



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

**DISEÑO DE LA EDIFICACIÓN ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA LA
ALDEA ENTRE RÍOS Y CARRETERA Y PAVIMENTACIÓN HACIA LA
ALDEA MILLA 6, MUNICIPIO DE PUERTO BARRIOS, IZABAL**

Mario Alfonso Cruz Tenas

Asesorado por el Ing. Juan Merck Cos

Guatemala, abril de 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE LA EDIFICACIÓN ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA LA
ALDEA ENTRE RÍOS Y CARRETERA Y PAVIMENTACIÓN HACIA LA
ALDEA MILLA 6, MUNICIPIO DE PUERTO BARRIOS, IZABAL**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

MARIO ALFONSO CRUZ TENAS
ASESORADO POR EL ING. JUAN MERCK COS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, ABRIL DE 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
VOCAL V	Br. Sergio Alejandro Donis Soto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

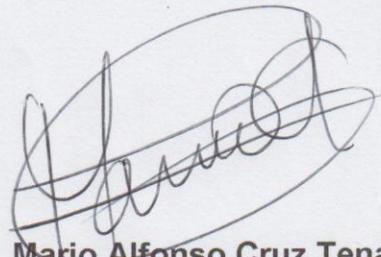
DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
EXAMINADOR	Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
EXAMINADOR	Ing. Juan Merck Cos
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE COMITÉ EXAMINADOR

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

DISEÑO DE LA EDIFICACIÓN ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA LA ALDEA ENTRE RÍOS Y CARRETERA Y PAVIMENTACIÓN HACIA LA ALDEA MILLA 6, MUNICIPIO DE PUERTO BARRIOS, IZABAL

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 05 de septiembre de 2011.



Mario Alfonso Cruz Tenas



Guatemala, 16 de octubre de 2012
Ref.EPS.DOC.1392.10.12

Inga. Sigrid Alitza Calderón de León
Directora Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimada Ingeniera Calderón de León.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Mario Alfonso Cruz Tenas** con carné No. **200611168**, de la Carrera de Ingeniería Civil, , procedí a revisar el informe final, cuyo título es **“DISEÑO DE LA EDIFICACIÓN ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA LA ALDEA ENTRE RIOS Y CARRETERA Y PAVIMENTACIÓN HACIA LA ALDEA MILLA 6, MUNICIPIO DE PUERTO BARRIOS, IZABAL”**.

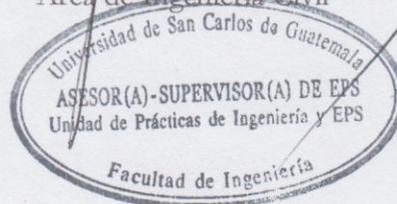
En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”

Ingeniero Juan Merck Cos
Asesor-Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Civil



c.c. Archivo
JMC/ra



Guatemala,
14 de noviembre de 2012

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

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DE LA EDIFICACIÓN ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA LA ALDEA ENTRE RIOS Y CARRETERA Y PAVIMENTACIÓN HACIA LA ALDEA MILLA 6, MUNICIPIO DE PUERTO BARRIOS, IZABAL**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Mario Alfonso Cruz Tenas, quien contó con la asesoría del Ing. Juan Merck Cos.

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



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
TRANSPORTES
USAC

Ing. Mario Estuardo Arriola Ávila
Coordinador del Área de Topografía y Transportes

bbdeb.



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



Guatemala,
8 de febrero de 2013

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

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de **DISEÑO DE LA EDIFICACIÓN ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA LA ALDEA ENTRE RIOS Y CARRETERA Y PAVIMENTACIÓN HACIA LA ALDEA MILLA 6, MUNICIPIO DE PUERTO BARRIOS, IZABAL**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Mario Alfonso Cruz Tenas, quien contó con la asesoría del Ing. Juan Merck Cos.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. Ronald Estuardo Galindo Cabrera
Jefe del Departamento de Estructuras



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
ESTRUCTURAS
USAC

/bbdeb.



Guatemala, 14 de febrero de 2013
Ref.EPS.D.87.02.13

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

Estimado Ingeniero Montenegro Franco.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"DISEÑO DE LA EDIFICACIÓN ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA LA ALDEA ENTRE RIOS Y CARRETERA Y PAVIMENTACIÓN HACIA LA ALDEA MILLA 6, MUNICIPIO DE PUERTO BARRIOS, IZABAL"** que fue desarrollado por el estudiante universitario **Mario Alfonso Cruz Tenas**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Juan Merck Cos.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"

Inga. *Sigrid Aliza Calderón*
Directora Unidad de EPS

SACdL/ra



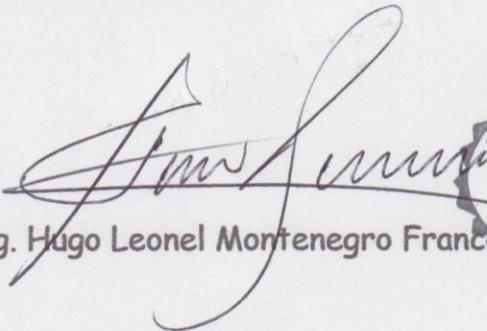
USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

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

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



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Juan Merck Cos y de la Coordinadora de E.P.S. Inga. Sigrid Alitza Calderón de León De de León, al trabajo de graduación del estudiante Mario Alfonso Cruz Tenas, titulado DISEÑO DE LA EDIFICACIÓN ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA LA ALDEA ENTRE RIOS Y CARRETERA Y PAVIMENTACIÓN HACIA LA ALDEA MILLA 6, MUNICIPIO DE PUERTO BARRIOS, IZABAL, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.


Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, abril 2013

/bbdeb.

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua



Universidad de San Carlos
de Guatemala



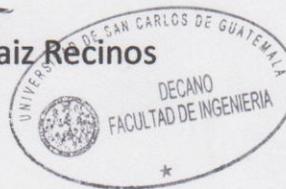
Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 283.2013

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE LA EDIFICACIÓN DE DOS NIVELES PARA LA ALDEA ENTRE RÍOS Y CARRETERA Y PAVIMENTACIÓN HACIA LA ALDEA MILLA 6, MUNICIPIO DE PUERTO BARRIOS, IZABAL**, presentado por el estudiante universitario **Marlo Alfonso Cruz Tenas**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano



Guatemala, 18 de abril de 2013

/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Quien da la sabiduría, el conocimiento y la inteligencia.
Mi madre	Olga Leticia Tenas Martínez, mil gracias, que este triunfo sea una recompensa a todo su esfuerzo.
Mis hermanos	Gabriela María y José Ricardo Cruz Tenas, por sus sabios consejos y apoyo incondicional.
Mis abuelos	Isabel Tenas (q.e.p.d.) y Felicita Martínez, los llevo siempre en mi corazón.
Mi familia en general	Con mucho afecto.
Mis amigos	Por su sincera amistad.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Por darme la vida, sabiduría y paciencia para poder alcanzar mi carrera de ingeniería.
Mi madre	Por su sacrificio, paciencia, apoyo y consejos para poder realizar una meta más.
Mis hermanos	Por su paciencia, cariño, apoyo y consejos para alcanzar esta meta.
Ing. Juan Merck	Por toda la colaboración en la asesoría profesional que me dio para realizar esta meta.
La Dirección Municipal de Planificación de Puerto Barrios	Por darme la oportunidad de realizar mi Ejercicio Profesional Supervisado en sus instalaciones, especiales agradecimientos para José Morales, Obed Martínez y Noé Chámale por su apoyo y amistad.
Mis amigos	Por esa amistad sincera, por brindarme su apoyo, al estar siempre conmigo incondicionalmente, especialmente a Ottoniel Palencia, Álvaro Majus, Albin Bardales, Nazir Barrow y Fernando Velásquez.

Facultad de Ingeniería

Por brindarme los conocimientos para ser ingeniero civil.

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por haberme dado la oportunidad de estudiar en tan prestigiosa casa de estudios.

1.2.1.	Descripción de las necesidades	7
1.2.2.	Análisis y priorización de las necesidades	8
2.	FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL	9
2.1.	Diseño de la edificación escolar de dos niveles para la Aldea Entre Ríos.....	9
2.1.1.	Descripción del proyecto y criterios de diseño	9
2.1.2.	Estudio preliminar	9
2.1.2.1.	Terreno disponible	10
2.1.2.2.	Análisis de suelo	10
2.1.2.2.1.	Ensayo triaxial	10
2.1.3.	Diseño arquitectónico.....	12
2.1.3.1.	Ubicación del edificio en el terreno	12
2.1.3.2.	Distribución de ambientes	13
2.1.3.3.	Altura del edificio	13
2.1.3.4.	Selección del sistema estructural a usar.....	13
2.1.4.	Análisis estructural.....	13
2.1.4.1.	Predimensionamiento estructural.....	14
2.1.4.2.	Modelos matemáticos de marcos dúctiles con nudos rígidos.....	17
2.1.4.3.	Cargas aplicadas a los marcos dúctiles.....	18
2.1.4.3.1.	Cargas verticales en marcos dúctiles.....	19
2.1.4.3.2.	Cargas horizontales en marcos dúctiles.....	25

	2.1.4.3.3.	Análisis de marcos dúctiles utilizando software y comprobación por medio de un método numérico.....	32
	2.1.4.3.4.	Momento último por envolvente de momentos.....	41
	2.1.4.3.5.	Diagramas de momentos y corte.....	43
2.1.5.		Diseño estructural	46
	2.1.5.1.	Losas.....	46
	2.1.5.2.	Vigas	57
	2.1.5.3.	Columnas	62
	2.1.5.4.	Zapatas y cimiento corrido	75
	2.1.5.5.	Gradas.....	96
2.1.6.		Instalaciones eléctricas	102
2.1.7.		Instalaciones hidráulicas	104
2.1.8.		Planos constructivos	105
2.1.9.		Presupuesto	106
	2.1.9.1.	Resumen de presupuesto	106
2.1.10.		Cronograma de ejecución	106
2.1.11.		Evaluación de impacto ambiental (inicial).....	108
2.2.		Diseño de la carretera y pavimentación hacia aldea Milla 6.....	110
	2.2.1.	Descripción del proyecto	110
	2.2.2.	Preliminar de campo	111
	2.2.2.1.	Reconocimiento.....	111

2.2.2.2.	Levantamiento topográfico	111
2.2.3.	Dibujo preliminar	112
2.2.3.1.	Planimétrico	112
2.2.3.2.	Altimétrico	112
2.2.3.3.	Curvas de nivel.....	112
2.2.4.	Diseño de localización.....	113
2.2.4.1.	Corrimiento de línea.....	115
2.2.4.2.	Cálculo de elementos de curva horizontal.....	116
2.2.4.3.	Determinación de curva vertical	123
2.2.5.	Movimiento de tierra	127
2.2.5.1.	Área de secciones transversales.....	127
2.2.5.2.	Volúmenes de tierra	129
2.2.6.	Determinación de la calidad del suelo	132
2.2.6.1.	Ensayos de laboratorio.....	132
2.2.6.2.	Criterio para definir la capa de rodadura.....	137
2.2.7.	Diseño de pavimento.....	137
2.2.8.	Drenajes	142
2.2.8.1.	Drenaje longitudinal.....	143
2.2.8.2.	Drenaje transversal	146
2.2.9.	Elaboración de planos de proyecto	151
2.2.10.	Presupuesto	151
2.2.10.1.	Resumen de presupuesto.....	151
2.2.11.	Cronograma de ejecución	152
CONCLUSIONES.....		153
RECOMENDACIONES		155
BIBLIOGRAFÍA.....		157

APÉNDICE.....	159
ANEXOS.....	161

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Mapa territorial del municipio de Puerto Barrios	2
2.	Área tributaria columna crítica	15
3.	Marco dúctil, sección longitudinal	18
4.	Marco dúctil, sección transversal.....	18
5.	Planta de áreas tributarias	22
6.	Carga muerta y carga viva, marco B	24
7.	Carga muerta y carga viva, marco 3.....	24
8.	Fuerzas por marco en X	31
9.	Fuerzas por marco en Y	32
10.	Momentos por carga muerta en vigas sentido X (kg-m)	35
11.	Momentos por carga muerta en vigas sentido Y (kg-m)	35
12.	Momentos por carga viva en vigas sentido X (kg-m)	36
13.	Momentos por carga viva en vigas sentido Y (kg-m)	36
14.	Momentos por carga de sismo en vigas sentido X (kg-m)	37
15.	Momentos por carga de sismo en vigas sentido Y (kg-m)	37
16.	Momentos por carga muerta en columnas sentido X (kg-m)	38
17.	Momentos por carga muerta en columnas sentido Y (kg-m)	38
18.	Momentos por carga viva en columnas sentido X (kg-m)	39
19.	Momentos por carga viva en columnas sentido Y (kg-m)	39
20.	Momentos por carga de sismo en columnas sentido X (kg-m)	40
21.	Momentos por carga de sismo en columnas sentido Y (kg-m)	40
22.	Envolvente de momentos en vigas sentido X (kg-m)	41
23.	Envolvente de momentos en vigas sentido Y (kg-m).....	42

24.	Envolvente de momentos en columnas sentido X (kg-m)	42
25.	Envolvente de momentos en columnas sentido Y (kg-m)	43
26.	Diagrama de corte en vigas sentido X (kg)	44
27.	Diagrama de corte en vigas sentido Y (kg)	45
28.	Diagrama de corte en columnas sentido X (kg)	45
29.	Diagrama de corte en columnas sentido Y (kg)	46
30.	Distribución de losas	47
31.	Determinación de los momentos en losas	48
32.	Momentos en losas	50
33.	Balance de momentos	51
34.	Momentos balanceados en losas del primer nivel	53
35.	Detalle de armado en losas	56
36.	Detalle de armado en Viga 1X	62
37.	Carga resistente, JC-diseño de concreto, Julio Corado Franco.....	70
38.	Detalle de columnas.....	74
39.	Corte simple en zapata	78
40.	Corte punzonante en zapata	79
41.	Detalle de armado de zapata	81
42.	Fuerzas sobre zapata combinada	82
43.	Planta zapatas combinadas	83
44.	Cargas equivalentes en el centro geométrico	84
45.	Presiones sobre el suelo	85
46.	Presiones sobre el cimiento	86
47.	Presión última bajo el cimiento	87
48.	Presiones últimas por metro lineal	88
49.	Diagramas de corte y momento	89
50.	Vigas transversales	92
51.	Zapata por corte simple	93
52.	Zapata por flexión	94

53.	Detalle de elevación armado zapata combinada.....	94
54.	Detalle del cimiento corrido trapezoidal.....	96
55.	Planta-elevación módulo de gradas	99
56.	Sección transversal módulo de gradas	102
57.	Curvas de nivel.....	113
58.	Elementos de curva horizontal.....	117
59.	Grado de curvatura	119
60.	Componentes de curva vertical	124
61.	Sección transversal.....	128
62.	Tipos de secciones transversales	129
63.	Volumen entre secciones del mismo tipo	130
64.	Volumen entre secciones de diferente tipo	131
65.	Diseño de cuneta.....	143
66.	Detalle de cuneta	145
67.	Área de influencia de la cuenca.....	149

TABLAS

I.	Cargas vivas mínimas uniformemente distribuidas	20
II.	Valor de K según estructura.....	26
III.	Área de acero para momentos mayores al soportado por el área de..... acero mínimo.....	55
IV.	Cálculo de área de acero	58
V.	Diseño de vigas a flexión.....	60
VI.	Cálculo de área de acero en columna	69
VII.	Cronograma de ejecución edificación escolar	106
VIII.	Presupuesto edificio escolar	107
IX.	Boleta de riesgo edificación escolar.....	108
X.	Características geométricas	115

XI.	Especificaciones para curvas circulares, especificaciones para caminos de penetración, sección típica E.....	120
XII.	Resumen diseño geométrico.....	122
XIII.	Valores de K para curvas cóncavas y convexas	125
XIV.	Resumen diseño de curvas verticales.....	126
XV.	Relaciones para dibujo de taludes	127
XVI.	Tipología de suelos SUCS	134
XVII.	Clasificación de suelos AASHTO.....	135
XVIII.	Resistencia del suelo.....	137
XIX.	Clasificación de vehículos según su categoría.....	138
XX.	Tipos de suelos de subrasante y valores aproximados de K.....	140
XXI.	Espesor óptimo de carpeta de rodadura en función de Mr y K.....	141
XXII.	Valores indicativos del coeficiente de escorrentía.....	148
XXIII.	Parámetros A, B y n de la ecuación de intensidad de lluvia.....	150
XXIV.	Cronograma de ejecución	152
XXV.	Presupuesto carretera hacia Milla 6	152

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
h_v	Altura de la viga
A_s	Área de acero
A_{s máx}	Área de acero máxima
A_{s mín}	Área de acero mínima
A_v	Área de la varilla
A_g	Área gruesa
P_t	Carga de trabajo
W	Carga distribuida
CM	Carga muerta
CMU	Carga muerta última
P	Carga puntual
CU	Carga última
CV	Carga viva
CVU	Carga viva última
cm	Centímetro
cm²	Centímetro cuadrado
cm³	Centímetro cúbico
k	Coefficiente de longitud efectiva
C_b	Coefficiente para momento método 3 ACI, lado mayor
C_a	Coefficiente para momento método 3 ACI, lado menor
K	Constante para diseño de curvas verticales
ρ	Cuantía de acero
C_m	Cuerda Máxima

Δ	Deflexión
\emptyset	Diámetro
V	Esfuerzo de corte
Vr	Esfuerzo de corte resistido
fy	Esfuerzo de fluencia de acero
FS	Factor de seguridad
G	Grado de curvatura
kg	Kilogramo
kg*m	Kilogramo por metro
kg/m ²	Kilogramo sobre metro cuadrado
kg/m ³	Kilogramo sobre metro cubico
Lc	Longitud de curva
m ²	Metro cuadrado
m	Metro lineal
MB	Momento balanceado
Mb	Momento del lado mayor
Ma	Momento del lado menor
M(-)	Momento negativo
M(+)	Momento positivo
P%	Pendiente en porcentaje
d	Peralte efectivo
t	Peralte total
q	Presión sobre el suelo por debajo de la zapata
R	Radio
Rec	Recubrimiento
f'c	Resistencia a la compresión del concreto
St	Subtangente
ton	Tonelada
VS	Valor soporte del suelo

GLOSARIO

ACI	Instituto Americano del Concreto.
Área de acero mínima	Cantidad de acero, determinado por la sección y el límite de fluencia.
Aldea	Pueblo pequeño de escaso vecindario; por lo general no cuenta con autoridades para gobernar y juzgar.
Análisis estructural	Proceso para determinar la respuesta de la estructura ante las acciones que puedan afectarla.
Balasto	Material selecto que se coloca sobre la subrasante de una carretera, el cual se compone de un material bien graduado, es decir, que consta de material fino y grueso, con el objetivo de protegerla y de que sirva de superficie de rodadura.
Cabezal	Muro central de entrada y salida de las tuberías; diseñado y construido para sostener y proteger los taludes y encauzar las aguas.
Carga muerta	Peso muerto soportado por un elemento estructural, incluyendo el propio.
Carga viva	Peso variable dado por el personal, maquinaria

	móvil, etc., soportado por un elemento.
Cimiento corrido	Es el que se construye debajo de un muro.
Columna	Miembro que se usa, principalmente, para resistir carga axial de compresión; que tiene una altura, por lo menos, tres veces su menor dimensión lateral.
Columna esbelta	Aquella en que la carga última también está influida por la esbeltez; lo que produce flexión adicional debido a las deformaciones transversales.
Comunidad	Conjunto de personas que viven bajo ciertas reglas y que tienen algo en común.
Concreto	Mezcla, adecuadamente proporcionada de cemento, agregado fino, agregado grueso y agua.
Concreto reforzado	Concreto que contiene el refuerzo de acero.
Confinamiento	El concreto queda confinado cuando a esfuerzos que se aproximan a la resistencia uniaxial; las deformaciones transversales se hacen muy elevadas debido al agrietamiento interno progresivo; el concreto se apoya contra el refuerzo del mismo.
Cuneta	Zanja lateral paralela al eje de la carretera o del camino; construida entre los extremos de los hombros y al pie de los taludes.

Diseño	Trazo o delineación de la distribución y orden de los elementos estructurales que componen un edificio.
Dimensionamiento	Trazo o delineación de la distribución u orden de los elementos estructurales que componen un edificio.
Drenajes	Controlan las condiciones de flujo de agua en terracerías, mejoran las condiciones de estabilidad de cortes, terraplenes y pavimentos.
Estribo	Elemento de una estructura que resiste el esfuerzo cortante.
Mampostería	Obra hecha con elementos sobrepuestos.
Momento	Esfuerzo al que se somete un cuerpo, debido a la aplicación de una fuerza a cierta distancia de su centro de masa.
Momento resistente	Es el momento que puede resistir una estructura con cierta cantidad de acero.
Predimensionar	Es dar medidas preliminares a los elementos que componen una estructura; que serán utilizados para soportar las cargas aplicadas.
Rasante	Nivel de la superficie de rodamiento de una carretera o camino.

Relleno	Material especial o de terracería; uniformemente colocado y compactado en las partes laterales y superior de las cajas, así como atrás de los aletones.
Sección típica	Es toda la extensión de la carretera; tiene una sección que permanece uniforme la mayoría de las veces.
Solera	Elemento estructural horizontal de un muro; que resiste esfuerzos y confina los muros.
Terracería	Conjunto de operaciones de cortes, préstamos, rellenos, terraplenes y desperdicios de material que se realizan hasta alcanzar una rasante determinada; de conformidad con los niveles indicados en los planos.
Topografía	Arte de describir y delinear detalladamente la superficie de un terreno.
Zapata	Tiene por objetivo transmitir la carga al subsuelo, a una presión adecuada a las propiedades del suelo.

RESUMEN

El trabajo de graduación presenta dos fases que constituyen la estructura del mismo: de investigación y de servicio técnico profesional. En la fase de investigación se desarrolló un estudio monográfico, que detalla las características típicas de las comunidades de Milla 6, y un diagnóstico de necesidades de servicios básicas e infraestructuras de la misma. En la fase de servicio técnico profesional se presenta el desarrollo del diseño de dos proyectos, seleccionados con el fin de cubrir las necesidades básicas que presenta la población y así mejorar la calidad de vida de los habitantes.

El primer proyecto es una edificación escolar de dos niveles, ubicada en la aldea Entre Ríos, destinada para el nivel primario, cuyo diseño arquitectónico satisface las necesidades de espacio para los alumnos y el personal docente, la estructura es a base de marcos dúctiles y nudos rígidos con losas planas de concreto reforzado. El segundo proyecto es una carretera y pavimentación hacia la aldea Milla 6, la cual, se diseñó con una sección típica E

El diseño es una edificación de dos niveles para locales comerciales municipales, el cual, está ubicado en el casco urbano del municipio de Puerto Barrios, la estructura es a base de marcos dúctiles y nudos rígidos con losas planas de concreto reforzado; y el diseño de la carretera y pavimentación hacia la aldea El Corozo, con su construcción, se pretende mejorar la calidad de vida de la población de esta comunidad, ya que será posible un mejor acceso a otros servicios como la electricidad y agua potable, se diseñó con una típica E , y con una longitud de 3,26 km, el tipo de pavimento es rígido.

OBJETIVOS

General

Diseñar la carretera y pavimentación que conduce de la aldea Milla 4 hacia la aldea Milla 6 y la edificación escolar de dos niveles para la aldea Entre Ríos, municipio de Puerto Barrios, Izabal.

Específicos

1. Desarrollar una investigación monográfica y un diagnóstico, para priorizar necesidades de servicios y de infraestructura de las aldeas Milla 4 y Milla 6, municipio de Puerto Barrios, Izabal.
2. Contribuir con los miembros de las comunidades con capacitaciones sobre mantenimiento del edificio, para que el proyecto mantenga un buen funcionamiento y condiciones óptimas.

INTRODUCCIÓN

El municipio de Puerto Barrios está ubicado a 298 km de la ciudad capital, es uno de los de mayor importancia de Guatemala, ya que ahí se localizan dos de los puertos más importantes del país.

La aldea Milla 6 se halla ubicada a 17 km de la cabecera municipal de Puerto Barrios, esta aldea carece de muchos servicios básicos, tales como, la educación y los servicios de agua potable.

Este trabajo de graduación está orientado a proponer soluciones factibles, no sólo desde el punto de vista técnico, sino también económico y social. Para el efecto, el primer capítulo contiene una investigación de tipo monográfica, aspectos históricos y socioeconómicos de la comunidad

En el segundo capítulo se desarrolla el diseño de la edificación escolar, la cual será de dos niveles y una carretera y pavimentación, en la parte final se presentan las conclusiones, recomendaciones, bibliografía y planos.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1. Monografía de las aldeas Milla 4 y Milla 6

La aldea Milla 4 fue fundada en 1910, por una población que provenían de una parte de Alta Verapaz, Chiquimula, Zacapa, Jutiapa, así también de los países de Honduras y El Salvador, que trabajaban en la construcción de la vía férrea. El nombre de la aldea se debe a que en esa época se señalizaban por millas, a lo largo de la línea férrea que se conducía hacia Puerto Barrios, y se hacía la diferencia en millas debido a las paradas estacionales del ferrocarril.

La aldea Milla 6 fue fundada en el mismo año (1910), conforme las comunidades cercanas se iban aglutinando a lo largo de la línea férrea. Su población era proveniente también de los mismos departamentos (Alta Verapaz, Chiquimula, Zacapa, Jutiapa, como también de los países de Honduras y El Salvador). En estas comunidades predominan los ladinos pero un 35 % de la población es q'eqchi'.

1.1.1. Ubicación y localización

La aldea Milla 4 se ubica a 11 km al noreste de la cabecera municipal. Dicha comunidad se encuentra a la latitud norte $15^{\circ} 43' 01,50''$ y longitud oeste $88^{\circ} 33' 10,73''$. La aldea Milla 6 se ubica a 15 km al noreste de la cabecera municipal, en la latitud norte $15^{\circ} 42' 47,32''$ y longitud oeste $88^{\circ} 32' 08,55''$. Para llegar a estas aldeas, se toma la 14 calle y 24 avenida, donde se localiza un desvío de terracería hacia las mencionadas aldeas.

Figura 1. **Mapa territorial del municipio de Puerto Barrios**



Fuente: Google Maps. Consulta: 1 de agosto de 2012

1.1.2. Extensión territorial

La extensión territorial de la aldea Milla 4 es de 0,41 kilómetros cuadrados y la de la aldea Milla 6 es de 0,50 kilómetros cuadrados. Se tiene un aproximado de 438 habitantes en la aldea Milla 4 y 471 habitantes en la aldea Milla 6.

1.1.3. Vías de comunicación

Actualmente existe una carretera de terracería que va desde la colonia Marleny Milla 3, primera comunidad en el trayecto hasta El Corozo Milla 8; en la cual transitan vehículos livianos como microbuses, motos y camiones pequeños. Se tienen también vías de ferrocarril, las cuales no están en uso desde hace muchos años.

1.1.4. Clima

El clima del área se puede denominar como tropical, zona en la que durante la mayor parte del año las temperaturas son cálidas y una humedad promedio de 82 %.

La estación meteorológica más próxima está situada en la zona militar de Puerto Barrios, la cual proporcionó la información que el mes más seco es marzo, llegando a una temperatura máxima promedio de 34 grados celsius y el más lluvioso en promedio ha sido octubre, alcanzando una temperatura mínima promedio de 21 grados celsius.

1.1.5. Topografía

La topografía de esta parte es muy variada, ya que en la cabecera municipal, Puerto Barrios, es plana y escasa la parte ondulada, y en el centro del municipio la altura promedio sobre el nivel del mar es de 0,67 m, pero en las aldeas Milla 4 y Milla 6 la topografía es ondulada y montañosa, sin mucha pendiente, su altura máxima registrada es de 76 metros sobre el nivel del mar.

1.1.6. Organización comunitaria

Las aldeas Milla 4 y Milla 6, organizacionalmente están sustentadas por el Consejo Comunitario de Desarrollo (COCODE), dicha organización es la máxima autoridad comunitaria avalada por la municipalidad de Puerto Barrios, Izabal.

Cuenta además con:

- Comité de proyecto de agua potable
- Consejo Comunitario de Desarrollo (COCODE), funciona por medio de una junta directiva integrada por:
 - Presidente
 - Vicepresidente
 - Secretario
 - Prosecretario
 - Tesorero
 - Protesorero
 - Vocales (de I al VII)

Este comité es el responsable de gestionar proyectos con instituciones y organizaciones no gubernamentales, para el beneficio de la comunidad; todos están conscientes que deben involucrarse en la organización para lograr sus objetivos.

1.1.7. Idioma

En ambas comunidades predominan los mestizos en un 65% que hablan español, el 35% pertenecen a la etnia Q'eqchi', que hablan q'eqchi' y español.

1.1.8. Aspectos de vivienda

La mayor parte de las viviendas del lugar son simples y rústicas, construidas con materiales del lugar, la mayoría de techos de las viviendas son construidos con hojas de palma, las paredes son de madera, utilizan pisos de

tierra, las cocinas son polletones de fogón abierto, en la mayoría de ellas y éstas están frecuentemente afuera de las viviendas.

Las viviendas contienen frecuentemente una habitación, hay otras que pueden llegar a tener dos, donde realizan la mayor parte de sus actividades, siendo a la vez bodega, cocina y dormitorio. Una pequeña parte de la población duerme en camas pero la mayoría duerme en hamacas o en catres construidos por los mismos pobladores. Un pequeño porcentaje de las casas está construido con paredes de block y techos de la mina, con pisos de concreto

1.1.9. Servicios básicos

Es un indicador de las condiciones favorables en el bienestar social y por tanto en el nivel relativo de desarrollo.

1.1.9.1. Medios de abastecimiento de agua

El abastecimiento de agua a las comunidades, no sólo de las aldeas Milla 4 y Milla 6, sino que para todas las que comprenden esta área del municipio, se inició el 29 de septiembre de 1985, proyecto que realizó la institución UNEPAR. El agua es captada del río Escondido.

Estudios realizados con anterioridad indican que es apta para consumo humano, pero debido a la mala administración, mal diseño del sistema y educación de la población, hace que el servicio no suministre a las comunidades en las partes bajas como Milla 3.

1.1.9.2. Energía eléctrica

Las aldeas Milla 4 y Milla 6 tienen el servicio en un 45 %, el otro porcentaje no lo tiene, debido a que ellos consideran que el precio de la misma es muy elevado y otros porque sus ingresos económicos son muy bajos. El servicio es proporcionado por DEORSA en una parte y el resto por la Empresa Eléctrica Municipal.

1.1.9.3. Servicios públicos

Transporte: las aldeas Milla 4 y Milla 6 se comunican solo por vía terrestre, éste puede ser por medio de pickups y por microbuses.

Salud: en la aldea Milla 4 se está construyendo un establecimiento de salud, ya que ninguna de las comunidades aledañas poseen uno.

Educación: en la aldea Milla 3 cercana a Milla 4 y Milla 6, existe una escuela pública llamada Escuela Oficial Rural Mixta El Corozo.

1.1.9.4. Problemas y necesidades de la comunidad

Esta región del municipio carece de muchos servicios, por lo tanto los problemas y necesidades son variados, entre los que se encuentran: un sistema alcantarillado sanitario, ya que ninguna de las dos lo poseen, el mejoramiento de las vías de comunicación, centros de salud y construcción de escuelas primarias, además, el mejoramiento de la red de agua potable y de energía eléctrica.

1.2. Investigación diagnóstica sobre necesidades de servicios básicos e infraestructura de las aldeas Milla 4 y Milla 6

Para realizar la investigación y priorización sobre las necesidades de servicios básicos e infraestructura, se tomó en cuenta la opinión de los habitantes de cada comunidad, el COCODE y autoridades municipales.

1.2.1. Descripción de las necesidades

Las necesidades principales por solucionar son:

- Ampliación del sistema de energía eléctrica: no toda la población cuenta con este servicio; en la actualidad solo el 45 % de la población lo posee, por lo que es necesario ampliar la red.
- Mejoramiento y pavimentación de vías de comunicación: estas aldeas sólo cuentan con una vía de acceso, la cual es de terracería y se encuentra en malas condiciones por falta de mantenimiento, y en época lluviosa es intransitable
- Edificio educativo: el único centro educativo se localiza en la aldea Milla 3 y no se da abasto para atender a la creciente población estudiantil.
- Alcantarillado sanitario: las aldeas carecen de este servicio, las aguas residuales corren a flor de tierra, provocando la contaminación y enfermedades.

1.2.2. Análisis y priorización de las necesidades

De acuerdo a los criterios que tanto autoridades municipales como COCODE y el epesista expusieran, se priorizan las necesidades de la forma siguiente:

- Construcción de edificio escolar
- Pavimentación de calles
- Introducción del sistema de agua potable
- Alcantarillado sanitario

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

2.1. Diseño de la edificación escolar de dos niveles para la aldea Entre Ríos

Este proyecto consiste en el diseño de una edificación escolar de dos niveles, la estructura será a base de marcos dúctiles unido por nudos rígidos de concreto reforzado, losas planas de concreto reforzado, muros de mampostería.

2.1.1. Descripción del proyecto y criterios de diseño

El proyecto se ubica a 298 km de la ciudad de Guatemala y a 11 km del casco urbano de la ciudad de Puerto Barrios. Consiste en diseñar un edificio de dos niveles destinado para uso escolar de nivel preprimario y primario, la estructura será a base de marcos dúctiles unidos por nudos rígidos de concreto reforzados, losas planas de concreto reforzado, muros tabiques de mampostería. Las cargas vivas de diseño serán tomadas del AGIES, el código de diseño a utilizar para los elementos de concreto reforzado es el ACI 318 05, el método de análisis de carga horizontal por carga de sismo se calculará con el método UBC 97. La edificación escolar contará con tres salones tanto en el primer nivel como para el segundo.

2.2.1. Estudio preliminar

Es la primera fase del desarrollo de un proyecto cuyo objetivo es explicar el alcance del trabajo a realizar. Comprende la junta de los documentos, estudios anteriores, posibilidades de desarrollo del proyecto, su influencia en

otras obras similares, recomendaciones de la investigación de campo para la preparación del trabajo.

2.1.2.1. Terreno disponible

El terreno disponible está localizado en el centro de la aldea Entre Ríos, tiene las dimensiones de 26,10 m de largo y 7 m de ancho.

2.1.2.2. Análisis de suelos

El análisis de suelos permite conocer las propiedades físicas y mecánicas del suelo y su composición estratigráfica, sirve de base para determinar el tipo de cimentación a utilizar en función del valor soporte, para asegurar que el diseño de la estructura estará bien sustentado sobre sus cimientos.

2.1.2.2.1. Ensayo triaxial

El ensayo fue realizado en el CII, la muestra fue extraída a 2 m por debajo del nivel existente, los resultados del ensayo son los siguientes:

Tipo de ensayo: no consolidado y no drenado

Descripción del suelo: arcilla limosa color café

Dimensión y tipo de la probeta: 2,5" x 5,0"

Ángulo de fricción Interna $\phi = 17,12^\circ$

Cohesión $C_u = 5,71 \text{ ton/m}^2$

Peso específico (γ_s) = 1,49 ton/m^3

Desplante (Df) = 2,00 m

Capacidad de carga neta última utilizando la ecuación de Terzaghi:

$$Q_d = 1,3 \cdot C' \cdot N'_c + Y \cdot Z \cdot N'_q + 0,4 \cdot Y \cdot B \cdot N'_w$$

Donde:

C' = coeficiente de cohesión del suelo, $C' = 2/3 \cdot c = 3,81$

N'_c = factor de capacidad de carga debido a la cohesión

Y = peso específico del suelo = 1,49 Ton/m²

Z = desplante de cimentación = 2 m

N'_q = factor debido a la sobrecarga

B = base de la zapata = 1,70 m

N'_w = factor debido al peso del suelo

Los valores de factores de capacidad, se obtuvieron de la gráfica de curvas de trazo continuo, siendo estos: (ver anexo 2)

$N'_c = 12,5$

$N'_q = 3,5$

$N'_w = 2,0$

Sustituyendo en la ecuación:

$$Q_d = 74,37 \text{ Ton/m}^2$$

Valor soporte del suelo:

$$V_s = \frac{Q_d}{F.S.}$$

Donde:

Qd = esfuerzo límite

FS = Factor de seguridad

Según Terzaghi, se recomienda para el factor de seguridad un valor mínimo de 3, para este caso se aplicó un factor de 3.

Determinación del valor soporte del suelo:

$$V_s = \frac{74,37}{3} = 24,79 \text{ ton/m}^2$$

2.1.3. Diseño arquitectónico

El diseño arquitectónico tiene como cometido, satisfacer las demandas por espacios habitables, tanto en lo estético como en lo tecnológico. Presenta soluciones técnicas y constructivas para los proyectos. Entre los elementos a tener en cuenta para el diseño arquitectónico, están la creatividad, la organización, el entorno físico, la construcción. Para lograr estos ambientes se deben tomar en cuenta los siguientes criterios; dimensiones del terreno, número de individuos que utilizarán la edificación y el financiamiento para la construcción.

2.1.3.1. Ubicación del edificio en el terreno

El edificio fue situado a un costado del terreno, ya que la mayor parte del terreno ya tiene construidos varios módulos de aulas escolares y oficinas.

2.1.3.2. Distribución de ambientes

Como el edificio tendrá uso escolar, se distribuirá de manera que cada nivel tendrá 3 aulas cada uno, corredor y un módulo de gradas.

2.1.3.3. Altura del edificio

Cada nivel tendrá 3 metros de altura de piso a cielo, con una altura total de 6 metros.

2.1.3.4. Selección del sistema estructural a usar

Para la elección del sistema estructural, se deben tomar en cuenta los siguientes factores: resistencia, economía, estética, materiales disponibles en el lugar y la técnica constructiva para realizar la obra.

El sistema estructural seleccionado es a base de marcos espaciales dúctiles y losas planas de concreto reforzado, muros tabiques de mampostería reforzada para la división de ambientes (estos muros son independientes del sistema estructural de marcos espaciales dúctiles).

2.1.4. Análisis estructural

El análisis estructural se refiere al uso de las ecuaciones de la resistencia de materiales para encontrar los esfuerzos internos, deformaciones y tensiones que actúan sobre una estructura resistente, para su comparación con los valores que definen estados límites de servicio.

2.1.4.1. Predimensionamiento estructural

El propósito de predimensionar la estructura es dar medidas preliminares a los elementos que la constituyen, los cuales serán utilizados para soportar las cargas aplicadas. Para esto se puede recurrir a la experiencia en obras similares y utilizar métodos analíticos.

Predimensionamiento de viga

El predimensionamiento de una viga se puede realizar con base en el criterio de que por cada metro lineal libre de luz, se aumentan ocho centímetros de peralte y la base equivalente a $\frac{1}{2}$ del peralte. La relación entre la base y el peralte debe estar entre 0,25 y 0,60.

$$\text{Longitud de la viga} = 4,50 \text{ m}$$

$$h_{\text{viga}} = 8\% * \text{Longitud de la viga} = 0,08 * (4,50\text{m}) = 0,36\text{m}$$

Se consideran otros criterios: el ACI 318 en el capítulo 9 tabla 9,5(a), nos proporciona una de varias situaciones de predimensionamiento.

$$-h_{\text{viga}} = L/18,5 = 4,50 \text{ m}/18,5 = 0,24 \text{ m}$$

Para efectos de diseño se propone una sección de viga de 0,25 m x 0,45 m.

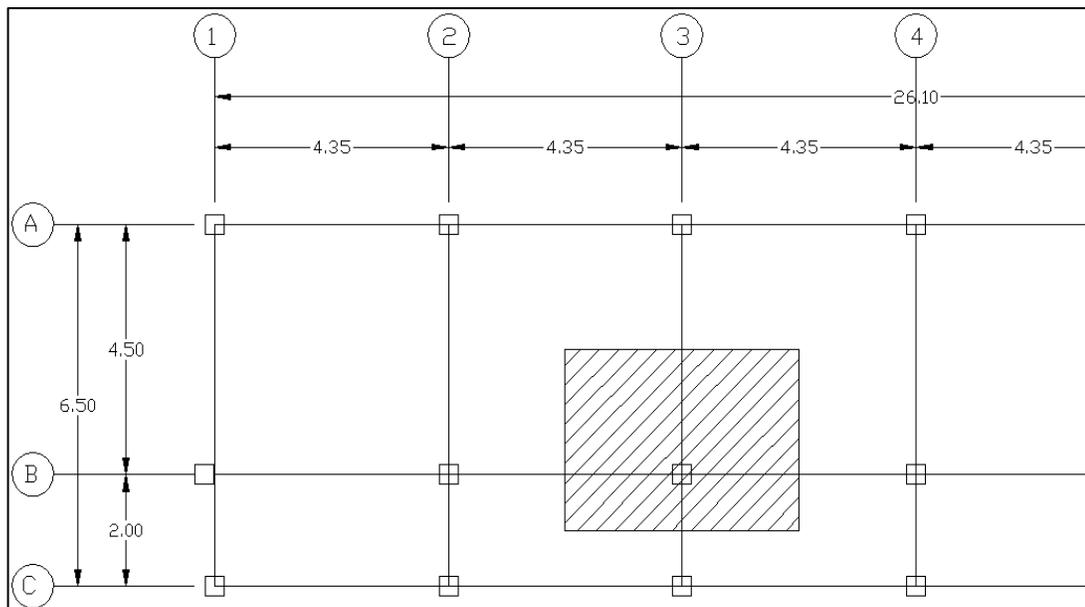
Predimensionamiento de columnas:

El método que se utiliza para predimensionar columnas, determina la sección y se basa en la carga aplicada a ésta. En este caso, se desea guardar

simetría en la dimensiones de la columna, por tal razón se toma la columna crítica, es decir, la que soporta mayor carga. La medida resultante se aplica a todas para los dos niveles.

El código ACI 318 05, sección 10.3.6, indica que la resistencia axial de diseño ϕP_n de elementos en compresión, no debe tomarse mayor que ϕP_n máx calculado, usando la ecuación (10-2).

Figura 2. **Área tributaria columna crítica**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

El área tributaria es de 14,14 m², se considera el peso específico del concreto de 2 400 kg/m³, y una carga viva de 250 kg/m², para efectos de predimensionamiento, por lo tanto:

$$P_u = 1,4(2\,400\text{ kg/m}^3 * 14,14\text{ m}^2) + 1,7(250\text{ kg/m}^2 * 14,14\text{ m}^2) = 53\,519,90\text{ kg}$$

Ya que son dos niveles se multiplica por dos

$$P_u = 53\,519,90 \text{ kg} * 2 = 107\,039,80 \text{ kg}$$

Sustituyendo valores en la ecuación de la carga puntual, se obtiene el área gruesa de la columna.

$$P = 0,8 [0,85 f'c * (A_g - A_s) + f_y * A_s]; \text{ Donde } A_s \text{ es de } 1\% \text{ a } 8\% \text{ de } A_g$$

Donde:

P = carga axial por área tributaria

f'c = resistencia a la compresión del concreto

A_g = área total de sección de columna

A_s = área del refuerzo longitudinal

F_y = resistencia a la fluencia del refuerzo no pretensado

Considerando A_s como 1% de A_g, f'c de 210 kg/cm² y f_y=2 810 kg/cm² se obtiene:

$$107\,039,80 \text{ kg} = 0,8[0,85*210*(A_g - 0,01A_g) + 2\,810*0,01*A_g]$$

Despejando A_g se obtiene:

A_g = 653,26 cm², debido a que la ecuación de la carga axial no considera los efectos de esbeltez, se propone una sección de 35 x 35 cm.

Predimensionamiento de losa

Para predimensionar el espesor (t) de losa, se manejó el criterio del perímetro de losa dividido 180, para losas en dos sentidos. Se utiliza la losa de mayor dimensión.

$$m = a / b < 0,5 \text{ losa trabaja en un sentido}$$

$$m = a / b > 0,5 \text{ losa trabaja en dos sentidos}$$

Donde a = sentido corto de losa y b = sentido largo de losa

Calculando m para losa de mayor dimensión, con a = 4,35 m y b = 4,50 m
 $m = 4,35 \text{ m} / 4,50 \text{ m} = 0,97 > 0,5$; losa trabaja en dos sentidos.

Espesor de losa:

$$t = \text{perímetro} / 180$$

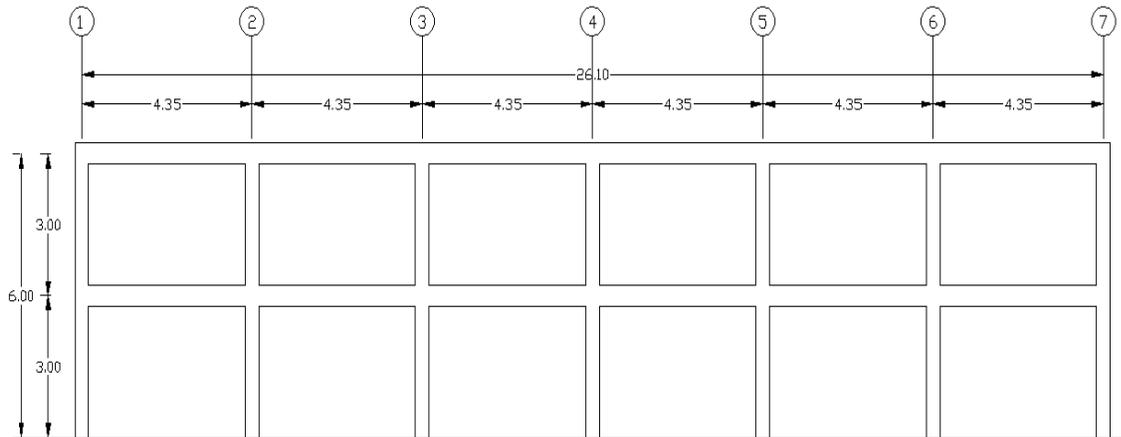
$$t = 2(4,50+4,35)/180 = 0,098$$

Se propone una losa de 12 cm de espesor.

2.1.4.2. Modelos matemáticos para marcos dúctiles con nudos rígidos

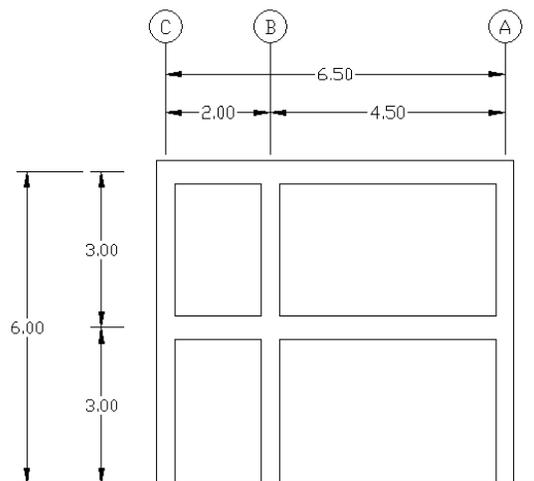
El modelo matemático representa la forma del marco dúctil y la carga que soporta. Los marcos sirven para realizar el análisis estructural y por la simetría estructural del edificio, se analizan y diseñan únicamente los marcos críticos.

Figura 3. Marco dúctil, sección longitudinal



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

Figura 4. Marco dúctil, sección transversal



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

2.1.4.3. Cargas aplicadas a los marcos dúctiles

Las cargas a las cuales la estructura está sometida, ocurren en diferentes direcciones, las cuales pueden ser: verticales y horizontales.

2.1.4.3.1. Cargas verticales en marcos dúctiles

Las cargas verticales se pueden dividir en dos grupos:

Cargas vivas

Son producidas por el uso y ocupación de la edificación y no deben incluir cargas ambientales tales como viento, sismo, ni la carga muerta. Consta principalmente de cargas de ocupación en edificios, éstas pueden estar aplicadas total o parcialmente o no estar presentes y también es posible cambiarlas de ubicación. Son cargas variables en magnitud y posición debidas al funcionamiento propio de la estructura.

La tabla I muestra los valores de carga viva para diferentes clasificaciones de ocupación, según la Norma AGIES. Estas cargas se deben a seres humanos, equipo y al almacenamiento en general.

Tabla I. **Cargas vivas mínimas uniformemente distribuidas**

Tipo de ocupación o uso	(kg/m ²)
Vivienda	200
Oficina	250
Hospitales – encamamiento y habitaciones	200
Hospitales – servicios médicos y laboratorios	350
Hoteles – alas de habitaciones	200
Hoteles – servicios y áreas publicas	500
Escaleras privadas	300
Escaleras públicas o de escape	500
Balcones, cornisas y marquesinas	300
Áreas de salida y/o escape	500
Vestíbulos públicos	500
Plazas y áreas públicas a nivel de calle	500
Salones de reunión con asientos fijos	300
Salones de reunión sin asientos fijos	500
Escenarios y circulaciones	500
Instalaciones deportivas públicas;	
Zonas de circulación	500
Zonas de asientos	400
Canchas deportivas	depende del tipo de cancha
Aulas y escuelas	200
Bibliotecas:	
Áreas de lectura	200
Depósito de libros	600
Almacenes:	
Minoristas	350
Mayoristas	500

Continuación de la tabla I

Estacionamientos y garajes:	
Automóviles	250
Vehículos pesados	Según vehículo
Rampas de uso colectivo	750
Corredores de circulación	500
Servicio y reparación	500
Bodegas:	
Cargas livianas	600
Cargas pesadas	1 200
Fábricas:	
Cargas livianas	400
Cargas pesadas	600
Azoteas de concreto con acceso	200
Azoteas sin acceso horizontales o inclinadas	100
Azoteas inclinadas más de 20°	75
Techos de láminas, tejas, cubiertas plásticas, lonas, etc. (aplica a la estructura que soporta la cubierta final)	50

Fuente: Normas AGIES NR – 2:200, p. 28.

Las cargas vivas ocupadas para el diseño de la edificación son:

Aulas = 350 kg/m²

Pasillos = 500 kg/m²

Techos = 100 kg/m²

Cargas muertas

Son aquellas que se mantienen en constante magnitud y con una posición fija durante la vida útil de la estructura; generalmente la mayor parte de

las cargas muertas es el peso propio de la estructura. Consisten en los pesos de los diversos miembros estructurales y en los pesos de cualesquiera objeto que esté permanentemente unidos a la estructura, las componen los pesos de las columnas, vigas, losas, muros, ventanas, plomería, instalaciones eléctricas y sanitarias. Estas cargas se definen con mucha exactitud, dependerá de que tipo de materiales se utilicen, los pesos se establecen a partir de las densidades y tamaños.

Las cargas muertas utilizadas son:

Peso del concreto = 2 400 kg/m³

Peso de muros = 210 kg/m²

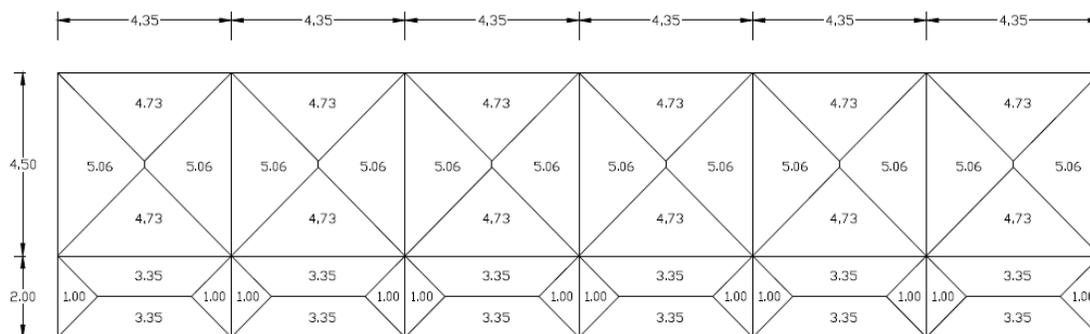
Peso de acabados = 80 kg/m²

Peso de piso = 144kg/m²

Integración de cargas verticales

Integración de cargas para el marco B (marco crítico)

Figura 5. **Planta de áreas tributarias**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

Primer nivel, Viga 1

$$CM = (210 \text{ kg/m}^2 * 3 \text{ m}) + (2\,400 \text{ kg/m}^3 * 0,12 * 8,08 \text{ m}^2 / 4,35\text{m}) + (2\,400 \text{ kg/m}^3 * 0,25 \text{ m} * 0,45 \text{ m}) + (224 \text{ kg/m}^2 * 8,08 \text{ m}^2 / 4,35 \text{ m})$$

$$CM = 1\,851,03 \text{ kg/m}$$

$$CV = (500 \text{ kg/m}^2 * 3,35 \text{ m}^2 + 350 \text{ kg/m}^2 * 4,73 \text{ m}^2) / 4,35 \text{ m}$$

$$CV = 765,63 \text{ kg/m}$$

Segundo nivel, Viga 1

$$CM = (2\,400 \text{ kg/m}^3 * 0,12 \text{ m} * 8,08 \text{ m}^2 / 4,35 \text{ m}) + (2\,400 \text{ kg/m}^3 * 0,25 \text{ m} * 0,45 \text{ m})$$

+

$$(80 \text{ kg/m}^2 * 8,08 \text{ m}^2 / 4,35 \text{ m})$$

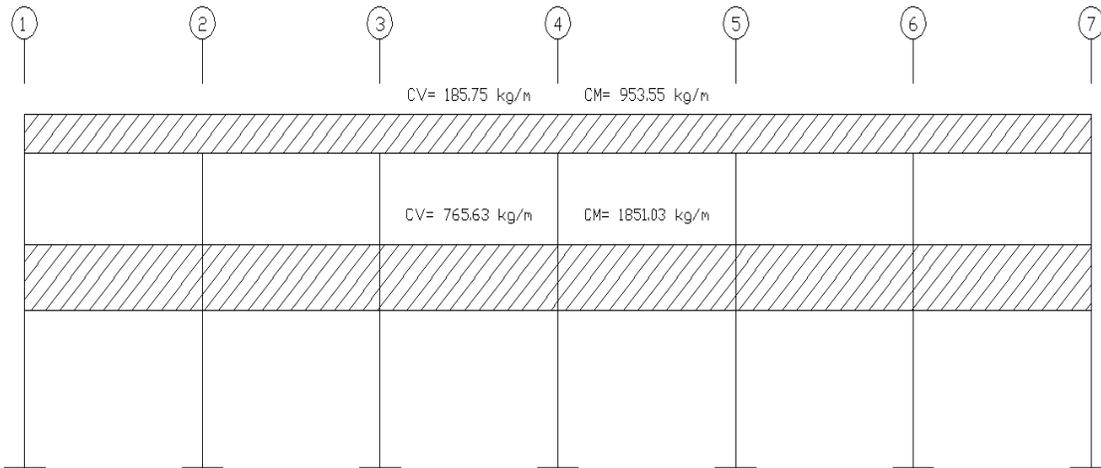
$$CM = 953,55 \text{ kg/m}$$

$$CV = (100 \text{ kg/m}^2 * 8,08 \text{ m}^2) / 4,35 \text{ m}$$

$$CV = 185,75 \text{ kg/m}$$

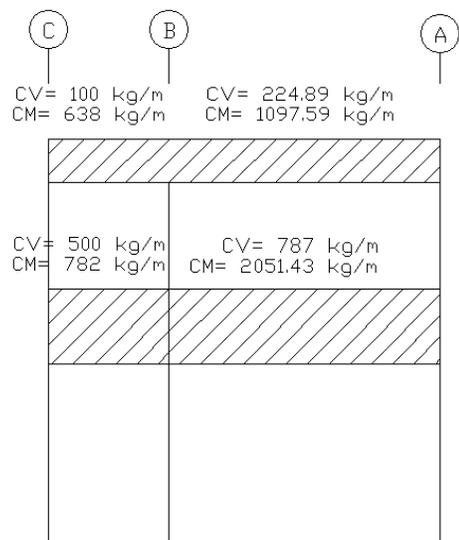
Este procedimiento se utilizó en todos los marcos de la estructura, para la integración de las cargas, ya que poseen las mismas características. Las figuras 6 y 7 presentan los modelos de carga muerta y viva en marcos críticos.

Figura 6. Carga muerta y carga viva, marco B



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

Figura 7. Carga muerta y carga viva, marco 3



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

2.1.4.3.2. Cargas horizontales en marcos dúctiles

Las cargas horizontales se resisten esencialmente por flexión tanto en las vigas como en las columnas, lo que hace que el control de las deformaciones sea un aspecto importante en el diseño de estructuras a base de marcos que deban resistir cargas laterales de cierta consideración, especialmente cuando se trate de marcos de varios niveles. Para efectos de análisis se consideró la fuerza producida por el sismo.

Fuerzas sísmicas: producen cargas sobre una estructura por medio de la interacción del movimiento del suelo y las características de respuesta de la estructura. Esas cargas resultan de la distorsión en la estructura causada por el movimiento del suelo y la resistencia lateral de ésta. Sus magnitudes dependen de la velocidad y tipo de aceleraciones del suelo, así como de la masa y rigidez de la estructura. En este caso se utilizó el método SEAOC, para establecer el corte basal.

Corte basal (V): es la reacción que la estructura tiene cuando está sujeta principalmente a fuerzas accidentales (horizontales) como viento o sismo, inclusive también un marco sujeto a fuerzas verticales, igual presenta cortante horizontal en su base. Está dado por la siguiente ecuación:

$$V=Z*I*K*C*S*W$$

Donde:

Z = Coeficiente de riesgo sísmico, depende de la zona. (Ver anexo 3)

I = Coeficiente de importancia de la estructura, después que actúa el sismo

K = Coeficiente que depende del tipo de la estructura

Tabla II. **Valor de K según estructura**

Tipo	Arreglo resistente	Valor k
1	Edificios con sistema de caja	1,30
2	Edificios con marcos dúctiles	0,67
3	Edificios con marcos dúctiles y sistema de corte	0,80
4	Edificios o diseños especiales (tipo péndulo)	2,00

Fuente: elaboración propia.

C = Coeficiente que depende del periodo natural de vibración:

$$C = \frac{1}{15 \cdot \sqrt{T}} \leq 0,12; \quad T = \frac{0,0906 \cdot H}{\sqrt{B}}$$

H = altura del edificio

B = base del edificio

S = depende del tipo de suelo a cimentar, comprende entre $1 \leq S \leq 1,5$,
teniendo la limitación $C \cdot S \leq 0,14$

W = peso propio de la estructura más el 25% CV.

El sismo no actúa en una dirección determinada con respecto al edificio. Por tal razón se necesita evaluar el corte basal en las direcciones X–Y, con los valores resultantes se puede diseñar el edificio contra un sismo en cualquier dirección.

Cálculo del corte basal

- Peso del segundo nivel

Carga muerta

$$W_{\text{losa}} = 2\,400 \times 0,12 \times 169,65 = 48\,859,20 \text{ kg}$$

$$W_{\text{viga}} = 2\,400 \times 0,25 \times 0,45 \times 123,80 = 33\,426 \text{ kg}$$

$$W_{\text{acabados}} = 80 \times 169,65 = 13\,572 \text{ kg}$$

$$W_{\text{columnas}} = 2\,400 \times 0,35 \times 0,35 \times 1,5 \times 21 = 9\,261 \text{ kg}$$

$$W_{\text{muros}} = 70,2 \times 1,5 \times 210 = 26\,586 \text{ kg}$$

$$W_{\text{total}} = 127\,231,45 \text{ kg}$$

Carga viva

$$W_{\text{viva}} = 169,65 \times 100 \times 0,25 = 4\,241,25 \text{ kg}$$

$$W_{\text{nivel2}} = 131\,472,45 \text{ kg}$$

- Peso del primer nivel

Carga muerta

$$W_{\text{losa}} = 2\,400 \times 0,12 \times 169,65 = 48\,859,2 \text{ kg}$$

$$W_{\text{viga}} = 2\,400 \times 0,25 \times 0,45 \times 123,8 = 33\,426 \text{ kg}$$

$$W_{\text{acabados}} = 80 \times 169,65 = 13\,572 \text{ kg}$$

$$W_{\text{columnas}} = 2\,400 \times 0,35 \times 0,35 \times 4,5 \times 21 = 27\,783 \text{ kg}$$

$$W_{\text{muros}} = 70,2 \times 4,5 \times 210 = 66\,339 \text{ kg}$$

$$W_{\text{piso}} = 144 \times 169,65 = 24\,429,6 \text{ kg}$$

$$W_{\text{total}} = 214\,408,80 \text{ kg}$$

Carga viva

$$W_{viva} = 52,2 \times 500 + 117,45 \times 350 = 67\,207,5 \text{ kg}$$

$$W_{nivel\ 1} = 231\,210,68 \text{ kg}$$

$$\text{Peso del edificio} = W_{nivel\ 2} + W_{nivel\ 1}$$

$$\text{Peso del edificio} = 231\,210,68 \text{ kg} + 131\,472,45 \text{ kg} = 362\,683,13 \text{ kg}$$

En el sentido x de este caso:

$$Z = 1 \text{ por ser una zona sísmica}$$

$$I = 1,35 \text{ para edificios de instituciones educativas.}$$

$$K = 0,67 \text{ para marco dúctiles}$$

$$W = 362\,683,13 \text{ kg}$$

$$C = \frac{1}{15\sqrt{t}} \leq 0,12$$

Donde no puede ser mayor de 0,12 y de serlo se utiliza 0,12

$$T = \frac{0,0906 \cdot H}{\sqrt{B}}$$

H = altura del edificio en metros

B = base del edificio en metros

$$T_x = \frac{0,09 \cdot 6}{\sqrt{26,10}}$$

$$T_y = \frac{0,09 \cdot 6}{\sqrt{6,50}}$$

$$T_x = 0,11$$

$$T_y = 0,21$$

$$C_x = \frac{1}{15\sqrt{0,11}}$$

$$C_y = \frac{1}{15\sqrt{0,21}}$$

$$C_x = 0,20 > 0,14$$

$$C_y = 0,15 > 0,14$$

Se tomará un valor de $S = 1,50$. El valor de CS debe ser menor a 0,14, si el producto de ambos coeficientes excede este valor se debe tomar 0,14 el valor conjunto de CS.

$$V = ZIKCSW.$$

$$V_x = (1)(1,35)(0,67)(0,14)(362\ 683,13)$$

$$V_x = 45\ 926,56 \text{ kg}$$

$$V_y = (1)(1,35)(0,67)(0,14)(362\ 683,13)$$

$$V_y = 45\ 926,56 \text{ kg}$$

Fuerzas por nivel

La fuerza lateral V , se distribuye en toda la altura de la estructura, acorde a la ecuación siguiente:

$$F_i = \frac{(V-F_t) \cdot W_i \cdot H_i}{\sum(W_i \cdot H_i)}$$

V = corte basal

W_i = peso de cada nivel

H_i = altura de cada nivel

F_t = fuerza en la cúspide

F_i = fuerza por nivel

La fuerza que se concentra en la cúspide, se calcula de la siguiente manera, debe cumplir con las siguientes condiciones:

$$\text{Si } T < 0,25 \text{ segundos; } F_t = 0$$

$$\text{Si } T > 0,25 \text{ segundos; } F_t = 0,07 \cdot T \cdot V$$

Donde: T = Periodo fundamental de la estructura

En este cálculo la fuerza en la cúspide $F_t = 0$ en los dos sentidos, ya que T_x y T_y son menores a 0,25 segundos.

Como $V_x = V_y$ entonces $F_{ix} = F_{iy}$, por lo que solo analiza en un sentido.

Fuerza por nivel

$$F1 = \frac{(45\,926,56 - 0)(231\,210,68)(6)}{(131\,472,45)(6) + (231\,210,68)(3)}$$

$$F1 = 21\,488,60 \text{ Kg}$$

$$F2 = \frac{(45\,926,56 - 0)(131\,472,56)(3)}{(131\,472,45)(6) + (231\,210,68)(3)}$$

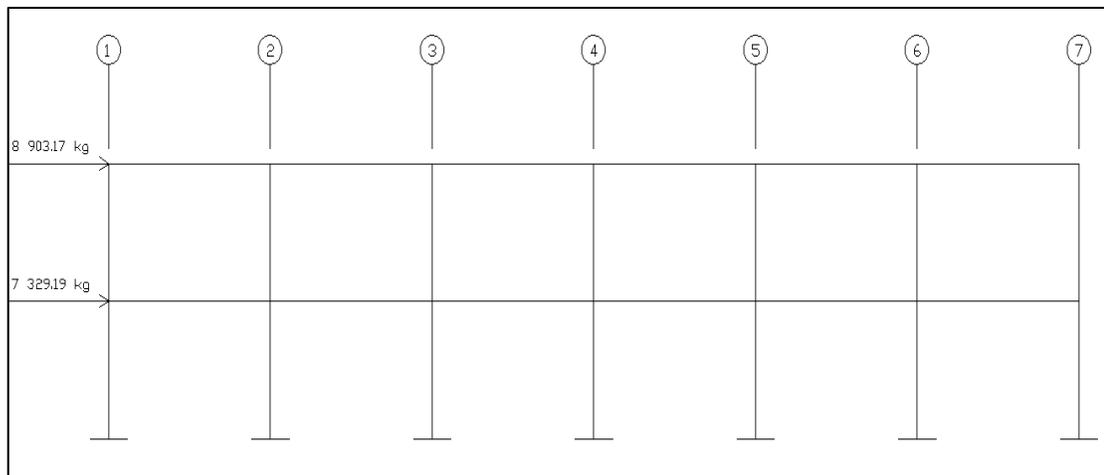
$$F2 = 24\,437,96 \text{ Kg}$$

Las fuerzas por marco

La distribución de cargas sísmicas depende de la simetría estructural, si hay excentricidad entre el centro de rigidez y el centro de masa, la capacidad

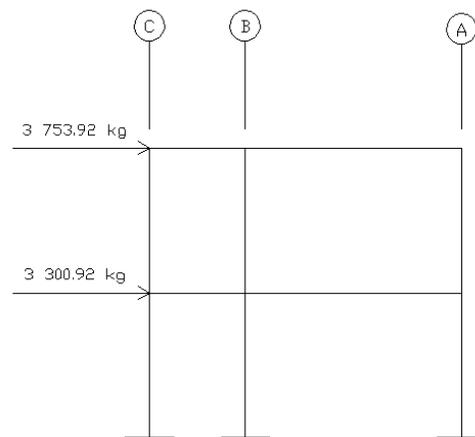
torsional del edificio se ve afectada, los marcos con mayor excentricidad, reciben una fuerza de marco (F_m) mayor, a los de menor excentricidad. Por ello deberán ser diseñados para soportar mayores cargas sísmicas. Si no hay excentricidad, la fuerza de piso se divide dentro del número de marcos paralelos a esta fuerza. Si los marcos son asimétricos la fuerza de piso F_i , se divide proporcional a la rigidez de los mismos. En este caso los marcos son simétricos, por lo que no existe torsión y la fuerza de piso se distribuye proporcional y sólo se divide la fuerza de piso por el número de marcos.

Figura 8. **Fuerzas por marco en X**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

Figura 9. **Fuerzas por marco en Y**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

2.1.4.3.3. Análisis de marcos dúctiles utilizando software y comprobación por medio de un método numérico

Para el desarrollo del análisis estructural, se utilizó el software ETABS, por medio del cual, se determinaron los momentos en cada elemento de la estructura; luego se comprobó por el método numérico de Kani, el cual obtuvo variaciones mínimas comparado con los valores del software; para el diseño se tomaron los resultados del método numérico de Kani, esto por ser un método más conservador.

El siguiente resumen se aplica únicamente para miembros de sección constante.

Cálculo de momentos fijos (MFik), se calculan cuando existen cargas verticales.

Cálculo de momentos de sujeción (Ms), se calculan cuando hay cargas verticales.

$$M_s = \sum F_{ik}$$

Determinación de fuerzas de sujeción (H), se calculan cuando se hace el análisis de las fuerzas horizontales al marco dúctil unido con nudos rígidos.

$$H = F M_{\text{nivel } h}$$

Cálculo de la fuerza cortante de piso (Qn), se calculan cuando se hace el análisis con las fuerzas horizontales aplicadas al marco dúctil unido con nudos rígidos.

$$Q_n = \sum H$$

Cálculo de momentos de piso (Mn)

$$M_n = \frac{Q_n \cdot h_n}{3}$$

Cálculo de rigidez de los elementos (Kik)

$$K_{ik} = \frac{I}{L_{ik}} \quad \text{Donde: } \begin{array}{l} I \text{ inercia del elemento} \\ K \text{ longitud del elemento} \end{array}$$

Cálculo de factor de giro o coeficiente de reparto (μ_{ik})

$$\mu_{ik} = -\frac{1}{2} \cdot \frac{K_{ik}}{\sum K_{in}}$$

Cálculo de factores de corrimiento (V_{ik}), se calculan cuando hay ladeo causado por asimetría en la estructura o cuando se hace el análisis con la fuerza horizontal aplicada al marco dúctil unido con nudos rígidos.

Cálculo de iteraciones, influencias de giro (M'_{ik})

$$V = -\frac{3}{2} \cdot \frac{K_{iK}}{\sum K_{in}} \quad \begin{array}{l} M'_{ik} = \mu_{ik}(M_s + \sum M'_{in}) \quad \text{Sin ladeo} \\ M'_{ik} = \mu_{ik}(M_s + \sum (M'_{in} + M'_{in})) \quad \text{Con ladeo} \end{array}$$

Cálculo de iteraciones, influencias de desplazamiento (M''_{ik})

$$\begin{array}{l} M''_{ik} = V_{ik} (\sum (M'_{ik} + M'_{ki})) \quad \text{Ladeo por asimetría} \\ M''_{ik} = V_{ik} (M_n + \sum (M'_{ik} + M'_{ki})) \quad \text{Ladeo por fuerzas horizontales} \end{array}$$

Cálculo de momentos finales en el extremo de cada barra (M_{ik})

$$\begin{array}{l} M_{ik} = MF_{ik} + 2M'_{ik} + M'_{ki} \quad \text{Sin ladeo} \\ M_{ik} = MF_{ik} + 2M'_{ik} + M'_{ki} + M''_{ik} \quad \text{Con ladeo} \end{array}$$

Cálculo de los momentos positivos en vigas ($M_{ik(+)}$)

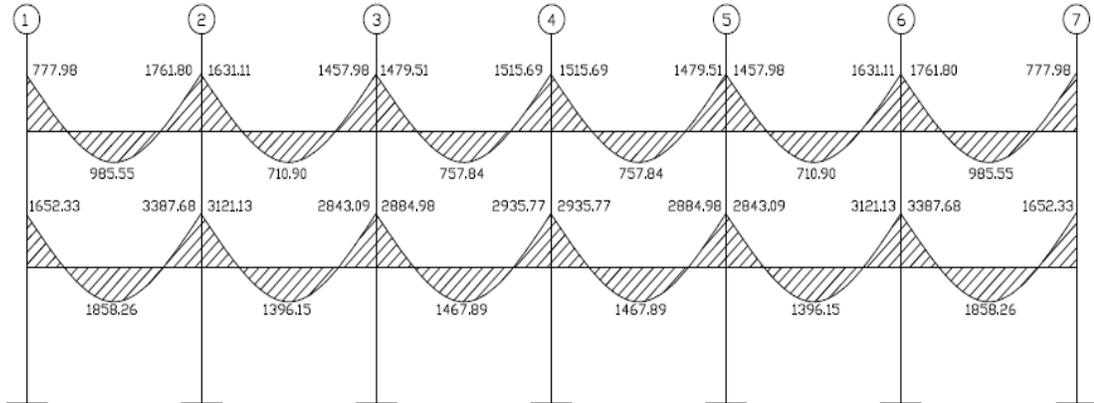
$$M_{ik(+)} = \frac{WL^2}{8} - \frac{M_{i(-)} + M_{k(-)}}{2}$$

$M_{i(-)}$ = Momento negativo de la viga en el extremo del lado izquierdo

$M_{k(-)}$ Momento negativo de la viga en el extremo del lado derecho.

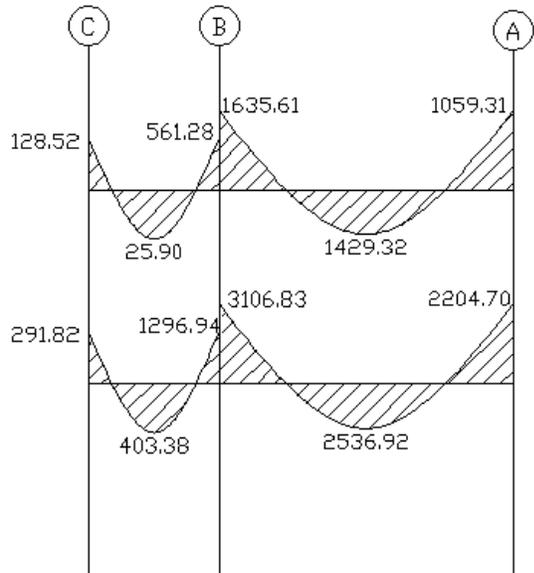
A continuación los diagramas de los resultados del análisis estructural:

Figura 10. **Momentos por carga muerta en vigas sentido X (kg-m)**



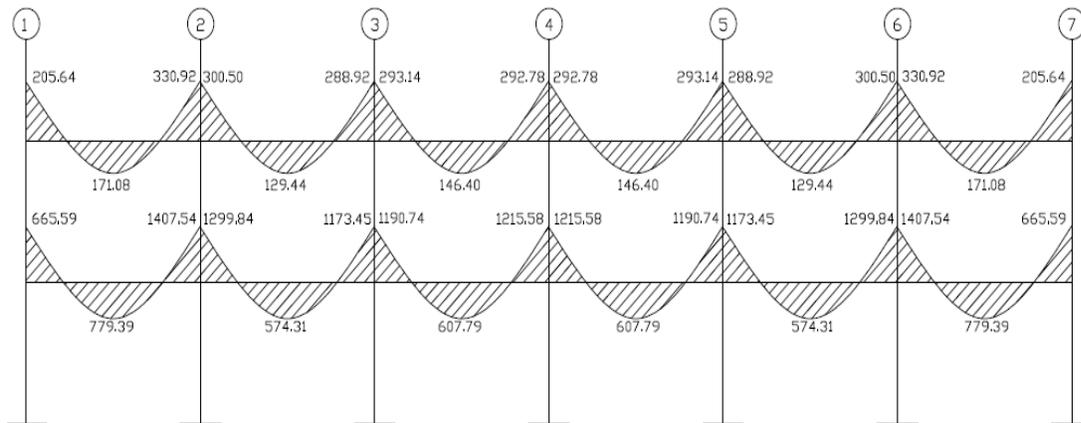
Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

Figura 11. **Momentos por carga muerta en vigas sentido Y (kg-m)**



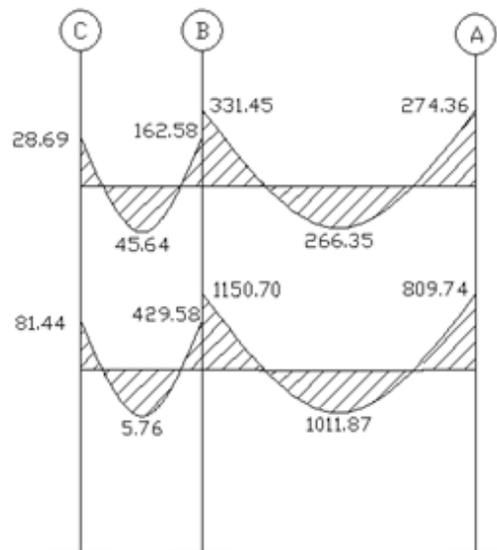
Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

Figura 12. **Momentos por carga viva en vigas sentido X (kg-m)**



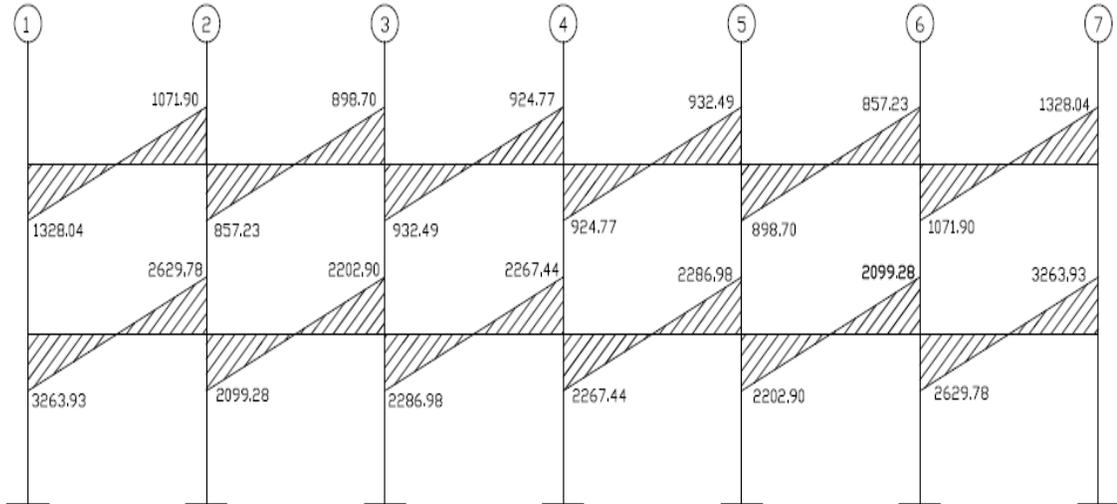
Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

Figura 13. **Momentos por carga viva en vigas sentido Y (kg-m)**



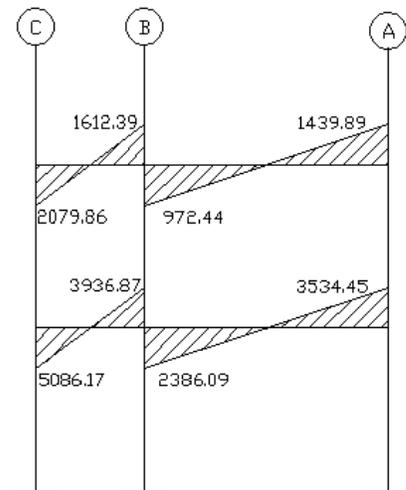
Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

Figura 14. **Momentos por carga de sismo en vigas sentido X (kg-m)**



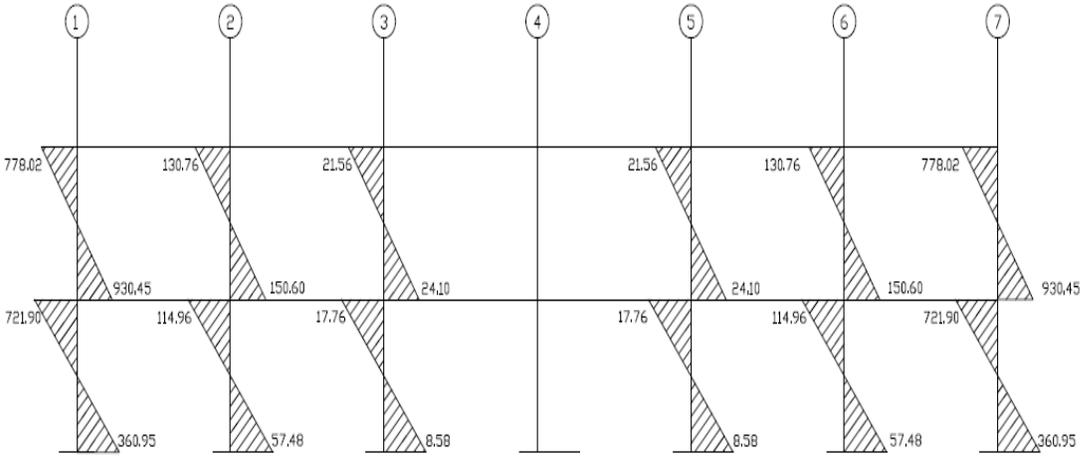
Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

Figura 15. **Momentos por carga de sismo en vigas sentido Y (kg-m)**



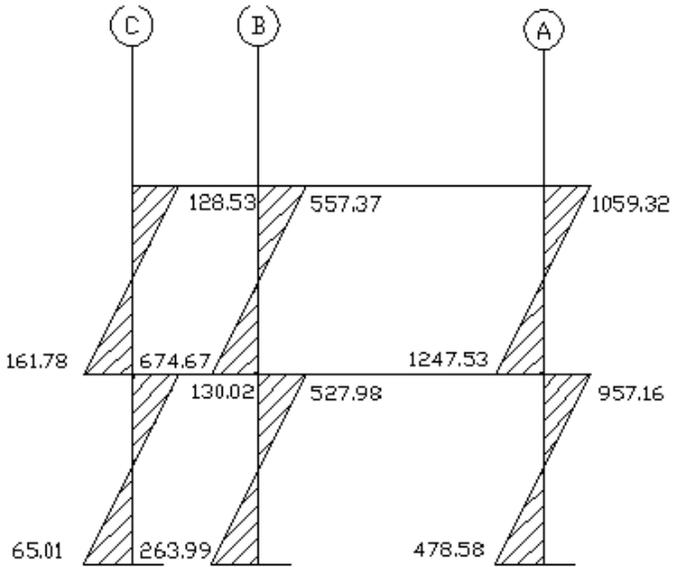
Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

Figura 16. **Momentos por carga muerta en columnas sentido X (kg-m)**



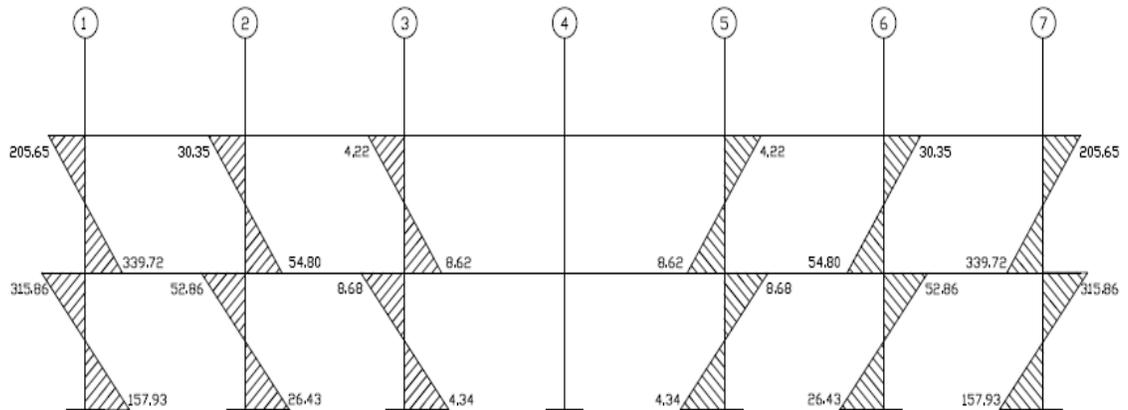
Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

Figura 17. **Momentos por carga muerta en columnas sentido Y (kg-m)**



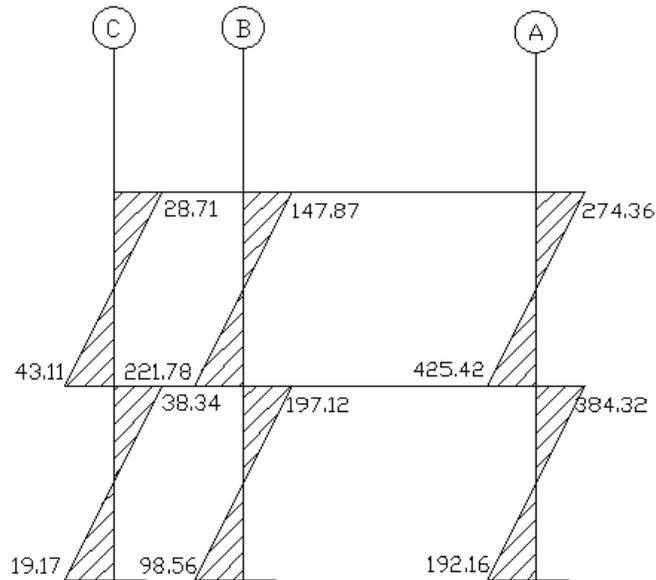
Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

Figura 18. **Momentos por carga viva en columnas sentido X (kg-m)**



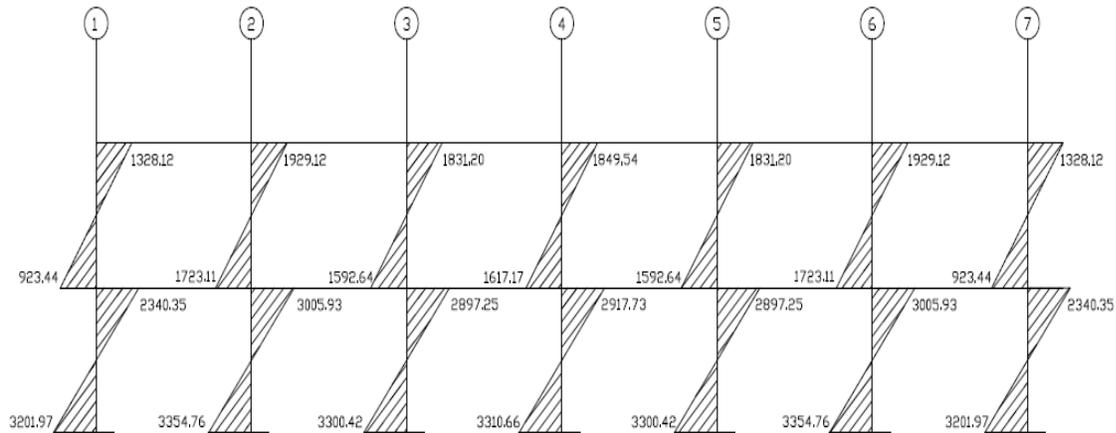
Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

Figura 19. **Momentos por carga viva en columnas sentido Y (kg-m)**



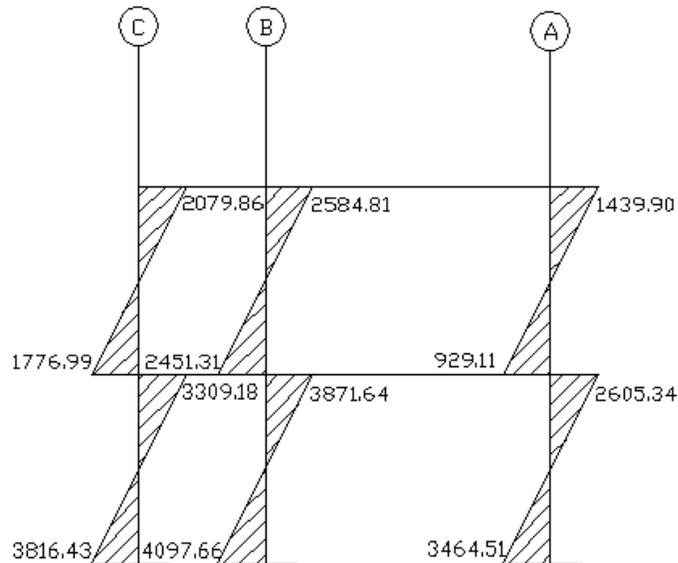
Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

Figura 20. **Momentos por carga de sismo en columnas sentido X (kg-m)**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

Figura 21. **Momentos por carga de sismo en columnas sentido Y (kg-m)**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

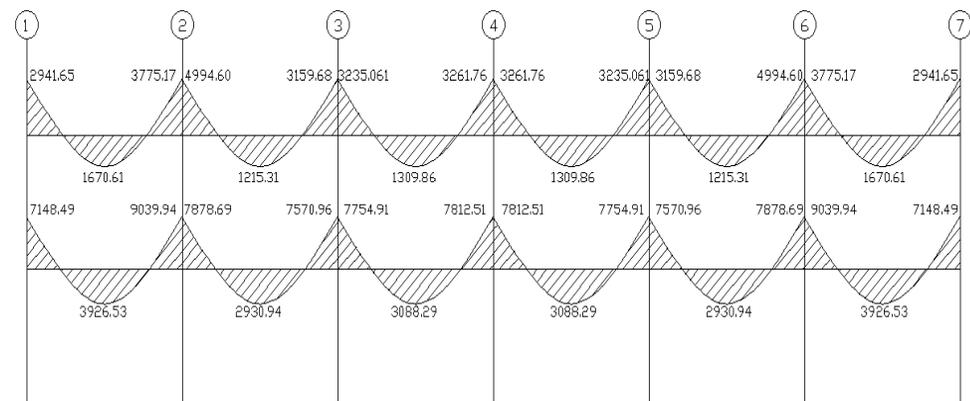
2.1.4.3.4. Momento último por envoltorio de momentos

Es la representación de todos los esfuerzos máximos que suceden al sobreponer los efectos de las cargas muerta, viva y sismo, las combinaciones que se usan son del código ACI para concreto reforzado. La fuerza de corte y momentos flectores se toman a rostro para el diseño estructural. Para diseño se toman los valores máximos.

- $M = 1,4MCM + 1,7MCV$
- $M = 0,75 (1,4 MCM + 1,7 MCV + 1,87 MS)$
- $M = 0,75 (1,4 MCM + 1,7 MCV - 1,87 MS)$
- $M = 0,9MCM + 1,43MS$
- $M = 0,9MCM - 1,43MS$

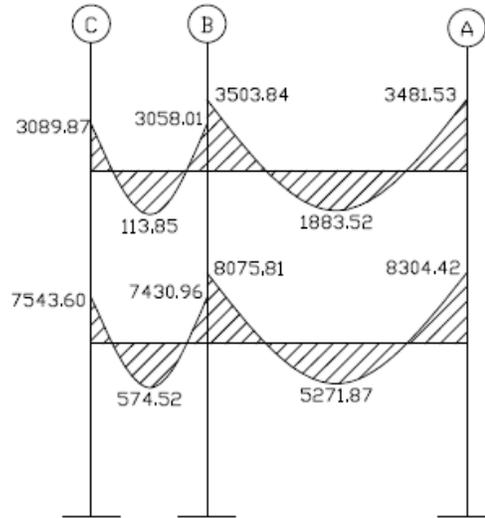
A continuación se muestran los diagramas obtenidos de la envoltorio para cada marco:

Figura 22. **Envoltorio de momentos en vigas sentido X (kg-m)**



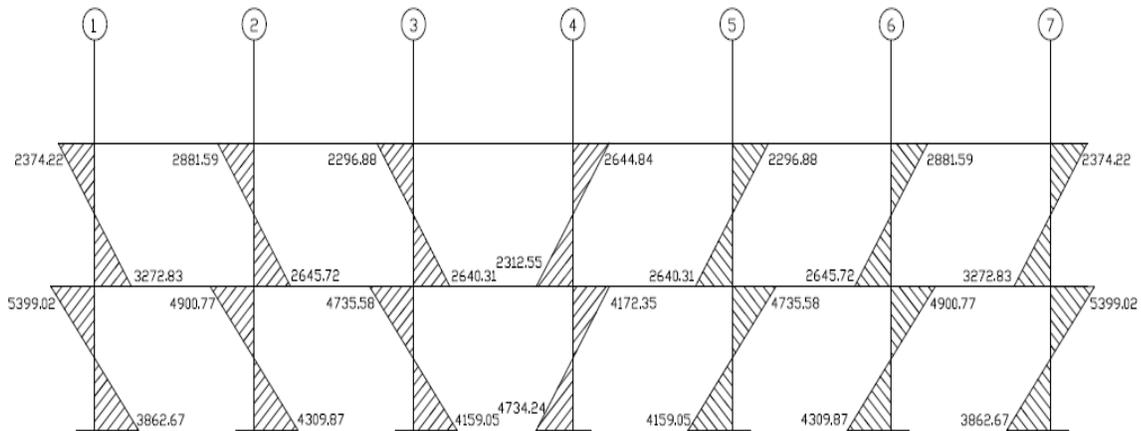
Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

Figura 23. **Envolvente de momentos en vigas sentido Y (kg-m)**



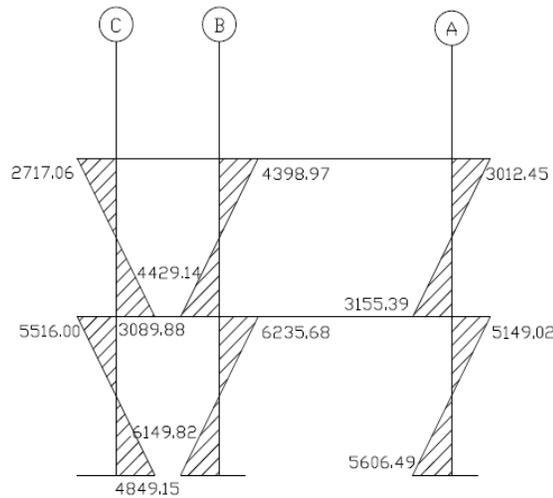
Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

Figura 24. **Envolvente de momentos en columnas sentido X (kg-m)**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

Figura 25. **Envolvente de momentos en columnas sentido Y (kg-m)**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

2.1.4.3.5. Diagramas de momentos y corte

Los diagramas de la envolvente de momentos se muestran en las figuras 22 - 25.

Los cortes en los marcos se calculan con las fórmulas siguientes, para el corte en vigas:

$$V_V = 0,75 * \left[\frac{1,4 * W_{CM} * L}{2} + \frac{1,7 * W_{CV} * L}{2} + \frac{1,87 * \sum M_S}{L} \right]$$

Para el corte en columnas:

$$V_{Col.} = \frac{\sum M_{Col.}}{L}$$

Corte en marco crítico:

Para la viga 1-2 del primer nivel marco B:

$$V_V = \left[\frac{1,4 \cdot 953,55 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \cdot 4,35\text{m}}{2} + \frac{1,7 \cdot 185,75 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \cdot 4,35\text{m}}{2} + \frac{1,87 \cdot \sum(1\,328,04 \text{ kg-m} + 1\,071,90 \text{ kg-m})}{2,35\text{m}} \right]$$

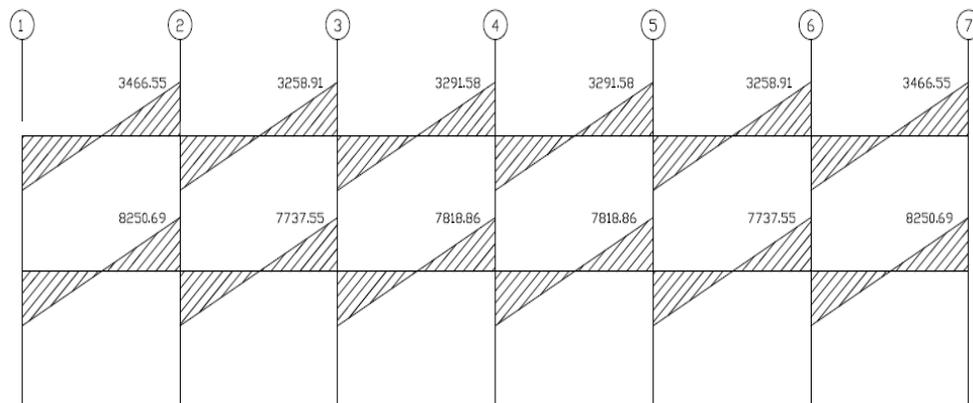
$$V_V = 3\,466,55 \text{ kg}$$

Para la columna 1 del primer nivel marco B:

$$V_{\text{Col.}} = \frac{\sum(2\,374,22 \text{ kg-m} + 3\,272,83 \text{ kg-m})}{3\text{m}} = 1\,882,35 \text{ kg}$$

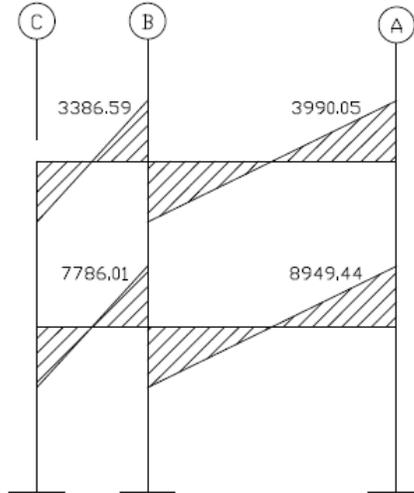
Este procedimiento se aplicó para todos los elementos, a continuación los diagramas de corte para los marcos críticos:

Figura 26. Diagrama de corte en vigas sentido X (kg)



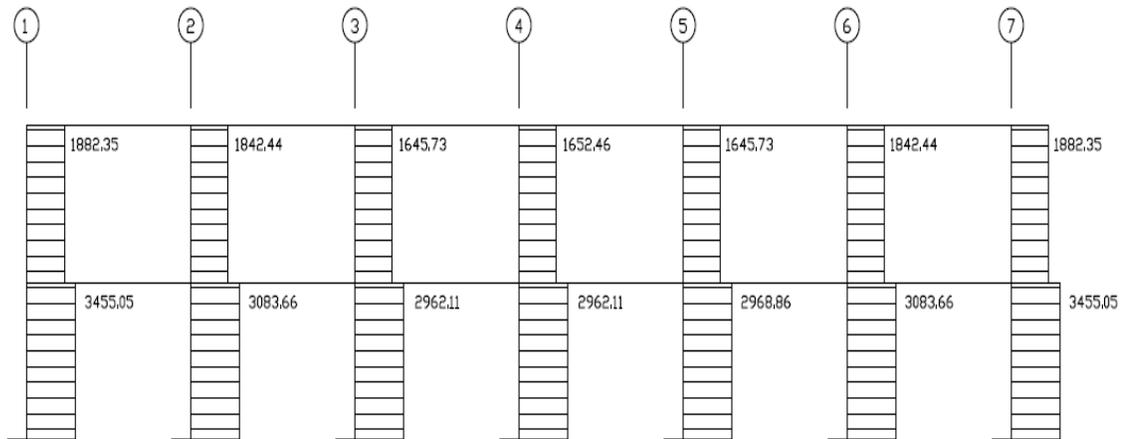
Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

Figura 27. **Diagrama de corte en vigas sentido Y (kg)**



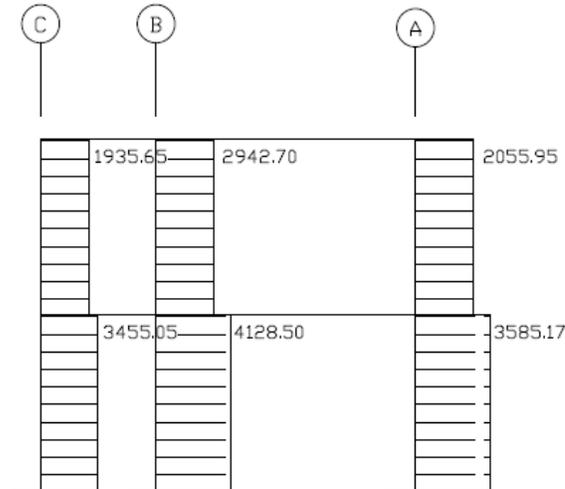
Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

Figura 28. **Diagrama de corte en columnas sentido X (kg)**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

Figura 29. **Diagrama de corte en columnas sentido Y (kg)**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

2.1.5. Diseño estructural

Se realiza a partir de un adecuado balance entre las funciones propias que un material puede cumplir, a partir de sus características naturales específicas, sus capacidades mecánicas y el menor costo que puede conseguirse.

2.1.5.1. Losas

Para el diseño de las losas, mediante el criterio de la relación de sus aristas, se empleó el método 3 ACI.

Relación de lados de las losas:

Losas 1,2,3,4,5,6:

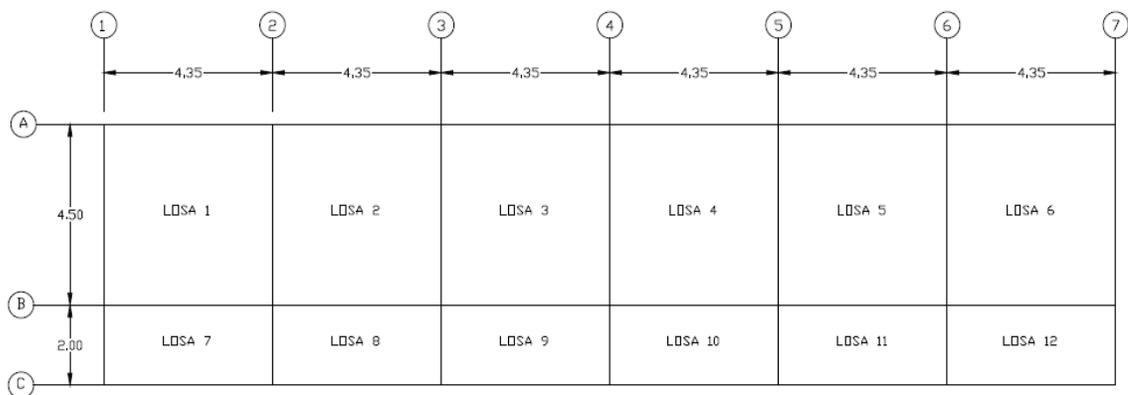
Losas 7,8,9,10,11,12:

$$m = A/B = 4,35/5 = 0,97$$

$$m = A/B = 2/4,35 = 0,45$$

Por consiguiente, las losas 1-6 se diseñarán en dos sentidos, ya que $m > 0.5$, en las losas de 7-12 el valor de m es menor a 0,5 pero se diseñará en dos sentidos debido a que está apoyada en sus cuatro esquinas. Para determinar los casos propuestos por método 3 del ACI.

Figura 30. **Distribución de losas**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

Datos

$$f_y = 2810 \text{ kg/cm}^2$$

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

$$\text{Peso del concreto} = 2400 \text{ kg/m}^3$$

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

$$W_{\text{sobrecarga}} = 60 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Espesor de losa} = 0,12 \text{ m}$$

$$W_{\text{losa}} = 2400 \text{ kg/m}^3 * 0,12 \text{ m} = 288 \text{ kg/m}^2$$

Cargas aplicadas:

Pasillos=500 kg/m²

Aulas=350 kg/m²

Techos=100 kg/m²

Integración de cargas

CUT=CMU+CVU=1,4(CM)+1,7(CV).

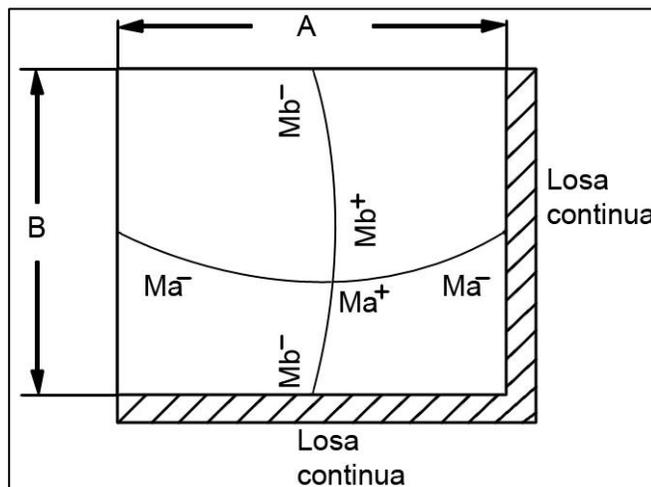
Losa 1-6

CUT = 1,4 (782 kg/m²) + 1,7 (350 kg/m²) = 1 689,8 kg/m²

Losas 7-12

CUT = 1,4 (782 kg/m²) + 1,7(500 kg/m²) = 1 944,8 kg/m²

Figura 31. **Determinación de los momentos en losas**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

Momentos actuantes según coeficiente

$$M_{A(+)} = C_a * C_{M_u} * a^2 + C_a * C_{V_u} * a^2$$
$$M_{B(+)} = C_b * C_{M_u} * b^2 + C_b * C_{V_u} * b^2$$
$$M_{A(-)} = C_a * C_U * a^2$$
$$M_{B(-)} = C_b * C_U * b^2$$

Donde:

a = lado corto de losa

b = lado largo de losa

$C_{a+/-}$, $C_{b+/-}$ = factores dados por relación a/b

M_{a-} , M_{b-} = momentos negativos en losa

M_{a+} , M_{b+} = momentos positivos en losa

C_{V_u} , C_{M_u} = Carga viva y carga muerta última

En losas sin continuidad el momento negativo es igual:

$$M_{A(-)} = 1/3 * M_{A(+)}$$

$$M_{B(-)} = 1/3 * M_{B(+)}$$

Losa 1 (caso 4), $m = 0,97$, caso 4

Momentos negativos

$$M_{a-} = C_{a-}(\text{Cut})(a)^2$$

$$M_{a-} = 0,055(1\ 689,8)(4,35)^2 = 1\ 758,64 \text{ kg-m}$$

$$M_{b-} = C_{b-}(\text{Cut})(b)^2$$

$$M_b^- = 0,045(1\ 689,8)(4,50)^2 = 1\ 539,83\ \text{kg-m}$$

Momentos positivos

$$M_a^+ = C_a^+(C_{Vu})(a)^2 + C_a^+(C_{Mu})(a)^2$$

$$M_a^+ = 0,030(1\ 094,8)(3,25)^2 + 0,035(595)(4,35)^2 = 1\ 015,55\ \text{kg-m}$$

$$M_b^+ = C_b^+(C_{Vu})(b)^2 + C_b^+(C_{Mu})(b)^2$$

$$M_b^+ = 0,024(1\ 094,8)(4,35)^2 + 0,029(595)(4,50)^2 = 881,49\ \text{kg-m}$$

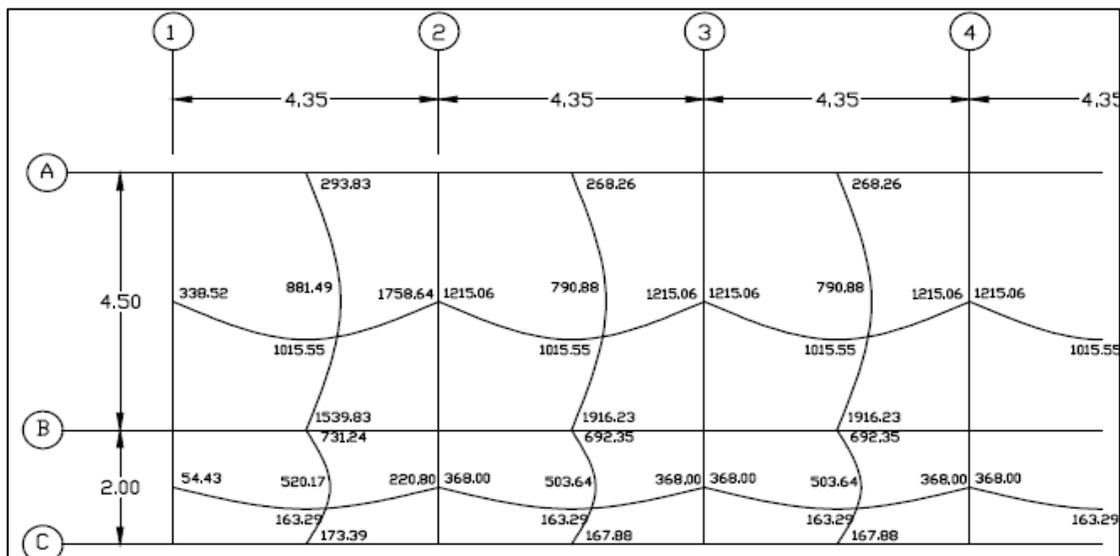
Momentos negativos en lado de losa sin continuidad:

$$M_a^- = 1/3 * M_a^+ = 1/3 * (1\ 015,55\ \text{kg-m}) = 338,52\ \text{kg-m}$$

$$M_b^- = 1/3 * M_b^+ = 1/3 * (881,49\ \text{kg-m}) = 293,83\ \text{kg-m}$$

Este mismo procedimiento se aplicó al resto de las losas.

Figura 32. **Momentos en losas**



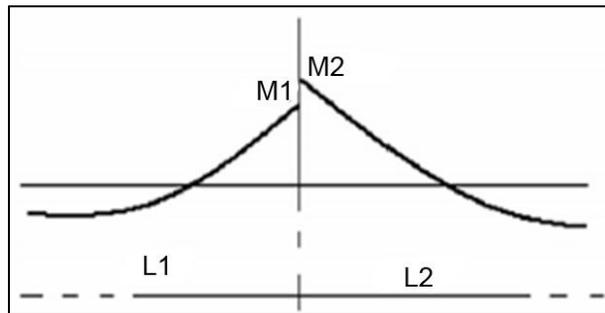
Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

Por simetría los momentos en las losas posteriores son iguales.

Balance de momentos

Cuando dos losas comparten un lado en común y en el mismo, ambas presentan diferencia de momentos actuantes, deben balancearse, para el cual el código ACI recomienda el procedimiento siguiente:

Figura 33. **Balance de momentos**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

$M_2 > M_1$

- Sí $M_1 > 0,8 * M_2$; entonces, $M_B = (M_1 + M_2) / 2$
- Sí $M_1 < 0,8 * M_2$; se distribuye proporcional a la rigidez de las losas

$$k_1 = \frac{1}{L_1}, \quad k_2 = \frac{1}{L_2}, \quad D_1 = \frac{k_1}{k_1 + k_2}, \quad D_2 = \frac{k_2}{k_1 + k_2}$$

k_1, k_2 = rigideces de losas a y b

L_1, L_2 = longitudes de losas

D_1, D_2 = factores de distribución de losas 1 y 2

Para realizar la distribución se efectúa el cálculo siguiente:

$$M_B = M_1 + (M_2 - M_1) \cdot D_1$$

$$M_B = M_2 - (M_2 - M_1) \cdot D_2$$

M_B = Momento balanceado

Balance de momentos en losas 1 y 2:

$$M_2 = 1\,758,64 \text{ kg-m,}$$

$$M_1 = 1\,215,06 \text{ kg-m}$$

Verificando condición para balancear momentos:

$0,8 \cdot (1\,758,64 \text{ kg-m}) = 1\,406,91 \text{ kg-m} > 1\,215,06 \text{ kg-m}$; No cumple, se balancea por su rigidez.

$$k_1 = \frac{1}{4,35} = 0,23$$

$$k_2 = \frac{1}{4,35} = 0,23$$

$$D_1 = \frac{0,23}{0,23 + 0,23} = 0,50$$

$$D_2 = \frac{0,23}{0,23 + 0,23} = 0,50$$

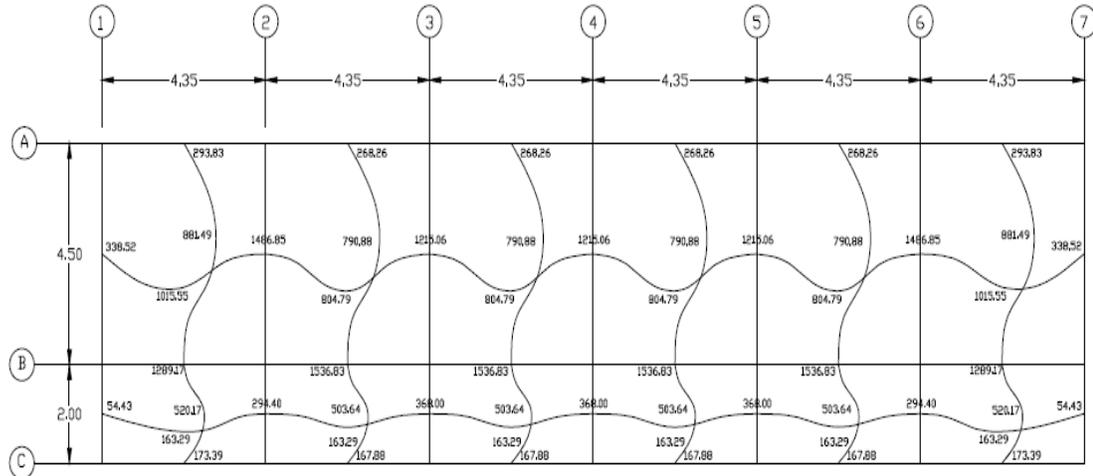
$$M_b = 1\,215,06 + (-1\,215,06 + 1\,758,64)(0,50) = 1\,486,85 \text{ kg-m}$$

$$M_b = 1\,758,64 - (-1\,215,06 + 1\,758,64)(0,50) = 1\,486,85 \text{ kg-m}$$

El momento balanceado entre las losas 1 y 2 es: $M_B = 1\,486,85 \text{ kg-m}$

Este procedimiento se aplicó para todas las losas, en ambos sentidos.

Figura 34. Momentos balanceados en losas del primer nivel



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

Diseño del armado de losa

Primero se debe establecer el acero mínimo y el momento que resiste, para luego calcular el acero de refuerzo para los momentos mayores al mínimo.

Datos:

$$f_y = 2810 \text{ kg/cm}^2$$

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

Espesor de losa = 0,12m

B = 100 cm (franja unitaria)

Recubrimiento = 2,5 cm

Ørefuerzo = 3/8"

Acero mínimo

$$A_{smín} = \rho_{mín} * b * d; \quad \rho_{mín} = 14,1 / f_y$$

b = franja unitaria

t = espesor de la losa

d = peralte efectivo

$$d = t - \text{rec min} - \varnothing/2 = 9,02 \text{ cm}$$

$$A_{smín} = (14,1 / 2810) * 100 * 9,02 = 4,53 \text{ cm}^2$$

Separación para $A_{smín}$ con varillas No. 3

$$4,53 \text{ cm}^2 \quad - \quad 100 \text{ cm}$$

$$0,71 \text{ cm}^2 \quad - \quad S$$

Aplicando una regla de tres:

$$S = 0,71 * 100 / 4,53 = 15,67 \text{ cm}$$

La separación máxima que permite el ACI es $2t$.

$$S_{máx} = 2 * t$$

$$S_{máx} = 2 * 12,00$$

$$S_{máx} = 24,00$$

Debido a que la separación para el acero mínimo es menor que la separación máxima, se ha de tomar como separación máxima $S = 15 \text{ cm}$. Para $S=15\text{cm}$ el área calculada es $4,73 \text{ m}^2$.

Calculando el momento que resiste $A_{smín}$:

$$M_{ASMÍN} = \theta \left[A_s \cdot f_y \left(d - \frac{A_s \cdot f_y}{1,7 \cdot f'_c \cdot b} \right) \right]$$

$$M_{ASMÍN} = 0,9 \left[4,73 \cdot 2\,810 \left(9,02 - \frac{4,73 \cdot 2\,810}{1,7 \cdot 210 \cdot 100} \right) \right]$$

El momento que resiste $A_{smín} = 1\,034,45 \text{ kg-m}$

Para los momentos menores a $M_{A_{smín}}$, se armarán con $A_{smín}$ y $S = 15 \text{ cm}$, para momentos mayores se armaran según indique el cálculo.

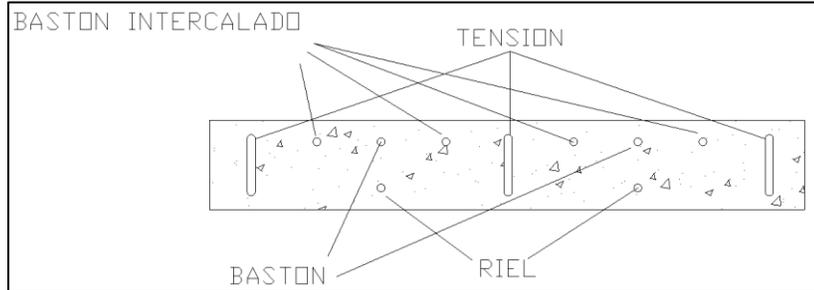
Tabla III. **Área de acero para momentos mayores al soportado por el área de acero mínimo**

M (kg-m)	A_s (cm ²)	S (cm)
1 486,85	6,94	10
1 215,06	5,60	12
1 289,17	5,96	11
1 536,83	7,19	9

Fuente: elaboración propia.

Las losas del primer y segundo nivel serán armadas con varillas No. 3 a cada 0,15 m, en los lugares en los que el momento es mayor al $M_{smín}$ (ver tabla III), se intercalará un bastón entre tensión y bastón, de manera que la separación entre varillas será de 7,5 cm, que es menor a lo que requiere el diseño.

Figura 35. **Detalle de armado en losas**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

Revisión por corte:

El corte corresponde únicamente por el concreto, por tal razón, se debe verificar si el espesor de la losa es el adecuado.

$$V_{\max.} = \frac{C_{UT} * L}{2} = \frac{1\,944,80 \frac{\text{kg}}{\text{m}} * 4,35\text{m}}{2} = 4\,299,94 \text{ kg}$$

Corte máximo resistente:

$$V_{\text{res.}} = 0,53 * \phi * b * d * \sqrt{f_c}$$

$$V_{\text{res.}} = 0,53 * 0,85 * 100 \text{ cm} * 9,02 \text{ cm} * \sqrt{210 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}} = 5\,888,59 \text{ kg}$$

Como $V_{\text{res}} > V_{\text{max}}$, el espesor de la losa es el adecuado, en caso contrario sería necesario aumentar el espesor.

El diseño de las losas del segundo nivel es similar, ver planos en el apéndice.

2.1.5.2. Vigas

Son elementos no verticales que forman parte de una estructura. Las vigas son las encargadas de recibir las cargas de las losas o los elementos planos que se encuentren sobre ella y al mismo tiempo transmitir éstas cargas a las columnas de la estructura. Los datos necesarios para realizar el diseño se toman de la envolvente de momentos en las vigas, a manera de ejemplo se diseña la viga 1-2 en sentido X del segundo nivel.

Viga 1-2 del sentido X en el segundo nivel:

Datos:

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

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

$$\text{Sección} = 30 * 45 \text{ cm}$$

$$\text{Rec.} = 2,5 \text{ cm}$$

$$D = 45 - 2,5 \text{ cm} = 42 \text{ cm}$$

$$M1(-) = 2\,941,65 \text{ kg-m}$$

$$M(+) = 1\,670,61 \text{ kg-m}$$

$$M2(-) = 3\,775,17 \text{ kg-m}$$

Calculo Asmin

En ningún caso el refuerzo a flexión en una viga debe ser menor a éste, si en caso todas las vigas demandan un refuerzo menor al mínimo sería adecuado reducir la sección propuesta.

Acero mínimo

$$A_{s\min} = \rho_{\min} * b * d$$

$$\rho_{\min} = 14,1 / f_y$$

$$A_{s\min} = (14,1 / 2810) * 25 * 42,5 = 5,33 \text{ cm}^2$$

Asmax

$$A_{s\max} = 0,5 * \rho_{\text{bal}} * b * d$$

$$\rho_{\text{bal}} = (0,85 * 0,85 * 210 * 6115) / (2810 * (6115 + 2810))$$

$$\rho_{\text{bal}} = 0,03699$$

$$A_{s\max} = 0,5 * 0,03699 * 25 * 42,5 = 19,65 \text{ cm}^2$$

Refuerzo longitudinal solicitado; se calcula con la siguiente ecuación:

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

Calculando As para M(-)1 = 2 941,65 kg-m

$$A_s = \left[(25 * 42,5) - \sqrt{(25 * 42,5)^2 - \frac{2941,65 * 25}{0,003825 * 210}} \right] * \frac{0,85 * 210}{2810} = 2,79 \text{ cm}^2$$

Tabla IV. **Cálculo de área de acero**

	Momentos (kg-m)	A _{Sreq} (cm ²)	A _{Smin} (cm ²)	A _{Smax} (cm ²)
M(-)1	2 941,65	2,79	5,33	19,65
M(+)	1 670,61	1,57	5,33	19,65
M(-)2	3 775,17	3,61	5,33	19,65

Fuente: elaboración propia.

Para el armado final de la viga, se deben cumplir con los siguientes requisitos sísmicos, según el código ACI 318 Cap. 21:

- Cama superior:

Colocar 2 varillas como mínimo, con el área mayor de las opciones;

1. $A_{s\text{mín}} = 5,33 \text{ cm}^2$
2. 33% $A_s(-)$ mayor = $1,19 \text{ cm}^2$

Para este caso será necesario colocar $A_{s\text{mín}}$, por lo tanto se colocan 2#6 corridas, $A_s=5,70\text{cm}^2$

Cuando hay diferencia entre el $A_{s\text{scal.}}$ y A_s , la diferencia se coloca como bastón.

- Cama inferior:

Colocar 2 varillas como mínimo, con el área mayor de las opciones;

1. $A_{s\text{mín}} = 5,33 \text{ cm}^2$
2. 50% $A_s(+)$ = $0,79 \text{ cm}^2$
3. 50% $A_s(-)$ mayor = $1,81 \text{ cm}^2$

Para este caso será necesario colocar $A_{s\text{mín}}$, por lo tanto se colocarán 2#6, con un área de $5,70 \text{ cm}^2$. El procedimiento fue el mismo para cada viga de la estructura.

Tabla V. Diseño de vigas a flexión

	viga	M	momentos	As	As min.	33% As(-)	Cama superior	50% As(-)	50% As(+)	Cama inferior	# de varillas	# de varillas en bastones			
											# 6	As calculado-Asmínimo	# 4	# 5	# 6
M a r c o B	1-6 n2	M(-)1	2 941,65	2,79	5,33	1,19	5,33	1,81	0,79	5,33	2				
		M(+)	1 670,61	1,57							2				
		M(-)2	3 775,17	3,61							2				
	2-5 n2	M(-)1	4 994,60	4,81	5,33	1,59	5,33	2,41	0,57	5,33	2				
		M(+)	1 215,31	1,14							2				
		M(-)2	3 159,68	3,01							2				
	1-6 n1	M(-)1	7 148,49	7,01	5,33	2,97	5,33	4,51	1,88	5,33	2	1,31	2		
		M(+)	3 926,53	3,76							2				
		M(-)2	9 039,92	9,01							2	3,31	2		
	2-5 n1	M(-)1	7 878,69	7,79	5,33	2,57	5,33	3,90	1,39	5,33	2	2,09	2		
		M(+)	2 930,94	2,78							2				
		M(-)2	7 570,96	7,46							2	1,76	2		
M a r c o 3	1 n2	M(-)1	3 089,87	2,94	5,33	0,97	5,33	1,47	0,06	5,33	2				
		M(+)	113,85	0,11							2				
		M(-)2	3 058,01	2,91							2				
	2 n2	M(-)1	3 503,84	3,34	5,33	1,10	5,33	1,67	0,89	5,33	2				
		M(+)	1 883,52	1,78							2				
		M(-)2	3 481,53	3,32							2				
	1 n1	M(-)1	7 543,60	7,43	5,33	2,45	5,33	3,72	0,27	5,33	2	1,73	2		
		M(+)	574,52	0,54							2				
		M(-)2	7 430,96	7,31							2	1,61	2		
	2 n1	M(-)1	8 075,81	7,99	5,33	2,72	5,33	4,12	2,55	5,33	2	2,29	2		
		M(+)	5 271,87	5,10							2				
		M(-)2	8 304,42	8,23							2	2,53	2		

Fuente: elaboración propia.

Diseño a corte

Después de calcular el armado por flexión, se calcula el refuerzo para resistir los esfuerzos cortantes sobre la viga.

Si $V_{res} > V_u$, la viga necesita estribos solo por armado, a $S_{m\acute{a}x.} = d/2 < 30 \text{ cm.}$

Si $V_{res} < V_u$, se diseñan estribos por corte, usando lo siguiente:

$$S = \frac{2 \cdot A_v \cdot f_y \cdot b \cdot d}{V_u}$$

$$V_{res} = 0,53 \cdot 0,85 \cdot b \cdot d \cdot \sqrt{f'_c}$$

$$V_{res} = 0,53 \cdot 0,85 \cdot 25 \cdot 42,5 \cdot \sqrt{210} = 6\,936,39 \text{ kg}$$

$$V_u = 3\,466,55 \text{ Kg}$$

Como $V_u < V_{res}$, se toma el espaciamiento máximo

$$S_{max} = d/2 = 42,5 = 21,5 \text{ cm}$$

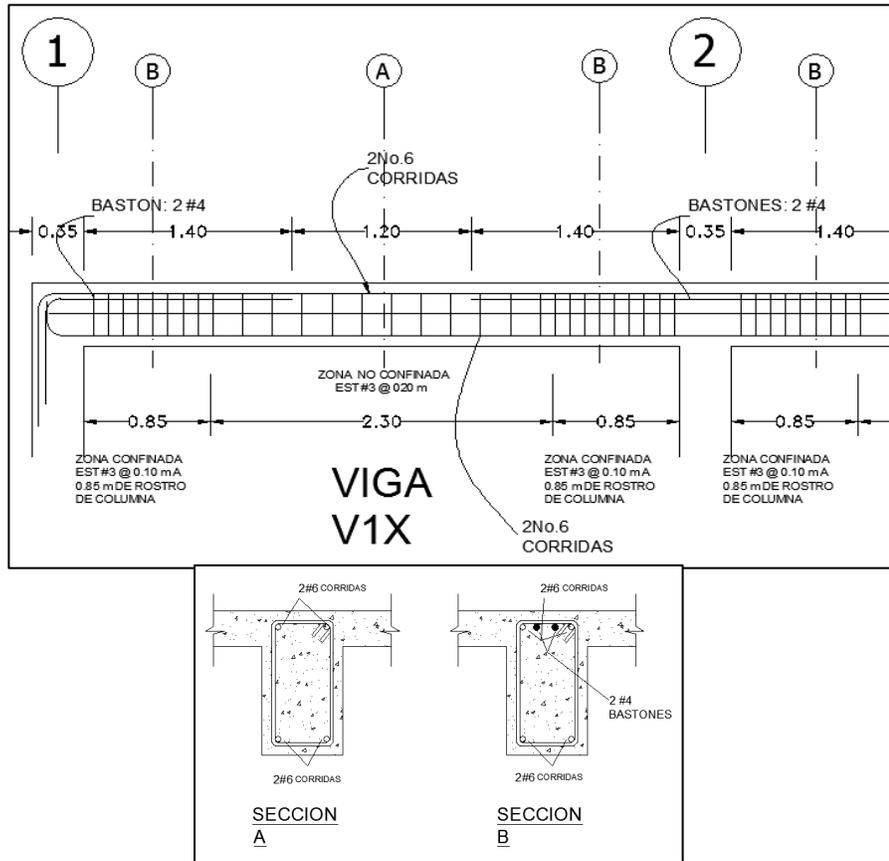
Según ACI artículo 21.3.3.2, es necesario colocarse estribos en una longitud igual a $2d$ (84 cm para este caso), esto aplica solo en marcos dúctiles, la longitud a confinar para el diseño es 84 cm, medida desde la cara del elemento de apoyo hacia el centro de la luz, en ambos extremos del elemento en flexión. El primer estribo debe estar situado a no más de 5 cm, de la cara del elemento de apoyo.

El espaciamiento máximo de los estribos en la zona de confinamiento no debe exceder de;

- $d/4 = 10,63 \text{ cm} \approx 10 \text{ cm}$
- $8 \varnothing_{var} \text{ longitudinal} = 15,24 \text{ cm}$
- $24 \varnothing_{var} \text{ transversal} = 22,86 \text{ cm}$
- No mayor de 30 cm

Separación de estribos en zona confinada; 10 cm y 20 cm en zona no confinada, con varilla No.3.

Figura 36. **Detalle de armado en Viga 1X**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

2.1.5.3. Columnas

Son elementos estructurales sometidos a compresión, lo bastante delgado respecto su longitud, para que bajo la acción de una carga gradualmente creciente, falla por flexión lateral o pandeo ante una carga mucho menos que la necesaria, para fallar por aplastamiento. Para diseño, la carga axial es el valor de todas las cargas últimas verticales que soporta la columna, esta carga se determina por el área tributaria.

Para diseñar la columna se toma el mayor de los dos momentos actuantes en los extremos de ésta. Para este caso se diseñan por cada nivel únicamente las columnas críticas, es decir, las que están sometidas a mayores esfuerzos. El diseño resultante para cada columna es aplicado a todas las columnas del nivel respectivo. En esta sección se describe el procedimiento que se siguió para diseñar las columnas típicas del nivel 2 de la edificación escolar.

Datos:

Sección de columna = 35cm*35cm

Sección de viga = 25cm*45cm

$M_x = 2\,640,31 \text{ kg} - \text{m}$

$M_y = 4\,429,14 \text{ kg} - \text{m}$

$V_x = 1\,645,73 \text{ kg}$

$V_y = 2\,942,70 \text{ kg}$

Longitud de columna = 3,00 m

Longitud de vigas = 9,5 m

Área tributaria = 14,14 m²

Espesor de losa = 0,12 m

La carga axial P_u que resiste la columna, es el peso de las cargas sobre la columna que se analizará, incluyendo el área tributaria de las columnas por encima de la que se está analizando.

$CMU = 1,4(W_{\text{acabados}} + W_{\text{losa}} + W_{\text{piso}} + W_{\text{muros}})$

$CMU = 1,4(80 + 288 + 60) = 599,20 \text{ kg/m}^2$

La carga viva a utilizar es proporcional a las cargas aplicadas y el área correspondiente, 14,14 m² dando como resultado 100 kg/m².

$$CVU = 1,7 * (Wviva)$$

$$CVU = 1,7*(100) = 170,00 \text{ kg/m}^2$$

$$CU = CMU+CVU = 599,20 + 170,00 = 769,20 \text{ kg/m}^2$$

Cálculo del factor de carga última:

Se calcula con la siguiente ecuación:

$$FCU = \frac{CU}{CM+CV}$$

$$FCU = \frac{769,2}{100 + 428} = 1,46$$

Cálculo de la carga axial Pu:

$$Pu = (A_T * CU) + (PP \text{ vigas} * Fcu)$$

$$Pu = (14,14*769,2)+(2 \ 400*0,25*0,45*7,6*1,46)$$

$$Pu = 13 \ 872,41 \text{ kg}$$

Esbeltez (E): las columnas se clasifican según su esbeltez, con el objetivo de establecerlas en un rango, según su comportamiento bajo cargas sometidas y diseñarlas con base a esto.

- Columnas cortas (E < 22): diseñarlas con los datos originales del diseño estructural.

- Columnas intermedias ($22 < E < 100$): diseñarlas magnificando los momentos actuantes.
- Columnas largas ($E > 100$): no construirlas.

Cálculo de coeficiente que miden el grado de empotramiento a la rotación en las columnas (Ψ):

Extremo superior: $\Psi = \Sigma K_{col} / \Sigma K_{vig}$.

Sentido X:

$$I_{col} = 0,35 \cdot 0,35^3 / 12 = 0,001250$$

$$I_{vig} = 0,25 \cdot 0,45^3 / 12 = 0,001898$$

$$K_{col} = 0,001250 / 3 = 0,000417$$

$$K_{vig} = 0,001898 / 3 = 0,000437$$

$$\Psi_a = 0,000417 / (0,000437 + 0,000437) \text{ (extremo superior)}$$

$$\Psi_a = 0,48$$

$$\Psi_b = 2 \cdot 0,0004166 / (0,000437 + 0,000437) \text{ (extremo inferior)}$$

$$\Psi_b = 0,95$$

$$\Psi_p = (\Psi_a + \Psi_b) / 2$$

$$\Psi_p = (0,48 + 0,95) / 2$$

$$\Psi_p = 0,915$$

Cálculo de K (factor de longitud efectiva):

$$k = \frac{(20 - \Psi_p)}{20} * \sqrt{1 + \Psi_p}, \quad \text{si } \Psi_p < 2$$

$$k = 0,9 * \sqrt{1 + \Psi_p}, \quad \text{si } \Psi_p > 2$$

Como $\Psi_p < 2$:

$$k = \frac{(20 - 0,715)}{20} * \sqrt{1 + 0,715} = 1,263$$

Esbeltez en columna:

$$E = K * Lu / \sigma, \text{ donde } \sigma = 0,3 * \text{lado}$$

$$E = 30,67$$

$30,67 > 22$ y < 100 ; Se clasifica como columna intermedia.

Esbeltez de columna, sentido Y:

$$\Psi_p = 0,456$$

$$K = 1,18$$

$$E = 28,64 > 22 \text{ y } < 100; \text{ columna intermedia.}$$

Según los resultados de esbeltez, se deben magnificar los momentos actuantes.

Magnificación de momentos

El código ACI 318 05, sección 10.12.3, requiere que los elementos a compresión deben diseñarse para la fuerza axial mayorada P_u , y para el momento magnificado por los efectos de curvatura del elemento como sigue:

Sentido X:

Factor de flujo plástico del concreto:

$$\beta_d = \frac{CMU}{CU} = \frac{599,2}{769,2} = 0,779$$

Cálculo del EI total del material:

$$E_c = 15\,100 \cdot \sqrt{f'_c}$$

$$EI = \frac{E_c \cdot I_g}{2,5 \cdot (1 + \beta_d)}, \quad \text{donde: } I_g = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3$$

$$EI = \frac{15\,100 \cdot \sqrt{210} \cdot \frac{1}{12} \cdot 35 \cdot 35^2}{2,5 \cdot (1 + 0,779)} = 618,39 \text{ Ton-m}^2$$

Cálculo de la carga crítica de pandeo de Euler:

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot EI}{(K \cdot Lu)^2}$$

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot 618,39}{(1,263 \cdot 2,55)^2} = 588,40 \text{ Ton}$$

Magnificador de momentos:

$\Delta > 1$ y $\theta = 0,70$ si se usan estribos

$$\Delta = \delta = \frac{1}{1 - \frac{P_u}{\theta \cdot P_{cr}}}$$

$$\delta = \frac{1}{1 - \frac{13,872}{0,70 \cdot 588,5}} = 1,035$$

Momento de diseño sentido X:

$$M_{dx} = \delta \cdot M_u = 1,035 \cdot 2\,640,31 = 2\,732,72 \text{ Kg} - \text{m}$$

Momento de diseño sentido Y:

$$\beta_d = 0,779$$

$$EI = 618,39 \text{ Ton} \cdot \text{m}^2$$

$$P_{cr} = 674,09 \text{ Ton}$$

$$\delta = 1,03$$

$$M_{dy} = \delta \cdot M_u = 1,03 \cdot 7\,671,01 = 4\,562,01 \text{ Kg} - \text{m}$$

Acero longitudinal por el método BRESLER

Este método es una aproximación al perfil de la superficie de la falla, siendo un procedimiento sencillo y que produce resultados satisfactorios. El método Bresler consiste en aproximar el valor $1/P'u$, a través de un punto del plano, determinado por tres valores: carga axial pura ($P'o$), carga de falla para una excentricidad e_x ($P'ux$) y carga de falla para una excentricidad e_y ($P'uy$).

Límites de acero:

Según ACI, el área de acero en una columna debe estar dentro de los siguientes límites $1\% A_g < A_s < 6\% A_g$, en zona sísmica.

$$A_{s\text{mín}} = 0,01 (35 \cdot 35) = 12,25 \text{ cm}^2$$

$$A_{s\text{máx}} = 0,06 (35 \cdot 35) = 73,5 \text{ cm}^2$$

Armado propuesto: 8 varillas # 6 = 22,8 cm².

Para este método se usan los diagramas de interacción para diseño de columnas. Éstos datos se obtuvieron del programa: JC-diseño de concreto, versión 1.0.1, Julio Corado Franco.

Tabla VI. **Cálculo de área de acero en columna**

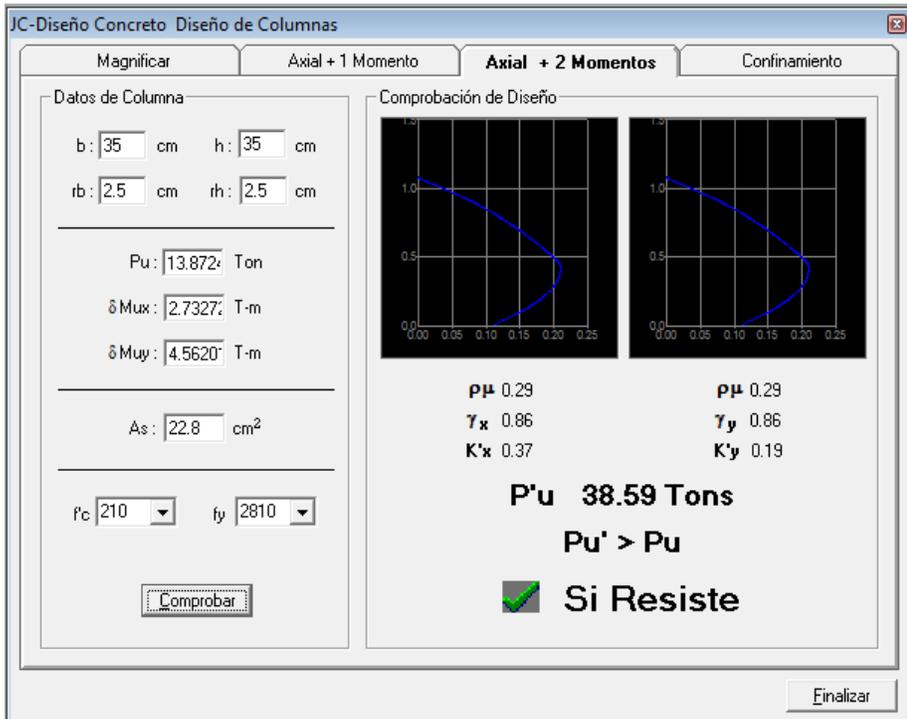
Asmín	As propuesto	Asmáx
12,25 cm ²	22,80 cm ²	73,5 cm ²

Fuente: elaboración propia.

De los diagramas de interacción se obtuvieron los siguientes valores:

$k_x=0,37$; $k_y=0,19$

Figura 37. Carga resistente, JC-diseño de concreto, Julio Corado Franco



Fuente: CORADO FRANCO, Julio, Programa para el diseño completo de marcos de concreto reforzado, Jc Diseño concreto. Facultad de Ingeniería USAC 1998.

Cargas:

Carga resistente de la columna a una excentricidad ex:

$$P'_{ux} = K_x \cdot f'_{c} \cdot b \cdot h = (0,37)(210)(35 \cdot 35) = 95\,182,50 \text{ kg}$$

Carga resistente de la columna a una excentricidad ey:

$$P'_{uy} = K_y \cdot f'_{c} \cdot b \cdot h = (0,19)(210)(30 \cdot 30) = 48\,877,50 \text{ kg}$$

Carga axial resistente de la columna:

$$P'o = \phi(0,85 * f 'c(Ag - As) + As * fy)$$

$$P'o = 0,70 (0,85 * 210(1\ 225 - 22,8) + 22,8 * 2\ 810)$$

$$P'o = 195\ 062,49\ \text{kg}$$

Carga resistente de la columna:

$$P'u = \frac{1}{\frac{1}{P'ux} + \frac{1}{P'uy} - \frac{1}{P'o}}$$

$$P'u = \frac{1}{\frac{1}{95\ 182,50} + \frac{1}{48\ 877,5} - \frac{1}{195\ 062,49}} = 27.71\ \text{Ton}$$

Como $P'u = 27,71\ \text{Ton} > Pu/7 = 19,81\ \text{Ton}$, el armado de la columna propuesta es adecuado. En caso contrario sería necesario aumentar el acero por debajo del A_{smax} , en caso de requerir mayor refuerzo que el permitido por A_{smax} será necesario aumentar la sección propuesta.

Cálculo del acero transversal (estribos):

Además de diseñar las columnas para que resista la flexocompresión, es preciso dotarlas con suficiente ductilidad, con el objetivo de que absorban parte de la energía del sismo, esto se logra mediante un mayor confinamiento en los extremos. Se ha determinado que si las columnas se confinan su capacidad de carga es mucho mayor y mejora notablemente la ductilidad de la columna. El procedimiento para proveer refuerzo transversal a las columnas se describe a continuación:

Comparar V_r con V_u con los siguientes criterios:

Si $V_r > V_u$ se colocan estribos a $S = d / 2$

Si $V_r < V_u$ se diseñan los estribos por corte

Se calcula el corte resistente:

$$V_r = 0,85 * 0,53 * \sqrt{f_c} * b * d = 0,85 * 0,53 * \sqrt{210} * 35 * 32,5 = 7\,426,02 \text{ kg}$$

$$V_u = 1\,645,73 \text{ kg} < V_r, \text{ por lo tanto se colocan estribos No. 3 a } S = d/2$$

Se utilizará el espaciamiento máximo:

$$S = d/2 = 32,5/2 = 16,25 \text{ cm}$$

Refuerzo por confinamiento

La longitud de confinamiento se selecciona entre la mayor de las siguientes opciones:

- $L_u / 6 = 2,55 / 6 = 0,425 \text{ m}$
- Lado mayor de la columna = $0,35 \text{ m}$
- 45 cm

La longitud de confinamiento propuesta es $0,45 \text{ m}$, en ambos extremos del elemento.

Cálculo de la relación volumétrica:

$$\rho_s = 0,45((A_g / A_{ch}) - 1)(0,85 * f'_c / f_y)$$

$$\rho_s = 0,45(((35 * 35) / 900) - 1)(0,85 * 210 / 2\,810) = 0,0103$$

Es necesario verificar que $\rho_s > 0,12f'_c/f_y$

$\rho_s > 0,12 * 210 / 2810 = 0,0089$, chequea.

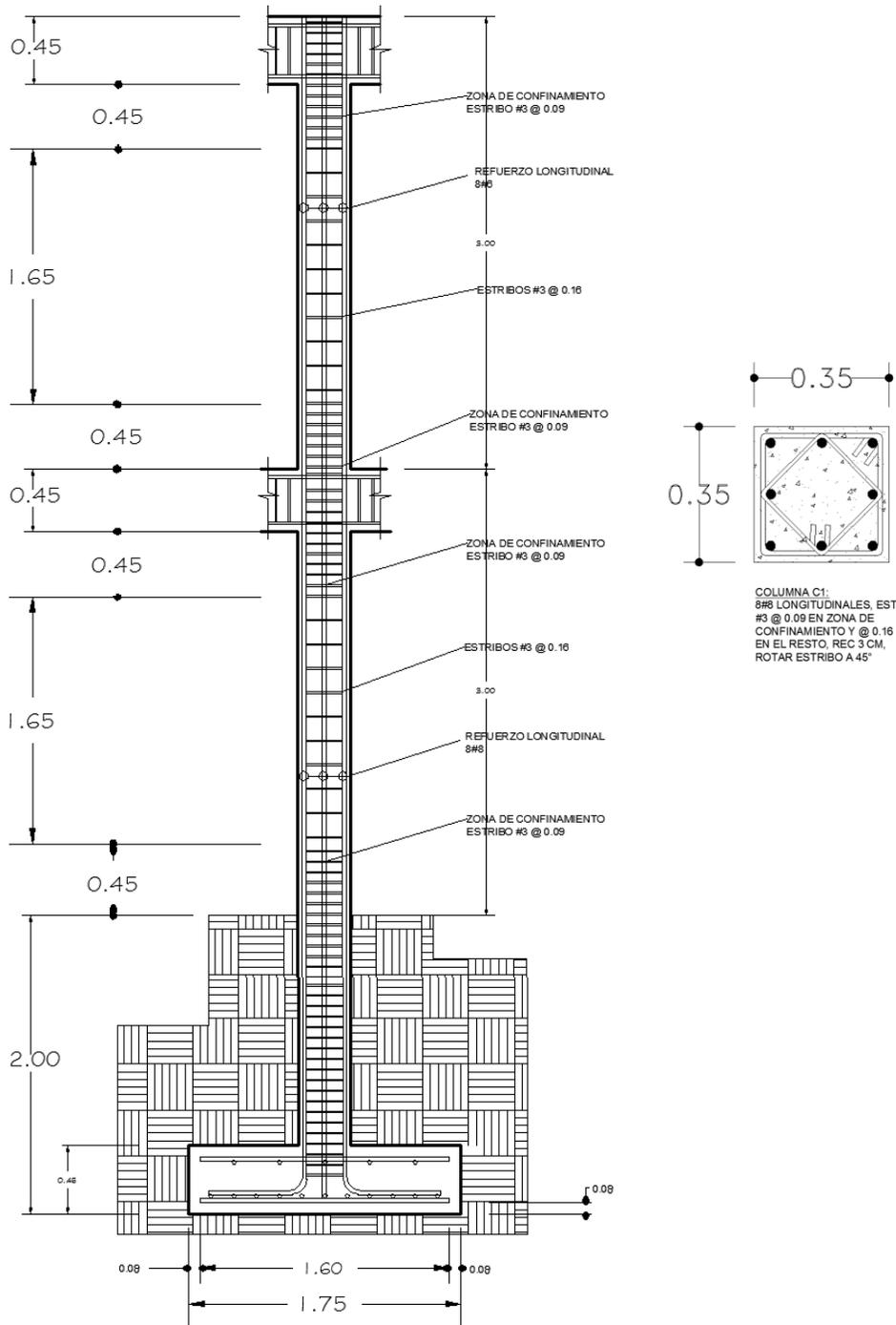
Calculando el espaciamiento en función de la cuantía volumétrica, utilizando varillas #3:

$$S = \frac{4 * A_v}{\rho_s * L_n} = \frac{4 * 0,71}{0,0103 * 30} = 9,19 \approx 9 \text{ cm}$$

Por lo tanto se colocan estribos # 3 @ 9 cm en la zona de confinamiento.

Por tener varillas en las caras de la columna, se colocarán estribos rotados a 45°, según ACI. Por tener doble estribo en zona confinada, el espaciamiento se adopta de 9 cm.

Figura 38. Detalle de columnas



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

Este procedimiento se aplicó a las columnas del primer nivel. El armado de las columnas es el siguiente: columnas del primer nivel; 8#8 longitudinales, con estribos # 3 @ 9 cm en zona confinada y @ 16 cm en zona no confinada. Columnas del segundo nivel; 8#6 longitudinales, con estribos # 3 @ 9 cm en zona confinada y @ 16 cm en zona no confinada.

2.1.5.4. Zapatas y cimiento corrido

Es un elemento estructural que transmite las reacciones de una estructura hacia el terreno en el que se desplanta, cumple dos funciones: soporte de la estructura en el suelo y capacidad al volteo de la estructura. El tipo de cimentación que se utilizará depende principalmente del tipo de estructura, la naturaleza de las cargas, las condiciones del suelo y su costo. En este caso se diseñan zapatas concéntricas de forma cuadrada. Los datos para diseño son el valor soporte del suelo y los momentos obtenidos en el análisis estructural.

Datos:

$$M_x = 4,31 \text{ ton-m}$$

$$M_y = 6,15 \text{ ton-m}$$

$$P_u = 56,31 \text{ ton}$$

$$\text{Desplante} = 2 \text{ m}$$

$$F_{cu} = 1,56$$

$$\gamma_{\text{concreto}} = 2,40 \text{ Ton/m}^3$$

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

$$f_y = 2810 \text{ kg/cm}^2$$

$$V_s = 24,79 \text{ Ton/m}^2 \text{ (ensayo compresión triaxial)}$$

Cargas de trabajo:

$$P't = \frac{P_u}{F_{cu}} = \frac{56,31}{1,56} = 36,10 \text{ Ton}$$
$$M't_x = \frac{M_x}{F_{cu}} = \frac{4,31}{1,56} = 2,75 \text{ ToN} - \text{m}$$
$$M't_y = \frac{M_y}{F_{cu}} = \frac{6,15}{1,56} = 3,94 \text{ ToN} - \text{m}$$

Predimensionamiento del área de la zapata:

$$A_z = \frac{1,5 \cdot P't}{V_s} = \frac{1,5 \cdot 36,10}{24,79} = 2,18 \text{ m}^2$$

Se considera una zapata de 1,75 m X 1,75 m, para un área de zapata de 3,06 m², ya que según las características del suelo de la región son regulares, se procede a chequear este valor.

Revisión de presión sobre el suelo: la zapata transmite verticalmente al suelo las cargas aplicadas a ella por medio de la superficie en contacto con éste, ejerce una presión cuyo valor se define por la fórmula:

$$q = \frac{P_{cg}}{A_z} \pm \frac{M_{tx}}{S_x} \pm \frac{M_{ty}}{S_y}, \text{ donde } S = \frac{b \cdot h^2}{6}$$

Se debe tomar en cuenta que q no debe ser negativo, ni mayor que el valor soporte (V_s), para la zapata se tiene:

$$S_x = S_y = \frac{1,8 \cdot 1,8^2}{6} = 0,97 \text{ m}^3$$

$$P_{cg} = P't + P_{columna} + P_{suelo} + P_{cimiento}$$

$$P_{cg} = 36,10 + (0,35 * 0,35 * 3 * 2,4) + (2 * 3,06 * 1,49) + (3,24 * 2,4 * 0,45) = 49,60 \text{ Ton}$$

$$q_{max} = \frac{49,6}{3,06} + \frac{2,76}{0,89} + \frac{3,94}{0,89}$$

$$q_{min} = \frac{49,6}{3,06} - \frac{2,76}{0,89} - \frac{3,94}{0,89}$$

$q_{m\acute{a}x} = 23,73 \text{ Ton/m}^2$ cumple, no excede el V_s

$q_{m\acute{i}n} = 8,68 \text{ Ton/m}^2$ cumple, > 0 ; no hay presiones negativas

La presi3n del suelo, en un punto cualquiera de la zapata, es distinta a la presi3n en otro punto de la misma. Para efectos de dise1o se determina una presi3n constante; aplicando un criterio conservador, se realiza el dise1o con la presi3n m1xima, afectada por el factor de carga 1ltima.

$$q_u = F_{cu} * q_{max} = 1,56 * 23,73 = 37,02 \text{ ton/m}^2$$

Espesor de zapata

Ya dimensionada el 1rea se procede a dimensionar el espesor de la zapata, basados en que el recubrimiento del refuerzo no sea menor de 0,075 m, y que el peralte efectivo sea mayor de 0,15 m mas el recubrimiento y el di1metro de la varilla a utilizar. Dicho espesor debe ser tal que resista los esfuerzos de corte y para este caso ser1 de 45 cm.

Peralte efectivo:

$$d = t - \text{rec.} - \varnothing_{var}/2 \text{ con un } t \text{ asumido}$$

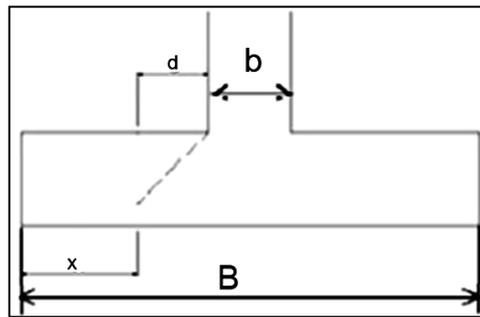
$$d = 45 - 7,5 - 2,54/2$$

$$d = 36,23 \text{ cm}$$

Corte simple

La falla de las zapatas por esfuerzo cortante ocurre a una distancia igual a d (peralte efectivo) del borde de la columna, por tal razón se debe comparar en ese límite si el corte resistente es mayor que el actuante.

Figura 39. **Corte simple en zapata**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

$$x = B/2 - b/2 - d$$

$$x = 1,75/2 - 0,35/2 - 0,3655 = 0,3377 \text{ m}$$

Corte actuante:

$$V_{act} = \text{Área} \cdot q_u = 1,75 \cdot 0,3377 \cdot 37,02 = 21,88 \text{ ton}$$

Corte resistente:

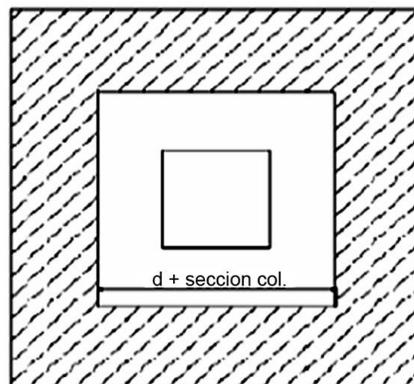
$$V_{res} = 0,53 \cdot \Theta \cdot b \cdot d \cdot \sqrt{f_c} = 0,53 \cdot 0,85 \cdot 175 \cdot 36,23 \cdot \sqrt{210} = 41,39 \text{ Ton}$$

$V_{res} > V_{act}$, el espesor resiste el corte simple.

Corte punzonante

La columna tiende a punzonar la zapata, debido a los esfuerzos de corte producidos en el perímetro de la columna; el límite donde ocurre la falla está a una distancia $d/2$, del perímetro de la columna.

Figura 40. **Corte punzonante en zapata**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

Corte actuante por punzonamiento:

$$\begin{aligned}d + \text{sección de columna} &= 36,23 + 35 = 71,23 \text{ cm} \\V_{act \text{ pun}} &= \text{Área} \cdot q_u = (1,75 \cdot 1,75 - 0,7123 \cdot 0,7123) \cdot 37,02 \\V_{act \text{ pun}} &= 94,59 \text{ ton}\end{aligned}$$

Corte resistente a punzonamiento:

$$V_{r \text{ pun}} = 1,06 \cdot \Theta \cdot b_o \cdot d \cdot \sqrt{f'_c}, \quad b_o = 4(b_{col} + d).$$

$$b_o = 4 \cdot (35 + 36,23) = 284,92 \text{ cm}$$

$$V_{r\text{pun}} = 1,06 \cdot 0,85 \cdot 284,92 \cdot 36,23 \cdot \sqrt{210} = 134,78 \text{ Ton}$$

$V_{res} > V_{act}$, el espesor resiste el corte punzonante, las dimensiones son adecuadas, se procede al diseño a flexión.

Diseño del refuerzo

La zapata se diseña a flexión. Actúa como una losa en voladizo.

$$M_u = \frac{q_u \cdot L^2}{2} = \frac{37\,020 \cdot \left(\frac{1,75}{2} - \frac{0,35}{2}\right)^2}{2} = 9\,069,90 \text{ kg-m}$$

El área de acero se calcula con la misma ecuación para el refuerzo de una viga:

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

$$A_s = \left[(100 \cdot 36,23) - \sqrt{(100 \cdot 36,23)^2 - \frac{9\,069,90 \cdot 100}{0,003825 \cdot 210}} \right] \cdot \frac{0,85 \cdot 210}{2\,810} = 10,12 \text{ cm}^2$$

$$A_{s\text{min}} = 14,1 \cdot b \cdot d / f_y = 14,1 \cdot 100 \cdot 36,23 / 2\,810$$

$$A_{s\text{min}} = 18,18 \text{ cm}^2. \text{ Por tanto colocar } A_s = 18,18 \text{ cm}^2$$

Separación para A_s con varillas No. 6

$$\begin{array}{l} 18,18 \text{ _____ } 100 \text{ cm} \\ 2,85 \text{ _____ } S \end{array}$$

Aplicando una regla de tres:

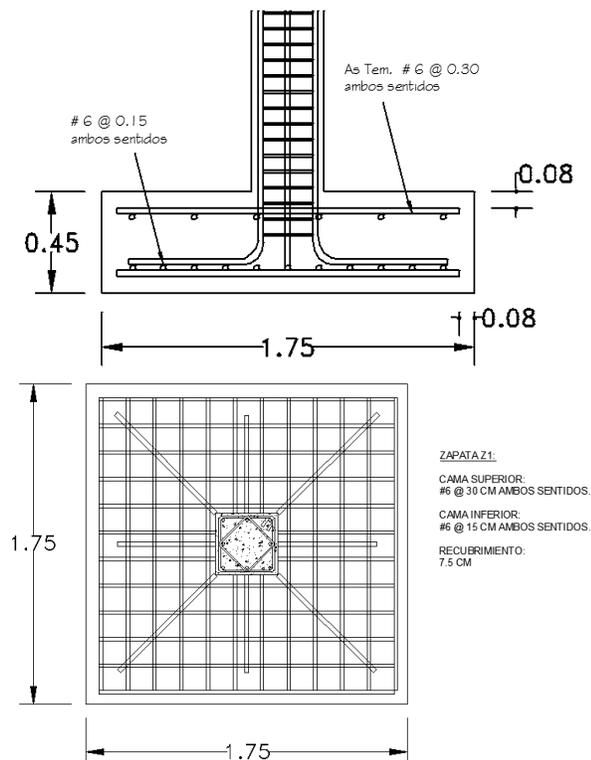
$$S = 2,85 * 100 / 18,18 = 15,67 \text{ cm} \approx 15 \text{ cm}$$

Colocar varillas No. 6 @ 15 cm en ambos sentidos de la zapata.

En cama superior se coloca As temperatura.

As temperatura= $0,002 * b * t = 0,002 * 100 * 45 = 9 \text{ cm}^2$, utilizando varillas #6 el espaciamiento es de 30cm en ambos sentidos.

Figura 41. **Detalle de armado de zapata**

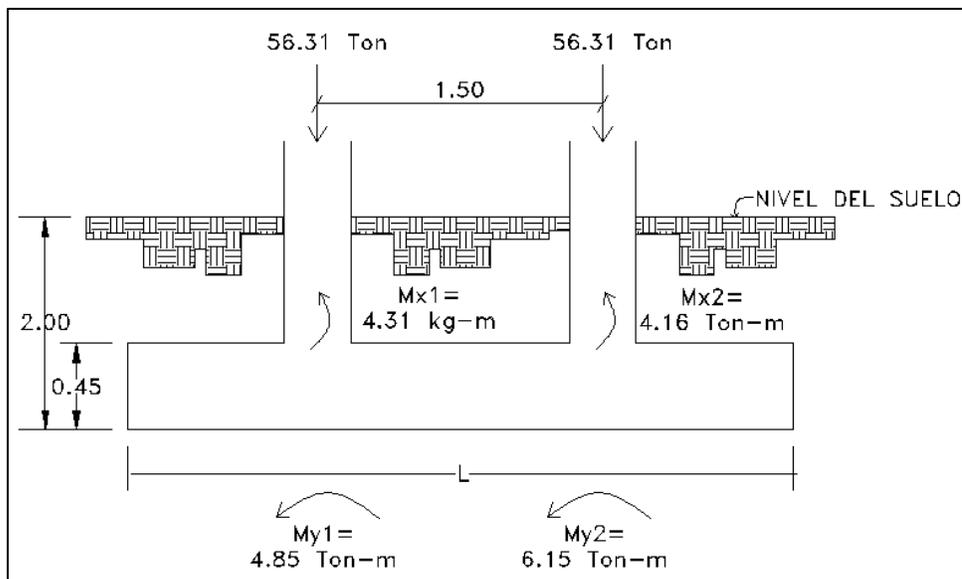


Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

Diseño de zapata combinada

Este tipo de zapata se coloca en caso que la distancia entre columnas sea demasiado pequeña y éstas se traslapen, para este proyecto se ubican entre los marcos B y C de la estructura y se diseñan por tal razón.

Figura 42. **Fuerzas sobre zapata combinada**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

Datos:

$$F_{cu} = 1,56$$

$$\gamma_{\text{concreto}} = 2,40 \text{ Ton/m}^3$$

$$\gamma_{\text{suelo}} = 1,49 \text{ Ton/m}^3$$

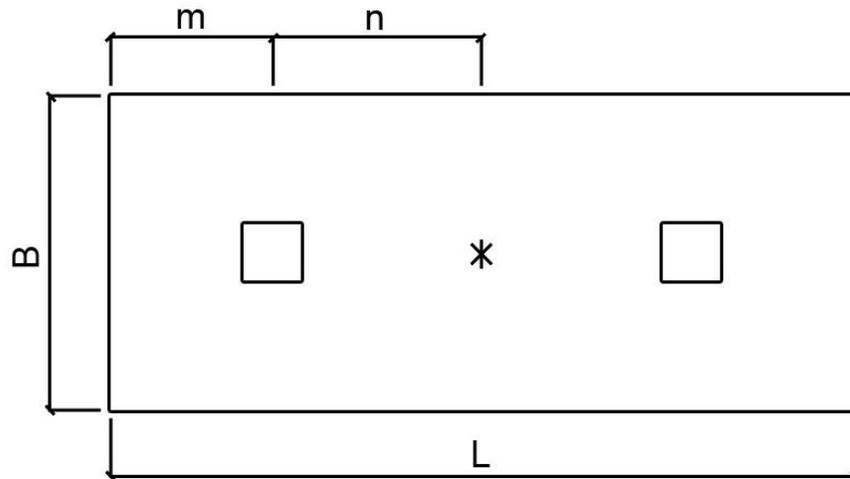
$$f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$$

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

$$V_s = 24,79 \text{ Ton/m}^2$$

Haciendo el cimiento rectangular y tomando como base la distancia entre columnas, se tiene que:

Figura 43. **Planta zapatas combinadas**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

$$L = 2(m + n) \quad b = R / (q * L) \quad R = P_1 + P_2 \quad q = V_s$$

Cargas de trabajo

$$P_T = 36,10 \text{ Ton}$$

$$M_{dx1} = \frac{4,31}{1,56} = 2,76 \text{ Ton}$$

$$M_{dy1} = \frac{4,16}{1,56} = 3,94 \text{ Ton}$$

$$M_{dx2} = \frac{2,67}{1,56} = 2,67 \text{ Ton}$$

$$M_{dy2} = \frac{5,90}{1,55} = 3,11 \text{ Ton}$$

Se asume $m = 1 \text{ m}$; $n = 0,75$

$$L = 2(1+1) = 4,00 \text{ m}$$

$$b = (36,1+36,1)/(24,79*3,5) = 0,73 \text{ m}$$

$$A = 0,73*4,00 = 2,92 \text{ m}^2$$

Área de zapata

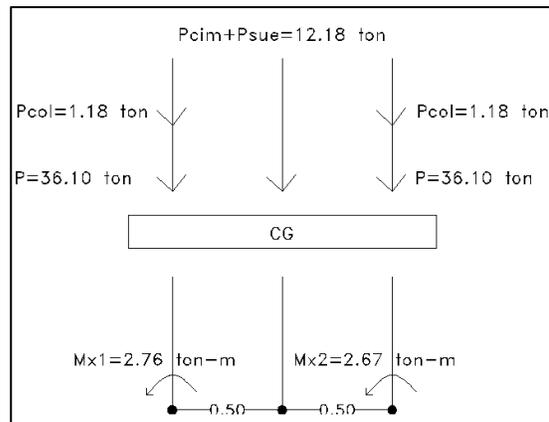
$$P_{col} = (0,35*0,35*2,4*4) = 1,176 \text{ Ton}$$

$$P_{suelo} = (1,49*2,79)*2 = 8,70 \text{ Ton}$$

$$P_{cimiento} = (2,92*2,4*0,45) = 3,48 \text{ Ton}$$

$$P_{cimiento+Psuelo} = 12,18 \text{ Ton}$$

Figura 44. **Cargas equivalentes en el centro geométrico**



Fuente: elaboración propia.

$$P_{cg} = (36,1*2)+(2*1,176)+12,18 = 86,73 \text{ Ton}$$

$$M_{cgy} = -3,11 - 3,94 = -7,94 \text{ Ton - m}$$

$$M_{cgx} = -2,76 - 2,67 = -5,43 \text{ Ton - m}$$

Presiones sobre el suelo:

$$q = (P_{CG}/A_z) \pm (M_{CG}/S)$$

$$S = 1/6 * b * h^2$$

$$q = \frac{86,73}{2,92} \pm \frac{6*7,05}{0,73^2*4,0} \pm \frac{6*5,43}{0,73*4,00^2}$$

$$q_{\max} = 29,7+19,84+2,79 = 52,33 \text{ Ton/m}^2 > V_s, \text{ no cumple}$$

$$q_{\min} = 29,7+19,84+2,79 = 7,07 \text{ Ton/m}^2 > 0, \text{ si cumple}$$

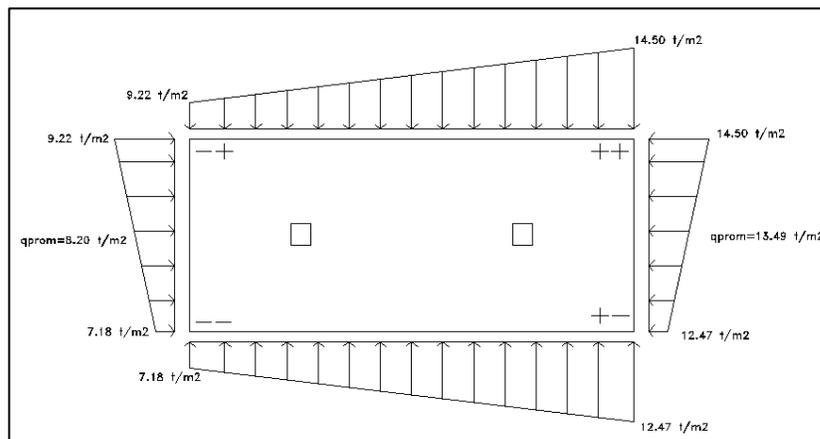
$q_{\text{Máx}}$ es mayor que V_s , se debe aumentar el área de la zapata

$$\text{Area propuesta} = 2\text{m} * 4,00\text{m} = 8 \text{ m}^2$$

$$q_{\max} = 14,15 \text{ Ton/m}^2 < V_s, \text{ si cumple}$$

$$q_{\min} = 7,18 \text{ Ton/m}^2 > 0, \text{ si cumple}$$

Figura 45. Presiones sobre el suelo



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

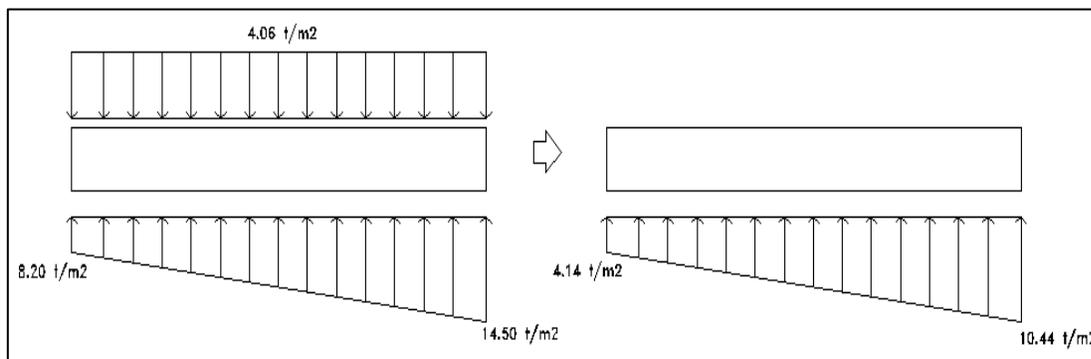
Las presiones del suelo y cimiento son:

$$q_s = \text{Desp} * \gamma_{\text{suelo}} = 2 * 1,49 = 2,98 \text{ Ton/m}^2$$

$$q_{\text{cim}} = t * \gamma_{\text{concreto}} = 0,45 * 2,4 = 1,08 \text{ Ton/m}^2$$

$$q_{\text{cim}} + q_s = 1,08 + 2,98 = 4,06 \text{ Ton/m}^2$$

Figura 46. Presiones sobre el cimiento



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

Las presiones últimas de diseño serán: $q_{\text{disu}} = F_{\text{cu}} * q$, las presiones últimas por metro lineal se obtienen de $W = b * q_{\text{disu}}$, para, $b =$ ancho de cimiento, $b = 2$ m.

$$P_u = F_{\text{cu}} * q_{\text{dis}}, \quad \text{para } q = 4,14 \text{ Ton/m}^2 \rightarrow q_{\text{dis}} = 1,56 * 4,14 = 6,46 \text{ Ton/m}^2$$

$$\text{para } q = 10,44 \text{ Ton/m}^2 \rightarrow q_{\text{dis}} = 1,56 * 10,44 = 16,29 \text{ Ton/m}^2$$

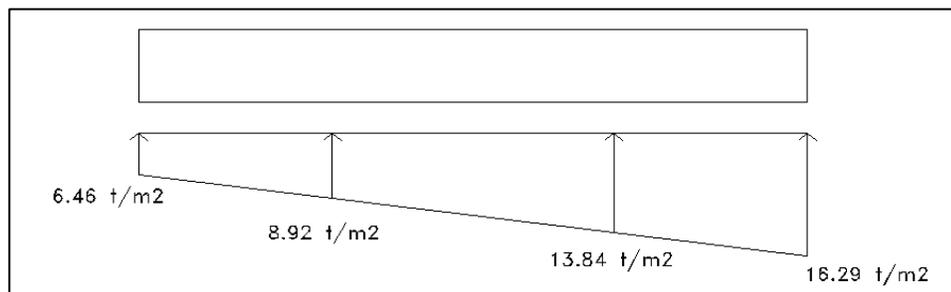
Se encuentra una expresión para cualquier distancia x , una presión dada por la relación de triángulos.

$$\frac{4,00}{(16,29 - 6,46)} = \frac{x}{q_{d(x)} - 6,46}, q_{d(x)} = 6,46 + 2,46x$$

Para $x=1\text{m}$, $q_{d(1)} = 8,92 \text{ Ton/m}^2$

Para $x = 3 \text{ m}$, $q_{d(2,5)} = 13,84 \text{ Ton/m}^2$

Figura 47. **Presión última bajo el cimiento**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

Las presiones últimas por metro lineal se obtienen de $W = b * q_{disu}$

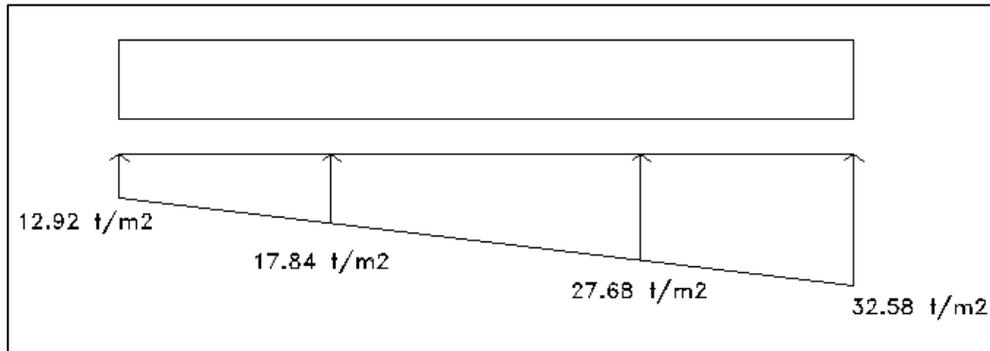
Para $q_{disu} = 6,46 \text{ Ton/m}^2$ se obtiene $W = 2 * 6,46 = 12,92 \text{ Ton/m}^2$

Para $q_{disu} = 8,92 \text{ Ton/m}^2$ se obtiene $W = 2 * 8,92 = 17,84 \text{ Ton/m}^2$

Para $q_{disu} = 13,84 \text{ Ton/m}^2$ se obtiene $W = 2 * 13,84 = 27,68 \text{ Ton/m}^2$

Para $q_{disu} = 16,29 \text{ Ton/m}^2$ se obtiene $W = 2 * 16,29 = 32,58 \text{ Ton/m}^2$

Figura 48. **Presiones últimas por metro lineal**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

Encontrando una expresión por relación de triángulos para cualquier distancia x una presión última por metro lineal, se obtiene lo siguiente.

$$W_{(x)} = 12,92 + 4,92x$$

Si se encuentra W para cuando $x_{cg} = 2.00$ se tiene:

$$W_{cg} = 12,92 + 4,92(2,00) = 22,76 \text{ ton/m}$$

Diagramas de corte y momento:

$$V_{ab} = \frac{(12,92 + 17,84) \cdot (1)}{2} = 15,38 \text{ Ton}$$

$$V_b = V_{ab} - 56,31 = 15,38 - 56,1 = -40,93 \text{ Ton}$$

$$V_{bc} = V_b + 17,84y + \frac{4,92y^2}{2}, \text{ cuando } V_{bc} = 0 \text{ entonces } y = 1,83$$

El valor de la presión última por metro lineal cuando:

$$V_{bc} = 0 \text{ y } y = 1,83$$

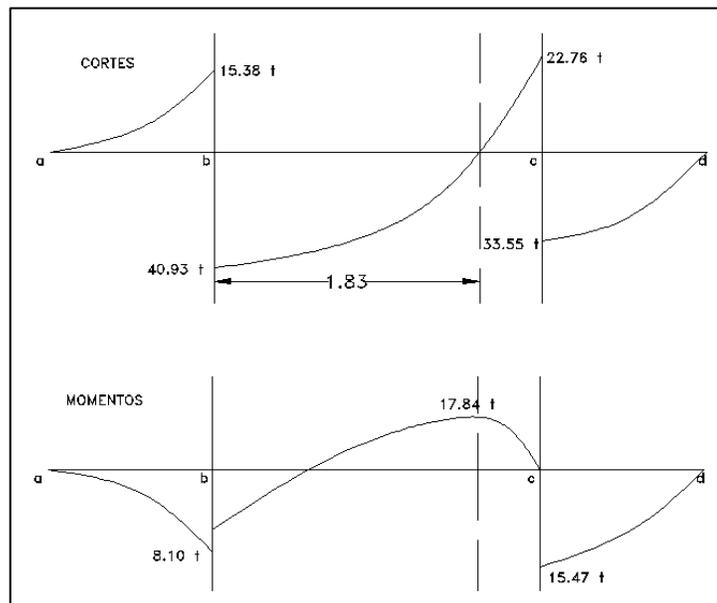
$$W_{(x)} = 12,92 + 4,92x, \quad x = 1 + 1,83 = 2,83 \text{ m}$$

$$W = 12,92 + 4,92 \cdot (2,83) = 26,84 \text{ Ton/m}$$

$$V_{cd} = \frac{(27,68 + 17,84) \cdot (1)}{2} = 22,76 \text{ Ton}$$

$$V_c = 56,13 - V_{cd} = 56,13 - 22,76 = 33,55 \text{ Ton}$$

Figura 49. **Diagramas de corte y momento**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

$$M_{ab} = \frac{(12,92 \cdot 1^2)}{2} + \frac{(4,92 \cdot 1^2)}{3} = 8,10 \text{ Ton-m}$$

$$M_{\max} = 4,13 + \frac{(17,84 \cdot 1,83^2)}{2} + \frac{(9 \cdot 1,83^2)}{2} \cdot \frac{1}{3} - 38,56 \cdot 1,83 = -17,84 \text{ Ton-m}$$

$$M_{cd} = \frac{(27,68 \cdot 1^2)}{2} + \frac{(4,90 \cdot 1^2)}{2} \cdot \frac{2}{3} = 15,57 \text{ Ton} - \text{m}$$

Diseño estructural del cimiento

Chequeo por corte simple:

Asumiendo $t = 0,45 \text{ m}$ y \emptyset No. 6

$$d = 45 - 7,5 - (1,97/2) = 36,5 \text{ cm}$$

$$V_r = \emptyset \cdot 0,53 \cdot \sqrt{f_c} \cdot b \cdot d, \text{ siendo } b = 2$$

$V_r = 0,85 \cdot 0,53 \cdot \sqrt{210} \cdot 200 \cdot 36,55 = 47,72 \text{ Ton} > V$ a una distancia “d” del rostro de la columna como se muestra en el diagrama de corte, por consiguiente si resiste el corte.

Revisión por corte punzonante:

$$d = 36,55 \text{ cm, entonces } 30+d = 66,55 \text{ cm}$$

$$V_r = 0,85 \cdot 1,06 \cdot \sqrt{210} \cdot 4(66,55) \cdot 36,55 = 127,04 \text{ Ton}$$

Cálculo del corte punzonante actuante:

$$V_{pz} = P_{u1} - q_d \cdot A_{pz} = 56,31 - (27,68 \cdot 0,6655^2) = 44,05 \text{ Ton}$$

$$V_{pz} < V_r \Rightarrow \text{si resiste el punzonamiento}$$

Chequeo por flexión:

Refuerzo mínimo

$$A_{Smin} = \frac{14,1}{f_y} bd = \frac{14,1}{2810} (100)(36,5) = 18,31 \text{ cm}^2$$

Refuerzo mínimo en el ancho de 2 m;

$$A_{Smin} = \frac{14,1}{f_y} bd = \frac{14,1}{2810} (200)(36,5) = 36,63 \text{ cm}^2$$

Momento que resiste:

$$M_{Asmin} = \phi \left[A_s * f_y \left(d - \frac{A_s f_y}{1,7 * f'_c b} \right) \right]$$

$$M_{Asmin} = 0,9 \left[2810 * 36,63 \left(36,63 - \frac{36,63 * 2810}{1,7 * 210 * 200} \right) \right] = 32,40 \text{ Ton-m} > M_{max}, \text{ si resiste}$$

$$S = \frac{(2,85 \text{ cm}^2)(200 \text{ cm})}{36,63 \text{ cm}^2} = 15,56 \text{ cm}$$

Se utilizarán varillas No. 6 @ 0,15 m

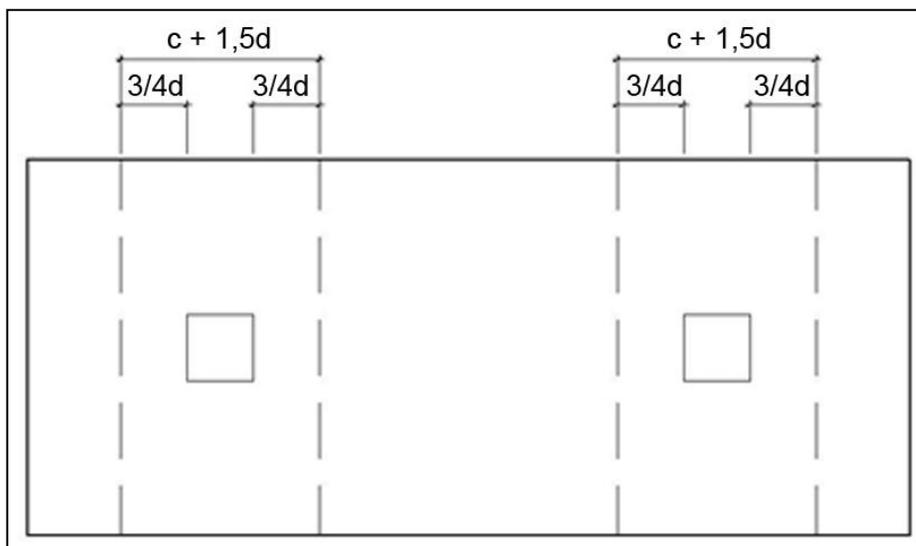
Acero por temperatura:

$$A_{stem} = 0,002 * b * t = 0,002 * 400 * 45 = 36 \text{ cm}^2$$

$$S = \frac{1,97 \cdot 350}{31,5} = 21,88 \approx 21 \text{ cm}$$

Se utilizarán varillas No. 5 @ 0,21 m

Figura 50. **Vigas transversales**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

Asumiendo un ancho de viga de $(c + 1,5d)$, se chequeará bajo la columna crítica 1 y considerando que la viga será igual para las dos columnas.

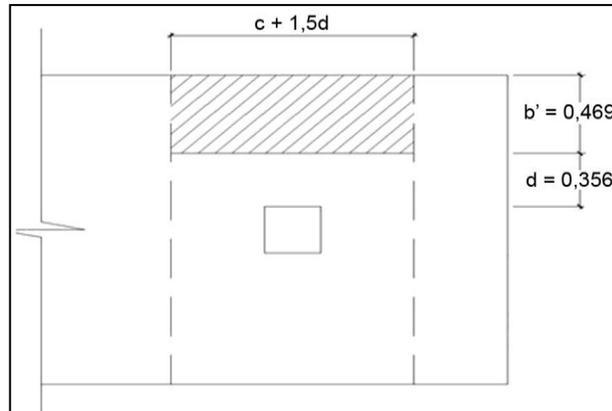
$$d_{y-y} = d_{x-x} - 1,91/2 = 35,6 \text{ cm}$$

$$\text{Entonces, } c+1,5 \cdot d = (30+1,5 \cdot 35,6) = 83,39 \text{ cm}$$

La viga transversal, se diseñará con la presión uniforme, causada por la carga puntual de la columna.

$$q_d = \frac{P_{u1}}{b \cdot (c + 1,5 \cdot d)} = \frac{56,31}{2 \cdot 0,8339} = 33,76 \text{ Ton}$$

Figura 51. Zapata por corte simple



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

Chequeo por corte simple

$$V_{act} = q_d \cdot b' \cdot (c + 1,5d)$$

$$V_{act} = 33,76 \cdot 0,469 \cdot 0,8339 = 13,20 \text{ Ton}$$

$$V_r = 0,85 \cdot 0,53 \cdot \sqrt{210 \cdot 83,39 \cdot 35,6} = 19,38 \text{ Ton} > V_{act}, \text{ si chequea por corte simple}$$

Chequeo por flexión:

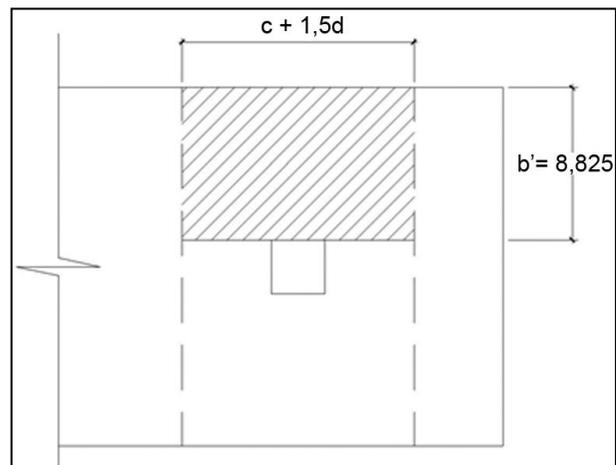
$$M_{act} = \frac{q_d \cdot b'^2}{2} = \frac{33,76 \cdot 0,825^2}{2} = 11,49 \text{ Ton-m}$$

$$A_s = 11,49 \text{ cm}^2$$

$$S = \frac{2,85 \cdot 83,39}{18,39} = 12,92 \text{ cm} \approx 12 \text{ cm}$$

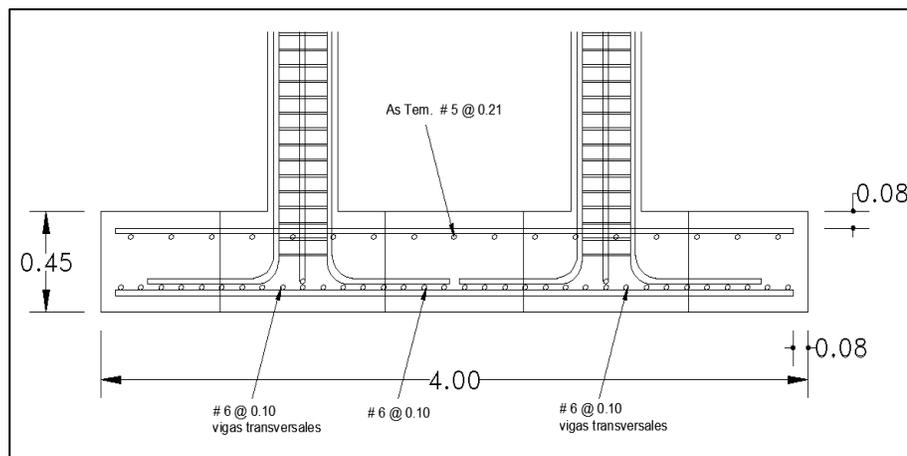
Entonces, colocar No. 6 @ 0,12 m

Figura 52. **Zapata por flexión**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

Figura 53. **Detalle de elevación armado de zapata combinada**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

Cimiento corrido

Se le coloca a los muros, éste se calcula como una franja unitaria. Se diseñarán para soportar las cargas superpuestas, dando una distribución adecuada a las mismas, de acuerdo con la resistencia del terreno, debiendo ser continuos para proveer un amarre adecuado entre ellos. Tomando en cuenta que los muros de la estructura son únicamente para dividir ambientes, se propone cimiento corrido de sección trapezoidal, considerando que los muros del primer nivel tendrán una altura aproximada de 3 m.

Las dimensiones mínimas para cimientos corridos de sección trapezoidal son:

Ancho de base mínimo: 25 cm.

Peralte mínimo: 30 cm.

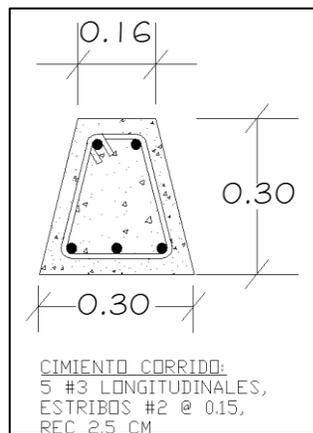
Ancho de la corona: ancho del muro más 1 cm.

El refuerzo mínimo para cimientos corridos de sección trapezoidal es el siguiente:

- 5 \emptyset No. 3 corridas con estribos \emptyset No. 3 @ 30 cm o \emptyset No. 2 @ 15 cm

Para este caso se colocarán 5 \emptyset No. 3 con eslabones \emptyset No. 2 @ 15 cm

Figura 54. **Detalle de cimiento corrido trapezoidal**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

2.1.5.5. **Gradas**

El módulo de gradas se diseñó como una estructura independiente de los marcos, esto con el fin de que al momento de que ocurra un sismo; ésta no se vea afectada por las acciones de la estructura completa evitando que colapsen, dando tiempo para que los usuarios del segundo nivel evacuen el edificio; en caso de terremoto.

Una escalera debe ser cómoda y segura dependiendo de la relación de los peldaños, es decir, la relación de huella y contrahuella y si C = contrahuella y H = huella se deben cumplir los siguientes criterios:

$$c < 20 \text{ cm}$$

$$H > c$$

$$2c + H < 64 \text{ cm (valor cercano)}$$

$$c + H = 45 \text{ a } 48 \text{ cm; } c \times H = 480 \text{ a } 500 \text{ cm}^2$$

Donde: c = contrahuella y H = huella

Cargas de diseño para una escalera:

$$CM = PP \text{ (escalera)} + PP \text{ (acabados)}; PP \text{ (escalera)} = Wc = (t + c / 2)$$

Número de escalones mínimo:

$$h/c_{\max} = 3 / 0,17 = 17,65 \approx 18 \text{ escalones}$$

Se tomarán 9 contrahuellas antes del descanso:

$$\text{Número de huellas} = 9 - 1 = 8 \text{ huellas}$$

Comprobación:

$$c = 17 \text{ cm} < 20 \text{ cm}; H = 28 \text{ cm}$$

$$2c + H = 2 (17) + 28 = 62 \leq 64 \text{ cm}; c + H = 17 + 28 = 45 \text{ cm}$$

$$c \times H = 17 * 28 = 476 \text{ cm}^2$$

Por lo tanto, se tienen 9 contrahuellas de 17 cm y 8 huellas de 28 cm.

Tomando en cuenta que la longitud de la losa es inclinada se calcula la longitud:

$$\text{Longitud de losa} = \sqrt{1,62^2 + 2,24^2} = 2,76 \text{ m}$$

Espesor de la losa:

$$t = L / 24 = (2,76 / 24) = 0,115 \text{ m} \approx 0,12 \text{ m}$$

Integración de cargas:

$$\text{Peso propio de la escalera} = \gamma_c * (t + c / 2)$$

$$\text{Peso propio de la escalera} = 2\,400 (0,12 + 0,17 / 2) = 492 \text{ kg/m}^2$$

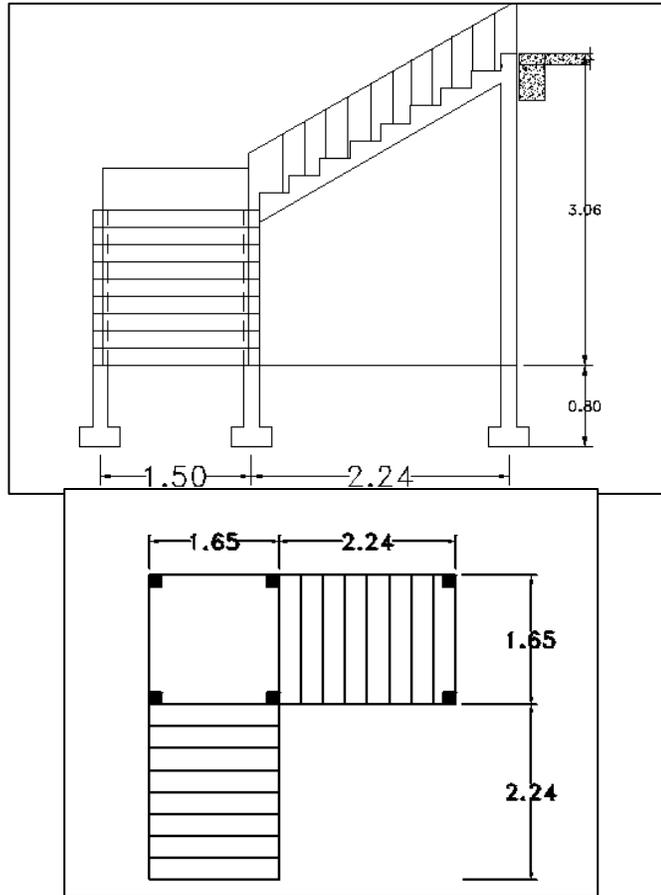
$$\text{Acabados} = 80,00 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Carga muerta total} = 584 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Carga viva} = 500 \text{ kg/m}^2$$

$$C_u = 1,4C_M + 1,7C_V = 1,40 (584) + 1,7 (500) = 1\,667,60 \text{ kg/m}^2$$

Figura 55. **Planta-elevación módulo de gradas**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

Cálculo de los momentos actuantes en la losa:

Se considera el diseño de una losa unidireccional apoyada en los muros, por consiguiente:

$$M(+)=\frac{W*L^2}{9}=\frac{1\ 676,6*2,8}{9}=1\ 452,66\text{ kg - m}$$

$$M(-) = \frac{W \cdot L^2}{14} = \frac{1\,650,8 \cdot 3^2}{14} = 933,86 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

Acero mínimo:

$$A_{s\text{mín}} = \rho_{\text{mín}} \cdot b \cdot d$$

$$\rho_{\text{mín}} = 14,1 / f_y$$

b = franja unitaria = 100 cm

t = espesor de la losa = 0,12 m

d = peralte efectivo

$$d = t - \text{rec min} - \varnothing/2 = 12 - 2,5 - 1,27/2 = 8,87 \text{ cm}$$

$$A_{s\text{mín}} = (14,1 / 2\,810) \cdot 100 \cdot 8,87 = 4,45 \text{ cm}^2$$

$$A_s = \left[(b \cdot d) - \sqrt{(b \cdot d)^2 - \frac{M \cdot b}{0,003825 \cdot f'_c}} \right] \left(\frac{0,85 \cdot f'_c}{f_y} \right)$$

$$A_{sM(-)} = \left[(100 \cdot 8,87) - \sqrt{(100 \cdot 8,87)^2 - \frac{933,86 \cdot 100}{0,003825 \cdot 210}} \right] \left(\frac{0,85 \cdot 210}{2\,810} \right) = 4,33 \text{ cm}^2$$

Separación para $A_{sM(-)}$ con varillas No. 4

$$4,33 \text{ cm}^2 \text{ ----- } 100 \text{ cm}$$

$$1,27 \text{ cm}^2 \text{ ----- } S$$

Aplicando una regla de tres:

$$S = 1,27 \cdot 100 / 4,33$$

$$S = 29,33 \text{ cm} \approx 29 \text{ cm}$$

$$A_{s_{M(+)}} = \left[(100 \cdot 8,87) - \sqrt{(100 \cdot 8,87)^2 - \frac{1\,452,66 \cdot 100}{0,003825 \cdot 210}} \right] \left(\frac{0,85 \cdot 210}{2 \cdot 810} \right) = 6,90 \text{ cm}^2$$

Separación para $A_{s_{M(+)}}$ con varillas No. 4

$$\begin{array}{l} 6,90 \text{ cm}^2 \text{ ----- } 100 \text{ cm} \\ 1,27 \text{ cm}^2 \text{ ----- } S \end{array}$$

Aplicando una regla de tres:

$$\begin{aligned} S &= 1,27 \cdot 100 / 6,9 \\ S &= 18,41 \text{ cm} \approx 18 \text{ cm} \end{aligned}$$

Se elige una separación de 15 cm.

$$\begin{aligned} \text{Acero por temperatura} = A_s &= 0,002 \cdot b \cdot t = 0,002 (100) \cdot (12) = 2,40 \text{ cm}^2 \\ S_{\text{máx}} &= 2 \cdot t = 2 \cdot 12 = 24 \text{ cm} \end{aligned}$$

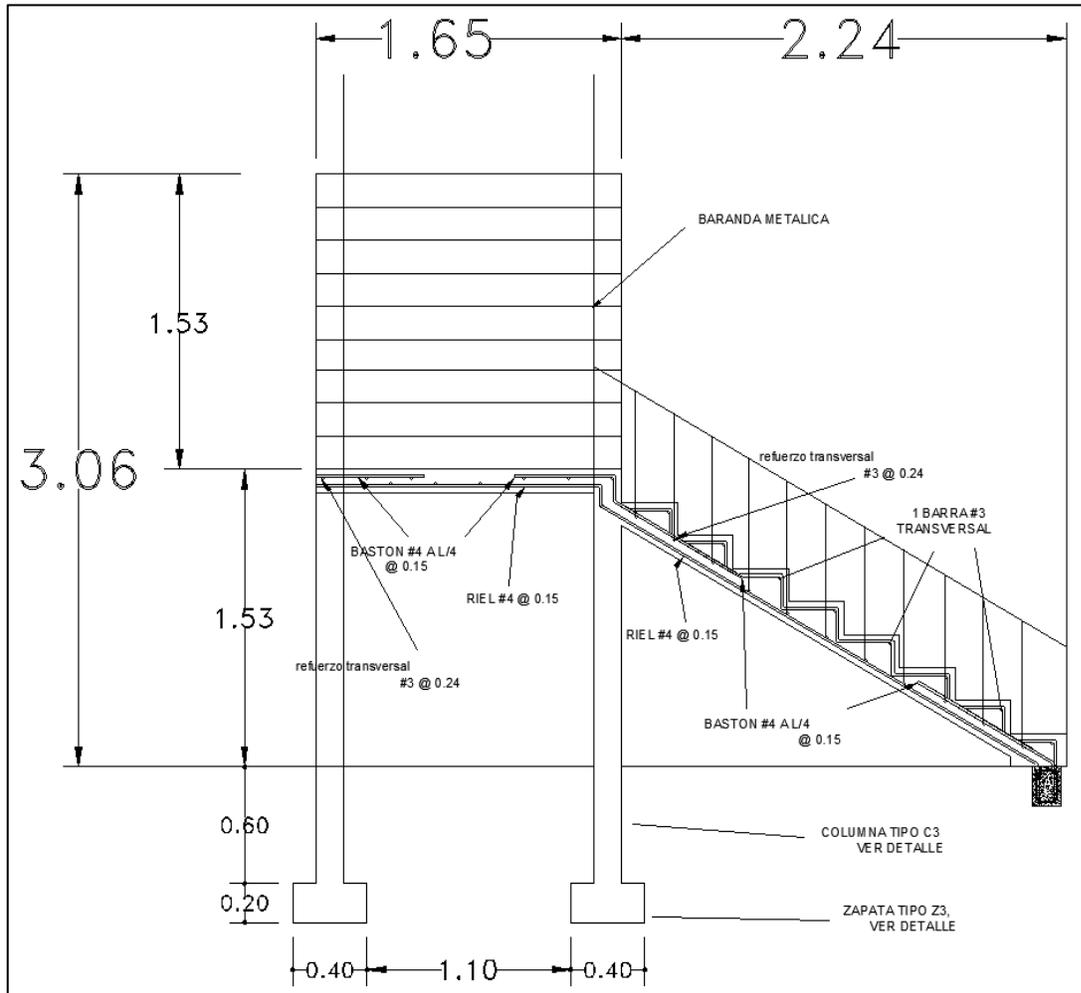
Separación para $A_{stem} = 2,4 \text{ cm}^2$ con varilla No. 3

$$\begin{array}{l} 2,4 \text{ cm}^2 \text{ ----- } 100 \text{ cm} \\ 0,71 \text{ cm}^2 \text{ ----- } S \end{array}$$

Aplicando una regla de tres:

$$\begin{aligned} S &= 0,71 \cdot 100 / 2,4 \\ S &= 29,58 \text{ cm} > S_{\text{máx}}; \text{ entonces utilizar } S_{\text{máx}} = 24 \text{ cm} \end{aligned}$$

Figura 56. **Sección transversal módulo de gradas**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

2.1.6. Instalaciones eléctricas

El sistema de electricidad estará conformado por dos circuitos principales, uno es para fuerza y el otro es para iluminación, por cada nivel, cada circuito de fuerza tendrá 6 tomacorrientes dobles de 115 voltios como máximo, el alambre tendrá un calibre 12 y estará protegido por un flipón de 20 amperios. El circuito

de iluminación está conformado por 6 lámparas tipo industrial de 2x40 watts, el calibre del alambre utilizado en el diseño es 12, el cual tiene una capacidad para 20 amperios, cada circuito está protegido por un flipón de 20 amperios.

El sistema tendrá 2 tableros de control (1 por cada nivel) de 4 polos, se utilizará poliducto de 3/4" empotrado en la losa para proteger el alambrado, el sistema eléctrico no incluye la instalación de aparatos especiales que requieran mayor voltaje, es decir, únicamente para 110 voltios.

Datos:

6 lámparas de 20X40 watts

Voltaje = 120 v

Factor de seguridad = 0,95

$$\sum cu = 57 \text{ m}/\Omega\text{mm}^2$$

$$I = \frac{600 \text{ watts}}{(0,95) * (120 \text{ v})} = 5,26 \text{ A}$$

Cálculo del área del alambre:

$$A = \frac{2LI}{(\sum cu) * (e)} = \frac{(2) * (8 \text{ m}) * (5,26 \text{ A})}{(57 \text{ m}/\Omega\text{mm}^2) * (3,6)} = 0,41 \text{ mm}^2$$

$$A = \pi * r^2 \quad \rightarrow r = \sqrt{\frac{A}{\pi}} = \sqrt{\frac{0,41}{\pi}} = 0,30 \text{ mm}$$

Por lo tanto, el radio es de 0,30 mm, para instalaciones eléctricas el mínimo recomendado es calibre 12, el cual tiene un área transversal mayor a la requerida, por lo tanto si es factible su uso.

2.1.7. Instalaciones hidráulicas

Drenaje pluvial

Para este proyecto se distribuirá la losa en cinco áreas de 32,5m² cada una, desnivel del 1,5% para conducir el agua hacia las bajadas de agua. Para el diseño de las bajadas de agua pluvial, se debe considerar la intensidad de lluvia de la zona y tomar en cuenta que alcanza su nivel máximo durante los primeros doce minutos.

Determinación del diámetro de la tubería

Datos:

Pendiente = 1,5%

Área tributaria = 28,77 m² = 0,002877 hectáreas

Tiempo para tramo inicial t = 12 minutos

PVC = 3 pulgadas

Coefficiente de rugosidad de PVC n = 0,010

Coefficiente para escorrentía para superficie de concreto C = 0,90

Intensidad de lluvia para la región de Puerto Barrios en 10 años

$$I = \frac{13\,630}{(t+31)^n}$$

Encontrando intensidad:

$$I = \frac{13\,630}{(12+31)^{1,1}} = 217,61 \text{ mm/h}$$

Caudal de diseño:

$$q_{di} = \frac{0,90 \cdot 217,61 \cdot 0,002877}{360} = 0,00157 \text{ m}^3/\text{s} = 1,57 \text{ l/s}$$

Encontrando la velocidad de flujo de sección llena:

$$V = \frac{0,03429 \cdot D^{2/3} \cdot S^{1/2}}{n} = \frac{0,03429 \cdot (3)^{2/3} \cdot (1,5/100)^{1/2}}{0,010} = 0,87 \text{ m/s}$$

Área de sección de tubería:

$$A = 5,067 \cdot E^{-10} \cdot D^2 = 5,067 \cdot E^{-10} \cdot (3)^2 = 0,00456 \text{ m}^2$$

Caudal de sección llena:

$$Q = A \cdot V = (0,00456) \cdot (0,87) = 0,0039 \text{ m}^3/\text{s} = 3,96 \text{ l/s}$$

Como Q es mayor que q_{di} el diámetro de tubería es correcto.

2.1.8. Planos constructivos

Se elaboraron nueve planos, los cuales son:

- Planta amueblada
- Planta acotada
- Plano de cimentaciones y columnas
- Plano de armado de losas y detalles de vigas

- Plano de corte de muros y detalles estructurales
- Plano de acabados
- Plano de instalaciones eléctricas - fuerza
- Plano de instalaciones eléctricas- iluminación
- Plano de elevaciones

2.1.9. Presupuesto

Se elaboró a base de precios unitarios, aplicando un 30 % de costos indirectos, en los cuales se incluyen gastos de administración, supervisión y utilidades. El precio de materiales se obtuvo mediante cotizaciones en centros de distribución de la región.

2.1.9.1 Resumen de presupuesto

Cuantifica en términos financieros los diversos componentes de su plan total de acción, ver tabla VIII.

2.1.10 Cronograma de ejecución

Es la agenda en la cual se definen a través del tiempo la ejecución y el control (evaluación) del presupuesto.

Tabla VII. Cronograma de ejecución edificación escolar

ACTIVIDADES	MESES DE EJECUCIÓN						
	1	2	3	4	5	6	7
LIMPIA Y NIVELACIÓN	■						
ARMADO Y FUNDICIÓN DE CIMENTACIÓN	■	■	■	■			
ARMADO Y FUNDICIÓN DE COLUMNAS		■	■	■	■		
ARMADO Y FUNDICIÓN DE VIGAS			■	■	■	■	
ARMADO Y FUNDICIÓN DE SOLERAS				■	■	■	■
ARMADO Y FUNDICIÓN DE LOSAS					■	■	■
MÓDULO DE GRADAS						■	
INSTALACIONES ELÉCTRICAS						■	■
INSTALACIONES DE DRENAJES						■	■
ACABADOS							■
INSTALACIÓN DE PUERTAS Y VENTANAS							■
LIMPIEZA GENERAL							■

Fuente: elaboración propia.

Tabla VIII. Presupuesto edificio escolar

PROYECTO: EDIFICACIÓN ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA LA ALDEA ENTRE RIOS UBICACIÓN: PUERTO BARRIOS, IZABAL					
RESUMEN DE PRESUPUESTO PARA EDIFICACIÓN ESCOLAR					
No	REGLON	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Total
1	TABAJOS PRELIMINARES				
1.1	LIMPIEZA Y NIVELACIÓN	m ²	1.00	Q 2,197.00	Q 2,197.00
2	CIMENTACIÓN				
2.1	Zapata Z-1	unidad	7.00	Q 5,600.00	Q 39,200.00
2.2	Zapata Z-2	unidad	7.00	Q 15,000.00	Q 105,000.00
2.3	Zapata Z-3	unidad		Q -	Q -
2.4	Cimiento Trapezoidal	ml	72.20	Q 269.36	Q 19,447.79
3	MUROS DE ESCUELA				
3.1	Muros tabique 0,15X0,20X0,40m	m ²	437.88	Q 152.53	Q 66,790.69
3.2	SOLERAS				
3.2,1	Solera sillar de 0,15x0,20 m	ml	32.00	Q 180.83	Q 5,786.54
3.2,2	Solera tipo U de 0,15x0,20 m	ml	210.46	Q 114.16	Q 24,026.11
3.2,3	Solera dintel 0,15x0,25 m	ml	210.46	Q 190.94	Q 40,185.23
4	ESTRUCTURAS				
4.1	COLUMNAS				
4.1,1	Columna C-1	ml	95.55	Q 1,273.25	Q 121,659.28
4.1,2	Columna C-2	ml	63.00	Q 922.85	Q 58,139.42
	Columna C-3	ml	380.00	Q 246.09	Q 93,514.20
4.2	VIGAS				
4.2,1	Viga 1X	ml	26.10	Q 1,570.35	Q 40,986.25
4.2,2	Viga 2X	ml	26.10	Q 1,570.35	Q 40,986.25
4.2,3	Viga 3X	ml	26.10	Q 1,570.35	Q 40,986.25
4.2,4	Viga 1Y	ml	31.50	Q 1,570.35	Q 49,466.17
4.2,5	Viga 2Y	ml	14.00	Q 1,570.35	Q 21,984.96
4.2,6	Viga 3Y	ml	31.50	Q 1,281.75	Q 40,375.27
4.2,7	Viga 4Y	ml	14.00	Q 1,281.75	Q 17,944.56
5	TECHOS				
5.1	LOSA TRADICIONAL	m ²	169.65	Q 1,128.99	Q 191,532.31
6	INDEPENDIENTES				
6.1	MÓDULO DE GRADAS	Global	1.00	Q 15,238.44	Q 15,238.44
7	ACABADOS				
7.1	ACABADO DE PISO				
7.1,1	Piso de granito	m ²	440.00	Q 61.07	Q 26,869.44
7.2	ACABADO DE MURO				
7.2,1	Repello	m ²	1065.63	Q 18.91	Q 20,152.08
7.2,2	Cernido vertical	m ²	1065.63	Q 18.91	Q 20,152.08
8	SISTEMA DE DRENAJE				
8.1	DRENAJE PLUVIAL	Global	1.00	Q 5,639.40	Q 5,639.40
9	SISTEMA ELÉCTRICO				
9.1	ILUMINACION LAMPARAS DE 2X40	Global	1.00	Q 18,412.55	Q 18,412.55
9.2	FUERZA	Unidad	1.00	Q 7,604.35	Q 7,604.35
10	PUERTAS Y VENTANAS				
10.1	PUERTAS	Unidad	6.00	Q 1,657.50	Q 9,945.00
	VENTANAS	unidad	22.00	Q 1,054.77	Q 23,205.00
11	OTROS				
11.1	Limpieza general	globla	1.00	Q 1,430.00	Q 1,430.00
COSTO TOTAL DEL PROYECTO					Q 1,168,856.63
costo por m ²					Q 6,889.81

Fuente: elaboración propia.

2.1.10. Evaluación de impacto ambiental (inicial)

La evaluación del riesgo de impacto ambiental, se realizó mediante una boleta de riesgo utilizada en la municipalidad. Esta evaluación dio como resultado un punteo de 208 puntos, una calificación superior a los 400 puntos, significa que sería necesario reformular el proyecto, y una calificación superior a 1000 rechaza por completo el proyecto.

Tabla IX. Boleta de riesgo edificación escolar

Proyecto Diseño de la edificación escolar de dos niveles para la aldea Entre Ríos

Localización Puerto Barrios, Izabal

Identificación y evaluación de riesgo programas/proyectos			N.A.	Expuesto al evento	General al evento	Nula	Mínima	Moderada	Severa				Baja	Media	Alta	Extrem. Alta	Total = A * V	
																		Amenaza
Origen del evento	Factor	Tipo de evento				0	4	8	10				2	4	8	10		
Naturales	Meteorológicos	Huracanes, ciclones y tifones				X							X				0	
		Tornados				X							X					0
		Tormenta tropical					X						X					8
		Onda térmica fría				X							X					0
		Onda térmica cálida				X							X					0
		Inundaciones					X						x					16
		Sequias que provocan pérdidas agrícolas					X						x					8
	Otros																	
	Topográficos ó geotécnicos	Derumbes					X							X				0
		Deslizamientos					x							X				8
		Lahares					X							X				0
		Flujos de lodo y agua						X						X				16
		Otros																

Continuación de la tabla IX.

Derechos humanos	Violación de derechos humanos				x				x											0	
	genera pobreza				x				X												8
	Genera discriminación				X				X												0
	Ocurrencia de epidemias				X				X												0
otros																					
Seguridad ciudadana	Delincuencia organizada				X				X												0
	Delincuencia común							X												X	8
	conflictos limítrofes				X				X												0
	Ocurrencia de guerra				X				X												0
	Ocurrencia de terrorismo				X				X												0
Otros																					
Entorno político económico-social	Crisis política				X				X												0
	Crisis gubernabilidad				X				X												0
	Crisis económica							X											X		16
	Crisis social				X				X												8
Otros																					
Manejo del ambiente	Destrucción de hábitats naturales				X				X												8
	Radiación solar intensa				X				X												8
	Descarga de sólidos y líquidos a cuerpos de agua				X														x		16
	Descarga de partículas sólidas al aire				X				X												0
	Contaminación por ruido superior a 90 DB				X				X												0
	Contaminación de suelos				X														x		16
	Sobre-explotación de recursos naturales				X				X												0
	Desertificación				X				X												0
	Incendios forestales				X				X												0
Otros																					
Accidentes	Fallas industriales y tecnológicas				X				X												0
	De transporte aéreo, acuático y terrestre				X				X												0
	Derrame de productos petroleros				X				X												0
	Depositos industriales y químicos				X				X												0
	colapso de estructuras				X				X												0
	Explosiones				X				X												8
	Centrales eléctricas, térmicas y geotérmicas				x				X												0
	Oleoductos				X				X												0
	coheterias				X				X												0
	Urbanización desordenada				X				X												16
	Edificios, ruinas, monumentos abandonados				X				X												8
	Otros																				
Escala	Descripción																			TOTAL	
																					184

Continuación de la tabla IX.

Amenaza	Nula	No apreciable
	Minima	Visible, sin importancia para la estabilidad del sistema
	Moderada	Alteración notable, pero en un ámbito reducido
	Severa	Alteración notable, extensa consecuencias dañinas y mortales
vulnerabilidad	Baja	Población es afectada en forma mínima, no existe peligro de muerte
	Media	Población es afectada focalmente, existe peligro de muerte
	Alta	Población es afectada extensivamente, existe peligro de muerte
	Extrem. Alta	Población es afectada extensivamente, existe peligro de muerte, sin capacidad de recuperación
Escala de decisión	Bajo	menor 400 (se acepta el proyecto con medidas mitigación)
Riesgo	Medio	mayor de 401 hasta 1000 (reformular el proyecto)
(Puntos de riesgo) 184 PUNTOS	Alto	mayor de 1000 (Se rechaza el proyecto, reformularlo)

Fuente: elaboración propia.

2.2. Diseño de la carretera y pavimentación hacia aldea Milla 6

Se diseña bajo los parámetros de la Dirección General de Caminos.

2.2.1. Descripción del proyecto

Esta vía es la única hacia la aldea Milla 6 y otras aldeas aledañas, la topografía del lugar es muy ondulada y montañosa. El camino existente tiene curvas con radios pequeños y un ancho aproximado de 6,5 m, además pendientes pronunciadas.

El proyecto consiste en el diseño de la carretera que mide aproximadamente 3,02 kilómetros de longitud, una sección típica E, velocidad de diseño de 30 km/h, radio de curvatura mínimo de 30 m, pavimento rígido, la carretera beneficiará a varias comunidades. Se tomaron como parámetros de diseño las normas de la Dirección General de Caminos.

2.2.2. Preliminar de campo

Se realiza antes del levantamiento topográfico, para poder establecer una posible ruta y observar los posibles derechos de paso.

2.2.2.1. Reconocimiento

Previo al levantamiento topográfico, se realizó una visita de campo a fin de establecer una posible ruta a elegir, dentro de las limitantes se tuvieron los posibles derechos de paso, los cuales no se pueden modificar, ya que existen viviendas. La ruta que se tomó es la existente.

2.2.2.2. Levantamiento topográfico

Para el trazo de la línea preliminar se generan curvas de nivel del modelo digital y se ubican en el plano los puntos obligados de paso; dos puntos obligados son el inicio y el final del camino, los cuales ya fueron ubicados y referenciados en el reconocimiento preliminar de campo. El levantamiento topográfico se realizó con una estación total, con la cual, se obtuvo la planimetría, altimetría y las secciones transversales.

2.2.3. Dibujo preliminar

Éste servirá para establecer la ruta final de la carretera, en éste se observaran las deflexiones y cambios de altura entre estaciones, proporcionando la información necesaria para el diseño final.

2.2.3.1. Planimétrico

Para dibujar la planta de la carretera, se importaron los datos de la topografía, que incluían coordenadas totales al programa Civil 3D. El dibujo de la línea central en planta, de la carretera existente, sirve para el cálculo de los azimut y distancias de la línea de localización.

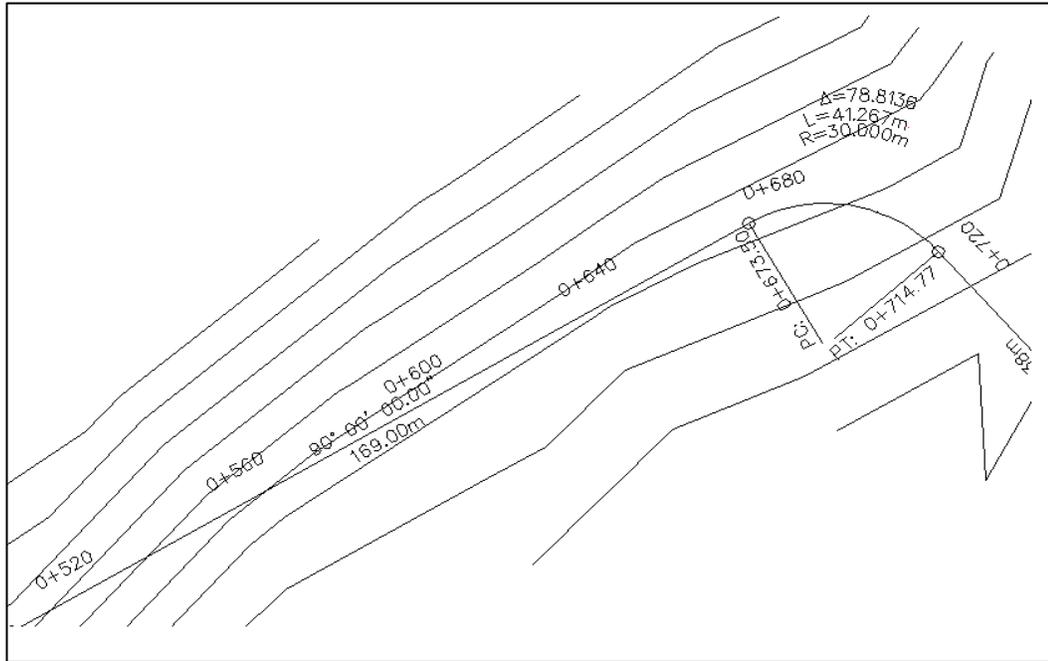
2.2.3.2. Altimétrico

Las cotas, se obtuvieron directamente de la memoria de la estación total. En este se grafica la relación de la altura respecto a la longitud en una relación de 1 a 10 respectivamente, para que puedan ser apreciadas las diferencias de pendientes.

2.2.3.3. Curvas de nivel

Para el dibujo de curvas de nivel se utilizó el programa Civil 3D, este interpoló la información de cada coordenada, tejiendo una red con los puntos ingresados a partir de los datos obtenidos de las secciones transversales y del eje central. Se procedió a ubicar, en el dibujo en planta, cada punto de las secciones a partir del punto que le corresponda el caminamiento en la línea central. Las curvas de nivel del levantamiento sirven para determinar las pendientes del terreno.

Figura 57. **Curvas de nivel**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

2.2.4. **Diseño de localización**

Éste consiste en diseñar la línea final o la línea de localización, la cual será la definitiva para el proyecto, se realiza con toda la información que se recabe en campo por la brigada de topografía. Para la realización del diseño de la línea de localización se deben considerar los parámetros de diseño, para este caso se optaron los parámetros de la Dirección General de Caminos. Se adoptó una típica E, en función del tránsito. Se diseñará con un radio mínimo de 30 metros, una pendiente máxima de 10 % y un ancho de calzada de 5,5 metros. La velocidad de diseño máxima será de 30 Km/h en regiones montañosas. En el diseño de localización se deben contemplar las longitudes de transición entre las curvas.

El diseño se realizó utilizando el software Civil 3D, ingresando manualmente los parámetros de diseño y verificando que se cumplan las especificaciones.

Las curvas de diseño se deben adecuar lo mejor posible a las características del terreno, las curvas se unen por medio de tangentes, verificando que se cumplan las especificaciones de las longitudes de transición, este es un proceso de ensayo y error hasta llegar a la línea definitiva, que será la que cumpla todos los parámetros.

Tabla X. Características geométricas

T.P.D. DE	CARRETERA	VELOCIDAD DE DISEÑO	ANCHO DE CALZADA (mts.)	ANCHO DE TERRACERÍA		DERECHO DE VÍA	RADIO MÍNIMO	PENDIENTE MÁXIMA (mts.)	DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA		DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PASO	
				CORTE (mts.)	RELLENO (mts.)				MÍNIMA (mts.)	RECOMEN-DADA (mts.)	MÍNIMA (mts.)	RECOMEN-DADA (mts.)
3,000 A 5,000	TIPO "A"		2x7.20	25	24	50						
	REGIONES											
	LLANAS	100					375	3	160	200	700	750
	ONDULADAS	80					225	4	110	150	520	550
	MONTAÑOSAS	60					110	5	70	100	350	400
1,500 A 3,000	TIPO "B"		7.20	13	12	25						
	REGIONES											
	LLANAS	80					225	6	110	150	520	550
	ONDULADAS	60					110	7	70	100	350	400
	MONTAÑOSAS	40					47	8	40	50	180	200
900 A 1,500	TIPO "C"		6.50	12	11	25						
	REGIONES											
	LLANAS	80					225	6	110	150	520	550
	ONDULADAS	60					110	7	70	100	350	400
	MONTAÑOSAS	40					47	8	40	50	180	200
500 A 900	TIPO "D"		6.00	11	10	25						
	REGIONES											
	LLANAS	80					225	6	110	150	520	550
	ONDULADAS	60					110	7	70	100	350	400
	MONTAÑOSAS	40					47	8	40	50	180	200
100 A 500	TIPO "E"		5.50	9.50	8.50	25						
	REGIONES											
	LLANAS	50					75	8	55	70	260	300
	ONDULADAS	40					47	9	40	50	180	200
	MONTAÑOSAS	30					30	10	30	35	110	150
10 A 100	TIPO "F"		5.50	9.50	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

Fuente: Dirección General de Caminos.

2.2.4.1. Corrimiento de línea

Los corrimientos de línea, se hacen cuando por razones especiales el caminamiento preliminar no llene los requerimientos del proyecto, tales como: especificaciones, pasos obligados, suelos rocosos, barrancos, etc.

Existen varios tipos de corrimientos de línea; un caso es el que cambia totalmente en azimut y distancia de dos de las rectas de la poligonal de la preliminar, otro caso, consiste en obviar una o más estaciones del levantamiento preliminar, para formar una sola recta entre dos puntos.

Primer caso: es un cálculo hecho por tanteos (mediante coordenadas), los puntos que contengan las rectas que se quieren modificar, a una escala fácil de leer. Todo corrimiento de línea, tiene como base dos puntos fijos y un tercer punto que es el que se quiere modificar y para lo cual se deberán suponer las coordenadas del tercer punto en cada tanteo y revisar si las nuevas rectas calculadas pasan por donde se desea, si esto fuese así, únicamente queda calcular el azimut y la distancia de cada recta.

Segundo caso: este corrimiento de línea se calcula cuando existe una parte del levantamiento de la preliminar que puede evitarse o acortarse sin causar que el diseño de localización sufra cambios técnicamente inaceptables, por lo que únicamente se tendrá que calcular la distancia y el azimut de la recta que unirá a dos puntos del levantamiento preliminar, obviando por lo menos un punto del mencionado levantamiento.

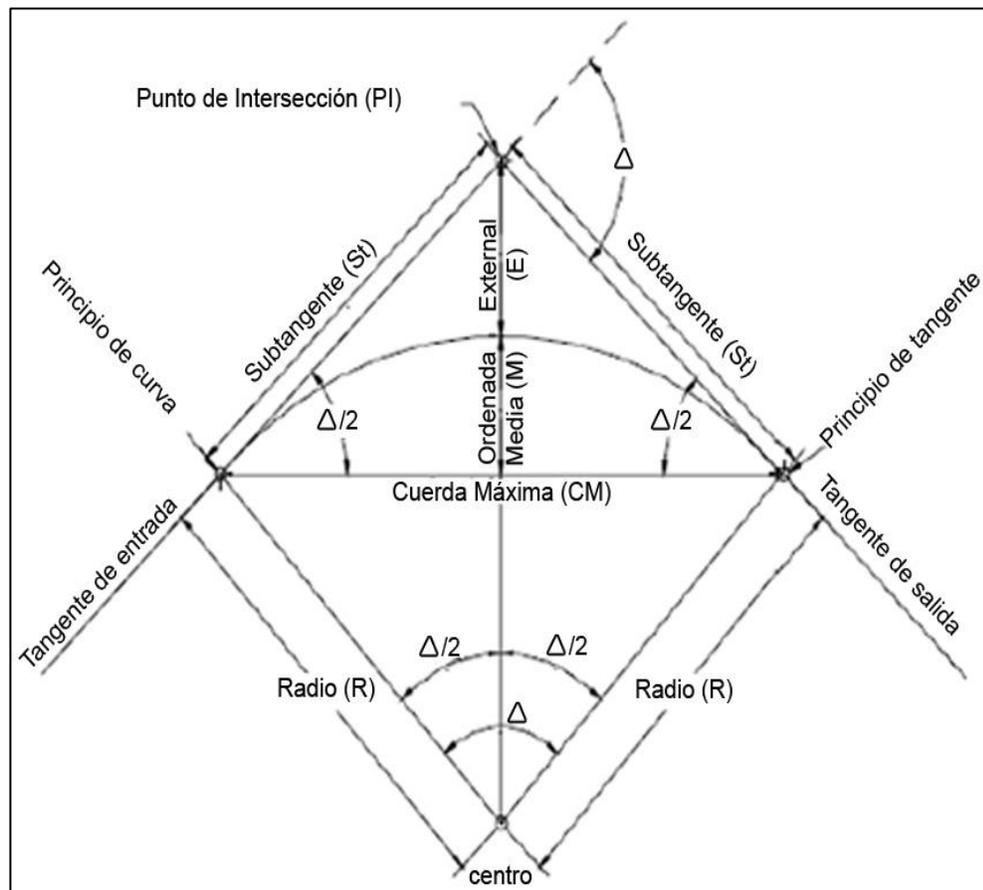
2.2.4.2. Cálculo de elementos de curva horizontal

Radica en el diseño de la línea final de localización en planimetría, mediante el cálculo de las curvas horizontales, las cuales definirán la ruta a seguir, en el transcurso del diseño y cálculo se deben considerar varios aspectos técnicos.

Las curvas horizontales forman parte del alineamiento horizontal de una carretera; son arcos de círculo que forman la proyección horizontal de las

curvas empleadas para unir dos tangentes consecutivas; pueden ser simples (solo una curva circular) o compuestas (formadas por dos o más curvas, del mismo sentido o no y diferente radio). Están compuestas por los siguientes elementos:

Figura 58. **Elementos de curva horizontal**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

Para el diseño es necesario establecer un radio de curva en función de las deflexiones, para este caso se obtuvieron de la tabla IX. Después se procede al cálculo de las curvas horizontales.

El diseño geométrico de carreteras es un procedimiento de tanteos hasta que se consigue el más óptimo. En los siguientes incisos se calculará cada elemento de la curva 2, a manera de ejemplo.

Datos:

Deflexión = $52,36^\circ$

Radio elegido = 30,00 m (en función de la deflexión)

Estación de inicio = 0+360

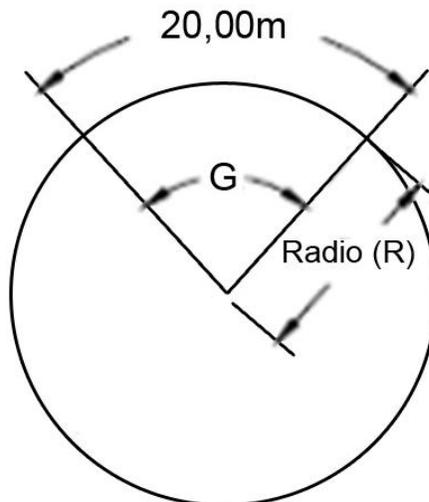
Las fórmulas utilizadas para calcular los distintos elementos de una curva horizontal están definidas por el grado de una curva (G).

Grado de curvatura (G): en Guatemala se define como el ángulo central que sobre una circunferencia define un arco de 20 metros de longitud. En otra forma, se dice que (G) es el ángulo subtendido por un arco de 20 metros.

$$G = 1145,9156/R = 1145,9156/30 = 38^\circ$$

También es necesario tener las distancias entre los puntos de intersección (PI) de localización y el azimut. De acuerdo a Δ (diferencia entre el azimut 1 y azimut 2 que convergen en un PI) y la velocidad de diseño, se escogerá el grado de curvatura (G), para cada curva, utilizando las tablas de especificaciones de la Dirección General de Caminos.

Figura 59. **Grado de curvatura**



Fuente: ILLESCAS PONCE, Alvaro Danilo. Diseño del tramo carretero comprendido desde el entronque del kilómetro 171+400 carretera Interamericana (CA-1), hacia el caserío Nuevo Xetinamit, del municipio de Nahualá, departamento de Sololá. p. 22.

Peralte: Consiste en elevar, en las curvas, el borde exterior de las vías una cantidad, para que permita que una componente de la vía se oponga a la fuerza centrífuga evitando de esta manera que el vehículo desvíe radialmente su trayectoria hacia fuera. El sobreancho: se introduce en las curvas horizontales para mantener las mismas condiciones de seguridad que los tramos rectos La longitud de la espiral: se emplea para realizar la transición del peralte y la del sobre-ancho entre la sección transversal en línea recta y la sección transversal completamente peraltada y con sobre-ancho de la curva.

En la tabla X se encuentran los radios que deben tener las curvas horizontales según el grado de curvatura escogido, además de otros elementos que son: peralte, sobre ancho y longitud de espiral. Se debe tomar en cuenta que la carretera será tipo E, por lo que, en teoría, el radio mínimo utilizado deberá ser de 30 metros.

Tabla XI. **Especificaciones para curvas circulares, especificaciones para caminos de penetración, sección típica E**

G	RADIO	20 K.P.H.				30 K.P.H.				40 K.P.H.			
		DB = 10				DB = 11				DB = 12			
		e%	LS	Δ	SA	e%	LS	Δ	SA	e%	LS	Δ	SA
1	1145.92	0.20	11	0.60	0.00	0.50	17	0.80	0.00	0.80	22	1.10	0.00
2	572.96	0.40	11	1.10	0.00	0.90	17	1.70	0.00	1.60	22	2.20	0.00
3	381.97	0.60	11	1.70	0.00	1.30	17	2.50	0.00	2.30	22	3.30	0.60
4	286.48	0.80	11	2.20	0.00	1.70	17	3.30	0.60	3.00	22	4.40	0.60
5	229.18	1.00	11	2.80	0.00	2.10	17	4.20	0.60	3.70	22	5.60	0.60
6	190.99	1.20	11	3.30	0.60	2.50	17	5.00	0.60	4.40	22	6.70	0.60
7	163.70	1.30	11	3.90	0.60	2.90	17	5.80	0.60	5.00	22	7.80	0.60
8	143.24	1.50	11	4.40	0.60	3.30	17	6.70	0.60	5.50	22	8.90	0.60
9	127.32	1.70	11	5.00	0.60	3.70	17	7.50	0.60	6.10	24	10.60	0.65
10	114.59	1.90	11	5.60	0.60	4.00	17	8.30	0.61	6.60	25	12.70	0.70
11	104.17	2.10	11	6.10	0.60	4.40	17	9.20	0.65	7.00	27	15.00	0.75
12	95.49	2.20	11	6.70	0.60	4.70	17	10.10	0.70	7.50	29	17.40	0.80
13	88.15	2.40	11	7.20	0.64	5.00	18	11.70	0.74	7.90	31	19.80	0.85
14	81.85	2.60	11	7.80	0.68	5.40	19	13.40	0.79	8.20	32	22.40	0.90
15	76.39	2.70	11	8.30	0.72	5.70	20	15.10	0.83	8.60	33	24.90	0.95
16	71.62	2.90	11	8.90	0.76	6.00	21	17.00	0.87	8.90	34	27.50	0.99
17	67.41	3.10	11	9.40	0.80	6.20	22	18.90	0.92	9.10	35	30.10	1.04
18	63.66	3.20	11	10.00	0.84	6.50	23	20.90	0.96	9.40	36	32.60	1.09
19	60.31	3.40	11	10.60	0.88	6.80	24	22.90	1.00	9.50	37	35.20	1.13
20	57.30	3.60	12	11.70	0.92	7.00	25	25.00	1.05	9.70	38	37.60	1.18
21	54.57	3.70	12	12.80	0.95	7.30	26	27.20	1.09	9.80	38	40.00	1.23
22	52.09	3.90	13	14.00	0.99	7.50	27	29.40	1.13	9.90	38	42.30	1.27
23	49.82	4.00	13	15.20	1.03	7.70	28	31.70	1.17	10.00	39	44.50	1.32
24	47.75	4.20	14	16.40	1.07	7.90	28	33.90	1.22	10.00	39	46.50	1.36
25	45.84	4.30	14	17.70	1.11	8.10	29	36.20	1.26				
26	44.07	4.50	15	19.10	1.15	8.30	30	38.60	1.30				
27	42.44	4.60	15	20.40	1.19	8.50	30	40.90	1.34				
28	40.93	4.80	16	21.90	1.23	8.70	31	43.30	1.38				
29	39.51	4.90	16	23.30	1.27	8.80	31	45.70	1.42				
30	38.20	5.10	17	24.80	1.30	9.00	32	48.00	1.47				
31	36.97	5.20	17	26.30	1.34	9.10	33	50.40	1.51				
32	35.81	5.30	17	27.90	1.38	9.30	33	52.80	1.55				
33	34.72	5.50	18	29.50	1.40	9.40	33	55.10	1.59				
34	33.70	5.60	18	31.10	1.46	9.50	34	57.40	1.63				
35	32.74	5.70	19	32.80	1.50	9.60	34	59.70	1.67				
36	31.83	5.90	19	34.50	1.53	9.70	34	62.00	1.71				
37	30.97	6.00	20	36.20	1.57	9.80	35	64.20	1.75				
38	30.16	6.10	20	38.00	1.61	9.80	35	66.40	1.79				
39	29.38	6.20	20	39.70	1.65	9.90	35	68.50	1.83				
40	28.65	6.40	21	41.50	1.69	9.9	35	70.60	1.87				
41	27.95	6.50	21	43.40	1.73	10.00	35	72.60	1.92				
42	27.28	6.60	22	45.20	1.76	10.00	36	74.60	1.96				
43	26.65	6.70	22	47.10	1.80	10.00	36	76.50	2.00				

Fuente: Dirección General de Caminos.

Longitud de curva (Lc): la longitud de curva es la distancia, siguiendo la curva, desde el PC hasta el PT.

Donde:

Lc = longitud de curva

G = grado de curvatura

Δ = diferencia de azimut de entrada menos azimut de salida

Los radios fueron tomados a partir de la lectura de las deflexiones.

$$Lc = \frac{20\Delta}{G} = \frac{20 \cdot 52,36}{38} = 27,416 \text{ m}$$

Sub-tangente (St): es la distancia entre el PC y el PI o entre el PI y el PT, en curvas circulares simples forman un ángulo de 90° con el radio.

$$St = R \cdot \tan\left(\frac{\Delta}{2}\right) = 30 \cdot \tan(52,36^\circ/2) = 14,75 \text{ m}$$

Cuerda máxima (Cm): es la distancia en línea recta desde el principio de curva PC al principio de tangencia PT.

$$Cm = 2R \cdot \sin\left(\frac{\Delta}{2}\right) = 2 \cdot 30 \cdot \sin\left(\frac{52,36^\circ}{2}\right) = 29,50 \text{ m}$$

External (E): es la distancia desde el punto de intersección PI al punto medio de la curva.

$$E = R \left(\sec \frac{\Delta}{2} - 1 \right) = 30 \left(\sec \frac{52,36^\circ}{2} - 1 \right) = 3,43 \text{ m}$$

Ordenada media (Om): es la distancia dentro del punto medio de la curva y el punto medio de la cuerda máxima.

$$OM = R \left[1 - \cos \frac{\Delta}{2} \right] = 30 \left[1 - \cos \frac{52,36^\circ}{2} \right] = 3,08 \text{ m}$$

Tabla XII. Resumen diseño geométrico

Curva No.	Radio	G	Deflexión	LS	Long de curva	External	Sub-tangente	ordenada media	cuerda maxima	peralte maximo (%)	sobre ancho maximo (m)
1	30.00	38	37.4797	35	19.73	1.68	10.18	1.59	19.28	9.80	1.79
2	200.00	6	5.3641	17	17.88	0.22	9.37	0.22	18.72	2.50	0.60
3	30.00	38	52.3599	35	27.56	3.43	14.75	3.08	26.47	9.80	1.79
4	30.00	38	33.8190	35	17.80	1.36	9.12	1.30	17.45	9.80	1.79
5	30.00	38	78.8136	35	41.48	8.83	24.65	6.82	38.09	9.80	1.79
6	335.68	3	3.4142	17	22.76	0.15	10.00	0.15	20.00	1.30	0.00
7	30.00	38	31.6596	35	16.66	1.18	8.51	1.14	16.37	9.80	1.79
8	30.00	38	47.5603	35	25.03	2.78	13.22	2.55	24.19	9.80	1.79
9	52.68	22	21.8861	27	19.90	0.98	10.19	0.96	20.00	7.50	1.13
10	30.00	38	79.6070	35	41.90	9.05	25.00	6.95	38.41	9.80	1.79
11	30.00	38	61.7983	35	32.53	4.96	17.95	4.26	30.81	9.80	1.79
12	30.00	38	62.7136	35	33.01	5.13	18.28	4.38	31.22	9.80	1.79
13	64.46	18	17.8482	23	19.83	0.79	10.12	0.78	20.00	6.50	0.96
14	30.00	38	64.5316	35	33.96	5.48	18.94	4.63	32.03	9.80	1.79
15	30.00	38	63.4717	35	33.41	5.27	18.55	4.49	31.56	9.80	1.79
16	30.00	38	93.2247	35	49.07	13.67	31.74	9.39	43.60	9.80	1.79
17	30.00	38	94.0460	35	49.50	14.01	32.20	9.55	43.90	9.80	1.79
18	30.00	38	63.0198	35	33.17	5.19	18.39	4.42	31.36	9.80	1.79
19	30.00	38	54.3096	35	28.58	3.72	15.39	3.31	27.38	9.80	1.79
20	30.00	38	69.2905	35	36.47	6.47	20.73	5.32	34.11	9.80	1.79
21	30.00	38	92.3643	35	48.61	13.33	31.26	9.23	43.29	9.80	1.79
22	987.39	1	1.1606	17	23.21	0.05	10.00	0.05	20.00	0.50	0.00
23	45.11	25	25.6170	29	20.49	1.15	10.26	1.12	20.00	8.10	1.26

Fuente: elaboración propia.

2.2.4.3. Determinación de curva vertical

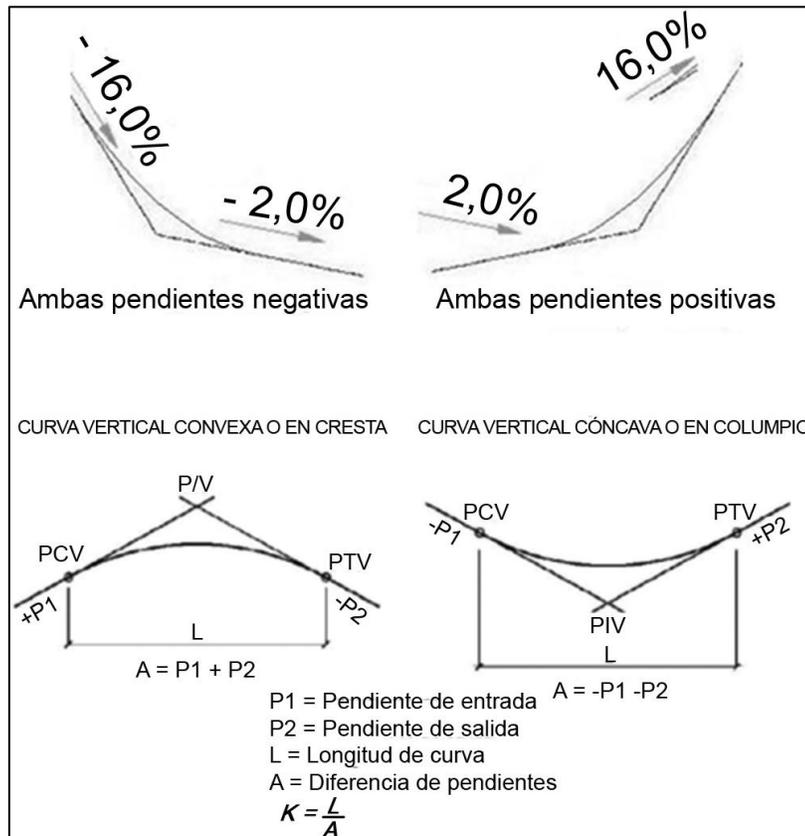
Las carreteras no sólo están conformadas por curvas horizontales, sino también por curvas verticales, lo anterior significa que se está trabajando en tres dimensiones, para su diseño y simplificación de trabajo las carreteras se desglosan en planimetría y altimetría.

En la parte de la altimetría se estudian las curvas verticales, que pueden ser cóncavas o convexas, también existen curvas en ascenso con ambas pendientes positivas (convexas) y curvas en descenso con ambas pendientes negativas (cóncavas).

La finalidad de las curvas verticales es proporcionar suavidad al cambio de pendiente, estas curvas pueden ser circulares o parabólicas aunque la más usada en el país por la Dirección General de Caminos es la parabólica simple, debido a la facilidad de cálculo y a su gran adaptación a las condiciones de terreno. Las especificaciones para curvas verticales dadas por la Dirección General de Caminos están en función de la diferencia algebraica de pendientes y de la velocidad de diseño.

En el momento de diseñar las curvas verticales deben tenerse presentes las longitudes de éstas para evitar traslapes entre curvas, dejando también la mejor visibilidad posible a los conductores. En diseños de carreteras para áreas rurales; se ha normalizado entre los diseñadores usar como longitud mínima de curva vertical la que sea igual a la velocidad de diseño.

Figura 60. **Componentes de curva vertical**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD

Lcv = Longitud de curva vertical

K = Constante que depende de las velocidades de diseño

A % = Diferencia algebraica de pendientes

En la tabla XIII se muestran los diferentes valores de K para visibilidad de parada, según la Dirección General de Caminos:

Tabla XIII. **Valores de K para curvas cóncavas y convexas**

Velocidad de diseño (KPH)	Valores de K según tipo de curva	
	Cóncava	Convexa
10	1	0
20	2	1
30	4	2
40	6	4
50	9	7
60	12	12
70	17	19
80	23	29
90	29	43
100	36	60

Fuente: VALLADARES, Jorge Félix. Guía teórica práctica del curso de vías terrestres 1. p. 31.

Además existen cuatro criterios que ayudan a determinar la longitud de las curvas verticales, éstos son:

Criterio de apariencia: para curvas verticales con visibilidad completa, cóncavas, sirve para evitar al usuario la impresión de un cambio súbito de pendiente.

$$K = \frac{LCV}{\Delta} \geq 30, \quad \Delta = P_s - P_e$$

En donde: P_s = pendiente de salida y P_e = pendiente de entrada

Criterio de comodidad: para curvas verticales cóncavas en donde la fuerza centrífuga que aparece en el vehículo, al cambiar de dirección, se suma al peso propio del vehículo.

$$K = \frac{LCV}{\Delta} \geq \frac{V^2}{395}$$

Criterio de drenaje: para curvas verticales convexas y cóncavas, alojadas en corte. Se utiliza para que la pendiente en cualquier punto de la curva sea adecuada para que el agua pueda escurrir fácilmente.

$$K = \frac{LCV}{\Delta} \leq 43$$

Criterio de seguridad: que es la visibilidad de parada, la longitud de curva debe permitir que a lo largo de ella la distancia de visibilidad sea mayor o igual que la de parada. Se aplica a curvas cóncavas y convexas.

$$LCV = K \cdot A$$

Tabla XIV. **Resumen diseño de curvas verticales**

No.	PVI EST	PVI ELE	P1	P2	A	Tipo de curva	Long Curva	K
1	0+000,00	49,000		-4,09%				
2	0+118,53	44,147	-4,09%	1,43%	5,53%	Concava	49,143	8,890
3	0+352,19	47,497	1,43%	-2,54%	3,98%	Convexa	63,850	16,058
4	0+498,14	43,787	-2,54%	2,43%	4,97%	Concava	53,036	10,661
5	0+770,03	50,399	2,43%	-3,40%	5,83%	Convexa	40,593	6,962
6	0+931,06	44,927	-3,40%	0,68%	4,08%	Concava	39,314	9,641
7	1+151,05	46,420	0,68%	-7,00%	7,68%	Convexa	30,000	3,907
8	1+300,25	35,976	-7,00%	0,73%	7,73%	Concava	30,931	4,000
9	1+440,00	37,000	0,73%	5,49%	4,76%	Concava	30,000	6,306
10	1+713,21	52,000	5,49%	0,24%	5,25%	Convexa	30,000	5,709
11	1+884,39	52,403	0,24%	-5,53%	5,76%	Convexa	30,000	5,206
12	2+025,58	44,599	-5,53%	-1,44%	4,09%	Concava	30,000	7,344
13	2+309,27	40,509	-1,44%	3,93%	5,37%	Concava	30,450	5,670
14	2+557,41	50,257	3,93%	5,56%	1,63%	Concava	100,000	61,201
15	2+666,08	56,301	5,56%	-7,02%	1,58%	Convexa	38,894	3,092
16	2+805,99	46,481	-7,02%	0,27%	7,29%	Concava	48,827	6,701
17	3+153,04	47,414	0,27%	2,49%	2,22%	Concava	30,000	13,534
18	3+262,11	50,124	2,49%					

Fuente: elaboración propia.

2.2.5. Movimiento de tierra

En la construcción de carreteras, ésta es una de las actividades de mayor importancia, ya que afecta considerablemente en el costo de la misma. Por esto el movimiento de tierras debe ser lo más económico posible, dentro de los requerimientos que el tipo de camino especifique.

2.2.5.1. Área de secciones transversales

Para el cálculo de las áreas de las secciones transversales de la línea de localización, primero se dibujan éstas, levantadas a cada 20m, con la sección típica de la carretera tipo E para regiones montañosas. La inclinación del talud de la carretera está en función de las propiedades de los materiales; sin embargo cuando no se tienen mayores datos y para fines de estimación de volúmenes de movimiento de tierra, es recomendable usar la siguiente los valores de la siguiente tabla.

Tabla XV. Relaciones para dibujo de taludes

Corte		Relleno	
Altura	H – V	Altura	H – V
0 – 3	1 – 1		
3 – 7	1 – 2	0 – 3	2 – 1
>7	1 – 3	> 3	3 – 2

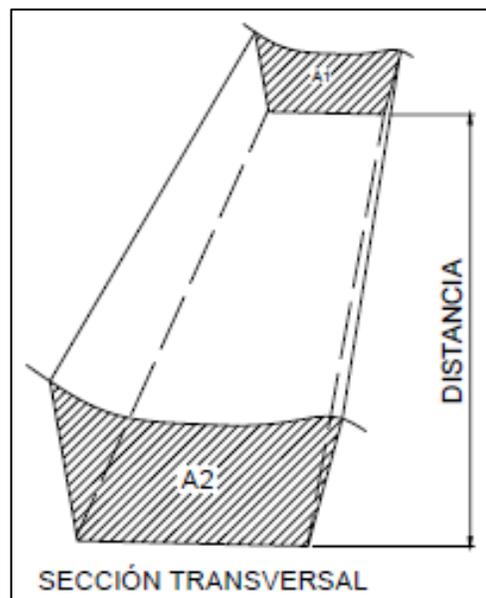
Fuente: PÉREZ, Augusto. Metodología de actividades para el diseño de carretera. p. 62.

Donde:

H = Horizontal; V = Vertical

Una vez dibujados los taludes, el área arriba de la sección típica se considera corte y el área de abajo se denomina relleno.

Figura 61. **Sección transversal**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

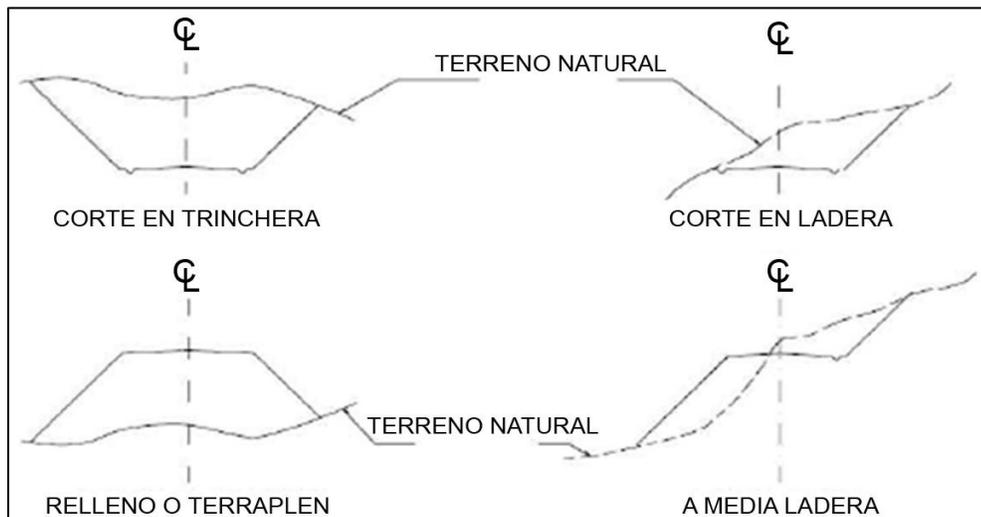
Se puede utilizar el método gráfico, el cual permite medir las áreas por medio de un planímetro graduado, para la realización de la medida de las secciones que deben estar dibujadas en papel milimetrado.

Otro método utilizado para el cálculo de área es el de determinantes, en el que con las coordenadas de los puntos que delimitan las áreas de corte y relleno se calcula el área. Para el diseño se utilizó el programa Civil 3D para la obtención de las áreas de las secciones transversales.

2.2.5.2. Volúmenes de tierra

Éste se realiza a partir de secciones transversales tomadas perpendicularmente a lo largo del eje central a cada 20 m. Las secciones transversales pueden ser: corte en trinchera, corte en ladera, en relleno o terraplén y a media ladera.

Figura 62. Tipos de secciones transversales



Fuente: CASANOVA M., Leonardo. Elementos de geometría. p. 1-24.

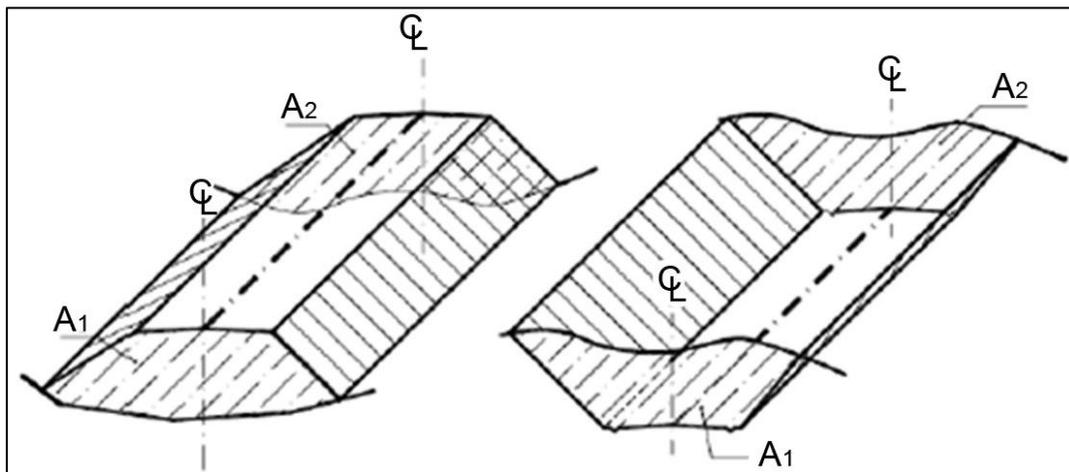
Cada una de las áreas calculadas anteriormente, constituye en un lado de un prisma de terreno que debe rellenarse o cortarse, suponiendo que el terreno se comporta en una manera uniforme entre las dos estaciones, se hace un promedio de sus áreas y se multiplica por la distancia horizontal entre ellas, se obtiene así los volúmenes de corte y relleno en ese tramo.

De igual manera que la obtención de áreas el programa Civil 3D proporciona los datos de los volúmenes de corte y de relleno. Los métodos más

utilizados para el cálculo de los volúmenes correspondientes al movimiento de tierra, son el método de las áreas medias y el método del prismoide. El método de las áreas medias en donde el volumen entre dos secciones consecutivas del mismo tipo, en corte o en relleno (ver figura 63), está dado por:

$$\text{Vol} = \frac{A_1 + A_2}{2} * \text{Distancia}$$

Figura 63. **Volumen entre secciones del mismo tipo**



Fuente: CASANOVA M., Leonardo. Elementos de geometría. p. 1-25.

Donde:

V = volumen entre ambas secciones en m³

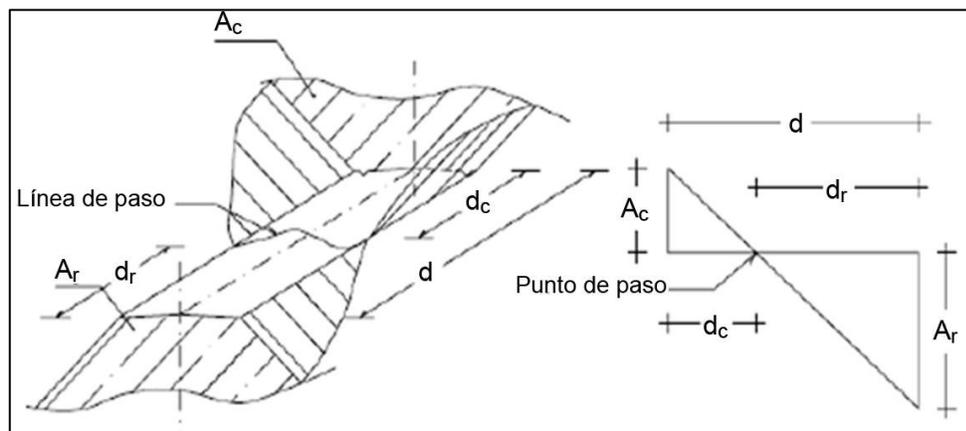
A1, A2 = áreas de secciones consecutivas en m²

d = Distancia entre secciones en metros (en este caso 20 m)

Tanto para el cálculo de áreas como de volúmenes, se utilizó el programa Civil 3D. (Ver apéndice).

Cuando existen dos secciones consecutivas de diferente tipo, se genera una línea de paso a lo largo de la cual la cota del terreno coincide con la cota de la superficie de subrasante. En este caso, se generará un volumen de corte y uno de relleno entre ambas secciones (ver figura 63).

Figura 64. **Volumen entre secciones de diferente tipo**



Fuente: CASANOVA M., Leonardo. Elementos de geometría. p. 1-25.

Se asume que la línea de paso es perpendicular al eje. El volumen de corte entre el área de corte A_c y el área de la línea de paso que es cero, y el volumen de relleno entre el área de relleno A_r y el área de la línea de paso, se calculan de la siguiente manera:

$$V_C = \frac{1}{2} * (A_C + A_0) * d_C, \quad V_R = \frac{1}{2} * (A_R + A_0) * d_R$$

$$A_0 = 0$$

V_C, V_R = volumen de corte y de relleno en m³

A_C, A_R = áreas de las secciones en corte y relleno en m²

A_0 = área de la sección en la línea de paso = 0

d_C, d_R = distancias de corte y relleno en m

Por medio de relación de triángulos se determinan los valores de d_C y d_R , de la siguiente manera: ver figura 64.

$$d_C = \frac{A_C}{A_C + A_R} * d, \quad d_R = \frac{A_R}{A_R + A_C} * d$$

2.2.6. Determinación de la calidad del suelo

El suelo es el soporte último de todas las obras de infraestructura, se comporta como una estructura más con características físicas propias (densidad, porosidad, ángulo de fricción interna, etc.) que le otorgan ciertas propiedades resistentes ante diversas sollicitaciones (compresión, corte, etc.); por esto, es necesario estudiar su comportamiento ante la perturbación que supone cualquier asentamiento antrópico; en este caso, una carretera.

2.2.6.1. Ensayos de laboratorio

El estudio de suelos se hace con base a pruebas de laboratorio; son un conjunto de procedimientos científicos que permiten caracterizar los suelos en función de diferentes propiedades físicas, químicas o mecánicas, con el fin de establecer una división sistemática, según similitud de caracteres físicos y propiedades mecánicas. Las diferentes pruebas de laboratorio se le aplican a la subrasante.

Límites de Atterberg

Se utilizan para caracterizar el comportamiento de los suelos finos. Se basan en el concepto de que en un suelo de grano fino sólo pueden existir 4 estados de consistencia según su humedad. Así, un suelo se encuentra en estado sólido, cuando está seco. Al agregársele agua poco a poco va pasando sucesivamente a los estados de semisólido, plástico, y finalmente líquido. Los contenidos de humedad en los puntos de transición de un estado al otro son los denominados límites de Atterberg. Cada uno se define por la variación de humedad que produce una consistencia determinada en el suelo, siendo éstos: límite líquido, plástico, de contracción, de pegajosidad y de cohesión.

Es importante determinar el límite líquido y plástico, ya que el suelo en esos dos estados, presenta una alta deformabilidad y una drástica reducción de su capacidad soporte, además por medio de ellos y del análisis granulométrico, se puede clasificar el suelo y de esta forma tener una idea del suelo en estudio y sus propiedades mecánicas. Estos dos límites están definidos de la siguiente manera;

Límite líquido: es el contenido de humedad por debajo del cual el suelo se comporta como un material plástico; a este nivel de contenido de humedad el suelo está en el vértice de cambiar su comportamiento al de un fluido viscoso. Está expresado en porcentaje con respecto al peso seco de la muestra utilizada para el ensayo. Los resultados obtenidos en este ensayo no presentan límite líquido.

Límite plástico: es el contenido de humedad por debajo del cual se puede considerar el suelo como un material no plástico, estado semisólido. Está

expresado en porcentaje con respecto al peso seco de la muestra utilizada para el ensayo. El material debe tener un límite líquido no mayor de 35, determinado por el método AASHTO T 89 y un índice de plasticidad entre 5 y 11. El índice de plasticidad I.P. indica el grado de plasticidad que presenta el suelo y es la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico. La muestra no presentó límites plásticos.

Tabla XVI. **Tipología de suelos SUCS**

SÍMBOLO	Características generales		
GW GP GM GC	GRAVAS (>50% en tamiz #4 ASTM)	Limpias (Finos<5%)	Bien graduadas
			Pobremente graduadas
		Con finos (Finos>12%)	Componente limoso
			Componente arcilloso
SW SP SM SC	ARENAS (<50% en tamiz #4 ASTM)	Limpias (Finos<5%)	Bien graduadas
			Pobremente graduadas
		Con finos (Finos>12%)	Componente limoso
			Componente arcilloso
ML MH	LIMOS	Baja plasticidad (LL<50)	
		Alta plasticidad (LL>50)	
CL CH	ARCILLAS	Baja plasticidad (LL<50)	
		Alta plasticidad (LL>50)	
OL OH	SUELOS ORGÁNICOS	Baja plasticidad (LL<50)	
		Alta plasticidad (LL>50)	
Pt	TURBA	Suelos altamente orgánicos	

Fuente: BAÑON BLÁZQUEZ, Luis y BEVIÁ GARCÍA, José F. Manual de carreteras. Tomo 2. p. 15-21.

Análisis granulométrico:

Determina las proporciones de los distintos tamaños de grano existentes en el suelo. Con este ensayo, se establece una clasificación genérica de suelos atendiendo a su granulometría. Existen varias formas y escalas para clasificar los suelos, entre ellas están: el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos

(SUCS), ver tabla XIX, que por su carácter versátil y sencillo se emplea para todo tipo de obras de ingeniería.

El sistema de clasificación de la AASHTO, que es uno de los más populares en carreteras, es otra forma que existe para clasificar los suelos. En este sistema se clasifica el suelo en siete grupos básicos, ver tabla XVI.

Los resultados obtenidos son: 1,07 % de grava, 53,07% de arena y 45,86% de finos; con estos datos y las tablas mostradas anteriormente se clasificó el suelo como SM, según el sistema de clasificación SUCS., y A-1-b, según el sistema de clasificación AASHTO, y se describe como arena limosa con pomez.

Tabla XVII. **Clasificación de suelos AASHTO**

DIVISIÓN GENERAL	Materiales Granulares (pasa menos del 35% por el tamiz ASTM #200)							Materiales limo-arcillosos (más del 35% por el tamiz ASTM #200)				
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7	
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5	A-7-6
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (% que pasa por cada tamiz)												
Serie ASTM	#10	≤ 50										
	#40	≤ 30	≤ 50	≥ 51								
	#200	≤ 15	≤ 25	≤ 10	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≥ 36	≥ 36	≥ 36	≥ 36
ESTADO DE CONSISTENCIA (de la fracción de suelo que pasa por el tamiz ASTM #40)												
Límite líquido			TAP	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 42	≤ 40	> 41 IP<LL-30	> 41 IP>LL-30
Índice de plasticidad	≤ 6			≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11	≤ 20	≤ 20	≥ 12	≥ 11	≥ 11
ÍNDICE DE GRUPO	0	0	0	0		≤ 4		≤ 8	≤ 12	≤ 20	≤ 20	≤ 20
TIPOLOGÍA	Fragmentos de piedra, grava y arena		Arena fina	Gravas y arenas Limosas o arcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos		
CALIDAD	EXCELENTE A BUENA						ACEPTABLE A MALA					

Fuente: BAÑÓN BLÁZQUEZ, Luis y BEVIÁ GARCÍA, José F. Manual de carreteras, tomo 2. p. 15-25.

Proctor

Es uno de los más importantes procedimientos de estudio y control de calidad de la compactación de un terreno. A través de él es posible determinar la compactación máxima de un terreno en relación con su grado de humedad, condición que optimiza el inicio de la obra con relación al costo y el desarrollo estructural e hidráulico.

Estos ensayos se dividen en proctor estándar y proctor modificado, la diferencia entre ambos consiste en la distinta energía utilizada, debido al mayor peso del pisón y mayor altura de caída en el proctor modificado. Para el proyecto se utilizó el ensayo de proctor modificado. Los resultados de los ensayos indican que con una humedad óptima de 18,5 %, el suelo llega a su densidad seca máxima, que es de 1 419 kg/m³, al ser compactado.

Ensayo de la relación soporte California (CBR)

Normado por la A.A.S.H.T.O. T-193. Este ensayo sirve para determinar el valor soporte del suelo compactado a la densidad máxima y humedad óptima, simulando las peores condiciones probables en el terreno, para lo cual las probetas obtenidas se sumergen completamente en una pila llena de agua.

El CBR se expresa como un porcentaje del esfuerzo requerido para hacer penetrar un pistón en el suelo que se ensaya, en relación con el esfuerzo requerido para hacer penetrar el mismo pistón, hasta la misma profundidad, de una muestra de suelo patrón de piedra triturada de propiedades conocidas. El CBR es un porcentaje de la carga unitaria patrón y se expresa de la siguiente manera;

Unitaria del Ensayo / CBR = (Carga Carga Unitaria Patrón)*100

Tabla XVIII. **Resistencia del suelo**

No. CBR	CLASIFICACIÓN GENERAL	USOS	SISTEMA DE CLASIFICACIÓN	
			UNIFICADO	AASHTO
0 - 3	Muy pobre	Sub-rasante	OH, CH, MH, OL	A5, A6, A7
3 - 7	Pobre a regular	Sub-rasante	OH, CH, MH, OL	A4, A5, A6, A7
7 - 20	Regular	Sub-base	OL, CL, ML, SC, SM, SP	A2, A4, A6, A7
20 - 50	Bueno	Base, Sub-base	GM, GC, SW, SM, SP, GP	A1b, A2-5, A3, A2-6
> 50	Excelente	Base	GW, GM	A1a, A2-4, A3

Fuente: BOWLES, Joseph E. Manual de laboratorio de suelos en ingeniería civil. p. 191.

2.2.6.2. Criterios para definir la capa de rodadura

Las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante actual son fundamentales, ya que por medio de ellas y otros factores como el tránsito, el clima, los materiales disponibles en el lugar, sabiendo los resultados de los ensayos de laboratorio se puede definir la composición de la carpeta de rodadura, si los parámetros del índice de plasticidad o el límite líquido no satisficieran los valores establecidos se debe agregar arena o pedrín a fin de modificar estos valores. Con los resultados obtenidos se clasifica la subrasante como buena.

2.2.7. Diseño de pavimento

La Asociación del Cemento Portland (PCA) ha desarrollado dos métodos para determinar el espesor de losa adecuada, para soportar las cargas de tránsito en las calles y carreteras.

Estos son: método de capacidad, que es utilizado cuando se cuenta con la información detallada de datos de carga por eje de los vehículos que transitan por la carretera; que son obtenidos de estaciones representativas de peso de camiones y método simplificado; se utiliza cuando no es posible obtener datos de carga por eje.

Tabla XIX. **Clasificación de vehículos según su categoría**

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

Fuente: WESTERGAARD H. N. Computation of stresses in concrete roads. p. 48.

Para el diseño del pavimento rígido se utilizará el método simplificado propuesto por la Asociación del Cemento Portland (P.C.A. por sus iniciales en

inglés), en donde se ha elaborado tablas basadas en distribuciones de carga-eje para diferentes categorías de calles y carreteras.

Módulo de reacción de subrasante (k): estas tablas se formularon para un período de diseño de 20 años y tienen un factor de seguridad de 1, 1.1, 1.2 & 1.3 para las categorías 1, 2, 3, & 4 respectivamente.

Una vez conocida la categoría a la que pertenece se encuentra el módulo de reacción K. Este valor se establece por medio del CBR del laboratorio, en éste caso, es de 46 % al 95 % de compactación. Este módulo es realmente una propiedad de apoyo que se ofrece al tránsito, está definida como la pendiente o razón de cambio de la gráfica carga deformación obtenida insitu por el ensayo de disco normado por ASTM D- 196 y su resultado se expresa en carga contra volumen (kg/cm^3 o lb/in^3).

Este valor es función de la clasificación de suelo, realizada por granulometría y límites de consistencia, o de su valor de CBR. Utilizando cualquier criterio se obtiene un valor ambiguo, por lo que "K" no será muy exacto; esto no repercute de forma apreciable en los requerimientos del espesor de la carpeta de rodadura. (Ver anexo 9).

El módulo de reacción K es de $12,82 \text{ kg} / \text{cm}^3$, que es equivalente a 462,18 PSI. Identificado el módulo de reacción K, se clasifica la subrasante según la siguiente tabla.

Tabla XX. **Tipos de suelos de subrasante y valores aproximados de K**

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

Fuente: WESTERGAARD H. N. Computation of stresses in concrete roads. p.49.

- Base

Evita el ascenso de un suelo fino a la superficie por las juntas, ayuda a evitar los cambios de volumen de las capas inferiores. Para la base de este proyecto se propone colocar una capa de material selecto de buena calidad que en su mayor parte presente limo arenoso, con un espesor de 0.10m.

- Módulo de ruptura del concreto (M_r)

Debido al paso de vehículos sobre la carpeta de rodadura se producen esfuerzos combinados de flexión y compresión; la compresión es mínima por lo que, por criterio, se desprecia en el diseño.

En cuanto a los esfuerzos flexionantes, éstos son de gran magnitud y por lo tanto sus valores se usan para el diseño del espesor del pavimento rígido. La fuerza de flexión se determina por el módulo de ruptura del concreto M_r , el cual, en definición, es el esfuerzo máximo de tensión en la fibra extrema de una viga prismática de concreto. Esta resistencia es sumamente baja y de determinación

ambigua pues existen concentraciones de esfuerzo cuando se trata de dar agarre al elemento en su ensayo; sin embargo una buena aproximación se da por el método de ensayo de “hendido” donde la tensión máxima probable será 10 a 20% de la resistencia a la compresión del elemento.

Como una propuesta real, se da un $f'c = 4\ 000$ PSI y un 15% de tensión máxima probable, por lo que $M_r = 600 \frac{\text{lb}}{\text{plg}^2}$.

Se diseña la carpeta de rodadura con hombro, soporte de la base: Muy alto, se considera un TPD=700; TPDC= 35, el valor que se acerca a la cantidad máxima promedio es de 810 y se tiene un espesor de losa de 6 pulgadas igual a 15 centímetros, se utilizará un espesor de 15 cm.

Tabla XXI. **Espesor óptimo de carpeta de rodadura en función de M_r y K**

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

Fuente: Westergaard H. N. Computación of stresses in concrete roads. p. 51.

- Juntas

Las juntas permiten la contracción y expansión del pavimento, lo cual libera de tensiones a la losa, las juntas longitudinales, dividen los carriles y controlan el agrietamiento y es la que junta que determina el ancho del carril. Juntas de expansión, conocida también como junta de aislamiento y son las que permiten el movimiento sin dañar las estructuras adyacentes. Juntas de construcción, conocida como junta transversal de construcción, son planas y no se benefician del engrape del agregado, controlan principalmente, el agrietamiento natural del pavimento, su diseño y construcción apropiados son críticos, para el desempeño general del pavimento, estas juntas siempre están orientadas perpendicularmente a la línea central. El tipo de junta longitudinal seleccionada es de dovela (aquella que fue diseñada para la transmisión de carga de una losa hacia la siguiente), por las ventajas que este proceso proporciona, en la disminución del espesor de la losa. Para este proyecto la capa de rodadura llevará junta transversal a cada tres metros y longitudinal al centro de la calle, estas juntas deberán ser llenadas con un material adecuado como el sello elastomérico para evitar la filtración del agua a la subrasante.

2.2.8. Drenajes

Los drenajes son colocados en la carretera para evitar que el agua se filtre en la carpeta de rodadura, ya que al filtrarse dañará el material existente en la subrasante provocándole daños.

Las acumulaciones de agua son perjudiciales, la forma de que no afecten a la carretera es evacuándola o conduciéndola por medio de drenajes. La vida útil de la carretera depende mucho de los drenajes, éstos evitan derrumbes o deslizamientos, para que funcionen eficientemente deben de tener mantenimiento constante.

2.2.8.1. Drenaje longitudinal

Diseño de cunetas: son canales abiertos que se calculan por el método de Manning, se colocan paralelamente a uno o ambos lados del camino, sirven para evacuar el agua que cae en la sección de corte en una carretera, en pendientes fuertes se deben proteger del escurrimiento y acción destructiva del agua por medio de disipadores de energía.

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

V = velocidad media en metros por segundo

n = coeficiente de rugosidad de Manning

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

S = pendiente del canal en metros por metro

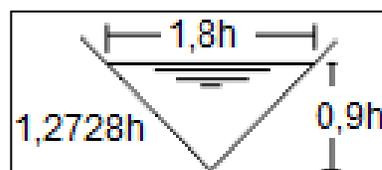
Condiciones de diseño:

S = 3 %

Lleno al 90 %

Q = 0,27 m³/s

Figura 65. Diseño de cuneta



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

Determinación del área hidráulica:

Utilizando $n = 0,016$ (concreto revestido)

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

Q = caudal en m^3/seg .

A = área de la sección transversal del flujo en m^2

$$Q = 1,62h^2 \cdot \frac{1}{n} \cdot \left(\frac{1,62h^2}{Pm} \right)^{2/3} \cdot (S)^{1/2}$$

$$0,27 = 1,62h^2 \cdot \frac{1}{0,016} \cdot \left(\frac{1,62h^2}{2 \cdot 1,2728h} \right)^{2/3} \cdot (0,03)^{1/2}$$

$$0,27 = 12,975(h)^{8/3}$$

$$h = 0,23 \text{ m}$$

provocando saturación del terreno y ablandándolo; lo cual generará daños al pavimento. El bombeo utilizado en caminos pavimentados varía desde $\frac{1}{2}$ % a 3 %, en este proyecto se utilizó un bombeo de 3 %.

2.2.8.2. Drenaje transversal

Son tuberías que se colocan para desalojar el agua que viene de las cunetas o de arroyos. Se encuentran a lo largo de la carretera, son necesarias en tramos de corte y sirven para conducir agua al otro lado de la carretera. Se compone de las siguientes partes: caja recolectora de caudal, que recibe el agua proveniente de la ladera de la carretera para trasladarla a la tubería; muro cabezal de salida, protege la tubería y el relleno de la carretera para que no se erosione y si la pendiente del terreno en corte es muy fuerte, se colocan, adicionalmente, disipadores de energía al final de la tubería que servirán para que el agua que desfoga no erosione el suelo y provoque hundimientos o deslaves.

Para el cálculo del caudal con el que se diseñan los drenajes transversales se utilizó el método racional, donde se asume que el caudal máximo, para un punto dado, se alcanza cuando el área tributaria está contribuyendo con su escorrentía superficial durante un periodo de precipitación máxima.

Para lograr esto, la tormenta máxima (de diseño) debe prolongarse durante un período igual o mayor que el que necesita la gota de agua más lejana, para llegar hasta el punto considerado (tiempo de concentración). En los planos se encuentran las secciones típicas de los drenajes transversales a utilizar.

Determinación del diámetro para el drenaje transversal; las fórmulas a utilizar son las siguientes:

$$Q = \frac{CIA}{3,60}$$

- Q = caudal de diseño en m³/seg.
A = área drenada de la cuenca en km².
I_{Tr} = intensidad de lluvia en mm/hora.
C = coeficiente de escorrentía.

Los parámetros para la intensidad de lluvia los proporciona el INSIVUMEH, según la región en estudio. La intensidad de lluvia está dada por la fórmula siguiente:

$$I_{Tr} = \frac{A}{(B+t)^n}$$

I_{Tr} es la intensidad de lluvia [mm/hr], asociada a una frecuencia de ocurrencia, representada por el período de retorno (Tr), t es la duración [min], A, B y n son parámetros de ajuste.

El tiempo de concentración del área tributaria puede estimarse mediante fórmulas que se basan en parámetros morfométricos de las cuencas o en base a aspectos hidráulicos de las corrientes. Una de las ecuaciones utilizadas en nuestro medio es la de KIRPICH, que usa el desnivel y longitud del cauce.

$$t_c = \frac{3L^{1,15}}{154H^{0,38}}$$

L [m] es la longitud del cauce desde la cabecera de la cuenca tributaria y H [m] es el desnivel de dicho cauce.

El coeficiente de escorrentía C, se estima a base de las características hidrogeológicas de las cuencas.

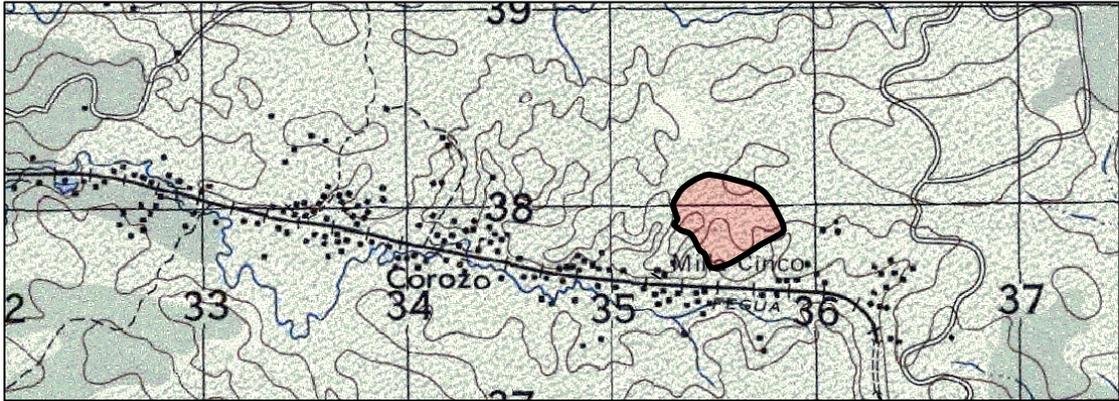
Tabla XXII. **Valores indicativos del coeficiente de escorrentía**

Uso del suelo	Pendiente del terreno	Capacidad de infiltración del suelo		
		Alto (suelos arenosos)	Medio (suelos francos)	Bajo (suelos arcillosos)
Tierra agrícola	< 5 %	0.30	0.50	0.60
	5 – 10 %	0.40	0.60	0.70
	10 – 30 %	0.50	0.70	0.80
Potreros	< 5 %	0.10	0.30	0.40
	5 – 10 %	0.15	0.35	0.55
	10 – 30 %	0.20	0.40	0.60
Bosques	< 5 %	0.10	0.30	0.40
	5 – 10 %	0.25	0.35	0.50
	10 – 30 %	0.30	0.50	0.60

Fuente: National Engineering Handbook, Sec. 4: Hydrology, USDA, 1972.

Una vez conocido el tiempo de concentración, este valor se usa para estimar la intensidad de lluvia para el período de retorno deseado. Conociendo los parámetros de las ecuaciones respectivas, para el sitio de interés, simplemente se ingresa en la ecuación el valor de t_c .

Figura 67. Área de influencia de la cuenca



Fuente: Municipalidad de Puerto Barrios.

L = 690,3 m

H = 22,5 m

A = 14,74 Ha.

C = 0,30, que es el coeficiente de escorrentía indicado para regiones de potreros.

Tiempo de concentración en minutos (t):

$$t_c = \frac{3 \cdot 690,30^{1,15}}{154 \cdot 22,5^{0,38}} = 10,98 \text{ min}$$

Intensidad de lluvia para un período de diseño de 20 años, los valores se obtienen de los parámetros hidrológicos de la estación meteorológica Puerto Barrios, ubicada en la base militar del municipio.

Tabla XXIII. **Parámetros A, B y n de la ecuación de intensidad de lluvia**

PUERTO BARRIOS								
Tr	2	5	10	20	25	30	50	100
A	2 405	4 850	13 630	11 910	11 680	11 580	11 380	11 240
B	10	18	31	30	30	30	30	30
n	0,855	0,933	1,1	1,069	1,063	1,06	1,055	1,05
R2	0,994	0,992	0,989	0,989	0,989	0,989	0,989	0,989

Fuente: Insivumeh.

Tr = período de retorno (años). R2 = coeficiente de determinación (-).
(Estación Puerto Barrios).

$$I_{Tr} = \frac{11\,910}{(30+10,98)^{1,069}} = 224,94 \text{ mm/hr}$$

Caudal de la cuenca:

$$Q = \frac{0,30 \cdot 224,94 \cdot 14,75}{360} = 2,76 \text{ m}^3/\text{s}$$

Diámetro de la tubería:

Utilizando n=0.017 (tubería de H.G.)

$$D = \left(\frac{Q \cdot 4^{5/3} \cdot n}{S^{1/2} \cdot \pi} \right)^{3/8} = \left(\frac{2,76 \cdot 4^{5/3} \cdot 0,017}{\left(\frac{22,5}{690,3} \right)^{1/2} \cdot \pi} \right)^{3/8} = 0,91 \text{ m} = 35,83 \text{ plg.}$$

Para este caso se utilizará un diámetro de tubería de 36".

2.2.9. Elaboración de planos de proyecto

Los planos que se elaboraron para el proyecto de la carretera son los siguientes:

- Planta general
- Planta-perfil
- Secciones transversales y tabla de volúmenes de movimiento de tierras
- Plano de detalles

2.2.10. Presupuesto

El presupuesto se elaboró aplicando los criterios del caso anterior, en cuanto a costos indirectos se aplicó el 30 %.

2.2.10.1. Resumen de presupuesto

Cuantifica en términos financieros los diversos componentes de su plan total de acción, ver tabla XXIV

2.2.11. Cronograma de ejecución

Es la agenda en la cual se definen a través del tiempo la ejecución y el control (evaluación) del presupuesto.

Tabla XXIV. Cronograma de ejecución

ACTIVIDADES	MESES DE EJECUCIÓN														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
LIMPIA, CHAPEO Y DESTRONQUE	■														
REPLANTEO TOPOGRÁFICO	■														
EXCAVACIÓN NO CLASIFICADA		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
RELLENO				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
EXCAVACIÓN ESTRUCTURAL PARA ALCANTARILLAS												■			
CAJAS Y CABEZALES DE ALCANTARILLAS												■			
RELLENO ESTRUCTURAL PARA ALCANTARILLAS													■	■	■
CONFORMACIÓN DE SUBRASANTE													■	■	■
COLOCACIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO														■	■
CUNETAS REVESTIDAS															■
TRANSPORTE DE MAQUINARIA	■														

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXV. Presupuesto carretera hacia Milla 6

PROYECTO: DISEÑO DE LA CARRETERA Y PAVIMENTACIÓN HACIA LA ALDEA MILLA 6
UBICACIÓN: PUERTO BARRIOS, IZABAL

RESUMEN DE PRESUPUESTO

Renglón No.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
1	Limpia, Chapeo y Destronque	m2	2610.00	Q 0.24	Q 626.40
2	Replanteo Topográfico	ml	3260	Q 1.16	Q 3,778.88
3	Excavación no clasificada	m3	4392.90	Q 27.29	Q 119,878.58
4	Excavación no clasificada de desperdicio	m3	1828.13	Q 31.06	Q 56,785.03
5	Conformación de Subrasante	m2	17930.00	Q 6.83	Q 122,549.40
6	Base granular	m3	1793.00	Q 128.90	Q 231,115.19
7	Drenajes transversales				
7.1	Excavación	m3	155.10	Q 41.24	Q 6,536.70
7.2	Tubería galvanizada corrugada de 36 "	ml	90.50	Q 17,478.01	Q 40,387.20
7.3	Concreto ciclópeo	m3	120.00	Q 1,625.56	Q 212,088.50
8	Pavimento rígido (espesor 0.15 m)	m2	17930.00	Q 303.22	Q 5,436,757.92
9	Cunetas revestidas	ml	6520.00	Q 128.61	Q 838,568.80
10	Transporte de maquinaria	global	4.00	Q 975.00	Q 3,900.00
COSTO TOTAL DEL PROYECTO					Q 7,072,972.59
COSTO TOTAL POR KM					Q 2,169,623.50

Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

1. La construcción de la edificación escolar de dos niveles beneficiará a la población de la aldea Entre Ríos, no sólo con infraestructura moderna que sea capaz de albergar una mayor cantidad de alumnos, que en la actualidad no pueden ser inscritos por falta de espacio, sino que también serán instalaciones seguras que brindarán albergue en cualquier caso de emergencia, por lo que tanto municipalidad como COCODE deberán gestionar el financiamiento, para llevarlo a la realidad en el menor tiempo posible, ya que los beneficios que aportará a la comunidad son de mucha importancia.
2. La construcción de la carretera hacia la aldea Milla 6, beneficiará directamente a más de cien familias e indirectamente a las aldeas de Milla 3, Milla 4 y Milla 5, ya que actualmente se halla en mal estado, esto afecta a los pobladores de dicha aldea transportar su mercadería y trasladarse a sus lugares de trabajo; por lo que la carretera y pavimentación hacia la aldea Milla 6, propuesto, disminuiría esta problemática, ayudando a los pobladores en su crecimiento socioeconómico.
3. La realización del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) es un complemento para la formación académica del estudiante, en la parte práctica, ya que permite aplicar los conocimientos adquiridos durante toda la formación académica en la facultad, asimismo, salir hacia las comunidades más pobres, hace tomar conciencia de la realidad nacional.

RECOMENDACIONES

A la Municipalidad de Puerto Barrios, Izabal:

- 1 Garantizar la supervisión técnica, a través de un profesional de la ingeniería civil, al momento de ejecutar los proyectos, para que se obtenga la calidad de la obra y se cumplan las especificaciones técnicas contenidas en planos.
- 2 Gestionar el financiamiento para la ejecución de los proyectos, de manera que se lleven a cabo en el menor tiempo posible.
- 3 Actualizar los presupuestos de los proyectos de la edificación y carretera, previa a la contratación, ya que éstos están sujetos a cambios por variación en los precios de los materiales.

BIBLIOGRAFÍA

1. American Concrete Institute. *Requisitos de reglamento para concreto estructural y comentario: ACI 318S-05*. USA: ACI, 2005. 492 p.
2. CRESPO VILLALAZ, Carlos. *Mecánica de suelos y cimentaciones*. 5a ed. México: Limusa, 2004. 650 p.
3. HIBBELER, Russell Charles. *Análisis estructural*. 3a ed. México: Prentice Hall, 1997. 754 p.
4. Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda. *Especificaciones generales para construcción de carreteras y puentes*. Guatemala: MCV, 2000. 723 p.
5. NILSON, Arthur H. *Diseño de estructuras de concreto*. 12a ed. Colombia: McGraw-Hill, 1999. 738 p.
6. PASTOR CAAL, Heberth Estuardo. *Diseño de la carretera hacia la comunidad Cerro Verde y puente vehicular para la comunidad Pampur la Providencia, municipio de San Cristóbal Verapaz, Alta Verapaz*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2006. 85 p.

7. RONQUILLO MARROQUÍN, María Soledad. *Rehabilitación, mejoramiento y diseño de pavimento del tramo carretero de Guajaqueño, municipio San Antonio Huista a Tres Caminos, municipio Unión Cantinil, Huehuetenango*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2008. 133 p.

APÉNDICES

Se adjuntan los siguientes planos constructivos:

Carretera y pavimentación hacia la aldea Milla 6, municipio de Puerto Barrios, Izabal:

1. Planta general
2. Planta-Perfil
3. Secciones transversales y tabla de volúmenes de movimiento de tierras
4. Plano de detalles

Edificación escolar de dos niveles para la aldea Entre Ríos municipio de Puerto Barrios, Izabal:

1. Planta amueblada
2. Planta acotada
3. Plano de cimentaciones y columnas
4. Plano de armado de losas y detalles de vigas
5. Plano de corte de muros y detalles estructurales
6. Plano de acabados
7. Plano de instalaciones eléctricas - fuerza
8. Plano de instalaciones eléctricas- iluminación
9. Plano de elevaciones

ANEXOS

Anexo 1. Ensayo de compresión triaxial

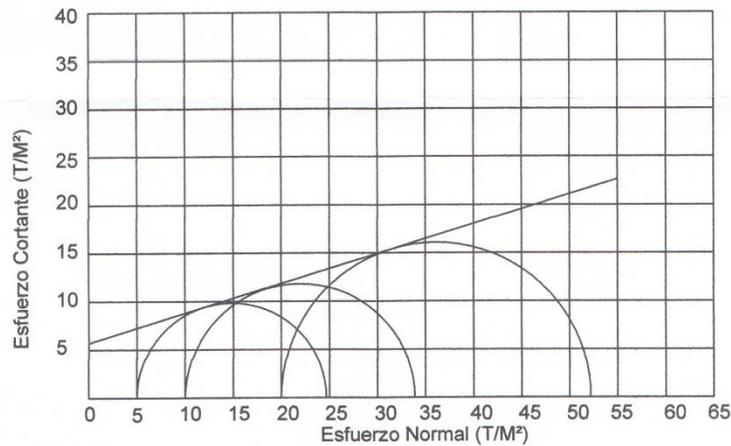


CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL, DIAGRAMA DE MOHR

INFORME No.: 338 S.S. O.T.No.: 30,011
 INTERESADO: Mario Alfonso Cruz Tenas
 PROYECTO: EPS- Diseño de la Edificación Escolar de dos Niveles para la Aldea Entre Rios
 UBICACIÓN: Puerto Barrios, Izabal
 pozo: 1 Profundidad: 2.00 m Muestra: 1
 Fecha: 03 de octubre 2012



PARAMETROS DE CORTE:

ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA : $\phi = 17.12^\circ$ COHESIÓN: $C_u = 5.71 \text{ T/m}^2$

TIPO DE ENSAYO: No consolidado y no drenado.
 DESCRIPCIÓN DEL SUELO: Arcilla limosa con material orgánico
 DIMENSIÓN Y TIPO DE LA PROBETA: 2.5" X 5.0"
 OBSERVACIONES: Muestra tomada por el personal del laboratorio.

PROBETA No.	1	1	1
PRESION LATERAL (T/m ²)	5	10	20
DESVIADOR EN ROTURA q (T/m ²)	19.68	25.04	32.18
PRESION INTERSTICIAL u (T/m ²)	x	x	x
DEFORMACION EN ROTURA Er (%)	4.5	7.5	12.5
DENSIDAD SECA (T/m ³)	1.35	1.35	1.35
DENSIDAD HUMEDA (T/m ³)	1.78	1.78	1.78
HUMEDAD (%H)	32.3	32.3	32.3

Vo. Bo.

Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol
DIRECTORA a.i. CI/USAC



Atentamente,

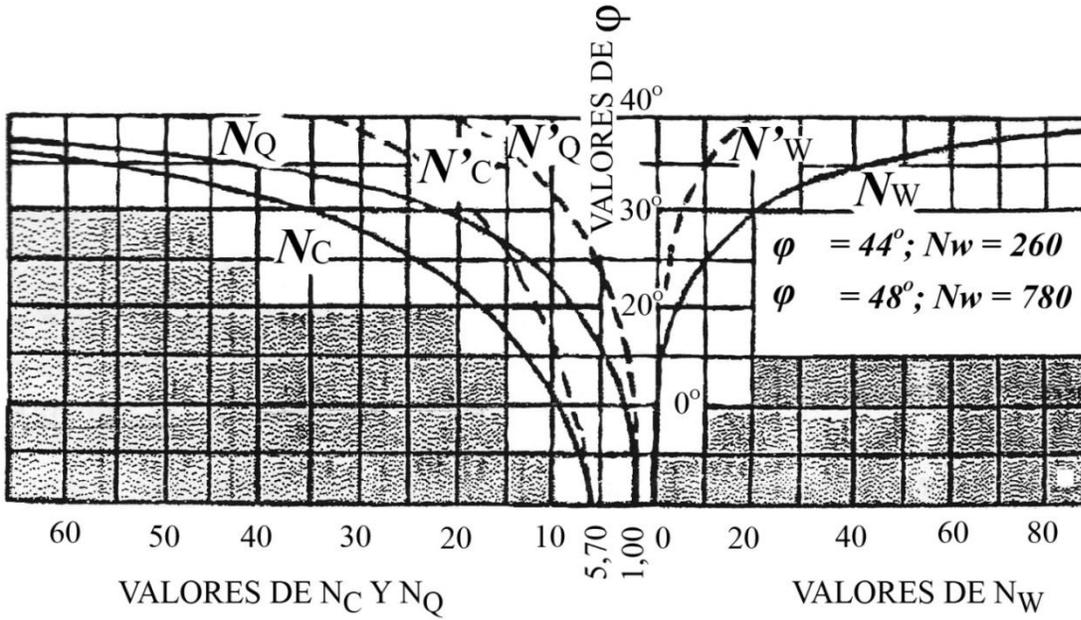
Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos



DIRECCION
FACULTAD DE INGENIERIA —USAC—
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, USAC.

Anexo 2. **Curvas de trazo continuo**



Fuente: CABRERA, Jadenon. Guía teórica y práctica del curso de cimentaciones 1.

Anexo 3. **Zonificación sísmica de Guatemala**



Fuente: dato obtenido de SEAOC.

RIESGO	ZONA	COEFICIENTE Z
Ausencia de daño sísmico	0	0.00
Daño menor (intensidades de 5 y 6 EMM)	1	0.25
Daño moderado (intensidad 7 EMM)	2	0.50
Daño mayor (intensidad 8 y mas EMM)	3	1.00

Fuente: datos obtenidos de SEAOC.

Anexo 4. Coeficientes para losas en dos sentidos

Coeficientes para momentos negativos en losas^a

$$M_{a,neg} = C_{a,neg} w l_a^2$$

donde w = carga muerta más viva uniforme total

$$M_{b,neg} = C_{b,neg} w l_b^2$$

Relación $m = \frac{l_a}{l_b}$	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5	Caso 6	Caso 7	Caso 8	Caso 9
1.00	$C_{a,neg}$ $C_{b,neg}$	0.045 0.045	0.076	0.050 0.050	0.075	0.071	0.071	0.033 0.061	0.061 0.033
0.95	$C_{a,neg}$ $C_{b,neg}$	0.050 0.041	0.072	0.055 0.045	0.079	0.075	0.067	0.038 0.056	0.065 0.029
0.90	$C_{a,neg}$ $C_{b,neg}$	0.055 0.037	0.070	0.060 0.040	0.080	0.079	0.062	0.043 0.052	0.068 0.025
0.85	$C_{a,neg}$ $C_{b,neg}$	0.060 0.031	0.065	0.066 0.034	0.082	0.083	0.057	0.049 0.046	0.072 0.021
0.80	$C_{a,neg}$ $C_{b,neg}$	0.065 0.027	0.061	0.071 0.029	0.083	0.086	0.051	0.055 0.041	0.075 0.017
0.75	$C_{a,neg}$ $C_{b,neg}$	0.069 0.022	0.056	0.076 0.024	0.085	0.088	0.044	0.061 0.036	0.078 0.014
0.70	$C_{a,neg}$ $C_{b,neg}$	0.074 0.017	0.050	0.081 0.019	0.086	0.091	0.038	0.068 0.029	0.081 0.011
0.65	$C_{a,neg}$ $C_{b,neg}$	0.077 0.014	0.043	0.085 0.015	0.087	0.093	0.031	0.074 0.024	0.083 0.008
0.60	$C_{a,neg}$ $C_{b,neg}$	0.081 0.010	0.035	0.089 0.011	0.088	0.095	0.024	0.080 0.018	0.085 0.006
0.55	$C_{a,neg}$ $C_{b,neg}$	0.084 0.007	0.028	0.092 0.008	0.089	0.096	0.019	0.085 0.014	0.086 0.005
0.50	$C_{a,neg}$ $C_{b,neg}$	0.086 0.006	0.022	0.094 0.006	0.090	0.097	0.014	0.089 0.010	0.088 0.003

^a Un borde achurado indica que la losa continúa a través o se encuentra empotrada en el apoyo; un borde sin marcas indica un apoyo donde la resistencia torsional es despreciable.

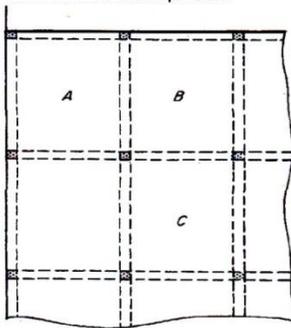


FIGURA 12.8

Planta de una losa de piso típica en dos direcciones con vigas en los ejes de columnas.

Fuente: NILSON, Arthur. Diseño de estructuras de concreto, p. 378.

Anexo 5. Coeficientes para losas en dos sentidos

Coeficientes para momentos positivos debidos a carga muerta en losas"

$$M_{a, pos, dl} = C_{a, dl} w l_a^2$$

donde w = carga muerta uniforme total

$$M_{b, pos, dl} = C_{b, dl} w l_b^2$$

Relación	Caso1	Caso2	Caso3	Caso4	Caso5	Caso6	Caso7	Caso8	Caso9
l_b									
1.00	$C_{a, dl}$ 0.036	0.018	0.018	0.027	0.027	0.033	0.027	0.020	0.023
	$C_{b, dl}$ 0.036	0.018	0.027	0.027	0.018	0.027	0.033	0.023	0.020
0.95	$C_{a, dl}$ 0.040	0.020	0.021	0.030	0.028	0.036	0.031	0.022	0.024
	$C_{b, dl}$ 0.033	0.016	0.025	0.024	0.015	0.024	0.031	0.021	0.017
0.90	$C_{a, dl}$ 0.045	0.022	0.025	0.033	0.029	0.039	0.035	0.025	0.026
	$C_{b, dl}$ 0.029	0.014	0.024	0.022	0.013	0.021	0.028	0.019	0.015
0.85	$C_{a, dl}$ 0.050	0.024	0.029	0.036	0.031	0.042	0.040	0.029	0.028
	$C_{b, dl}$ 0.026	0.012	0.022	0.019	0.011	0.017	0.025	0.017	0.013
0.80	$C_{a, dl}$ 0.056	0.026	0.034	0.039	0.032	0.045	0.045	0.032	0.029
	$C_{b, dl}$ 0.023	0.011	0.020	0.016	0.009	0.015	0.022	0.015	0.010
0.75	$C_{a, dl}$ 0.061	0.028	0.040	0.043	0.033	0.048	0.051	0.036	0.031
	$C_{b, dl}$ 0.019	0.009	0.018	0.013	0.007	0.012	0.020	0.013	0.007
0.70	$C_{a, dl}$ 0.068	0.030	0.046	0.046	0.035	0.051	0.058	0.040	0.033
	$C_{b, dl}$ 0.016	0.007	0.016	0.011	0.005	0.009	0.017	0.011	0.006
0.65	$C_{a, dl}$ 0.074	0.032	0.054	0.050	0.036	0.054	0.065	0.044	0.034
	$C_{b, dl}$ 0.013	0.006	0.014	0.009	0.004	0.007	0.014	0.009	0.005
0.60	$C_{a, dl}$ 0.081	0.034	0.062	0.053	0.037	0.056	0.073	0.048	0.036
	$C_{b, dl}$ 0.010	0.004	0.011	0.007	0.003	0.006	0.012	0.007	0.004
0.55	$C_{a, dl}$ 0.088	0.035	0.071	0.056	0.038	0.058	0.081	0.052	0.037
	$C_{b, dl}$ 0.008	0.003	0.009	0.005	0.002	0.004	0.009	0.005	0.003
0.50	$C_{a, dl}$ 0.095	0.037	0.080	0.059	0.039	0.061	0.089	0.056	0.038
	$C_{b, dl}$ 0.006	0.002	0.007	0.004	0.001	0.003	0.007	0.004	0.002

* Un borde **achurado** indica que la losa continúa a través o se encuentra empotrada en el apoyo; un borde sin marcas indica un apoyo donde la resistencia torsional es despreciable.

Fuente: NILSON, Arthur. Diseño de estructuras de concreto, p. 379.

Anexo 6. Coeficientes para losas en dos sentidos

Coeficientes para momentos positivos debidos a carga viva en losas"

$$M_{a, pos, ll} = C_{a, ll} w l_a^2$$

donde w = carga viva uniforme total

$$M_{b, pos, ll} = C_{b, ll} w l_b^2$$

Relación $m = \frac{l_a}{l_b}$	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5	Caso 6	Caso 7	Caso 8	Caso 9
1.00	$C_{a, ll}$ $C_{b, ll}$	0.036 0.027	0.027 0.027	0.032 0.032	0.032 0.027	0.035 0.032	0.032 0.035	0.028 0.030	0.030 0.028
0.95	$C_{a, ll}$ $C_{b, ll}$	0.040 0.033	0.030 0.025	0.031 0.029	0.035 0.029	0.034 0.024	0.038 0.029	0.036 0.032	0.031 0.027
0.90	$C_{a, ll}$ $C_{b, ll}$	0.045 0.029	0.034 0.022	0.035 0.027	0.039 0.026	0.037 0.021	0.042 0.025	0.040 0.029	0.035 0.024
0.85	$C_{a, ll}$ $C_{b, ll}$	0.050 0.026	0.037 0.019	0.040 0.024	0.043 0.023	0.041 0.019	0.046 0.022	0.045 0.026	0.040 0.022
0.80	$C_{a, ll}$ $C_{b, ll}$	0.056 0.023	0.041 0.017	0.045 0.022	0.048 0.020	0.044 0.016	0.051 0.019	0.051 0.023	0.044 0.019
0.75	$C_{a, ll}$ $C_{b, ll}$	0.061 0.019	0.045 0.014	0.051 0.019	0.052 0.016	0.047 0.013	0.055 0.016	0.056 0.020	0.049 0.016
0.70	$C_{a, ll}$ $C_{b, ll}$	0.068 0.016	0.049 0.012	0.057 0.016	0.057 0.014	0.051 0.011	0.060 0.013	0.063 0.017	0.054 0.014
0.65	$C_{a, ll}$ $C_{b, ll}$	0.074 0.013	0.053 0.010	0.064 0.014	0.062 0.011	0.055 0.009	0.064 0.010	0.070 0.014	0.059 0.011
0.60	$C_{a, ll}$ $C_{b, ll}$	0.081 0.010	0.058 0.007	0.071 0.011	0.067 0.009	0.059 0.007	0.068 0.008	0.077 0.011	0.065 0.009
0.55	$C_{a, ll}$ $C_{b, ll}$	0.088 0.008	0.062 0.006	0.080 0.009	0.072 0.007	0.063 0.005	0.073 0.006	0.085 0.009	0.070 0.007
0.50	$C_{a, ll}$ $C_{b, ll}$	0.095 0.006	0.066 0.004	0.088 0.007	0.077 0.005	0.067 0.004	0.078 0.005	0.092 0.007	0.076 0.005

* Un borde achurado indica que la losa continúa a través o se encuentra empotrada en el apoyo; un borde sin marcas indica un apoyo donde la resistencia torsional es despreciable.

Fuente: NILSON, Arthur. Diseño de estructuras de concreto, p. 380.

Anexo 7. Ensayo de límites de Atterberg



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



INFORME No. 349 S. S. O.T.: 30,047

Interesado: Mario Alfonso Cruz Tenas
Proyecto: EPS-Carretera y Pavimentacion hacia la Aldea Milla 6, Puerto Barrios, Izabal.
Asunto: ENSAYO DE LIMITES DE ATTERBERG
Norma: AASHTO T-89 Y T-90

Ubicación: Puerto Barrios, Izabal

FECHA: 03 de octubre 2012

RESULTADOS:

ENSAYO No.	MUESTRA No.	L.L. (%)	I.P. (%)	C.S.U. *	DESCRIPCION DEL SUELO
1	1	NP	NP	S.M.	Arena limosa con pomez

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

Observaciones: Muestra tomada por el interesado.

Atentamente,

Vo. Bo.

Inga. Telma Maricela Córdova Morales
DIRECTORA C.I.I./USAC



Ing. Omar Enrique Meléndez Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos



FACULTAD DE INGENIERIA —USAC—
Edificio 1-5, Ciudad Universitaria zona 12

Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, USAC.

Anexo 8. Ensayo de granulometría



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

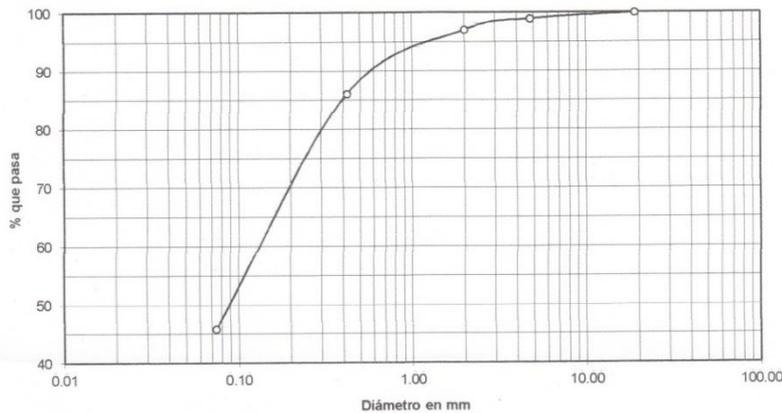


INFORME No. 339 S.S. O.T. No. 30,047

Interesado: Mario Alfonso Cruz Tenas
 Tipo de Ensayo: Análisis Granulométrico, con tamices y lavado previo.
 Norma: A.A.S.H.T.O. T-27, T-11
 Proyecto: EPS- Carretera y Pavimentacion hacia la Aldea Milla 6, Puerto Barrios,
 Izabal
 Procedencia: Puerto Barrios, Izabal
 Fecha: 03 de octubre 2012

Análisis con Tamices:		
Tamiz	Abertura (mm)	% que pasa
2"	50.8	0.00
3/4"	19.00	100.00
4	4.76	98.93
10	2.00	97.03
40	0.42	86.09
200	0.074	45.86

% de Grava: 1.07
 % de Arena: 53.07
 % de Finos: 45.86



Descripción del suelo: Arena limosa con pomez
 Clasificación: S.C.U.: SM P.R.A.: A-2-4
 Observaciones: Muestra tomada por el interesado.

Atentamente,

Vo. Bo. 
 Inga. Telma Maricela Cano Morales
 DIRECTORA CII/USAC




 Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
 Jefe Sección Mecánica de Suelos



FACULTAD DE INGENIERIA —USAC—
 Edificio T-6, Ciudad Universitaria zona 12
 Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
 Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, USAC.

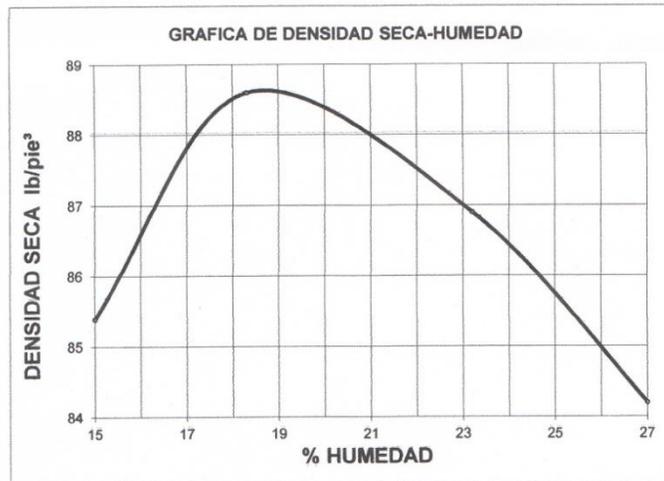
Anexo 9. Ensayo de Proctor



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



INFORME No. 0341 S.S. O.T. No.: 30,047
 Interesado: Mario Alfonso Cruz Tenas
 Asunto: ENSAYO DE COMPACTACIÓN. Proctor Estándar: () Norma:
 Proctor Modificado: (X) Norma: A.A.S.T.H.O. T-180
 Proyecto: EPS-Carretera y Pavimentación hacia la Aldea Milla 6, Puerto Barrios, Izabal
 Ubicación: Puerto Barrios, Izabal
 Fecha: 03 de octubre del 2012



Descripción del suelo: Arena limosa con pomez
 Densidad seca máxima γ_d : 1,419 Kg/m³ 88.6 lb/ft³
 Humedad óptima Hop.: 18.5 %
 Observaciones: Muestra proporcionada por el interesado.

Atentamente,

Vo. Bo.:

Inga. Telma Marcela Cano Morales
DIRECTORA 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: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
 Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, USAC.

Anexo 10. Ensayo de CBR



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

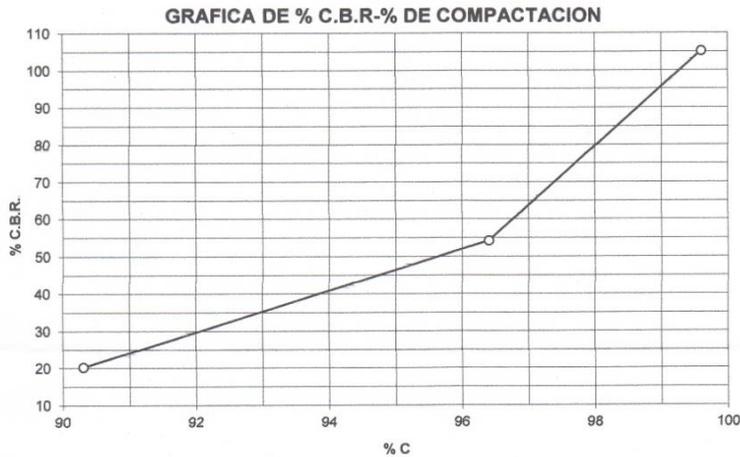


INFORME No.: 0348 S.S. O.T. No.: 30,047
Interesado: Mario Alfonso Cruz Tenas
Asunto: Ensayo de Razón Soporte California (C.B.R.) Norma: A.A.S.H.T.O.T-193
Proyecto: EPS-Carretera y Pavimentación hacia la Aldea Milla 6, Puerto Barrios, Izabal

Ubicación: Puerto Barrios, Izabal
Descripción del suelo: Arena limosa con pomez

Fecha: 03 de octubre del 2012

PROBETA No.	GOLPES No.	A LA COMPACTACION		C (%)	EXPANSION (%)	C.B.R. (%)
		H (%)	γ_d b/pie ³			
1	10	18.50	75.3	90.3	0.13	20.3
2	30	18.50	79.5	96.4	0.17	54.2
3	65	18.50	85.0	99.6	0.15	105.2



Atentamente,

Vo. Bo.:

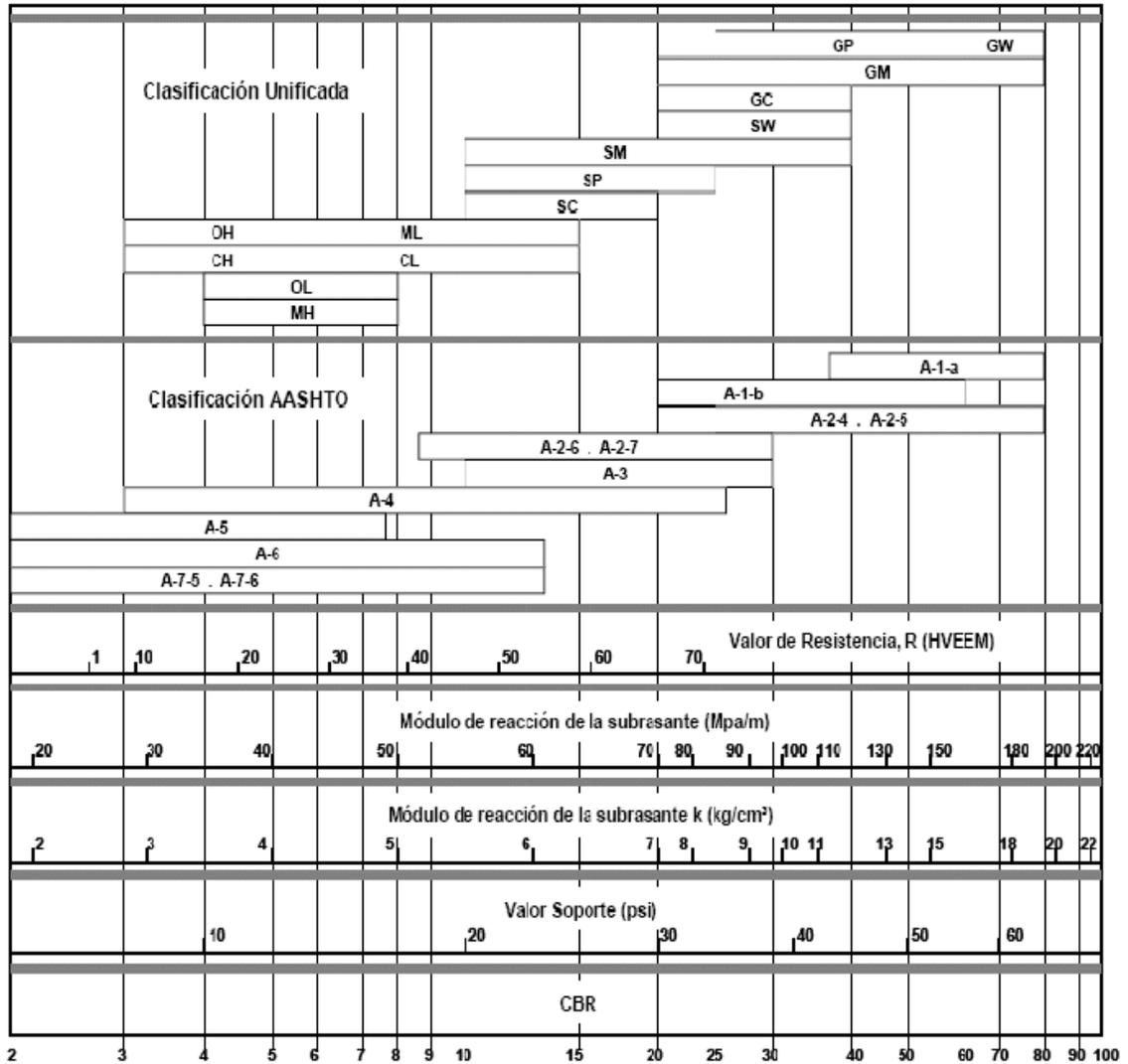
Inga. Telma Marceia Cano Morales
DIRECTORA CII/USAC

Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos

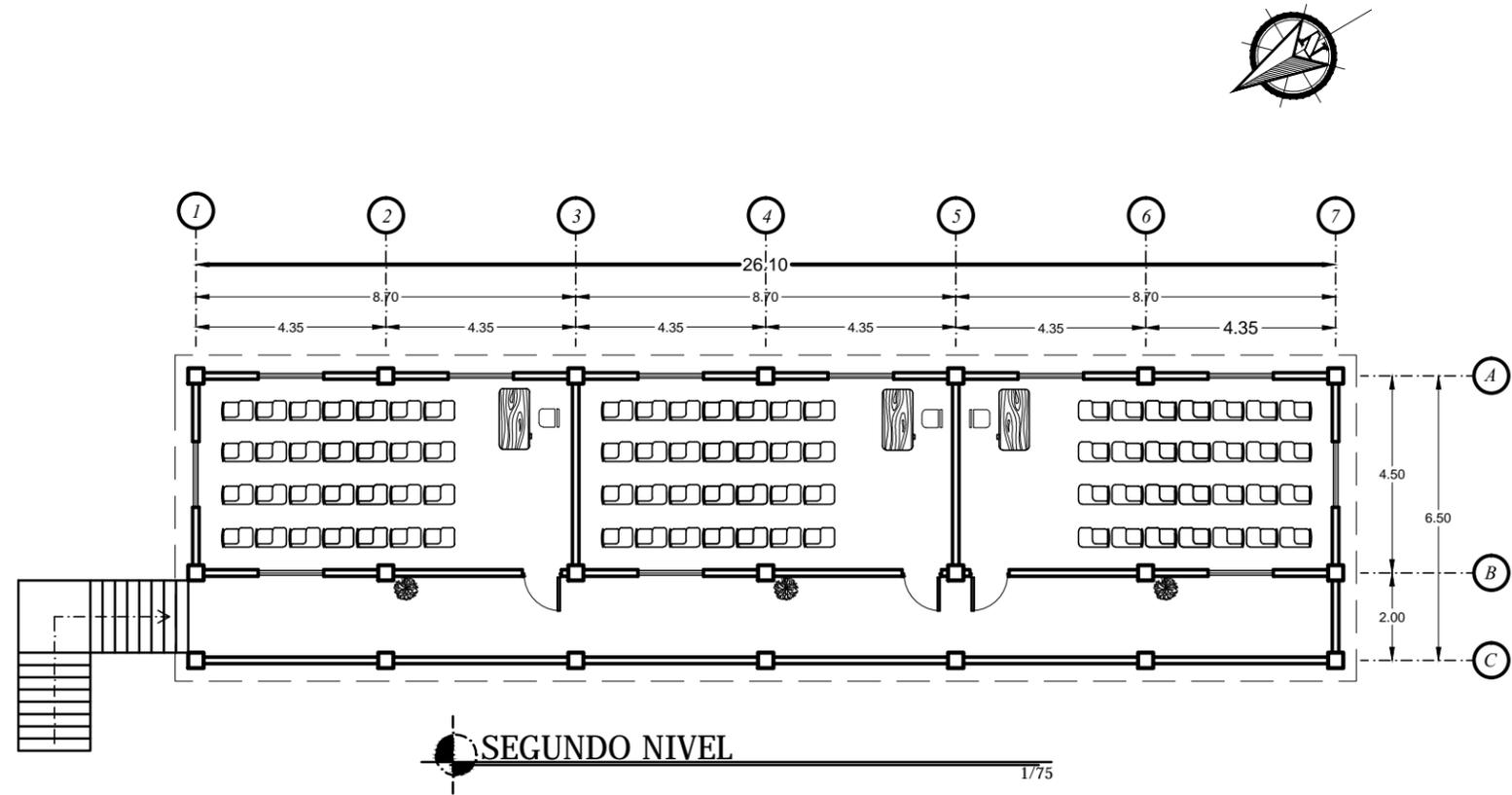
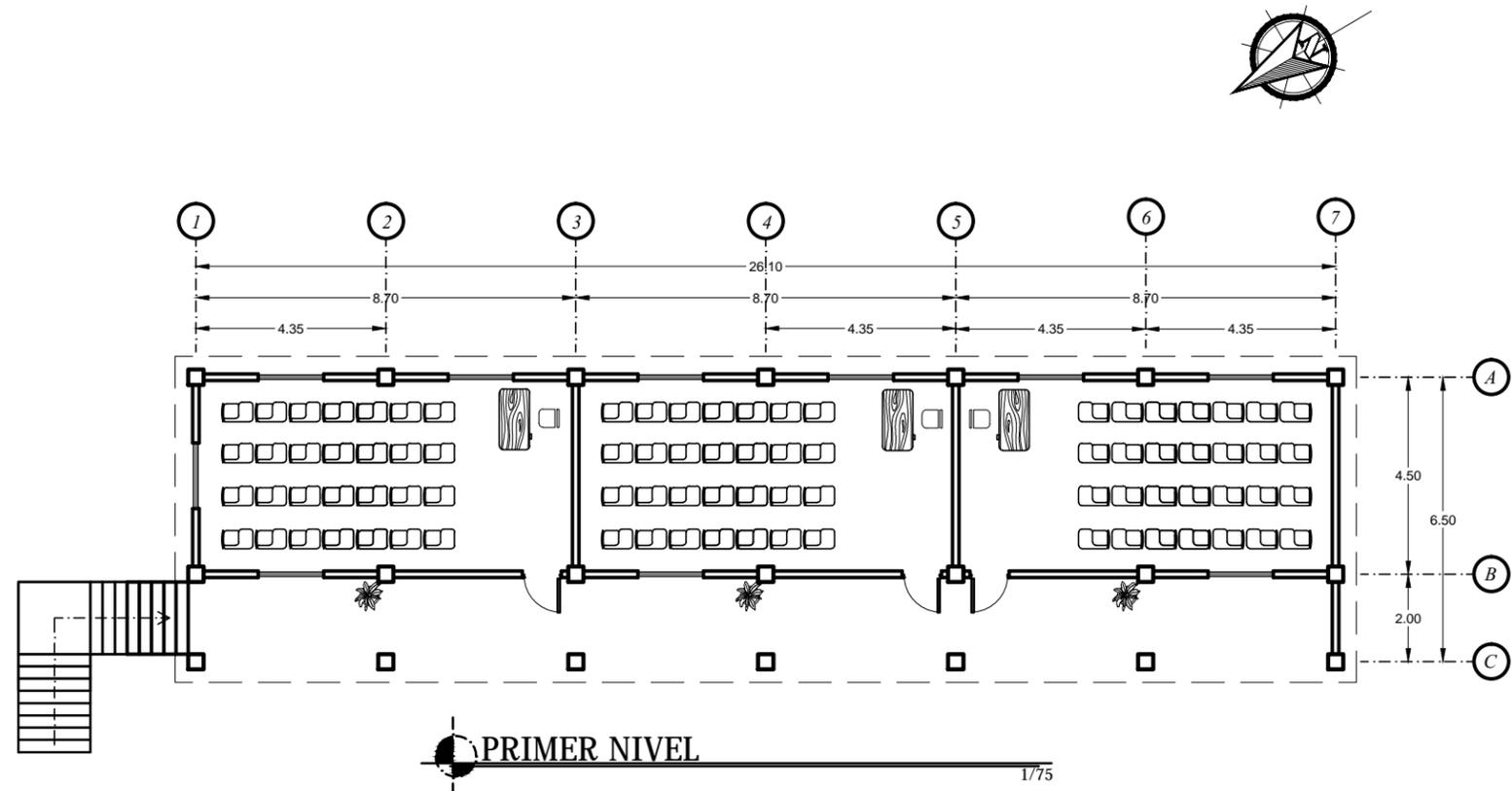
FACULTAD DE INGENIERIA —USAC—
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, USAC.

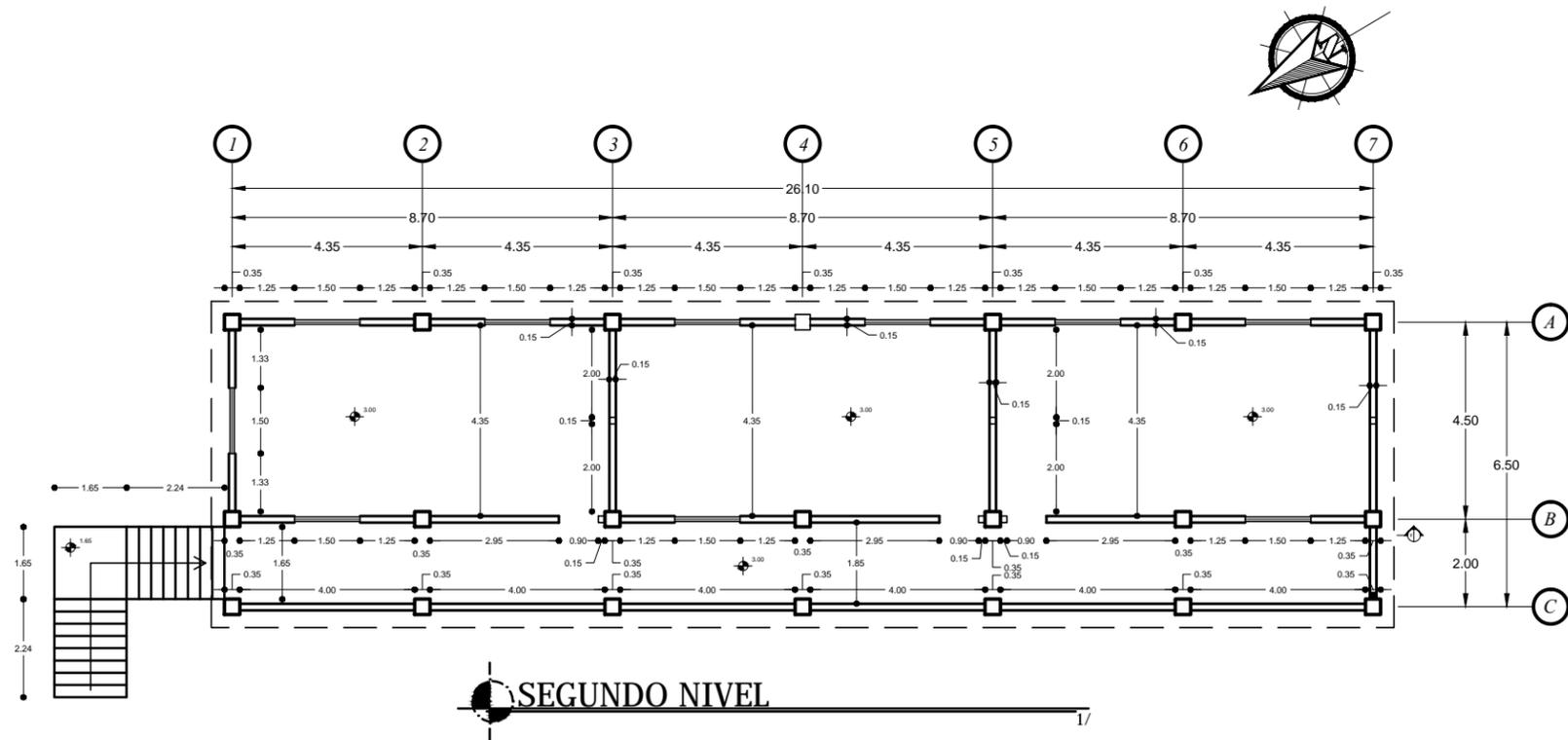
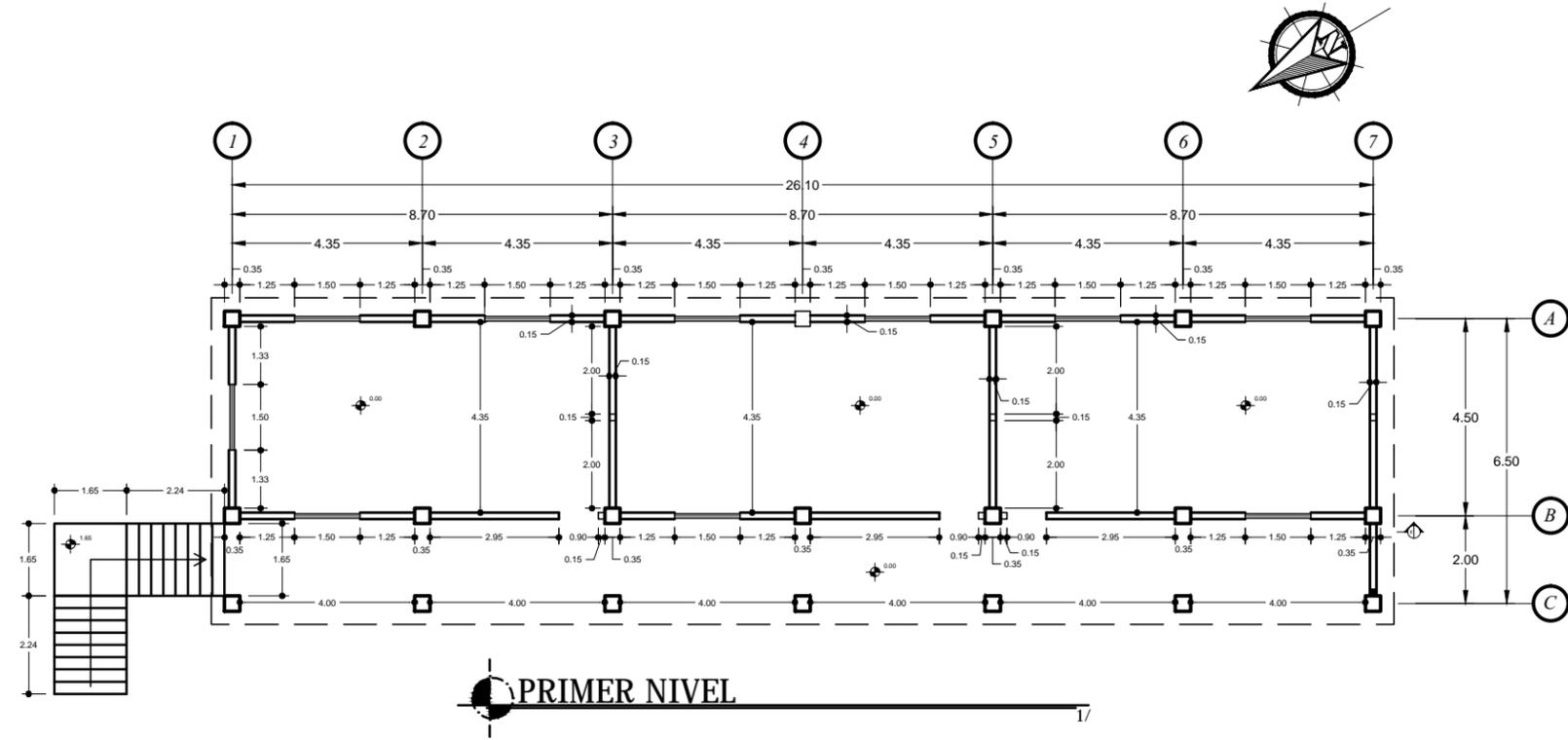
Anexo 11. Determinación de la reacción K por medio del C.B.R.



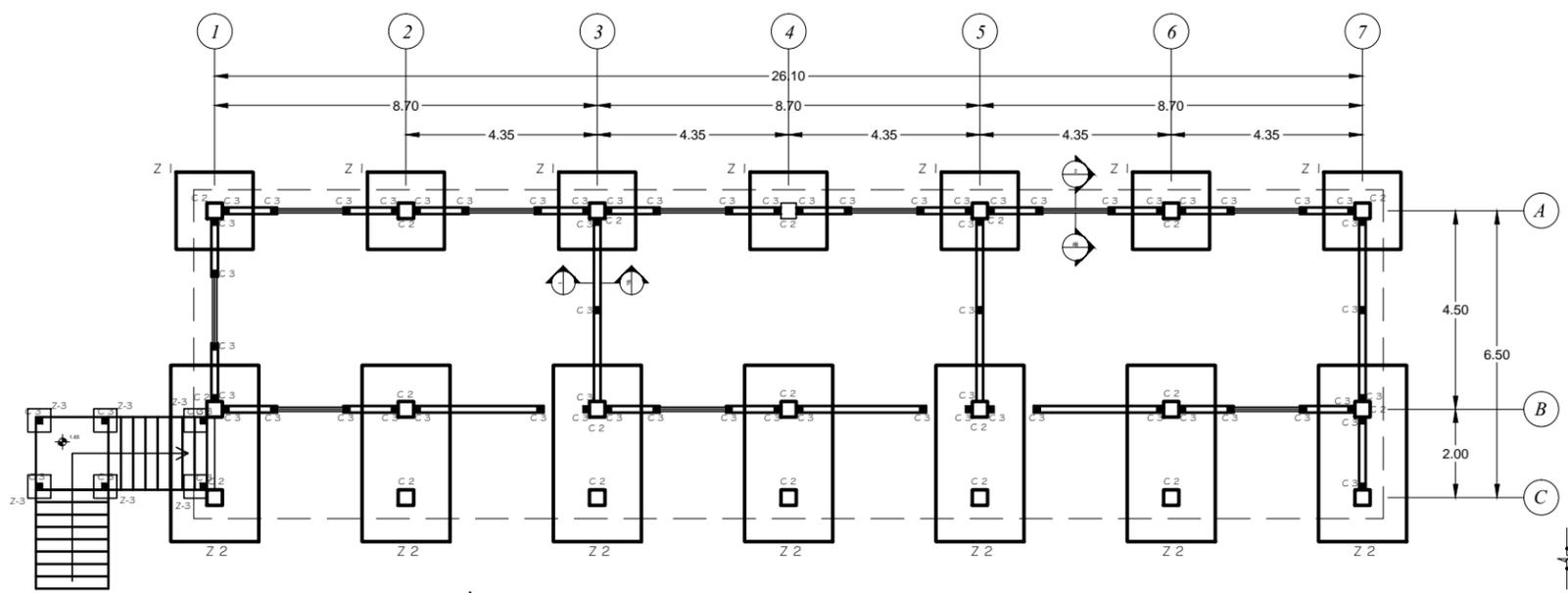
Fuente: Instituto Americano de Concreto (ACI).



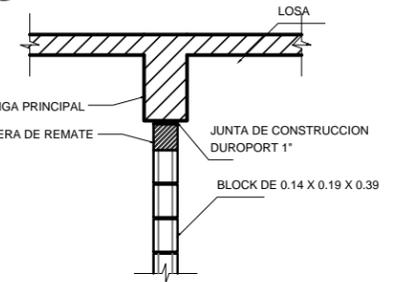
 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE PUERTO BARRIOS, IZABAL	
PROYECTO: DISEÑO DE LA EDIFICACION ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA LA ALDEA ENTRE RIOS, MUNICIPIO DE PUERTO BARRIOS, IZABAL	DISEÑADO: Mario A. Cruz Tenes
CONTENIDO: PLANTA AMPLIADA	CALCULADO: Mario A. Cruz Tenes
	ESCALA: INDICADA
	FECHA: AGOSTO 2012
 ASesoría E.P.E.	 ALCALDE MUNICIPAL



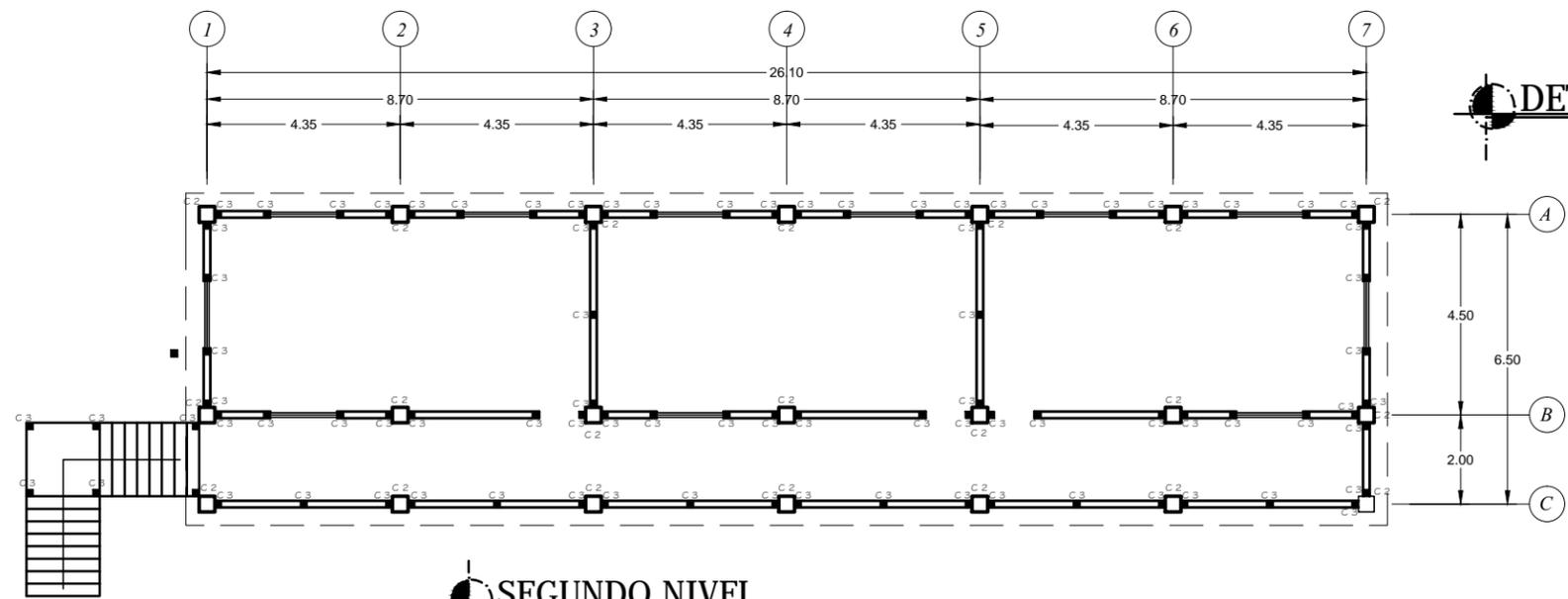
 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE PUERTO BARRIOS, IZABAL	
PROYECTO: DISEÑO DE LA EDIFICACION ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA LA ALDEA ENTRE RIOS, MUNICIPIO DE PUERTO BARRIOS, IZABAL.	DISEÑADO POR: Mario A. Cruz Tenes
CONTENIDO: PLANTA ACOTADA	INDICADA POR: Mario A. Cruz Tenes
FECHA: AGOSTO 2012	ESCALA: 1/1



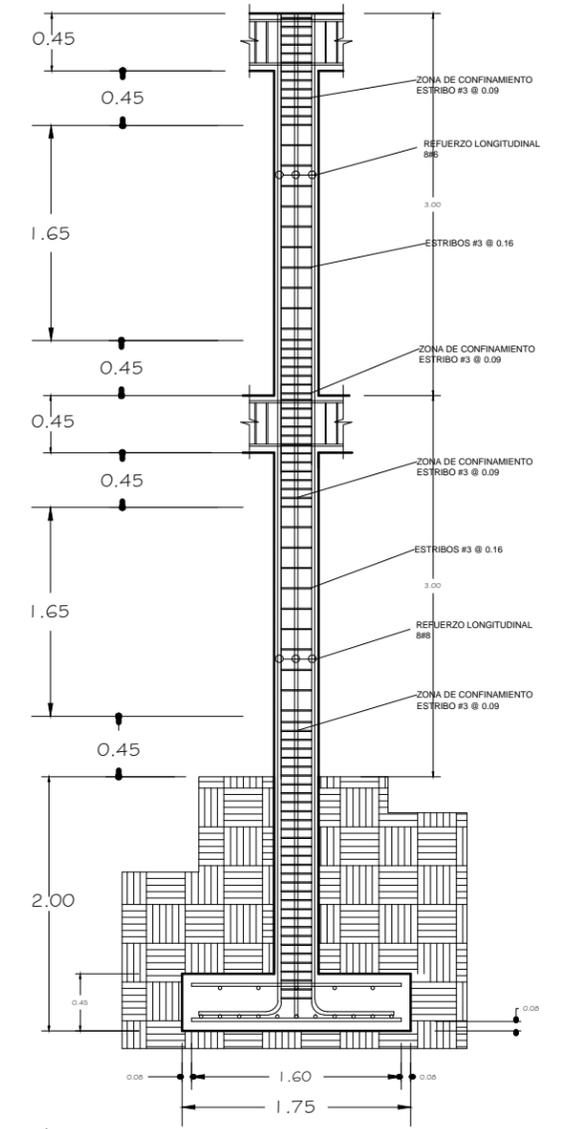
PRIMER NIVEL
1/75



DETALLE VIGA-MURO
SIN. ESCALA



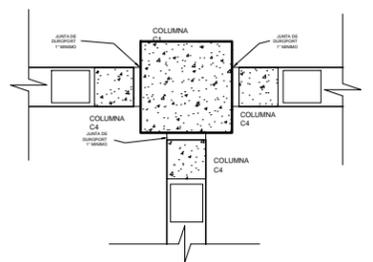
SEGUNDO NIVEL
1/75



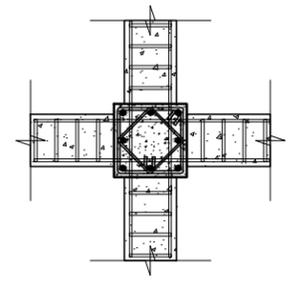
DETALLE DE COLUMNA
SIN. ESCALA

SIMBOLOGIA	
	MURO BLOCK
	COLUMNAS EN MUROS
	CC CIMENTO CORRIDO
	COLUMNA PRINCIPAL
	C3 INDICA TIPO DE ELEMENTO
	CIMENTO CORRIDO

NOTA:
VER HOJA 5 PARA
LOS DETALLES DE ARMADO Y
ESPECIFICACIONES



DETALLE JUNTA MURO COLUMNA
SIN. ESCALA



PLANTA VIGA COLUMNA
SIN. ESCALA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
MUNICIPALIDAD DE PUERTO BARRIOS, IZABAL

PROYECTO:
DISEÑO DE LA EDIFICACION ESCOLAR DE DOS NIVELES
PARA LA ALDEA ENTRE RIOS, MUNICIPIO DE PUERTO
BARRIOS, IZABAL.

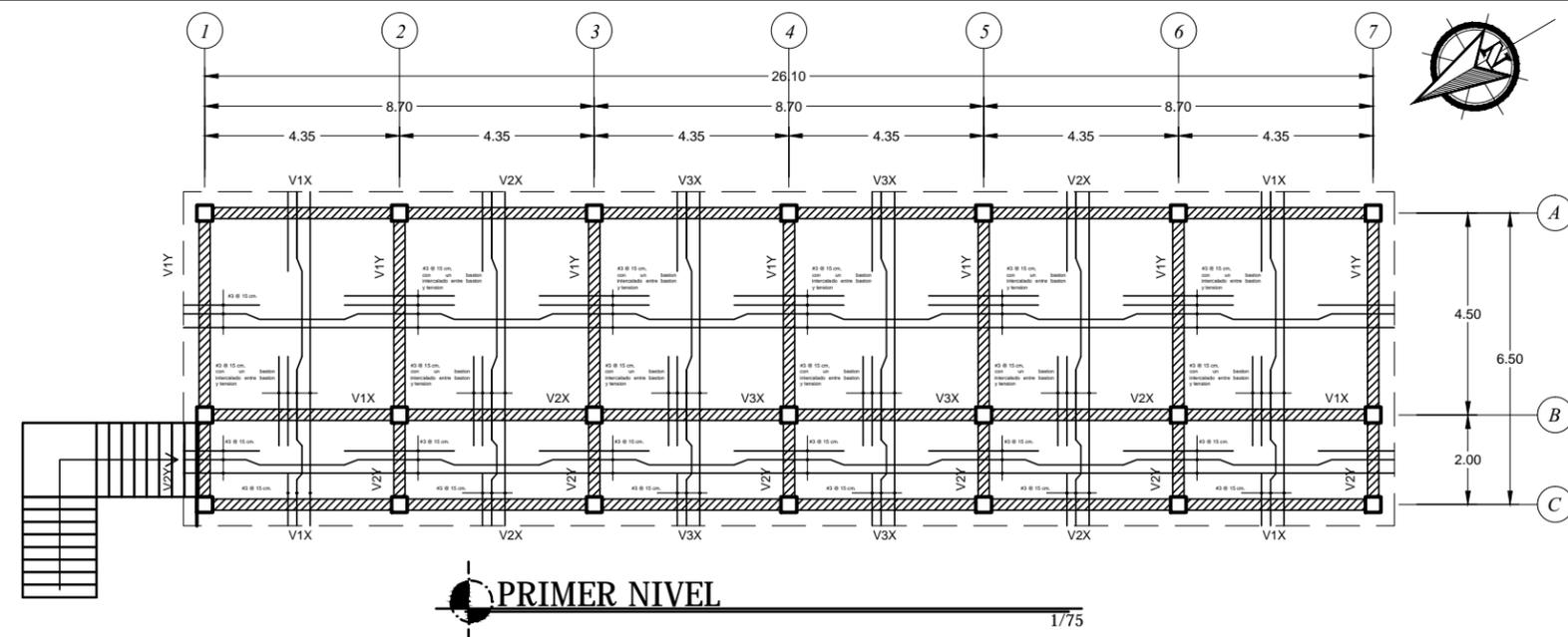
CONTENIDO:
PLANTA DE CIMENTACIONES Y COLUMNAS

INDICADA

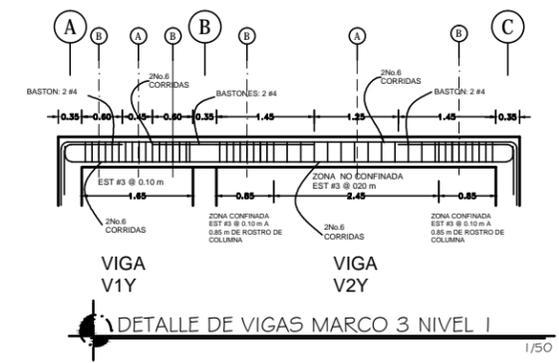
AGOSTO 2012

Mario A. Cruz Tenes
Mario A. Cruz Tenes
Mario A. Cruz Tenes

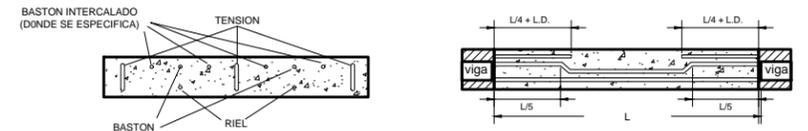
3/9



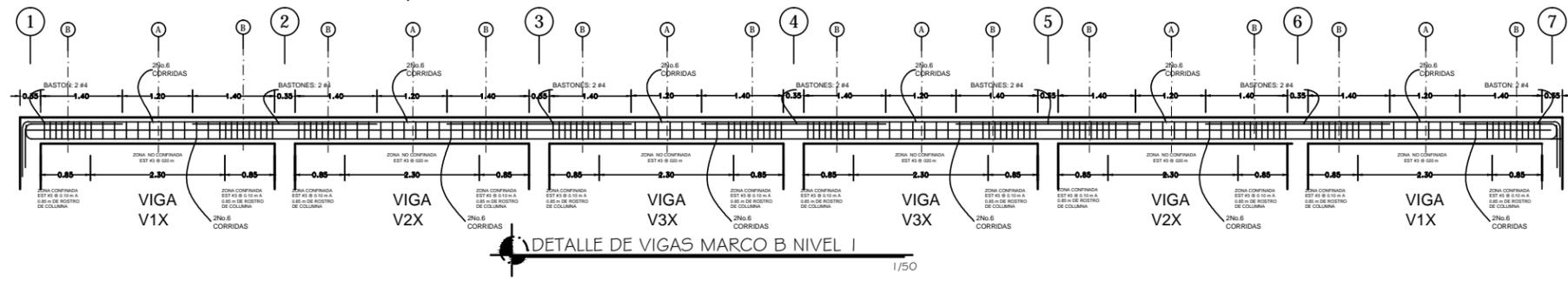
PRIMER NIVEL
1/75



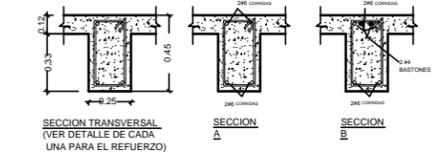
DETALLE DE VIGAS MARCO 3 NIVEL I
1/50



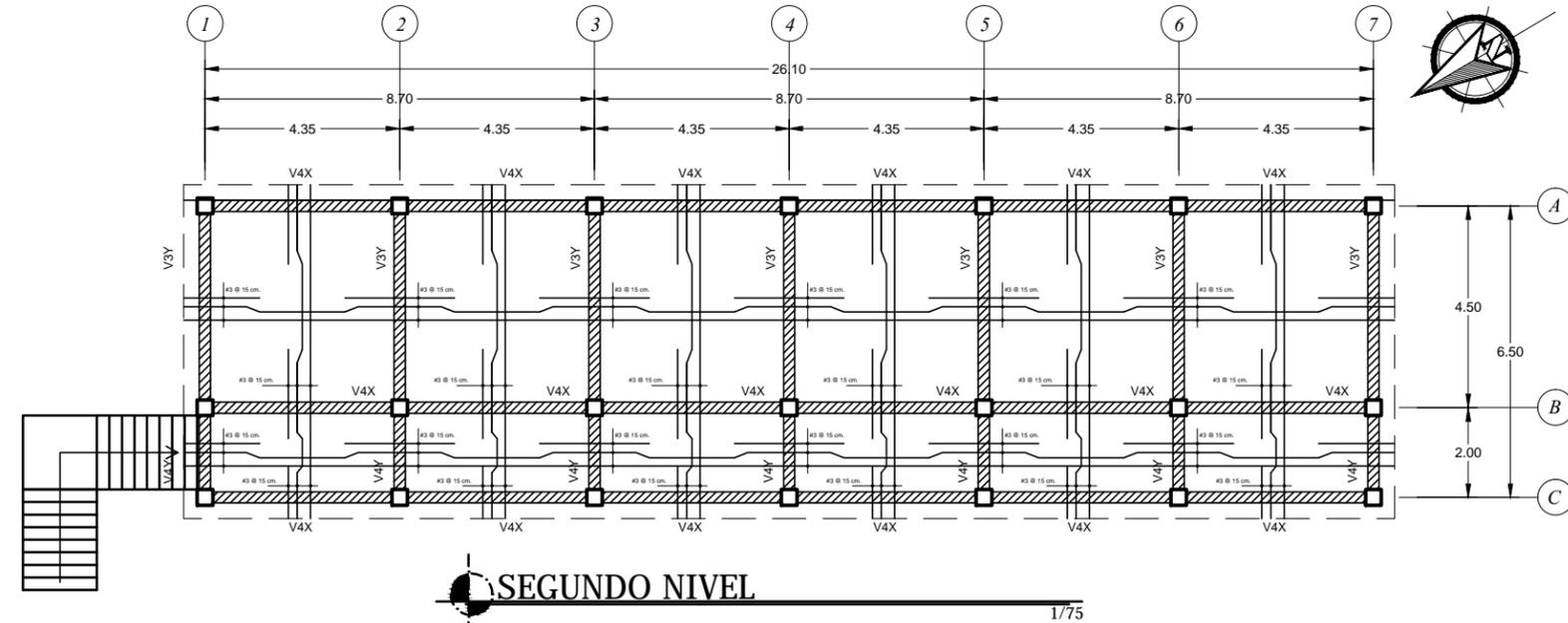
DETALLE DE ARMADO DE LOSAS
S/E



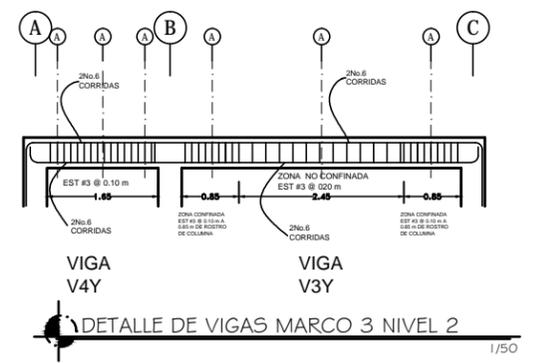
DETALLE DE VIGAS MARCO B NIVEL I
1/50



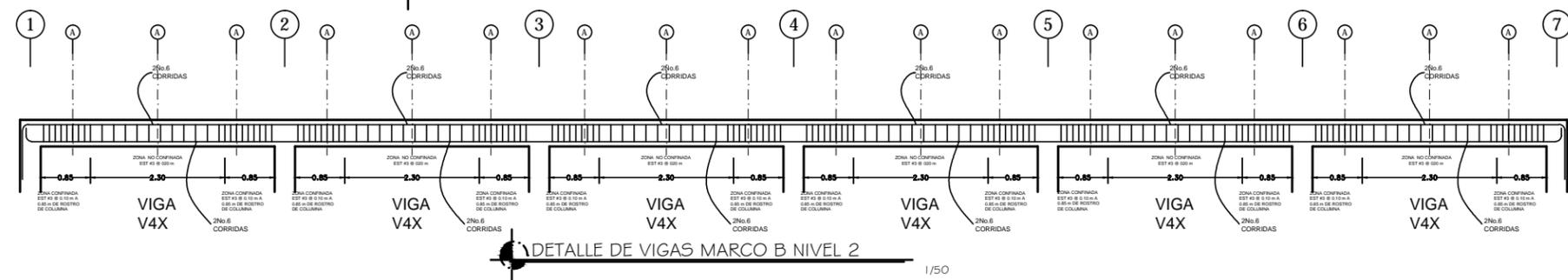
SECCIONES TRANSVERSALES DE VIGAS
1/20



SEGUNDO NIVEL
1/75



DETALLE DE VIGAS MARCO 3 NIVEL 2
1/50



DETALLE DE VIGAS MARCO B NIVEL 2
1/50

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
MUNICIPALIDAD DE PUERTO BARRIOS, IZABAL

PROYECTO: DISEÑO DE LA EDIFICACION ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA LA ALDEA ENTRE RIOS, MUNICIPIO DE PUERTO BARRIOS, IZABAL.

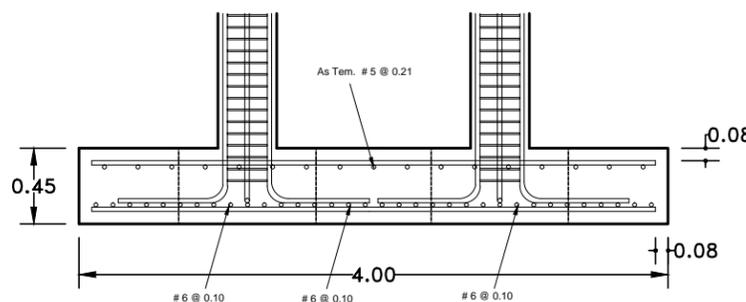
CONTENIDO: PLANTA DE LOSAS Y DETALLES DE VIGAS

INDICADA

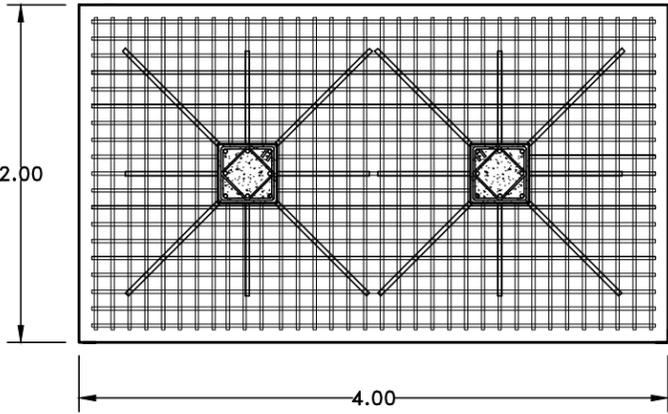
AGOSTO 2012

Mario A. Cruz Tenes
Mario A. Cruz Tenes
Mario A. Cruz Tenes

4/9

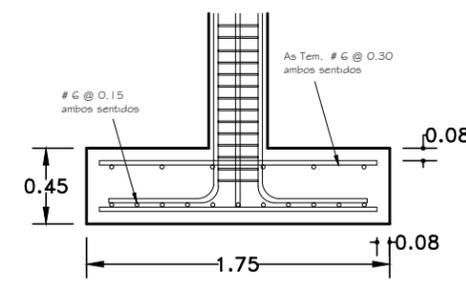


SECCION TRANSVERSAL ZAPATA Z2

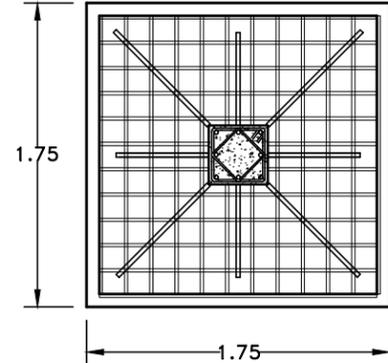


PLANTA ZAPATA Z2

ZAPATA Z2:
CAMA SUPERIOR:
#5 @ 20 CM AMBOS SENTIDOS.
CAMA INFERIOR:
#6 @ 10 CM AMBOS SENTIDOS.
RECUBRIMIENTO:
7.5 CM

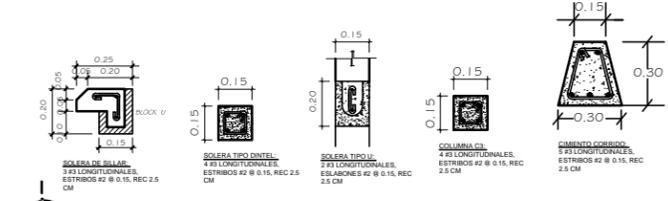


SECCION TRANSVERSAL ZAPATA Z1

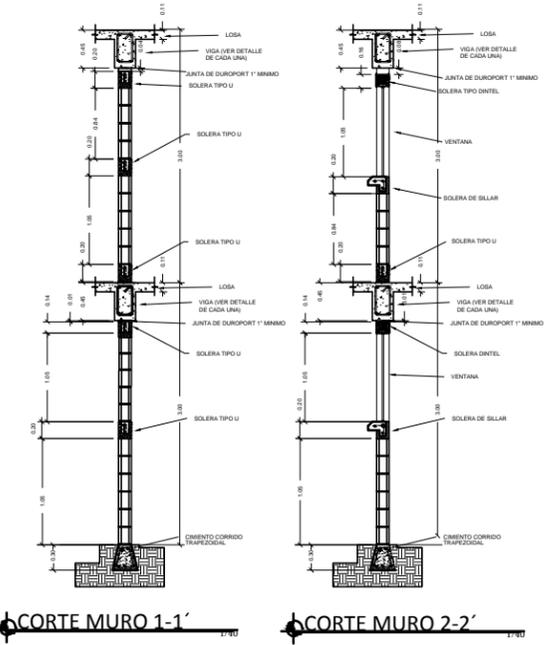


PLANTA ZAPATA Z1

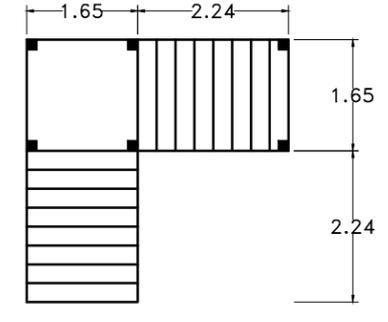
ZAPATA Z1:
CAMA SUPERIOR:
#6 @ 30 CM AMBOS SENTIDOS.
CAMA INFERIOR:
#6 @ 15 CM AMBOS SENTIDOS.
RECUBRIMIENTO:
7.5 CM



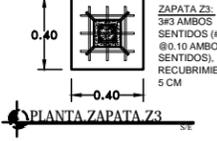
DETALLES DE SOLERAS, COLUMNAS EN MUROS Y CIMIENTO CORRIDO



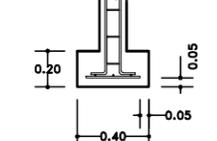
CORTE MURO 1-1' CORTE MURO 2-2'



PLANTA MODULO DE GRADAS

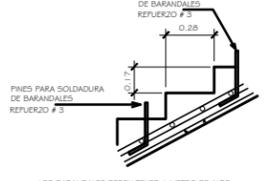


PLANTA ZAPATA Z3



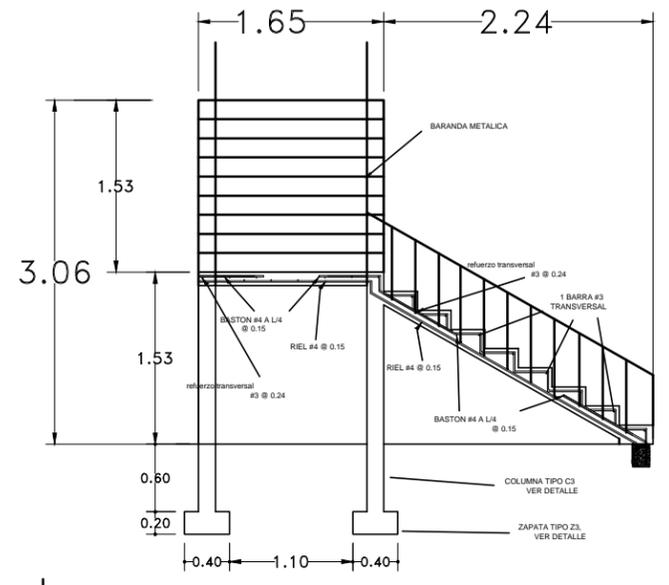
SECCION TRANSVERSAL ZAPATA Z3

ZAPATA Z3:
#3 AMBOS SENTIDOS #3 @ 0.10 AMBOS SENTIDOS.
RECUBRIMIENTO 5 CM

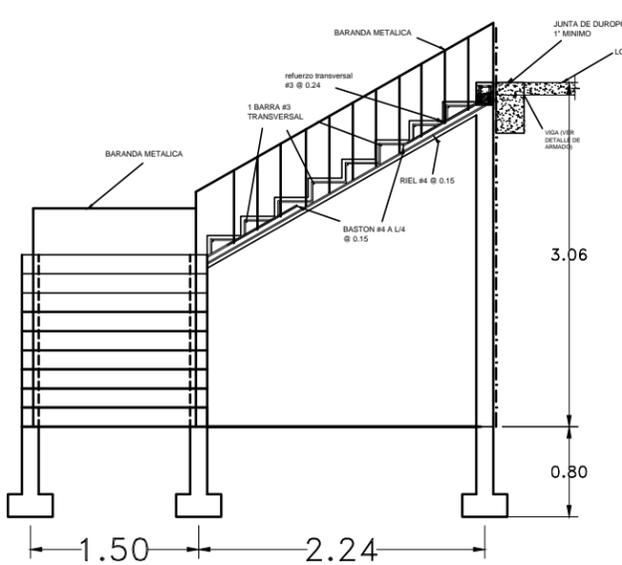


DETALLE JUNTA PARA BARANDA

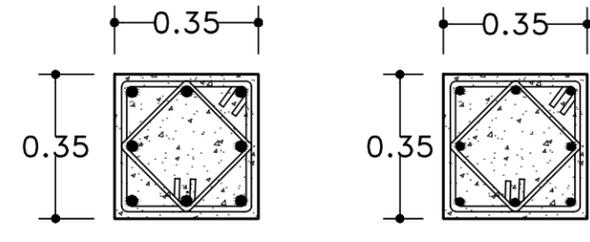
LOS BARANDALES DEBEN TENER 1 METRO DE ALTO



ELEVACION LATERAL MODULO DE GRADAS



ELEVACION FRONTAL MODULO DE GRADAS



COLUMNA C1:
#88 LONGITUDINALES, EST #3 @ 0.09 EN ZONA DE CONFINAMIENTO Y @ 0.16 EN EL RESTO, REC 3 CM.

COLUMNA C2:
#88 LONGITUDINALES, EST #3 @ 0.09 EN ZONA DE CONFINAMIENTO Y @ 0.16 EN EL RESTO REC 3 CM, ROTAR

DETALLE DE COLUMNAS PRINCIPALES

LOS EMPALMES DE LAS COLUMNAS DEBEN SER VIGILADOS, NO DEBEN EMPALMARSE EN LOS MUROS.

ESPECIFICACIONES:

POR NINGUN MOTIVO DEBEN ANCLARSE LOS MUROS A LAS COLUMNAS NI VIGAS, EL MODULO DE GRADAS ES INDEPENDIENTE A LOS MARCOS DE CONCRETO. COLOCAR JUNTAS DE DUROPORT EN DICHAS UNIONES, VER DETALLES.

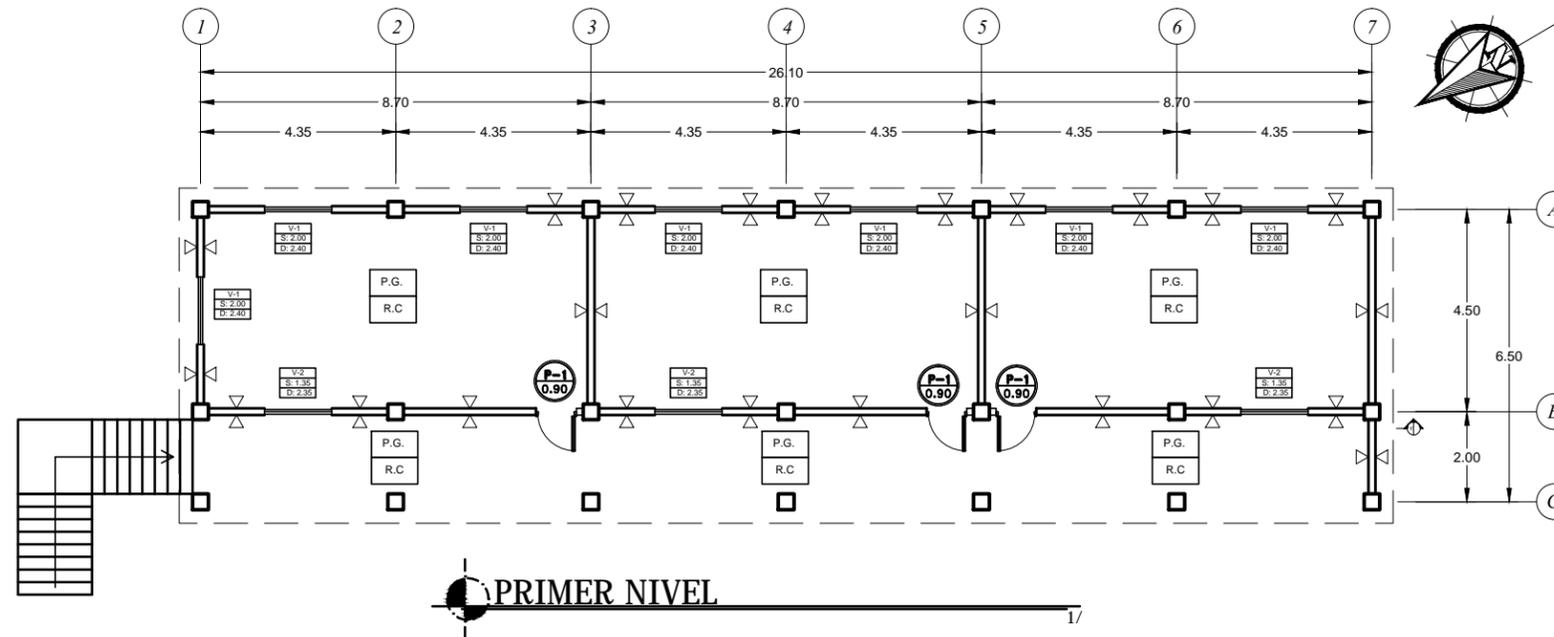
LAS TUBERIAS NO DEBEN ATRAVESAR LAS COLUMNAS O VIGAS.

ESPECIFICACIONES DE DISEÑO
REFUERZOS DE HIERRO: fy=2810 kg/cm2 (G40) LEGITIMO
CONCRETO: 210 kg/cm2 (4000 psi)
MUROS: f'm 35 kg/cm2, 0.15x0.20x0.40.
AGREGADO GRUESO: TRITURADO
PROPORCION MORTERO PARA LEVANTADO DE MUROS: 1:3

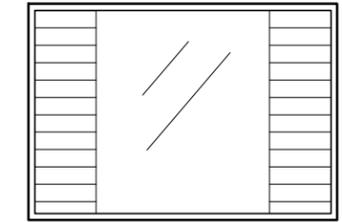
SE CALCULO UN VALOR SOPORTE DE 24.79 T/m2, MEDIANTE ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL. VERIFICAR EL VALOR SOPORTE DEL SUELO PREVIA LA CONSTRUCCION DEL EDIFICIO.
CARGAS VIVAS (TOMADAS DEL CODIGO AGIES): 100kg/m2 EN TECHOS, 250kg/m2 EN OFICINAS Y 500kg/m2 EN GRADAS Y PASILLOS.

LOS TRASLAPES Y LA LONGITUD DE DESARROLLO (L.D.) HAN DE SER POR LO MENOS 48 VECES EL DIAMETRO DEL REFUERZO A EMPALMAR. PARA #3 35 CM, #4 50 CM, #5 60 CM, #6 0.75, #8 120 CM, LOS GANCHOS A 90° PARA ELEMENTOS A FLEXION DEBE SER: 11CM PARA #3, 14 CM PARA #4, 18CM PARA #5, 22 CM PARA #6 Y 30 CM PARA #8, O SEGUN SE ESPECIFIQUE EN PLANOS. LOS GANCHOS A 135° DEBEN TENER UNA LONGITUD DE 8CM MINIMO DENTRO DEL ELEMENTO.

LAS LOSAS DEL SEGUNDO NIVEL NO HAN SIDO DISEÑADAS PARA LA INSTALACION DE TANQUE SISTENA.



0.30 0.90 0.30

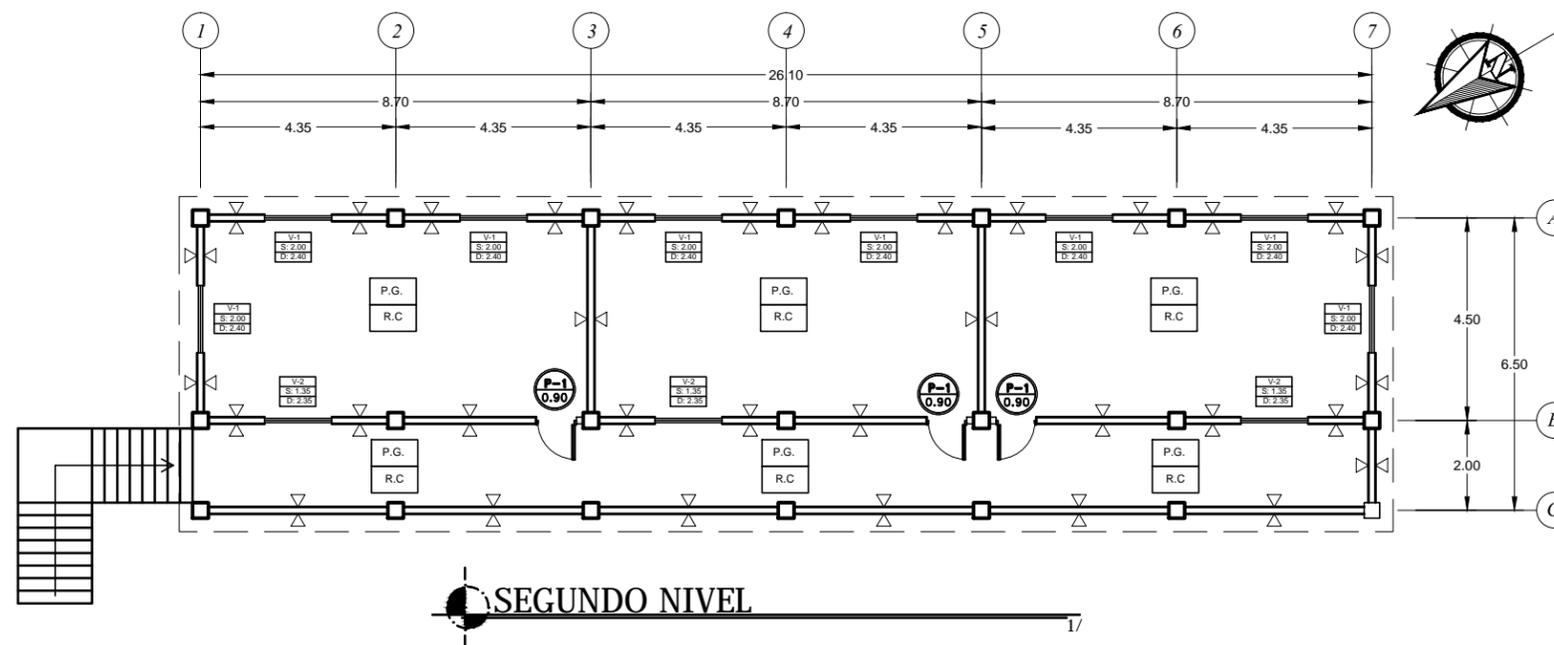


VENTANA TIPO 2

0.30 0.90 0.30

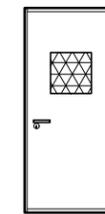


VENTANA TIPO 1



PLANILLA DE VENTANAS

TIPO	SILLAR	DINTEL	ALTO	ANCHO	UNIDADES	MATERIAL
V - 1	2.00	2.40	0.40	1.50	15	ALUMINIO MILL FINISH Y VIDRIO DE 5 mm
V - 2	1.35	2.35	1.00	1.50	6	ALUMINIO MILL FINISH Y VIDRIO DE 5 mm



PUERTA TIPO - 1

PLANILLA DE PUERTAS

TIPO	ANCHO	DINTEL	UNIDADES	MATERIAL
P - 1	0.70	2.20	20	MADERA

SIMBOLOGIA DE ACABADOS	
P.G.	PISO DE GRANITO
R.C.	REPELLO EN CIELO
▷	REPELLO + CERNIDO
P-1 0.90	TIPO DE PUERTA ANCHO DE PUERTA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
MUNICIPALIDAD DE PUERTO BARRIOS, IZABAL

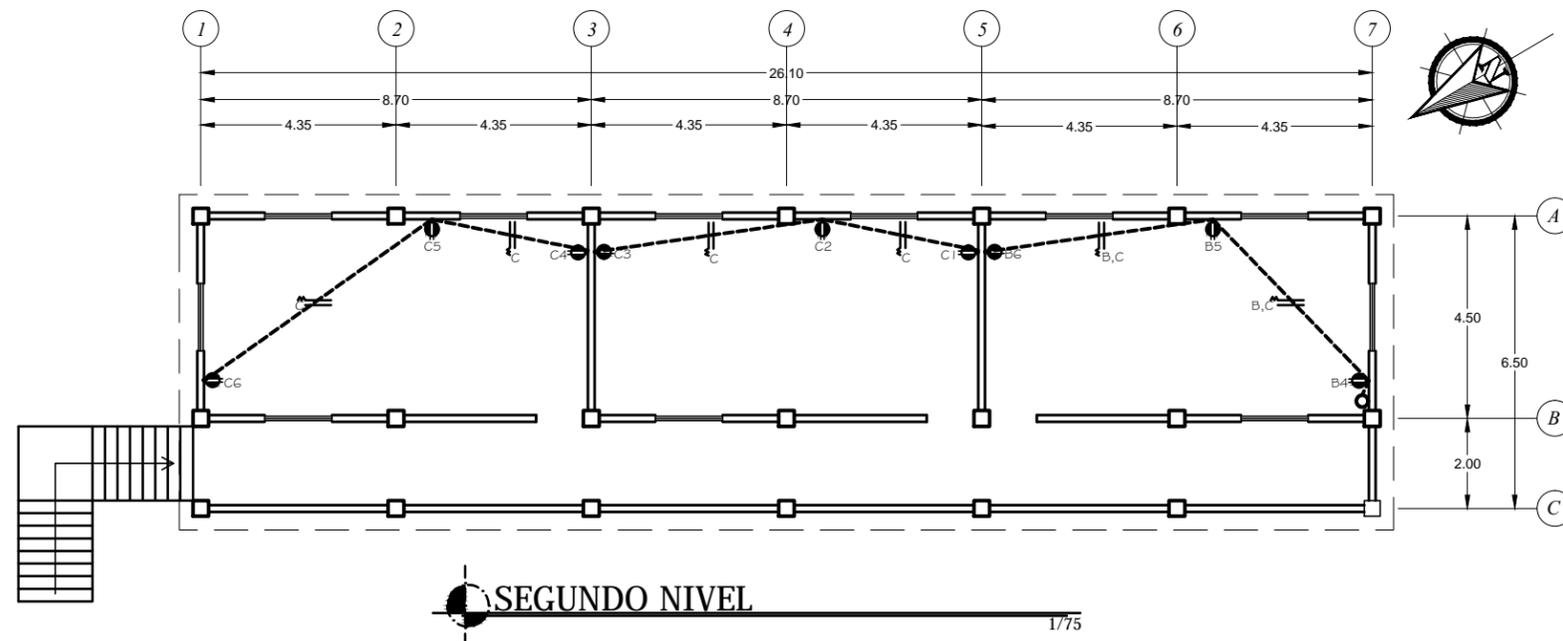
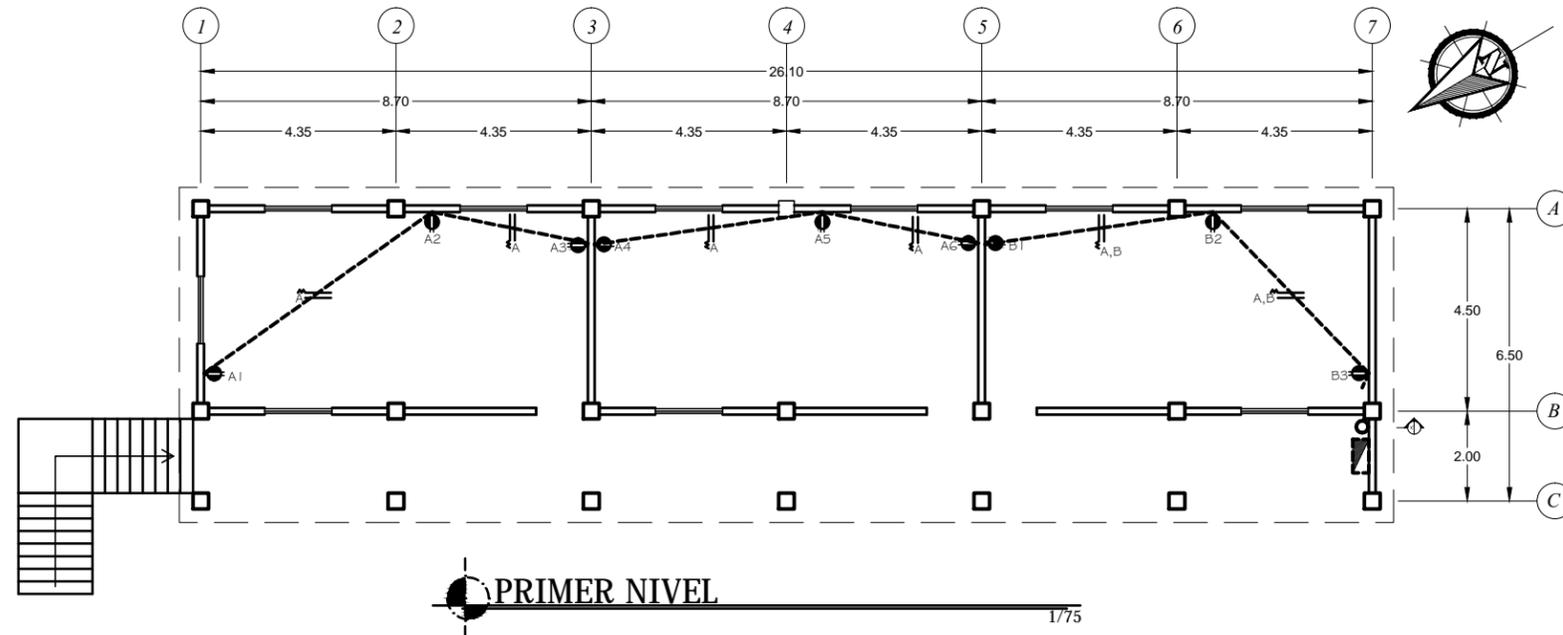
PROYECTO:
DISEÑO DE LA EDIFICACION ESCOLAR DE DOS NIVELES
PARA LA ALDEA ENTRE RIOS, MUNICIPIO DE PUERTO
BARRIOS, IZABAL.

CONTENIDO:
PLANTA DE ACABADOS

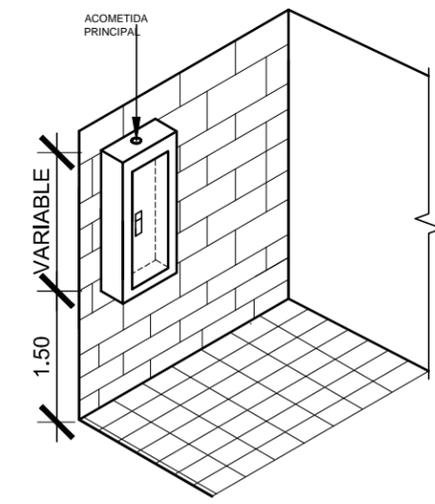
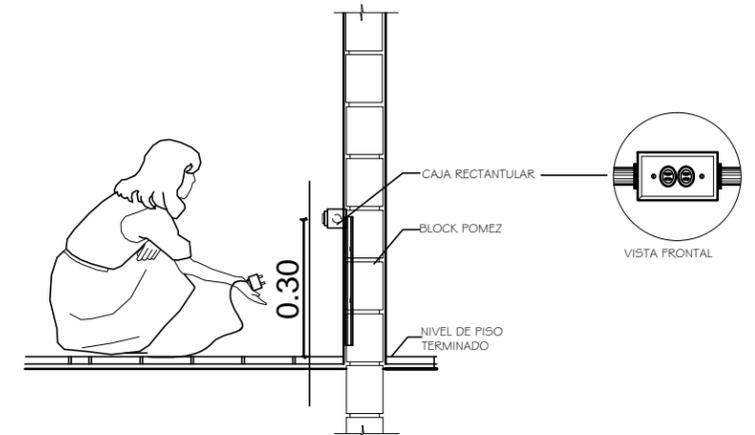
INDICADA
AGOSTO 2012

Mario A. Cruz Tenas
Mario A. Cruz Tenas
Mario A. Cruz Tenas
AGOSTO 2012

6/9



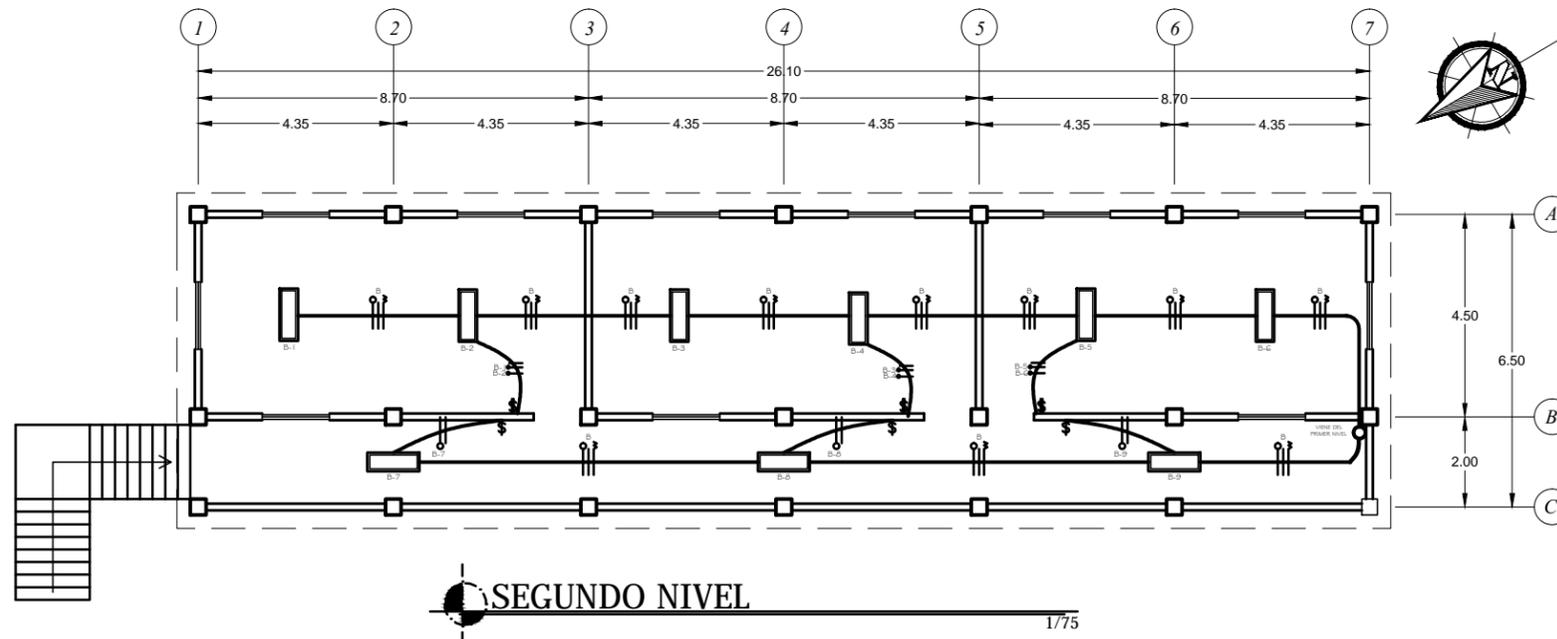
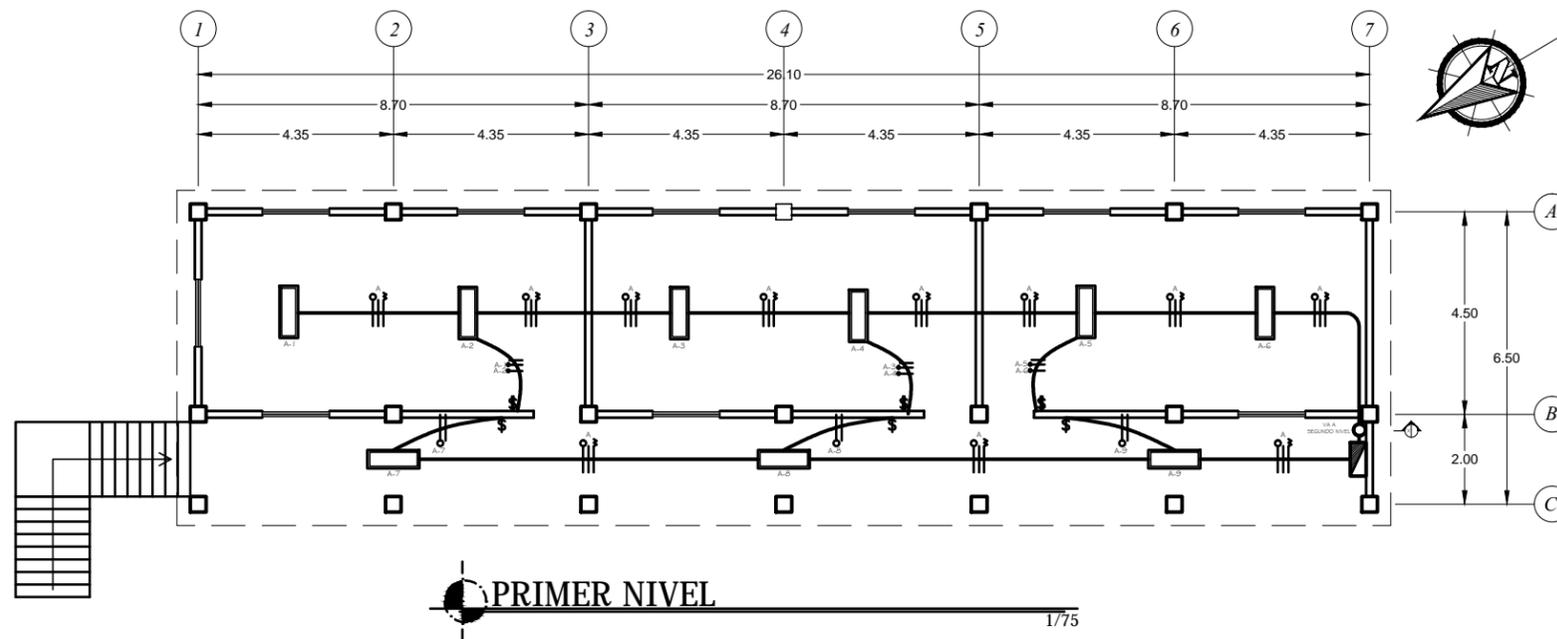
SIMBOLOGÍA DE FUERZA			
SÍMBOLO	SIGNIFICADO	SÍMBOLO	SIGNIFICADO
	TABLERO DE DISTRIBUCION H= 1.70 S.N.P.T.		CONDUCTOR POSITIVO CALIBRE 12
	DUCTO ELECTRICO Ø 3/4" EN PISO O MURO		CONDUCTOR NEUTRO CALIBRE 12
	TOMACORRIENTE DOBLE 120 V. H= 0,30 S.N.P.T		



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
 MUNICIPALIDAD DE PUERTO BARRIOS, IZABAL

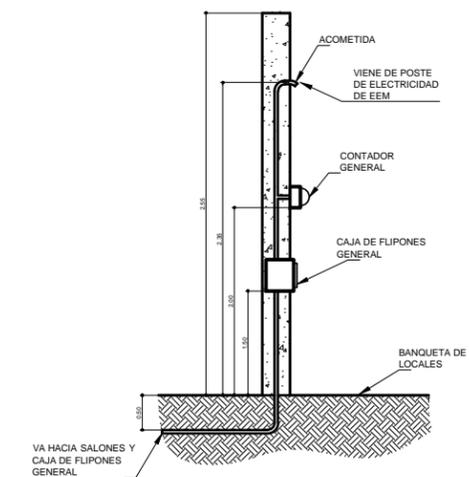
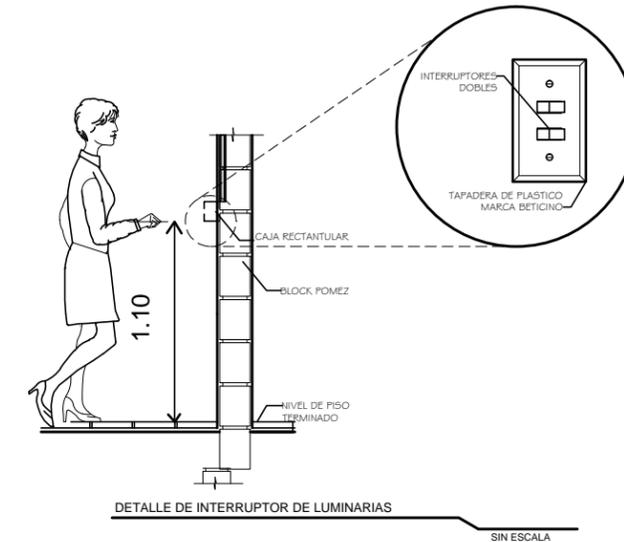
PROYECTO: DISEÑO DE LA EDIFICACION ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA LA ALDEA ENTRE RIOS, MUNICIPIO DE PUERTO BARRIOS, IZABAL.	Autor: Mario A. Cruz Tenes Diseñador: Mario A. Cruz Tenes Revisor: Mario A. Cruz Tenes Fecha: AGOSTO 2012
CONTENIDO: PLANTA DE FUERZA	Escala: INDICADA Hoja: 7/9

Colegio de Ingenieros de Guatemala



SIMBOLOGÍA DE ILUMINACIÓN			
SÍMBOLO	SIGNIFICADO	SÍMBOLO	SIGNIFICADO
	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN H=1.70 S.N.P.T.		CONDUCTOR NEUTRO CALIBRE 12 TW
	LAMPARA FLUORESCENTE (2X40) TIPO INDUSTRIAL		LINEA RETORNO CALIBRE 12 TW
	DUCTO ELECTRICO Ø 3/4" EMPOTRADA EN LOSA		INTERRUPTOR DOBLE H=1.20 S.N.P.T.
	CONDUCTOR POSITIVO CALIBRE 12 TW		INTERRUPTOR SIMPLE H=1.20 S.N.P.T.

EL DISEÑO DEL CIRCUITO FUERZA CONTEMPLA EQUIPOS DE OFICINA, LOS CUALES NO EXCEDEN LA CAPACIDAD DEL DISEÑO, LA IMPLEMENTACIÓN DE AIRE ACONDICIONADO O CUALQUIER OTRO APARATO REQUIERE INSTALACIÓN ESPECIAL.

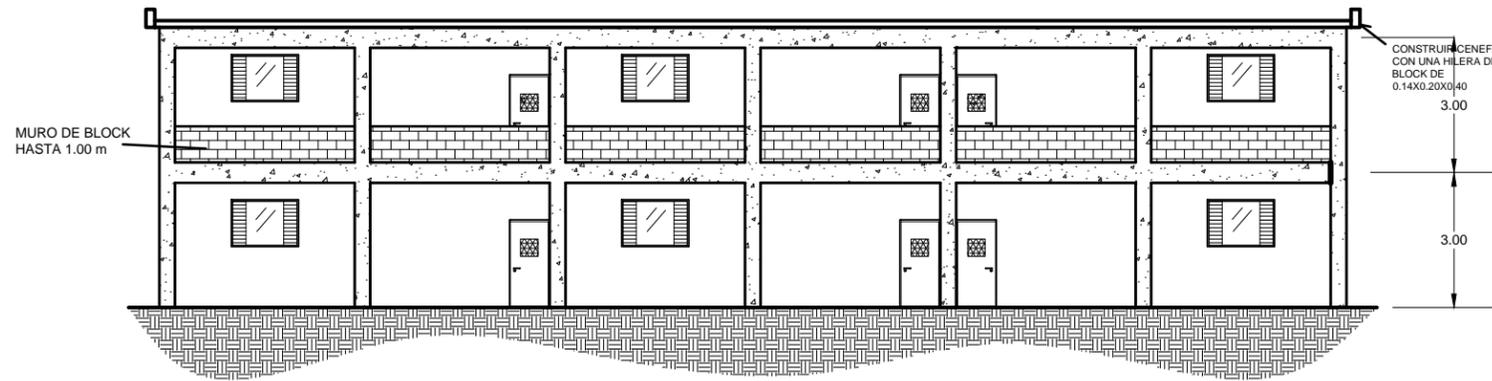


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
MUNICIPALIDAD DE PUERTO BARRIOS, IZABAL

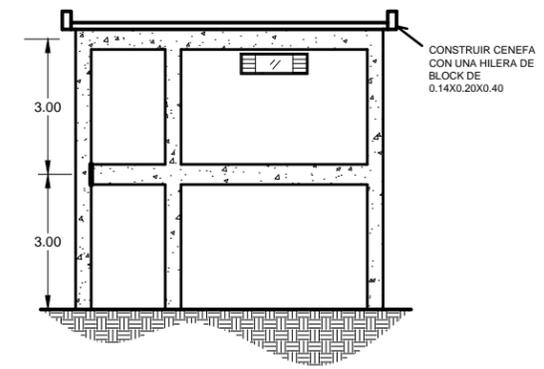
PROYECTO: DISEÑO DE LA EDIFICACION ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA LA ALDEA ENTRE RIOS, MUNICIPIO DE PUERTO BARRIOS, IZABAL.
CONTENIDO: PLANTA DE ILUMINACION
INDICADA: AGOSTO 2012

Mario A. Cruz Tenas
Mario A. Cruz Tenas
Mario A. Cruz Tenas

HOJA 8/9

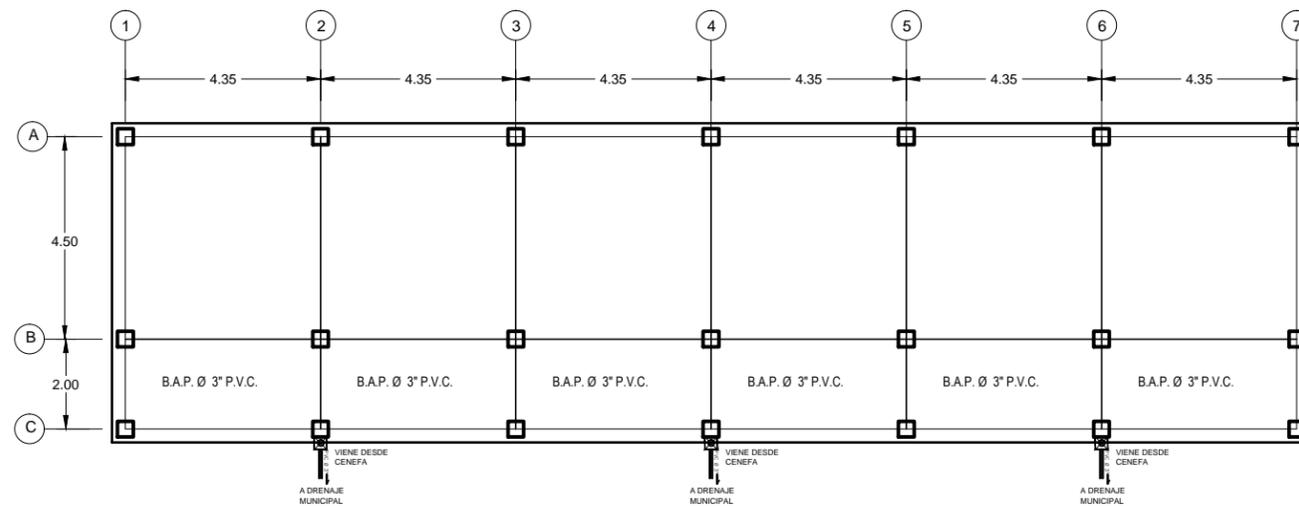


ELEVACION FRONTAL 1/75

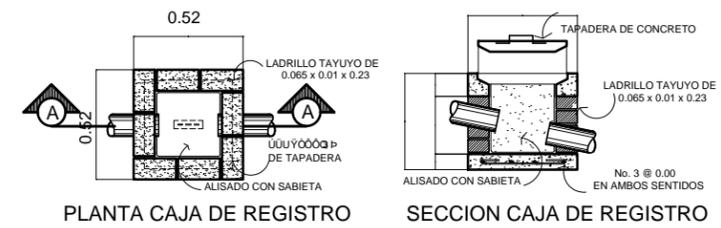


ELEVACION LATERAL 1/75

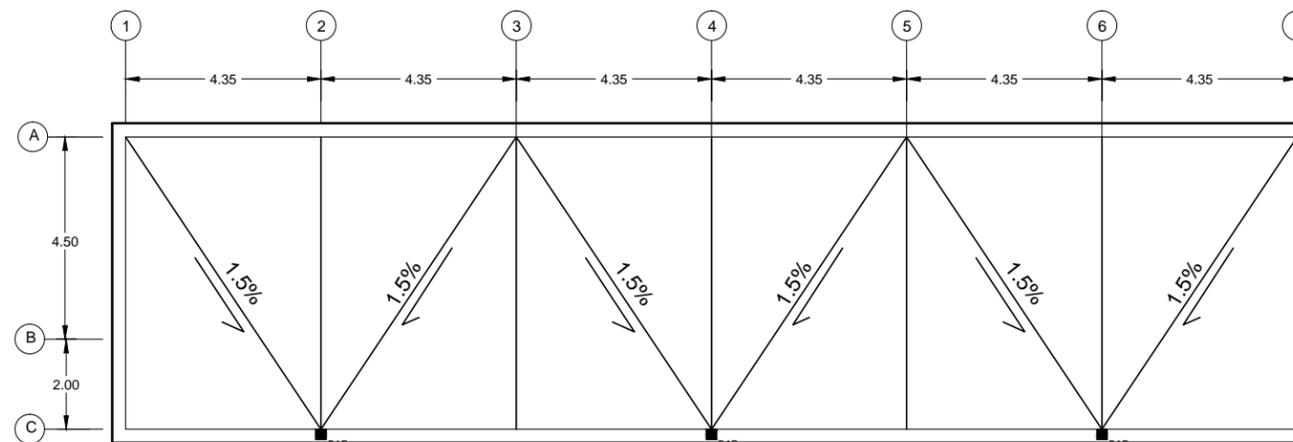
NOTA: LA LONGITUD DEL VOLADIZO DE LA CENEFA ES DE 30 CM MEDIDOS AL ROSTRO DEL MURO



PLANTA DE B.A.P. 1/75



DETALLE CAJA DE REGISTRO S/E



PLANTA DETALLE DE PAÑUELOS 1/100

LA TERRAZA DEBE ESTAR CUBIERTA CON MEZCLON Y BLANQUEADO, LAS AGUAS PLUVIALES DEBEN SER CONDUCIDAS SEGUN LO INDICADO EN LOS PLANOS HACIA LA BAJADA DE AGUAS PLUVIALES (B.A.P.).

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
 MUNICIPALIDAD DE PUERTO BARRIOS, IZABAL

PROYECTO: DISEÑO DE LA EDIFICACION ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA LA ALDEA ENTRE RIOS, MUNICIPIO DE PUERTO BARRIOS, IZABAL.

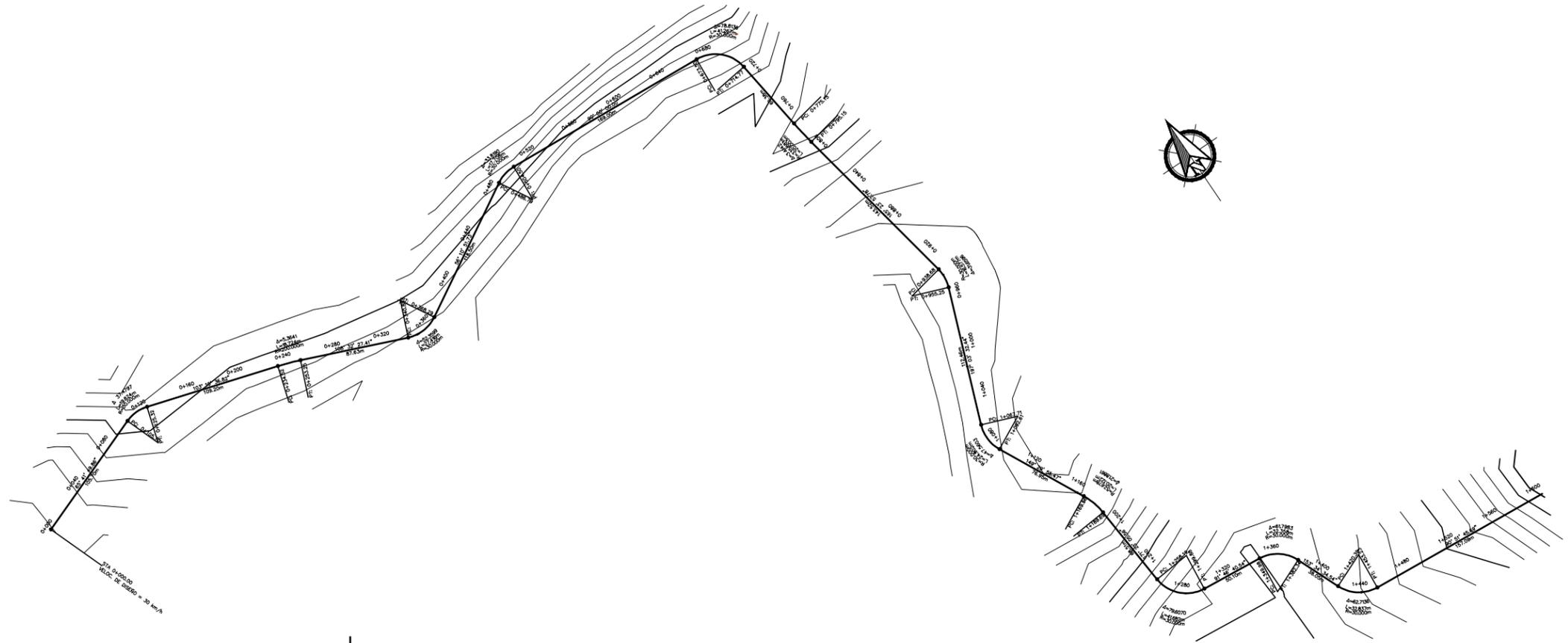
CONTENIDO: ELEVACIONES Y BAJADAS DE AGUA PLUVIALES

INDICADA

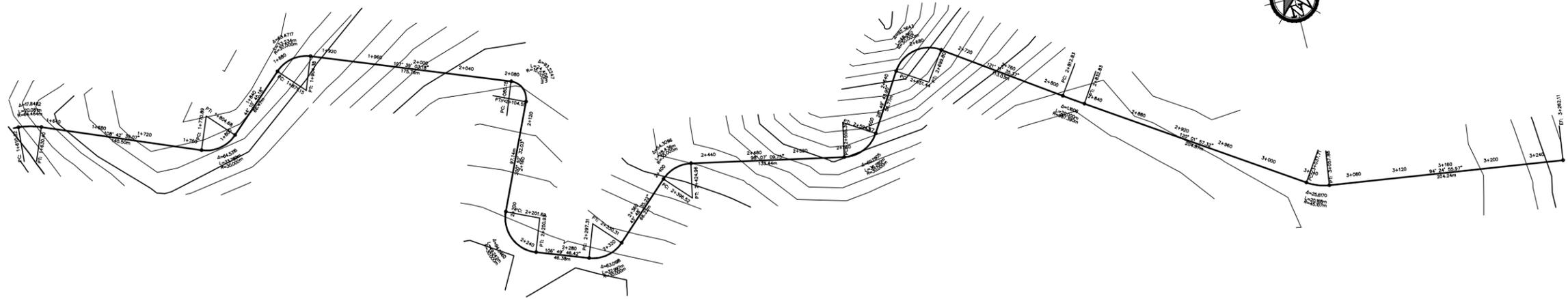
AGOSTO 2012

Mario A. Cruz Tenes
 Mario A. Cruz Tenes
 Mario A. Cruz Tenes

9
 9
 11



PLANTA GENERAL EST 0+000 A EST 1+600
1/2000



PLANTA GENERAL EST 1+600 A EST 3+262.11
1/2000

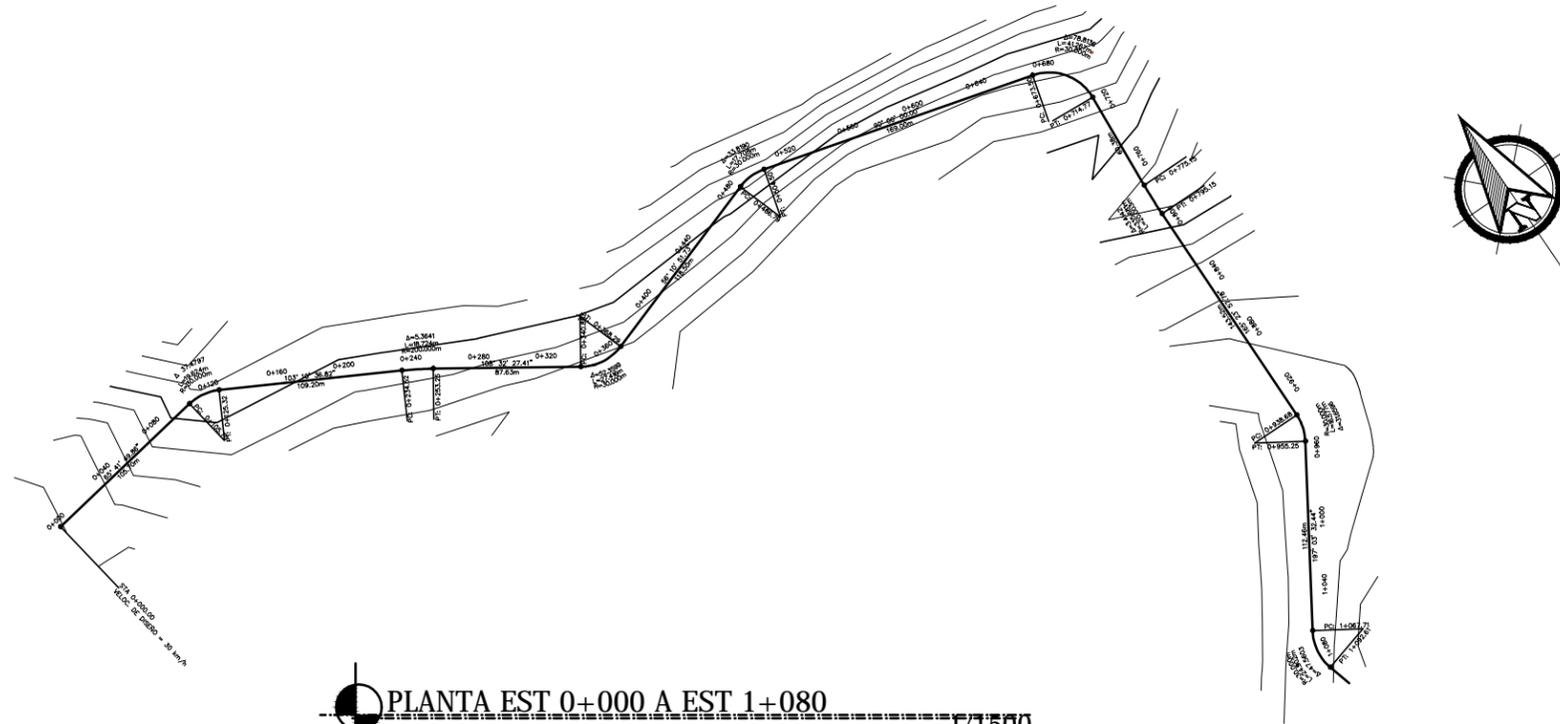
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
MUNICIPALIDAD DE PUERTO BARRIOS, IZABAL

PROYECTO: DISEÑO DE LA CARRETERA Y PAVIMENTACION HACIA LA ALDEA MILLA 6, PUERTO BARRIOS, IZABAL.	DISEÑO: Mario A. Cruz Tenas
CONTENIDO: PLANTA GENERAL	DIBUJO: Mario A. Cruz Tenas
ASESOR: JUAN MERCK COS	CALCULO: Mario A. Cruz Tenas
	FECHA: INDICADA
	FECHA: AGOSTO 2012

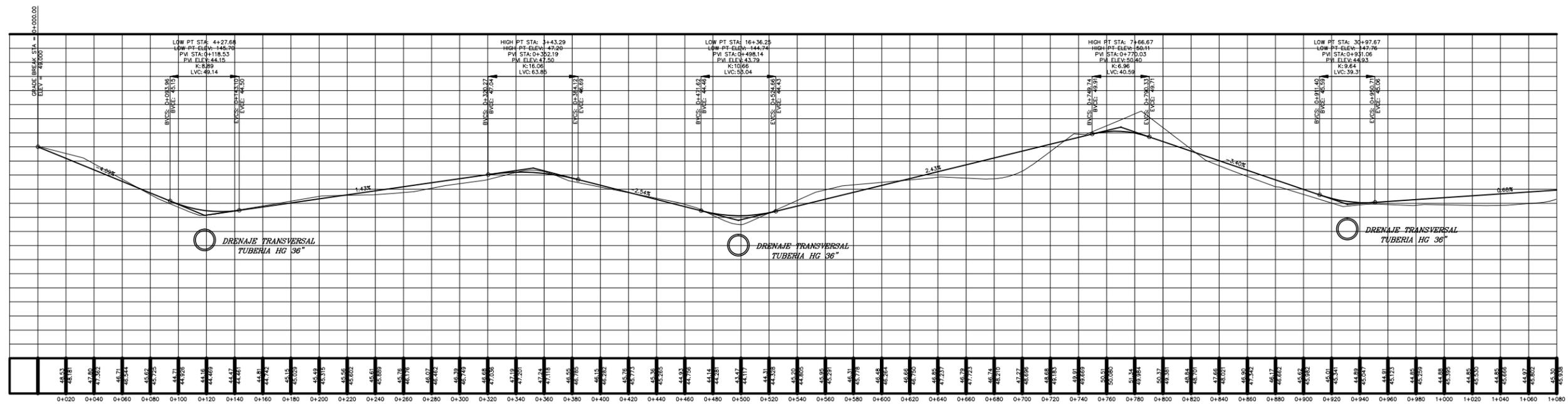
ING. JUAN MERCK COS
ASESOR E.P.S.

JOSE LOPEZ
ALCALDE MUNICIPAL

H.O.A. 1/8 A E I



PLANTA EST 0+000 A EST 1+080
1/1500



PERFIL EST 0+000 A EST 1+080
1/1500

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
MUNICIPALIDAD DE PUERTO BARRIOS, IZABAL

PROYECTO: DISEÑO DE LA CARRETERA Y PAVIMENTACION HACIA LA ALDEA MILLA 6, PUERTO BARRIOS, IZABAL.

CONTENIDO: PLANTA - PERFIL

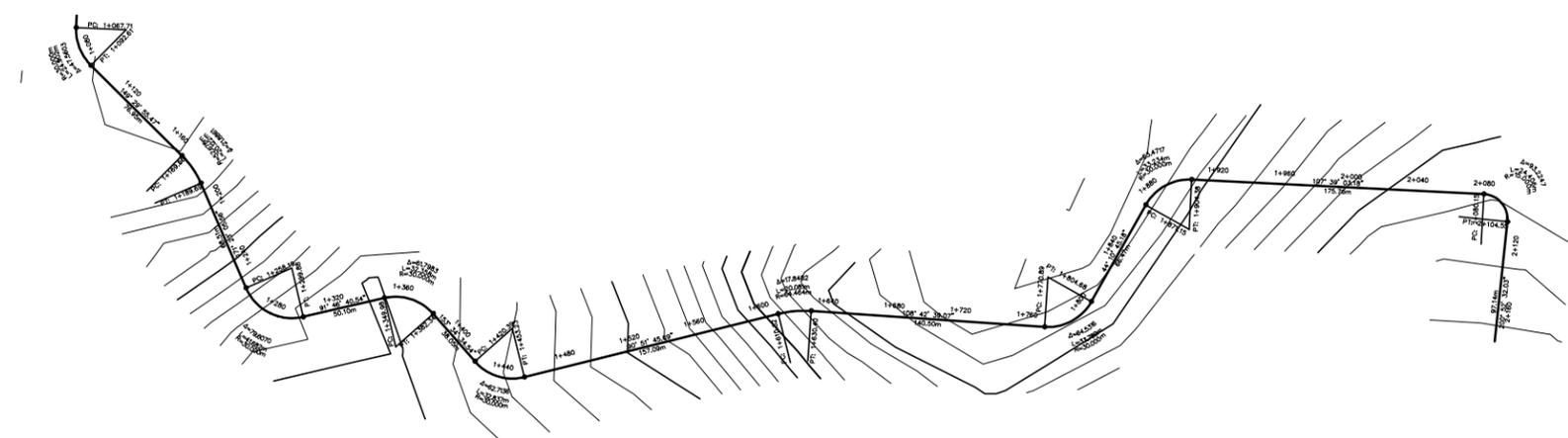
ASESOR: JUAN MERCK COS

ING. JUAN MERCK COS
ASESOR E.P.S.

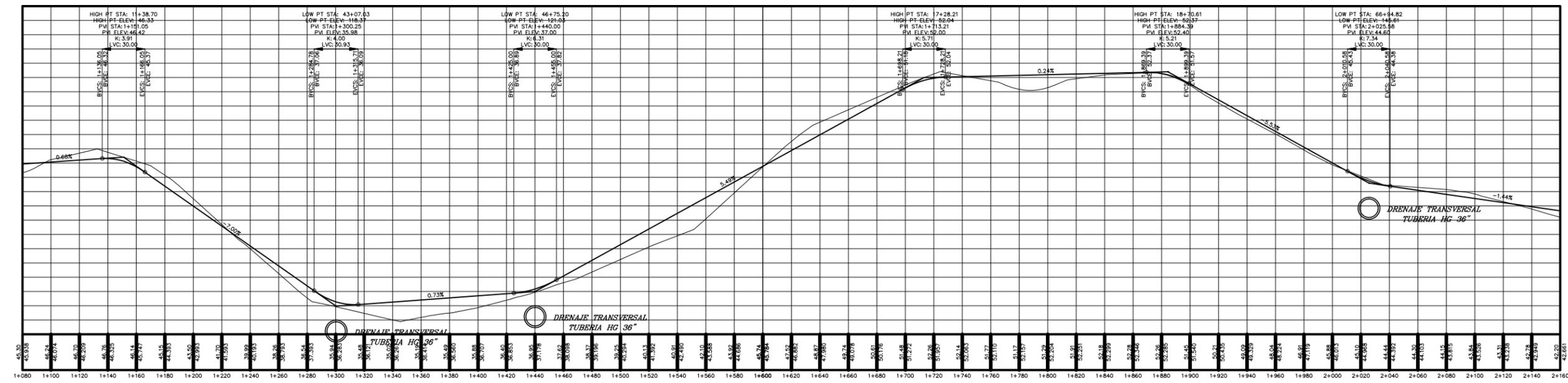
ING. JOSE LOPEZ
ALCALDE MUNICIPAL

DISEÑO: Mario A. Cruz Tenas
DIBUJO: Mario A. Cruz Tenas
CALCULO: Mario A. Cruz Tenas
FECHA: AGOSTO 2012

H.O.A. 2/A 8/E 1



PLANTA EST 1+080 A EST 2+160
1/1500



PERFIL EST 1+080 A EST 2+160
1/1500

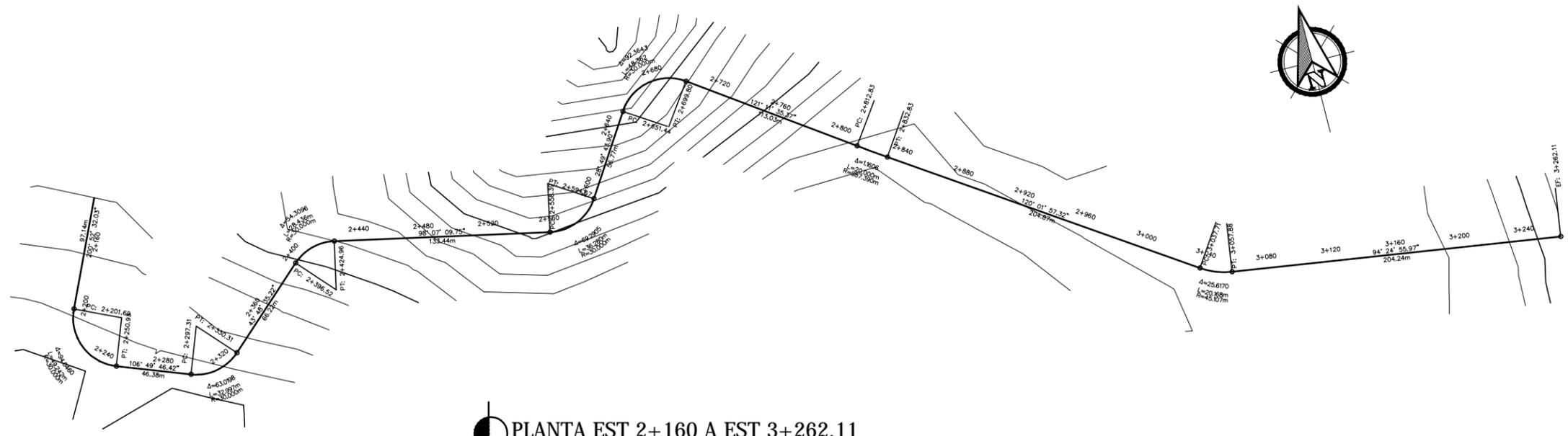
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
MUNICIPALIDAD DE PUERTO BARRIOS, IZABAL

PROYECTO: DISEÑO DE LA CARRETERA Y PAVIMENTACION HACIA LA ALDEA MILLA 6, PUERTO BARRIOS, IZABAL.	DISEÑO: Mario A. Cruz Tenas
CONTENIDO: PLANTA - PERFIL	DIBUJO: Mario A. Cruz Tenas
ASESOR: JUAN MERCK COS	CALCULO: Mario A. Cruz Tenas
	FECHA: AGOSTO 2012

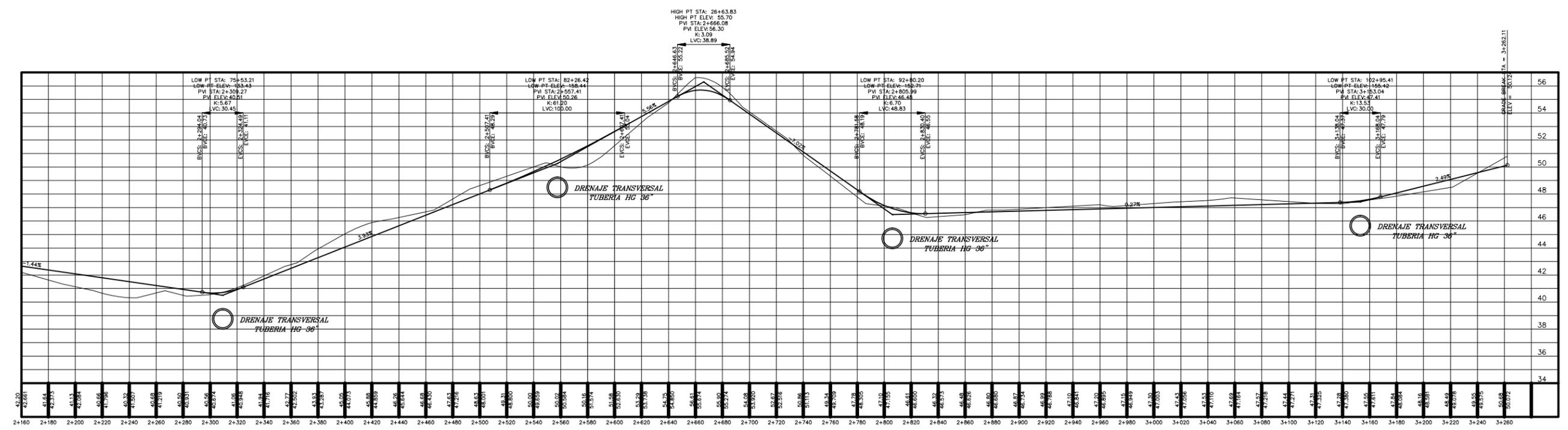
ING. JUAN MERCK COS
ASESOR E.P.S.

JOSE LOPEZ
ALCALDE MUNICIPAL

HOJA 3 / 8
A
E
I



PLANTA EST 2+160 A EST 3+262.11
1/1500



PERFIL EST 2+160 A EST 3+262.11
1/1500

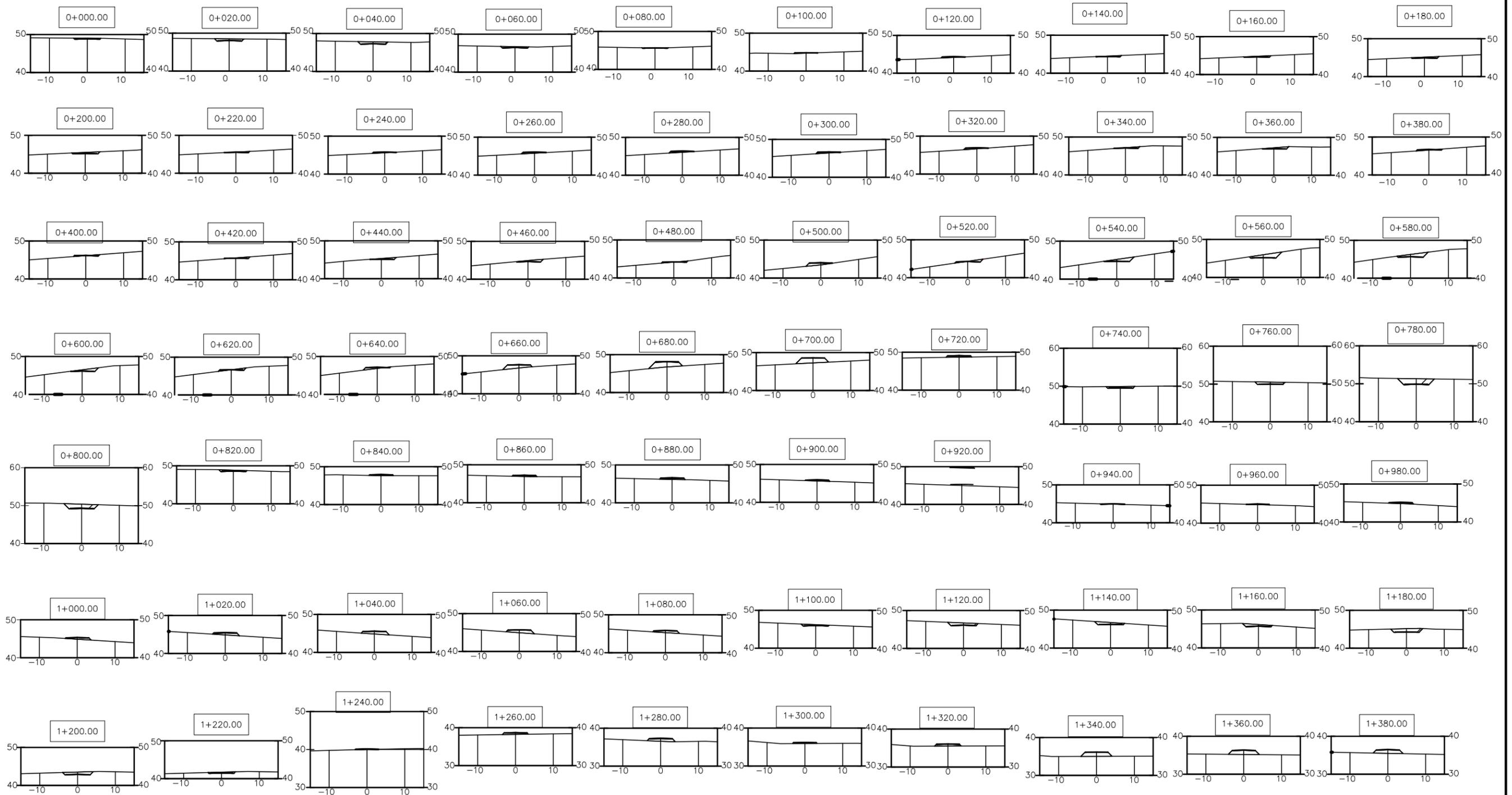
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
MUNICIPALIDAD DE PUERTO BARRIOS, IZABAL

PROYECTO: DISEÑO DE LA CARRETERA Y PAVIMENTACION HACIA LA ALDEA MILLA 6, PUERTO BARRIOS, IZABAL.	DISEÑO: Mario A. Cruz Tenas
CONTENIDO: PLANTA - PERFIL	DIBUJO: Mario A. Cruz Tenas
ASESOR: JUAN MERCK COS	CALCULO: Mario A. Cruz Tenas
	FECHA: INDICADA
	FECHA: AGOSTO 2012

ING. JUAN MERCK COS
ASESOR E.P.S.

JOSE LOPEZ
ALCALDE MUNICIPAL

HOJA 4 DE 8




SECCIONES TRANSVERSALES EST 0+000 A 1+380
 1/500

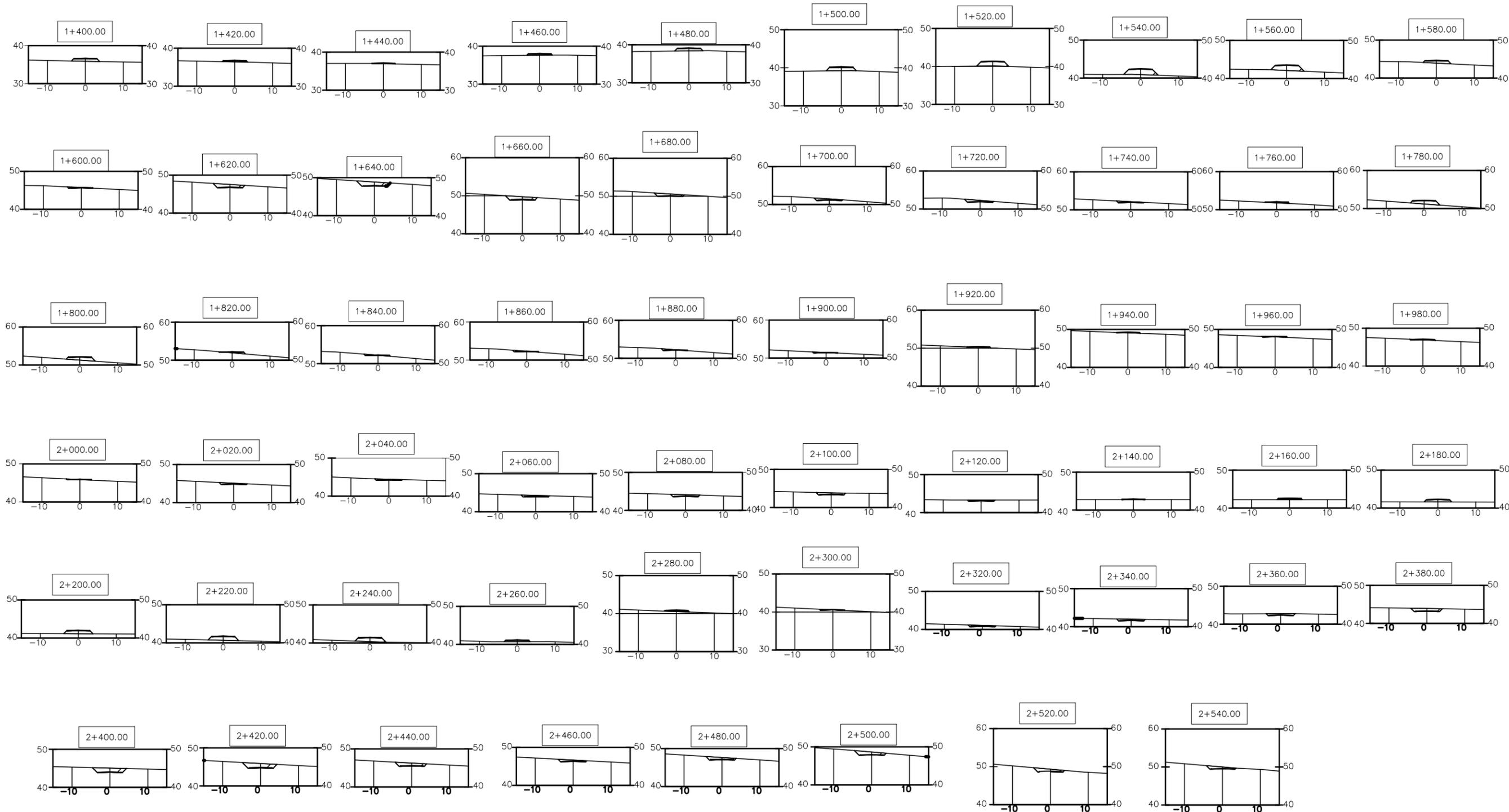

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
 MUNICIPALIDAD DE PUERTO BARRIOS, IZABAL

PROYECTO: DISEÑO DE LA CARRETERA Y PAVIMENTACION HACIA LA ALDEA MILLA 6, PUERTO BARRIOS, IZABAL.	DISEÑO: Mario A. Cruz Tenas
CONTENIDO: SECCIONES TRANSVERSALES	DIBUJO: Mario A. Cruz Tenas
ASESOR: JUAN MERCK COS	CALCULO: Mario A. Cruz Tenas
	FECHA: AGOSTO 2012

ING. JUAN MERCK COS
 ASESOR E.P.S.

JOSE LOPEZ
 ALCALDE MUNICIPAL

H.O.A. 5/8 A.E.I.



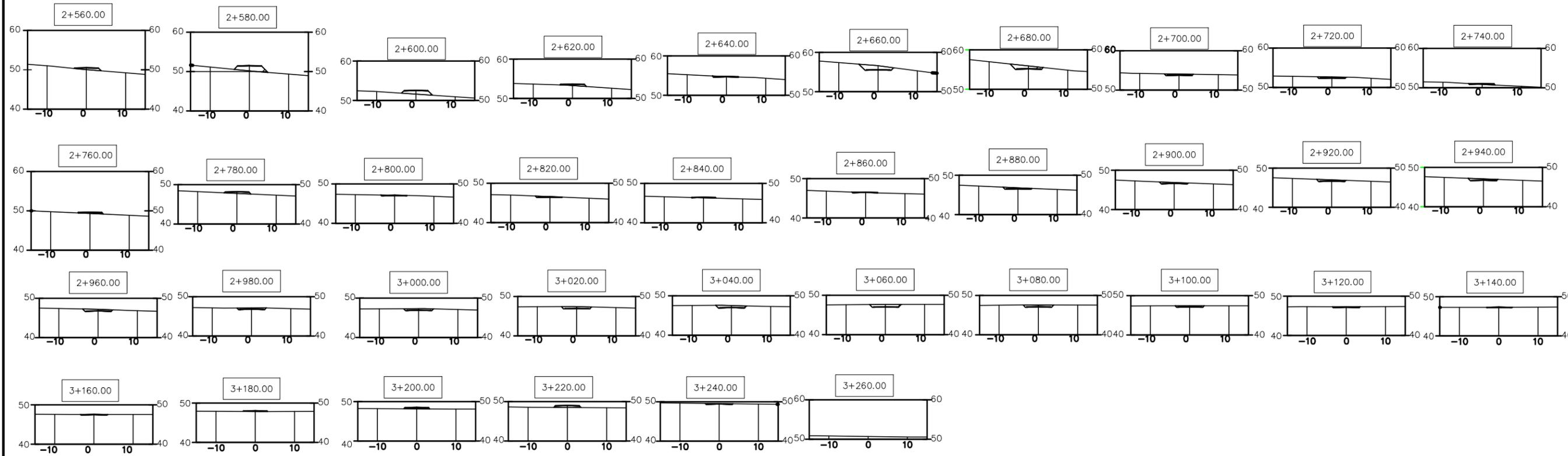

SECCIONES TRANSVERSALES EST 1+400 A 2+540
 1/500


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
 MUNICIPALIDAD DE PUERTO BARRIOS, IZABAL

PROYECTO: DISEÑO DE LA CARRETERA Y PAVIMENTACION HACIA LA ALDEA MILLA 6, PUERTO BARRIOS, IZABAL.	DISEÑO: Mario A. Cruz Tenas
CONTENIDO: SECCIONES TRANSVERSALES	REVISADO: Mario A. Cruz Tenas
ASESOR: JUAN MERCK COS	CALCULO: Mario A. Cruz Tenas
	ESCALA: INDICADA
	FECHA: AGOSTO 2012

ING. JUAN MERCK COS
 ASESOR E.P.S.
 JOSE LOPEZ
 ALCALDE MUNICIPAL

H.O.A.
 6/8
 A
 E
 I



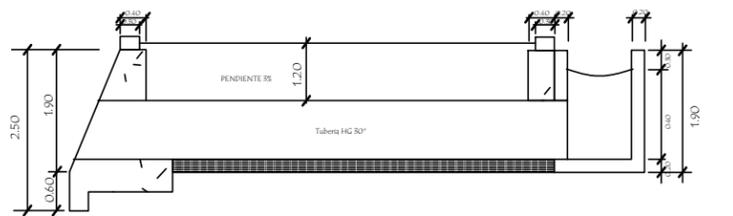
SECCIONES TRANSVERSALES 2+560 A EST 3+260
1/500

Tabla Total de Volúmenes						
Station	Fill Area	Cut Area	Fill Volume	Cut Volume	Cumulative Fill Vol	Cumulative Cut Vol
0+000.00	0.00	1.65	0.00	0.00	0.00	0.00
0+020.00	0.00	3.83	0.00	55.84	0.00	55.84
0+040.00	0.00	4.62	0.00	85.56	0.00	141.40
0+060.00	0.00	2.55	0.00	71.69	0.00	213.09
0+080.00	0.00	0.74	0.00	32.89	0.00	245.97
0+100.00	0.27	0.14	2.74	8.80	2.74	254.77
0+120.00	0.79	0.03	10.98	1.59	13.71	256.36
0+140.00	0.00	1.45	8.00	14.82	21.72	270.97
0+160.00	0.00	1.88	0.00	33.24	21.72	304.21
0+180.00	0.00	2.26	0.00	41.40	21.72	345.61
0+200.00	0.00	2.65	0.00	49.11	21.72	394.72
0+220.00	0.00	1.10	0.05	37.45	21.77	432.18
0+240.00	0.65	0.09	6.59	11.80	28.36	443.98
0+260.00	1.45	0.00	21.09	0.86	49.45	444.83
0+280.00	1.34	0.00	27.83	0.04	77.29	444.87
0+300.00	1.12	0.03	24.58	0.32	101.87	445.19
0+320.00	1.14	0.05	22.60	0.75	124.46	445.94
0+340.00	0.01	1.33	11.47	13.78	135.93	459.72
0+360.00	0.00	2.28	0.09	37.61	136.02	497.34
0+380.00	0.56	0.34	5.47	26.75	141.50	524.08
0+400.00	0.18	0.70	7.40	10.41	148.89	534.49
0+420.00	0.01	1.30	1.91	20.02	150.80	554.52
0+440.00	0.00	2.07	0.13	33.71	150.93	588.23
0+460.00	0.00	2.63	0.01	46.98	150.94	635.21
0+480.00	0.25	0.73	2.53	33.58	153.48	668.79
0+500.00	2.90	0.00	32.38	6.93	185.86	675.72
0+520.00	0.28	1.70	32.05	16.78	217.91	692.50
0+540.00	0.00	4.63	2.77	63.34	220.68	755.84
0+560.00	0.00	6.84	0.00	114.72	220.68	870.55
0+580.00	0.00	5.85	0.00	124.89	220.68	995.44
0+600.00	0.00	3.17	0.03	88.21	220.71	1083.64
0+620.00	0.36	1.24	3.66	44.13	224.36	1127.77
0+640.00	1.38	0.23	19.44	14.87	243.80	1142.45
0+660.00	5.37	0.00	69.46	2.27	313.27	1144.72
0+680.00	9.93	0.00	153.91	0.00	467.18	1144.72
0+700.00	9.21	0.00	193.90	0.00	661.07	1144.72
0+720.00	2.05	0.00	113.33	0.00	774.41	1144.72
0+740.00	0.00	3.10	20.47	31.04	794.88	1175.76
0+760.00	0.00	4.55	0.00	76.53	794.88	1252.29
0+780.00	0.00	12.79	0.00	173.41	794.88	1425.70

Tabla Total de Volúmenes						
Station	Fill Area	Cut Area	Fill Volume	Cut Volume	Cumulative Fill Vol	Cumulative Cut Vol
0+800.00	0.00	9.34	0.00	221.26	794.88	1646.96
0+820.00	0.00	2.38	0.00	117.23	794.88	1764.18
0+840.00	1.03	0.00	10.31	23.82	805.18	1788.00
0+860.00	1.55	0.00	25.83	0.00	831.01	1788.00
0+880.00	1.91	0.00	34.62	0.00	865.64	1788.00
0+900.00	1.08	0.00	29.89	0.00	895.53	1788.00
0+920.00	0.87	0.00	19.54	0.01	915.07	1788.01
0+940.00	0.01	0.30	8.87	3.01	923.94	1791.02
0+960.00	0.22	0.11	2.30	4.35	926.24	1795.37
0+980.00	1.42	0.00	16.41	1.12	942.65	1796.49
1+000.00	2.11	0.00	35.29	0.00	977.95	1796.49
1+020.00	3.32	0.00	54.33	0.00	1032.27	1796.49
1+040.00	4.33	0.00	76.49	0.00	1108.76	1796.49
1+060.00	4.42	0.00	87.44	0.00	1196.20	1796.49
1+080.00	2.99	0.00	74.96	0.00	1271.15	1796.49
1+100.00	0.00	2.60	30.30	25.69	1301.45	1822.18
1+120.00	0.00	5.12	0.00	77.15	1301.45	1899.33
1+140.00	0.00	4.59	0.00	97.04	1301.45	1996.37
1+160.00	0.00	4.19	0.00	87.76	1301.45	2084.13
1+180.00	0.00	7.29	0.00	114.96	1301.45	2199.08
1+200.00	0.00	5.20	0.00	124.67	1301.45	2323.75
1+220.00	0.00	2.14	0.00	73.40	1301.45	2397.15
1+240.00	0.14	0.10	1.36	22.43	1302.82	2419.58
1+260.00	2.23	0.00	23.68	1.00	1326.49	2420.58
1+280.00	4.52	0.00	67.95	0.00	1394.44	2420.58
1+300.00	0.95	0.00	55.17	0.00	1449.61	2420.58
1+320.00	2.98	0.00	39.24	0.00	1488.85	2420.58
1+340.00	7.66	0.00	106.37	0.00	1595.22	2420.58
1+360.00	7.43	0.00	150.84	0.00	1746.06	2420.58
1+380.00	6.19	0.00	135.76	0.00	1881.82	2420.58
1+400.00	4.35	0.00	105.31	0.00	1987.12	2420.58
1+420.00	1.68	0.00	60.31	0.00	2047.43	2420.58
1+440.00	0.29	0.04	20.00	0.40	2067.44	2420.97
1+460.00	1.85	0.00	21.46	0.41	2088.90	2421.38
1+480.00	4.33	0.00	61.89	0.00	2150.79	2421.38
1+500.00	6.03	0.00	103.64	0.00	2254.43	2421.38
1+520.00	8.12	0.00	141.54	0.00	2395.98	2421.38
1+540.00	10.68	0.00	188.00	0.00	2583.97	2421.38
1+560.00	8.71	0.00	203.84	0.00	2787.81	2421.38
1+580.00	3.92	0.00	136.32	0.00	2924.13	2421.38

Tabla Total de Volúmenes						
Station	Fill Area	Cut Area	Fill Volume	Cut Volume	Cumulative Fill Vol	Cumulative Cut Vol
1+600.00	0.01	1.07	39.28	10.71	2963.41	2432.09
1+620.00	0.00	6.36	0.05	74.66	2963.47	2506.75
1+640.00	0.00	8.55	0.00	149.63	2963.47	2656.39
1+660.00	0.00	6.56	0.00	151.04	2963.47	2807.43
1+680.00	0.00	4.67	0.00	112.26	2963.47	2919.70
1+700.00	0.00	2.88	0.00	75.46	2963.47	2995.15
1+720.00	0.00	3.31	0.00	61.87	2963.47	3057.02
1+740.00	0.00	1.90	0.00	52.13	2963.47	3109.15
1+760.00	0.99	0.01	9.90	19.15	2973.37	3128.29
1+780.00	5.61	0.00	66.59	0.12	3039.96	3128.42
1+800.00	5.07	0.00	106.62	0.00	3146.58	3128.42
1+820.00	1.11	0.18	62.11	1.76	3210.69	3130.18
1+840.00	0.21	0.81	13.16	9.94	3223.85	3140.12
1+860.00	0.06	1.02	2.63	18.32	3226.48	3158.43
1+880.00	0.01	1.28	0.67	23.53	3227.14	3181.96
1+900.00	0.01	0.73	0.22	21.14	3227.36	3203.11
1+920.00	0.35	0.14	3.56	8.76	3230.92	3211.87
1+940.00	0.40	0.10	7.50	2.54	3238.42	3214.21
1+960.00	0.16	0.27	5.80	3.63	3244.22	3217.84
1+980.00	0.31	0.28	4.88	5.45	3249.10	3223.29
2+000.00	0.06	0.52	3.64	7.95	3252.73	3231.24
2+020.00	0.00	2.33	0.55	28.46	3253.28	3259.71
2+040.00	0.00	1.74	0.00	40.66	3253.28	3300.37
2+060.00	0.00	2.76	0.00	44.95	3253.28	3345.32
2+080.00	0.00	3.81	0.00	65.64	3253.28	3410.96
2+100.00	0.00	3.70	0.00	76.31	3253.28	3487.26
2+120.00	0.00	1.83	0.00	55.45	3253.28	3542.71
2+140.00	0.02	0.18	0.16	20.06	3253.45	3562.77
2+160.00	1.74	0.00	17.55	1.76	3271.00	3564.53
2+180.00	0.00	0.60	53.81	0.00	3324.81	3564.53
2+200.00	5.28	0.00	89.21	0.00	3414.03	3564.53
2+220.00	6.78	0.00	120.96	0.00	3534.98	3564.53
2+240.00	7.15	0.00	140.17	0.00	3675.16	3564.53
2+260.00	2.26	0.00	94.40	0.00	3769.55	3564.53
2+280.00	1.54	0.00	38.04	0.00	3807.59	3564.53
2+300.00	0.02	0.80	15.65	5.99	3823.24	3570.52
2+320.00	0.00	2.19	0.23	27.23	3823.46	3597.75
2+340.00	0.00	2.97	0.00	51.34	3823.46	3649.10
2+360.00	0.00	3.35	0.00	63.23	3823.46	3712.33
2+380.00	0.00	6.28	0.00	96.37	3823.46	3808.70

Tabla Total de Volúmenes						
Station	Fill Area	Cut Area	Fill Volume	Cut Volume	Cumulative Fill Vol	Cumulative Cut Vol
2+400.00	0.00	9.24	0.00	155.35	3823.46	3964.05
2+420.00	0.00	9.68	0.00	190.86	3823.46	4154.91
2+440.00	0.00	6.17	0.00	158.99	3823.46	4313.90
2+460.00	0.00	3.26	0.00	94.24	3823.46	4408.14
2+480.00	0.00	4.55	0.00	78.05	3823.46	4486.19
2+500.00	0.00	6.29	0.00	108.36	3823.46	4594.55
2+520.00	0.00	5.38	0.00	116.72	3823.46	4711.27
2+540.00	0.00	4.02	0.00	94.02	3823.46	4805.29
2+560.00	2.50	0.00	25.10	40.10	3848.56	4845.39
2+580.00	9.19	0.00	119.48	0.00	3968.04	4845.39
2+600.00	6.11	0.00	154.97	0.00	4123.01	4845.39
2+620.00	1.71	0.00	78.17	0.00	4201.18	4845.39
2+640.00	0.01	0.75	17.13	7.53	4218.31	4852.92
2+660.00	0.00	8.62	0.06	94.79	4218.37	4947.71
2+680.00	0.00	6.38	0.00	153.80	4218.37	5101.51
2+700.00	0.00	2.51	0.00	90.81	4218.37	5192.33
2+720.00	0.00	2.43	0.00	48.46	4218.37	5241.78
2+740.00	0.51	0.21	5.13	26.48	4223.50	5268.27
2+760.00	1.17	0.00	16.78	2.14	4240.28	5270.41
2+780.00	2.22	0.00	33.81	0.00	4274.09	5270.41
2+800.00	0.00	0.94	22.16	9.41	4296.26	5279.81
2+820.00	0.00	1.42	0.01	23.64	4296.26	5303.46
2+840.00	0.39	0.05	3.95	14.70	4300.21	5318.15
2+860.00	0.02	0.37	4.10	4.18	4304.31	5322.33
2+880.00	0.00	2.27	0.15	26.42	4304.46	5348.75
2+900.00	0.00	2.33	0.00	46.05	4304.46	5394.80
2+920.00	0.00	2.82	0.00	51.		



SECCION LONGITUDINAL

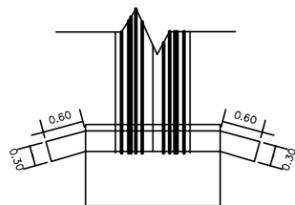
NOTA: El cabezal en relleno deberá utilizar aletones (ver detalle 1)

1750



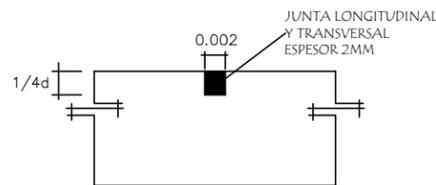
PLANTA

1750



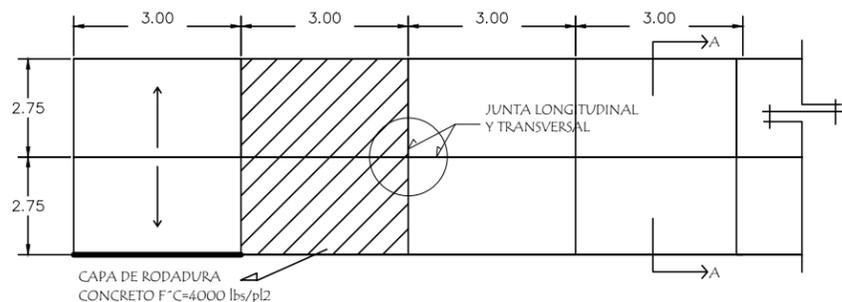
DETALLE 1 ALETONES

1750



DETALLE DE JUNTA

S7E



UBICACION DE JUNTA

1750

ESPECIFICACIONES GENERALES

PAVIMENTO RÍGIDO

MATERIALES:

Cemento tipo Portland.
 Agregado grueso: Debe ser resistente al desgaste. Deben de consistir en grava o piedra triturada con un diámetro promedio de 3/4 ".
 Agregado fino: Debe estar limpio de impurezas, graduado adecuadamente y libre de materia orgánica. Debe de contener el 12 a 15% del material que pase la malla No. 5 del ensayo granulométrico, que ayuda al mejor manejo de la mezcla.
 El agua debe ser preferiblemente potable, libre de aceites, ácidos, azúcares, sales y libre de sedimentos, ni residuos, que pueden ser nocivos al concreto.

El espesor del pavimento debe ser de 0.17m y la Base debe de ser de 0.10m. Se colocarán juntas transversales y longitudinales, según detalle de planta. La resistencia del concreto debera ser $f'c=4000$ PSI, para la losa de rodadura.

TRANSVERSALES

Entre la tubería y la rasante debe de haber una distancia no menos de 1.20m, evitando que pueda quedar expuesta.
 La tubería HG corrugada debe tener una pendiente de 4% mínimo hasta un 10% máximo para que pueda drenar el agua.
 Cuando se rellene la zanja, ya colocada la tubería HG corrugada, debe ir compactado el suelo por capas cada 0.20m.

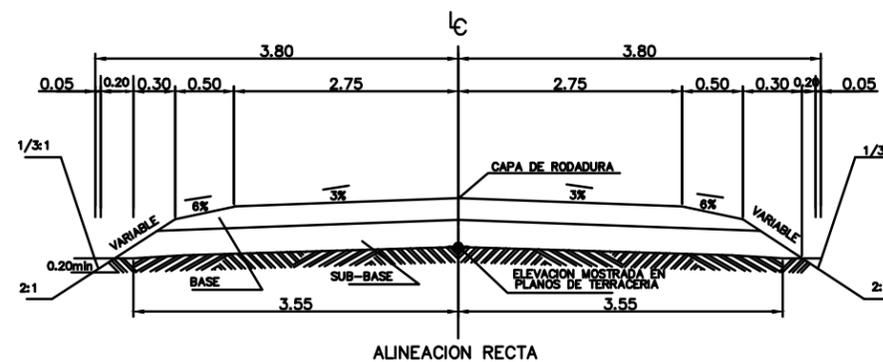
Concreto Cidópeo:
 33% de Piedra bola.
 67% de concreto $f'c=3,000$ PSI

Tubería Galvanizada con Pestaña:
 Lamina de acero galvanizado con corruga de 2 2/3"x1/2" y de secciones permeables de 2 pies de longitud útil.
 Incluye pernos, tuercas y arandelas para su armado.
 Pendiente máxima de 10%, coeficiente de rugosidad $n=0.024$.
 Soporte de carga tipo H-25 y E-80 en un 80% Proctor.

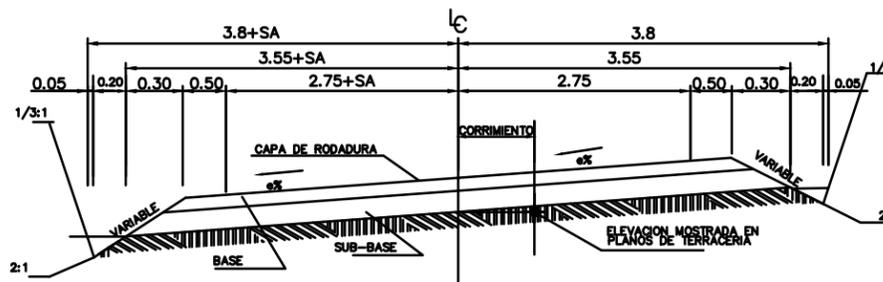
PERALTE

Entre el PC y PT deben tener entre el 60% y el 80% del peralte total. La transición de peralte se realiza una parte en la recta y la otra parte en la curva. El sobre ancho mínimo será exactamente el hombro (0.50m) . Sobre anchos mayores que el hombro, se le suma la diferencia entre (SA-Hombro)

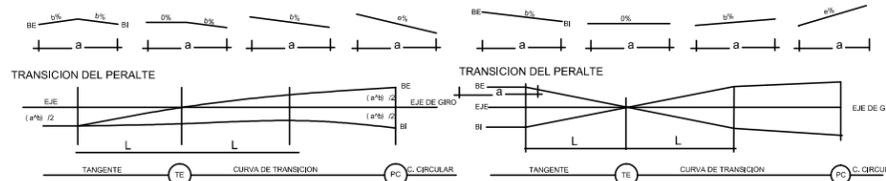
La pendiente de bombeo es de 3%.



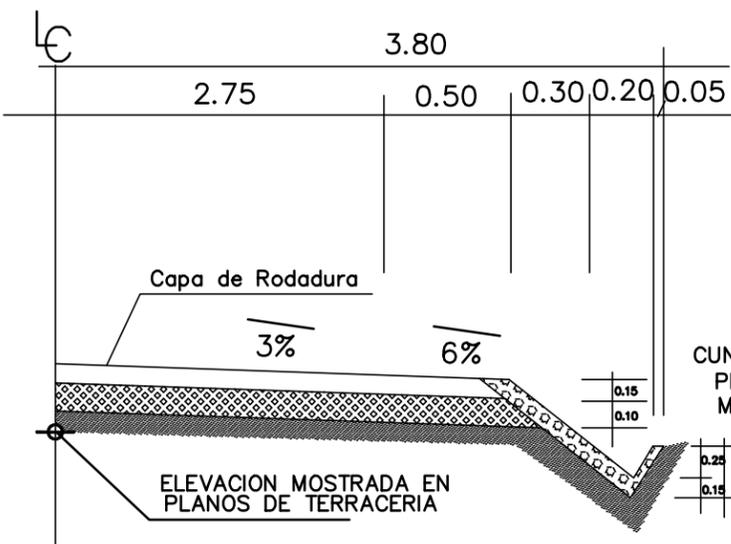
ALINEACION RECTA



ALINEACION CURVA



DONDE:
 a= ancho de plataforma.
 b=bombeo.
 e=peralte.
 BI= borde interior de la calzada
 BE= borde exterior de la calzada.
 L=40 m. Máximo en carreteras de calzadas separadas
 L=20 m. Máximo en carreteras de calzada única.



DETALLE DE CUNETA REVESTIDA

1725

DESVANECIMIENTO DEL BOMBEO Y TRANSICION DEL PERALTE

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

- Superficie de rodadura 5.50 m.
- Bombeo 3%
- Velocidad de diseño de 30 km/hr
- Espesor de Base 0.10m

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
 MUNICIPALIDAD DE PUERTO BARRIOS, IZABAL

PROYECTO: DISEÑO DE LA CARRETERA Y PAVIMENTACION HACIA LA ALDEA MILLA 6, PUERTO BARRIOS, IZABAL.

CONTENIDO: PLANTA GENERAL

ASESOR: JUAN MERCK COS

FECHA: AGOSTO 2012

ING. JUAN MERCK COS ASESOR E.P.S.

JOSE LOPEZ ALCALDE MUNICIPAL