexos y futuras ampliaciones.
Desplante	Profundidad de zapata medida desde la superficie del terreno hasta la parte baja de la zapata.
Desportillamiento	Crear una abertura.

Dovelas	Es un espaciamiento cilíndrico para conexión de losas de concreto en pavimentos rígidos, que contienen barras de acero libres de movimiento.
Eje tándem	Comúnmente se conoce también como eje de llantas cuaches.
Esbeltez	Relación entre el ancho y longitud de un elemento que resiste fuerzas a flexo-compresión.
FHA	Fomento de Hipotecas Aseguradoras.
Fuerzas eventuales	Se le llama así a las fuerzas que suceden en períodos relativamente largos como por ejemplo, fuerzas inducidas por sismos.
Hombro o sobre-ancho	Áreas de la carretera, contiguas y paralelas a la carpeta o superficie de rodadura, que sirven de confinamiento a la capa de base y de zona de estacionamiento accidental de vehículos.
INFOM	Instituto de Fomento Municipal.
Integración de cargas	Acción de sumar todas las cargas involucradas en un diseño.

Junta	Separación entre partes adyacentes de una losa de concreto, usualmente en un plano vertical, que permite movimientos relativos y evitar formación de fisuras en las losas.
Longitud efectiva	Distancia que existe entre los momentos de valor cero en un elemento.
Maleza	Abundancia de malas hierbas o espesura formada por zarzales.
Mantenimiento	Conjunto de tareas de limpieza, reemplazo y reparación que se realizan de manera regular y ordenada en una carretera, para asegurar su buen funcionamiento y la prolongación de su vida de servicio, al máximo compatible con las previsiones de diseño y construcción de la obra.
Matriz	Forma matemática de expresar sistemas de ecuaciones de múltiples variables y múltiples incógnitas.

Mejoramiento:	Ejecución de las actividades constructivas necesarias para dotar a una carretera existente, en bueno, regular o mal estado, de mejores condiciones físicas y operativas de las que disponía anteriormente, para ampliar su capacidad o simplemente ofrecer un mejor servicio al usuario.
Momento probable	Momento plástico de un elemento suponiendo un 25% más de la resistencia de fluencia.
Momento	Intensidad de fuerza de giro de un punto determinado.
MTLG	Matriz de traspuesta de transformación local a global.
Nudo	Punto o unión en donde se encuentran o parten los elementos estructurales.
Pavimento	La estructura integral de las capas de subrasante, sub-base, base y carpeta colocado en cima de la rasante y destinada a sostener las cargas vehiculares.
PCA	Asociación del Concreto Pórtland.
Predimensionamiento	Término para dar dimensiones previas a los elementos estructurales.

Presión	Intensidad de fuerza normal o tangente a una superficie.
Rodamiento o rodadura	La parte superior de un pavimento, por lo general de pavimento bituminoso o rígido, que sostiene directamente la circulación vehicular.
Rugosidad	Es la desviación vertical del perfil de un pavimento de su forma tal como fue diseñado y que resulta en incomodidades en el manejo del vehículo. Por lo general, la rugosidad se mide para fines de mantenimiento vial.
Setos	Cercado o valla.
Subrasante	Capa de terreno de una carretera, que soporta la estructura del pavimento y que se extiende hasta una profundidad en que no le afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto.
Tirante	Distancia medida a partir de la superficie del agua hasta el fondo de una sección transversal hidráulica.
TPD	Tráfico Promedio Diario.
TPDC	Tráfico Promedio Diario de Camiones.

RESUMEN

Es de suma importancia la función social que brinda la Universidad de San Carlos de Guatemala, a través de los estudios e informes técnicos de los diferentes proyectos abordados por parte de los estudiantes de E.P.S. de la Facultad de Ingeniería Civil.

El presente informe está estructurado por tres partes, la monografía del municipio, diseño del tramo carretero sobre la circunvalación de una laguna natural y el diseño de las instalaciones del campo de fútbol municipal dentro del casco urbano del municipio.

La parte primera enfatiza los aspectos relevantes de la comunidad de San Antonio Ilotenango, tales como, los históricos, físicos, de infraestructura y socio-económicos, así también la descripción de las necesidades priorizadas.

En la parte dos se presenta los conceptos generales y criterios técnicos que se deben tomar en cuenta para el diseño y construcción de carreteras, así como el cálculo del espesor del pavimento rígido por medio del método de erosión y fatiga de la PCA.

Y en el tema final, se muestran los cálculos relevantes de la estructura del graderío bajo los requerimientos del código ACI, la estructura metálica del techo según parámetros del código AISC y el engramillado del campo bajo la normativa USGA.

OBJETIVOS

GENERAL

Diseñar las instalaciones del campo municipal y diseñar el pavimento rígido de la circunvalación de la laguna natural Las Garzas, mejorando la calidad de vida de los vecinos del municipio de San Antonio Ilotenango del departamento de El Quiché.

ESPECÍFICOS

1. Diagnosticar las necesidades de servicios e infraestructura por medio de la investigación monográfica actual del municipio.
2. Diseñar el pavimento de concreto rígido, que servirá como vía de acceso en la zona turística de la laguna natural Las Garzas, contribuyendo con la actividad social y económica del municipio.
3. Diseñar las instalaciones básicas de servicio del campo municipal de fútbol, para promover la actividad física y recreativa, como también la participación cultural de los habitantes del municipio.

INTRODUCCIÓN

El municipio de San Antonio Ilotenango del departamento de El Quiché está localizado a 12 km al occidente de la cabecera departamental, cuenta con un acceso total de carretera pavimentada y cuenta con un 60% de sus servicios básicos.

Actualmente, San Antonio Ilotenango ha crecido en forma económica considerable, pero las necesidades básicas aún no son cubiertas totalmente; la comunidad de San Antonio Ilotenango ha tenido crecimiento en los últimos años en el índice de las actividades culturales y deportivas que ya son ahora parte cotidiana de los habitantes de todas las edades, con ello se suman las actividades recreativas, sociales y religiosas, entre otras, por lo que para realizarlas se ha tenido dificultad en cuanto a no disponer de instalaciones para la realización de las actividades de esta naturaleza; con el fin de contar con una localidad para los eventos antes mencionados, se desea la construcción de un graderío, locales comerciales, una estructura metálica para el techo del graderío, muros perimetrales, vestidores, sanitarios, drenajes para el campo de juego y la base para la colocación de gramilla que permita realizar dichas actividades de manera organizada con instalaciones adecuadas para su realización, en la actualidad, este sector se encuentra en condiciones de deterioro en el cual existe vegetación y paso de aguas pluviales no controladas que hacen difícil que las actividades se lleven a cabo de manera agradable y segura.

Desde los inicios geológicos de la zona que ahora contempla el pueblo de San Antonio Ilotenango, se cuenta con una laguna natural que consta de 6,589 m², que ha sido un recurso natural potencial para las comunidades circundantes en cuanto al turismo y pesca, por lo que en dicha zona no se tiene fácil acceso en la periferia del la laguna, es necesaria la construcción de un tramo carretero que permita la accesibilidad a este lugar turístico.

Por lo antes mencionado, se realizaron los diseños y estudios técnicos para el desarrollo tanto del municipio de San Antonio Ilotenango como también para el país.

1. MONOGRAFÍA

1.1 Etimología del nombre de San Antonio Ilotenango

La palabra *Ilotenango* significa *cerro de los elotes* y proviene de los vocablos en lengua Náhuatl: "ilotl", que significa elote, "tenán", cerro y "co", sufijo locativo.

La fiesta titular de San Antonio Ilotenango se celebra del 15 al 18 de enero de cada año. El día principal es el 17, fecha en que la iglesia católica conmemora la festividad de San Antonio Abad, como patrono del pueblo, razón por la cual el nombre de San Antonio.

1.2 Aspectos históricos de la comunidad

El pueblo de San Antonio Ilotenango es de origen precolombino. Su territorio formó parte de la confederación K'iché, según el decreto del 27 de agosto de 1836, el pueblo de San Antonio Ilotenango aparece adscrito al circuito de El Quiché. La oficina de estadística lo registra como municipio del departamento de El Quiché en 1892. En el año de 1920, San Antonio era municipio dedicado fundamentalmente a la cría de ovejas y la producción de lana, actividad que actualmente ya no se practica.

1.3 Aspectos físicos

1.3.1 Ubicación y localización

San Antonio Ilotenango tiene una extensión territorial de 80 kilómetros cuadrados, se ubica al sur del departamento de El Quiché, el cual se integra a la región VII noroccidente, conjuntamente con el departamento de Huehuetenango.

Localización geográfica:

Altitud: 1950 metros sobre el nivel del mar.

Latitud: Norte 15°37'30"

Longitud: Oeste 90°53'12"

Límites geográficos:

- Al norte con San Pedro Jocopilas, (El Quiché), y Santa Lucía Reforma (Totonicapán)
- Al este con San Pedro Jocopilas y Santa Cruz del Quiché
- Al sur con Santa Cruz del Quiché y Patzité, (El Quiché)
- Al oeste con el municipio de Totonicapán y Santa María Chiquimula, (Totonicapán)

Figura 1. Mapa departamental de El Quiché.



Fuente: Instituto Geográfico Nacional, IGN

1.3.2 Población

Según el X censo nacional de población del Instituto Nacional de Estadística INE realizado en el año 1994, la población era de 13,574 habitantes. De acuerdo con el censo del centro de salud a marzo de 2002, la población total alcanza los 18,584 habitantes, por tanto se aumentó 5,010 personas que representan el 36.9 %. Dando un aproximado de 3.36 % de crecimiento poblacional anual.

La población del municipio es mayoritariamente rural, indígena de idioma K'iché, con una densidad poblacional alta y relativamente poca diferenciación entre hombres y mujeres. El nivel de migraciones permanentes en el municipio es bajo.

1.3.3 Clima

El clima de esta región varía de templado a frío, la temperatura media anual es de 12 a 18 grados centígrados, con descenso de hasta a seis grados centígrados, en temporadas frías.

1.3.4 Hidrología

En el municipio pasan los ríos Jocol, Joj, Chop y río Tzununá que pertenecen a la cuenca del río Motagua, la precipitación pluvial anual es de 1,000 a 2,000 milímetros.

1.3.5 Geología

Los suelos son profundos, aunque existen áreas degradadas por erosión, la textura entre pesada y mediana; se considera que tiene buen drenaje natural, de color gris o pardo café, con mediano contenido de materia orgánica.

1.3.6 Orografía

La orografía de este municipio tiene montañas bajas y colinas moderadamente escarpadas. Se encuentra ubicado dentro del sistema de montañas de la Sierra de Chuacús.

1.3.7 Flora y fauna

En la flora de San Antonio Iloitenango se encuentran bosques húmedos montañosos, bosques bajos, subtropicales. Bosque asociado mixto cultivos. Existe bosque en combinación con cultivos anuales y pastos.

Entre las coníferas más conocidas a los pobladores del municipio están: pino hembra, pino macho y las latifoliadas: roble, aliso y sauce.

Existen especies de peces de agua dulce; ranas, sapos, serpientes, conejos y ardillas, se encuentra una variedad de aves residentes y migratorias, atraídas por la laguna Las Garzas: garza blanca, garza real, pato, y pelicano. Recientemente la cantidad de aves alrededor de la laguna ha disminuido marcadamente debido al aumento de actividad humana y destrucción de hábitat, otras aves comunes del lugar son: tecolote, paloma, gorrión, colibrí y muchos otros.

1.4 Aspectos de infraestructura

Entre las obras de servicio de la comunidad se pueden mencionar.

1.4.1 Vías de acceso

El municipio de San Antonio Ilotenango se encuentra a 177 kilómetros de la ciudad capital, a 12 kilómetros de la cabecera departamental Santa Cruz del Quiché por carretera asfaltada. Las 20 comunidades que conforman el municipio están comunicadas entre sí por caminos de terracería, la mayoría transitables en todo el año. Además el municipio está comunicada por caminos de terracería con los municipios de Santa María Chiquimula y Santa Lucía la Reforma del departamento de Totonicapán y con San Pedro Jocopilas del departamento de El Quiché.

El municipio es atravesado por la carretera departamental No. 1 que comunica directamente a la cabecera departamental de Santa Cruz de El Quiché y la cabecera departamental de Totonicapán. Esta carretera es de terracería con una distancia de 34 kilómetros entre San Antonio Ilotenango y el municipio de Totonicapán, carretera que para el 2009 estarán con los trabajos de pavimentación. En la cabecera municipal se ha organizado una asociación de transportistas que está conformado por 42 propietarios de microbuses que se dedican al transporte de pasajeros de San Antonio Ilotenango a la cabecera de Santa Cruz de El Quiché.

1.4.2 Tipología de vivienda

La mayoría de las viviendas en el municipio son hechas de adobe con techo de tejas. La mayoría de las casas continúan siendo de un solo ambiente, aunque con los últimos años esta práctica ya no se realiza por la comercialización de materiales modernos de construcción, ahora ya es significativa la cantidad de casas de muros de block y techo de losa.

1.4.3 Servicios básicos

Entre los servicios con que cuenta la población se pueden recalcar los siguientes:

1.4.3.1 Educación

El número de escuelas y la cobertura educativa en el municipio ha crecido considerablemente hasta la fecha. La educación preprimaria, primaria, básica y media, se ha extendido y se ha desarrollado de forma apresurada.

En las escuelas primarias se está promoviendo el uso del idioma maya local (k'iché) para la educación.

1.4.3.2 Salud

En años anteriores había solamente un centro de salud en la cabecera, un puesto de salud sin médicos en Patzalá y el personal de salud en el municipio consistía de un médico, una enfermera y tres auxiliares de salud.

Durante los últimos años, ha mejorado la cobertura de salud en el municipio. Existen actualmente, dentro del municipio, dos instancias que ofrecen atención médica y servicios de salud pública. El Ministerio de Salud provee servicios a través del centro de salud en el área urbana, Cantón Chotacaj, Cantón Xeji, paraje Patulup y Cantón Patzalá. El Sistema Integral de Atención en Salud (SIAS) ofrece servicios en las demás comunidades. En el municipio existe unidad de emergencia que cubre las 24 horas del día con una ambulancia y dos paramédicos que cubren las emergencias de todo el municipio.

1.4.3.3 Agua potable

En relación con las disponibilidad de agua potable entubada domiciliar en de los hogares, existen diferentes captaciones para la comunidad y un manto freático no muy por debajo de la superficie la cual se está aprovechando para la extracción del vital líquido, se han presentado demandas que sobrepasan la capacidad pero se ha remediado con prestar el servicio en horarios de disponibilidad, alternados en días de la semana.

1.4.3.4 Drenajes

En las comunidades existen letrinas suficientes y sólo en el área urbana existe sistema de drenaje casi en toda su totalidad, también cuenta con una planta de tratamiento de aguas negras con la que se aprovecha para concentración de abono orgánico, que luego se utiliza en los programas de reforestación de la comisión de recursos naturales.

1.4.3.5 Energía eléctrica

La mayoría de viviendas de la comunidad cuenta con el servicio de energía eléctrica de forma óptima, con respecto al alumbrado público no se ha tenido total cobertura.

1.4.3.6 Mercado

En la cabecera municipal el día principal de mercado es el martes, día en el que las personas de todas las comunidades acuden para realizar sus compras para toda la semana, aunque hace poco en el cantón de Chusica ya aperturó un nuevo mercado de tipo informal el cual su día principal es el lunes.

1.4.3.7 Cementerio

El cementerio general se encuentra en un sector externo junto al casco urbano de la cabecera municipal su funcionamiento ha sido eficiente hasta ahora ya que también se encuentran otros dos cementerios en los cantones Xebaquit y Patzalá.

1.4.3.8 Rastro

El rastro municipal cuenta con las instalaciones necesarias sanitarias para el beneficio de ganado, y esta a disposición de los carniceros del lugar.

1.5 Aspectos socio-económicos

1.5.1 Orígenes

En el año de 1920, San Antonio era municipio dedicado fundamentalmente a la cría de ovejas y la producción de lana; más de la mitad de la población masculina se dedicaba a hilar lana, también se comercializaban productos artesanales y ornamentales, pero con los años cambió al cultivo de espárragos y tomate por medio del programa de integración rural.

1.5.2 Actividad económica

El municipio sigue siendo mayoritariamente agrícola, aunque ha aumentado el número de personas que se dedican a otra actividad, principalmente en comercio, transporte, servicios varios y actividades profesionales. Estos últimos se concentran en la cabecera municipal y en cantones y parajes con mayor número de habitantes. No se dispone de cifras exactas al respecto. Es importante considerar que muchos de los pobladores desarrollan más de una actividad para su supervivencia y los ingresos son aproximaciones en todas las comunidades.

1.5.3 Lengua, etnia, religión y costumbres

El idioma principal es K'iché, y los pobladores (99% de etnia indígena y 1% ladina) aún conservan sus tradiciones mayas pero ya no con su fuerza ancestral.

En los últimos años se ha reportado un crecimiento significativo en el número de fieles pertenecientes a iglesias evangélicas y de la renovación carismática (dentro de la Iglesia Católica), con cambios profundos en la práctica religiosa de los habitantes del municipio. Como suele suceder en este campo, no se dispone de números concretos al respecto, aún se conservan algunas tradiciones como los bailes de chamarrudos, mexicanos, la conquista, tiznados y venados.

1.5.4 Alfabetismo

La tasa de analfabetismo se estima en un 68.1% para los hombres y en un 78.2% para las mujeres, algunas Instituciones que tienen programas para la reducción de analfabetismo son: CONALFA, COMAL Y ADISA.

1.5.5 Organización comunitaria

Este municipio se caracteriza por su grado de organización, y en todas las comunidades funcionan un aproximado de 70 organizaciones de desarrollo entre ellos están los comités pro-mejoramiento, introducción de agua potable, energía eléctrica, caminos, educación, salud, infraestructura, proyectos productivos, y comités de mujeres.

1.6 Otras actividades

Entre otras actividades se pueden mencionar, actividades culturales y deportivas programadas por el programa de cultura y deporte de la oficina municipal de planificación y el turismo local como no local sobre la laguna natural Las Garzas ubicada en el centro del casco urbano de este municipio.

1.7 Investigación diagnóstica sobre necesidades de servicios básicos e infraestructura

Por medio de la observación y el análisis estadístico se obtienen los resultados para la priorización de proyectos con la ayuda de herramientas adecuadas de investigación.

1.7.1 Descripción de las necesidades

El municipio de San Antonio Ilotenango cuenta ya con la mayoría de servicios aunque falta un porcentaje de estas mismas por cubrir, pero una de las necesidades por suplir es la construcción de áreas para el fomento del deporte y condiciones adecuadas para la aceptación del turismo en la laguna natural Las Garzas.

1.7.2 Priorización de las necesidades

La laguna de Las Garzas en el área urbana de San Antonio Ilotenango tiene potencial turístico, pero sin limpieza y protección, ya no será un lugar atractivo. Es importante notar que el pueblo también carece de instalaciones deportivas adecuadas.

2. DISEÑO DEL PAVIMENTO RÍGIDO DE LA CIRCUNVALACIÓN DE LA LAGUNA LAS GARZAS, SAN ANTONIO ILOTENANAGO, EL QUICHÉ

2.1 Descripción del proyecto

El proyecto consiste en el diseño del tramo carretero que conforma la periferia de la laguna natural Las Garzas y que comunica el barrio sur con el barrio sur oriente del municipio de San Antonio Ilotenango, El Quiché. En la actualidad únicamente existe un camino transitable en algunos tramos, pero durante la época de invierno el camino se convierte intransitable, por lo que los habitantes tienen que realizar el recorrido a pie y por el extravío que atraviesa el casco urbano, los cuales también son utilizados para llevar productos comerciales del sector. Este tramo tiene una longitud de 688.00 *m*, y vendrá a beneficiar a una comunidad de aproximadamente 12,000 personas que conforman la zona del barrio sur y sur oriente.

Para realizar este diseño se contó con la ayuda del comité de vecinos, los cuales proporcionaron ayuda para descombramiento de maleza en algunos tramos así como la señalización por medio de estacas para dejar las debidas referencias topográficas.

2.1.1 Localización

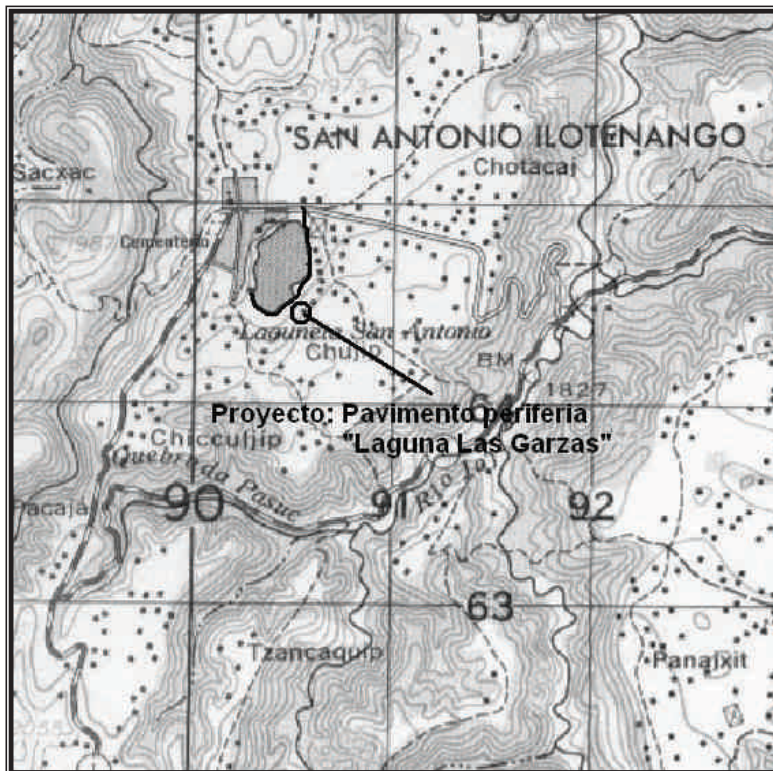
El proyecto de las instalaciones del pavimento rígido en la circunvalación de la laguna natural Las Garzas, esta localizado en las coordenadas siguientes en la estación final (Estación 11 del caminamiento):

Altitud: 1948 *m* sobre el nivel del mar.

Latitud: Norte 15°37'50"

Longitud: Oeste 90°53'14"

Figura 2. Mapa de localización del proyecto



Fuente: Instituto Geográfico Nacional

2.1.2 Ubicación

La conformación total del proyecto tiene una dirección en sentido norte-sur y se localiza en la zona perimetral a la laguna natural Las Garzas de San Antonio Ilotenango.

2.1.3 Condiciones actuales de la superficie de la calzada

El camino actual está conformado por una subrasante de material arenoso pómez, y vegetación en casi toda su totalidad, con condiciones húmedas extremas por el hecho que se encuentra contigua a la laguna natural Las Garzas y el nivel dinámico de dichas aguas, se encuentra poco debajo de dicha subrasante.

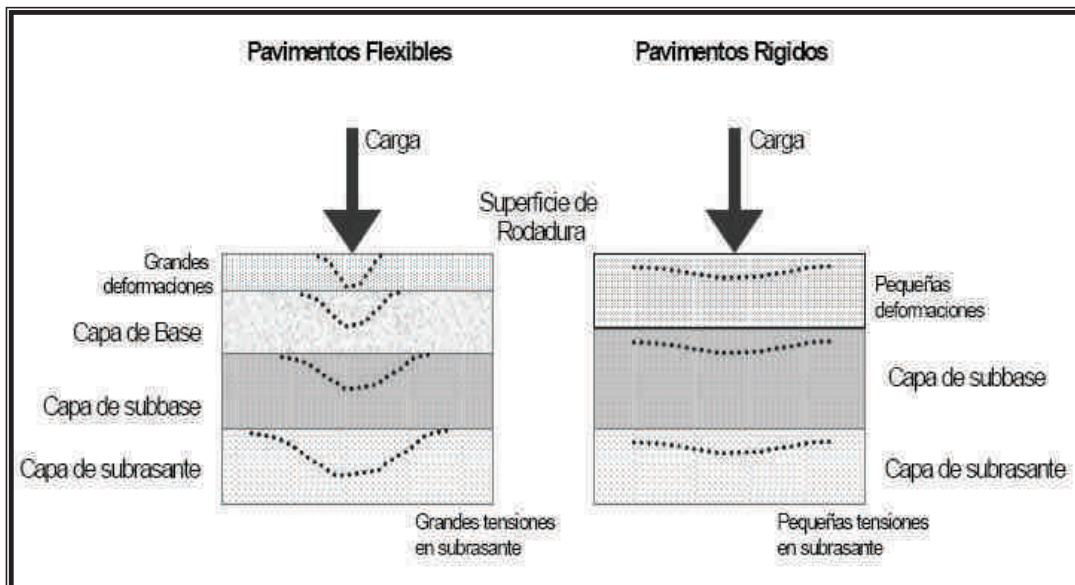
2.2 Comportamiento mecánico de los pavimentos

Con el uso de la teoría establecida de la mecánica, la experiencia y los datos de prueba se ha creado un método de diseño estructural de espesores adecuados para los pavimentos.

2.2.1 Generalidades

Los pavimentos se dividen en flexible y rígidos, el comportamiento de los mismos al aplicarse cargas es muy diferente, tal como se aprecia en la figura siguiente:

Figura 3. Esquema de comportamiento de pavimentos rígidos y flexibles



Fuente: Jorge Coronado Iturbide. **Manual centroamericano para el diseño de pavimentos.** Pág. 93

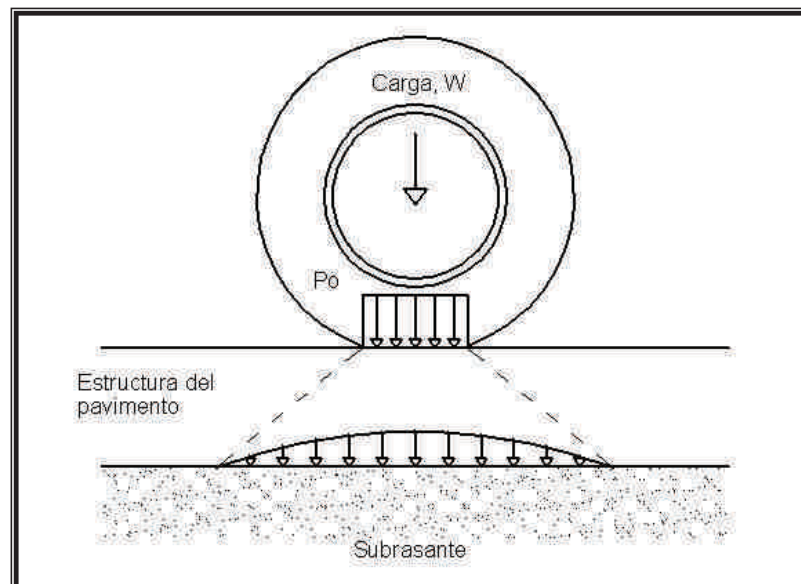
En un pavimento rígido, debido a la consistencia de la superficie de rodadura, se produce una buena distribución de cargas, dando como resultado tensiones muy bajas en la subrasante. Lo contrario sucede en un pavimento flexible, la superficie de rodadura al tener menos rigidez, se deforma más y se producen mayores tensiones en la subrasante, para el proyecto en la circunvalación se optó por un pavimento de concreto hidráulico.

2.2.2 Esfuerzo al paso de los vehículos

El método para el cálculo de esfuerzos sobre la estructura de los pavimentos se basa en dos condiciones supuestas de esfuerzo de deformación:

- i. La carga de la rueda W se transmite a la superficie del pavimento por cada llanta como una presión uniforme P . Entonces los esfuerzos se distribuyen por la estructura del pavimento para producir un esfuerzo vertical máximo P . En la superficie de la subrasante.

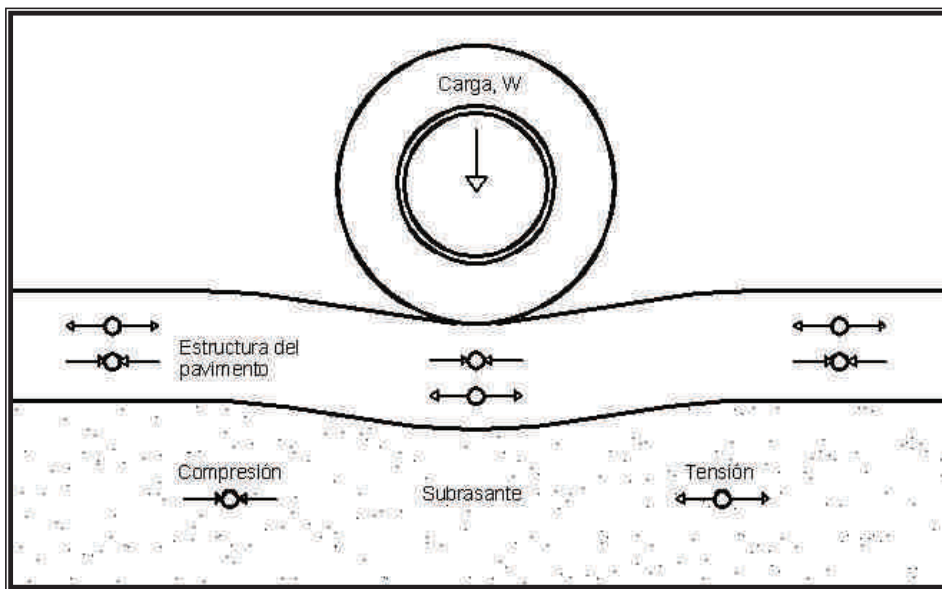
Figura 4. Distribución de la presión de carga de la llanta en la estructura del pavimento



Fuente: Juan Carlos López López. **Manual del curso de pavimentos**. Pág. 82

- ii. La carga de la rueda, hace que la estructura del pavimento se deforme, creando tanto esfuerzos de compresión como de tensión en la estructura del pavimento. En la creación de procedimientos de diseño, se han calculado las deformaciones horizontales inducidas por la deformación E_t , en el fondo de la capa de asfalto y las deformaciones verticales por compresión E_c , en la parte superior de la subrasante.

Figura 5. Resultado de la deformación del pavimento como esfuerzos de tensión y compresión en la estructura del pavimento



Fuente: Juan Carlos López López. **Manual del curso de pavimentos**. Pág. 82

Así el método considera dos de los modos de falla que ocurren mas comúnmente relacionados con el tránsito en los pavimentos.

2.3 Diseño geométrico y gabarito

La elección de las características geométricas de carreteras deben estar basada en una serie de patrones y especificaciones, en este punto hay que prestar marcada atención ya que de aquí se define el alineamiento: horizontal, vertical, secciones transversales y gabarito.

Tabla I. Valores límites recomendados del diseño geométrico

<i>TPD de</i>	<i>Carretera</i>	<i>Ancho de calzada (m)</i>	<i>Velocidad de diseño (km/hr)</i>	<i>Radio mínimo (m)</i>	<i>Pendiente máxima (%)</i>
3000 A 5000	Tipo "A"	2 x 7.20			
	Llanas		100.00	375.00	3.00
	Onduladas		80.00	225.00	4.00
	Montañosas		60.00	110.00	5.00
1500 A 3000	Tipo "B"	7.20			
	Llanas		80.00	225.00	6.00
	Onduladas		60.00	110.00	7.00
	Montañosas		40.00	47.00	8.00
900 A 1500	Tipo "C"	6.50			
	Llanas		80.00	225.00	6.00
	Onduladas		60.00	110.00	7.00
	Montañosas		40.00	47.00	8.00
500 A 900	Tipo "D"	6.00			
	Llanas		80.00	225.00	6.00
	Onduladas		60.00	110.00	7.00
	Montañosas		40.00	47.00	8.00
100 A 500	Tipo "E"	5.50			
	Llanas		50.00	75.00	8.00
	Onduladas		40.00	47.00	9.00
	Montañosas		30.00	30.00	10.00
10 A 100	Tipo "F"	5.50			
	Llanas		40.00	47.00	10.00
	Onduladas		30.00	30.00	12.00
	Montañosas		20.00	18.00	14.00

Adaptado de: AASHTO, **Policy on geometric design of highways and streets**. Pág. 19

En el diseño se deben tomar en cuenta los criterios mínimos para pendientes, curvas verticales, curvas horizontales, longitudes, tangentes de intersección, distancias mínimas de visibilidad y frenado, todo de acuerdo a las especificaciones geométricas para carreteras, según las características que muestra el proyecto es la correspondiente a una sección típica E.

2.4 Topografía

2.4.1 Reconocimiento

La información que ha de obtenerse del reconocimiento abarca un campo mucho mayor de lo que supone el levantamiento instrumental, porque en este reconocimiento se apoya la elección del camino más apropiado. No sólo hay que considerar los problemas de ingeniería y geología del alineamiento, el tráfico futuro de la carretera, sino los aspectos económicos generales del conjunto, en relación con los fines a que se destina la vía de comunicación.

Si el fin propuesto es enlazar dos puntos terminales, la elección del camino sólo dependerá de la ponderación económica del costo de construcción y conservación, los accesos y ventajas de todo orden dependerán del tipo de tráfico a que se destine la carretera.

2.4.2 Levantamiento preliminar

Además de constituir la base de la selección definitiva del alineamiento, el levantamiento preliminar proporciona datos que sirven para fijar la línea central buscada y preparar los presupuestos preliminares de la obra. Debe, por tanto, ser una medición total y detallada, que, marcando todos los accidentes topográficos, muestre los pormenores o accidentes que pudiera de alguna forma, afectar el emplazamiento exacto.

La información que se requiere comprende aspectos como el de la forma del terreno, límites de zonas de desagüe, posición del arbolado, zonas de matorral y setos, puentes, caminos existentes, tuberías, cables subterráneos, edificios y monumentos. Hay que determinar también las lindes de las fincas y hacer constar el nombre de sus propietarios, tanteando los presupuestos de costo y tipo de obra.

Una vez definida la ruta se hará el trazo de una línea preliminar.

Cuando se trabaja en terrenos montañosos, con pendiente transversal muy fuerte, es necesario el control, por medio de un clisímetro o clinómetro, de la pendiente longitudinal, alcanzando las máximas pendientes como lo establece la reglamentación de la Dirección General de Caminos.

En terrenos planos, la gran mayoría de las veces el trazo definitivo será el mismo que el preliminar con pequeñas modificaciones. Esta línea de traza tomando como vértices los puntos obligados a los intermedios señalados en el terreno, levantando con ellos una poligonal, estacada cada veinte metros en las secciones transversales y en los accidentes notables del terreno.

Para la medición de los ángulos horizontales generalmente se emplea el procedimiento de deflexiones, con el norte magnético es posible dar dirección y seguimiento de los ángulos por medir.

Para conocer el perfil del terreno se lleva una nivelación por todas las estacas del trazo y puntos interesantes de la preliminar, como cauces de ríos, arroyos, canales, barrancos, utilizando para estos últimos el nivel de mano si es necesario.

Apoyados en la poligonal se levantan secciones transversales, empleando para ello el nivel de mano, la cinta de género y la estadía. Estas secciones se levantarán cuando se trate de terreno poco accidentado, normales a ambos lados de la poligonal, de 6 a 20 *m* (derecha e izquierda); en terrenos accidentados no solamente en cada 20 *m* sino en lugares intermedios o en fondos de arroyos o cualquier otro accidente topográfico y abarcando una considerable anchura.

Mientras más completa sea la configuración topográfica, más certeza y facilidad se tendrá para proyectar el trazo definitivo y el drenaje del camino.

2.4.3 Localización o línea definitiva

Cuando no se ha hecho el trazo definitivo directamente sobre el terreno, sino que únicamente se ha levantado una preliminar, es necesario proyectar la línea definitiva en un plano, para después trazarla en el terreno.

Por los procedimientos usuales se dibuja la preliminar en un plano y se vacían todos los datos de configuración topográfica, ya sean secciones transversales, estadía, etc. trazándose las curvas de nivel de acuerdo con la equidistancia escogida y ayudándose en el dibujo con los croquis de los registros de la estadía o de la secciones.

No debe tomarse como una regla fija que el proyecto sea una línea que compense a derecha e izquierda las ondulaciones de la línea, pero si puede ser de mucha utilidad hacerlo de esta forma por la idea que da la línea central. La topografía levantada en la circunvalación de la laguna Las Garzas se puede apreciar en el apéndice.

2.5 Evaluación de las características del suelo

Es imprescindible la evaluación de las características del terreno por la determinación de la calidad de los materiales empleados en la construcción de carreteras, por ello es necesario un estudio apropiado de estos, para garantizar la calidad técnica.

2.5.1 Toma de muestras

La toma de muestra para los ensayos debe de realizarse según el ensayo por realizar, como se indica a continuación:

- a) **Valor soporte:** Se debe efectuar por cada 500 metros cúbicos producidos al iniciar la explotación de cada banco, hasta llegar a 3,000 metros cúbicos colocados.
- b) **Granulometría:** Se debe efectuar un ensayo de granulometría por cada 500 metros cúbicos en los primeros 3,000 metros cúbicos producidos al iniciar la explotación de cada banco, seguidamente, se debe efectuar un ensayo cada 3,000 metros cúbicos colocados de material.
- c) **Índice de plasticidad o equivalente de arena:** Se debe efectuar un ensayo por 3,000 metros cúbicos de material de sub-base colocado.
- d) **Porcentaje de tolerancia y compactación:** Debe ser menor del 3% respecto al porcentaje de compactación especificado. Se debe efectuar un ensayo representativo por cada 400 metros cuadrados de cada una de las capas que se compacten.
- e) **Peso unitario suelto:** Cuando en el banco de material se encuentre otro tipo de material o sus características físicas cambien considerablemente.

2.5.2 Ensayos de laboratorio

Sobre las muestras obtenidas en los reconocimientos se realizan diversos ensayos, que pueden clasificarse en ensayos de identificación y ensayos de evaluación de comportamiento.

Los ensayos de identificación pueden ser básicos (granulometría, plasticidad o de composición química) o complementarios (contenido de materia orgánica o el equivalente de arena). Por su parte, los ensayos de caracterización del comportamiento son los de compactación Proctor y los de capacidad soporte CBR.

La necesidad de realizar ensayos sobre los suelos, como sobre cualquier otro material, está originado por el deseo de objetivar su caracterización cuantificando sus propiedades. Por ello, para que un ensayo de suelos sea bueno debe cumplir varias condiciones:

- Sencillez (un ensayo complejo y largo sólo tendría sentido si fuera completamente determinante).
- Repetibilidad (un ensayo debe dar el mismo resultado ejecutado por cualquier persona con experiencia).
- Reproducibilidad (un ensayo debe dar el mismo resultado ejecutado en cualquier laboratorio con experiencia).
- Bajo costo en relación con el material.
- Debe referirse a una cualidad significativa.

2.5.2.1 Granulometría

La granulometría de un suelo es quizá la propiedad más característica de un suelo, hasta el punto de que el propio lenguaje geotécnico distingue los suelos según el tamaño de las partículas: grava, arena, arcilla, limo, etc. En ingeniería, y por razones mencionadas, es necesario determinar la granulometría cuantitativamente conociendo la proporción en la que intervienen los distintos tamaños de partículas en una porción de suelo. La facilidad de la medida de esta propiedad hace que sea la más empleada en la clasificación de suelos.

El ensayo consiste en determinar la masa de suelo, seco y pulverizado, retenida entre dos tamices consecutivos de una serie determinada; se calcula entonces la proporción de masa de lo retenido respecto del total de la muestra. Con ello se establece, una vez finalizado el proceso, la proporción en masa que pasa por cada tamiz, que se suele expresar como un porcentaje. Los tamices aproximadamente 0.075 mm marcan prácticamente el límite de las posibilidades del tamizado. Para partículas de tamaños inferiores, la separación de las partículas de limo y arcilla resulta cada vez más difícil y hasta dudosa; es necesario entonces recurrir a ensayos de granulometría por sedimentación si se desea conocer la granulometría de limos y arcillas.

La representación gráfica de estas fracciones se realiza por razones prácticas en ejes semilogarítmicos, con los tamaños en un eje de abscisas logarítmico y los porcentajes pasantes en un eje de ordenadas lineal.

La característica granulométrica de la subrasante del proyecto de la laguna Las Garzas, presenta una curva muy bien graduada y con índices de uniformidad aceptables para subrasante (ver apéndice 8).

2.5.2.2 Límites de consistencia

La plasticidad es la posibilidad que presenta un suelo de ser moldeado sin fractura. Por moldeado se entiende un cambio de forma inducido que se convierte en permanente. Se debe al comportamiento de los minerales que componen las arcillas; es esencia, la plasticidad es posible por que esos minerales y el agua que contienen están cargados eléctricamente y estas cargas hacen que la estructura se mantenga con grandes deformaciones.

La plasticidad de un suelo depende de su humedad y de la naturaleza de sus posibles componentes arcillosos. En lo referente al contenido de agua, esto es intuitivo si se consideran dos estados límites: suelo disuelto en agua y suelo totalmente seco. El primero tiene un comportamiento no ya plástico, sino viscoso, mientras que un suelo totalmente seco es frágil y no presenta plasticidad. Entre ambos extremos hay todo un rango de situaciones intermedias. Así pues, la plasticidad en sí no es una propiedad intrínseca del suelo al depender de la humedad, pero sí son las humedades de las que es preciso dotar a este suelo para alcanzar una cierta consistencia.

La cuantificación de la plasticidad se realiza mediante los límites de consistencia o de Atterberg. Éstos miden la plasticidad del suelo a través de las humedades que son necesarias para alcanzar dos límites de consistencia:

Límite líquido, definido como el valor de la humedad con la que una cierta muestra de suelo alcanza una cohesión alrededor de 2 kPa . Su medida esta normalizada según el ensayo de Casagrande.

El límite plástico, por su parte, corresponde al valor de la humedad con la que unos rollos de 3 mm delgados de suelos se empiezan a agrietar al intentar armarlos y que aproximadamente adquiere un valor de cohesión de 200 kPa .

Con los límites líquido y plástico se obtiene un índice útil para el estudio de los suelos, llamado índice plástico, su expresión es la siguiente.

$$IP = LL - LP$$

donde:

IP = Índiceplástico

LL = Límitelíquido

LP = Límiteplástico

Tabla II. Clasificación de los suelos por su plasticidad, según Atteberg (año 1911)

ÍNDICE PLÁSTICO (IP)	PLASTICIDAD DEL SUELO
<i>IP = 0</i>	No plástico
<i>0 < IP < 7</i>	Baja plasticidad
<i>7 < IP < 17</i>	Mediana plasticidad
<i>IP > 17</i>	Alta plasticidad

Adaptado de: Carlos Kraemer, **Ingeniería de carreteras**, tomo II, pág. 34.

El tipo de material presente en la localización del proyecto de la circunvalación de la laguna Las Garzas no presenta límites de consistencia debido a que es un suelo totalmente arenoso, por ello se recurrió al ensayo de equivalente de arena.

2.5.2.3 Ensayo de compactación Proctor

Para que la carretera ofrezca al usuario unas condiciones de rodadura adecuadas y permanentes, toda la estructura debe de ser construida de forma que se alcance su estabilidad volumétrica y una suficiente resistente frente a las acciones de carga, peso propio de la estructura, agua infiltrada y otros agentes climáticos que puedan producir daños. Para lograr la estabilidad volumétrica pueden aplicarse diversos tratamientos, pero el que se adopta de forma generalizada por su reducido costo y su efectividad, es el de la compactación.

La aplicación del ensayo de compactación Proctor esta basado en la relación humedad-densidad seca y también de la influencia de la energía de compactación. Para este ensayo se emplean un cilindro y un martillo para generar cierta energía de compactación sobre cilindros de material contenidos en un molde, lo cual se hace con el objetivo de simular la energía de compactación de las vibrocompactadoras en campo. Se obtiene así densidades secas máximas sobre muestras de material con humedad variable. De esta manera se tiene un patrón que permite compactar los materiales hasta un grado tal que simule el efecto de compactación en campo, para que la circulación de vehículos en la carretera no ocasione asentamientos apreciables.

El grado de compactación máximo (95 %) del material presente en la circunvalación de la laguna Las Garzas se alcanza a un 22 % de humedad (ver apéndice 7) por las características de material arenoso que presenta.

Tabla III. Características generales de compactación de distintos tipos de suelos

Clasificación AASHTO	ENSAYO PROCTOR	
	Densidad seca máxima (kg/dm³)	Humedad óptima (%)
A-1	1,85 - 2,25	7 - 15
A-2	1,75 - 2,15	9 - 18
A-3	1,75 - 1,85	9 - 15
A-4	1,50 - 2,10	10 - 20
A-5	1,35 - 1,60	20 - 35
A-6	1,50 - 1,90	10 - 30
A-7-5	1,35 - 1,60	20 - 35
A-7-6	1,45 - 1,85	15 - 30

Fuente: Carlos Kraemer, **Ingeniería de carreteras**, tomo II, pág. 60.

2.5.2.4 Ensayo de valor soporte CBR

Se trata de un ensayo en el que el suelo se somete a la penetración de un vástago cilíndrico a una velocidad constante. El suelo compactado se sumerge en agua y en el proceso de saturación se mide, además, el eventual hinchamiento del suelo a medida que se satura.

El resultado CBR es la capacidad de soporte del suelo comparado con la de una grava patrón, en porcentaje. El CBR es, pues, el porcentaje de la presión ejercida por un pistón sobre el suelo con relación a la presión ejercida por una muestra patrón cuando este pistón es introducido en la muestra de suelo con una velocidad de penetración constante.

El método del CBR para diseño de pavimentos, fue uno de los primeros en utilizarse y se basa principalmente en que a menor valor de CBR de la subrasante es necesario colocar mayores espesores en la estructura del pavimento para protegerlo de la frecuencia de las cargas de tránsito, para su cálculo se valúa la siguiente expresión:

$$CBR = \frac{\text{Resistencia a la penetración del material ensayado}}{\text{Resistencia a la penetración del material patrón}} * 100$$

Se toma el material patrón de compactación, la piedra triturada bien graduada, cuyo CBR es el 100%. Los valores estándar de resistencia para el material patrón de acuerdo a su penetración son:

Tabla IV. Valores de resistencia a la penetración del material patrón, que deben tomarse para el cálculo de la fórmula de CBR

PENETRACIÓN		RESISTENCIA	
<i>in</i>	<i>mm</i>	<i>lb/in²</i>	<i>Mpa</i>
0.1	2.54	1,000	6.9
0.2	5.08	1,500	10.3
0.3	7.62	1,900	13.0
0.4	10.16	2,300	16.0
0.5	12.70	2,600	18.0

Fuente: ASTM, **Ensayo D 1883-73**, parte 19

Los valores del CBR indican claramente el grado de capacidad soporte del suelo, es decir, si el material tiene una resistencia que lo haga apto para alguna de las fases de pavimentación, como se resume en el siguiente cuadro:

Tabla V. Usos propuestos según el valor de CBR (en porcentaje)

CBR	USO
0% a 10%	Subrasantes muy malas
10% a 20%	Subrasantes malas
20% a 30%	Subrasantes regulares a buenas
30% a 60%	Sub-bases buenas
60% a 80%	Bases de grava
80% a 100%	Bases de piedra y grava triturada

Adaptado de: Joseph Bowles, **Manual del laboratorio de suelos de ingeniería civil**, pág. 191

En la subrasante de la circunvalación de la laguna Las Garzas, tiene un CBR relativamente bajo (23 % al 95% C) por ser un material de clasificación A-2-4, pero aceptable por las especificaciones técnicas para subrasantes.

2.5.2.5 Equivalente de arena

Las especificaciones exigen que los finos (partículas inferiores a 2 mm) carezcan de materia orgánica y tengan una reducida plasticidad o incluso que no sean plásticos en la mayor parte de los casos. De esta forma, se pretende garantizar que, en presencia del agua, la capa de la que forma parte conserve sus características resistentes y que no halla problemas de adhesividad con los ligantes hidrocarbonados en su caso.

El equivalente de arena es un ensayo complementario e incluso sustitutivo de los límites de Atterberg en el caso de suelos de baja plasticidad (que son difíciles de caracterizar mediante los límites, pues sus resultados no son consistentes, sino que, por el contrario, son muy dependientes del operario). En estos casos es más oportuno realizar el equivalente de arena, que sí sirve para distinguir entre los suelos con distinto comportamiento, aunque todos ellos sean de baja plasticidad.

Tabla VI. Equivalente de arena aceptados

TIPO DE BASE	EQUIVALENTE DE ARENA
Base común	No menor a 25
Base granular	No menor a 25
Base de piedra y grava triturada	No menor a 40
Base estabilizada	No menor a 25

Adaptado de: Ingenieros consultores de Centroamérica S.A.,
Especificaciones generales para construcción de carreteras y puentes, División 307-2, pág. 2

El ensayo consiste en preparar una muestra de suelo seco tamizando por el tamiz de 5 mm. A continuación esta muestra se añade a una probeta con una solución de agua con un aditivo que separa los eventuales flóculos y se deja decantar durante 20 minutos. Transcurrido este tiempo, se miden dos alturas en la probeta: la altura total y la fracción que constituye la arena (que estará en la parte inferior de la muestra). A esta fracción, expresada en tanto por ciento se le denomina equivalente de arena.

El material en corte de la subrasante de la circunvalación de la laguna Las Garzas puede utilizarse como material de base debido a que su equivalente de arena es de 32 (ver apéndice 11) cumpliendo así con lo establecido en la tabla VI, no obviando que los demás ensayos de laboratorio presentan características de base.

2.5.2.6 Peso unitario suelto

Peso unitario suelto es el peso de suelo por unidad de volumen en condiciones alteradas, es decir, que cuando se extraen volúmenes de material (movimientos de tierra) de un banco de material consolidado o normalmente consolidado, este tiende a variar su volumen por el aumento de la relación de vacíos ocasionado por la desfragmentación del suelo.

Para fines del cálculo del movimiento de tierras, es necesario conocer un factor el cual da un indicativo del aumento de volumen, y este dependerá de la clase de material que se manipule, por lo que es de suma importancia realizar un ensayo de peso unitario suelo cuando se trate de movimiento de tierras. El factor de abudamiento FA , puede calcularse mediante la expresión siguiente:

$$FA = \frac{\text{Volumen del material suelto}}{\text{Volumen del material consolidado}}$$

2.5.2.7 Análisis de resultados

Es necesario que el material que se va a utilizar cumpla con las especificaciones, tanto en el lugar de origen como en el de empleo; de este modo, queda asegurado que no ha habido alteraciones en las operaciones de extracción, carga, transporte y descarga.

En este trabajo de EPS se hicieron los ensayos correspondientes, al tipo de suelo predominante en la subrasante de la periferia de la laguna natural Las Garzas (ver apéndice 7 al 12).

RESUMEN E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LOS DIFERENTES ENSAYOS REALIZADOS AL MATERIAL PREDOMINANTE EN LA PERIFERIA DE LA LAGUNA NATURAL LAS GARZAS.

- **ENSAYO COMPACTACION PROCTOR:**

La densidad seca máxima es $1,357 \text{ kg/m}^3$, humedad óptima de 22 %, la compactación en campo deberá presentar al menos un 95% de la compactación de laboratorio.

- **ENSAYO DE RAZÓN SOPORTE CALIFORNIA (CBR):**

El CBR obtenido fue de un 23% a un porcentaje de compactación del 95%, y con un módulo de reacción de 80 Mpa/m cumpliendo así, las características de subrasantes aceptables.

- **ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO:**

El análisis de granulometría determinó la clasificación siguiente:

C.S.U.: SM (arena limosa) P.R.A.: A-2-4

- **ENSAYO DE LÍMITES DE ATTERBERG:**

No presenta límites (material arenoso), con un equivalente de arena de 32

- **ENSAYO DE PESO UNITARIO SUELTO:**

El material una vez removido presento un peso unitario suelto de 804 kg/m^3 , el cual determinó la magnitud de transporte del material.

2.6 Elementos estructurales del pavimento

2.6.1 Subrasante

Es la capa de terreno de una carretera que soporta la estructura de pavimento y que se extiende hasta la profundidad que no afecte la carga de diseño que corresponde el tránsito previsto. Esta capa puede estar formada en corte o relleno y una vez compacta debe tener las secciones transversales y pendientes especificadas en los planos finales de diseño.

El espesor de pavimento dependerá en gran parte de la calidad de la subrasante, por lo que ésta debe cumplir con los requisitos de resistencia, incompresibilidad e inmunidad a la expansión y contracción por efectos de humedad, por consiguiente, el diseño de un pavimento es esencialmente el ajuste de la carga de diseño por rueda a la capacidad de la subrasante.

Para la subrasante del pavimento de la circunvalación de la laguna Las Garzas solo se dispondrá de escarificación, conformación y compactación omitiendo la posibilidad de sustitución de material, considerando que el tráfico promedio diario TPD y tráfico promedio diario de camiones TPDC no exige gran demanda estructural.

2.6.1.1 Materiales de la subrasante

Tiene que estar libre de vegetación y materia orgánica, de lo contrario, el material deberá reemplazarse por material adecuado para subrasante en el tramo correspondiente a considerar la estabilización de los suelos subyacentes.

En general los materiales apropiados para capa de subrasante, son los suelos de preferencia granulares con porcentajes de hinchamiento, según ensayos AASHTO T-193 y que no tengan características inferiores a los suelos que se encuentran en el tramo. Según AASHTO M-145, los suelos clasificados A-8, son materiales inadecuados para la capa de subrasante, ya que son suelos orgánicos constituidos por materiales vegetales o fangosos. Estos suelos generalmente tienen textura fibrosa, color café oscuro y olor a podredumbre y son altamente compresibles, con muy baja resistencia.

Cuando en la subrasante aparezcan áreas con este tipo de material, deberá reemplazarse por otro que llene los requisitos para subrasante.

2.6.1.2 Compactación

Para compactar la capa de subrasante, el espesor de ésta debe escarificarse, homogenizarse, mezclarse, conformarse y compactarse en su totalidad, hasta lograr la densidad máxima, según AASHTO T-180, a un 95% mínimo en relación al de compactación Proctor.

2.6.2 Sub-base

Es la capa de la estructura de pavimento destinada fundamentalmente a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad las cargas aplicadas a la superficie de rodadura de pavimento, de tal manera que la capa de subrasante la pueda soportar absorbiendo las variaciones inherentes a dicho suelo que puedan afectar a la sub-base. La sub-base debe controlar los cambios de volumen y elasticidad que serian dañinos para el pavimento.

Se utiliza además como capa de drenaje y contralor de ascensión capilar de agua, protegiendo así a la estructura de pavimento, por lo que generalmente se usan materiales granulares. Al haber capilaridad en épocas frías, se produce un hinchamiento del agua, causado por las bajas temperaturas, lo que produce fallas en le pavimento, si éste no dispone de una subrasante o subbase adecuada.

Esta capa de material se coloca entre la subrasante y la capa de base, sirviendo como material de transición, en los pavimentos flexibles.

Considerando el párrafo anterior, la estructura del pavimento de la circunvalación de la laguna Las Garzas no contará con sub-base, debido a que se propuso un pavimento de concreto hidráulico.

2.6.2.1 Materiales de sub-base

El material de sub-base deberá ser seleccionado y tener mayor valor soporte CBR que el material de subrasante y su espesor será variable por tramos, dependiendo de las condiciones y características de los suelos existentes en la subrasante.

Los materiales de sub-base deben ser suelos del tipo granular que llenen los siguientes requisitos:

- El valor soporte CBR debe determinarse según AASHTO T-193 sobre muestra saturada, según AASHTO T-180.
- El tamaño de las piedras que contenga el material de sub-base no debe ser mayor de 2/3 del espesor de esta y los porcentajes que pasan los tamices No. 40 y No. 200, deben ser según AASHTO T-11 y T-27.
- El índice de plasticidad debe determinarse según AASHTO T-90, y el límite líquido, según AASHTO T-89, determinados ambos sobre una muestra preparada en húmedo, según AASHTO T-146.
- El equivalente de arena es determinado por el método AASHTO T-176.
- El material debe estar libre de impurezas tales como: basura, materia orgánica, terrones de arcilla cualquier otro material que pueda ocasionar problemas específicos al pavimento.

2.6.2.2 Compactación de sub-base

El material de sub-base debe ser tendido en capas no mayores de 20 centímetros de espesor. Este debe homogenizarse y conformarse, agregándole la cantidad de agua que sea necesaria para lograr la compactación en su totalidad, hasta alcanzar su densidad máxima por el método AASHTO T-180.

2.6.3 Base

Es la capa de pavimento que tiene como función primordial, distribuir y transmitir las cargas ocasionadas por el tránsito, a la sub-base y a través de ésta a la subrasante, y es la capa sobre la cual se coloca la capa de rodadura. Las bases especificadas son las siguientes:

2.6.3.1 Base granular

Material constituido por piedra de buena calidad, triturada y mezclada con material de relleno o bien por una combinación de piedra o grava, con arena y suelo, en su estado natural. Todos estos materiales deben ser clasificados para formar una base integrante de la estructura de pavimento. Su estabilidad dependerá de la graduación de las partículas, su forma, densidad relativa, fricción interna y cohesión, y todas estas propiedades dependerán de la proporción de finos con respecto al agregado grueso.

2.6.3.1.1 Materiales de base granular

Debe corresponder a los tipos de graduación determinado, según AASHTO T-27 y T-11.

Además, el material de base es necesario que llene como mínimo las siguientes condiciones:

- Valor soporte (CBR) para piedra triturada y para grava (canto rodado), según AASHTO T-193, la compactación según AASHTO T-180 e hinchamiento máximo según AASHTO T-193.
- El material debe estar libre de impurezas y residuos orgánicos.
- La porción de agregado retenida en el tamiz No. 4 no debe tener un porcentaje de desgaste, por abrasión, según AASHTO T-96.
- La porción que pasa el tamiz No. 40 debe tener un índice de plasticidad según se indica en AASHTO T-90 y un límite líquido mayor al indicado en AASHTO T-89, determinados ambos sobre una muestra preparada en húmedo, según AASHTO -25.
- El porcentaje que pasa el tamiz No. 200, debe ser menor que la mitad del porcentaje que pasa el tamiz No. 40.
- El equivalente de arena no debe ser menor a 25 como se indica en AASHTO T-176.

- Cuando se necesite agregar material de relleno en adición al que se encuentra naturalmente en el material triturado, para proporcionarle características adecuadas de granulometría y cohesión, éste debe ser libre de impurezas y consistir en suelo arenoso, limo orgánico, polvo de roca u otro material con alto porcentaje de partículas que pasen por el tamiz No. 10.

2.6.3.1.2 Compactación de base granular

Antes de tender el material de base, el material de sub-base debe tener la compactación especificada.

Cuando el espesor de base sea mayor de 20 centímetros, se tendrá que hacer la compactación por capas, siempre que éstas no sean mayores ni menores de 10 centímetros. Además, se tiene que humedecer la superficie entre capas, para conseguir una mejor adhesión entre éstas y así evitar deslizamientos.

Al compactar, el material debe ser homogéneo y debe estar humedecido y mezclado, para lograr la densidad especificada. La capa de base ya terminada, tiene que quedar lo más uniforme posible, para evitar concentración de esfuerzos en la capa de rodadura cuando este en funcionamiento.

2.6.3.2 Base estabilizada

Es la capa formada por la combinación de piedra o grava trituradas, combinadas con material de relleno, mezclados con material o productos estabilizadores, preparada o construida aplicando técnicas de estabilización, para mejorar sus condiciones de estabilidad de resistencia, para constituir una base integrante del pavimento destinada fundamentalmente a distribuir y transmitir las cargas originadas por el tránsito, a la capa de sub-base.

Por lo general siempre son la alternativa menos económica, aunque son la solución cuando se tienen otros factores relevantes, pero en este trabajo no se entrara en detalle por lo amplio que es este tema.

2.6.4 Superficie de rodadura

Como la estructura de del pavimento de la circunvalación de la laguna Las Garzas, se diseñó con losas de concreto hidráulico su capacidad de resistencia se basa en la rigidez de dichas losas, contrario a lo que sucede en las superficies de rodadura de los pavimentos flexibles.

Los pavimentos rígidos pueden dividirse en tres tipos:

2.6.4.1 Concreto hidráulico simple

No contiene armadura en la losa y el espaciamiento entre juntas es pequeño (entre 2.50 a 4.50 *m* ó 8 a 15 *ft*). Las juntas pueden o no tener dispositivos de transferencia de cargas (dovelas).

2.6.4.2 Concreto hidráulico reforzado

Tienen espaciamiento mayores entre juntas (entre 6.10 y 36.60 *m* ó 20 a 120 *ft*) y llevan armadura distribuida en la losa a efecto de controlar y mantener cerradas las fisuras de contracción.

2.6.4.3 Concreto hidráulico reforzado continuo

Tienen armadura continua longitudinal y no tiene juntas transversales, excepto juntas de construcción. La armadura transversal es opcional en este caso. Estos pavimentos tienen más armadura que las juntas armadas y el objetivo de esta armadura es mantener un espaciamiento adecuado entre fisuras y que éstas permanezcan cerradas.

2.6.4.4 Materiales

2.6.4.4.1 Cemento tipo Pórtland

Los cementos hidráulicos deben ajustarse a las Normas AASHTO M-85 para los Cementos Pórtland y a las normas AASHTO M-240, para Cementos Hidráulicos Mezclados.

El Cemento Pórtland debe cumplir con las especificaciones indicadas en la tabla VII.

Tabla VII. Especificaciones para el Cemento Pórtland

AASHTO	Referencia
T - 89	Finura del cemento (por turbidímetro)
T - 105	Composición química del cemento
T - 106	Resistencia a la compresión del mortero del cemento
T - 107	Expansión del cemento en autoclave
T -127	Muestreo del cemento
T - 131	Tiempo de fraguado (agua de Vicat)
T - 137	Contenido de aire del mortero de cemento
T - 153	Finura del cemento (permeámetro)
T - 154	Tiempo de fraguado (agua de Gilmor)
T -186	Endurecimiento inicial del cemento

Fuente: Jorge Coronado Iturbide. **Manual centroamericano para el diseño de pavimentos.**
Pág. 120

Además se debe indicar su clase de resistencia en *MPa* o en *PSI* según sea el caso, 21, 28, 35 y 42 *MPa* (3000, 4000, 5000 y 6000 *PSI*) que corresponde a una resistencia mínima a 28 días.

Cuando no se especifique el cemento a usar, éstos deberán tener una clase de resistencia de 28 *MPa* (4000 *PSI*) o mayor.

3.1.1.1.1 Agregados finos

Debe consistir en arena natural o manufacturada, compuesta de partículas duras y durables, de acuerdo a AASHTO M-6, clase B.

3.1.1.1.2 Agregados gruesos

Deben consistir en gravas o piedras trituradas, trituradas parcialmente o sin triturar, procesadas adecuadamente para formar un agregado clasificado, de acuerdo con AASHTO M 80.

3.1.1.1.3 Agua

El agua para mezclado y curado del concreto o lavado de agregados debe ser preferentemente potable, limpia y libre de cantidades perjudiciales de aceite, ácidos, álcalis, azúcar, sales como cloruros o sulfatos, material orgánico y otras sustancias que pueden ser nocivas al concreto o al acero. El agua de mar o salóbregas y de pantanos, no deben usarse para concreto hidráulico.

El agua proveniente de abastecimientos o sistemas de distribución de agua potable, puede usarse sin ensayos previos.

En donde el lugar de abastecimiento sea poco profundo, la toma debe hacerse de forma que excluya sedimentos, toda hierba y otras materias perjudiciales.

3.1.1.2 Aditivo

El uso de aditivos para concreto, tiene por objeto mantener y mejorar esencialmente la composición y rendimiento del concreto de la mezcla básica.

3.1.1.2.1 Ceniza volante

Se ha usado ceniza volante para mezclas del sistema de pavimentos de concreto de apertura rápida, pero generalmente como un aditivo y no como sustituto del Cemento Pórtland y debe cumplir con lo estipulado en AASHTO M-295.

3.1.1.2.2 Aditivos químicos

Son aquellos que sin cambiar las características naturales del concreto hidráulico para pavimentos, ayudan en los diferentes procesos de construcción, siendo estos: inclusotes de aire según AASHTO M-159, reductores de agua según AASHTO M-194, acelerantes y descelerantes de fraguado según AASHTO M-194.

2.6.5 Juntas

Las juntas tienen como objetivo principal, el control de la fisuración y agrietamiento natural que sufre el concreto durante el proceso constructivo y de su uso. Además, tiene las siguientes funciones:

- Controlar el agrietamiento transversal y longitudinal.
- Divide el pavimento en secciones adecuadas para el proceso constructivo.
- Permite el movimiento y alabeo de las losas por efecto de las cargas de tránsito.

El sistema de juntas se diseña teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

- Condiciones ambientales.
- Espesor de losa.
- Sistema de transferencia de carga.
- Tránsito.
- Características de los materiales.
- Tipos de sub-base.
- Características del material sellante.
- Diseño del hombro.

2.6.5.1 Juntas longitudinales de construcción

Las juntas longitudinales de construcción necesitan una caja para el sello, muy ancha para poder acomodar la variaciones longitudinales, en el borde de las losas, generadas por el proceso constructivo, pero el corte y el sellado son similares al de las juntas longitudinales de contracción.

2.6.5.2 Juntas longitudinales de contracción

Las juntas longitudinales, cuando el pavimento se construye con un ancho de dos o más carriles, se cortan de manera similar a las juntas transversales de contracción, solo que en el momento de corte no es tan crítico pero se debe de cortar rápidamente si la sub-base es estabilizada, apenas se cortan las juntas transversales. En cuanto a las barras de anclaje se colocan dovelas, los equipos de formaletas deslizantes tienen dispositivos para insertarlas.

Por el poco movimiento que tiene estas juntas no necesita de una caja para el sello, basta hacer un corte de 3 a 6 *mm* de ancho, con una profundidad igual a la tercera parte del espesor de la losa.

2.6.5.3 Juntas transversales de construcción

Para los constructores estas son las juntas principales, porque no es fácil definir donde se parara la obra. Si la junta transversal de construcción se va a realizar en el tercio medio, de una losa de un carril adyacentes es necesario que la junta de construcción este dotada de hierros para cocerla evitando con ello los movimientos relativos y eliminando la posibilidad de que se desarrolle una fisura en la losa adyacente.

Para alcanzar un buen resultado con el corte del concreto, es necesario que las últimas tandas de concreto desarrollen mas rápido la resistencia inicial, estas juntas no necesitan el corte inicial para debilitar la sección, solo es necesario hacer el corte secundario para conformar la caja en el que se aloja el material sellante.

2.6.5.4 Juntas transversales de contracción

Son las juntas que se generan al final del día o cuando se suspende la colocación del concreto. Estas juntas se deben localizar y construir en el lugar planeado siempre que sea necesario. Si es posible se hará coincidir las juntas de construcción con una de contracción, si no, se hará en el tercio medio de la placa. Siempre se deben construir perpendicularmente al centro de la vía aun cuando las de contracción tengan esviaje.

2.6.5.5 Juntas transversales de expansión

Su característica principal es que el espesor de la losas se incrementa para reducir los esfuerzos de borde el incremento del espesor es del orden de un 20% y la transición se desarrolla suavemente en un longitud de 6 a 0 veces el espesor de la losa.

Tabla VIII. Especificaciones para colocación de juntas

<i>Espesor de losa (cm)</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
	<i>Espaciamiento entre juntas (cm)</i>	<i>Profundidad de corte de juntas (cm)</i>	<i>Profundidad del material de sellado (cm)</i>	<i>Ancho del corte para la junta (cm)</i>
15	360	5.00	1.00	0.50
16	384	5.33	1.07	0.53
17	408	5.67	1.13	0.57
18	432	6.00	1.20	0.60
19	456	6.33	1.27	0.63
20	480	6.67	1.33	0.67
21	504	7.00	1.40	0.70
22	528	7.33	1.47	0.80
23	552	7.67	1.53	0.83
24	576	8.00	1.60	0.87
25	600	8.33	1.67	0.83

Fuente: Jorge Coronado Iturbide. **Manual centroamericano para el diseño de pavimentos.**
Pág. 238

2.6.5.6 Selladores de juntas

Su propósito es minimizar la infiltración de agua superficial dentro de las juntas y las capas subyacentes. Así como, la entrada de materiales incompresibles que puedan ocasionar desportillamientos y daños mayores. Este proceso consiste en el aserrado de la losa, entre 2 y 4 horas después de su colocación. Posteriormente se coloca el cordón de respaldo y sobre el mismo, el material sellador. En la tabla IX se muestra los distintos tipos de selladores utilizados en Centroamérica.

Los materiales de relleno y selladores para juntas deben ajustarse a las normas AASHTO y cumplir con lo indicado en la tabla IX.

Tabla IX. Materiales más comunes para sellado de juntas

TIPOS DE SELLADOR	ESPECIFICACIÓN
Selladores aplicados en caliente Asfalto polimérico Sellador polimérico Sellador elastomérico	AASHTO M-173 AASHTO M-301 AASHTO M-282
Sellos premoldeados Sellos de compresión	AASHTO M-220
Material de relleno Material de relleno premoldeado en fibra Material de relleno hule-espuma Material de relleno bituminoso	AASHTO M-213 AASHTO M-213 AASHTO M-33

Fuente: Jorge Coronado Iturbide. **Manual centroamericano para el diseño de pavimentos.**

Pág. 241

2.7 Diseño y dimensiones del espesor del pavimento

2.7.1 Método de diseño de pavimento rígido de la PCA

Este método se aplica a diferentes tipos de pavimentos rígidos, tales como:

- Los pavimentos de concreto simple, se constituyen sin acero de refuerzo y sin varillas de transferencia (dovelas) de carga en las juntas, ya que la transferencia se logra a través del esfuerzo de corte proporcionado por los agregados situados en las caras agrietadas que se forman por el corte de la junta entre losas contiguas; para que ésta transferencia sea efectiva, es necesario que la longitud de las losas sean cortas.
- Los pavimentos de concreto simple con varillas de transferencia de carga (dovelas), se construyen sin acero de refuerzo, pero en las juntas de contracción se colocan varillas lisas que tienen la función de transmitir cargas a las otras losas; para este caso, es necesario que las losas también sean cortas con el objeto de tener mejor control sobre los agrietamientos.

- Los pavimentos de concreto reforzado tienen acero de refuerzo dentro de la losa, así como varillas de transferencia de carga (dovelas) en las juntas de contracción. Las separaciones en las juntas son mayores a las que se utilizan en pavimentos convencionales, por lo que es posible que se produzcan más fisuras transversales las cuales se mantienen prácticamente cerradas debido al refuerzo de acero, lo que permite una mejor transferencia de cargas.

Los pavimentos de refuerzo continuo, se construyen sin juntas de contracción; por tener una alta y continua cantidad de acero de refuerzo en dirección longitudinal, estos pavimentos desarrollan fisuras transversales en intervalos relativamente cortos, pero debido al acero de refuerzo producen un alto grado de transferencia de cargas en las caras de las fisuras.

2.7.2 Elementos básicos

En pavimentos de concreto simple, el espaciamiento entre juntas no debe exceder los 4.50 metros, para que las losas tengan un buen comportamiento. En pavimentos con dovelas, las losas no deben ser mayores de 6.00 metros y en pavimentos reforzados las losas no deben ser mayores de 12.00 metros, lo cual permite un buen comportamiento, ya que espaciamientos mayores a los mencionados, produce problemas tanto en las juntas como en las fisuras transversales intermedias.

El procedimiento de diseño desarrollado por PCA, establece varias condiciones, tales como:

- La transferencia de cargas, dependiendo del tipo de pavimento que se considere.
- El uso de hombros de concreto o asfalto adheridos al pavimento, permite reducir los esfuerzos de flexión y deflexiones, producidos por las cargas de los vehículos en los bordes de las losas.
- Para reducir los esfuerzos que se producen al paso de las ruedas sobre las juntas, es necesario el uso de sub-base estabilizadas, ya que estas proporcionan superficies de soporte de mejor calidad y resistencia a la erosión a causa de las deflexiones de las losas de pavimento.
- Se adicionan dos criterios básicos en el diseño y son:
 - i. Fatiga: Esta sirve para mantener los esfuerzos que se producen dentro de los límites de seguridad, ya que el paso de cargas sobre las losas del pavimento producen esfuerzos que se convierten en agrietamientos.
 - ii. Erosión: Este sirve para limitar los efectos de deflexión que se producen en los bordes de las losas, juntas y esquinas del pavimento; también para tener control sobre la erosión que se produce en la sub-base o subrasante y los materiales que conforman los hombros.

Este criterio es necesario, ya que evita fallas del pavimento, como succión de finos de la capa de apoyo que producen a su vez desnivel entre losas y destrucción de hombros, siendo situaciones independientes de la fatiga.

- Los camiones con ejes tridem se consideran dentro del diseño, a pesar de que los sencillos y el tándem son los más utilizados en las carreteras; los ejes tridem pueden llegar a producir más daño por efecto de erosión que por fatiga.

Por lo manifiesto anteriormente, seleccionar el espesor de pavimento por este método, depende sustancialmente de suministrar otros factores diferentes a los utilizados comúnmente.

2.7.3 Factores de diseño

Fundamentalmente para desarrollar el diseño de un pavimento rígido, es necesario conocer las condiciones del lugar para escoger el tipo de pavimento que se va a construir, así como las características de la sub-base y tipo de hombros a utilizar; el procedimiento se realiza teniendo en cuenta los siguientes factores:

2.7.3.1 Resistencia a la flexión del concreto (módulo de ruptura, MR)

Este valor se utiliza en el diseño, bajo el criterio de la fatiga que sufren los materiales por el paso de las cargas impuestas por los vehículos pesados, que tienden a producir agrietamientos en el pavimento.

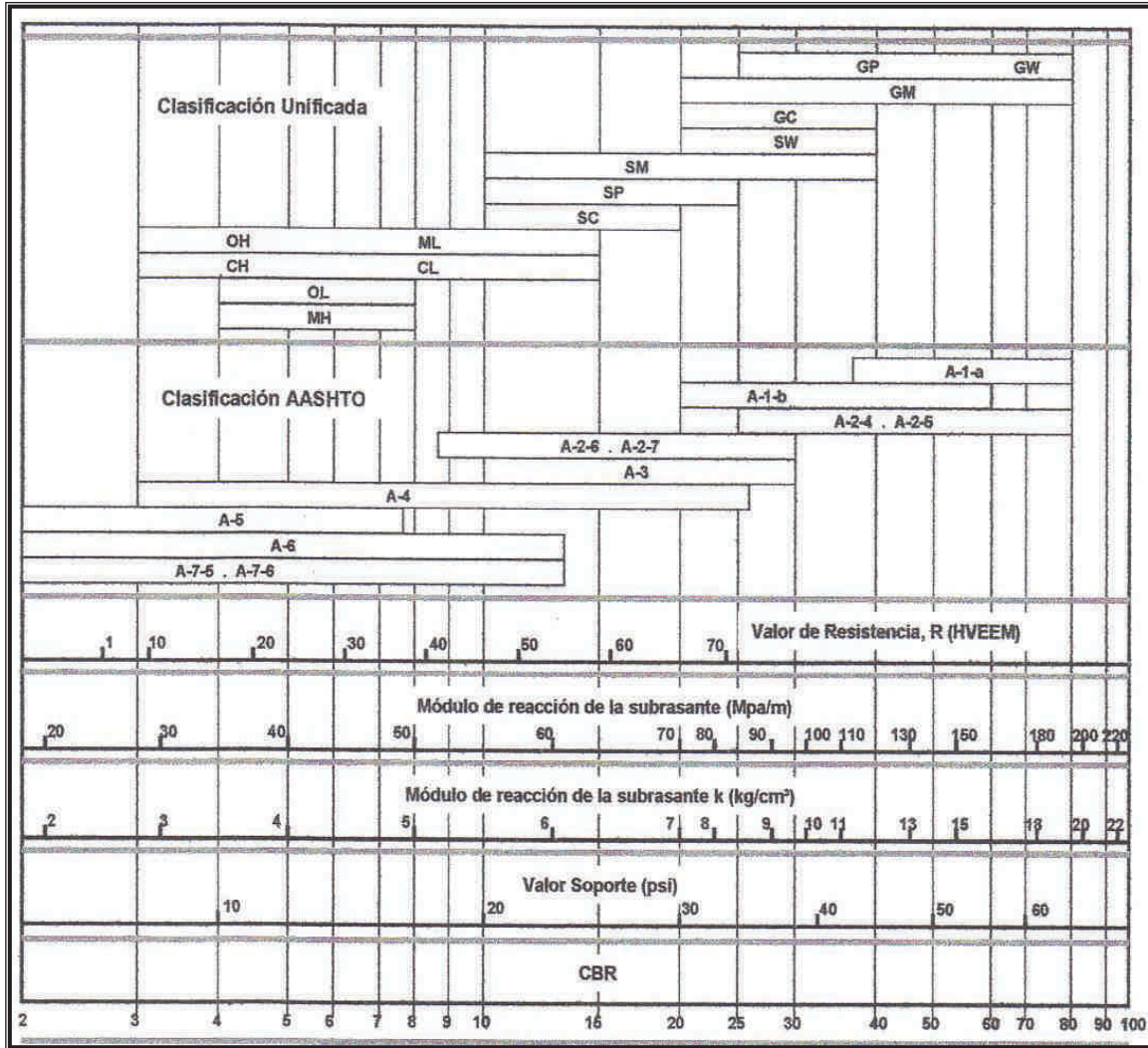
La deformación que se produce en el pavimento de concreto por efecto de las cargas, hace que las losas estén sometidas a esfuerzos de tensión y compresión. La relación existente entre las deformaciones debido a las cargas y los esfuerzos de compresión es muy baja como para incidir en el diseño del espesor de la losa. La relación entre la tensión y la flexión son mayores, situación que afecta el espesor de la losa. De lo anterior se deduce que los esfuerzos y la resistencia a la flexión son factores principales a considerar en el diseño de pavimentos rígidos.

2.7.3.2 Capacidad soporte de la subrasante o de la sub-base (k)

La capacidad soporte es el valor del módulo de reacción (k) de la capa de apoyo de un pavimento de concreto. Este valor se puede estimar por correlación con el CBR ya que no es necesariamente indispensable tener un valor exacto de k, variaciones mayores de este valor no afectan los espesores de diseño. Las relaciones que se muestran son suficientes para el diseño de pavimentos por este método.

Las sub-bases son necesarias con el objeto de prevenir el efecto de succión, pero además incrementan la capacidad soporte del pavimento, situación que se aprovecha con el objeto de poder reducir el espesor de la losa. En la tabla X se puede observar como se incrementa el valor de k al colocar una sub-base granular.

Figura 6. Correlación aproximada entre la clasificación de los suelos y los diferentes ensayos



Fuente: Jorge Coronado Iturbide. **Manual centroamericano para el diseño de pavimentos.**
Pág. 209

Tabla X. Efecto de la sub-base granular sobre los valores de k

Valor de k para subrasante	Valor de k para sub-base			
	100 mm	150 mm	225 mm	300 mm
Mpa/m lb/in³	Mpa/m lb/in³	Mpa/m lb/in³	Mpa/m lb/in³	Mpa/m lb/in³
20 73	23 85	26 96	35 117	38 140
40 147	45 165	49 180	57 210	66 245
60 220	64 235	66 245	76 280	90 330
80 295	87 320	90 330	100 370	117 430

Fuente: Jorge Coronado Iturbide. **Manual centroamericano para el diseño de pavimentos.**
Pág. 210

2.7.3.3 Período de diseño

El período de diseño se considera como el período de análisis del tránsito, ya que es difícil hacer la predicción del tránsito con suficiente aproximación para un largo tiempo. Para un pavimento rígido se considera adecuado tomar 20 años como período de diseño; por lo que el que se elija incide directamente en los espesores, ya que esto determina cuántos vehículos tendrán que circular sobre el pavimento es función del tipo de carretera, nivel de tránsito, análisis económico y el servicio que preste.

2.7.3.4 Tránsito

Las características principales de tránsito que se relacionan con el diseño de pavimentos rígidos son el número de pasadas de ejes y la importancia de las cargas.

Las cargas más pesadas por el eje que se esperan durante el período de diseño, son las que definen los esfuerzos a los que va a estar sometido dicho pavimento.

Los valores de tránsito a obtener se clasifican así:

- TPD tránsito promedio diario en ambas direcciones.
- TPD-C tránsito promedio diario de vehículos pesados en ambas direcciones.
- Cargas por eje de los vehículos pesados.

El dato necesario para obtener el tránsito de diseño, consiste en asumir tasas de crecimiento anual que relacionen factores de proyección; en la tabla XI se presenta la relación entre las tasas de crecimiento anual y los factores de proyección para períodos de 20 y 40 años, conforme las recomendaciones PCA.

El TPD-C es un dato importante en el diseño de pavimentos, ya que incluye buses y camiones con 6 ruedas o más y excluye los vehículos que tiene hasta 4 ruedas. Es conveniente para propósitos de diseño calcular el número total de vehículos pesados esperados durante el período de diseño.

Tabla XI. Tasas anuales de crecimiento con sus correspondientes factores de proyección

<i>Tasa de crecimiento anual de tránsito, %</i>	<i>Factores de proyección</i>	
	<i>20 años</i>	<i>40 años</i>
1.0	1.1	1.2
1.5	1.2	1.3
2.0	1.2	1.5
2.5	1.3	1.6
3.0	1.3	1.8
3.5	1.4	2.0
4.0	1.5	2.2
4.5	1.6	2.4
5.0	1.6	2.7
5.5	1.7	2.9
6.0	1.8	3.2

Fuente: Jorge Coronado Iturbide. **Manual centroamericano para el diseño de pavimentos.**
Pág. 211

Regularmente, se asume que las cargas y volúmenes de tránsito se distribuyen en partes iguales en las dos direcciones, pero esto no es real en su totalidad, ya que no puede suceder en casos específicos, que la mayor parte de los camiones viaja a plena carga en una dirección y retornan vacíos en la otra.

2.7.3.5 Factores de seguridad de carga

Este método de diseño exige que las cargas reales esperadas se multipliquen por factores de carga F_{sc} , para lo cual se recomienda lo siguiente

- Para vías que tienen múltiples carriles, en los cuales se espera un flujo de tránsito ininterrumpido con un elevado volumen de tránsito pesado, $F_{sc} = 1.2$
- Para carreteras y vías urbanas en las que el tránsito esperado es de un volumen moderado de vehículos pesados $F_{sc} = 1.1$
- Para calles residenciales y otras que soportan bajo volumen de tránsito de camiones, $F_{sc} = 1.0$

Además de los factores de seguridad de carga, el método es conservador ya que en situaciones de tránsito de camiones muy cargados, variaciones en los materiales, proceso constructivo, y espesor de capas. En algunos casos se podría justificar el empleo de un factor de 1.3 con el objeto de mantener un nivel de serviciabilidad mayor durante el período de diseño, por ejemplo: una autopista de tránsito muy alto y sin rutas alternas de desvío.

2.8 Cálculo del espesor del pavimento por el método de la PCA

Factores de diseño del pavimento de la periferia de la laguna Las Garzas.

- **Tipo de hombros y juntas:** Hombros de concreto de 0.5 m en ambos lados y juntas sin dovelas.
- **Resistencia a la flexión del concreto o módulo de ruptura:** 3.4 Mpa.
- **Módulo de la subrasante K:** 80 Mpa/m.
- **Período de diseño:** 20 años.
- **Carga de diseño:** Eje sencillo: 107, 98, 89 y 80 kN, Eje tándem 160, 142 y 125 kN. (según especificaciones de diseño DGC)
- **Factor de seguridad de carga F_{sc} :** 1.1
- **Espesor por tanteo (dato inicial):** 150 mm (por ser un espesor razonable)

Los pasos para el diseño son los siguientes y los resultados están tabulados en la tabla XVI.

- 1) En la columna 1 se colocan los datos de las cargas por eje de los diferentes tipos de vehículos, sencillos y tándem que se asumen que van a transitar en la carretera.

- 2) Para la columna 2 se procede a multiplicar las cargas por eje (columna 1), por el factor de seguridad F_{sc} de.

Expresión para el cálculo de la carga última por eje.

$$Pu_n = F_{sc} * P_n$$

donde:

Pu_n = Carga enésima última de diseño

F_{sc} = Factor de seguridad

P_n = Carga enésima factorizada de diseño

Se muestra el cálculo de las primeras dos cargas, por ser un proceso repetitivo, las demás están tabuladas en la tabla XVI.

$$Pu_1 = 1.1 * P_1$$

$$Pu_1 = 1.1 * 107kN$$

$$Pu_1 = 117.70kN$$

$$Pu_2 = 1.1 * P_2$$

$$Pu_2 = 1.1 * 98kN$$

$$Pu_2 = 107.80kN$$

- 3) En la columna 3 se colocan las repeticiones esperadas del paso de los vehículos asumidos en el período de diseño, este dato se obtuvo por criterio propio ya que la lógica indica que debe ir en concordancia con el TPD y TPD-C, estos nos da un indicativo de cuantos vehículos pueden circular en tal período (20 años), tráfico que fue proyectado según las tasas de crecimiento de la tabla XI.

Seguidamente se debe de efectuar el análisis por fatiga, ya que el concreto sufre tales efectos con el uso frecuente de los vehículos.

- 4) Según la determinación de CBR de la subrasante en laboratorio, se buscó ese resultado en la figura 6, la cual da un valor del módulo de reacción (k) de la subrasante (80 *Mpa*) y con ese valor se pudo encontrar el efecto de sub-base granular K de subrasante/sub-base (90 *Mpa*) en la tabla X, dicho de otra forma, por el hecho de proporcionar una sub-base al pavimento el efecto de carga sobre la subrasante disminuye y este efecto esta en función del valor k de la subrasante y del espesor que se le proporcione a la base para este diseño se proporcionó una sub-base de 150 *mm*.
- 5) Seguidamente se procedió a buscar el esfuerzo equivalente de las losas por efecto de cargas de eje sencillo y eje tándem, este valor esta en función del espesor asumido (150 *mm*) de losa y del valor de K del conjunto subrasante/sub-base (90 *Mpa*), y dio para eje sencillo: **1.73** y eje tándem: **1.48**, valores encontrados en las tablas XII y XIII respectivamente.

Tabla XII. Esfuerzo equivalente pavimento con hombros de concreto

Espesor de losa (mm)	Eje sencillo					
	<i>k del conjunto de subrasante/sub-base</i>					
	20	40	60	80	90	140
100	4.18	3.65	3.37	3.19	2.85	2.72
110	3.68	3.23	2.99	2.83	2.55	2.43
120	3.28	2.88	2.67	2.54	2.29	2.19
130	2.95	2.60	2.41	2.29	2.07	1.99
140	2.68	2.36	2.19	2.08	1.89	1.81
150	2.44	2.15	2.00	1.90	1.73	1.66
160	2.24	1.97	1.84	1.75	1.59	1.53
170	2.06	1.82	1.70	1.62	1.48	1.42
180	1.91	1.69	1.57	1.5	1.37	1.32
190	1.77	1.57	1.46	1.4	1.28	1.23
120	1.65	1.46	1.37	1.3	1.19	1.15

Adaptado de: Jorge Coronado Iturbide. Manual centroamericano para el diseño de pavimentos. Pág. 221

Tabla XIII. Esfuerzo equivalente pavimento con hombros de concreto

Espesor de losa (mm)	Eje tándem					
	<i>k del conjunto de subrasante/sub-base</i>					
	20	40	60	80	90	140
100	3.48	3.1	2.94	2.85	2.74	2.72
110	3.07	2.71	2.56	2.47	2.35	2.32
120	2.75	2.41	2.26	2.17	2.05	2.02
130	2.49	2.17	2.02	1.94	1.82	1.78
140	2.27	1.97	1.83	1.75	1.63	1.59
150	2.08	1.8	1.67	1.59	1.48	1.44
160	1.93	1.66	1.53	1.46	1.35	1.31
170	1.79	1.54	1.42	1.35	1.24	1.20
180	1.67	1.43	1.32	1.25	1.15	1.11
190	1.57	1.34	1.23	1.17	1.07	1.03
120	1.48	1.26	1.16	1.10	1.00	0.96

Adaptado de: Jorge Coronado Iturbide. Manual centroamericano para el diseño de pavimentos. Pág. 222

- 6) Luego se dividen los esfuerzos equivalentes encontrados (paso 5) entre el módulo de ruptura del concreto 4.5 *Mpa* (650 *PSI*) como se muestra a continuación.

Para la relación de esfuerzos para eje sencillo:

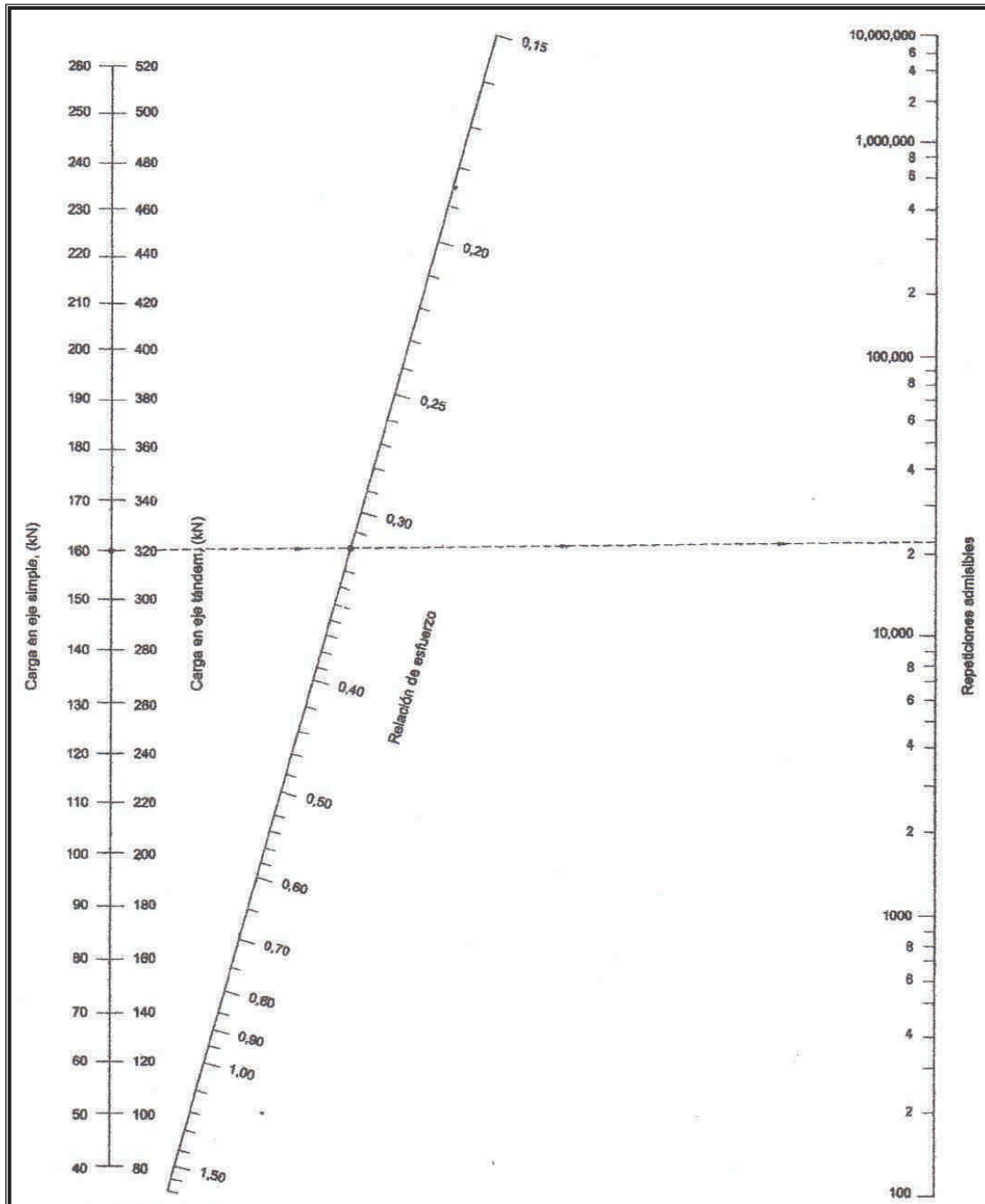
$$\text{Relacion de esfuerzos} = \frac{1.73 \text{ Mpa}}{4.5 \text{ Mpa}} = 0.384$$

Para la relación de esfuerzos para eje tándem:

$$\text{Relacion de esfuerzos} = \frac{1.48 \text{ Mpa}}{4.5 \text{ Mpa}} = 0.328$$

- 7) Con estos valores encontrados se procedió a buscar las repeticiones admisibles de la figura 7, la cual consiste en ubicar la carga para eje sencillo o tándem según el caso en la primera línea vertical y luego se busca la relación de esfuerzos de la inclinada central trazándose una línea recta entre ambos valores y proyectándose hacia la línea vertical derecha la cual corresponde a los valores de repeticiones admisibles, tales valores se tabulan en la columna 4.

Figura 7. Análisis de fatiga, repeticiones admisibles en función de la relación de esfuerzos en pavimentos con o sin hombros de concreto



Fuente: Jorge Coronado Iturbide. **Manual centroamericano para el diseño de pavimentos.** Pág. 218

- 8) Una vez obtenidos los valores de repeticiones admisibles se calculó el porcentaje de fatiga de la siguiente forma:

$$\% \text{ fatiga}_n = \frac{\text{Repeticiones esperadas}_n}{\text{Repeticiones admisibles}_n} * 100$$

donde:

$\% \text{ fatiga}_n$ = porcentaje de fatiga provocado por la carga enésima.

Por lo tanto el porcentaje de fatiga para la primera carga se procedió así:

$$\% \text{ fatiga}_1 = \frac{\text{Repeticiones esperadas}_1}{\text{Repeticiones admisibles}_1} * 100$$

$$\% \text{ fatiga}_1 = \frac{1,095}{110,000} * 100$$

$$\% \text{ fatiga}_1 = 0.99\%$$

Por lo repetitivo del proceso solo se calculó el primer porcentaje, los demás valores se encuentran tabulados en la columna 5 de la tabla XVI.

9) Seguidamente se procedió a buscar el factor de erosión de las losas por efecto de cargas de eje sencillo y eje tándem, este valor esta en función del espesor asumido (150 mm) de losa y del valor de k del conjunto subrasante/sub-base (90 Mpa), y dio para eje sencillo: **2.87** y eje tándem: **2.82**, valores encontrados en las tablas XIV y XV respectivamente.

10) Con estos valores encontrados se procedió a buscar las repeticiones admisibles de la figura 8, la cual consiste en ubicar la carga para eje sencillo o tándem según el caso en la primera línea vertical y luego se busca el factor de erosión de la línea central trazándose una línea recta entre ambos valores y proyectándose hacia la línea vertical derecha la cual corresponde a los valores de repeticiones admisibles, tales valores se tabulan en la columna 6.

11) una vez obtenidos los valores de repeticiones admisibles se calculó el factor de erosión de la siguiente forma:

$$\% \text{erosión}_n = \frac{\text{Repeticiones esperadas}_n}{\text{Repeticiones admisibles}_n} * 100$$

donde:

% erosión _n = porcentaje de erosión provocado por la carga enésima.

Por lo tanto, el porcentaje de erosión se calculó así:

$$\% \text{ erosión}_1 = \frac{\text{Repeticiones esperadas}_1}{\text{Repeticiones admisibles}_1} * 100$$

$$\% \text{ erosión}_1 = \frac{1095}{70,000} * 100$$

$$\% \text{ erosión}_1 = 1.564\%$$

$$\% \text{ erosión}_2 = \frac{\text{Repeticiones esperadas}_2}{\text{Repeticiones admisibles}_2} * 100$$

$$\% \text{ erosión}_2 = \frac{7300}{120000} * 100$$

$$\% \text{ erosión}_2 = 6.083\%$$

Por lo repetitivo del proceso solo se calculó el primer y segundo porcentaje, los demás valores se encuentran tabulados en la columna 7 de la tabla XVI.

Tabla XIV. Factor de erosión para pavimento sin dovelas y con hombros.

Espesor de losa (mm)	Eje sencillo					
	<i>k del conjunto de subrasante/sub-base</i>					
	20	40	60	80	90	140
100	3.45	3.41	3.39	3.38	3.34	3.31
110	3.34	3.3	3.28	3.27	3.23	3.2
120	3.24	3.2	3.18	3.16	3.13	3.11
130	3.15	3.11	3.08	3.07	3.04	3.02
140	3.07	3.02	3.00	2.98	2.95	2.93
150	2.99	2.94	2.92	2.90	2.87	2.85
160	2.91	2.87	2.84	2.83	2.8	2.78
170	2.85	2.80	2.77	2.76	2.73	2.71
180	2.78	2.73	2.71	2.69	2.66	2.64
190	2.73	2.67	2.64	2.63	2.60	2.58
120	2.67	2.61	2.59	2.57	2.54	2.52

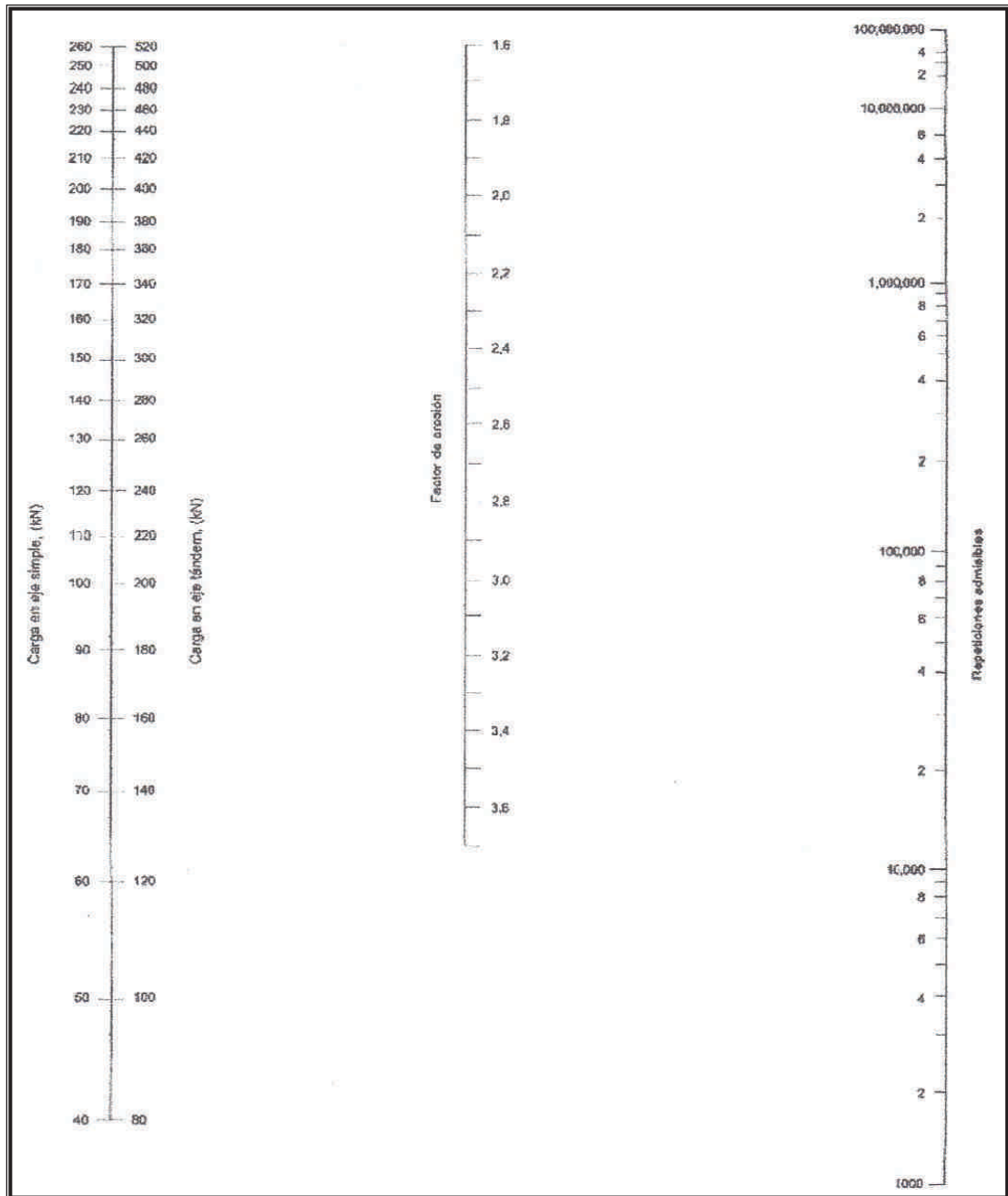
Adaptado de: Jorge Coronado Iturbide. *Manual centroamericano para el diseño de pavimentos*. Pág. 232

Tabla XV. Factor de erosión para pavimento sin dovelas y con hombros.

Espesor de losa (mm)	Eje tándem					
	<i>k del conjunto de subrasante/sub-base</i>					
	20	40	60	80	90	140
100	3.45	3.36	3.33	3.31	3.28	3.27
110	3.36	3.27	3.22	3.20	3.16	3.15
120	3.28	3.18	3.13	3.11	3.06	3.04
130	3.21	3.11	3.05	3.02	2.97	2.95
140	3.15	3.01	2.98	2.98	2.89	2.86
150	3.09	2.98	2.92	2.88	2.82	2.79
160	3.04	2.92	2.86	2.82	2.75	2.72
170	2.99	2.87	2.81	2.77	2.69	2.66
180	2.94	2.82	2.76	2.71	2.64	2.61
190	2.90	2.77	2.71	2.67	2.59	2.55
120	2.86	2.73	2.67	2.62	2.54	2.51

Adaptado de: Jorge Coronado Iturbide. *Manual centroamericano para el diseño de pavimentos*. Pág. 233

Figura 8. Análisis de erosión, con hombros de concreto, repeticiones admisibles en función del factor de pavimentos con hombros de concreto hidráulico



Fuente: Jorge Coronado Iturbide. Manual centroamericano para el diseño de pavimentos. Pág. 229

12) Una vez determinados los dos análisis se sumaron los porcentajes de fatiga y de erosión provocados por los dos tipos de ejes.

Tabla XVI. Resumen del proceso del cálculo del espesor del pavimento método PCA para un espesor de losa de 15 cm.

Carga por eje, kN	Carga por Fsc	Repeticiones esperadas	Análisis por fatiga		Análisis por erosión	
			Repeticiones admisibles	Porcentaje de fatiga	Repeticiones admisibles	Porcentaje de daño
1	2	3	4	5	6	7
EJE SENCILLO						
107	117.7	1095	110000	1.00	70000	1.56
98	107.8	7300	400000	1.83	120000	6.08
89	97.9	21900	4000000	0.55	190000	11.53
80	88.0	306600	-	-	400000	76.65
EJE TÁNDEM						
160	176.0	3650	ilimitado	-	1000000	0.37
142	156.2	7300	ilimitado	-	2400000	0.30
125	137.5	73000	ilimitado	-	6500000	1.12
			Total = 3.37%		Total = 97.62%	
CHEQUEO			Aceptable		Aceptable	

Fuente: Creado por el autor, en base a los resultados del cálculo del espesor del pavimento del proyecto de la circunvalación de la laguna natural Las Garzas.

Media vez, las sumas de los porcentajes de fatiga y de erosión dieron menores que el 100% quiere decir que el espesor asumido de losa (150 mm) es un valor que si es funcional para este proyecto, si dichas sumas hubieran dado valores mayores a 100% se hubiese tomado un valor mayor de losa, y si el valor se hubiese sido mucho menor al 100% quiere decir que es una losa antieconómica, este criterio puede ser para cualquiera de las dos sumas analizadas en el párrafo anterior.

2.8.1 Diseño de la mezcla de concreto

El concreto debe contener la dosificación adecuada para alcanzar las propiedades de resistencia, el cálculo se realizó por las especificaciones centroamericanas para el diseño de mezclas, dado que se puede utilizar cuando no se cuentan con mezclas de pruebas de laboratorio.

El volumen de 1 Kg de agua = al volumen de 1 L de agua = 0.001 m^3 y
El volumen de 1.518 kg de cemento = al volumen de 1 L de agua = 0.001 m^3
según La tabla XVII.

$$\frac{\text{agua}}{\text{cemento}} = 0.44 \quad \text{y} \quad \frac{\text{litros}}{\text{saco}} = 19.0$$

Por lo tanto, según la tabla XVII:

$$\frac{\text{litros}}{\text{sacos}} = 19.0$$

$$\frac{\text{litros}}{8.5 \frac{\text{sacos}}{\text{m}^3}} = 19.0$$

$$\text{litros} = 19.0 * 8.5 \frac{\text{sacos}}{\text{m}^3}$$

$$\text{litros} = 161.50 \frac{\text{litros}}{\text{m}^3} \quad (\text{de agua})$$

Si un saco de cemento pesa 42.5 kg, entonces 8.5 sacos pesan 361.25 kg que es lo que la tabla XVII propone para un metro cúbico, como el concreto pesa 2200 Kg/m³, entonces se le quita el peso del cemento y de agua, para saber el peso de los agregados.

$$2,200 \frac{kg}{m^3} = \text{cemento} + \text{agua} + \text{agregados}$$

$$\text{agregados} = 2,200 \frac{kg}{m^3} - \text{cemento} - \text{agua}$$

$$\text{agregados} = 2,200 \frac{kg}{m^3} - 361.25 \frac{kg}{m^3} - 161.50 \frac{kg}{m^3}$$

$$\text{agregados} = 1677.25 \frac{kg}{m^3}$$

El agregado fino ocupa entre 35 y 44% del volumen de concreto, para cubrir una resistencia de 28 Mpa, según las especificaciones centroamericanas, se usa un 40% para agregado grueso de ¾ in, en consecuencia el agregado grueso ocupará el restante o sea el 60%.

$$\text{agregado fino} = 40\% * 1677.25 \frac{kg}{m^3}$$

$$\text{agregado grueso} = 60\% * 1677.25 \frac{kg}{m^3}$$

$$\text{agregado fino} = 670.9 \frac{kg}{m^3}$$

$$\text{agregado grueso} = 1006.35 \frac{kg}{m^3}$$

Tabla XVII. Composición del concreto de cemento hidráulico para pavimentos

<i>Clase de concreto</i>	<i>agua/cemento litros/saco máximo</i>	<i>Contenido de cemento mínimo. sacos de 42.5kg/m³ de concreto.</i>
14 (2000)	0.71 30.0	6.5
17.5 (2500)	0.62 26.5	7
21 (3000)	0.58 24.5	7.5
24.5 (3500)	0.53 22.5	8
28 (4000)	0.44 19.0	8.5

Fuente: Ingenieros consultores de Centroamérica, **Especificaciones generales para construcción de carreteras y puentes**, sección 551-11, Pág.14.

La proporción a utilizar en volúmenes es: **1 : 0.45 : 2 : 2.5** dado que:

$$cemento = \frac{361.25 \frac{kg}{m^3}}{361.25 \frac{kg}{m^3}} = 1$$

$$agua = \frac{161.50 \frac{kg}{m^3}}{361.25 \frac{kg}{m^3}} = 0.447 \approx 0.45$$

$$arena = \frac{670.9 \frac{kg}{m^3}}{361.25 \frac{kg}{m^3}} = 1.87 \approx 2$$

$$piedrin = \frac{100635 \frac{kg}{m^3}}{361.25 \frac{kg}{m^3}} = 2.78 \approx 2.5$$

2.9 Presupuesto

Es evidente que el volumen de los fondos disponibles determinara la calidad de la obra que ha de construirse; pero es objeto de muchos criterios, sin embargo, si hay que enfocar la construcción con vistas a las necesidades de los veinte primeros años, cargando su costo total sobre la generación actual, en este proyecto se cuantificaron los materiales de calidad, especificados según lo indican las especificaciones técnicas, la mano de obra debe proporcionarse con recursos humanos experimentados (ver apéndice 3).

2.10 Cronograma de ejecución

La proyección del tiempo de ejecución de la obra, se baso en el numero de trabajadores y rendimientos de maquinaria según construcciones anteriores por parte de la municipalidad de San Antonio Ilotenango, y se ajusta para un período de 4.5 meses, teniendo como base la magnitud del proyecto (ver apéndice 5).

2.11 Planos y especificaciones

Para la presentación de los planos se realizaron con el programa land desktop 2006 por motivos de calidad, presentación y detalle, se imprimieron en formatos A-1 para uso de la municipalidad en la ejecución y en A-3 como apéndice de este informe (ver anexo 5).

3. DISEÑO DE LAS INSTALACIONES DEL CAMPO MUNICIPAL DE SAN ANTONIO ILOTENANGO, EL QUICHÉ.

3.1 Descripción del proyecto

En la parte del desarrollo humano se incluyen las actividades recreativas para la formación plena de las personas, y debido a la falta de instalaciones para hacerlo, se procedió en el diseño de la estructura que conformara el graderío del sector de la general norte, el techo del graderío, se integran módulos comerciales debajo de éste, así como también vestidores, servicios sanitarios y la taquilla, para la parte del campo se incluye el diseño del engramillado y su respectivo drenaje pluvial, y el diseño del muro perimetral del terreno de juego.

3.1.1 Localización

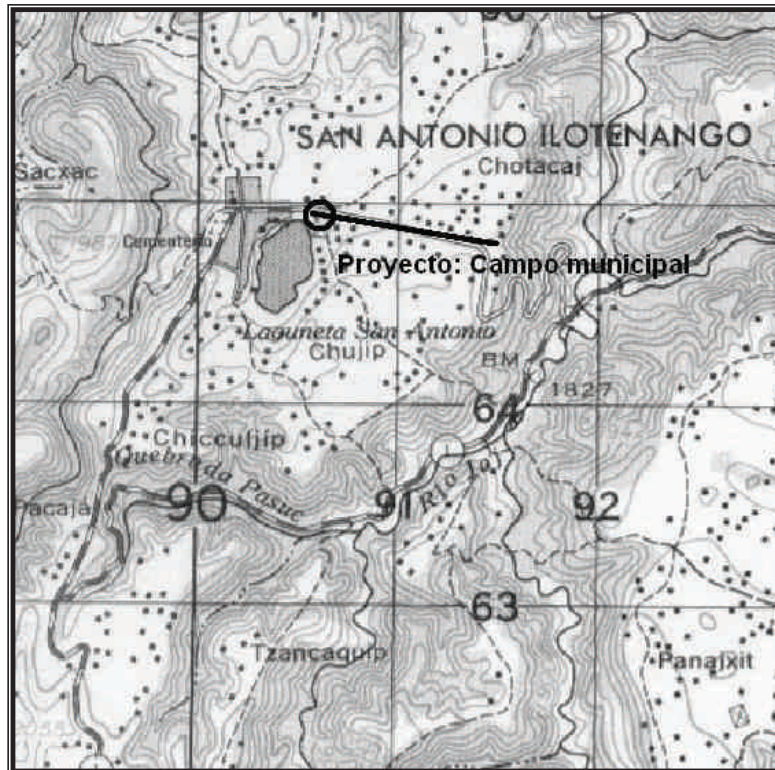
El proyecto de las instalaciones del campo municipal, esta localizado en las coordenadas siguientes en el centro del campo de juego:

Altitud: 1948 metros sobre el nivel del mar.

Latitud: Norte 15°37'42"

Longitud: Oeste 90°53'00"

Figura 9. Mapa de localización del proyecto



Fuente: Instituto Geográfico Nacional

3.1.2 Ubicación

La ubicación del campo se encuentra en dirección sur este en sus sectores generales, y está ubicado justamente a las orillas de la laguna Las Garzas de este municipio, lugar donde se proyectó el diseño complementario de este trabajo de graduación.

3.1.3 Topografía del terreno

La topografía del terreno en su totalidad es casi plana con pendientes sumamente bajas, para su levantamiento se procedió por realizar una poligonal cerrada para ayuda del cálculo de su área, y nivelación como ayuda para las referencias de nivel y dirección del paso pluvial. Ver apéndice (plano 1/11).

3.1.4 Evaluación de la calidad del suelo y determinación de su capacidad de carga

Los resultados de la teoría de la elasticidad se emplean frecuentemente para calcular los esfuerzos producidos en una masa de suelo por las cargas aplicadas exteriormente. Esta teoría parte de la hipótesis de que el esfuerzo es proporcional a la deformación. La mayoría de las soluciones más útiles de esta teoría suponen también que el suelo es homogéneo e isótropo, para calcular su capacidad, se hizo por medio del método de capacidad de carga de Terzaghi.

$$q_u = 1.3CN_c + \gamma D_f N_q + 0.4B\gamma N_\gamma$$

donde:

q_u = Capacidad de carga del suelo

C = Cohesión del suelo

N_x = Factores de capacidad de carga de Terzaghi

γ = Peso específico del suelo

D_f = Desplante de cimentación

B = Base de la zapata

ϕ = ángulo de fricción interna del suelo

Los factores N_x se hallaron por medio de las ecuaciones siguientes, las cuales están en función del ángulo de fricción interna del suelo, para la muestra de prueba de laboratorio extraída de un sector del campo municipal los datos obtenidos fueron los mostrados a continuación (ver apéndice 13).

$$C = 6.00 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^2} \quad \phi = 26.27^\circ$$

Por lo tanto según las ecuaciones los valores de N_x son:

$$N_c = e^{2\left(\frac{3\pi}{4} - \frac{\phi}{2}\right)\tan(\phi)} = e^{2\left(\frac{3\pi}{4} - \frac{26.27}{2}\right)\tan(26.27)} = 27.09$$

$$N_q = 2 \cos^2\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\phi}{2}\right) = 2 \cos^2\left(\frac{\pi}{4} - \frac{26.27}{2}\right) = 14.21$$

$$N_\gamma = \frac{e^{2\left(\frac{3\pi}{4} - \frac{\phi}{2}\right)\tan(\phi)}}{2 \cos^2\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\phi}{2}\right)} = \frac{e^{2\left(\frac{3\pi}{4} - \frac{26.27}{2}\right)\tan(26.27)}}{2 \cos^2\left(\frac{\pi}{4} - \frac{26.27}{2}\right)} = 9.74$$

Entonces con estos datos encontrados se procede a calcular la capacidad de carga del suelo que soportara la estructura del graderío del campo municipal, tomando en cuenta que se calculará para un metro de lado de superficie de suelo y un desplante de cimentación de 1.30 m.

$$q_u = 1.3 * 6.0 \frac{Ton}{m^2} * 27.09 + 1.42 \frac{Ton}{m^3} * 1.30m * 14.21 + 0.4 * 1m * 1.42 \frac{Ton}{m^3} * 9.74$$

$$q_u = 243.00 \frac{Ton}{m^2}$$

Por razones de seguridad es necesario un factor de seguridad F_s para reducir la carga de falla, entonces:

$$q_{adm} = \frac{q_u}{F_s}$$

$$q_{adm} = \frac{243.00 \frac{Ton}{m^2}}{4}$$

$$q_{adm} \approx 60.00 \frac{Ton}{m^2}$$

Quiere decir que el suelo analizado, soportara como máximo 60 toneladas por metro cuadrado de superficie, antes de que ocurra una falla local en la masa del suelo.

3.2 Diseño arquitectónico

Este punto se refiere a la forma de distribuir los ambientes e instalaciones que conformaran el módulo en general, de tal manera que estén localizados de una manera agradable y aceptable, con el fin de dar comodidad y funcionalidad a los usuarios. Para lograrlo se tuvo que tomar en cuenta las instalaciones básicas que componen un campo deportivo.

3.3 Selección del tipo de estructura

La estructura principal y de mayor dimensión será el graderío de la general norte la cual estará conformada por marcos dúctiles de concreto reforzado, los asientos estarán compuestos por losas de concreto reforzado, puestas de tal manera que funcionen como losas simplemente apoyadas.

3.4 Predimensionamiento estructural

Este punto es muy importante debido que de aquí se define las dimensiones de los elementos estructurales, las dimensiones propuestas con anticipación son fundamentales para el cálculo estructural, si en algún momento el análisis no llena los requisitos estructurales y de seguridad se deben modificar y proponer nuevas dimensiones, aunque para ello el código ACI propone algunos criterios de predimensión para un previo análisis.

3.4.1 Vigas

Según el **ACI 318 05 – 9.5.2.1**, las vigas continuas podrán tener un espesor mínimo h como se muestra a continuación:

$$h = \frac{\ell}{18.5}$$

donde:

ℓ = Longitudde la viga

h = Alturade viga

Entonces para el cálculo de la viga de 4.00 m se procede así:

$$h = \frac{4.00m}{18.5}$$

$$h = 0.23m$$

Pero como el ancho no puede ser menor que 250 mm , o $0.3h$ según el **ACI 318 05 – 21.3.1.3**, entonces se debe tomar un espesor más conservador, por lo tanto quedo así:

$$h = 0.35m$$

$$b = 0.25m$$

3.4.2 Columnas

En columnas el lado menor no puede ser menor a 300 *mm*, y la relación de la sección transversal y la perpendicular no debe ser menor que 0.4, según el **ACI 318 05 – 21.4.1.1, 21.4.1.2.** consecuentemente se seleccionó una columna de 0.30 *m* x 0.30 *m*.

3.4.3 Losas

El **ACI 318 05 – 9.5.2.1,** propone el espesor de losas macizas continuas en ambos extremos de esta forma:

$$h = \frac{\ell}{28}$$

donde:

ℓ = Longitud de la losa

h = Altura de losa

Por lo tanto, se procedió así:

$$h = \frac{3.00m}{28}$$

$$h = 0.107m \approx 0.11m$$

Quiere decir que las losas que servirán de asiento tendrán un espesor de 0.11 *m* y proponiendo un ancho de 0.85 *m*, para dejar margen de paso de las personas dentro del graderío.

3.5 Cargas aplicadas a marcos dúctiles

3.5.1 Cargas verticales

Estas cargas incluyen las cargas fijas y las movibles o bien llamadas muertas y vivas respectivamente, ya sean distribuidas o concentradas actuarán a consecuencia gravimétrica.

3.5.1.1 Cargas muertas

Las cargas muertas comprenden todas las cargas de elementos permanentes de la construcción incluyendo la estructura en sí, pisos, rellenos, vidrieras, tabiques fijos, equipo permanente rígidamente anclado, etc.

3.5.1.2 Cargas vivas

Las cargas vivas son aquellas producidas por el uso y la ocupación de la edificación. Los agentes que producen estas cargas no están rígidamente sujetos a la estructura. Estos incluyen, pero no están limitados: los ocupantes en sí, el mobiliario y su contenido así como el equipo fijo.

Este tipo de carga se asume superficialmente al igual que las cargas muertas de entrepisos, de alguna manera siempre será casi probable que no actuará en su totalidad simultáneamente por lo que se puede aplicar un factor de reducción a la carga viva pero bajo los preceptos de Ingeniería.

3.5.2 Cargas horizontales

Las cargas horizontales son las que provocan movimientos laterales, por lo general se consideran con mayor énfasis las fuerzas inerciales provocadas por los movimientos sísmicos, el código de diseño propone un método de cálculo, el código AGIES propone un método que esta en función de un porcentaje calculado del peso total de la estructura.

3.6 Análisis de marcos

3.6.1 Modelos matemáticos de marcos dúctiles

Para tener un modelo matemático que se acerque representativamente a la realidad hay que considerar todas las acciones que en este intervienen, para ello hay que realizar un recuento de las cargas que actúan en el marco, para que los resultados del análisis estructural sean confiables y certeros.

Para generar un modelo matemático del graderío se incluyeron las cargas muertas CM, viva CV y la inercial provocada por los movimientos sísmicos E, para su cálculo se procedió así.

3.6.1.1 Integración de carga viva

La carga superficial para edificaciones recomendadas para la república de Guatemala se tomó de la tabla XVIII. y a partir de aquí se realiza el cálculo.

Tabla XVIII. Cargas vivas en edificaciones

Tipo de ocupación o uso	Carga distribuida Kg/m²
Vivienda	200
Oficina	250
Hospitales	350
Hoteles	500
Balcones	300
Vestíbulos públicos	500
Plazas y áreas publicas	500
Salones de reunión	
Con asientos fijos	300
Sin asientos fijos	500
Escenarios y circulaciones	500
Instalaciones deportivas	
Zona de circulación	400
Zona de asientos	500
Aulas y escuelas	200
Bibliotecas	
Áreas de lectura	200
Deposito de libros	600

Adaptado de: Código AGIES, **NR-2:200**, Pág.28

Tomando el valor de carga superficial se procede a la integración de cargas vivas sobre las vigas.

$$CV = \frac{W_v * L * \ell}{L}$$

donde:

CV = Carga viva

W_v = Carga superficial viva

L = Longitudde la superficie

ℓ = Anchode la superficie

Por lo tanto, la carga lineal viva se calculó así:

$$W_v = 500.00 \frac{kg}{m^2} \text{ (Tomado de la tabla XVIII)}$$

$$L = 8.00 \text{ m}$$

$$\ell = 3.20 \text{ m}$$

$$CV = \frac{500.00 \frac{kg}{m^2} * 8.00m * 3.20m}{8.00m}$$

$$CV = 1600.00 \frac{kg}{m}$$

3.6.1.2 Integración de carga muerta

En esta carga está integrado el peso propio de la estructura y depende del peso del concreto armado $\gamma_c \approx 2400.00 \frac{kg}{m^3}$, y un espesor equivalente de la viga por el peso provocado por la base de las gradas (0.57 m).

$$CM = \sum \text{peso de los elementos estructurales que soportan la viga}$$

CM = peso de la viga + peso de las losas + peso de sobrecargas (acabados)

$$CM = 0.57m * 0.25m * 240000 \frac{kg}{m^3} + 0.11m * 3.20m * 240000 \frac{kg}{m^3} + 60.00 \frac{kg}{m^2} * 3.20m$$

$$CM = 768.00 \frac{kg}{m} + 192.00 \frac{kg}{m} + 342.00 \frac{kg}{m}$$

$$CM = 1302.00 \frac{kg}{m} \approx 1305.00 \frac{kg}{m}$$

3.6.1.3 Integración de carga por efecto sísmico

Para la determinación de esta fuerza, están implicadas muchas variables, los métodos de cálculo son variables dependiendo de las características de la estructura por diseñar, para la estructura del graderío se utilizó el método propuesto por el código **UBC-97 Cap. 16 División. IV**, que es para estructuras irregulares de no más de 5 pisos en una zona sísmica 4 (Guatemala).

El cortante de diseño en la base V , se calcula en una dirección dada de acuerdo con la ecuación siguiente:

$$E = ZICKS * W \quad Y \quad E \geq 0.10 * W$$

donde:

E = Cortante basal

Z = factor de zona sísmica (0.40 para Guatemala)

I = Factor de importancia de la estructura ó categoría (1.0)

C = Coeficiente numérico que depende del período de vibración

$$C = \frac{1}{15\sqrt{T}} \quad \text{Y} \quad T = 0.10N$$

donde:

T = Período de vibración de la estructura

N = Número de niveles de la estructura

K = Coeficiente numérico que depende del sistema estructural (0.67 marcos dúctiles)

S = Factor que depende del tipo de suelo que puede ser 1.0, 1.2, 1.5 ó 2.0 a medida que el perfil del suelo cambia desde condiciones tipo roca o suelo rígido (1.0) hasta arcillas blandas (2.0)

Entonces:

$$T = 0.10N$$

$$T = 0.10 * 1$$

$$T = 0.1$$

$$C = \frac{1}{15\sqrt{T}}$$

$$C = \frac{1}{15\sqrt{0.1}}$$

$$C = 0.21$$

Por lo tanto:

$$E = ZICKS * W$$

$$E = 0.40 * 1.0 * 0.21 * 0.67 * 1.5 * W$$

$$E = 0.08 * W$$

Por lo que $E \geq 0.10 * W$ no se cumple, entonces se usó: $E = 0.1 * W$

Una vez determinado el factor de fuerza sísmica se determinó el peso total de la estructura, según el **UBC-97 Cap. 16 División. IV en su excepción I**, debe incluirse el 25 por ciento de la carga viva como probabilidad de uso.

$$W = \sum \text{peso de todos los elementos estructurales} + 25\% \text{ de la carga viva}$$

Entonces los pesos para los elementos serian:

Columnas:

$$W_{col} = 0.30m * 0.30m * (1m + 3.18m + 4.70m) * 240000 \frac{kg}{m^3}$$

$$W_{col} = 191808kg$$

Losas:

$$W_{losa} = 0.85m * 0.11m * 3.20m * 240000 \frac{kg}{m^3}$$

$$W_{losa} = 718008kg$$

Vigas:

$$W_{viga} = 0.57m * 0.25m * (3m + 4m) * 240000 \frac{kg}{m^3}$$

$$W_{viga} = 239400kg$$

Contrahuellas de tabique:

$$W_{ch} = \frac{3.20m}{0.40m} * 35kg * 11$$

$$W_{ch} = 239400kg$$

25% de la carga viva:

$$W_v = 0.25 * 8.0m * 3.20m * 500.00 \frac{kg}{m^2}$$

$$W_v = 320000kg$$

$$W = \sum \text{peso de todos los elementos estructurales} + 25\% \text{ de la carga viva}$$

$$W = 191808kg + 718008kg + 308000kg + 239.00kg + 320000kg$$

$$W = 20,166.88kg$$

$$W \approx 20,200.00kg$$

Y con el peso se calcula la fuerza de sismo:

$$E = 0.1 * W$$

$$E = 0.1 * 20,200.00kg$$

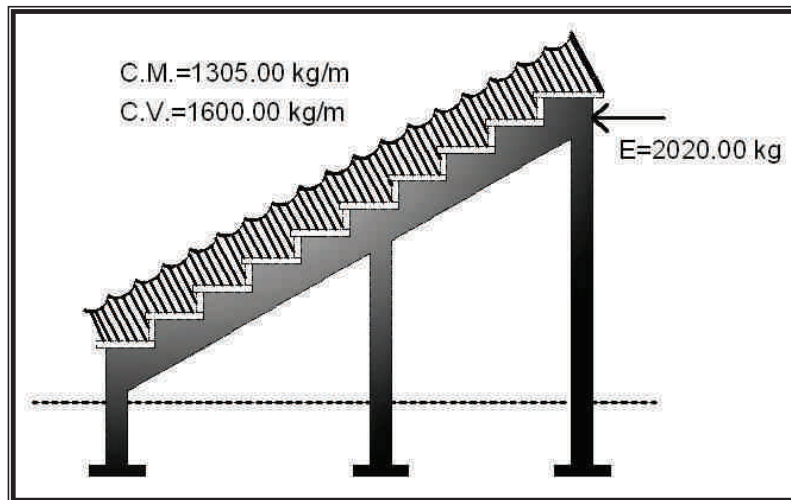
$$E = 2,020.00kg$$

Como no hay distribución por niveles (estructura de un nivel) la fuerza sísmica es igual al corte basal, de lo contrario la fuerza basal se tendría que repartir por cada nivel dependiendo de la altura y del peso de cada entrepiso.

$$E = 2,020.00kg$$

Una vez calculadas las cargas actuantes se hace una representación grafica, como se muestra en la figura 10.

Figura 10. Modelo matemático de marco dúctil



3.6.2 Análisis estructural

En el análisis estructural se determinaron las acciones provocadas por las cargas de diseño tomando las consideraciones del ACI en su comentario **R8.9 - Disposición de la carga viva**, donde literalmente dice así:

Para determinar los momentos en las columnas, muros y vigas causados por las cargas gravitacionales, el reglamento permite el uso de un modelo limitado a las vigas en el nivel considerado y las columnas arriba y debajo de ese nivel. **Los extremos lejanos de las columnas se consideran empotrados para propósitos de análisis con cargas gravitacionales.**

Esta suposición **no se aplica para cargas laterales**. No obstante, en el análisis **para cargas laterales** los métodos simplificados (como el método del portal) pueden utilizarse para obtener momentos, cortantes y reacciones en estructuras que son simétricas, y que cumplan con las suposiciones utilizadas en tales métodos simplificados. Para las **estructuras asimétricas** o estructuras en altura deben **emplearse métodos más rigurosos** en los que reconozcan todos los desplazamientos de la estructura.

Tomando en cuenta las consideraciones anteriores, el análisis estructural se realizó por el método matricial, el cual es un método que a mano sería muy extenso y complejo, pero como alternativa se hizo necesario el uso de una hoja de cálculo en Microsoft Excel. No obstante, para la comprobación del análisis se hizo un chequeo de los resultados obtenidos por medio del software SAP 2000 nonlinear.

3.6.2.1 Teoría del método matricial

Hipótesis: Estructura lineal.

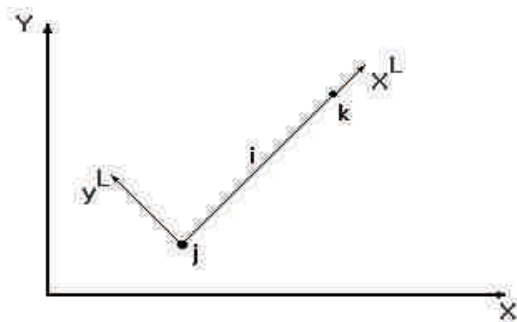
- Todos los movimientos y esfuerzos son funciones lineales de las cargas y pequeñas deformaciones (ecuaciones de equilibrio en la estructura no distorsionada).
- Las barras son rectas y de sección constante.

- Para estudiar una estructura por el método de la rigidez, al igual que en cualquier otro problema elástico, disponemos de tres conjuntos de ecuaciones que deben cumplirse.
 - Ecuaciones de compatibilidad
 - Ecuaciones constitutivas
 - Ecuaciones de equilibrio

Barra de reticulado plano

Consideremos una barra de reticulado plano, supongamos que la misma esté arbitrariamente orientada con relación a un sistema de ejes globales X e Y.

Supondremos que la barra es recta, de sección transversal constante y que el material responde a la ley de Hooke como muestra el diagrama.



En la barra i de la barra anterior el nudo inicial es el j y el final es el k , quedando definida la orientación de los ejes locales x e y .

Considerando que no existen deformaciones iniciales y que la deformación es elástica el alargamiento de la barra i estará dado por:

$$\Delta L = D_{xk} - D_{xi}$$

donde:

D_{xk} y D_{xi} Son los desplazamientos del nudo k y j respectivamente en la dirección local x .

Para una barra de reticulado existe una sola sollicitación posible que es el esfuerzo axial o normal.

Suponiendo un material elástico lineal sometido a esfuerzo de tracción tendremos para los nudos j y k respectivamente:

$$F_{Xj} = -\frac{EA}{L} \Delta L_i \quad F_{Xk} = \frac{EA}{L} \Delta L_i$$

$$F_{Xj} = -\frac{EA}{L} (D_{xk}^L - D_{xj}^L)$$

$$F_{Xk} = \frac{EA}{L} (D_{xk}^L - D_{xj}^L)$$

donde:

E = Módulo de elasticidad

L = Longitud de la barra

A = Área de la sección transversal de la barra

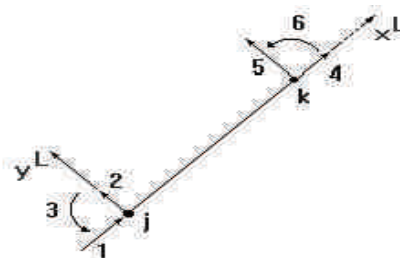
Como en la dirección "z" para barras de reticulado no existen solicitaciones podemos expresar las ecuaciones anteriores en forma matricial:

$$\begin{bmatrix} F_{X_j} \\ F_{Y_j} \\ F_{X_k} \\ F_{Y_k} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{EA}{L} & 0 & -\frac{EA}{L} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ -\frac{EA}{L} & 0 & \frac{EA}{L} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} D_{X_j}^L \\ D_{Y_j}^L \\ D_{X_k}^L \\ D_{Y_k}^L \end{bmatrix}$$

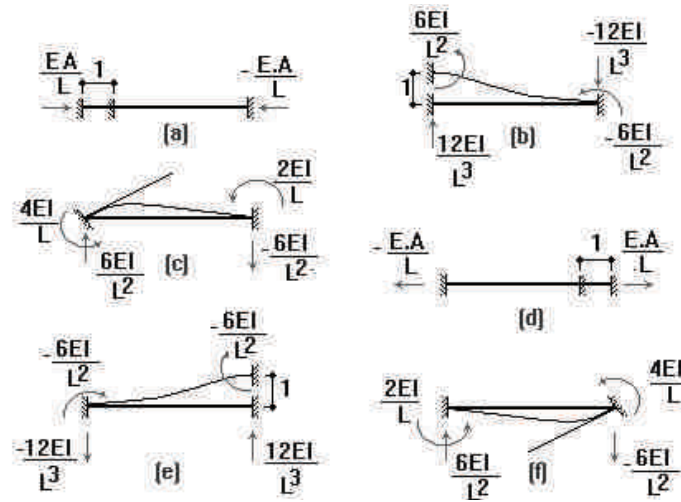
Barra de pórtico plano

Con base a la deducción anterior de los elementos de la matriz de rigidez, deduciremos la matriz de rigidez para una barra de pórtico plano en coordenadas locales.

Para este tipo de elemento corresponden tres desplazamientos por nudo (2 traslaciones y una rotación en el plano).



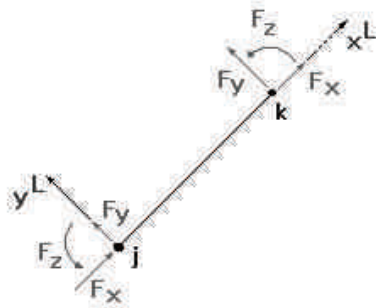
La matriz de rigidez se obtiene dando desplazamientos unitarios uno por vez en las direcciones de la barra, mientras los otros permanecen nulos.



Las reacciones mostradas en la figura constituyen las respectivas columnas de la matriz de rigidez de la barra de pórtico plano de la ecuación.

$$\begin{bmatrix} F_{Nj}^L \\ F_{Yj}^L \\ F_{Zj}^L \\ F_{kj}^L \\ F_{yk}^L \\ F_{Zk}^L \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{EA}{L} & 0 & 0 & -\frac{EA}{L} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{12EI}{L^3} & \frac{6EI}{L^2} & 0 & -\frac{12EI}{L^3} & \frac{6EI}{L^2} \\ 0 & \frac{6EI}{L^2} & \frac{4EI}{L} & 0 & -\frac{6EI}{L^2} & \frac{2EI}{L} \\ -\frac{EA}{L} & 0 & 0 & \frac{EA}{L} & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{12EI}{L^3} & -\frac{6EI}{L^2} & 0 & \frac{12EI}{L^3} & -\frac{6EI}{L^2} \\ 0 & \frac{6EI}{L^2} & \frac{2EI}{L} & 0 & -\frac{6EI}{L^2} & \frac{4EI}{L} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} D_{Xj}^L \\ D_{Yj}^L \\ D_{Zj}^L \\ D_{Xk}^L \\ D_{Yk}^L \\ D_{Zk}^L \end{bmatrix}$$

Esta matriz relaciona las fuerzas de extremo de barra con los desplazamientos nodales en ejes locales.



Matriz de transformación local a global, para elementos que están dispuestos de tal forma que no exista coincidencia en sus sentidos y direcciones (como elementos inclinados).

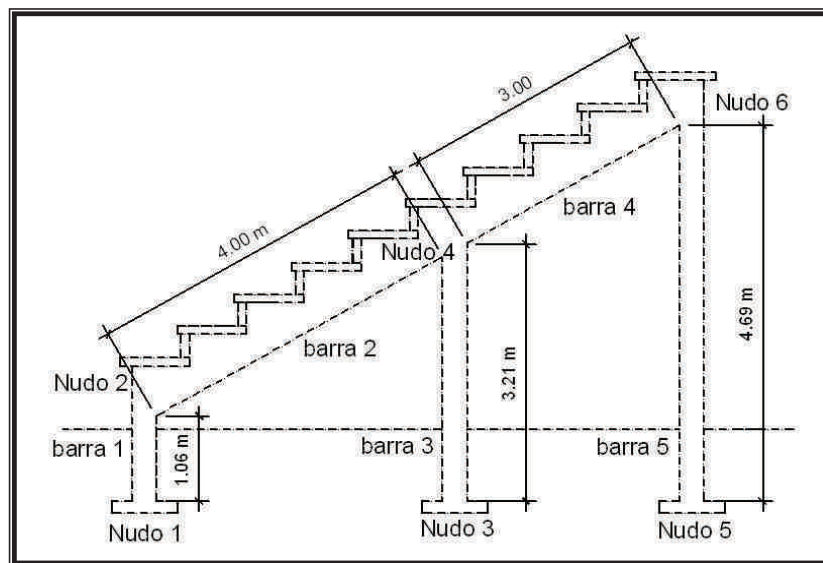
$$\begin{bmatrix} \cos \theta & \text{sen } \theta & 0 & 0 \\ -\text{sen } \theta & \cos \theta & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \cos \theta & \text{sen } \theta \\ 0 & 0 & -\text{sen } \theta & \cos \theta \end{bmatrix}$$

En resumen, para barras (vigas o columnas) el análisis puede hacerse según las sollicitaciones anteriores y no es mas que analizar barra por barra, de modo que al tener los resultados de rigidez pueden superponerse en el nudo donde estos conectan, para luego resolver la matriz y analizar la estructura con las deformaciones conocidas y las acciones conocidas (momentos y fuerzas axiales fijas) como por ejemplo en los empotramientos las deformaciones se pueden asumir como valor cero, y a partir de aquí el análisis total de la estructura.

3.6.2.2 Análisis de la estructura (método matricial)

En la figura 11 se puede notar como están colocadas la barra y los nudos, el cual deberá seguirse el orden lógico de la forma en que están dispuestas las barras (vigas y columnas), por lo que las columnas son de igual sección y las vigas de otra sección ambas de concreto reforzado.

Figura 11. Asignación de numeración de barras y nudos



Como primer paso, se determinó la matriz de rigidez para cada uno de los elementos el cual esta en función de las propiedades geométricas y físicas de los elementos, como el área, módulo de elasticidad, longitud e inercia. Una vez calculada es necesario convertir las coordenadas locales en globales por medio de la multiplicación de las matrices por la matriz de transformación local a global como se ve a continuación en cada barra.

Para una mejor comprensión del procedimiento a continuación, en el anexo aparece el algoritmo de la solución de estas matrices con la ayuda de Microsoft Excel.

Matriz de rigidez

Acción	Rigidez						deformación	
	ui	vi	θi	uk	vk	θk		
xi	AE/L	0	0	-AE/L	0	0		ui
yi	0	12EI/L ³	6EI/L ²	0	-12EI/L ³	6EI/L ²		vi
mi	0	6EI/L ²	4EI/L	0	-6EI/L ²	2EI/L		θi
xk	-AE/L	0	0	AE/L	0	0		uk
yk	0	-12EI/L ³	-6EI/L ²	0	12EI/L ³	-6EI/L ²		vk
mk	0	6EI/L ²	2EI/L	0	-6EI/L ²	4EI/L		θk

+ Acciones fijas

DATOS

barra	A	E	I	L	θ°	θ (RAD)
1.000	0.090	252349.757	6.8E-04	1.06	90.000	1.571
2.000	0.088	252349.757	8.9E-04	4.000	30.000	0.524
3.000	0.090	252349.757	6.8E-04	3.21	270.000	4.712
4.000	0.088	252349.757	8.9E-04	3.000	30.000	0.524
5.000	0.090	252349.757	6.8E-04	4.69	270.000	4.712

BARRA 1		local						
		u1	v1	θ1	u2	v2	θ2	
x1		21029.146	0.000	0.000	-21029.146	0.000	0.000	u1
y1		0.000	1622.619	876.214	0.000	-1622.619	876.214	v1
m1	=	0.000	876.214	630.874	0.000	-876.214	315.437	θ1
x2		-21029.146	0.000	0.000	21029.146	0.000	0.000	u2
y2		0.000	-1622.619	-876.214	0.000	1622.619	-876.214	v2
m2		0.000	876.214	315.437	0.000	-876.214	630.874	θ2

MTLG		(θ = 90°)				Acciones fijas	
0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
-1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	+	0.000
0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000		0.000
0.000	0.000	0.000	-1.000	0.000	0.000		0.000
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000		0.000

GLOBAL		U1	V1	θ1	U2	V2	θ2	Acciones fijas
X1		1622.619	0.000	-876.214	-1622.619	0.000	-876.214	0.000
Y1		0.000	21029.146	0.000	0.000	-21029.146	0.000	0.000
M1	=	-876.214	0.000	630.874	876.214	0.000	315.437	+
X2		-1622.619	0.000	876.214	1622.619	0.000	876.214	0.000
Y2		0.000	-21029.146	0.000	0.000	21029.146	0.000	0.000
M2		-876.214	0.000	315.437	876.214	0.000	630.874	0.000

BARRA 2		local						
		u2	v2	θ2	u4	v4	θ4	
x2		5520.151	0.000	0.000	-5520.151	0.000	0.000	u2
y2		0.000	42.264	84.527	0.000	-42.264	84.527	v2
m2	=	0.000	84.527	225.4	0.000	-84.527	112.703	θ2
x4		-5520.15	0.000	0.000	5520.151	0.000	0.000	u4
y4		0.000	-42.264	-84.527	0.000	42.264	-84.527	v4
m4		0.000	84.527	112.70	0.000	-84.527	225.406	θ4

MTLG ($\theta = 30^\circ$)

						Acciones fijas	
0.866	0.50	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
-0.500	0.866	0.000	0.000	0.000	0.000	-9094.000	-wl/2
0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	-4547.000	-wl ² /16
0.000	0.000	0.000	0.866	0.500	0.000	0.000	
0.000	0.000	0.000	-0.500	0.866	0.000	-9094.000	-wl/2
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	8083.550	wl ² /9

GLOBAL

								Acciones fijas
		U2	V2	θ2	U4	V4	θ4	
X2		4150.679	2371.995	-42.264	-4150.679	-2371.995	-42.264	-4547.000
Y2		2371.995	1411.735	73.203	-2371.995	-1411.735	73.203	-7875.635
M2	=	-42.264	73.203	225.406	42.264	-73.203	112.703	+ -4547.000
X4		-4150.679	-2371.995	42.264	4150.679	2371.995	42.264	-4547.000
Y4		-2371.995	-1411.735	-73.203	2371.995	1411.735	-73.203	-7875.635
M4		-42.264	73.203	112.703	42.264	-73.203	225.406	8083.550

BARRA 3		local							
		u4	v4	θ4	u3	v3	θ3		
x4		7422.052	0.000	0.000	-7422.052	0.000	0.000		u4
y4		0.000	71.338	109.148	0.000	-71.338	0.000		v4
m4	=	0.000	109.148	222.662	0.000	-109.148	0.000	•	θ4
x3		-7422.052	0.000	0.000	7422.052	0.000	0.000		u3
y3		0.000	-71.338	-109.148	0.000	71.338	0.000		v3
m3		0.000	109.148	111.331	0.000	-109.148	0.000		θ3

MTLG ($\theta = 270^\circ$)

						Acciones fijas
0.000	-1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	+
0.000	0.000	0.000	0.000	-1.000	0.000	0.000
0.000	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000

GLOBAL

		U4	V4	θ4	U3	V3	θ3	Acciones fijas
X4		71.338	0.000	109.148	-71.338	0.000	0.000	0.000
Y4		0.000	7422.052	0.000	0.000	-7422.052	0.000	0.000
M4	=	109.148	0.000	222.662	-109.148	0.000	0.000	+
X3		-71.338	0.000	-109.148	71.338	0.000	0.000	0.000
Y3		0.000	-7422.052	0.000	0.000	7422.052	0.000	0.000
M3		109.148	0.000	111.331	-109.148	0.000	0.000	0.000

BARRA 4		local						
		u4	v4	θ4	u6	v6	θ6	
x4		7360.201	0.000	0.000	-7360.201	0.000	0.000	u4
y4		0.000	100.181	150.271	0.000	-100.181	150.271	v4
m4	=	0.000	150.271	300.542	0.000	-150.271	150.271	θ4
x6		-7360.20	0.000	0.000	7360.201	0.000	0.000	u6
y6		0.000	-100.181	-150.27	0.000	100.181	-150.271	v6
m6		0.000	150.271	150.271	0.000	-150.271	300.542	θ6

MTLG ($\theta = 30^\circ$)

						Acciones fijas	
0.866	0.500	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
-0.500	0.866	0.000	0.000	0.000	0.000	-6820.500	-wl/2
0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	-4547.000	-wl ² /9
0.000	0.000	0.000	0.866	0.500	0.000	0.000	
0.000	0.000	0.000	-0.500	0.866	0.000	-6820.500	-wl/2
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	2557.688	wl ² /16

GLOBAL

								Acciones fijas
		U4	V4	θ4	U6	V6	θ6	
X4		5545.196	3143.681	-75.135	-5545.196	-3143.681	-75.135	-3410.250
Y4		3143.681	1915.186	130.138	-3143.681	-1915.186	130.138	-5906.726
M4	=	-75.135	130.138	300.542	75.135	-130.138	150.271	+ -4547.000
X6		-5545.196	-3143.681	75.135	5545.196	3143.681	75.135	-3410.250
Y6		-3143.681	-1915.186	-130.138	3143.681	1915.186	-130.138	-5906.726
M6		-75.135	130.138	150.271	75.135	-130.138	300.542	2557.688

BARRA 5		local						
		u6	v6	θ6	u5	v5	θ5	
x6		4791.451	0.000	0.000	-4791.451	0.000	0.000	u6
y6		0.000	19.193	45.488	0.000	-19.193	45.488	v6
m6	=	0.000	45.488	143.744	0.000	-45.488	71.872	θ6
x5		-4791.451	0.000	0.000	4791.451	0.000	0.000	u5
y5		0.000	-19.193	-45.488	0.000	19.193	-45.488	v5
m5		0.000	45.488	71.872	0.000	-45.488	143.744	θ5

MTLG		(θ = 270°)						
							Acciones fijas	
0.000	-1.000	0.000	0.000	0.000	0.000		0.000	
1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		0.000	
0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	+	0.000	
0.000	0.000	0.000	0.000	-1.000	0.000		0.000	
0.000	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000		0.000	
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000		0.000	

GLOBAL		U6	V6	θ6	U5	V5	θ5	Acciones fijas
X6		19.193	0.000	45.488	-19.193	0.000	45.488	0.000
Y6		0.000	4791.451	0.000	0.000	-4791.451	0.000	0.000
M6	=	45.488	0.000	143.744	-45.488	0.000	71.872	+ 0.000
X5		-19.193	0.000	-45.488	19.193	0.000	-45.488	0.000
Y5		0.000	-4791.451	0.000	0.000	4791.451	0.000	0.000
M5		45.488	0.000	71.872	-45.488	0.000	143.744	0.000

Una vez determinadas las matrices para cada barra, se superponen las rigideces: axial, flexión y torsional, para cada nudo en este caso el nodo 2, 4 y 6, que son las conexiones de los elementos y se procede a resolver la matriz general como se ve a continuación, el cual se logró con Microsoft Excel.

	U1	V1	G1	U2	V2	G2	U4	V4	G4	U3	V3	G3	U6	V6	G6	U5	V5	G5
X1	1622.619	0.000	-876.214	-1622.619	0.000	-876.214	-4150.679	-2371.995	-2371.995	-2371.995	-2371.995	-2371.995	-2371.995	-2371.995	-2371.995	-2371.995	-2371.995	-2371.995
Y1	0.000	21029.146	0.000	0.000	21029.146	0.000	109.145	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
M1	-876.214	0.000	876.214	876.214	0.000	0.000	-3143.681	-130.138	-130.138	-130.138	-130.138	-130.138	-130.138	-130.138	-130.138	-130.138	-130.138	-130.138
X2	-876.214	0.000	876.214	876.214	0.000	0.000	109.145	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Y2	0.000	-21029.146	0.000	0.000	-21029.146	0.000	-3143.681	-130.138	-130.138	-130.138	-130.138	-130.138	-130.138	-130.138	-130.138	-130.138	-130.138	-130.138
M2	876.214	0.000	-876.214	-876.214	0.000	0.000	109.145	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
X4	-876.214	0.000	876.214	876.214	0.000	0.000	-3143.681	-130.138	-130.138	-130.138	-130.138	-130.138	-130.138	-130.138	-130.138	-130.138	-130.138	-130.138
Y4	0.000	21029.146	0.000	0.000	21029.146	0.000	109.145	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
M4	876.214	0.000	-876.214	-876.214	0.000	0.000	-3143.681	-130.138	-130.138	-130.138	-130.138	-130.138	-130.138	-130.138	-130.138	-130.138	-130.138	-130.138
X3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-7422.052	0.000	0.000	-109.148	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Y3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	7422.052	0.000	0.000	109.148	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
M3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-7422.052	0.000	0.000	109.148	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
X6	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	5544.390	3143.681	120.624	-19.193	0.000	0.000	5544.390	3143.681	120.624	-19.193	0.000	45.488
Y6	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	3143.681	6706.637	-130.138	444.285	-45.488	0.000	3143.681	6706.637	-130.138	444.285	-45.488	0.000
M6	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	3143.681	6706.637	-130.138	444.285	-45.488	0.000	3143.681	6706.637	-130.138	444.285	-45.488	0.000
X5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-4791.451	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-4791.451	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Y5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-4791.451	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-4791.451	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
M5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	45.488	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	45.488	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

	U2	V2	G2	U4	V4	G4	U6	V6	G6	U3	V3	G3	U6	V6	G6	U5	V5	G5
-4547.000	5773.298	2371.995	833.951	-4150.679	-2371.995	-42.264	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	5544.390	3143.681	120.624	-19.193	0.000	45.488
-7875.635	2240.882	73.203	73.203	-2371.995	-1411.735	73.203	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	3143.681	6706.637	-130.138	444.285	-45.488	0.000
-4547.000	833.951	73.203	856.281	42.264	-73.203	112.703	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	120.624	-130.138	444.285	-45.488	0.000	0.000
-7957.250	-4150.679	-2371.995	42.264	-1323.179	-771.686	76.276	-5545.196	-3143.681	-75.135	0.000	0.000	0.000	-19.193	0.000	45.488	19.193	0.000	-45.488
-13782.361	-2371.995	-1411.735	-73.203	726.547	-203.341	598.338	3143.681	130.138	5544.390	3143.681	120.624	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3536.550	-42.264	73.203	112.703	-5545.196	3143.681	75.135	3143.681	6706.637	-130.138	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
-3410.250	0.000	0.000	0.000	-3143.681	-1915.186	-130.138	3143.681	6706.637	-130.138	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
-5906.726	0.000	0.000	0.000	-75.135	130.138	130.271	-130.138	130.271	444.285	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2557.888	0.000	0.000	0.000	-75.135	130.138	130.271	120.624	-130.138	444.285	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

	U2	V2	G2	U4	V4	G4	U6	V6	G6	U3	V3	G3	U6	V6	G6	U5	V5	G5
U2	1.48E-04	-2.37E-05	-1.44E-04	-8.00E-05	1.27E-04	6.48E-05	-8.05E-05	1.58E-04	-1.35E-05									
V2	-2.38E-05	4.88E-05	2.09E-05	-2.12E-06	-4.49E-09	-1.19E-05	-1.89E-06	-2.57E-07	4.12E-06									
G2	-1.49E-04	2.07E-05	1.35E-03	7.76E-05	1.42E-05	-3.13E-04	8.45E-05	-6.97E-05	9.36E-05									
U4	-7.93E-05	-2.27E-06	7.38E-05	-5.26E-05	-7.76E-05	-3.53E-06	-9.64E-05	-7.79E-07	4.10E-05									
V4	-1.71E-06	3.65E-07	1.62E-05	-7.73E-05	1.38E-04	7.85E-06	3.97E-07	1.75E-06	-5.57E-05									
G4	8.65E-05	-1.10E-05	-3.22E-04	-2.70E-05	9.84E-05	1.91E-03	-6.59E-06	4.29E-05	-6.65E-04									
U6	-8.19E-05	-1.74E-06	8.97E-05	-9.59E-05	-1.17E-06	-3.49E-05	-1.19E-04	-8.04E-05	-3.41E-05									
V6	2.03E-06	-2.30E-07	-7.28E-04	-1.29E-06	3.72E-06	4.19E-05	-1.19E-04	2.08E-04	7.75E-05									
G6	-1.93E-05	3.57E-06	9.14E-05	4.87E-05	-6.53E-05	-6.28E-04	-9.70E-05	7.80E-05	2.54E-03									

	U2	V2	G2	U4	V4	G4	U6	V6	G6	U3	V3	G3	U6	V6	G6	U5	V5	G5
U2	1.260E+01																	
V2	-3.622E-01																	
G2	-7.348E-00																	
U4	1.955E+00																	
V4	-1.477E+00																	
G4	4.897E+00																	
U6	6.133E-01																	
V6	-4.509E-01																	
G6	4.566E+00																	

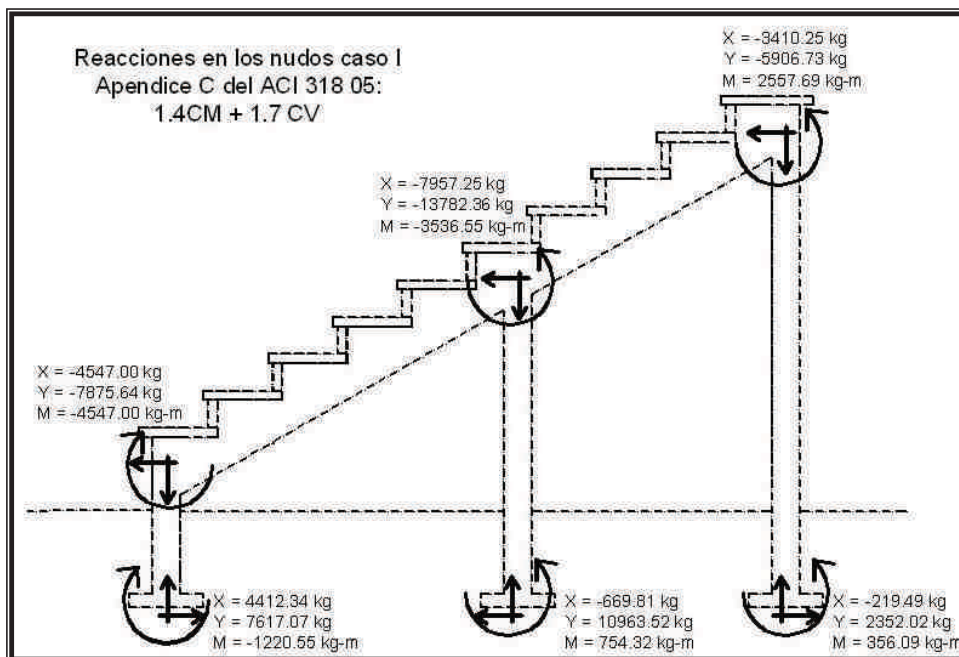
	U1	V1	Θ1	U2	V2	Θ2	U4	V4	Θ4	U3	V3	Θ3	U6	V6	Θ6	U5	V5	Θ5	
X1	1,622,619	0,000	-876,214	-1,622,619	0,000	-876,214	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000E+00
Y1	0,000	210,291,146	0,000	0,000	-210,291,146	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000E+00
M1	-876,214	0,000	630,874	876,214	0,000	315,437	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000E+00
X2	-1,622,619	0,000	876,214	5773,298	2371,995	833,951	-41,50,679	-2371,995	-42,264	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,260E+00
Y2	0,000	-210,291,146	0,000	2371,995	2240,882	73,203	-2371,995	-1411,735	73,203	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	-3,822E-01
M2	-876,214	0,000	315,437	833,951	73,203	856,281	-1323,179	-73,203	112,703	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	-7,368E+00
X4	0,000	0,000	0,000	-41,50,679	-2371,995	42,264	-1323,179	-771,686	74,276	-71,338	0,000	0,000	-5545,196	-3143,681	-75,135	0,000	0,000	0,000	1,955E+00
Y4	0,000	0,000	0,000	2371,995	-1411,735	-73,203	-771,686	6918,401	56,936	0,000	-7,422,052	0,000	-3143,681	130,138	0,000	0,000	0,000	0,000	-1,477E+00
M4	0,000	0,000	0,000	-42,264	73,203	112,703	226,547	-203,341	598,338	-109,148	0,000	0,000	75,135	-130,138	130,271	0,000	0,000	0,000	4,859E+00
X3	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	-71,338	0,000	-109,148	71,338	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000E+00
Y3	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	-7,422,052	0,000	0,000	7,422,052	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000E+00
M3	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	109,148	0,000	111,331	-109,148	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000E+00
X6	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	-5545,196	-3143,681	75,135	0,000	0,000	0,000	5564,390	3143,681	120,624	-19,193	0,000	45,468	6,133E-01
Y6	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	3143,681	-1915,186	-130,138	0,000	0,000	0,000	3143,681	6706,637	-130,138	0,000	-4791,451	0,000	-4,909E-01
M6	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	-75,135	130,138	150,271	0,000	0,000	0,000	120,624	444,285	44,488	0,000	0,000	71,872	4,566E+00
X5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	-19,193	0,000	-45,468	0,000	0,000	0,000	0,000E+00
Y5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	-4791,451	0,000	4791,451	0,000	0,000	0,000E+00
M5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	45,468	0,000	71,872	-45,468	0,000	143,744	0,000E+00

X

	U1	V1	Θ1	U2	V2	Θ2	U4	V4	Θ4	U3	V3	Θ3	U6	V6	Θ6	U5	V5	Θ5	
X1	4412,340	0,000	-876,214	-1,622,619	0,000	-876,214	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000E+00
Y1	7,617,056	210,291,146	0,000	0,000	-210,291,146	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000E+00
M1	-1,220,551	0,000	630,874	876,214	0,000	315,437	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000E+00
X2	-4,547,000	0,000	876,214	5773,298	2371,995	833,951	-41,50,679	-2371,995	-42,264	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,260E+00
Y2	-7,875,635	-210,291,146	0,000	2371,995	2240,882	73,203	-2371,995	-1411,735	73,203	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	-3,822E-01
M2	-4,547,000	0,000	315,437	833,951	73,203	856,281	-1323,179	-73,203	112,703	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	-7,368E+00
X4	-7,957,250	0,000	0,000	-41,50,679	-2371,995	42,264	-1323,179	-771,686	74,276	-71,338	0,000	0,000	-5545,196	-3143,681	-75,135	0,000	0,000	0,000	1,955E+00
Y4	-13,782,361	-210,291,146	0,000	2371,995	-1411,735	-73,203	-771,686	6918,401	56,936	0,000	-7,422,052	0,000	-3143,681	130,138	0,000	0,000	0,000	0,000	-1,477E+00
M4	3,536,550	0,000	0,000	-42,264	73,203	112,703	226,547	-203,341	598,338	-109,148	0,000	0,000	75,135	-130,138	130,271	0,000	0,000	0,000	4,859E+00
X3	-6,69,805	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	-71,338	0,000	-109,148	71,338	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000E+00
Y3	10,963,519	210,291,146	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	-7,422,052	0,000	0,000	7,422,052	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000E+00
M3	7,54,320	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	109,148	0,000	111,331	-109,148	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000E+00
X6	-3,410,250	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	-5545,196	-3143,681	75,135	0,000	0,000	0,000	5564,390	3143,681	120,624	-19,193	0,000	45,468	6,133E-01
Y6	-5,906,726	-210,291,146	0,000	0,000	0,000	0,000	3143,681	-1915,186	-130,138	0,000	0,000	0,000	3143,681	6706,637	-130,138	0,000	-4791,451	0,000	-4,909E-01
M6	2,557,688	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	-75,135	130,138	150,271	0,000	0,000	0,000	120,624	444,285	44,488	0,000	0,000	71,872	4,566E+00
X5	-219,467	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	-19,193	0,000	-45,468	0,000	0,000	0,000	0,000E+00
Y5	2,352,015	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	-4791,451	0,000	4791,451	0,000	0,000	0,000E+00
M5	3,56,089	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	45,468	0,000	71,872	-45,468	0,000	143,744	0,000E+00

Una vez obtenidos los resultados se colocan en el diagrama para una mejor apreciación de las acciones, como se ve en el figura 12:

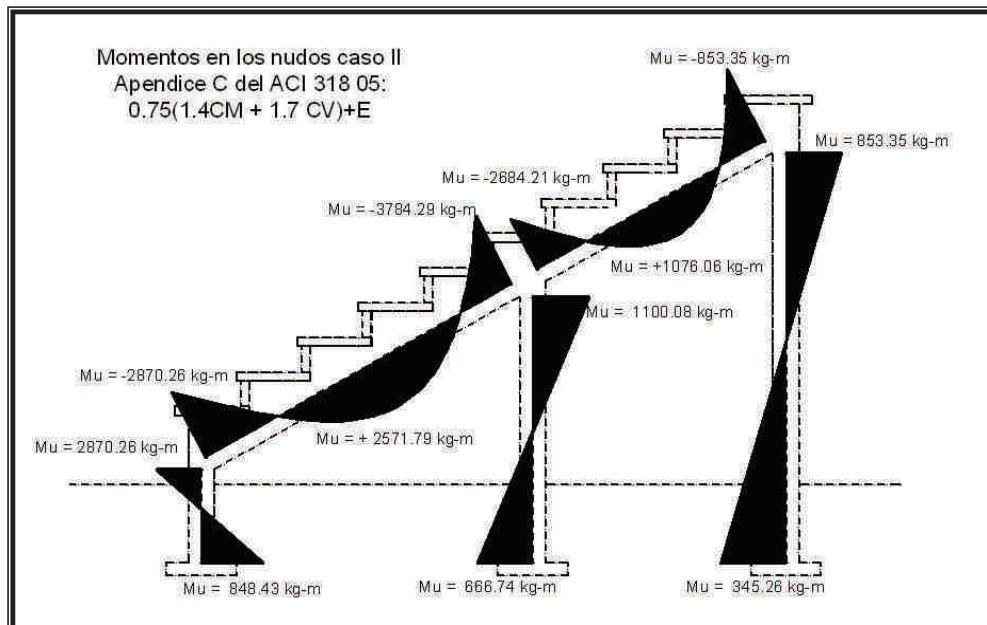
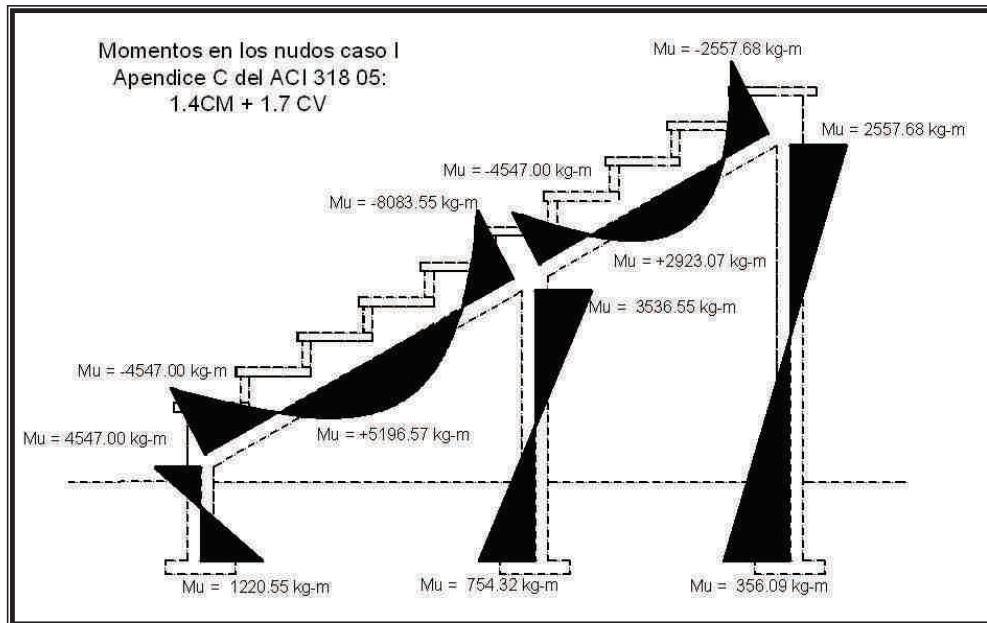
Figura 12. Reacciones en los elementos estructurales



Los datos mostrados en la figura 12 son la combinación de carga del caso I que en el apéndice C del ACI 318-05 propone para la selección del caso mas crítico, para el caso de este diseño la combinación 1.4CM+1.7CV es la factorización de mayor acción sobre los elementos estructurales, por lo que solamente se muestra esta combinación, para las demás combinaciones se muestran los diagramas de momento, corte compresión y tensión. Datos de los cuales se toman para el diseño de los elementos estructurales.

3.6.3 Envolvente de momentos, cortes, tensiones y compresiones.

Figura 13. Diagramas de momentos



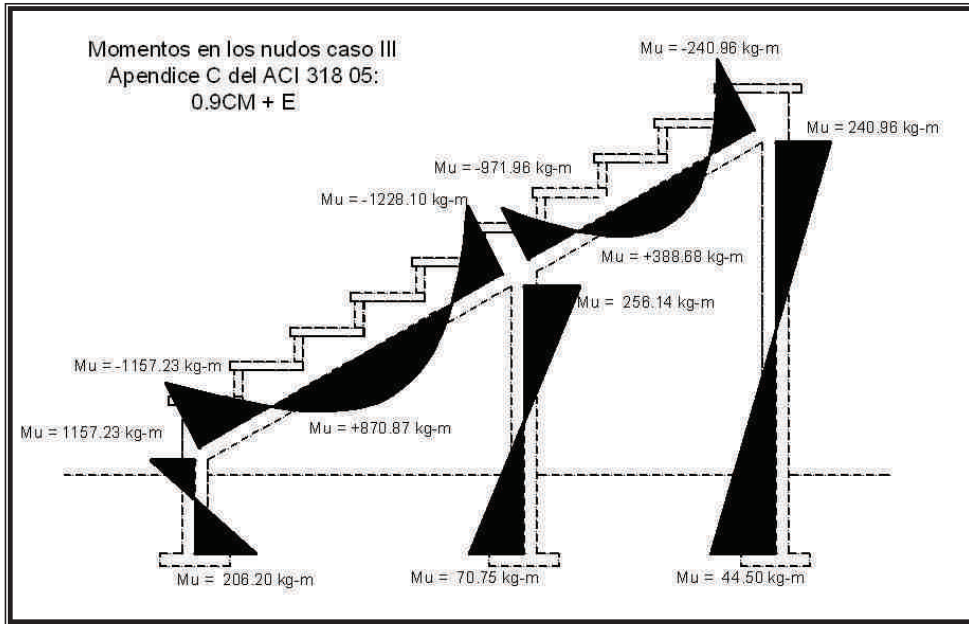
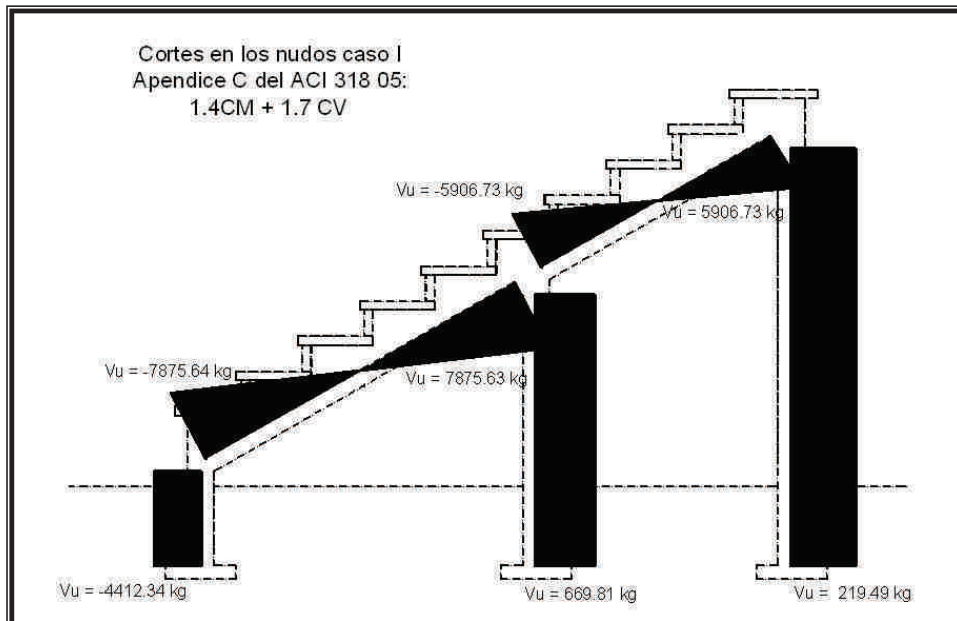


Figura 14. Diagramas de cortes



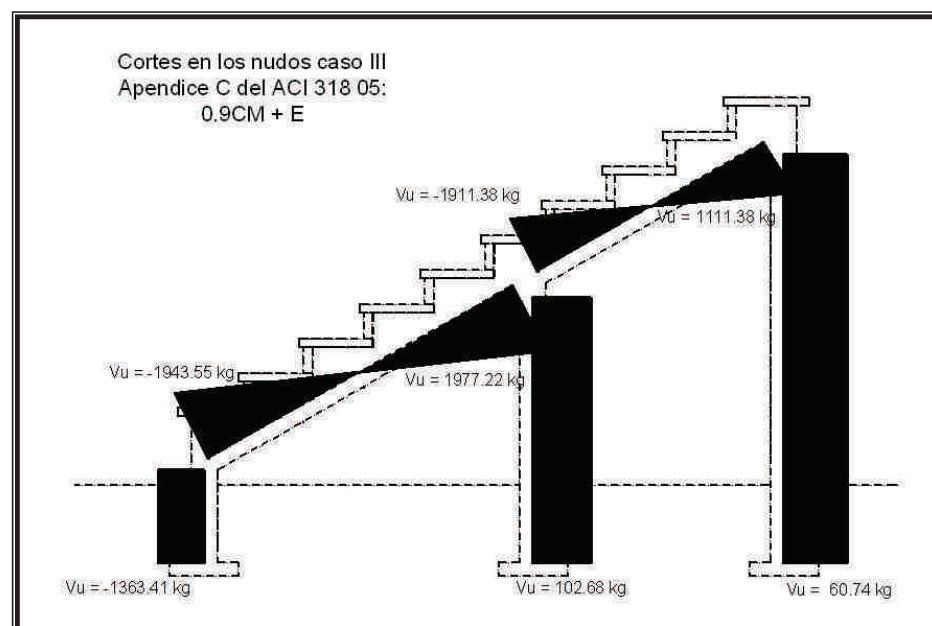
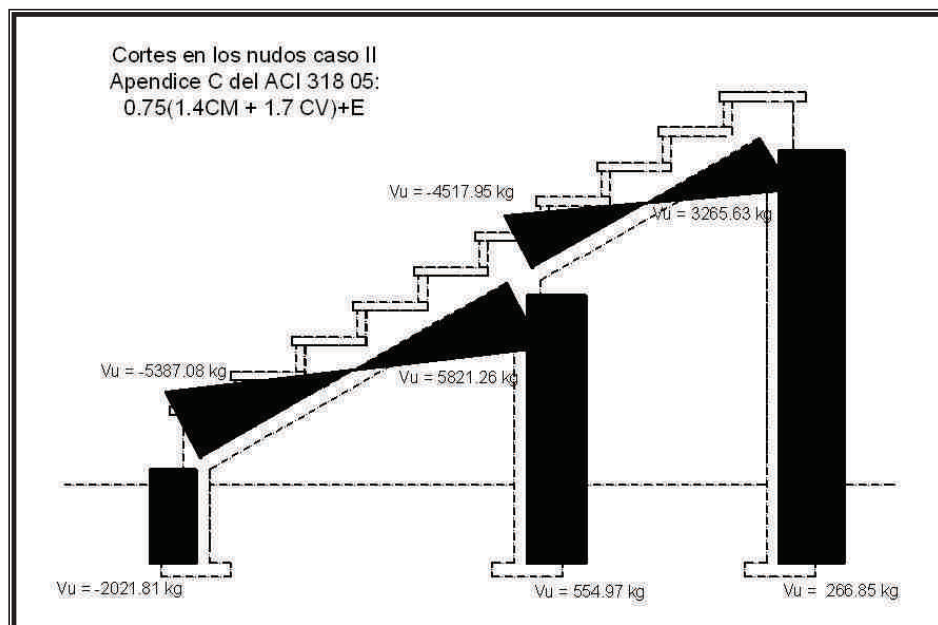
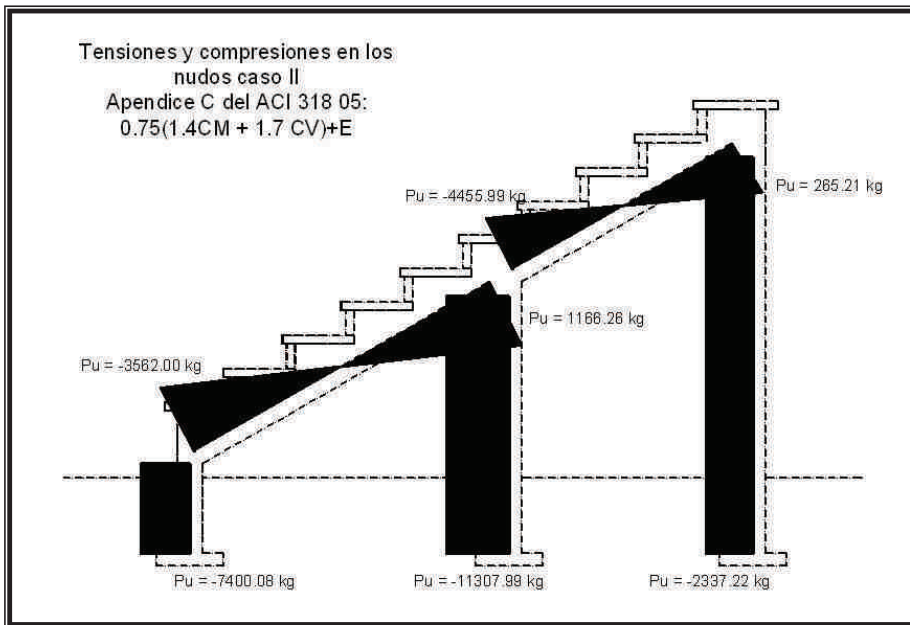
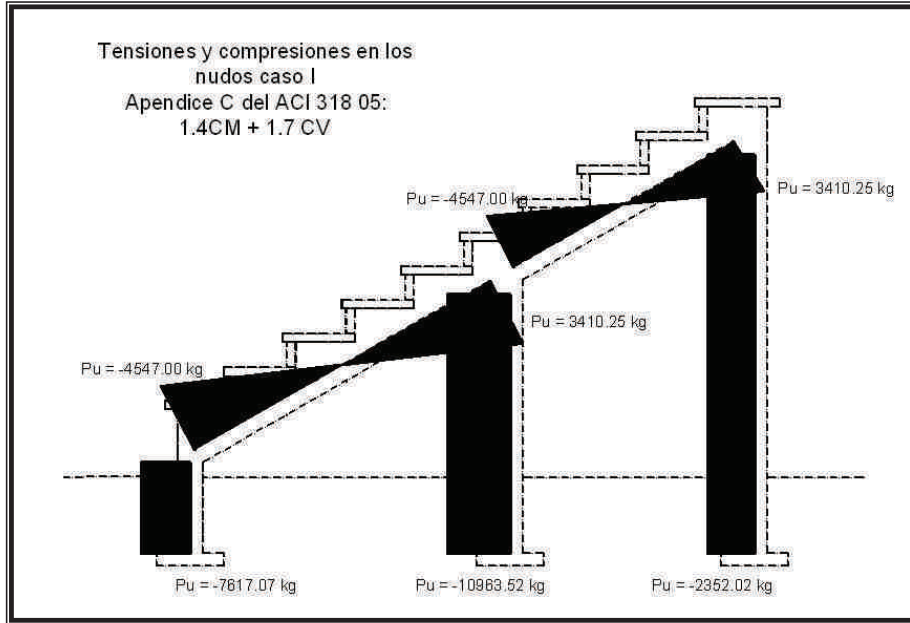
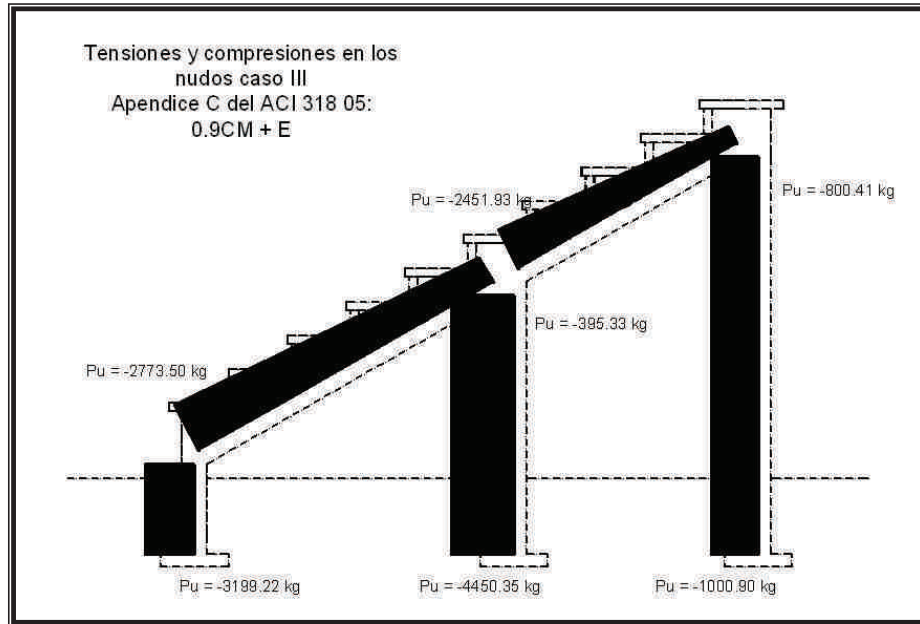


Figura 15. Diagramas de compresiones y tensiones





3.7 Diseño estructural

La característica particular más importante de cualquier elemento estructural es su resistencia real, la cual debe ser lo suficientemente elevada para resistir, con algún margen de reserva, todas las cargas previsible que puedan actuar sobre aquél durante la vida de la estructura, sin que se presente falla o cualquier otro inconveniente.

Un elemento diseñado debe demostrar un comportamiento satisfactorio bajo las cargas normales de servicio, y también así, aquellas fuerzas eventuales como las fuerzas inerciales de movimientos sísmicos.

3.7.1 Diseño de losa para los asientos

Las losas son placas que sirven de piso o techo de una estructura, existen dos formas de análisis, para la losas en una dirección y para losas de dos direcciones, para el graderío en cuestión se diseñaron losas en una dirección por la forma de la distribución de las vigas principales.

Cálculo del acero longitudinal:

La cuantía de acero máxima propuesta por el código **ACI 318 05 - 10.3.3** para elementos a flexión es:

$$\rho_{\max} = 0.5\rho_b, \text{ y } \rho_b = \frac{0.85\beta_1 f'_c}{f_y} * \frac{6090}{f_y + 6090}$$

donde:

ρ_{\max} = Cuantía máxima de acero

0.5 = Porcentaje de reducción para una zona sísmica

ρ_b = Cuantía para una falla balanceada

β_1 = Factor de profundidad del bloque de esfuerzos

f'_c = Resistencia del concreto a los 28 días

f_y = Fluencia del acero

Entonces:

$$\rho_b = \frac{0.85\beta_1 f'_c}{f_y} * \frac{6090}{f_y + 6090}$$

$$\rho_b = \frac{0.85 * 0.85 * 280 \frac{kg}{cm^2}}{2810 \frac{kg}{cm^2}} * \frac{6090 \frac{kg}{cm^2}}{2810 \frac{kg}{cm^2} + 6090 \frac{kg}{cm^2}}$$

$$\rho_b = 0.049$$

$$\rho_{max} = 0.5\rho_b$$

$$\rho_{max} = 0.5 * 0.049$$

$$\rho_{max} = 0.0246$$

En la parte de predimensión de los elementos se cálculo el espesor de losa que es de $t \approx 0.11m$. La carga distribuida se calcula mediante la fórmula siguiente:

$$CV = \frac{W_v * L * \ell}{L}$$

donde:

CV = Carga viva

W_v = Carga superficial viva

L = Longitudde la superficie

ℓ = Anchode la superficie

$$CV = \frac{500 \frac{kg}{m^2} * 3.30m * 0.85m}{3.30m}$$

$$CV = 425 \frac{kg}{m}$$

Los elementos que integran la carga muerta son:

$CM = \text{Pesopropiodela losa} + \text{sobrecarga}$

$$CM = 0.1m * 0.85m * 240000 \frac{kg}{m^3} + 60.00 \frac{kg}{m^2} * 0.85m$$

$$CM = 275.40 \frac{kg}{m}$$

Entonces para la carga de diseño última se afectan las cargas vivas y muertas por sus respectivos factores de seguridad, según el ACI:

$$CU = 1.4CM + 1.7CV$$

$$CU = 1.4CM + 1.7CV$$

$$CU = 1.4 * 275.40 \frac{kg}{m} + 1.7 * 425 \frac{kg}{m}$$

$$CU = 110806 \frac{kg}{m} \approx 1110 \frac{kg}{m}$$

El momento para una losa simplemente apoyada es:

$$M_{\max} = \frac{1}{8} * 1110 \frac{kg}{m} * (3.30m)^2$$

$$M_{\max} = 151099kg - m$$

Como una rectificación del peralte de la losa se puede calcular mediante la expresión siguiente:

$$d^2 = \frac{M_u}{\phi \rho f_y b \left(1 - \frac{0.59 \rho f_y}{f_c'} \right)}$$

$$d^2 = \frac{151099 \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \frac{100 \text{ cm}}{1 \text{ m}}}{0.90 \cdot 0.0246 \cdot 2810 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \cdot 85 \text{ cm} \left(1 - \frac{0.59 \cdot 0.0246 \cdot 2810 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}}{280 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}} \right)}$$

$$d^2 = 33.44 \text{ cm}^2$$

$$d = 5.78 \text{ cm}$$

Por lo que se puede utilizar un espesor de 10 cm de losa, ya que el peralte quedaría de 7 cm, el cual puede cubrir el momento último de diseño.

Cálculo del área de acero requerida:

$$A_s = \left(bd - \sqrt{(bd)^2 - \frac{M_u b}{0.003825 f_c'}} \right) \left(\frac{0.85 f_c'}{f_y} \right)$$

donde:

A_s = Área de acero requerida

b = Base de la viga

d = Peralte de la viga

M_u = Momento último

f'_c = Resistencia del concreto a los 28 días

f_y = Fluencia del acero

Por lo tanto:

$$A_s = \left(85cm * 7cm - \sqrt{(85cm * 7cm)^2 - \frac{151099kg - m * 85cm}{0.003825 \frac{m}{cm} * 280 \frac{kg}{cm^2}}} \right) \left(\frac{0.85 * 280 \frac{kg}{cm^2}}{2810 \frac{kg}{cm^2}} \right)$$

$$A_s = 9.41cm^2$$

Área que es requerida para 85 cm de ancho, del cual se puede distribuir a una distancia (s) en barras de acero corrugado No 3. Por lo tanto:

$$85cm \rightarrow A_s = 9.41cm^2$$

$$S \rightarrow A_s = 0.71cm^2 (\text{No } 3)$$

$$S = \frac{85cm * 0.71cm^2}{9.41cm^2} = 6.41 \approx 7.00cm$$

Para el cálculo de la fuerza cortante el código **ACI 318 05 - 8.3.3** propone la siguiente ecuación para el cálculo de dicha fuerza.

$$V_u = 1.15 \frac{w_u l_c}{2}$$

$$V_u = 1.15 \frac{1110 \frac{kg}{m} * 3.30m}{2}$$

$$V_u = 210623kg$$

Esta fuerza no debe estar en el rango por debajo de la fuerza de resistencia a corte del concreto, según el código **ACI 318 05 – 11.3**.

$$\phi V_c = 0.53 \phi \sqrt{f'_c} b d$$

$$\phi V_c = 0.53 * 0.85 * \sqrt{280} \frac{kg}{cm^2} * 85cm * 7cm$$

$$\phi V_c = 448529kg$$

Como la siguiente expresión se cumple, es aceptable el diseño.

$$\phi V_c \geq V_u$$

$$448529kg > 210623kg \quad \text{OK}$$

Cálculo del refuerzo mínimo requerido para el control del agrietamiento por retracción del fraguado y temperatura según el código **ACI 318 05 – 7.12.2.**

$$A_{st} = 0.0020bt$$

$$A_{st} = 0.0020 * 100cm * 10cm$$

$$A_{st} = 2cm^2$$

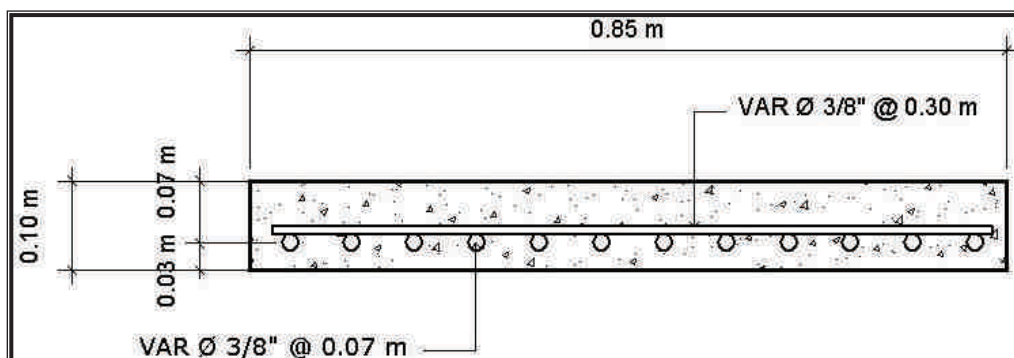
El cual debe ir al siguiente espaciamiento (s):

$$100cm \rightarrow A_{st} = 2cm^2$$

$$S \rightarrow A_{st} = 0.71cm^2 (\text{No } 3)$$

$$S = \frac{100cm * 0.71cm^2}{2cm^2} = 35.5 \approx 30cm$$

Figura 16. Armado de losa con longitud de 3.30 m.



3.7.2 Diseño de vigas

Las vigas de concreto reforzado son elementos estructurales que resisten fuerzas de corte, tensión, tracción y torsión inducidos generalmente por flexión, causado por las fuerzas gravitacionales o inerciales de los movimientos sísmicos, siempre y cuando los componentes estén dispuestos para satisfacer tales solicitaciones, para ello el código **ACI 318 05 - 21.3** recomienda las siguientes especificaciones:

Diseño a flexión:

- La fuerza mayorada de compresión axial del el elemento, p_u no debe exceder $A_g f'_c / 10$.
- La cantidad de acero mínima no debe ser menor que el obtenido según la siguiente expresión:

$$A_{s,\min} = \frac{0.25\sqrt{f'_c}}{f_y} bd, \text{ pero no menor a } \frac{14.1}{f_y} bd$$

- La cantidad de acero máximas no debe exceder de $A_{s,\max} = 0.025bd$
- La resistencia a momento positivo en la cara del nudo no debe ser menor que la mitad de la resistencia a momento negativo proporcionada en esa misma cara.

- La resistencia a momento negativo o positivo en cualquier sección a lo largo de la longitud del elemento, no debe ser menor de un cuarto de la resistencia máxima a momento proporcionada en la cara de cualquiera de los nudos.

Cheque por compresión.

$$p = A_g f'_c / 10$$

$$p = \frac{25\text{cm} * 35\text{cm} * 280 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}}{10}$$

$$p = 24,500\text{kg}$$

$$p \geq \begin{cases} p_{u1} = 4,547\text{kg} \\ p_{u2} = 7,957\text{kg} \\ p_{u3} = 3,410\text{kg} \end{cases} \text{ Por lo que cumple con la capacidad de esfuerzo axial.}$$

El área de acero requerida para resistir los esfuerzos axiales inducidos por flexión se calculan mediante la siguiente expresión:

$$A_s = \left(bd - \sqrt{(bd)^2 - \frac{M_u b}{0.003825 f'_c}} \right) \left(\frac{0.85 f'_c}{f_y} \right)$$

Datos:

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

$$d = h - \text{recubrimiento} = 35 \text{ cm} - 3 \text{ cm} = 32 \text{ cm}$$

$$f'_c = 280 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$f_y = 2,810 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Cálculo del área de acero para cada una de las camas, a lo largo de los elementos, solamente se muestra el cálculo del primer momento debido a la similitud del cálculo, los demás están tabulados como se indican abajo.

Cálculo de los límites de área de acero:

Acero mínimo:

$$A_{s,\min} = \frac{0.25\sqrt{f'_c}}{f_y} bd$$

$$A_{s,\min} = \frac{0.25\sqrt{280}}{2,810} * 25 \text{ cm} * 32 \text{ cm}$$

$$A_{s,\min} = 1.19 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,\min} = \frac{14.1}{f_y} bd$$

$$A_{s,\min} = \frac{14.1}{2,810} * 25 \text{ cm} * 32 \text{ cm}$$

$$A_{s,\min} = 4.0 \text{ cm}^2$$

Acero máximo:

$$A_{s,\max} = 0.025bd$$

$$A_{s,\max} = 0.025 * 25\text{cm} * 32\text{cm}$$

$$A_{s,\max} = 20\text{cm}^2$$

El área de acero calculada debe estar dentro de los límites siguientes:

$$4.01\text{cm}^2 \leq A_s \leq 20\text{cm}^2$$

Cálculo del área de acero del primer momento:

$$A_{s1} = \left(25\text{cm} * 32\text{cm} - \sqrt{(25\text{cm} * 32\text{cm})^2 - \frac{4,547\text{kg} - m * 25\text{cm}}{0.003825 \frac{m}{\text{cm}} * 280 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}} \left(\frac{0.85 * 280 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}}{2,810 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}} \right)} \right)$$

$$A_{s1} = 5.87\text{cm}^2$$

$$M_{-1} = 4,547\text{kg} - m \rightarrow A_s = 5.87\text{cm}^2 \rightarrow 3 \text{ No } 5$$

$$M_{-3} = 6,160\text{kg} - m \rightarrow A_s = 8.10\text{cm}^2 \rightarrow 3 \text{ No } 5 \text{ (momento balanceado)}$$

$$M_{-5} = 2,558\text{kg} - m \rightarrow A_s = 3.24\text{cm}^2 \rightarrow 4 \text{ No } 5 \text{ (necesita } A_{s,\min} \text{)}$$

$$M_{+2} = 5,197\text{kg} - m \rightarrow A_s = 6.76\text{cm}^2 \rightarrow 3 \text{ No } 5$$

$$M_{+4} = 2,924\text{kg} - m \rightarrow A_s = 3.72\text{cm}^2 \rightarrow 3 \text{ No } 5 \text{ (necesita } A_{s,\min} \text{)}$$

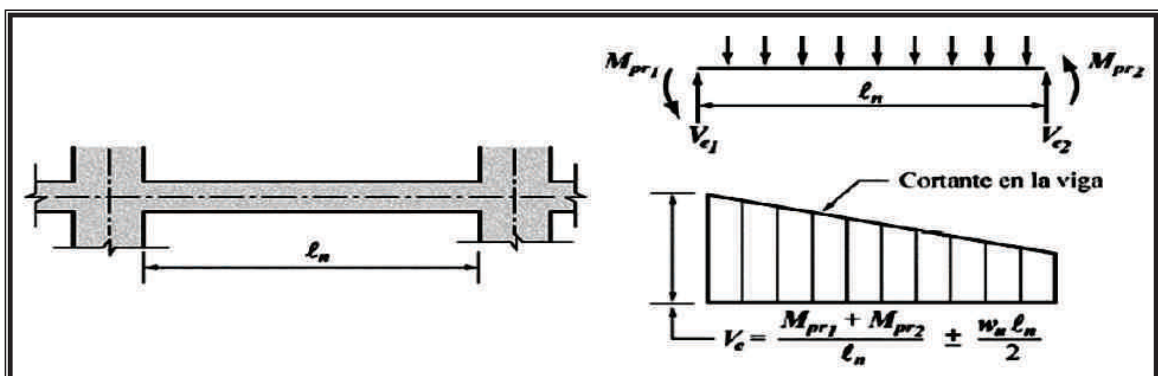
Arreglo de varillas de acero corrugado cumpliendo con lo requerido, según el **ACI 318 05 - 21.3**.

Diseño a corte:

Una de las consideraciones principales en el diseño de estructuras sometidas a cargas sísmicas es el cortante inducido en los elementos debido al comportamiento no lineal a flexión, al aumentar la resistencia a la flexión de vigas se puede aumentar el cortante en estos elementos si la estructura se ve sometida a carga lateral severa, el código **ACI 318 05 - 21.3.4** exige que las vigas y columnas en pórticos que hacen parte de los sistemas de resistencia a cargas laterales se diseñen para el efecto combinado de las cargas gravitacionales mayoradas y el cortante inducido por la formación de rótulas plásticas en los extremos de los elementos.

Para elementos con cargas axiales menores que $A_g f'_c / 10$, el código **ACI 318 05 - 21.3.4** exige que la fuerza cortante de diseño V_e sea:

Figura 17. Corte producido por momentos plásticos



Y evaluando las siguientes expresiones.

$$M_{pr} = 1.25A_s f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$a = \frac{1.25 f_y A_s}{0.85 f'_c b}$$

$$V_e = \frac{M_{pr1} + M_{pr2}}{l_n} \pm \frac{w_u l_n}{2}$$

donde:

M_{pr} = Momento probable

A_s = Área de acero del sentido evaluado

d = Peralte

a = Espesor de bloque equivalente de esfuerzos

f_y = Fluencia del acero

f'_c = Resistencia del concreto a compresión los 28 días

V_e = Corte de diseño

l_n = luz de la viga

w_u = Efecto producido por las cargas mayoradas $0.75(1.4CM + 1.7CV)$

Entonces para el cálculo de la viga de cuatro metros de luz se procedió a calcularla con un armado en la cara izquierda $A_{s1} = 3 \text{ No } 5 = 5.94 \text{ cm}^2$ (cama superior) y en la derecha $A_{s1} = 2 \text{ No } 5 = 3.96 \text{ cm}^2$ (cama inferior), por lo tanto:

$$a_1 = \frac{1.25f_y A_s}{0.85f'_c b}$$

$$a_2 = \frac{1.25f_y A_s}{0.85f'_c b}$$

$$a_1 = \frac{1.25 * 2810 \frac{kg}{cm^2} * 5.94cm^2}{0.85 * 280 \frac{kg}{cm^2} * 25cm}$$

$$a_2 = \frac{1.25 * 2810 \frac{kg}{cm^2} * 3.96cm^2}{0.85 * 280 \frac{kg}{cm^2} * 25cm}$$

$$a_1 = 3.37cm$$

$$a_2 = 2.33cm$$

Por lo tanto:

$$M_{pr1} = 1.25A_{s1}f_y \left(d - \frac{a_1}{2} \right)$$

$$M_{pr1} = 1.25 * 5.94cm^2 * 2810 \frac{kg}{cm^2} \left(32cm - \frac{3.37cm}{2} \right) * \frac{1m}{100cm}$$

$$M_{pr1} = 632499Kg - m$$

$$M_{pr2} = 1.25A_{s2}f_y \left(d - \frac{a_2}{2} \right)$$

$$M_{pr2} = 1.25 * 3.96cm^2 * 2810 \frac{kg}{cm^2} \left(32cm - \frac{2.34cm}{2} \right) * \frac{1m}{100cm}$$

$$M_{pr2} = 428830Kg - m$$

Y los cálculos de los cortes actuantes de la viga en mención son:

$$\frac{w_u l_n}{2} = \frac{0.75 \left(1.4 * 1305 \frac{kg}{m} + 1.7 * 1600 \frac{kg}{m} \right) * 4.00m}{2}$$

$$\frac{w_u l_n}{2} = 682050kg$$

Con los valores anteriores se calculan los valores de corte de diseño como se ve a continuación:

$$V_e = \frac{M_{pr1} + M_{pr2}}{l_n} \pm \frac{w_u l_n}{2}$$

$$V_e = \frac{632499kg - m + 428830kg - m}{4.00m} + 682050kg$$

$$V_e = 947382kg$$

La resistencia a corte del concreto se calcula según la expresión dada por el código **ACI 318 05 – 11.3** $\phi V_c = 0.53 \phi \sqrt{f'_c} b d$ para determinar la resistencia que proveerá el acero transversal, entonces:

$$\phi V_c = 0.53\phi\sqrt{f'_c}bd$$

$$\phi V_c = 0.53*0.85*\sqrt{280}\frac{kg}{cm^2}*25cm*32cm$$

$$\phi V_c = 603065kg$$

Y como el espaciamiento (s) esta definido por la expresión $S = \frac{A_v f_y d}{V_e - \phi V_c}$ de donde A_v es el área de la sección del acero transversal de modo que si se usan varillas No 3 $A_s = 0.71cm^2$ quedaría como se muestra:

$$S = \frac{A_v f_y d}{V_e - \phi V_c}$$

$$S = \frac{(2*0.71cm^2)*2810\frac{kg}{cm^2}*32cm}{947382kg - 603065kg}$$

$$S = 37.08cm$$

El código **ACI 318 05 – 21.3.3.2** propone que el espaciamiento de los estribos de confinamiento no debe exceder el menor de los siguientes:

- $d/4$
- 8 veces el diámetro de las barras longitudinales mas pequeñas
- 24 veces el diámetro de la barra del estribo cerrado de confinamiento, y
- 300 mm

Entonces evaluando seria: $d/4 = 32\text{cm} / 4 = 8\text{cm}$, $8 * (5/8 * 25.54) = 12.70\text{cm}$, $24 * (3/8 * 2.54) = 22.86\text{cm}$ y 30cm . Por lo tanto se usara un espaciamiento de 8cm el cual es menor de 37.08cm (requerido) a una distancia no menor de $2h = 2 * 35\text{cm} = 70\text{cm}$. medida a partir de la cara del nudo en la viga de 4 metros.

Por la similitud del procedimiento no se muestra el cálculo de la viga de 3 metros, la cual su armado quedó determinado con estribos de confinamiento No 3 @ 8cm a una distancia no menor de 60cm medida a partir de la cara del nudo. Para las zonas centrales en ambas vigas estribos No. 3 @ 15cm .

Figura 18. Vigas

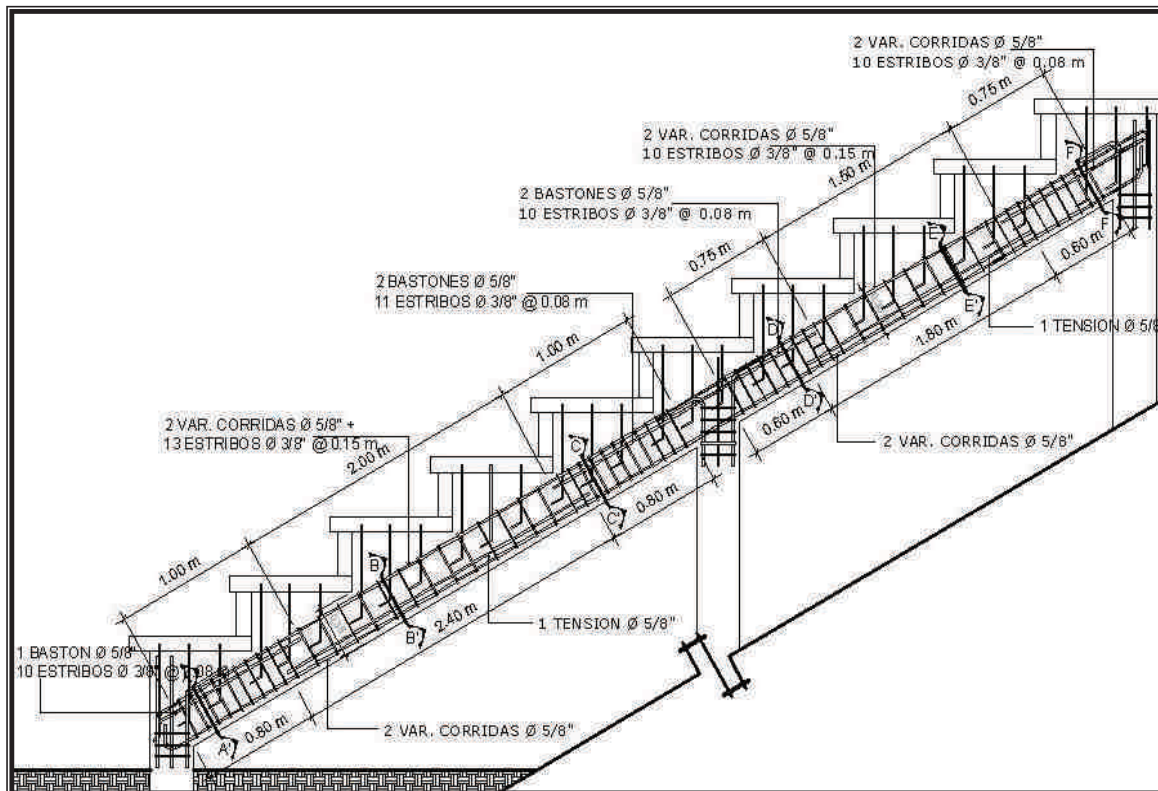
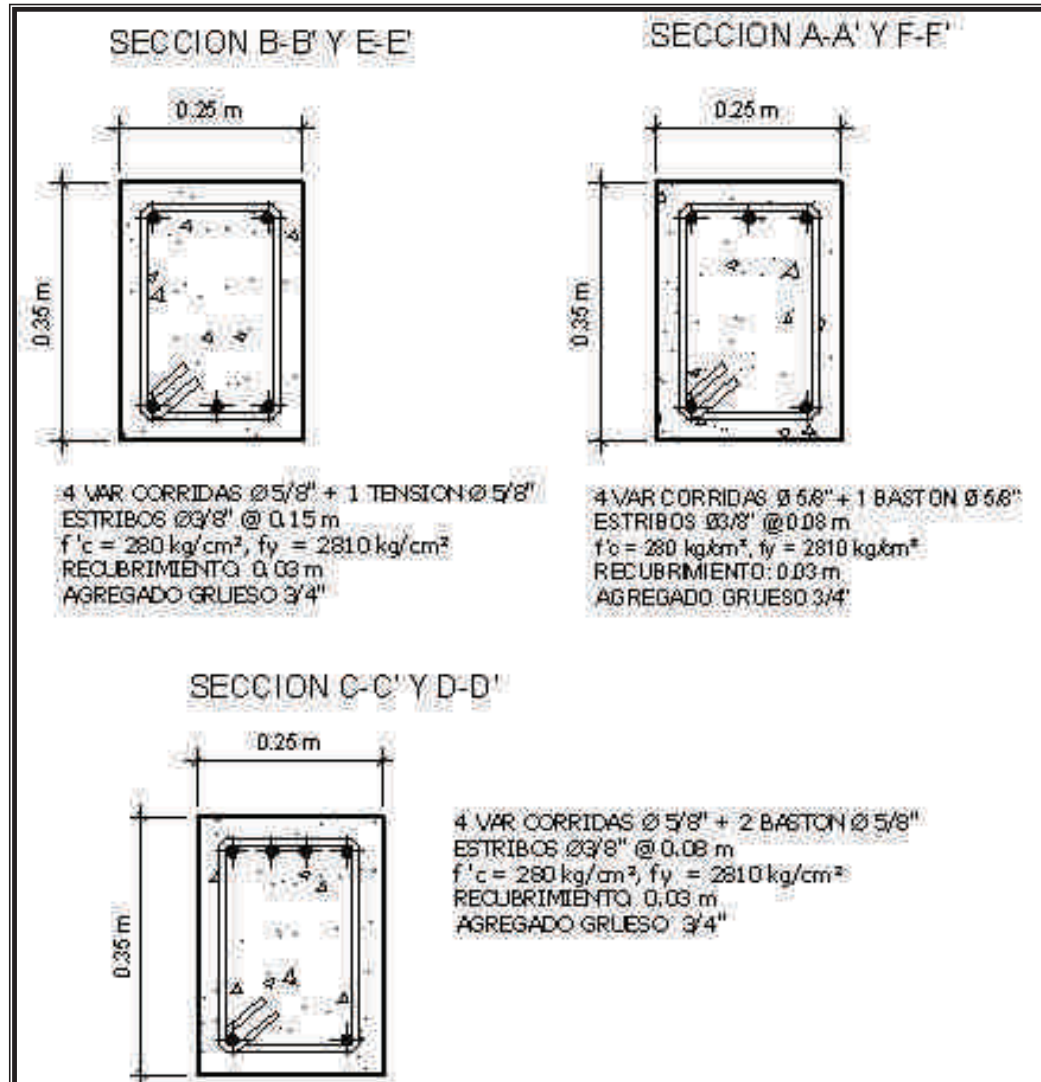


Figura 19. Secciones de vigas



3.7.3 Diseño de columnas

Las columnas se definen como elementos que sostienen principalmente cargas a compresión. En general, las columnas también soportan momentos flectores con respecto a uno o a los dos ejes de la sección transversal y esta acción de flexión puede producir fuerzas de tensión sobre una parte de la sección transversal. Aun en estos casos, se hace referencia a las columnas como elementos a compresión puesto que las fuerzas de compresión dominan su comportamiento, y tales fuerzas pueden ser de cualquier naturaleza. Para resistir tales fuerzas el código **ACI 318 05 - 21.4** recomienda las siguientes especificaciones:

- Estos elementos deben resistir fuerzas inducidas por sismo, y deben de tener una fuerza axial mayorada de compresión P_u que excede $A_g f'_c / 10$.
- La dimensión menor de la sección transversal, medida desde una línea recta que pasa a través del centroide geométrico, no debe ser menor que 300 mm .
- La relación entre la dimensión menor de la sección transversal y la dimensión perpendicular no debe ser menor que 0.4.

Cálculo de acero longitudinal:

La deflexión relativa de primer orden entre la parte superior e inferior del piso causada por el corte y se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\Delta_{real} = \frac{VH}{Eh^2} \left(\left(\frac{H}{h} \right)^2 + 3 \right)$$

donde:

Δ_{real} = Deflexión relativa de primer orden

V = Corte total del piso

H = Altura de la columna

E = Módulo de elasticidad del concreto

h = Longitud de la columna paralela a la dirección del corte V

Entonces se procede a calcular la deflexión real de la estructura debido a las fuerzas inerciales provocadas por los movimientos sísmicos.

$$\Delta_{real} = \frac{2020kg * 470cm}{\left(15100\sqrt{280} \frac{kg}{cm^2} \right) * (30cm)^2} \left(\left(\frac{470cm}{30cm} \right)^2 + 3 \right)$$

$$\Delta_{real} = 1.04cm$$

Según los códigos para Guatemala (zona sísmica 4) se permite una deflexión relativa de primer orden como sigue:

$$\Delta_{permisible} = 0.0025H$$

$$\Delta_{permisible} = 0.0025(470cm)$$

$$\Delta_{permisible} = 1.18cm$$

Por lo tanto como:

$$\Delta_{permisible} \geq \Delta_{real}$$

$$1.18cm > 1.04cm \text{ OK}$$

El código **ACI 318 05 – 10.11.4.2**, permite suponer como arriostrado (sin desplazamiento lateral) a un piso en la estructura si $Q = \frac{(\sum P_u)\Delta_o}{V_u l_c}$ es menor o igual a 0.05 donde $\sum P_u$ y V_u son la carga total y el cortante horizontal mayorados en el piso, respectivamente, en el piso bajo consideración y Δ_o es el desplazamiento lateral relativo de primer orden.

$$Q = \frac{(\sum P_u)\Delta_o}{V_u l_c}$$

donde:

Q = Índice de estabilidad

$(\sum P_u)$ = Sumatoria de fuerzas verticales de piso

Δ_o = Deflexión relativa de primer orden

V_u = Corte del piso

l_c = Longitud de la columna

$$Q = \frac{\left(4547 \frac{\text{kg}}{\text{m}} * 7\text{m} + 2877\text{kg}\right) * 1.04\text{cm}}{2020\text{kg} * (470\text{cm})}$$

$$Q = 0.038$$

Como Q es menor que 0.05, en el análisis puede considerarse que los marcos del graderío son marcos arriostrados.

Para una revisión inicial de de la esbeltez, se utiliza un valor aproximado del factor $K=1$ de longitud efectiva. Entonces.

$$\frac{Kl_u}{r} = \text{Relacion de esbeltez}$$

donde:

K = Factor de longitud efectiva

l_u = Longitud de la columna

r = Radio de giro de la sección de la columna según el ACI 10.11.1 $\approx 0.30h$

h = Lado de la columna paralelo al plano analizado

$$\frac{Kl_u}{r} = \frac{1 * (470\text{cm})}{0.30 * 30\text{cm}}$$

$$\frac{Kl_u}{r} = 52.22$$

Para un pórtico arriostrado el límite superior de comportamiento para una columna corta, según el código **ACI 318 05 – 10.12.2** es:

$$\frac{Kl_u}{r} \leq 34 - 12 \frac{M_1}{M_2}$$

donde:

M_1 y M_2 , Son los momentos de los extremos del elemento, siendo M_1 el menor entre ambos.

$$\frac{Kl_u}{r} \leq 34 - 12 \frac{-356.08 \text{kg} - \text{m}}{2557.68 \text{kg} - \text{m}}$$

$$\frac{Kl_u}{r} \leq 35.67$$

El valor de 52.22 lo excede, de modo que la esbeltez debe incluirse en el diseño. Se requiere entonces un cálculo mas refinado del factor de la longitud efectiva según el método del código **ACI 318 05 – 10.12.1**. Entonces:

$$\psi_n = \frac{\sum \left(\frac{EI}{l} \right)_{\text{columnas}}}{\sum \left(\frac{EI}{l} \right)_{\text{vigas}}}$$

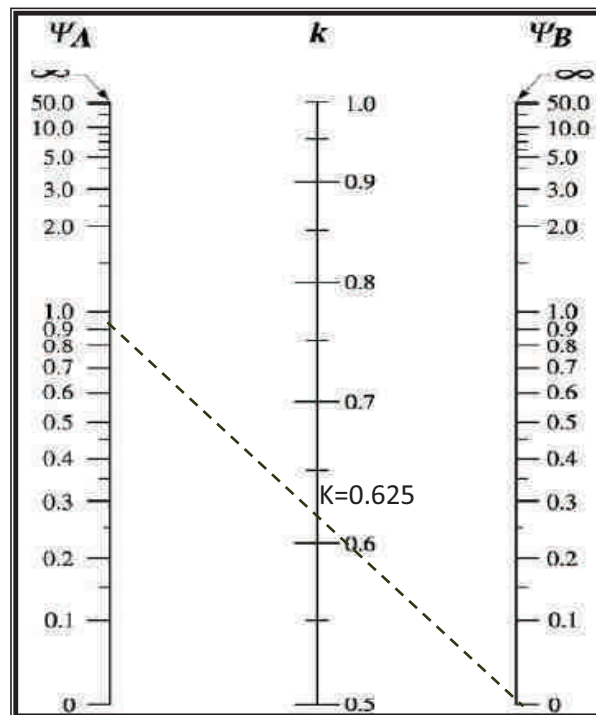
Es el grado de restricción (ψ) y es igual a la relación $\sum \left(\frac{EI}{l} \right)$ de las columnas respecto a $\sum \left(\frac{EI}{l} \right)$ de las vigas, siendo E el módulo de elasticidad del concreto armado, I la inercia de la sección y l la longitud de los elementos, Por lo tanto E es el mismo para ambos entonces se cancela y por lo tanto:

$$\psi_A = \frac{\frac{0.70 \left(\frac{1}{12} * 0.30m^4 \right)}{4.70m}}{\frac{0.35 \left(\frac{1}{12} * 0.25m * 0.35m^3 \right)}{3.00m}}$$

$$\psi_A = 0.964$$

Para el extremo B, su valor es cero (0) ya que se considera como un elemento infinitamente rígido (zapata empotrada), luego se buscan estos valores en el nomograma y en la línea del centro se lee el factor K de longitud efectiva de la columna. Que para estos valores da un $K=0.625$.

Figura 20. Nomograma para pórticos arriostrados



Fuente: comité 318S-05, **ACI**, capítulo 10, pág. 141.

Con el valor real de K (0.625) tomado de la figura 20 se calcula la relación de esbeltez.

$$\frac{Kl_u}{r} = \frac{0.625*(470cm)}{0.30*30cm}$$

$$\frac{Kl_u}{r} = 32.64$$

Como el valor obtenido es menor que 35.67 no es necesario incluir los efectos de esbeltez en el diseño, entonces esta confirmado que se puede diseñar como una columna corta. Por lo tanto:

$$\frac{P_u}{A_g} = \frac{682050kg + 108450kg}{30cm * 30cm}$$

$$\frac{P_u}{A_g} = \frac{790500kg}{30cm * 30cm}$$

$$\frac{P_u}{A_g} = 8.78 \frac{kg}{cm^2}$$

$$\frac{M_u}{A_g h} = \frac{235202kg - m}{(30cm * 30cm) * 0.25m}$$

y

$$\frac{M_u}{A_g h} = 10.45 \frac{kg}{cm^2}$$

Mediante el diagrama de iteración (ver anexo), es notable que la cuantía de acero debe ser del 1.2 %, por lo que un arreglo de 4 No 5 mas 4 No 4 proporciona una cuantía de acero de 1.44% en su sección de 30 X 30 cm. Siendo este último mayor y cumpliendo con los límites de cuantía requerida según el código **ACI 318 05 – 21.4.3.1**.

Cálculo de acero transversal:

El cálculo del acero transversal esta en base al código **ACI 318 05** –
21.4.4.1. Entonces:

Cálculo del espaciamiento:

$$S = \begin{cases} b_w/4 = 30/4 = 7.5cm \\ 6b_t = 6 * \left(\frac{5}{8} in * 2.54 \frac{cm}{in} \right) = 9.53cm \\ 10cm \leq 100 + \left(\frac{350 - h_x}{.3} \right) \leq 15cm \\ \rightarrow 100 + \left(\frac{350 - 250}{.3} \right) = 13.33cm \end{cases}$$

Cálculo del área de acero:

$$A_{sh} = 0.3 \frac{s b_c f'_c}{f_{yt}} \left[\left(\frac{A_g}{A_{ch}} \right) - 1 \right]$$

$$A_{sh} = 0.3 \frac{10cm * 25cm * 280 \frac{kg}{cm^2}}{2810 \frac{kg}{cm^2}} \left[\left(\frac{900cm^2}{625cm^2} \right) - 1 \right]$$

$$A_{sh} = 1.30cm^2 \rightarrow 2No3 = 1.42cm^2$$

Estribos No 3 a razón de 7.5 cm en las zonas de confinamiento y a razón de 10 cm en las zonas centrales.

Figura 21. Columnas

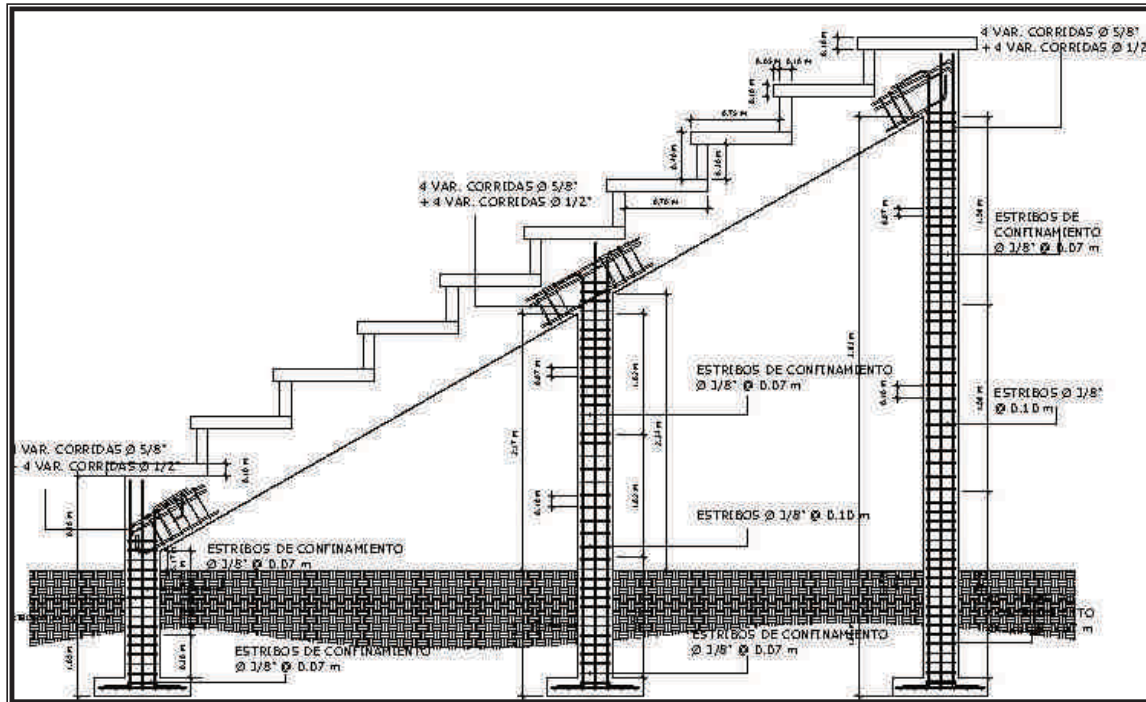


Figura 22. Sección de columnas



3.7.4 Diseño de cimientos

La cimentación es aquella parte de la estructura que se coloca generalmente por debajo de la superficie del terreno y que transmite las cargas al suelo o roca subyacentes.

Cálculo de los esfuerzos sobre la masa de suelo que soporta la estructura:

$$p_u = \frac{p_u'}{B^2} \pm \frac{6M}{B^3}$$

$$p_u = \frac{1096352kg + 363kg + 717kg * 0.5 + 717kg * 2}{(0.80m)^2} \pm \frac{6 * 754.32kg - m}{(0.80m)^3}$$

$$p_u = \frac{1311902}{(0.80m)^2} \pm \frac{6 * 754.32kg - m}{(0.80m)^3}$$

$$p_u = \begin{cases} 2933815 \frac{kg}{m^2} \approx 29.34 \frac{Ton}{m^2} \\ 116580 \frac{kg}{m^2} \approx 11.66 \frac{Ton}{m^2} \end{cases}$$

Como la máxima presión no sobrepasa el valor de capacidad de carga del suelo, que en el punto 3.1.4 (60 Ton/m^2) se calculó, quiere decir que el tamaño de las zapatas es aceptable, por lo tanto para la sección crítica a flexión tenemos:

$$M_u = \left[\frac{Pl^2}{2} + \frac{(P_{\max} - p) 2l}{3} \right]$$

$$M_u = \left[\frac{23.82 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^2} * (0.25\text{m})^2}{2} + \frac{\left(29.34 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^2} - 23.82 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^2} \right) * 0.25\text{m}}{2} * \frac{2 * 0.25\text{m}}{3} \right] * 1\text{m}$$

$$M_u = 0.97 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^2} = 974.38 \text{kg} - \text{m}$$

Cálculo del área de acero de refuerzo requerido:

$$A_s = \left(100\text{cm} * 13\text{cm} - \sqrt{(100\text{cm} * 13\text{cm})^2 - \frac{974.387\text{kg} - \text{m} * 100\text{cm}}{0.003825 \frac{\text{m}}{\text{cm}} * 280 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}} \left(\frac{0.85 * 280 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}}{2,810 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}} \right) \right)$$

$$A_s = 3.00 \text{cm}^2$$

Área de acero mínimo:

$$A_{s,\min} = \frac{14.1}{f_y} bd$$

$$A_{s,\min} = \frac{14.1}{2810 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}} 100\text{cm} * 13\text{cm}$$

$$A_{s,\min} = 6.52 \text{cm}^2$$

Espaciamiento requerido (s):

$$100cm \rightarrow A_s = 6.52cm^2$$

$$S \rightarrow A_s = 1.27cm^2 (\text{No 4})$$

$$S = \frac{100cm * 1.27cm^2}{6.52cm^2}$$

$$S = 19.47cm \text{ usar No 4 @ 0.15 en ambos sentidos}$$

Chequeo por punzonamiento:

$$V_u = P_{\max} [A_g - (c + d)^2]$$

$$V_u = 29.34 \frac{\text{Ton}}{m^2} [(0.80m)^2 - (0.30m + 0.13m)^2] * 1000 \frac{kg}{\text{Ton}}$$

$$V_u = 1335264kg$$

El Código **ACI 318 05 – 11.12.2** establece que V_u , para cortante por punzonamiento no debe ser mayor que:

$$\phi V_{cp} = 0.27\phi \left(2 + \frac{4}{\beta} \right) \sqrt{f'_c} [4(c + d)] * d$$

$$\phi V_{cp} = 0.27 * 0.85 \left(2 + \frac{4}{1} \right) \sqrt{280} \frac{kg}{cm^2} [4(30cm + 13cm)] * 13cm$$

$$\phi V_{cp} = 5152106kg$$

Chequeo por corte:

$$V_u = \left(\frac{p_{\max} + p_c}{2} \right) b t$$

$$V_u = \left(\frac{26.67 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^2} + 29.34 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^2}}{2} \right) * 0.80\text{m} * 0.12\text{m} * 1000 \frac{\text{kg}}{\text{Ton}}$$

$$V_u = 268848\text{kg}$$

El Código **ACI 318 05 – 11.3.1.1** establece que V_u , para elementos sometidos a cortante y flexión no debe ser mayor que:

$$\phi V_c = 0.53 * \phi \sqrt{f'_c} b t$$

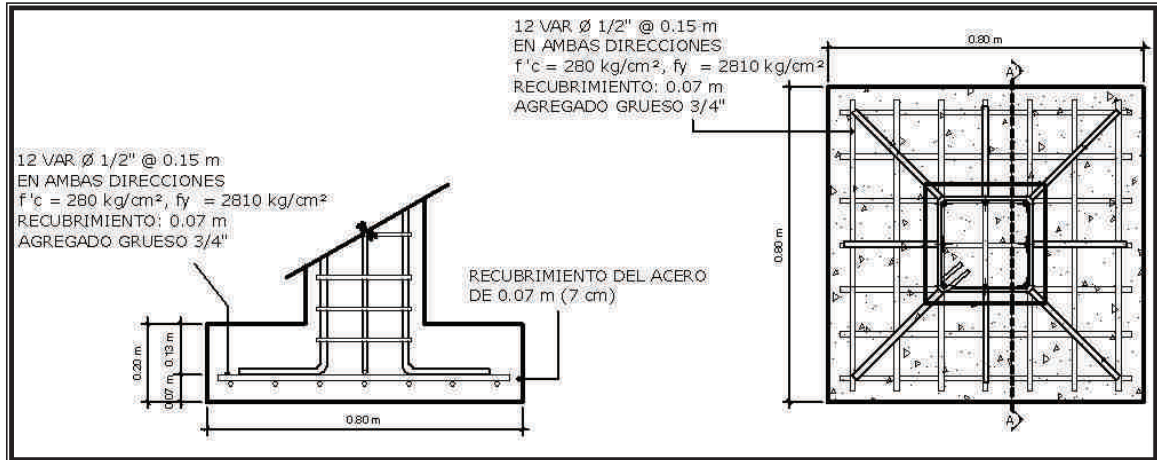
$$\phi V_c = 0.53 * 0.90 * \sqrt{280} \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} * 80\text{cm} * 12\text{cm}$$

$$\phi V_c = 766247\text{kg}$$

$$\phi V_c \geq V_u$$

$$766247\text{kg} > 268848\text{kg} \quad \text{OK}$$

Figura 23. Zapata



3.7.5 Diseño de locales comerciales

Para aprovechar el espacio que queda debajo del graderío se diseñaron locales comerciales de dimensiones idénticas de 3 x 5 m. disponiendo muros como los establece el punto 3.7.7 de este informe, considerando las normas de la FHA, integrando el diseño de instalaciones de energía eléctrica e iluminación, de agua potable y sanitarias, previendo de un servicio sanitario individual en cada local, acabados en muros y pisos, con cielo falso en el techo, en las entradas se dispusieron de portones tipo persiana. Se pueden apreciar mejor los detalles en el plano correspondiente que se encuentra en el anexo 5 de este informe.

3.7.6 Diseño de techos

La estructura para techo sirve de soporte de la cubierta que provee de defensa contra las inclemencias climáticas tales como lluvias y rayos solares, hay que tomar en consideración todos los detalles para que esta sea de total eficiencia ante el medio imperante.

La estructura de soporte del techo será conformada por una serie de costaneras colocadas de tal forma que puedan soportar las cargas respectivas aplicadas en la cubierta de techo que se proveerá de lámina galvanizada acanalada la cual aportará una cobertura del 60 por ciento del graderío, diseñado bajo las consideraciones del código **AISC**.

La costanera es también llamada perfil en C. Para su fabricación, se utiliza como materia prima lámina rolada en caliente en dos espesores: 1/16" (1.5 mm) y 3/64" (1.2 mm). La longitud en ambos casos es de 6 m. El proceso de fabricación para producir costanera es de rolado en frío.

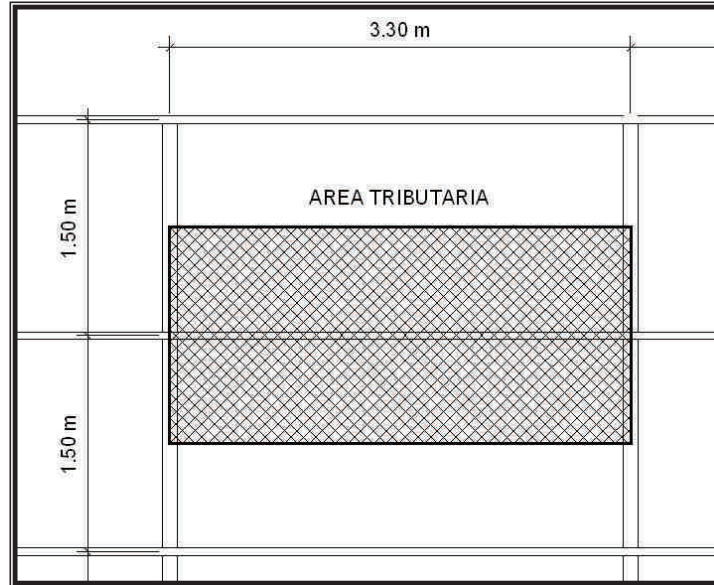
Integración de carga muerta (tomadas de la tabla de especificaciones para costaneras de sección C (ver anexo 4).

$$P_{lamina} = 5.35 \frac{kg}{m^2}$$

$$P_{costanera} = 3.40 \frac{kg}{m}$$

$$P_{sobrecargas} = 5.00 \frac{kg}{m^2}$$

Figura 24. Área tributaria sobre la viga



$$W_{muerta} = 3.40 \frac{kg}{m} + \frac{5.35 \frac{kg}{m^2} * 3.30m * 1.50m}{3.30m} + \frac{5.00 \frac{kg}{m^2} * 3.30m * 1.50m}{3.30m}$$

$$W_{muerta} = 18.93 \frac{kg}{m}$$

Integración de carga viva:

$$P_{viento} = 55 \frac{kg}{m^2}$$

$$P_{moviles} = 25 \frac{kg}{m^2}$$

$$W_{viva} = \frac{55 \frac{kg}{m^2} * 3.30m * 1.50m}{3.30m} + \frac{25 \frac{kg}{m^2} * 3.30m * 1.50m}{3.30m}$$

$$W_{viva} = 120 \frac{kg}{m}$$

Cálculo de la carga ultima factorizada según el código **AISC**:

$$W_u = 1.2 \left(18.93 \frac{kg}{m} \right) + 1.6 \left(120.00 \frac{kg}{m} \right)$$

$$W_u \approx 215 \frac{kg}{m}$$

3.7.6.1 Diseño de vigas de metal

Diseño por flexión:

Por análisis matemático puede determinarse que el momento máximo en una barra simplemente apoyada es:

$$M_{u, \max} = \frac{W_u l_u^2}{8}$$

donde:

$M_{u, \max}$ = Momento máximo

W_u = Carga uniformemente distribuida

l_u = Luz libre del elemento

Cálculo del momento máximo:

$$M_{u, \max} = \frac{W_u l_u^2}{8}$$

$$M_{u, \max} = \frac{215 \frac{kg}{m} * (3.30m)^2}{8} = 292.67 \text{ kg m}$$

Según el código **AISC F2-10**, el momento nominal de una barra de acero es:

$$\phi M_n = \phi F_y S_x$$

donde:

ϕM = Momento nominal

ϕ = Factor de reducción en flexión

F_y = Fluencia del acero

S_x = Módulo de sección (tomado de las especificaciones técnicas ver anexo)

Cálculo del momento nominal:

$$\phi M_n = \phi F_y S_x$$

$$\phi M_n = 0.90 * \left(36000 \text{ PSI} * 0.07 \frac{\text{kg/cm}^2}{\text{PSI}} \right) * 13.85 \text{ cm}^3 * \frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}}$$

$$\phi M_n = 314.12 \text{ kg} - \text{m}$$

$$\phi_c M_n \geq M_u$$

$$314.12 \text{ kg} > 292.67 \text{ OK}$$

Diseño por corte:

Por análisis matemático puede determinarse que el corte máximo en una barra simplemente apoyada es:

$$V_{u, \max} = \frac{W_u l_u}{2}$$

donde:

$$V_{u, \max} = \text{Corte máximo}$$

$$W_u = \text{Carga uniformemente distribuida}$$

$$l_u = \text{Luz libre de la viga}$$

Cálculo del corte máximo:

$$V_{u, \max} = \frac{W_u l_u}{2}$$

$$V_{u, \max} = \frac{215 \frac{\text{kg}}{\text{m}} * 3.30 \text{m}}{2} = 354.75 \text{kg}$$

Según el código **AISC F2-22**, el corte nominal de una barra de acero es:

$$\phi V_n = \phi 0.6 F_y A_w$$

donde:

$$\phi V = \text{Corte nominal}$$

$$\phi = \text{Factor de reducción en flexión}$$

$$F_y = \text{Fluencia del acero}$$

$$A_w = \text{Área del alma de la sección}$$

Cálculo del corte nominal:

$$\phi V_n = \phi 0.6 F_y A_w$$

$$\phi V_n = 0.90 * 0.6 \left(36000 \text{PSI} * 0.07 \frac{\text{kg/cm}^2}{\text{PSI}} \right) * 0.2 \text{cm} * 10 \text{cm}$$

$$\phi V_n = 2721.60 \text{kg}$$

$$\phi_c V_n \geq V_u$$

$$2721.60 \text{kg} > 354.75 \text{OK}$$

Diseño por deflexión:

Por análisis matemático puede determinarse que la deflexión máxima en una barra simplemente apoyada es:

$$\Delta_{u, \max} = \frac{5W_u l_u^4}{384EI}$$

donde:

$\Delta_{u, \max}$ = Deflexión máxima

W_u = Carga uniformemente distribuida

l_u = Luz libre de la viga

E = Módulo de elasticidad del acero

I = Inercia de la sección

Cálculo de la deflexión máxima:

$$\Delta_{u, \max} = \frac{5 * 215 \frac{kg}{m} * \frac{1m}{100cm} \left(3.30m * \frac{100cm}{1m} \right)^4}{384 \left(29000000 \frac{kg}{cm^2} * 0.07 \frac{cm^2}{PSI} \right) * 69.2cm^4}$$

$$\Delta_{u, \max} = 1.67cm$$

Según las especificaciones técnicas de las costaneras la deflexión permisible de una barra de acero simplemente apoyada es:

$$\Delta_{\text{permisible}} = \frac{l_u}{180}$$

donde:

$\Delta_{\text{permisible}}$ = Deflexion permitida

l_u = Luz libre del elemento

Cálculo de la deflexión permisible:

$$\Delta_{\text{permisible}} = \frac{l_u}{180}$$

$$\Delta_{\text{permisible}} = \frac{3.30m * \frac{100cm}{1m}}{180} = 1.83cm$$

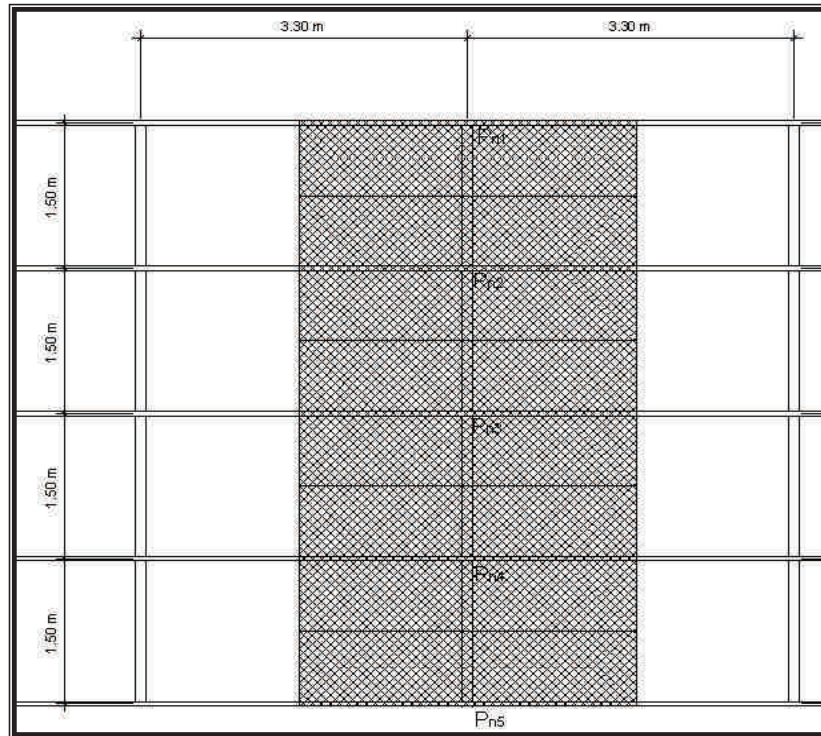
$$\Delta_{\text{permisible}} \geq \Delta_{u, \max}$$

$$1.83cm > 1.67cm \text{ OK}$$

3.7.6.2 Diseño de columnas de metal

Las columnas se dispusieron en el diseño, como de la unión de dos costaneras de sección C de 6 x 2 y unidas por medio de puntos de soldadura eléctrica, las especificaciones de la costanera se encuentran en el apéndice.

Figura 25. Área tributaria que actúa sobre las columnas

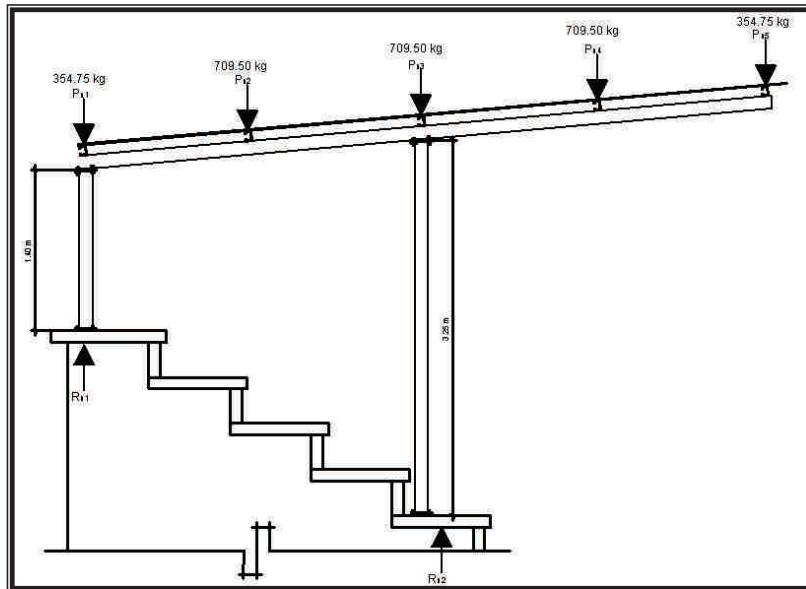


Las cargas pueden encontrarse a partir del área tributaria, entonces:

$$p_{N1} = p_{N5} = 215 \frac{kg}{m^2} * 3.30m = 709.50kg$$

$$p_{N2} = p_{N3} = p_{N4} = \frac{215 \frac{kg}{m^2} * 3.30m}{2} = 354.75kg$$

Figura 26. Fuerzas gravimétricas que llegan a las columnas



Cálculo de la resistencia por pandeo por flexión con respecto al eje x:

Cálculo de la esbeltez:

$$\frac{KL}{r} = \text{Esbeltez.}$$

donde:

K = Factor de longitud efectiva

L = Longitud del elemento

$$r = \text{Radio de giro} = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

I = Inercia de la sección

A = Área de la sección

$$\frac{KL}{r_x} = \frac{1 * \left(3.25m * \frac{100cm}{1m} \right)}{5.79cm} = 56.13$$

Cálculo del parámetro de esbeltez:

$$\lambda_c = \frac{KL}{r\pi} \sqrt{\frac{F_y}{E}}$$

donde:

$$\frac{KL}{r} = \text{Esbeltez}$$

F_y = Esfuerzode fluencia

E = Módulo de elasticidad

$$\lambda_c = \frac{KL}{r\pi} \sqrt{\frac{F_y}{E}}$$

$$\lambda_c = \frac{56.13}{\pi} \sqrt{\frac{36}{29000}} = 0.63$$

$0.63 < 1.5 \therefore$ Se usa la ecuación **E2-2 del AISC** esfuerzo crítico de pandeo:

$$F_{cr} = (0.658)^{\lambda_c^2} F_y$$

$$F_{cr} = (0.658)^{0.63^2} \left(36000 \text{PSI} * 0.07 \frac{\text{kg/cm}^2}{\text{PSI}} \right) = 2134 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Cálculo de la resistencia nominal:

$$\phi P_n = \phi A_g F_{cr}$$

donde:

ϕ = Factor de reducción

A_g = Área gruesa de la sección

F_{cr} = Esfuerzo crítico de pandeo

$$\phi P_n = 0.85 * 5.34 \text{ cm}^2 * 2134 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} = 9686.23 \text{ kg}$$

Para el eje y, con espaciamientos (a) de soldaduras a cada 15 cm:

$$\frac{KL}{r_y} = \frac{1 \left(3.25 \text{ m} * \frac{100 \text{ cm}}{1 \text{ m}} \right)}{1.79 \text{ cm}} = 181.56$$

Para determinar la resistencia por pandeo flexo-torsión para el eje y, se usa la relación de esbeltez modificada, con base a la separación de conectores, la separación de conectores (puntos de soldadura) es de 15 cm, el código **AISC sección E** requiere que la esbeltez de una parte componente del miembro soldado no sea mayor que tres cuartos la esbeltez del miembro compuesto, es decir:

$$\frac{a}{r_{i,\min}} \leq \frac{3}{4} \frac{KL}{r}$$

donde:

a = Distancia entre puntos de soldadura

$r_{i,\min}$ = Radio de giro mínimo

$\frac{KL}{r}$ = Relación de esbeltez del miembro

$$\frac{a}{r_{i,\min}} = \frac{15\text{cm}}{1.42\text{cm}} = 10.56$$

$$\frac{3}{4} \frac{KL}{r} = 0.75 * 181.56 = 136.17$$

$$10.56 < 136.17 \text{ OK satisfice}$$

Según la ecuación **E4-2 del AISC**, la relación de esbeltez modificada es

$$\left(\frac{KL}{r}\right)_m = \sqrt{\left(\frac{KL}{r}\right)_0^2 + 0.82 \frac{\alpha^2}{(1 + \alpha^2)} \left(\frac{a}{r_{i,\min}}\right)^2}$$

donde:

$\left(\frac{KL}{r}\right)_m$ = Relación de esbeltez modificada

$\left(\frac{KL}{r}\right)_0^2$ = Relación de esbeltez sin modificación

$r_{r,\min}$ = Radio de giro del componente respect al eje paralelo al eje de pandeo

α = Razón de separación = $\frac{h}{2r_i}$

h = Distancia entre centroides de los componentes

Entonces:

$$r_{i,\min} = 1.42$$

$$h = 2r_y$$

$$h = 2 * 1.79 \text{cm} = 3.58 \text{cm}$$

$$\alpha = \frac{h}{2r_{i,\min}} = \frac{3.58 \text{cm}}{2 * 1.42 \text{cm}} = 1.261$$

Cálculo de la relación de esbeltez modificada:

$$\left(\frac{KL}{r}\right)_m = \sqrt{(181.56)^2 + 0.82 \frac{1.261^2}{(1+1.261^2)} \left(\frac{15 \text{cm}}{1.42 \text{cm}}\right)^2}$$
$$\left(\frac{KL}{r}\right)_m = 181.71$$

Este valor se usa para el cálculo de F_{cry} :

$$\lambda_c = \frac{KL}{r\pi} \sqrt{\frac{F_y}{E}}$$

$$\lambda_c = \frac{181.71}{\pi} \sqrt{\frac{36}{29000}} = 2.04$$

$2.04 > 1.5 \therefore$ Se usa la ecuación **E 2-3 del AISC** del esfuerzo por pandeo por flexión:

$$F_{cxy} = \left[\frac{0.877}{\lambda_c^2} \right] F_y$$

$$F_{cxy} = \left[\frac{0.877}{(2.04)^2} \right] * 36000 \text{PSI} * 0.07 \frac{\text{kg}}{\text{PSI} \cdot \text{cm}^2} = 531.05 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Según la ecuación **E 2-3 del AISC** el esfuerzo de pandeo por flexo-torsión puede calcularse así:

$$F_{crz} = \frac{GJ}{Ar_o^2}$$

donde:

F_{crz} = Esfuerzo por pandeo por flexo-torsión

G = Módulo de corte del acero

J = Momento Polar

A = Área de la sección

r_o^2 = Centro de cortante

Según las especificaciones técnicas del material los datos serían:

$$J = 298.05 \text{cm}^4$$

$$G = 11200 \text{PSI} * 0.07 \frac{\text{kg}}{\text{PSI} \cdot \text{cm}^2} = 784 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$r_o^2 = x_o^2 + y_o^2 + \frac{I_x + I_y}{A}$$

$$r_o^2 = (1.79 \text{cm})^2 + (5.79)^2 + \frac{1.78 \text{cm}^4 + 17.13 \text{cm}^4}{5.34 \text{cm}^2} = 73.44 \text{cm}^2$$

Cálculo del esfuerzo de pandeo por flexo-torsión:

$$F_{crz} = \frac{GJ}{Ar_o^2}$$

$$F_{crz} = \frac{784 \frac{kg}{cm^2} * 298.05 cm^4}{5.34 cm^2 * 73.44 cm^2} = 595.84 \frac{kg}{cm^2}$$

Según la ecuación **A-E3-5 del AISC** el esfuerzo crítico se calcula de la siguiente manera:

$$F_{cft} = \left(\frac{F_{cry} + F_{crz}}{2H} \right) \left[1 - \sqrt{1 - \frac{4F_{cry} F_{crz} H}{(F_{cry} + F_{crz})^2}} \right], \text{ donde } H = 1 - \left(\frac{x_o^2 + y_o^2}{r_o^2} \right)$$

Cálculo del esfuerzo crítico:

$$H = 1 - \left(\frac{x_o^2 + y_o^2}{r_o^2} \right)$$

$$H = 1 - \left(\frac{(1.79 cm)^2 + (5.79 cm)^2}{73.44 cm^2} \right) = 0.50$$

$$F_{cft} = \left(\frac{F_{cry} + F_{crz}}{2H} \right) \left[1 - \sqrt{1 - \frac{4F_{cry} F_{crz} H}{(F_{cry} + F_{crz})^2}} \right]$$

$$F_{cft} = \left(\frac{53.105 \frac{kg}{cm^2} + 595.84 \frac{kg}{cm^2}}{2 * 0.5} \right) \left[1 - \sqrt{1 - \frac{4 * 53.105 \frac{kg}{cm^2} * 595.84 \frac{kg}{cm^2} * 0.5}{\left(53.105 \frac{kg}{cm^2} + 595.84 \frac{kg}{cm^2} \right)^2}} \right]$$

$$F_{cft} = 328.07 \frac{kg}{cm^2}$$

Cálculo de la resistencia nominal, la cual debe ser menor a la fuerza que llega a la columna (fuerza nominal) como se muestra en la figura 26:

$$\phi_c P_n = \phi_c A_t F_{cft}$$

$$\phi_c P_n = 0.85 * (2 * 5.34 \text{ cm}^2) * 328.07 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} = 297822 \text{ kg}$$

$$\phi_c P_n \geq P_u$$

$$297822 \text{ kg} > 2877.00 \text{ K}$$

3.7.7 Diseño de muro perimetral

El muro perimetral por ser un muro sin carga, se diseñó bajo las de las normas de planificación y construcción para casos proyectados del Instituto de Fomento de Hipotecas Aseguradas de Guatemala FHA.

Tabla XIX. Especificaciones para muros sin carga

Espesor mínimo	10 cm
Profundidad mínima de cimentación	40 cm
Separación máxima de refuerzos verticales	2.80 m
Separación máxima de soleras	2.00 m

Fuente: FHA, **Normas de planificación y construcción**, parte I, Pág.57

Considerando la especificación anterior se dispusieron de muros de blocks huecos de material pómez de 25 kg/cm^2 y espesor de 15 cm , con columnas de $0.15 \times 0.20 \text{ m}$ con un armado mínimo recomendado por FHA de 4 varillas número 3 dispuestas a cada 2.80 m y con estribos número 2 a razón de 0.20 m , solera hidrófuga de $0.50 \text{ m} \times 0.20$ con 4 varillas número 3 y estribos a razón de 0.20 m , una cimentación a 0.60 m de profundidad a partir del nivel de piso con sección de $0.30 \times 0.15 \text{ m}$ con varillas número 3 y eslabones número 2, una solera de remate contenida en block sección U con una sola varilla número 3 que sirve como agarre de la malla perimetral, dejando juntas de dilatación cada tres columnas a fin de evitar las grietas por expansión térmica o vibraciones sísmicas.

3.7.8 Diseño de drenajes para gramilla

La determinación del caudal de agua en los tramos de tuberías dentro del campo de juego se hizo con el método racional, el cual su expresión esta dada por:

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

donde:

Q = Caudal

c = Constante que depende de la superficie donde pasa la escorrentía o infiltración

i = Intensidad de lluvia determinada para la region de San Antonio Ilotenango (ver anexo)

a = Área de concentración

Cálculo del caudal:

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

$$Q = \frac{0.10 * 120 \frac{mm}{hr} * \left(10.00m * 54.00m * \frac{1ha}{10000m^2} \right)}{360} * \frac{1000L}{1m^3}$$

$$Q = 1.8 \frac{L}{s}$$

El cálculo de la velocidad se determina mediante la fórmula de Manning que esta en función del diámetro D y la pendiente de diseño S , entonces:

$$V = 3.42D^{2/3} \left(\frac{s}{100} \right)^{1/2}$$

$$V = 3.42(4in)^{2/3} \left(\frac{1.0}{100} \right)^{1/2}$$

$$V = 0.86 \frac{m}{s} > V_{\min} = 0.6 \frac{m}{s} \text{ OK}$$

Cálculo del caudal a sección llena:

$$q = 0.5067 VD^2$$

$$q = 0.5067 * 0.86 \frac{m}{s} * (4in)^2$$

$$q = 6.97 \frac{L}{s} \text{ (a sección llena)}$$

Factores de diseño, calculados a partir de la relación de caudales y encontradas en las tablas de las especificaciones técnicas de la tubería (ver anexo 2).

$$\frac{Q}{q} = \frac{1.8 \frac{L}{s}}{6.97 \frac{L}{s}} = 0.258, \text{ valor el cual se busca en las tablas, por lo tanto:}$$

$$\frac{d}{D} = 0.347 \therefore d = 0.347D = 0.347 * 4in * 2.54 \frac{cm}{in} = 3.53cm$$

Relación de diámetros:

$$\% = \frac{3.53cm}{4 * 2.54 \frac{cm}{in}} * 100 = 34.74\% < 90\% \text{ OK}$$

$$\text{Relación de áreas: } \frac{a}{A} = 0.308 \therefore a = 0.308 * \left(\frac{\pi}{4} * \left(4in * 2.54 \frac{cm}{in} \right)^2 \right) = 24.97cm^2$$

$$\text{Relación de velocidad: } \frac{v}{V} = 0.839 \therefore v = 0.839 * 0.86 \frac{m}{s} = 0.72 \frac{m}{s} \text{ OK}$$

Cálculo para el tramo colector (tubo de 6 in), el cual colecta el agua de nueve líneas, las cuales se calcularon en el paso anterior:

$$Q = 9_{lineas} * 1.80 \frac{L}{s} = 16.20 \frac{L}{s}$$

$$V = 3.42D^{2/3} \left(\frac{s}{100} \right)^{1/2}$$

$$V = 3.42(64in)^{2/3} \left(\frac{1.0}{100} \right)^{1/2}$$

$$V = 1.13 \frac{m}{s} > V_{\min} = 0.6 \frac{m}{s} \text{ OK}$$

$$q = 0.5067VD^2$$

$$q = 0.5067 \cdot 1.13 \frac{m}{s} * (6in)^2$$

$$q = 20.61 \frac{L}{s} \text{ (a seccion llena)}$$

Entonces:

$$\frac{Q}{q} = \frac{16.20 \frac{L}{s}}{20.61 \frac{L}{s}} = 0.786, \text{ valor el cual se busca en las tablas, por lo tanto}$$

$$\frac{d}{D} = 0.668 \therefore d = 0.668D = 0.668 * 6in * 2.54 \frac{cm}{in} = 10.18cm$$

Relación de diámetros:

$$\% = \frac{10.18cm}{6 * 2.54 \frac{cm}{in}} * 100 = 66.80\% < 90\% \text{ OK}$$

Relación de áreas: $\frac{a}{A} = 0.709 \therefore a = 0.709 * \left(\frac{\pi}{4} * \left(4in * 2.54 \frac{cm}{in} \right)^2 \right) = 57.48cm^2$

Relación de velocidad: $\frac{v}{V} = 1.107 \therefore v = 1.107 * 0.86 \frac{m}{s} = 0.95 \frac{m}{s}$ OK

3.7.9 Selección del tipo de gramilla

En campos deportivos, la intensidad y requerimientos del juego, hace imprescindible un sustrato de elevada porosidad y gran capacidad drenante que evite compactaciones perjudiciales.

Para la selección de un apropiado césped se basó en los criterios de la **USGA** de los Estados Unidos, por ser especificaciones técnicas exclusivamente para terrenos de juego.

La granulometría del material debe contener los requerimientos necesarios para óptimos desempeños como el drenaje y el enraizamiento del césped, independientemente del tipo de césped por sembrar, para ello la **USGA** recomienda granulometrías dentro de los límites establecidos, los cuales pueden apreciarse en la tabla XX.

Tabla XX. Granulometría recomendada en implantación de césped para un buen drenado

PARTÍCULA	SISTEMA			
	Suelos agrícolas		Suelos deportivos	
	INTERNACIONAL ISSS	USDA	STRI - Ingles	USGA - Americano
Grava	> 2	> 2	> 2	2,0 - 3,4
Arena muy gruesa	-	1,0 - 2,0	1,0 - 2,0	1,0 - 2,0
Arena gruesa	0,2 - 2,0	0,5 - 1,0	0,5 - 1,0	0,5 - 1,0
Arena media	-	0,1 - 0,5	0,25 - 0,50	0,25 - 0,50
Arena fina	0,02 - 0,2	0,05 - 0,1	0,125 - 0,25	0,15 - 0,25
Arena muy fina	-	-	0,063 - 0,125	0,05 - 0,15
Limo	0,002 - 0,02	0,002 - 0,05	0,002 - 0,063	0,002 - 0,05
Arcilla	< 0,002 mm	< 0,002 mm	< 0,002 mm	< 0,002 mm

Fuente: Alberto Masaguer, **Materiales usados en la preparación de sustratos para implantación de césped**, Pág.7

Los índices numéricos no son mas que la relación entre diámetros de partículas de material de ciertos porcentajes que dan una idea de la distribución de partículas de los suelos con la ayuda de la grafica granulométrica como la que aparece en el apéndice.

Si el índice D_{90}/D_{10} es bajo existirá un buen drenaje y si el índice D_{90}/D_{10} es alto proveerá de un drenaje pobre y así causar daños por la concentración de masas de agua, por eso la **USGA**, recomienda los siguientes índices numéricos del 90, 50 y 10 por ciento.

$$D_{50} = 230 \pm 30 \mu m \text{ y } D_{90}/D_{10} = 3,3$$

Recomendaciones para sembrar un buen césped y su corte para campos de juego:

- Se deberá seleccionar un césped de textura lisa y no rugosa ni abultada, realizando las pruebas apropiadas de pH, niveles de sales y nutrientes del suelo.
- Implantar un césped que se ajuste al clima y condiciones naturales del lugar.
- Se debe elegir un césped resistente a plagas y enfermedades.
- Se pueden extraer rollos de césped en lugares con mismas condiciones ya cultivados e implantarlo como forma de prueba, pero recordando que sembrar con semillas es mucho mas garantizado.
- No cortar más de un tercio de la longitud de la cuchilla a la vez; ya que los cortes de mayor longitud debilitan el césped y propician plagas y enfermedades.
- Cortar únicamente cuando el césped este seco.
- Durante los meses de verano, cortar el césped a mayor altura, para ayudar a retener la humedad.
- Las cuchillas de la podadora deberán estar apropiadamente afiladas. Las cuchillas no afiladas dañan el césped y lo hacen más susceptible a plagas y enfermedades.

Para las condiciones del campo de San Antonio Ilotenango el césped elegido es el tipo bermuda por su aceptación en lugares fríos y húmedos. Bajo condiciones críticas y variables de ambiente y con una base de material apropiado según lo establecido por la **USGA**.

3.8 Presupuesto

En la integración de los costos respectivos es notorio que existirá fluctuación en los precios, considerando que habrá un tiempo determinado en la gestión del proyecto debe hacerse una estimación del porcentaje de aumento generalmente, en razón a cambios anteriores (ver apéndice 4).

3.9 Cronograma de ejecución

La estimación del cronograma fue elaborada considerando jornadas de trabajo normal, asegurándose que fuera lógico y óptimo, con un tiempo de holgura como seguridad por cualquier eventualidad no contemplada en la ejecución del proyecto (ver apéndice 6).

3.10 Planos y especificaciones

Para la presentación de los planos se realizaron con el programa AutoCAD 2006 por motivos de calidad, presentación y detalle, se imprimieron en formatos A-1 para uso de la municipalidad en la ejecución de la obra y en A-3 como anexos de este informe (ver anexo 5).

CONCLUSIONES

1. Considerando este particular tema de trabajo de graduación, es notable que la parte de la actividad humana tanto física como recreativa es vital para el desarrollo humano y social, que es una de las más descuidadas, por lo que hay que tomar en consideración fomentarla con mas frecuencia para una vida plena, siempre y cuando se haga infraestructura deportiva adecuada o cualquiera que sea el caso de la actividad.
2. Las entidades que proveen de financiamiento para proyectos de beneficio y desarrollo comunal, exigen que cualquier diseño esté regido por códigos, reglamentos, normas y especificaciones, ya que esto da garantía que los diseños propuestos sean confiables y seguros, y para ello siempre debe referenciarse a los incisos citados como aparecen en cada punto en la parte del diseño por cuestiones de confiabilidad.
3. Para la solución de problemas de infraestructura, es necesario tomar todos los aspectos que estén involucrados directa o indirectamente en materia civil, para efectuar un diseño técnico y económico, sin olvidar que no siempre la solución más económica sea la más conveniente.

4. Por ninguna razón debe obviarse la parte de la conservación de los recursos naturales, cualquier diseño de infraestructura debe tomarse con mucho interés y consideración económica para la conservación del ambiente, para que en un futuro no tengamos consecuencias lamentables.

5. Que la Ingeniería juega un papel importante dentro de la sociedad, el cual es una practicidad profesional que se debe realizar con conciencia, responsabilidad y transparencia, dejando el egoísmo a un lado y compartiendo los conocimientos para aquellos que velan por el bien común.

6. El programa de EPS le da la oportunidad, al futuro ingeniero, de convivir con comunidades que necesitan la solución a ciertos problemas de infraestructura e ingeniería, al mismo tiempo, enfrentarse por primera vez a un problema real de ingeniería y proponer una solución técnica adecuada y económica al mismo. Así también, el programa de EPS proporciona la oportunidad de poner en práctica los conocimientos adquiridos en la Facultad de Ingeniería, más la ventaja de contar con un asesor profesional asignado.

RECOMENDACIONES

1. A la municipalidad de San Antonio Ilotenango, antes de comenzar con la ejecución de los proyectos, asegurarse de tener la solvencia económica para la culminación de los proyectos dentro de los cronogramas establecidos y solventar a la unidad ejecutora en los tiempos especificados, exigiendo con lo establecido en el contrato correspondiente, para no caer en multas no contempladas.
2. A la municipalidad de San Antonio Ilotenango, considerar lo establecido en este informe para garantizar la calidad técnica y profesional y así obtener el buen funcionamiento en ambos proyectos, teniendo muy en cuenta las recomendaciones tres y cuatro.
3. A la municipalidad de San Antonio Ilotenango, que antes de iniciar la construcción del pavimento, es aconsejable hacer todas las reparaciones de drenaje y agua potable posibles o necesarias, para que en un futuro no causen problemas al pavimento y se tenga que recurrir a romper la estructura del pavimento.

4. A la municipalidad de San Antonio Ilotenango, que una vez instalado el engramillado del campo, debe darle cuidado correspondiente para evitar daños, pudiéndose evitar tal como lo especifica este informe en su sección correspondiente.

5. A la unidad ejecutora, que debe cumplir con lo establecido en los planos constructivos y sus especificadores correspondientes, considerando que se pueden realizar cambios por medio de la opinión profesional o ingeniero residente para cualquiera de los dos proyectos, y concientizando que debe garantizar la calidad técnica para asegurar la vida útil de la infraestructura.

6. A las autoridades del programa de EPS, que se debe fortalecer la sistemática de este programa, debido a que los resultados son de gran beneficio para las comunidades de nuestro país y así promover el desarrollo nacional.

7. A los estudiantes de Ingeniería Civil, se le exhorta a optar por el programa EPS como vía de graduación, ya que por medio de éste se obtiene un gran beneficio personal, desarrollando proyectos de carácter social para nuestra querida Guatemala.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Cuellar, Enrique. **Ingeniería de Carretera**. El Salvador: Editorial Universitaria. 1960. pp 188.
2. Kraemer, Carlos. **Ingeniería de Carreteras**. Volumen II s. e.; España: Editorial McGraw-Hill. 2004. pp 555.
3. Navacerrada Farias, Gonzalo de. **Firmes de Carreteras y Autopistas**. s. e.; España: Editores Técnicos Asociados. 1970. pp 444.

BIBLIOGRAFÍA

1. American Concrete Institute. **Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318S-05) y Comentario (ACI 318SR-05)**. Estados Unidos: s.e. 495 pp.
2. American Institute of Steel Construction Inc. **Load & Resistance Factor Design**. Segunda Edición (Volumen I y II) Estados Unidos: s.e. 1993 pp.
3. Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica. **Normas Estructurales de Diseño Recomendadas para la República de Guatemala, Tomo NR2, Demandas Estructurales, Condiciones del Sitio y Niveles de Protección**. Guatemala: s.e. 2000. 42 pp.
4. Bowles, Joseph E. **Manual de Laboratorio de Suelos en Ingeniería Civil**. México: Editorial McGraw-Hill, 1981. 213 pp.
5. Coronado Iturbide, Jorge. **Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos**. Guatemala: s.e. 2002. 289 pp.
6. Das, Braja M. **Fundamentos de Ingeniería Geotécnica**. México: Editorial Thomson Learning, 2001. 594 pp.
7. Dirección General de Caminos y Ministerio de comunicaciones, Infraestructura y Vivienda. **Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras y Puentes**. Guatemala: s.e. 2000. 806 pp.

8. Instituto de Fomento de Hipotecas Aseguradas. **Normas de Planificación y Construcción para Casos Proyectados.** Guatemala: s.e. s.a. 124 pp.
9. Instituto de Fomento Municipal. **Especificaciones Generales y Técnicas de Construcción.** Guatemala: s.e. 1990. 181 pp.
10. López López, Juan Carlos. **Manual del Curso de Pavimentos.** Tesis de graduación de Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala 1998. 96 PP.
11. Masaguer, Alberto. **Materiales Empleados en la Preparación de Sustrato para Implantación de Césped.** España: s.e. 2008. 41 pp.
12. Nilson, Arthur H. **Diseño de Estructuras de Concreto.** Colombia: Editorial McGraw-Hill, 1999. 738 pp.

APÉNDICES

1. Planimetría de la circunvalación de la laguna Las Garzas.
2. Secciones transversales del eje de la circunvalación de la laguna Las Garzas
3. Presupuesto del pavimento de la circunvalación de la laguna Las Garzas.
4. Presupuesto de las instalaciones del campo municipal.
5. Cronograma de ejecución y financiero del pavimento rígido en la circunvalación de la laguna Las Garzas.
6. Cronograma de ejecución y financiero de las instalaciones del campo municipal.
7. Resultado de laboratorio del ensayo de compactación Proctor modificado AASHTO T-180, de la subrasante.
8. Resultado de laboratorio del ensayo de razón soporte de California AASHTO T-193, de la subrasante.
9. Resultado de laboratorio del ensayo de granulometría AASHTO T-11 y T-27, de la subrasante.
10. Resultado de laboratorio del ensayo de límites de Atteberg AASHTO T-89 y T-90, de la subrasante.
11. Resultado de laboratorio del ensayo de equivalente de arena AASHTO T-176, de la subrasante.
12. Resultado de laboratorio del ensayo del peso unitario suelto AASHTO T-19, del banco de material para los trabajos de relleno.
13. Resultado de laboratorio del ensayo de compresión triaxial del suelo de la base de zapatas para el graderío del campo municipal.
14. Resultado de laboratorio del ensayo de permeabilidad AASHTO T 125-66 del suelo del campo municipal para la verificación de drenaje.

Apéndice 1: Planimetría de la circunvalación de la laguna Las Garzas.

No	Kilometraje	Est	Po	Azimut			Dist	y	x	COORDENADAS		COTA REL.	COTA
				°	'	''				YT	XT		
1	0+000,00 E-0	E-0	E-0	102	40	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	499.900	2499.900
2	0+020,00	E-0	1	102	40	0	20.000	-4.386	19.513	-4.386	19.513	499.800	2499.800
3	0+040,00 E-1	E-0,	E-1	102	40	0	40.000	-8.771	39.026	-8.771	39.026	499.850	2499.850
4	0+060,00	E-1	2	108	10	0	20.000	-6.236	19.003	-15.007	58.029	499.840	2499.840
5	0+080,00	E-1	3	108	10	0	40.000	-12.471	38.006	-21.242	77.032	499.780	2499.780
6	0+099,00 E-2	E-1	E-2	108	10	0	59.000	-18.395	56.059	-27.166	95.085	499.750	2499.750
7	0+100,000	E-2	4	59	31	0	1.000	0.507	0.862	-26.659	95.947	499.740	2499.740
8	0+120,00	E-2	5	59	31	0	21.000	10.653	18.097	-16.513	113.182	499.770	2499.770
9	0+140,00	E-2	6	59	31	0	41.000	20.799	35.333	-6.367	130.418	499.480	2499.480
10	0+160,00	E-2	7	59	31	0	61.000	30.945	52.568	3.779	147.653	499.280	2499.280
11	0+180,00	E-2	8	59	31	0	81.000	41.090	69.804	13.924	164.889	499.330	2499.330
12	0+181,00 E-3	E-2	E-3	59	31	0	82.000	41.598	70.666	14.432	165.751	499.670	2499.670
13	0+200,00	E-3	9	47	14	0	19.000	12.901	13.948	27.333	179.699	499.670	2499.670
14	0+220,00	E-3	10	47	14	0	39.000	26.482	28.631	40.914	194.382	499.780	2499.780
15	0+234,00 E-4	E-3	E-4	47	14	0	53.000	35.988	38.909	50.420	204.660	499.600	2499.600
16	0+240,00	E-4	11	38	26	0	6.000	4.700	3.730	55.120	208.390	499.710	2499.710
17	0+260,00	E-4	12	38	26	0	26.000	20.367	16.162	70.787	220.822	499.780	2499.780
18	0+280,00	E-4	13	38	26	0	46.000	36.033	28.594	86.453	233.254	499.760	2499.760
19	0+300,00	E-4	15	38	26	0	66.000	51.700	41.026	102.120	245.686	499.690	2499.690
20	0+320,00	E-4	16	38	26	0	86.000	67.367	53.458	117.787	258.118	499.660	2499.660
21	0+330,00 E-5	E-4	E-5	38	26	0	96.000	75.200	59.674	125.620	264.334	499.640	2499.640
22	0+340,00	E-5	17	59	45	0	10.000	5.038	8.638	130.658	272.972	499.650	2499.650
23	0+360,00 E-6	E-5	E-6	59	45	0	30.000	15.113	25.915	140.733	290.249	499.590	2499.590
24	0+380,00	E-6	18	35	52	0	20.000	16.208	11.718	156.941	301.967	499.900	2499.900
25	0+385,00 E-7	E-6	E-7	35	52	0	25.000	20.260	14.648	160.993	316.615	499.780	2499.780
26	0+400,00	E-7	19	19	1	0	15.000	14.181	4.888	175.174	321.503	499.740	2499.740
27	0+420,00	E-7	20	19	1	0	35.000	33.090	11.405	194.083	328.020	499.780	2499.780
28	0+423,20 E-8	E-7	E-8	19	1	0	38.200	36.115	12.447	197.108	329.062	499.750	2499.750
29	0+440,00	E-8	21	346	2	0	16.800	16.303	-4.055	213.411	325.007	499.490	2499.490
30	0+460,00	E-8	22	346	2	0	36.800	35.712	-8.882	232.820	320.180	499.410	2499.410
31	0+474,10 E-9	E-8	E-9	346	2	0	50.900	49.395	-12.285	246.503	316.777	499.550	2499.550
32	0+480,00	E-9	23	355	48	0	5.900	5.884	-0.432	252.387	316.345	499.310	2499.310
33	0+500,00	E-9	24	355	48	0	25.900	25.830	-1.897	272.333	314.880	499.250	2499.250
34	0+520,00	E-9	25	355	48	0	45.900	45.777	-3.362	292.280	313.415	499.190	2499.190
35	0+540,00	E-9	26	355	48	0	65.900	65.723	-4.826	312.226	311.951	499.450	2499.450
36	0+560,00	E-9	27	355	48	0	85.900	85.669	-6.291	332.172	310.486	499.330	2499.330
37	0+580,00	E-9	28	355	48	0	105.900	105.616	-7.756	352.119	309.021	499.430	2499.430
38	0+600,00	E-9	29	355	48	0	125.900	125.562	-9.221	372.065	307.556	499.710	2499.710
39	0+603,60 E-10	E-9	E-10	355	48	0	129.500	129.152	-9.484	375.655	307.293	500.000	2500.000
40	0+620,00	E-10	30	358	13	0	16.400	16.392	-0.510	392.047	306.783	499.750	2499.750
41	0+640,00	E-10	31	358	13	0	36.400	36.382	-1.133	412.037	306.160	499.810	2499.810
42	0+660,00	E-10	32	358	13	0	56.400	56.373	-1.755	432.028	305.538	499.780	2499.780
43	0+680,00	E-10	33	358	13	0	76.400	76.363	-2.378	452.018	304.915	499.830	2499.830
44	0+692,60 E-11	E-10	E-11	358	13	0	89.000	88.957	-2.770	464.612	304.523	499.980	2499.980

Apéndice 2: Secciones transversales del eje de la circunvalación de la laguna Las Garzas

IZQUIERDA			EJE	DERECHA		
			E-0			
-0.2	-0.1	0		0	0.1	0.1
-10	-5	-3	0+000,00	3	5	10
	-1.4	0.1		-0.3	-1.1	-1.2
	-7	-3	0+020,00	3	5	10
	-1.5	0.1		0	0	0
	-7	-3	0+040,00	3	5	10
	-1.4	0.2		-0.1	-0.3	-0.4
	-5	-3	0+060,00	3	5	10
	-1.4	-0.2		-0.1	-0.3	-0.3
	-5	-3	0+080,00	3	5	10
	-1.3	0		-0.2	-0.4	-0.2
	-5	-3	0+100,00	3	5	10
	-1.3	-0.3		-0.3	-0.9	-0.9
	-4	-3	0+120,00	3	5	10
	-1.1	-0.3		-0.4	-0.7	-0.6
	-4	-3	0+140,00	3	5	10
	-0.9	-0.2		-0.2	-0.3	0.1
	-4	-3	0+160,00	3	5	10
	-0.9	-0.2		-0.2	-0.3	0.1
	-4	-3	0+180,00	3	5	10
	-1.4	-0.3		-0.3	-1.2	-1.2
	-4	-3	0+200,00	3	5	10
	-1.4	-0.2		-0.4	-1.2	-1.2
	-4	-3	0+220,00	3	5	10
	-1.3	-0.2		-4	-1.1	-1.1
	-4	-3	0+240,00	3	5	10
	-1.3	-0.3		-0.3	-1.2	-1.1
	-4	-3	0+260,00	3	5	10
	-1.3	0.3		-0.4	-0.6	-0.5
	-4	-3	0+280,00	3	5	10
-0.5	-0.4	-0.2		-0.2	-0.4	-0.3
-10	-5	-3	0+300,00	3	5	10
	-0.8	-0.3		-0.4	-0.6	-0.5
	-5	-3	0+320,00	3	5	10
	-1.1	-0.2		-0.5	-0.7	-0.6
	-5	-3	0+340,00	3	5	10
	-1.4	-0.3		-0.2	-0.4	-0.4
	-5	-3	0+360,00	3	5	10
	-1.5	-0.4		-0.5	-0.7	-0.3
	-7	-3	0+380,00	3	5	10
	-1.4	-0.3		-0.4	-0.7	-0.6
	-5	-3	0+400,00	3	5	10
	-1.4	-0.2		-0.3	-0.5	-0.5
	-5	-3	0+420,00	3	5	10
	-1.4	0.1		-3	-0.5	-0.3
	-5	-3	0+440,00	-0.3	-0.5	-0.3
	-1.3	0		-0.3	-0.4	-0.2
	-5	-3	0+460,00	3	5	10
	-1.4	0		-0.1	-0.3	-0.2
	-5	-3	0+480,00	3	5	10
	-1.3	0		-0.1	-0.5	-0.5
	-5	-3	0+500,00	3	5	10
	-1.1	0		-0.1	0.3	0.5
	-5	-3	0+520,00	3	5	10
	-1.4	0		-0.1	-0.2	-0.1
	-5	-3	0+540,00	3	5	10
	-1.4	0		0.1	-0.2	-0.1
	-4	-3	0+560,00	3	5	10
	-1.4	0		-0.1	-0.3	-0.2
	-5	-3	0+580,00	3	5	10
	-1.5	-0.1		-0.1	-0.1	0
	-5	-3	0+600,00	3	5	10
	-1.6	0		-0.1	0	0.1
	-5	-3	0+620,00	3	5	10
	-1.5	0		-0.1	0	0
	-5	-3	0+640,00	3	5	10
		0.1		-0.1	-0.2	-0.1
		-3	0+660,00	3	5	10
		0		0.1	0.2	0.2
		-3	0+680,00	3	5	10
-0.1	-0.1	0		0.1	0.2	0.2
-10	-5	-3	0+692,60	3	5	10

Apéndice 3: Presupuesto del pavimento de la circunvalación de la laguna Las Garzas.

MUNICIPALIDAD DE SAN ANTONIO ILOTENANGO, EL QUICHE
 PROYECTO: CONSTRUCCION DE 688,00 m DE PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRAULICO
 LUGAR: PERIFERIA DE LA LAGUNA LAS GARZAS BARRIO SUR, CASCO URBANO

DESCRIPCION		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	SUB-TOTAL	
TIPO DE PAVIMENTO: RIGIDO						
BASE: MATERIAL SELECTO (ESPESOR 0.15 m)						
ANCHO TIPICO: 6 m						
LONGITUD: 688,00 m						
ESPESOR: 0,15m						
BORDILLOS EN AMBOS LADOS						
BOMBEO: 2%						
PRELIMINARES						
MATERIALES						
	Limpieza y remosion de capa vegetal	m	688	Q 4.25	Q 2,924.00	
	Señalización	global	1	Q 1,200.00	Q 1,200.00	
	Sub-total				Q 4,124.00	
RENGLON: PRELIMINARES	MAQUINARIA Y EQUIPO					
		Transporte de maquina	unidad	2	Q 6,500.00	Q 13,000.00
		Sub-total				Q 13,000.00
	COMBUSTIBLES					
		-			Q	-
		Sub-total				Q -
	MANO DE OBRA CALIFICADA					
		Cuadrilla topografica	global	1	Q 3,500.00	Q 3,500.00
		Sub-total				Q 3,500.00
	MANO DE OBRA NO CALIFICADA					
	-			Q	-	
	Sub-total				Q -	
	TOTAL EN PRELIMINARES				Q 20,624.00	
SUB-RASANTE						
MATERIALES						
	Agua no potable (clara y limpia)	tonel	120	Q 8.00	Q 960.00	
	Sub-total				Q 960.00	
RENGLON: SUB-RASANTE	MAQUINARIA Y EQUIPO					
		Motoniveladora	hora	24	Q 450.00	Q 10,800.00
		Vibrocompactadora	hora	24	Q 350.00	Q 8,400.00
		Sub-total				Q 19,200.00
	COMBUSTIBLES					
		Diesel Motoniveladora	galon	120	Q 33.00	Q 3,960.00
		Diesel Motoniveladora	galon	120	Q 33.00	Q 3,960.00
		Diesel transporte de lubricantes	galon	10	Q 33.00	Q 330.00
		Sub-total				Q 8,250.00
	MANO DE OBRA CALIFICADA					
	-			Q	-	
	Sub-total				Q -	
MANO DE OBRA NO CALIFICADA						
	Señalizador (12)	jornal	60	Q 72.80	Q 4,368.00	
	Sub-total				Q 4,368.00	
	TOTAL EN SUB-RASANTE				Q 32,778.00	

		BASE				
RENGLON: BASE	MATERIALES					
	Seleto (CBR > 50)	m³	620	Q	40.00	Q 24,800.00
	Agua no potable (clara y limpia)	tonel	160	Q	8.00	Q 1,280.00
	Sub-total					Q 26,080.00
	MAQUINARIA Y EQUIPO					
	Transporte de seleto (CBR > 50)	viaje	158	Q	90.00	Q 14,220.00
	Motoniveladora	hora	40	Q	450.00	Q 18,000.00
	Vibrocompactadora	hora	40	Q	350.00	Q 14,000.00
	Retroexcavadora en banco	hora	40	Q	450.00	Q 18,000.00
	Sub-total					Q 64,220.00
	COMBUSTIBLES					
	Diesel Motoniveladora	galon	200	Q	33.00	Q 6,600.00
	Diesel Vibrocompactadora	galon	200	Q	33.00	Q 6,600.00
	Diesel retroexcavadora en banco	galon	220	Q	33.00	Q 7,260.00
	Diesel transporte de lubricantes	galon	10	Q	33.00	Q 330.00
Sub-total					Q 20,790.00	
MANO DE OBRA CALIFICADA						
-						
Sub-total					Q -	
MANO DE OBRA NO CALIFICADA						
Señalizador (5)	jornal	60	Q	72.80	Q 4,368.00	
Sub-total					Q 4,368.00	
TOTAL EN BASE					Q 115,458.00	
		PAVIMENTO				
RENGLON: PAVIMENTO	MATERIALES					
	Cemento UGC	saco	6827	Q	64.00	Q 436,928.00
	Arena de rio	m³	358	Q	110.00	Q 39,380.00
	Piedrin triturado de 3/4"	m³	488	Q	240.00	Q 117,120.00
	Costanera legitima 2"x6"	unidad	10	Q	190.00	Q 1,900.00
	Cedazo 1/16"	yarda	10	Q	15.00	Q 150.00
	Hierro de 3/8"	var	15	Q	35.00	Q 525.00
	Alambre de amarre	quintal	1	Q	390.00	Q 390.00
	Agua no potable (clara y limpia)	tonel	450	Q	8.00	Q 3,600.00
	Sub-total					Q 599,993.00
	MAQUINARIA Y EQUIPO					
	Concretera 1,5 ft³	mes	3	Q	4,200.00	Q 12,600.00
	Vibradores	mes	3	Q	3,200.00	Q 9,600.00
	Sub-total					Q 22,200.00
	COMBUSTIBLES					
	Diesel	galon	800	Q	33.00	Q 26,400.00
	Sub-total					Q 26,400.00
	MANO DE OBRA CALIFICADA					
	Colocacion de arrastre	m²	1400	Q	15.00	Q 21,000.00
	Nivelacion de arrastre (2% en bombeo)	m²	1400	Q	10.00	Q 14,000.00
	Colocacion y compactacion de concreto	m²	4200	Q	32.00	Q 134,400.00
	Relleno de juntas	m²	4200	Q	10.00	Q 42,000.00
	Acabados	m²	4200	Q	16.00	Q 67,200.00
	-					
	Sub-total					Q 278,600.00
MANO DE OBRA NO CALIFICADA						
Ayudantes (12)	dia	720	Q	60.00	Q 43,200.00	
Sub-total					Q 43,200.00	
TOTAL EN PAVIMENTO					Q 970,393.00	

BORDILLO							
MATERIALES							
	Cemento UGC	saco	683	Q	64.00	Q 43,712.00	
	Arena de rio	m³	36	Q	110.00	Q 3,960.00	
	Piedrin triturado de 3/4"	m³	49	Q	240.00	Q 11,760.00	
	Cedazo 1/16"	yarda	5	Q	15.00	Q 75.00	
	Hierro de 3/8"	var	15	Q	35.00	Q 525.00	
	Alambre de amarre	libra	0.5	Q	6.00	Q 3.00	
	Agua no potable (clara y limpia)	tonel	250	Q	8.00	Q 2,000.00	
	Sub-total					Q 62,035.00	
RENGLON: BORDILLO	MAQUINARIA Y EQUIPO						
		Concretera 1,5 ft³	mes	1	Q	4,200.00	Q 4,200.00
		Vibrador	mes	1	Q	3,200.00	Q 3,200.00
		Sub-total					Q 7,400.00
	COMBUSTIBLES						
		Diesel	galon	400	Q	33.00	Q 13,200.00
		Sub-total					Q 13,200.00
	MANO DE OBRA CALIFICADA						
		Colocacion de arrastre	m	1376	Q	15.00	Q 20,640.00
		Colocacion y compactacion de concreto	m	1376	Q	27.00	Q 37,152.00
	Relleno de juntas	m	1376	Q	10.00	Q 13,760.00	
	Acabados	m	1376	Q	12.50	Q 17,200.00	
	-						
	Sub-total					Q 88,752.00	
MANO DE OBRA NO CALIFICADA							
	Ayudantes (6)	dia	360	Q	60.00	Q 21,600.00	
	Sub-total					Q 21,600.00	
	TOTAL EN BORDILLO					Q 192,987.00	
DRENAJES							
MATERIALES							
	Tubo PVC 2 1/2 "	Unidad	22	Q	98.00	Q 2,156.00	
	Cemento UGC	Saco	5	Q	64.00	Q 320.00	
	Arena de rio (libre de impurezas)	m³	2	Q	110.00	Q 220.00	
	Sub-total					Q 2,696.00	
RENGLON: DRENAJES	MAQUINARIA Y EQUIPO						
		-				Q -	
		Sub-total					Q -
	COMBUSTIBLES						
		-					Q -
		Sub-total					Q -
	MANO DE OBRA CALIFICADA						
		Colocación de tubería	unidad	144	Q	5.50	Q 792.00
		Sub-total					Q 792.00
	MANO DE OBRA NO CALIFICADA						
	-					Q -	
	Sub-total					Q -	
	TOTAL EN DRENAJES					Q 3,488.00	
TOTAL DE RENGLONES DE TRABAJO						Q 1,315,104.00	

RESUMEN DE COSTOS

RESUMEN DE COSTOS DIRECTOS	
Materiales e insumos	Q 695,888.00
Maquinaria y Equipo	Q 126,020.00
Combustibles	Q 68,640.00
Mano de obra calificada	Q 371,644.00
Mano de obra no calificada	Q 73,536.00
TOTAL DE COSTOS DIRECTOS	<u>Q 1,335,728.00</u>

	CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDA	PRECIO UNITARIO	SUB-TOTAL
COSTOS INDIRECTOS	COSTOS INDIRECTOS				
	Administracion Municipal	%	1.7	Q 22,707.38	Q 22,707.38
	Administracion Comunitaria	%	1.2	Q 16,028.74	Q 16,028.74
	Administracion Ejecutora (utilidad)	%	8	Q 106,858.24	Q 106,858.24
	Impuestos	%	17	Q 227,073.76	Q 227,073.76
	Encargado de obra	mes	4.5	Q 4,368.00	Q 19,656.00
	Supervision tecnica	mes	4.5	Q 10,000.00	Q 45,000.00
	Servicios Geotecnicos	unidad	2	Q 2,300.00	Q 4,600.00
	Rotulo	unidad	1	Q 2,150.00	Q 2,150.00
	Sub-total				Q 444,074.11
<u>TOTAL DE COSTOS INDIRECTOS</u>					<u>Q 444,074.11</u>

RESUMEN DE COSTOS INDIRECTOS	
Administracion Municipal	Q 22,707.38
Administracion Comunitaria	Q 16,028.74
Administracion ejecutora	Q 106,858.24
Impuestos	Q 227,073.76
Encargado de obra	Q 19,656.00
Supervision tecnica	Q 45,000.00
Servicios Geotecnicos	Q 4,600.00
Rotulo	Q 2,150.00
TOTAL DE COSTOS INDIRECTOS	<u>Q 444,074.11</u>

COSTOS DIRECTOS	Q 1,335,728.00
COSTOS INDIRECTOS	Q 444,074.11
TOTAL DEL PROYECTO	<u>Q 1,779,802.11</u>

UN MILLON SETECIENTOS SETENTA Y NUEVE MIL OCHOCIENTOS DOS QUETZALES CON ONCE CENTAVOS

Apéndice 4: Presupuesto de las instalaciones del campo municipal

MUNICIPALIDAD DE SAN ANTONIO ILOTENANGO, EL QUICHE
PROYECTO: CONSTRUCCION DE LAS INSTALACIONES DEL CAMPO MUNICIPAL
LUGAR: CASCO URBANO DE SAN ANTONIO ILOTENANGO
RESUMEN DE RENGLONES DE TRABAJO

DESCRIPCION						
TIPO DE CONSTRUCCION: ESTRUCTURA PARA LOCALES COMERCIALES Y GRADERIOS						
OBRA COMPLEMENTARIA: INSTALACIONES DE SERVICIO Y ENGRAMILLADO						
ÁREA TOTAL: 5,610 m ²						
No	Renglon	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Costo de renglon	TOTAL
1	TRABAJOS PRELIMINARES					
1.1	Trabajos preliminares	m2	1	Q 14,112.90	Q 14,112.90	
1.2	Bodega	unidad	1	Q 13,460.00	Q 13,460.00	
	TOTAL					Q 27,572.90
2	CIMENTACION					
2.1	Zapata 0,80 x 0,80	unidad	54	Q 432.57	Q 23,358.66	
2.2	Cimiento corrido 0,30 x 0,15	ml	185	Q 238.72	Q 44,163.20	
2.3	Solera Hidrofuga 0,20 x 0,15	ml	185	Q 129.61	Q 23,976.95	
	TOTAL					Q 91,498.79
3	MUROS					
3.1	Muro sisado ambas caras 0,40 x 0,20 x 0,15	m2	440	Q 139.55	61,402.00	
3.2	Muro sisado ambas caras 0,40 x 0,20 x 0,10	m2	50	Q 133.30	6,665.00	
3.3	Columna C1 0,30 x 0,30	ml	180	Q 425.56	76,601.44	
3.4	Columna C2 0,15 x 0,15	ml	60	Q 166.01	9,960.34	
3.5	Columna C3 0,10 x 0,15	ml	75	Q 139.94	10,495.29	
3.6	Soleras dintel 0,20 x 0,15	ml	130	Q 177.66	23,095.67	
3.7	Solera sillar 0,20 x 0,15	ml	240	Q 188.20	45,167.38	
	TOTAL					Q 233,387.12
4	GRADERIOS					
4.1	Viga principal	ml	142	Q 437.87	Q 62,177.16	
4.2	Losa de Asientos	unidad	154	Q 930.97	Q 143,369.97	
4.3	Barandales	ml	32	Q 105.00	Q 3,360.00	
	TOTAL					Q 208,907.12
5	TECHOS					
5.1	Estructura de techo y cubierta en graderios	m2	336	Q 344.15	Q 115,633.95	
5.2	Cielo falso	m2	336	Q 98.00	Q 32,928.00	
	TOTAL					Q 148,561.95
6	PUERTAS Y VENTANAS					
6.1	Puertas en taquilla, L.C., S.S. Y Vestidores	global	1	Q 81,500.00	Q 81,500.00	
6.2	Ventanas en taquilla, L.C., S.S. Y Vestidores	global	1	Q 8,700.00	Q 8,700.00	
	TOTAL					Q 90,200.00
7	PISOS Y CORREDORES					
7.1	Piso ceramico en L.C.	m2	195	Q 177.13	Q 34,539.38	
7.2	Piso de concreto (t = 0,10) en vest, taquilla y S.S.	m2	35	Q 132.50	Q 4,637.50	
7.3	Piso de corredor (baldoquin)	m2	135	Q 166.44	Q 22,469.06	
	TOTAL					Q 61,645.94
8	INTRODUCCION DE AGUA POTABLE					
8.1	Agua potable	global	1	Q 10,670.00	Q 10,670.00	
	TOTAL					Q 10,670.00
9	INTRODUCCION DE DRENAJES					
9.1	Agua residual	global	1	Q 27,902.50	Q 27,902.50	
	TOTAL					Q 27,902.50
10	INTRODUCCION ENERGIA ELECTRICA					
10.1	Acometida electrica	global	1	Q 6,250.00	Q 6,250.00	
10.2	Instalacion de energia electrica	global	1	Q 14,975.00	Q 14,975.00	
	TOTAL					Q 21,225.00

11	ILUMINACION DE MODULOS							
11.1	ILUMINACION EN L.C., S.S y VESTIDORES	global	1	Q	12,732.00	Q	12,732.00	
	TOTAL					Q	12,732.00	
12	PASO DE DRENAJE PLUVIAL							
12.1	Acueducto pluvial	ml	58	Q	857.60	Q	49,740.55	
	TOTAL					Q	49,740.55	
13	ENGRAMILLADO							
13.1	Siembra de gramilla tipo bermuda y riego	m2	4876	Q	108.15	Q	527,339.40	
	TOTAL					Q	527,339.40	
14	DRENAJE PLUVIAL DE ENGRAMILLADO							
14.1	Drenaje del campo de juego	global	1	Q	97,430.00	Q	97,430.00	
	TOTAL DE DRENAJE PLUVIAL					Q	97,430.00	
TOTAL DE COSTOS DIRECTOS							Q	1,608,813.27

RESUMEN DE COSTOS

RESUMEN DE COSTOS DIRECTOS		
Materiales e insumos	Q	1,078,622.13
Maquinaria y Equipo	Q	150,154.73
Mano de obra calificada	Q	380,036.40
TOTAL DE COSTOS DIRECTOS	Q	1,608,813.27

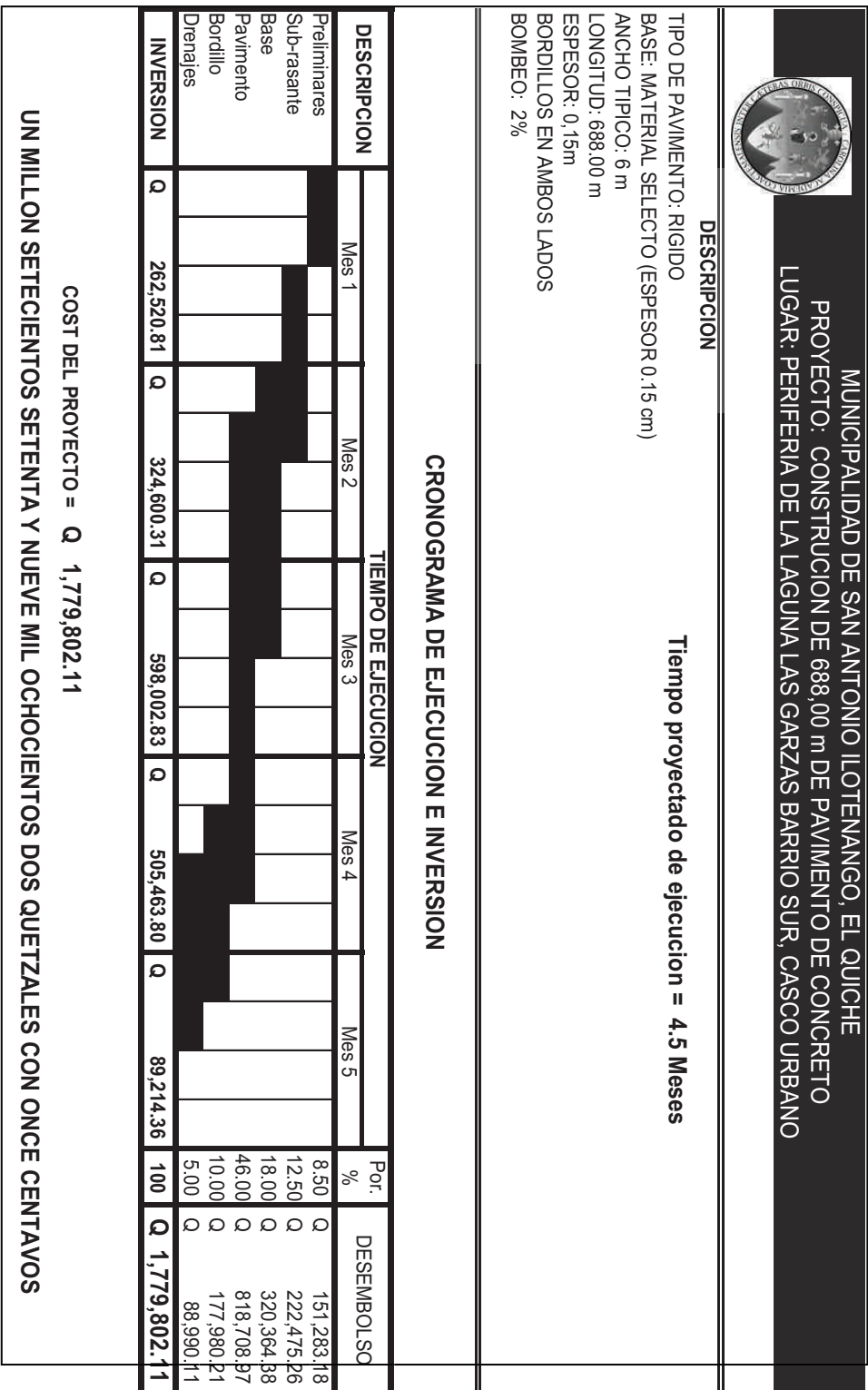
	CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	SUB-TOTAL
COSTOS INDIRECTOS	COSTOS INDIRECTOS				
	Administracion Ejecutora	por	%	Q 160,881.33	Q 160,881.33
	Administracion Municipal	por	%	Q 12,870.51	Q 12,870.51
	Administracion Comunitaria	por	%	Q 3,217.63	Q 3,217.63
	Encargado de obra	mes	4.5	Q 4,923.33	Q 22,155.00
	Supervision tecnica	mes	4.5	Q 15,000.00	Q 67,500.00
	Impuestos	por	%	Q 273,498.26	Q 273,498.26
	Sub-total				Q 540,122.71
TOTAL DE COSTOS INDIRECTOS					Q 540,122.71

RESUMEN DE COSTOS INDIRECTOS		
Administracion Ejecutora	Q	160,881.33
Administracion Municipal	Q	12,870.51
Administracion Comunitaria	Q	3,217.63
Encargado de obra	Q	22,155.00
Supervision tecnica	Q	67,500.00
Impuestos	Q	273,498.26
TOTAL DE COSTOS INDIRECTOS	Q	540,122.71

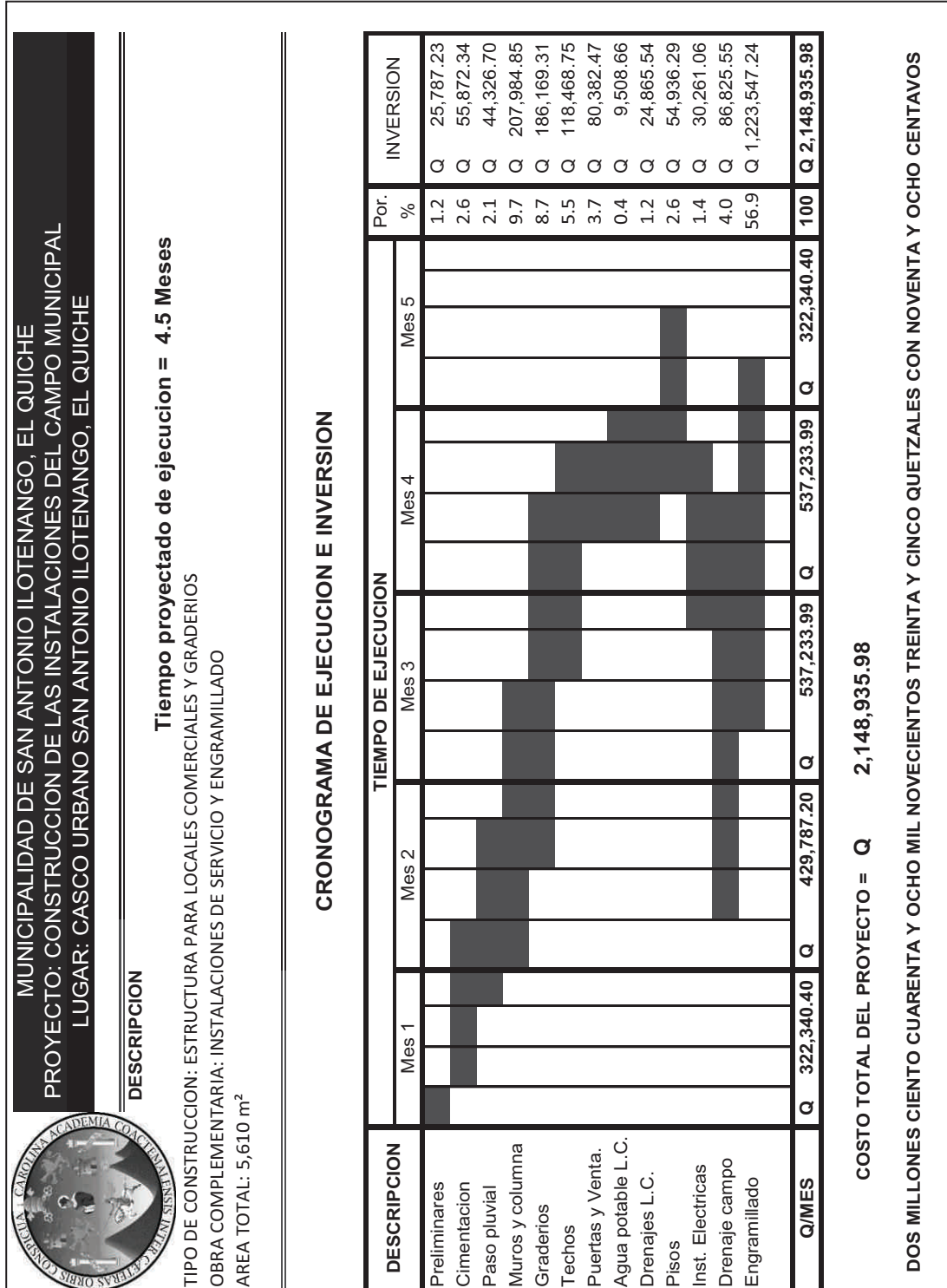
COSTOS DIRECTOS	Q	1,608,813.27
COSTOS INDIRECTOS	Q	540,122.71
COSTO TOTAL DEL PROYECTO	Q	2,148,935.98

DOS MILLONES CIENTO CUARENTA Y OCHO MIL NOVECIENTOS TREINTA Y CINCO QUETZALES CON NOVENTA Y OCHO CENTAVOS

Apéndice 5: Cronograma de ejecución y financiero del pavimento rígido en la circunvalación de la laguna Las Garzas



Apéndice 6: Cronograma de ejecución y financiero de las instalaciones del campo municipal



Apéndice 7: Resultado de laboratorio del ensayo de compactación Proctor modificado AASHTO T-180, de la subrasante.

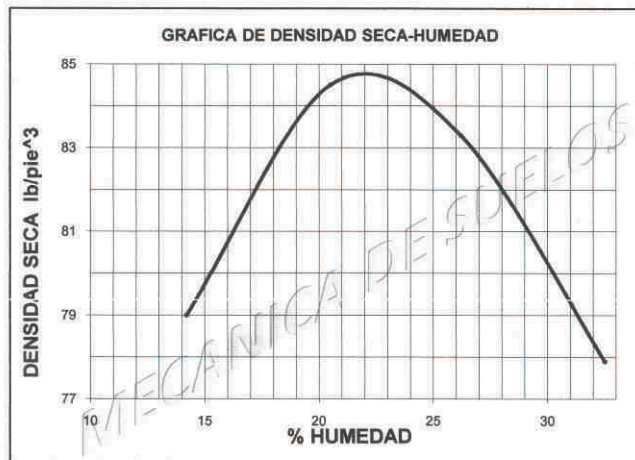


CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



Nº 000523

INFORME No. 298 S.S. O.T. No.: 23,522
Interesado: Wilson Ismael López Méndez
Asunto: ENSAYO DE COMPACTACIÓN. Proctor Estándar: () Norma:
Proctor Modificado: (X) Norma: A.A.S.T.H.O. T-180
Proyecto: Trabajo de Graduación - EPS
Ubicación: La Circunvalacion de la Laguna Las Garzas, El Quiché
Fecha: 05 de septiembre de 2008



Muestra No.: 1
Descripción del suelo: Arena Pomez Limosa Beige
Densidad seca máxima γ_d : 1.357 Kg/m³ 84.7 lb/pie³
Humedad óptima Hop.: 22.0 %
Observaciones: Muestra proporcionada por el interesado.



Atentamente,

Vo. Bo.:

Ing. Oswaldo Remeo Escobar Álvarez
DIRECTOR CII/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>

Apéndice 8: Resultado de laboratorio del ensayo de razón soporte de California AASHTO T-193, de la subrasante.



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

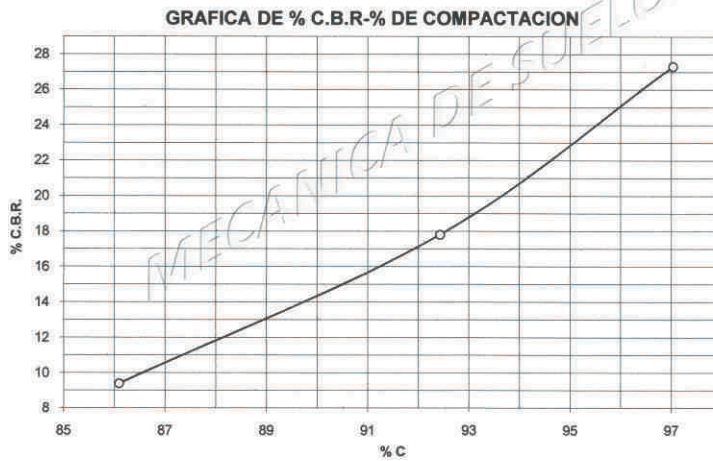


Nº 000524

INFORME No.: 299 S.S. O.T. No.: 23522
Interesado: Wilson Ismael López Méndez
Asunto: Ensayo de Razón Soporte California (C.B.R.) Norma: A.A.S.H.T.O.T-193
Proyecto: Trabajo de graduación - EPS

Ubicación: La Circunvalación de la Laguna Las Garzas, El Quiché
Descripción del suelo: Arena Pomez Limosa Beige
Muestra No.: 1
Fecha: 05 de septiembre de 2008

PROBETA	GOLPES	A LA COMPACTACION		C (%)	EXPANSION (%)	C.B.R. (%)
		H (%)	γ_d b/pie ³			
1	10	20.50	72.9	86.1	0.22	9.4
2	30	20.50	78.3	92.4	0.22	17.8
3	65	20.50	82.2	97.0	0.17	27.3



Atentamente,

Vo. Bo.:

[Signature]
Ing. Oswaldo Romeo Escobar Álvarez
DIRECTOR CII/USAC

[Signature]
Ing. Omar Enrique Médrano 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 9: Resultado de laboratorio del ensayo de granulometría AASHTO T-11 y T-27, de la subrasante



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



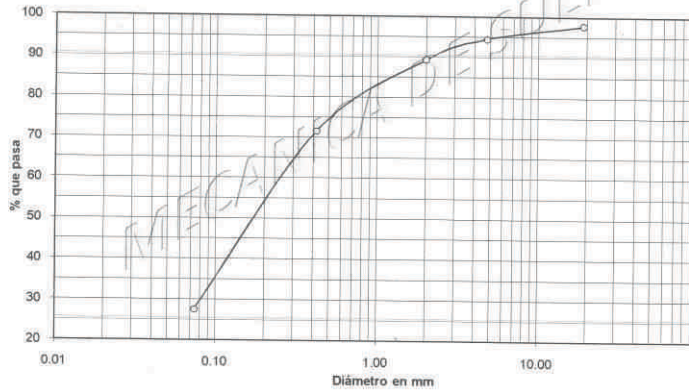
Nº 000525

INFORME No. 300 S.S. O.T.: 23,522
 Interesado: Wilson Ismael López Méndez
 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: La Circunvalacion de la Laguna Las Garzas, El Quiché
 Fecha: 05 de septiembre de 2008
 Banco No. 1

Tamiz	Abertura (mm)	% que pasa
3"	76.2	100
2"	50.8	100.00
3/4"	19.00	97.77
4	4.76	94.50
10	2.00	89.35
40	0.42	71.65
200	0.074	27.65

% de Grava: 5.50
 % de Arena: 86.85
 % de Finos: 27.65



Descripción del suelo: Arena Pomez Limosa Beige
 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 CII/USAC.

Ing. Omar Enrique Médrano 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 10: Resultado de laboratorio del ensayo de límites de Atteberg
AASHTO T-89 y T-90, de la subrasante.**



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



Nº 000526

INFORME No. 301 S. S.

O.T.: 23522

Interesado: Wilson Ismael López Méndez
Proyecto: Trabajo de Graduación - EPS

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

Banco No: 1
Ubicación: La Circunvalación de la Laguna Las Garzas, El Quiché

FECHA: 05 de septiembre de 2008

RESULTADOS:

ENSAYO No.	MUESTRA No.	L.L. (%)	I.P. (%)	C.S.U.	DESCRIPCION DEL SUELO
1	1	0.0	0.0	S.M	Arena Pomez Limosa Beige

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

Observaciones: Muestra tomada por el interesado.

Atentamente,

Vo. Bo.

[Signature]
Ing. Oswaldo Romeo Escobar Alvarez
DIRECTOR CII/USAC

[Signature]
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 11: Resultado de laboratorio del ensayo de equivalente de arena
AASHTO T-176, de la subrasante.**



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



Nº 000527

INFORME No.: 302 S. S. O.T.: 23524

INTERESADO: Wilson Ismael López Méndez

PROYECTO: Trabajo de Graduación - EPS

ASUNTO: ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENA

Norma: A.A.S.T.H.O T-176

UBICACIÓN: La Circunvalacion de la Laguna Las Garzas, El Quiché

Banco: 1

DESCRIPCIÓN DEL SUELO:

Arena Pomez Limosa Beige

FECHA: 05 de septiembre de 2008

RESULTADO DEL ENSAYO:

E.A= 32

OBSERVACIONES: Muestra tomada por el interesado

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



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 12: Resultado de laboratorio del ensayo del peso unitario suelto
AASHTO T-19, del banco de material.**



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



Nº 000529

INFORME No.: 304 S. S. O.T.: 23524

INTERESADO: Wilson Ismael López Méndez

PROYECTO: Trabajo de Graduación - EPS

ASUNTO: ENSAYO DE PESO UNITARIO SUELTO (P.U.S.)

Norma: A.A.S.T.H.O T-19

UBICACIÓN: La Circunvalacion de la Laguna Las Garzas, El Quiché

Banco: 1

DESCRIPCIÓN DEL SUELO:

Arena Pomez Limosa Beige

FECHA: 05 de septiembre de 2008

RESULTADO DEL ENSAYO:

P.U.S.= 804 kg/m³

OBSERVACIONES: Muestra tomada por el interesado

Atentamente,

Vo. Bo.

Ing. Oswaldo Romeo Escobar Alvarez
DIRECTOR CI/USAC

MECANICA DE SUELOS

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



Apéndice 13: Resultado de laboratorio del ensayo de compresión triaxial del suelo de la base de zapatas para el graderío del campo municipal.



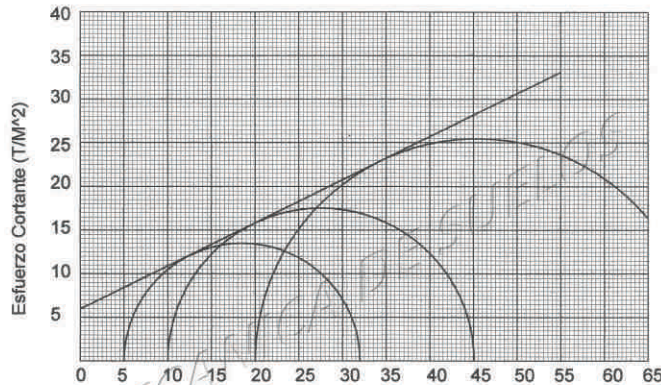
CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



Nº 000522

ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL, DIAGRAMA DE MOHR

INFORME No.: 297 S.S. O.T.No.: 23,522
 INTERESADO: Wilson Ismael López Méndez
 PROYECTO: Trabajo de Graduación - EPS
 UBICACIÓN: La Circunvalación de la Laguna Las Garzas, El Quiché
 pozo: 1 Profundidad: 1.80 m Muestra: 1
 Fecha: 05 de septiembre de 2008



PARAMETROS DE CORTE:

ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA : $\phi = 26.27^\circ$ COHESIÓN: $C_u = 6.00 \text{ T/m}^2$

TIPO DE ENSAYO: No consolidado y no drenado.
 DESCRIPCION DEL SUELO: Limo arenoso color café
 DIMENSION Y TIPO DE LA PROBETA: 2.5" X 5.0"
 OBSERVACIONES: Muestra proporcionada por el interesado.

PROBETA No.	1	1	1
PRESION LATERAL (T/m ²)	5	10	20
DESVIADOR EN ROTURA q(T/m ²)	28.65	35.07	50.94
PRESION INTERSTICIAL u(T/m ²)	x	x	x
DEFORMACION EN ROTURA Er (%)	4.0	6.0	11.0
DENSIDAD SECA (T/m ³)	1.24	1.24	1.24
DENSIDAD HUMEDA (T/m ³)	1.42	1.42	1.42
HUMEDAD (%H)	14.5	14.5	14.5



Atentamente,
 Vo. Bo.
 Ing. Oswaldo Romeo Escobar Alvarez
 DIRECTOR CIUSAC

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://ci.usac.edu.gt>

**Apéndice 14: Resultado de laboratorio del ensayo de permeabilidad
AASHTO T 125-66 del suelo del campo municipal para la verificación de
drenado pluvial.**



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



Nº 000528

O.T. No.: 23524

INFORME No.: 303 S.S

INTERESADO: Wilson Ismael López Méndez

PROYECTO: Trabajo de Graduación - EPS

ASUNTO: ENSAYO DE PERMEABILIDAD

NORMA: AASHTO T125-66

UBICACIÓN: La Circunvalacion de la Laguna Las Garzas, El Quiché

MUESTRA No.: 1

DESCRIPCIÓN DEL SUELO: Arena pomez limosa color beige

FECHA: 05 de septiembre de 2008

RESULTADO DEL ENSAYO:

Coefficiente de Permeabilidad= 1.30×10^{-3} cm/s

OBSERVACIONES: Muestra proporcionada por el interesado.

Atentamente,


Ing. Omar Enrique Medrano Mendez
Jefe Sección Mecánica de Suelos

Vo. Bo.


Ing. Oswaldo Romeo Escobar Alvarez
DIRECTOR CI/USAC



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>

ANEXOS

1. Especificaciones técnicas geométricas para el diseño horizontal de carreteras.
2. Relaciones de caudal, velocidad, tirante y área de tubos PVC a sección llena.
3. Isolíneas de intensidad de lluvia en cinco minutos con período de retorno de cinco años en (mm/hr).
4. Especificaciones técnicas y propiedades geométricas de las costaneras de metal sección C, legítima grado 36 ksi.
5. Planos de construcción y especificaciones del pavimento rígido de la circunvalación de la laguna Las Garzas y planos de construcción y especificaciones del campo municipal de San Antonio Ilotenango, departamento de El Quiché.

Anexo 1: Especificaciones técnicas geométricas para el diseño horizontal de carreteras.

CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS
VALORES LÍMITES RECOMENDADOS PARA LAS CARACTERÍSTICAS DE LA CARRETERA EN ESTADO FINAL

T.P.D. DE	CARRETERA	VELOCIDAD DE DISEÑO (K.P.H.)	ANCHO CALZADA (MTS.)	ANCHO DE TERRACERA		RELLENO (MTS.)	DERECHO DE VIA (MTS.)	RADIO MÍNIMO (MTS.)	PENDIENTE MÁXIMA (MTS.)	DISTANCIA VISIBILIDAD PARADA		DISTANCIA VISIBILIDAD PASO	
				CORTE (MTS.)						MÍNIMA (MTS.)	RECOMENDADA (MTS.)	MÍNIMA (MTS.)	RECOMENDADA (MTS.)
3,000 A 5,000	TIPO "A"		2 X 7.20	25		24	50						
	REGIONES												
	LLANAS	100					375	3	160	200	760	760	
	ONDULADAS	80					225	4	110	150	520	550	
1,500 A 3,000	MONTAÑOSAS	60					110	5	70	100	350	400	
	TIPO "B"		7.20	13		12	25						
	REGIONES												
	LLANAS	80					225	8	110	150	520	550	
900 A 1,500	ONDULADAS	60					110	7	70	100	350	400	
	MONTAÑOSAS	40					47	8	40	50	180	200	
	TIPO "C"		6.50	12		11	25						
	REGIONES												
500 A 900	LLANAS	80					225	6	110	150	520	550	
	ONDULADAS	60					110	7	70	100	350	400	
	MONTAÑOSAS	40					47	8	40	50	180	200	
	TIPO "D"		6.00	11		10	25						
100 A 500	REGIONES		5.50	9.50		8.50	25						
	LLANAS	50					76	8	55	70	250	300	
	ONDULADAS	40					47	9	40	50	180	200	
	MONTAÑOSAS	30					30	10	30	35	110	150	
10 A 100	TIPO "E"		5.50	8.50		8.50	15						
	REGIONES												
	LLANAS	40					47	10	40	50	180	200	
	ONDULADAS	30					30	12	30	35	110	150	
	MONTAÑOSAS	20					18	14	20	25	50	100	
	TIPO "F"												
	REGIONES												
	LLANAS	40					47	10	40	50	180	200	
	ONDULADAS	30					30	12	30	35	110	150	
	MONTAÑOSAS	20					18	14	20	25	50	100	
	TIPO "G"												
	REGIONES												

ESTRUCTURAS:
 CARGA: HS-15, HS-20, HS-25 Y VEHICULO DE DISEÑO T3-S2-R4
 ALTURA LIBRE: 5.50 mts.
 ANCHO DE RODADURA: 7.60 mts.

ESFUERZOS UNITARIOS
 CONCRETO CALSE "A": 3,000,000 Libras / Pulgadas cuadradas
 ACERO DE ESFUERZO: 15,000,000 Libras / Pulgadas cuadradas
 ACERO ESTRUCTURAL: 33,000,000 Libras / Pulgadas cuadradas

NOTAS
 1.- T.P.D. Promedio de Trafico Diario
 2.- La Sección Típica para Carreteras Tipo "A", incluyen isla central de 1.50 mts. De Ancho.
 3.- Las Características de las estructuras son generadas para todos los tipos de la carretera, con excepción de la Típica "A", en donde el ancho es Doble.
 4.- La calidad de la Capa de recubrimiento de la Catzada podrá ser para Carreteras Tipo "A", Hormigón, Concreto Asfáltico (Frio o Caliente) o Tratamiento superficial Múltiple; para tipo "B", "C", Concreto Asfáltico (Frio o Caliente) o Tratamiento Superficial Doble; para Tipo "D", Tratamiento Superficial Doble; para Tipo "E", Tratamiento Superficial Simple y para Tipo "F", Recubrimiento de material Suelto Los Recubrimientos para las Carreteras, desde el Tipo "A" al "E", dependerán de las características Mecánicas del suelo y de las propiedades de los materiales de Construcción de la zona.

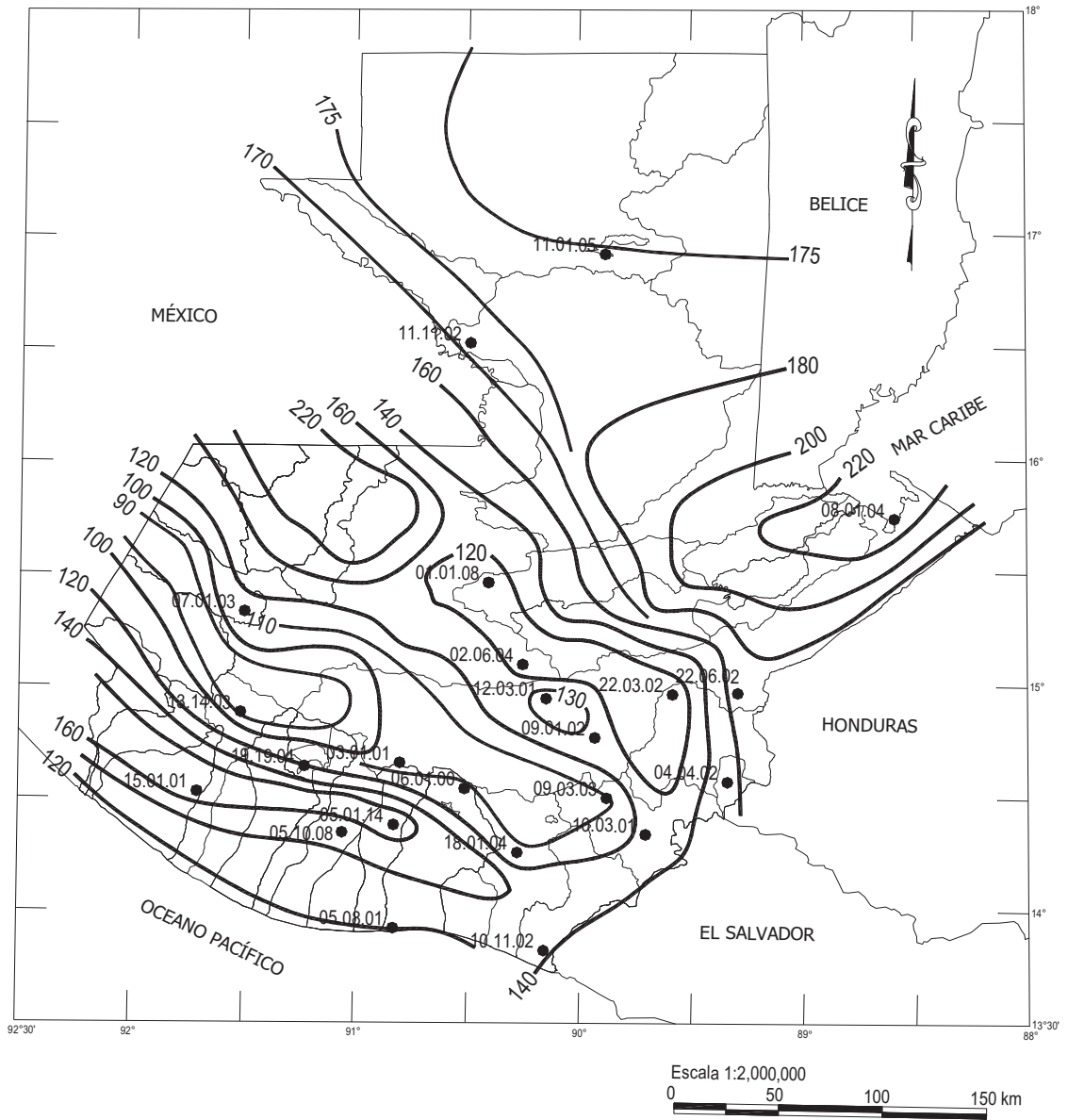
Anexo 2: Relaciones de caudal, velocidad, tirante y área de tubos PVC a sección llena.

**ELEMENTOS HIDRAULICOS DE UNA ALCANTARILLA DE SECCION TRANSVERSAL CIRCULAR
(SIN CORRECCION POR VARIACIONES EN ASPEREZA CON LA PROFUNDIDAD)**

d/D	a/A	w/V	q/Q	d/D	a/A	w/V	q/Q	d/D	a/A	w/V	q/Q
0.226	0.169479	0.660967	0.112020	0.301	0.253483	0.777553	0.197097	0.376	0.343752	0.874664	0.300667
0.227	0.170545	0.662670	0.113015	0.302	0.254652	0.778967	0.198365	0.377	0.344986	0.875843	0.302153
0.228	0.171613	0.664370	0.114014	0.303	0.255822	0.780377	0.199637	0.378	0.346220	0.877019	0.303642
0.229	0.172682	0.666064	0.115017	0.304	0.256992	0.781784	0.200913	0.379	0.347455	0.878192	0.305132
0.23	0.173753	0.667755	0.116024	0.305	0.258164	0.783188	0.202191	0.38	0.348691	0.879362	0.306626
0.231	0.174825	0.669441	0.117035	0.306	0.259337	0.784588	0.203473	0.381	0.349927	0.880530	0.308121
0.232	0.175899	0.671122	0.118050	0.307	0.260511	0.785985	0.204758	0.382	0.351164	0.881694	0.309620
0.233	0.176975	0.672809	0.119069	0.308	0.261686	0.787379	0.206046	0.383	0.352402	0.882856	0.311120
0.234	0.178052	0.674473	0.120091	0.309	0.262862	0.788769	0.207338	0.384	0.353640	0.884015	0.312623
0.235	0.179131	0.676142	0.121118	0.31	0.264040	0.790156	0.208633	0.385	0.354879	0.885171	0.314128
0.236	0.180212	0.677806	0.122149	0.311	0.265218	0.791539	0.209930	0.386	0.356118	0.886324	0.315636
0.237	0.181294	0.679466	0.123183	0.312	0.266397	0.792920	0.211232	0.387	0.357358	0.887474	0.317146
0.238	0.182377	0.681122	0.124221	0.313	0.267578	0.794297	0.212536	0.388	0.358599	0.888622	0.318659
0.239	0.183463	0.682774	0.125263	0.314	0.268759	0.795670	0.213843	0.389	0.359840	0.889766	0.320174
0.24	0.184549	0.684422	0.126310	0.315	0.269941	0.797040	0.215154	0.39	0.361082	0.890908	0.321691
0.241	0.185638	0.686065	0.127360	0.316	0.271125	0.798407	0.216468	0.391	0.362324	0.892047	0.323210
0.242	0.186728	0.687704	0.128413	0.317	0.272309	0.799771	0.217785	0.392	0.363567	0.893183	0.324732
0.243	0.187819	0.689339	0.129471	0.318	0.273494	0.801131	0.219105	0.393	0.364810	0.894316	0.326256
0.244	0.188912	0.690970	0.130533	0.319	0.274681	0.802488	0.220428	0.394	0.366055	0.895447	0.327782
0.245	0.190006	0.692597	0.131598	0.32	0.275868	0.803842	0.221755	0.395	0.367299	0.896574	0.329311
0.246	0.191102	0.694220	0.132667	0.321	0.277057	0.805193	0.223084	0.396	0.368544	0.897699	0.330842
0.247	0.192200	0.695839	0.133740	0.322	0.278246	0.806540	0.224416	0.397	0.369790	0.898821	0.332375
0.248	0.193299	0.697453	0.134817	0.323	0.279436	0.807884	0.225752	0.398	0.371036	0.899940	0.333910
0.249	0.194399	0.699064	0.135897	0.324	0.280628	0.809225	0.227091	0.399	0.372283	0.901057	0.335448
0.25	0.195501	0.700670	0.136982	0.325	0.281820	0.810563	0.228433	0.4	0.373530	0.902170	0.336988
0.251	0.196605	0.702273	0.138070	0.326	0.283013	0.811897	0.229777	0.401	0.374778	0.903281	0.338530
0.252	0.197709	0.703871	0.139162	0.327	0.284207	0.813228	0.231125	0.402	0.376026	0.904389	0.340074
0.253	0.198816	0.705466	0.140258	0.328	0.285402	0.814556	0.232476	0.403	0.377275	0.905495	0.341620
0.254	0.199923	0.707056	0.141357	0.329	0.286598	0.815881	0.233830	0.404	0.378524	0.906597	0.343169
0.255	0.201033	0.708642	0.142460	0.33	0.287795	0.817203	0.235187	0.405	0.379774	0.907697	0.344720
0.256	0.202143	0.710225	0.143567	0.331	0.288993	0.818521	0.236547	0.406	0.381024	0.908794	0.346272
0.257	0.203255	0.711804	0.144678	0.332	0.290192	0.819836	0.237910	0.407	0.382275	0.909888	0.347827
0.258	0.204369	0.713378	0.145792	0.333	0.291391	0.821148	0.239275	0.408	0.383526	0.910979	0.349385
0.259	0.205484	0.714949	0.146910	0.334	0.292592	0.822457	0.240644	0.409	0.384778	0.912068	0.350944
0.26	0.206600	0.716516	0.148032	0.335	0.293793	0.823763	0.242016	0.41	0.386030	0.913154	0.352505
0.261	0.207718	0.718079	0.149158	0.336	0.294996	0.825065	0.243391	0.411	0.387283	0.914237	0.354068
0.262	0.208837	0.719638	0.150287	0.337	0.296199	0.826363	0.244768	0.412	0.388536	0.915317	0.355634
0.263	0.209957	0.721193	0.151420	0.338	0.297403	0.827661	0.246149	0.413	0.389790	0.916395	0.357201
0.264	0.211079	0.722745	0.152556	0.339	0.298608	0.828954	0.247532	0.414	0.391044	0.917470	0.358771
0.265	0.212202	0.724292	0.153696	0.34	0.299814	0.830244	0.248919	0.415	0.392298	0.918542	0.360342
0.266	0.213327	0.725836	0.154840	0.341	0.301021	0.831531	0.250308	0.416	0.393553	0.919611	0.361916
0.267	0.214452	0.727376	0.155988	0.342	0.302228	0.832815	0.251700	0.417	0.394808	0.920678	0.363492
0.268	0.215580	0.728912	0.157139	0.343	0.303437	0.834096	0.253095	0.418	0.396064	0.921742	0.365069
0.269	0.216708	0.730444	0.158293	0.344	0.304646	0.835374	0.254493	0.419	0.397320	0.922803	0.366649
0.27	0.217838	0.731973	0.159452	0.345	0.305856	0.836648	0.255894	0.42	0.398577	0.923862	0.368230
0.271	0.218969	0.733498	0.160613	0.346	0.307067	0.837918	0.257297	0.421	0.399834	0.924919	0.369814
0.272	0.220102	0.735019	0.161777	0.347	0.308279	0.839188	0.258704	0.422	0.401092	0.925971	0.371399
0.273	0.221236	0.736536	0.162944	0.348	0.309491	0.840454	0.260114	0.423	0.402349	0.927021	0.372986
0.274	0.222371	0.738050	0.164112	0.349	0.310705	0.841718	0.261525	0.424	0.403608	0.928069	0.374576
0.275	0.223507	0.739560	0.165287	0.35	0.311919	0.842975	0.262940	0.425	0.404866	0.929114	0.376167
0.276	0.224645	0.741066	0.166477	0.351	0.313134	0.844231	0.264357	0.426	0.406125	0.930156	0.377760
0.277	0.225784	0.742568	0.167660	0.352	0.314350	0.845485	0.265778	0.427	0.407385	0.931196	0.379355
0.278	0.226924	0.744067	0.168847	0.353	0.315566	0.846735	0.267201	0.428	0.408645	0.932233	0.380952
0.279	0.228065	0.745563	0.170037	0.354	0.316784	0.847982	0.268627	0.429	0.409905	0.933267	0.382551
0.28	0.229208	0.747054	0.171231	0.355	0.318002	0.849226	0.270055	0.43	0.411165	0.934299	0.384151
0.281	0.230352	0.748542	0.172428	0.356	0.319221	0.850467	0.271487	0.431	0.412426	0.935327	0.385753
0.282	0.231497	0.750027	0.173629	0.357	0.320440	0.851705	0.272921	0.432	0.413687	0.936354	0.387358
0.283	0.232644	0.751507	0.174833	0.358	0.321661	0.852940	0.274357	0.433	0.414949	0.937377	0.388964
0.284	0.233792	0.752984	0.176041	0.359	0.322882	0.854172	0.275797	0.434	0.416211	0.938398	0.390571
0.285	0.234940	0.754458	0.177253	0.36	0.324104	0.855401	0.277239	0.435	0.417473	0.939416	0.392181
0.286	0.236091	0.755927	0.178467	0.361	0.325327	0.856627	0.278684	0.436	0.418736	0.940432	0.393792
0.287	0.237242	0.757394	0.179686	0.362	0.326550	0.857850	0.280131	0.437	0.419999	0.941445	0.395405
0.288	0.238394	0.758856	0.180907	0.363	0.327774	0.859070	0.281581	0.438	0.421262	0.942455	0.397020
0.289	0.239548	0.760316	0.182132	0.364	0.328999	0.860288	0.283034	0.439	0.422525	0.943462	0.398637
0.29	0.240703	0.761771	0.183361	0.365	0.330225	0.861502	0.284489	0.44	0.423789	0.944467	0.400255
0.291	0.241859	0.763222	0.184593	0.366	0.331451	0.862713	0.285947	0.441	0.425054	0.945469	0.401875
0.292	0.243016	0.764672	0.185828	0.367	0.332678	0.863921	0.287407	0.442	0.426318	0.946469	0.403497
0.293	0.244173	0.766117	0.187066	0.368	0.333906	0.865127	0.288871	0.443	0.427583	0.947466	0.405120
0.294	0.245334	0.767559	0.188309	0.369	0.335134	0.866329	0.290336	0.444	0.428848	0.948460	0.406745
0.295	0.246495	0.768997	0.189554	0.37	0.336363	0.867528	0.291805	0.445	0.430113	0.949452	0.408372
0.296	0.247657	0.770431	0.190803	0.371	0.337593	0.868725	0.293275	0.446	0.431379	0.950441	0.410000
0.297	0.248820	0.771863	0.192055	0.372	0.338823	0.869918	0.294749	0.447	0.432645	0.951427	0.411630
0.298	0.249984	0.773290	0.193310	0.373	0.340055	0.871109	0.296223	0.448	0.433911	0.952411	0.413262
0.299	0.251149	0.774715	0.194569	0.374	0.341286	0.872297	0.297703	0.449	0.435178	0.953392	0.414895
0.3	0.252316	0.776135	0.195831	0.375	0.342519	0.873482	0.299184	0.45	0.436444	0.954371	0.416530

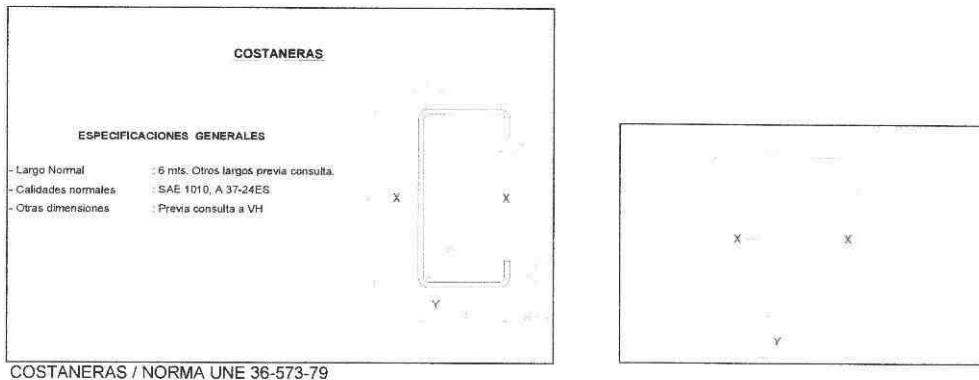
d/D	a/A	v/V	q/Q	d/D	a/A	v/V	q/Q	d/D	a/A	v/V	q/Q
0.451	0.437711	0.955346	0.418166	0.526	0.533089	1.021221	0.544402	0.601	0.627717	1.033021	0.673554
0.452	0.438979	0.956320	0.419804	0.527	0.534361	1.022203	0.546118	0.602	0.628964	1.034117	0.675267
0.453	0.440246	0.957290	0.421443	0.528	0.535632	1.022783	0.547836	0.603	0.630210	1.034211	0.676979
0.454	0.441514	0.958258	0.423084	0.529	0.536903	1.023561	0.549553	0.604	0.631456	1.034303	0.678691
0.455	0.442782	0.959224	0.424727	0.53	0.538174	1.024336	0.551271	0.605	0.632701	1.034397	0.680401
0.456	0.444050	0.960187	0.426371	0.531	0.539445	1.025108	0.552990	0.606	0.633945	1.034491	0.682112
0.457	0.445318	0.961147	0.428016	0.532	0.540716	1.025878	0.554709	0.607	0.635190	1.034584	0.683821
0.458	0.446587	0.962104	0.429663	0.533	0.541986	1.026646	0.556428	0.608	0.636433	1.034678	0.685530
0.459	0.447856	0.963059	0.431312	0.534	0.543257	1.027411	0.558148	0.609	0.637676	1.034773	0.687238
0.46	0.449125	0.964012	0.432962	0.535	0.544527	1.028173	0.559868	0.61	0.638918	1.034867	0.688945
0.461	0.450394	0.964962	0.434613	0.536	0.545797	1.028933	0.561589	0.611	0.640160	1.034961	0.690652
0.462	0.451664	0.965909	0.436266	0.537	0.547067	1.029691	0.563310	0.612	0.641401	1.035055	0.692357
0.463	0.452933	0.966853	0.437920	0.538	0.548336	1.030446	0.565031	0.613	0.642642	1.035149	0.694062
0.464	0.454203	0.967795	0.439576	0.539	0.549606	1.031198	0.566753	0.614	0.643882	1.035243	0.695766
0.465	0.455473	0.968735	0.441233	0.54	0.550875	1.031949	0.568475	0.615	0.645121	1.035337	0.697469
0.466	0.456743	0.969672	0.442891	0.541	0.552144	1.032696	0.570197	0.616	0.646360	1.035431	0.699172
0.467	0.458014	0.970606	0.444551	0.542	0.553413	1.033441	0.571920	0.617	0.647598	1.035525	0.700873
0.468	0.459284	0.971538	0.446212	0.543	0.554682	1.034184	0.573643	0.618	0.648836	1.035619	0.702574
0.469	0.460555	0.972467	0.447874	0.544	0.555950	1.034924	0.575366	0.619	0.650073	1.035713	0.704273
0.47	0.461826	0.973393	0.449538	0.545	0.557218	1.035662	0.577090	0.62	0.651309	1.035807	0.705972
0.471	0.463097	0.974317	0.451203	0.546	0.558486	1.036397	0.578814	0.621	0.652545	1.035901	0.707669
0.472	0.464368	0.975238	0.452869	0.547	0.559754	1.037130	0.580538	0.622	0.653780	1.036000	0.709366
0.473	0.465639	0.976157	0.454537	0.548	0.561021	1.037860	0.582262	0.623	0.655014	1.036099	0.711062
0.474	0.466911	0.977074	0.456206	0.549	0.562289	1.038588	0.583986	0.624	0.656248	1.036198	0.712757
0.475	0.468182	0.977987	0.457876	0.55	0.563556	1.039313	0.585711	0.625	0.657481	1.036297	0.714450
0.476	0.469454	0.978898	0.459548	0.551	0.564822	1.040036	0.587436	0.626	0.658714	1.036396	0.716143
0.477	0.470726	0.979807	0.461220	0.552	0.566089	1.040756	0.589161	0.627	0.659945	1.036495	0.717834
0.478	0.471998	0.980713	0.462894	0.553	0.567355	1.041474	0.590886	0.628	0.661177	1.036594	0.719525
0.479	0.473270	0.981616	0.464569	0.554	0.568621	1.042190	0.592611	0.629	0.662407	1.036693	0.721214
0.48	0.474542	0.982517	0.466246	0.555	0.569887	1.042903	0.594336	0.63	0.663637	1.036792	0.722903
0.481	0.475814	0.983415	0.467923	0.556	0.571152	1.043613	0.596062	0.631	0.664866	1.036891	0.724590
0.482	0.477087	0.984311	0.469602	0.557	0.572417	1.044321	0.597787	0.632	0.666094	1.036990	0.726276
0.483	0.478359	0.985204	0.471281	0.558	0.573682	1.045027	0.599513	0.633	0.667322	1.037089	0.727961
0.484	0.479632	0.986095	0.472962	0.559	0.574946	1.045730	0.601238	0.634	0.668549	1.037188	0.729645
0.485	0.480904	0.986983	0.474644	0.56	0.576211	1.046430	0.602964	0.635	0.669775	1.037287	0.731327
0.486	0.482177	0.987869	0.476327	0.561	0.577475	1.047128	0.604690	0.636	0.671001	1.037386	0.733008
0.487	0.483450	0.988752	0.478012	0.562	0.578738	1.047824	0.606416	0.637	0.672226	1.037485	0.734688
0.488	0.484723	0.989632	0.479697	0.563	0.580001	1.048517	0.608141	0.638	0.673450	1.037584	0.736367
0.489	0.485995	0.990510	0.481383	0.564	0.581264	1.049208	0.609867	0.639	0.674673	1.037683	0.738045
0.49	0.487268	0.991385	0.483071	0.565	0.582527	1.049896	0.611593	0.64	0.675896	1.037782	0.739721
0.491	0.488541	0.992258	0.484759	0.566	0.583789	1.050582	0.613318	0.641	0.677118	1.037881	0.741396
0.492	0.489813	0.993129	0.486449	0.567	0.585051	1.051265	0.615044	0.642	0.678339	1.037980	0.743069
0.493	0.491088	0.993996	0.488139	0.568	0.586313	1.051946	0.616769	0.643	0.679560	1.038079	0.744742
0.494	0.492361	0.994862	0.489831	0.569	0.587574	1.052624	0.618494	0.644	0.680779	1.038178	0.746413
0.495	0.493634	0.995724	0.491523	0.57	0.588835	1.053300	0.620219	0.645	0.681998	1.038277	0.748082
0.496	0.494907	0.996585	0.493217	0.571	0.590095	1.053973	0.621944	0.646	0.683216	1.038376	0.749750
0.497	0.496180	0.997442	0.494911	0.572	0.591355	1.054644	0.623669	0.647	0.684434	1.038475	0.751417
0.498	0.497454	0.998297	0.496607	0.573	0.592615	1.055312	0.625394	0.648	0.685650	1.038574	0.753082
0.499	0.498727	0.999150	0.498303	0.574	0.593875	1.055978	0.627119	0.649	0.686866	1.038673	0.754746
0.5	0.500000	1.000000	0.500000	0.575	0.595134	1.056642	0.628843	0.65	0.688081	1.038772	0.756408
0.501	0.501273	1.000848	0.501698	0.576	0.596392	1.057302	0.630567	0.651	0.689295	1.038871	0.758069
0.502	0.502546	1.001693	0.503397	0.577	0.597651	1.057961	0.632291	0.652	0.690509	1.038970	0.759729
0.503	0.503820	1.002535	0.505097	0.578	0.598908	1.058617	0.634015	0.653	0.691721	1.039069	0.761387
0.504	0.505093	1.003375	0.506798	0.579	0.600166	1.059271	0.635738	0.654	0.692933	1.039168	0.763043
0.505	0.506366	1.004213	0.508499	0.58	0.601423	1.059922	0.637461	0.655	0.694144	1.039267	0.764698
0.506	0.507639	1.005048	0.510202	0.581	0.602680	1.060570	0.639184	0.656	0.695354	1.039366	0.766351
0.507	0.508912	1.005880	0.511905	0.582	0.603936	1.061216	0.640906	0.657	0.696563	1.039465	0.768002
0.508	0.510185	1.006710	0.513609	0.583	0.605192	1.061860	0.642629	0.658	0.697772	1.039564	0.769652
0.509	0.511459	1.007537	0.515314	0.584	0.606447	1.062501	0.644350	0.659	0.698979	1.039663	0.771301
0.51	0.512732	1.008362	0.517019	0.585	0.607702	1.063140	0.646072	0.66	0.700186	1.039762	0.772947
0.511	0.514005	1.009185	0.518726	0.586	0.608956	1.063776	0.647793	0.661	0.701392	1.039861	0.774592
0.512	0.515277	1.010005	0.520433	0.587	0.610210	1.064410	0.649514	0.662	0.702597	1.039960	0.776236
0.513	0.516550	1.010822	0.522140	0.588	0.611464	1.065041	0.651234	0.663	0.703801	1.040059	0.777877
0.514	0.517823	1.011637	0.523849	0.589	0.612717	1.065670	0.652954	0.664	0.705004	1.040158	0.779517
0.515	0.519096	1.012449	0.525558	0.59	0.613970	1.066296	0.654673	0.665	0.706207	1.040257	0.781155
0.516	0.520368	1.013259	0.527268	0.591	0.615222	1.066920	0.656392	0.666	0.707408	1.040356	0.782791
0.517	0.521641	1.014067	0.528979	0.592	0.616474	1.067541	0.658111	0.667	0.708609	1.040455	0.784424
0.518	0.522913	1.014872	0.530690	0.593	0.617725	1.068160	0.659829	0.668	0.709808	1.040554	0.786059
0.519	0.524186	1.015674	0.532402	0.594	0.618976	1.068776	0.661546	0.669	0.711007	1.040653	0.787690
0.52	0.525458	1.016474	0.534114	0.595	0.620226	1.069390	0.663263	0.67	0.712205	1.040752	0.789319
0.521	0.526730	1.017271	0.535828	0.596	0.621476	1.070001	0.664980	0.671	0.713402	1.040851	0.790946
0.522	0.528002	1.018066	0.537541	0.597	0.622725	1.070610	0.666696	0.672	0.714598	1.040950	0.792571
0.523	0.529274	1.018859	0.539256	0.598	0.623974	1.071217	0.668411	0.673	0.715793	1.041049	0.794195
0.524	0.530546	1.019649	0.540970	0.599	0.625222	1.071821	0.670126	0.674	0.716987	1.041148	0.795816
0.525	0.531818	1.020436	0.542686	0.6	0.626470	1.072422	0.671840	0.675	0.718180	1.041247	0.797436

Anexo 3: Isolíneas de intensidad de lluvia en cinco minutos con período de retorno de cinco años en (mm/hr) para la república de Guatemala.



ESTUDIO DE INTENSIDADES DE PRECIPITACION EN GUATEMALA.
 MAPA 1 ISOLÍNEAS DE INTENSIDADES DE LLUVIA EN 5 MIN Y PERIODO DE RETORNO DE 2 AÑOS.

Anexo 4: Especificaciones técnicas y propiedades geométricas de las costaneras de metal sección C, legítima grado 36 ksi.



DIMENSIONES				PESO P	PROPIEDADES									
A	B	C	e		ÁREA		EJES X-X				EJES Y-Y			FLEXIÓN
mm	mm	mm	mm	Kg/m	cm ²	I	W	i	I	W	i	x	ia	
80	40	15	2	2,78	3,54	35,2	8,81	3,16	8,07	3,18	1,51	1,46	1,91	
			3	4,01	5,11	49,0	12,3	3,10	10,8	4,27	1,46	1,46	1,88	
			4	5,14	6,55	60,4	15,1	3,04	12,9	5,05	1,40	1,45	1,85	
100	50	15	2	3,35	4,27	67,5	13,5	3,98	14,5	4,41	1,84	1,71	2,32	
			3	4,95	6,31	97,8	19,6	3,94	20,5	6,25	1,80	1,72	2,29	
			4	6,40	8,15	122	24,5	3,88	24,9	7,55	1,75	1,71	2,25	
	75	15	2	4,19	5,34	93,2	18,6	4,18	40,2	8,55	2,75	2,79	3,28	
			3	6,13	7,81	133	26,6	4,13	56,4	12,0	2,69	2,78	3,26	
			4	7,97	10,1	169	33,8	4,08	70,1	14,9	2,63	2,77	3,23	
125	50	15	2	3,80	4,84	116	18,6	4,91	16,2	4,70	1,83	1,58	2,33	
			3	5,54	7,06	165	26,5	4,84	22,2	6,43	1,77	1,55	2,29	
			4	7,18	9,15	209	33,4	4,78	26,9	7,78	1,71	1,54	2,24	
	75	15	2	4,53	5,84	154	24,7	5,14	43,6	8,82	2,73	2,56	3,32	
			3	6,72	8,56	221	35,4	5,08	61,2	12,4	2,67	2,55	3,29	
			4	8,75	11,1	282	45,1	5,03	76,2	15,4	2,61	2,54	3,25	
150	50	15	2	4,19	5,34	179	23,8	5,79	17,1	4,78	1,79	1,42	2,32	
			3	6,13	7,81	255	34,0	5,72	23,5	6,56	1,73	1,42	2,28	
			4	7,97	10,1	323	43,1	5,65	28,5	7,95	1,68	1,41	2,23	
	75	15	2	4,92	6,27	230	30,6	6,05	45,2	8,79	2,69	2,35	3,33	
			3	7,31	9,31	336	44,8	6,01	65,1	12,7	2,65	2,36	3,30	
			4	9,54	12,1	430	57,3	5,95	81,2	15,8	2,59	2,35	3,26	
175	50	15	2	4,58	5,84	258	29,4	6,64	17,9	4,85	1,75	1,31	2,31	
			3	6,72	8,56	369	42,2	6,57	24,6	6,66	1,70	1,31	2,26	
			4	8,75	11,1	470	53,7	6,49	29,8	8,07	1,64	1,30	2,21	
	75	15	2	5,37	6,84	333	38,0	6,97	48,7	9,20	2,67	2,20	3,35	
			3	7,90	10,1	480	59,4	6,91	68,5	12,9	2,61	2,19	3,31	
			4	10,3	13,1	616	70,4	6,85	85,4	16,1	2,55	2,18	3,26	
200	50	15	2	4,97	6,34	355	35,5	7,48	18,6	4,91	1,71	1,21	2,29	
			3	7,31	9,31	510	51,0	7,40	25,5	6,74	1,66	1,21	2,24	
			4	9,54	12,1	651	65,1	7,32	31,0	8,18	1,60	1,21	2,18	

Anexo 5: Planos de construcción y especificaciones del pavimento rígido de la circunvalación de la laguna Las Garzas y planos de construcción y especificaciones del campo municipal de San Antonio Ilotenango, departamento de El Quiché.

