



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

**DISEÑO DEL EDIFICIO DE 3 NIVELES PARA BIBLIOTECA DE
LA CABECERA MUNICIPAL Y DEL PAVIMENTO PARA EL SECTOR 6,
ALDEA EL CARMEN, ZONA 10, SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA**

César Augusto Kevin Calderón Marroquín
Asesorado por el Ing. Ángel Roberto Sic García

Guatemala, marzo de 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DEL EDIFICIO DE 3 NIVELES PARA BIBLIOTECA DE
LA CABECERA MUNICIPAL Y DEL PAVIMENTO PARA EL SECTOR 6,
ALDEA EL CARMEN, ZONA 10, SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

CÉSAR AUGUSTO KEVIN CALDERÓN MARROQUÍN
ASESORADO POR EL ING. ÁNGEL ROBERTO SIC GARCÍA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, MARZO DE 2014

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 TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**DISEÑO DEL EDIFICIO DE 3 NIVELES PARA BIBLIOTECA DE
LA CABECERA MUNICIPAL Y DEL PAVIMENTO PARA EL SECTOR 6,
ALDEA EL CARMEN, ZONA 10, SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 7 de septiembre de 2011.

César Augusto Kevin Calderón Marroquín



Guatemala, 11 de noviembre de 2013
Ref.EPS.DOC.1226.11.13

Ing. Juan Merck Cos
Director Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Merck Cos.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **César Augusto Kevín Calderón Marroquín** con carné No. **200614737**, de la Carrera de Ingeniería Civil, , procedí a revisar el informe final, cuyo título es **DISEÑO DEL EDIFICIO DE 3 NIVELES PARA BIBLIOTECA MUNICIPAL DE LA CABECERA MUNICIPAL Y DEL PAVIMENTO PARA EL SECTOR 6, ALDEA EL CARMEN, ZONA 10, SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA.**

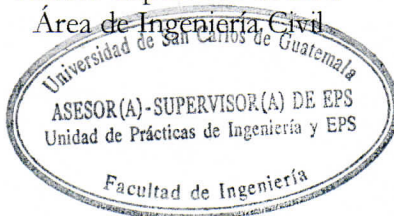
En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

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



c.c. Archivo
ARSG/ra

Guatemala, 20 de Enero de 2014

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

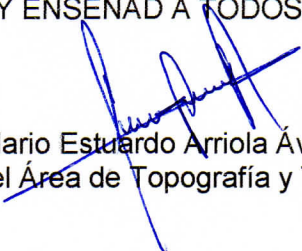
Estimado Ingeniero Montenegro:

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **“DISEÑO DEL EDIFICIO DE 3 NIVELES PARA BIBLIOTECA MUNICIPAL DE LA CABECERA MUNICIPAL Y DEL PAVIMENTO PARA EL SECTOR 6, ALDEA EL CARMEN, ZONA 10, SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA”** desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil César Augusto Kevin Calderón Marroquín con carné 200614737, quien contó con la asesoría del Ing. Ángel Roberto Sic García.

Considero este trabajo está 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. Mario Estuardo Arriola Ávila
Coordinador del Área de Topografía y Transportes



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
TRANSPORTES
USAC



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

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

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



Guatemala,
3 de marzo de 2014

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

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DEL EDIFICIO DE 3 NIVELES PARA BIBLIOTECA MUNICIPAL DE LA CABECERA MUNICIPAL Y DEL PAVIMENTO PARA EL SECTOR 6, ALDEA EL CARMEN, ZONA 10, SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil César Augusto Kevin Calderón Marroquín, quien contó con la asesoría del Ing. Ángel Roberto Sic García.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. Ronald Estuardo Galindo Cabrera
Jefe del Departamento de Estructuras



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
ESTRUCTURAS
USAC

/bbdeb.

Mas de **134** años de Trabajo Académico y Mejora Continua





Guatemala, 06 de marzo de 2014
Ref.EPS.D.106.03.14

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

Estimado Ingeniero Montenegro Franco.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **DISEÑO DEL EDIFICIO DE 3 NIVELES PARA BIBLIOTECA MUNICIPAL DE LA CABECERA MUNICIPAL Y DEL PAVIMENTO PARA EL SECTOR 6, ALDEA EL CARMEN, ZONA 10, SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **César Augusto Kevín Calderón Marroquín**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Ángel Roberto Sic García.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
Director Unidad de EPS



SJRS/ra

Universidad de San
Carlos de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Unidad de Lingüística


Guatemala, 24 de marzo de 2014
Ling.17/14


Ingeniero Hugo Leonel Montenegro
Director de la Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería, USAC

Señor director:

Por este medio hago de su conocimiento que la Unidad de Lingüística hace una modificación al título del trabajo de graduación del estudiante **César Augusto Kevin Calderón Marroquín**, con número de carné: **2006-14737** el cual fue aprobado de acuerdo al protocolo como: **DISEÑO DEL EDIFICIO DE 3 NIVELES PARA BIBLIOTECA MUNICIPAL DE LA CABECERA MUNICIPAL Y DEL PAVIMENTO PARA EL SECTOR 6, ALDEA EL CARMEN, ZONA 10, SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA.**

La Unidad modifica el título del trabajo en virtud de que el mismo no está bien redactado y propone la siguiente forma: **DISEÑO DEL EDIFICIO DE 3 NIVELES PARA BIBLIOTECA DE LA CABECERA MUNICIPAL Y DEL PAVIMENTO PARA EL SECTOR 6, ALDEA EL CARMEN, ZONA 10, SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA.**


Licenciada Rosa Amelia González Domínguez
Coordinadora de la Unidad de Lingüística



Cc. Archivo



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. Ángel Roberto Sic García y del Coordinador de E.P.S. Ing. Silvio José Rodríguez Serrano, al trabajo de graduación del estudiante César Augusto Kevin Calderón Marroquín, titulado **DISEÑO DEL EDIFICIO DE 3 NIVELES PARA BIBLIOTECA DE LA CABECERA MUNICIPAL Y DEL PAVIMENTO PARA EL SECTOR 6, ALDEA EL CARMEN, ZONA 10, SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA,** da por este medio su aprobación a dicho trabajo.


Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, marzo 2014

/bbdeb.

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua



Universidad de San Carlos
de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 140.2014

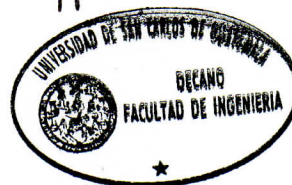
El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DEL EDIFICIO DE 3 NIVELES PARA BIBLIOTECA DE LA CABECERA MUNICIPAL Y DEL PAVIMENTO PARA EL SECTOR 6, ALDEA EL CARMEN, ZONA 10, SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario **César Augusto Kevin Calderón Marroquín**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos
Decano

Guatemala, 26 de marzo de 2014

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por brindarme la fortaleza espiritual para culminar esta etapa.
- Mi madre** Ileana Patricia Marroquín Cruz. Por ser mi ejemplo y motor en la vida, al demostrarme que en esta vida no basta con ser justo, que debemos de ir más allá y ser misericordiosos. Aunque hemos pasado momentos difíciles siempre estuviste ahí, este triunfo es de los dos. Tu bondad y amor siempre los llevo conmigo.
- Mi padre** César Augusto Calderón (q.e.p.d.). Por ser la influencia más importante de lucha y sacrificio en mi vida, aunque ya no estés a nuestro lado, si están los anhelos y esperanzas depositadas en mí, y estos fueron mi fuente de motivación y fuerza para no desistir, nunca te olvidaré, te aseguro que nos volveremos a ver.
- Mi abuela** Gumersinda Calderón (q.e.p.d.), por ser una madre para mí, desde el cielo me cuida y guía.
- Mi abuela** Petronila Cruz (q.e.p.d.), por ser un ejemplo de carácter y bondad inquebrantable en mi vida.

- Mi hermano** Israel Antonio Randy Calderón Marroquín, que aunque seamos de pocas palabras, sé que contamos el uno al otro.
- Mis tíos** Mario Calderón, Julia de Calderón y Marco Marroquín.
- Mi familia en general** Por brindarme su total apoyo en la carrera.
- Mis amistades** Los que han pasado y los que se han quedado, pero que cada uno me ha dejado lecciones y momentos valiosos, no podría nombrarlos uno a uno, pero sí puedo decir que soy afortunado al haberme topado con ustedes.

AGRADECIMIENTOS A:

Mis padres	Por su amor, sacrificio y apoyo en todo momento, para lograr este triunfo. Que este trabajo sea un reconocimiento a sus esfuerzos.
Mi hermano	Por darme su apoyo incondicional para lograr mis metas.
Mis abuelas	Por brindarme sabiduría, consejos y enseñarme el camino correcto a seguir.
Ing. Ángel Sic	Por todo el apoyo y guía brindados en la asesoría, revisión y corrección del presente trabajo.
Mis amistades	Por todo su apoyo y sincera amistad.
Universidad de San Carlos de Guatemala	Por permitirme formar parte de tan importante casa de estudios.
Facultad de Ingeniería	Por brindarme la oportunidad de culminar mi crecimiento personal y profesional.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO	XV
RESUMEN.....	XXI
OBJETIVOS.....	XXIII
INTRODUCCIÓN.....	XXV
1. FASE DE INVESTIGACIÓN	1
1.1. Monografía del municipio de Santa Catarina Pinula.....	1
1.1.1. Nombre de la comunidad.....	1
1.1.2. Ubicación y localización.....	1
1.1.3. Límites y colindancias.....	2
1.1.4. Extensión territorial	2
1.1.5. Vías de acceso	3
1.1.6. Clima	3
1.2. Aspectos socioculturales	3
1.2.1. Población e idioma dominante.....	3
1.2.2. Tipología de las viviendas.....	4
1.2.3. Analfabetismo	4
1.2.4. Servicios existentes	4
1.3. Descripción de las necesidades	6
1.4. Priorización de las necesidades	7
2. DISEÑO DEL EDIFICIO DE 3 NIVELES PARA BIBLIOTECA MUNICIPAL.....	9

2.1.	Descripción del proyecto	9
2.1.1.	Descripción del proyecto	9
2.2.	Estudio preliminar.....	10
2.2.1.	Terreno disponible.....	10
2.2.2.	Topografía del terreno	10
2.2.3.	Análisis de suelos.....	10
2.2.3.1.	Ensayo triaxial	11
2.2.3.1.1.	Determinación del valor soporte del suelo.....	11
2.3.	Normas para el diseño de edificios	15
2.3.1.	Criterios generales	15
2.3.2.	Criterios de conjunto.....	15
2.3.2.1.	Emplazamiento.....	16
2.3.2.2.	Orientación del edificio	16
2.3.2.3.	Superficie y altura del edificio	16
2.3.3.	Criterios de iluminación	16
2.3.4.	Otro criterios.....	18
2.3.4.1.	Instalaciones	19
2.3.4.2.	Seguridad en edificios	19
2.3.4.3.	Espacios educativos.....	20
2.3.4.4.	Espacios de reunión	20
2.4.	Diseño arquitectónico.....	20
2.4.1.	Requisitos del diseño arquitectónico	21
2.4.1.1.	Ubicación del edificio en el terreno	21
2.4.1.2.	Distribución de ambientes	21
2.4.1.3.	Altura del edificio	22
2.4.1.4.	Forma del edificio en elevación	23

	2.4.1.5.	Selección de sistema estructural a usar	23
2.5.		Análisis estructural.....	23
	2.5.1.	Predimensionamiento estructural	24
	2.5.2.	Modelos matemáticos de marcos dúctiles con nudos rígidos	31
	2.5.3.	Cargas de diseño aplicadas a los marcos dúctiles	33
	2.5.3.1.	Cargas verticales en marcos dúctiles	33
		2.5.3.1.1. Integración de cargas verticales.....	37
	2.5.3.2.	Cargas horizontales en marcos dúctiles	45
	2.5.3.3.	Análisis de marcos dúctiles por medio de software computacional (ETABS) y comprobación por medio de método numérico (Kanni).....	58
	2.5.3.4.	Envolvente de momentos	78
	2.5.3.5.	Diagramas de momento y corte.....	79
2.6.		Diseño estructural.....	87
	2.6.1.	Diseño de losas	88
	2.6.2.	Diseño de vigas	107
	2.6.3.	Diseño de columnas	115
	2.6.4.	Diseño de cimientos	134
	2.6.5.	Diseño de zapatas	134
	2.6.6.	Diseño de cimiento corrido	142
	2.6.7.	Diseño de gradas.....	143

2.7.	Instalaciones eléctricas	149
2.8.	Instalaciones hidráulicas	153
2.9.	Planos constructivos	160
2.10.	Presupuesto	160
2.10.1.	Cantidades de trabajo	161
2.10.2.	Integración de precios unitarios.....	161
2.10.3.	Resumen de presupuesto	161
2.11.	Cronograma de ejecución físico y financiero.....	164
2.12.	Evaluación Ambiental Inicial (EAI).....	170
3.	DISEÑO DEL PAVIMENTO PARA EL SECTOR 6, ALDEA EL CARMEN	173
3.1.	Descripción del proyecto a desarrollar	173
3.2.	Documentación bibliográfica	173
3.2.1.	Definición de pavimentos	173
3.2.2.	Tipo de pavimentos	174
3.2.2.1.	Pavimentos flexibles.....	174
3.2.2.2.	Pavimentos rígidos.....	174
3.2.3.	Elementos estructurales de un pavimento.....	174
3.2.3.1.	Subrasante	175
3.2.3.2.	Subbase	175
3.2.3.2.1.	Funciones y características de la subbase.....	175
3.2.3.3.	Base	177
3.2.3.3.1.	Funciones y características de la base.....	177
3.2.3.3.2.	Tipos de bases.....	179

	3.2.3.4.	Carpeta de rodadura.....	180
3.2.4.		Maquinaria y equipo	181
	3.2.4.1.	Maquinaria utilizada en movimiento de tierras.....	181
	3.2.4.2.	Maquinaria utilizada en compactación de suelos	183
	3.2.4.3.	Maquinaria utilizada en pavimentación.....	185
3.3.		Ensayos de suelos para pavimentos	186
	3.3.1.	Toma de muestras.....	186
	3.3.2.	Granulometría.....	186
	3.3.3.	Límites de Atterberg	187
	3.3.3.1.	Límites líquido.....	187
	3.3.3.2.	Límites plástico	187
	3.3.3.3.	Índice plástico	187
	3.3.4.	Ensayo de compactación (proctor modificado).....	188
	3.3.5.	Ensayo de valor soporte CBR.....	189
	3.3.6.	Ensayo de equivalente de arena	189
	3.3.7.	Resultado de los ensayos realizados	189
3.4.		Normas de diseño de pavimentos	190
	3.4.1.	Normas de diseño para pavimentos flexibles.....	191
	3.4.2.	Normas de diseño para pavimentos rígidos	191
	3.4.3.	Criterios de diseño a utilizar.....	191
3.5.		Trabajos preliminares al diseño del pavimento.....	193
	3.5.1.	Trabajos previos al dimensionamiento del pavimento	193

3.5.1.1.	Topografía	193
3.5.1.1.1.	Planimetría	194
3.5.1.1.2.	Altimetría	194
3.5.1.2.	Libreta del levantamiento topográfico.....	194
3.6.	Diseño del pavimento.....	195
3.6.1.	Análisis de transito	195
3.6.2.	Selección del tipo de pavimento a utilizar.....	195
3.6.3.	Método y procedimiento de diseño para pavimentos rígidos	195
3.6.3.1.	Etapas o pasos del Método Analítico.....	196
3.6.3.2.	Etapas o pasos del Método Simplificado	198
3.6.4.	Diseño geométrico del pavimento	199
3.6.5.	Diseño estructural del pavimento	207
3.7.	Planos constructivos	223
3.8.	Presupuesto	223
3.8.1.	Cantidades de trabajo	224
3.8.2.	Integración de precios unitarios.....	224
3.8.3.	Resumen de presupuesto	224
3.9.	Cronograma de ejecución físico y financiero.....	225
3.10.	Evaluación Ambiental Inicial (EAI).....	227
CONCLUSIONES.....		229
RECOMENDACIONES.....		231
BIBLIOGRAFÍA.....		233
APÉNDICES.....		235
ANEXOS.....		259

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Ubicación del municipio Santa Catarina Pinula.....	2
2.	Planta típica niveles 1, 2 y 3.....	25
3.	Secciones de vigas predimensionadas	28
4.	Área tributaria de columna crítica (At).....	29
5.	Sección de columna predimensionada.....	31
6.	Marco dúctil, sección longitudinal.....	32
7.	Marco dúctil, sección transversal	32
8.	Áreas tributarias de niveles 1, 2 y 3	37
9.	Carga muerta distribuida en marco C, eje X.....	42
10.	Carga viva distribuida en marco C, eje X	43
11.	Carga muerta distribuida en marco 2, eje Y	44
12.	Carga viva distribuida en marco 2, eje Y	45
13.	Fuerzas de carga lateral mínima de diseño	50
14.	Fuerzas por marco en eje X	57
15.	Fuerzas por marco en eje Y	57
16.	Modulación del edificio en ETABS	58
17.	Cargas verticales y horizontales en marco C	59
18.	Cargas verticales y horizontales en marco 2.....	60
19.	Distribución de nodos en marco 2, sentido Y	61
20.	Diagrama de momentos en vigas carga muerta eje X.....	72
21.	Diagrama de momentos en vigas carga muerta eje Y.....	72
22.	Diagrama de momentos en vigas carga viva eje X	73
23.	Diagrama de momentos en vigas carga viva eje Y	73

24.	Diagrama de momentos en vigas carga sísmica eje X	74
25.	Diagrama de momentos en vigas carga sísmica eje Y	74
26.	Diagrama de momentos en columnas carga muerta eje X	75
27.	Diagrama de momentos en columnas carga muerta eje Y	75
28.	Diagrama de momentos en columnas carga viva eje X	76
29.	Diagrama de momentos en columnas carga viva eje Y	76
30.	Diagrama de momentos en columnas carga sísmica eje X	77
31.	Diagrama de momentos en columnas carga sísmica eje Y	77
32.	Diagrama de momentos últimos en vigas eje X	80
33.	Diagrama de momentos últimos en vigas eje Y	81
34.	Diagrama de momentos últimos en columnas eje X	82
35.	Diagrama de momentos últimos en columnas eje Y	83
36.	Diagrama de corte en vigas eje X	84
37.	Diagrama de corte en vigas eje Y	85
38.	Diagrama de corte en columnas eje X	86
39.	Diagrama de corte en columnas eje Y	87
40.	Planta de distribución de losas	88
41.	Análisis de losa número 1, caso 4	90
42.	Análisis de losa número 3, caso 4	91
43.	Análisis de losa número 8, caso 8	92
44.	Análisis de losa número 4, caso 8	93
45.	Análisis de losa número 6, caso 8	94
46.	Análisis de losa número 5, caso 2	95
47.	Distribución de momentos en losas del primer nivel	96
48.	Balance de momentos en losas, caso típico	97
49.	Balance de momentos, losas 1 y 2	98
50.	Balance de momentos, losas 2 y 3	99
51.	Distribución de momentos finales en losas del primer nivel	101
52.	Detalle de armado de columnas	133

53.	Corte simple en zapata	138
54.	Corte punzonante en zapata	139
55.	Detalle de armado de zapata	142
56.	Detalle de armado de cimiento corrido	143
57.	Planta–elevación módulo de gradas	145
58.	Detalle de armado de gradas	148
59.	Gastos probables, método de Hunter (l/s).....	155
60.	Capas de un pavimento	181
61.	Moto niveladora.....	182
62.	Dumper	182
63.	Plancha vibradora	183
64.	Vibroapisonador	184
65.	Rodillo vibratorio.....	184
66.	Mezcladora de concreto liviana	185
67.	Mezcladora de concreto carmix 3,5TT	185
68.	Elementos de una curva horizontal	199
69.	Elementos de una curva vertical	205
70.	Determinación del Valor k por medio del C.B.R.	210
71.	Área tributaria para pavimentación.....	216
72.	Relación de ancho y altura de cuneta	221

TABLAS

I.	Valor soporte según tipo de suelo	14
II.	Alturas o espesores mínimos de vigas	27
III.	Cargas vivas de uso frecuente	35
IV.	Centros de rigidez	53
V.	Espaciamientos en primer nivel momentos mayores a M_{Asmin}	105
VI.	Armado de viga	114

VII.	Presupuesto de edificación para cabecera municipal	162
VIII.	Cronograma de ejecución e inversión para edificación.....	164
IX.	Boleta de identificación y evaluación riesgo para edificación.....	171
X.	Etapas o pasos del Método Analítico	196
XI.	Etapas o pasos del Método Simplificado.....	198
XII.	Curvas horizontales	204
XIII.	Curvas verticales.....	207
XIV.	Clasificación de vehículos según la categoría.....	209
XV.	Tipo de suelos de subrasante y valores aproximados de K	211
XVI.	Espesor de la subbase con suelo cemento, según valor de K.....	212
XVII.	Pavimento con juntas con agregados de trabe	213
XVIII.	Algunos coeficientes utilizados en Guatemala	217
XIX.	Fórmulas intensidad de lluvia.....	219
XX.	Coeficiente de rugosidad para cunetas de concreto	222
XXI.	Presupuesto para carretera del sector 6 aldea el Carmen	225
XXII.	Cronograma de ejecución e inversión para carretera	226
XXIII.	Boleta de identificación y evaluación riesgo para carretera	227

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
a, b	Ancho del elemento en sección
A	Área
A_s	Área de acero de refuerzo
A_{smáx}	Área de acero máximo
A_{smín}	Área de acero mínimo
A_{Stemp}	Área de acero por temperatura
A_v	Área de varilla
A_g	Área gruesa, área total de la sección
A_z	Área zapata
q_u	Capacidad de carga última
P	Carga aplicada a la columna
P_u	Carga axial
P'_o	Carga axial de resistencia de la columna
P_{CR}	Carga crítica de pandeo de Euler
P'_u	Carga de resistencia de la columna
P'_{ux}	Carga de resistencia de la columna a una excentricidad ex
P'_{uy}	Carga de resistencia de la columna a una excentricidad ey
P'	Carga de trabajo actuando en la columna
CM	Carga muerta
CM_u	Carga muerta última
CU	Carga última

CUt	Carga última total
CV	Carga viva
CVu	Carga viva última
cm	Centímetro
I	Coeficiente de importancia
C	Coeficiente para el cálculo de momentos en losas
Z	Coeficiente zona sísmica
Vcol	Corte en columnas
Vv	Corte en vigas
V_{act}	Corte máximo actuante
V_{rpun}	Corte punzonante
V_r	Corte resistente
C_m	Cuerda máxima
Δ	Deflexión angular
A%	Diferencia algebraica entre pendientes
S	Espaciamiento del acero de refuerzo
T	Espesor
e	Excentricidad
E	External
E_e	External de entrada
E_s	External de salida
FCU	Factor de carga última
S	Factor de interacción suelo-estructura
FS	Factor de seguridad
P_n	Fuerza actuante en marco
F_t	Fuerza en la cúspide
F_{ni}	Fuerza por nivel, en el nivel "i"
G	Grado de curvatura
Kg	Kilógramo

Kg/m³	Kilógramo por metro cúbico
km	Kilómetro
lb	Libras
Psi	Libras por pulgada cuadrada
L_{ong.}	Longitud
L_c	Longitud de curva
L_{cv}	Longitud de curva vertical
L_{vig}	Longitud de viga
δ	Magnificador de momentos
m²	Metro cuadrado
m³	Metro cúbico
m	Metro lineal
m/s	Metros por segundo
E_s	Módulo de elasticidad del acero
E_c	Módulo de elasticidad del concreto
E_M	Módulo de elasticidad del material
MR	Módulo de ruptura del concreto
M	Momento
M_b	Momento balanceado
M_d	Momento de diseño (magnificado)
M_{CM}	Momento inducido por la carga muerta
M_{CV}	Momento inducido por la carga viva
M_S	Momento inducido por la fuerza sísmica
M₍₋₎	Momento negativo
M₍₊₎	Momento positivo
M_u	Momento último
M_x	Momento último actuando en el sentido X
M_y	Momento último actuando en el sentido Y
P%	Pendiente en porcentaje

D	Peralte efectivo del elemento en sección
P	Perímetro
T	Período
Ft	Pie
q	Presión sobre el suelo
P1	Punto de coordenada
R	Radio
m	Relación entre los claros de la losa a/b
ps	Relación volumétrica
f'c	Resistencia a la compresión del concreto
fy	Resistencia a la fluencia del acero de refuerzo
Vr	Resistencia al esfuerzo cortante del concreto
Kma	Rigidez en marcos
Ton	Tonelada

GLOSARIO

AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials
Ángulo	Es la menor o mayor abertura que forman dos líneas o dos planos que se cortan. Las líneas que forman el ángulo se llaman lados y el punto de encuentro, vértice.
Área de acero mínima	Cantidad de acero, determinado por la sección y límite de fluencia.
ASTM	American Society for Testing and Materials
Azimut	Ángulo horizontal referido a un norte magnético arbitrario, su rango va desde 0 a 360 grados sexagesimales.
Carga muerta	Peso muerto soportado por un elemento estructural, incluyendo el propio.
Carga viva	Peso variable dado por el personal y maquinaria móvil, soportado por un elemento.

Cimiento corrido	Estructura que sirve de apoyo para los muros, transmite estas cargas al suelo y a las zapatas.
Columna	Miembro que se usa principalmente para resistir carga axial de compresión y que tiene una altura de por lo menos tres veces su menor dimensión lateral.
Columna esbelta	Es aquella en que la carga última también está influida por la esbeltez, lo que produce flexión adicional debido a las deformaciones transversales.
Compactación	Procedimiento que consiste en aplicar energía al suelo para consolidarlo y eliminar espacios vacíos, aumentando así la densidad y capacidad de soportar cargas.
Concreto reforzado	Mezcla de agregados pétreos y material ligante, reforzado con barras y/o mallas de acero, llamadas armaduras.
Coordenadas	Son puntos que sirven para determinar la posición exacta de un lugar.
Corte	Es la excavación que se realiza en el terreno de conformidad al trazo de la carretera o camino. Se realiza a media ladera o en trinchera.

Cota de terreno	Altura de un punto del terreno referido a un nivel determinado.
Cunetas	Zanja lateral paralela al eje de la carretera o del camino, construida entre los extremos de los hombros y al pie de los taludes.
Drenajes	Controlan las condiciones de flujo de agua en terracerías y mejoran las condiciones de estabilidad de cortes, terraplenes y pavimentos.
Esfuerzo	Intensidad de fuerza por unidad de área.
Estribo	Elemento de una estructura que resiste el esfuerzo cortante.
Estructura	Armadura de hierro, madera u hormigón capaz de soportar una edificación. También se le considera como la composición de las diversas partes de un todo.
Excavaciones	Deben ser construidas cuidadosamente ajustándose a la línea y pendiente señaladas. Las caras laterales serán verticales.
Excentricidad	Cuando el centro de rigidez no coincide con el centro de masa, se produce excentricidad, debido a que existe una distribución desigual y asimétrica de las masas y rigideces en la estructura.

Fluencia	Capacidad del acero de resistir esfuerzos debido a las cargas generadas por la tensión, presentando deformaciones permanentes debido a una fatiga causada por dichas cargas, sin necesidad que las mismas se continúen aplicando.
Marco de concreto	Sistema estructural formado por columnas y vigas de concreto armado para soportar cargas verticales y horizontales.
Momento	Esfuerzo al que se somete un cuerpo, debido a la aplicación de una fuerza a cierta distancia del centro de masa.
Momento negativo	Es el momento al que están siendo sometidos los extremos de las vigas.
Momento resistente	Es el momento que puede resistir una estructura con cierta cantidad de acero.
Monografía	Breve descripción sobre las características físicas, económicas, sociales y culturales de una región o pueblo.
PCA	Portland Cement Association
Perfil	Visualización en plano de la superficie terrestre, según su latitud y altura.

Rasante	Es el nivel de la superficie de rodamiento de una carretera o camino.
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	Es el conjunto de operaciones de cortes, rellenos, terraplenes y desperdicios de material que se realizan hasta alcanzar una rasante determinada.
Valor soporte	Capacidad del suelo para resistir cargas por unidad de área.
Zapata	Tiene por objeto transmitir la carga al subsuelo a una presión adecuada, con base en las propiedades del mismo.

RESUMEN

El presente trabajo de graduación contiene el diseño de una biblioteca de tres niveles para la cabecera municipal y de la pavimentación en el sector 6, aldea El Carmen, ambos en el municipio de Santa Catarina Pinula, Guatemala; esto con el fin de cubrir necesidades básicas y mejorar la calidad de vida de la población.

En la fase de investigación se realizó una recopilación de información importante, que detalla características típicas del municipio de Santa Catarina Pinula, con el objetivo de identificar las necesidades básicas que intervienen en el diseño de los proyectos en estudio.

El primer proyecto es un edificio de tres niveles, ubicado en la cabecera municipal, destinado para usos múltiples, siendo el uso primordial el de ser una biblioteca municipal, cuyo diseño arquitectónico satisface las necesidades de espacio para uso administrativo, laboratorios de computación y capacitaciones a vecinos del sector. El segundo proyecto es el diseño de la pavimentación en el área denominada sector 6, en la aldea El Carmen, que es el acceso principal a dicho sector; se propone un pavimento que sea de concreto hidráulico, ya que este satisface las necesidades técnicas y económicas solicitadas por la comuna.

OBJETIVOS

General

Proporcionar soluciones técnicas a través de proyectos de infraestructura para cubrir las necesidades básicas de las comunidades y contribuir así, al progreso y desarrollo municipal, con los diseños de un edificio educativo de tres niveles en la cabecera municipal y de la pavimentación en el sector 6, aldea El Carmen, ambos en el municipio de Santa Catarina Pinula.

Específicos

1. Desarrollar una investigación diagnóstica de las necesidades de servicios básicos y de infraestructura del municipio.
2. Evaluar las necesidades principales de cada proyecto, con el fin de que estos satisfagan las necesidades de la población.
3. Realizar los diseños con base en los códigos y especificaciones.
4. Capacitar a los miembros del Comité Promejoramiento y técnicos municipales en todo lo relacionado al mantenimiento, reparaciones de edificios educativos y carreteras.

INTRODUCCIÓN

El Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) desarrollado por los estudiantes de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad de San Carlos de Guatemala, pretende contribuir con el diseño y planificación de diversos proyectos de infraestructura, según la prioridad que estos tengan dentro del municipio donde se lleve a cabo dicha práctica.

Posterior a la investigación y estudios basados en aspectos sociales, económicos y culturales, de las necesidades del municipio de Santa Catarina Pinula, del departamento de Guatemala, se priorizaron dos proyectos, el diseño de una edificación escolar y social de tres niveles para la cabecera municipal y de la pavimentación en el sector 6, aldea El Carmen. Se realizaron los estudios necesarios para la correcta planificación de dichos proyectos, con el propósito de que se puedan ejecutar a corto o mediano plazo y cumplan con las necesidades de la población.

Estos proyectos permitirán tener un contacto directo y real en la aplicación de los conocimientos teóricos y profesionales adquiridos, oportunidad que brinda el EPS a los estudiantes de Ingeniería Civil.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1. Monografía del municipio de Santa Catarina Pinula

Santa Catarina Pinula es uno de los 17 municipios que conforman el departamento de Guatemala.

La historia de dicho municipio se remonta a la época prehispánica, cuando los indígenas de ese entonces fundaron el pueblo de Pankaj o Pinola. El significado que corresponde es: entre guayabas.

1.1.1. Nombre de la comunidad

Aldea El Carmen y cabecera municipal, municipio de Santa Catarina Pinula, Guatemala.

1.1.2. Ubicación y localización

Santa Catarina Pinula es un municipio del departamento de Guatemala ubicado a 9 kilómetros de la ciudad capital. Este se localiza en las coordenadas latitud 14° 34' 13" N y longitud 90° 29' 45" O.

Figura 1. **Ubicación del municipio Santa Catarina Pinula**



Fuente: elaboración propia, con programa de Microsoft Paint.

1.1.3. **Límites y colindancias**

Colinda al norte con la ciudad de Guatemala, al este con los municipios de San José Pinula y Fraijanes, al sur con los municipios de Fraijanes y Villa Canales y al oeste con Villa Canales y la ciudad de Guatemala.

1.1.4. **Extensión territorial**

La extensión territorial del municipio de Santa Catarina Pinula es de 50,00 km². Y está ubicado a 1 550,00 metros sobre el nivel del mar, al suroeste del departamento de Guatemala a 9,00 km de la ciudad capital. Cuenta con una cabecera municipal, 10 aldeas y 7 caseríos.

1.1.5. Vías de acceso

Se puede ingresar al municipio por poblaciones como San Miguel Petapa, Boca del Monte, Villa Canales, Villa Nueva, San José Pinula, Fraijanes y por la ciudad de Guatemala.

1.1.6. Clima

El municipio de Santa Catarina Pinula pertenece a la zona de vida del Bosque Húmedo Montano bajo subtropical, según el sistema Holdridge, el cual clasifica las zonas de vida que posee Guatemala. La temperatura varía entre 12 °C a 28 °C en condiciones atmosféricas normales, presentándose la menor temperatura en horas de la noche y de la madrugada. La precipitación media anual oscila entre 1,057 y 1,558 milímetros y una humedad relativa del 84 %.

1.2. Aspectos socioculturales

Se denomina como aspectos socioculturales a todo lo relacionado con las circunstancias económicas, sociales y políticas de un país o región.

1.2.1. Población e idioma dominante

La población de Santa Catarina Pinula no escapa a la forma de crecimiento del resto del país de una forma acelerada, sin embargo, en el municipio existe otro fenómeno que hace difícil el cálculo de la población con exactitud. Este fenómeno es la inmigración, se produce cuando se construyen nuevas colonias, condominios, etc., que hacen que una gran cantidad de personas habiten las nuevas colonias, como se mencionó anteriormente, Santa

Catarina Pinula en los últimos años se ha caracterizado por la gran cantidad de complejos habitacionales que se construyen.

El idioma predominante es el español, pero también se habla el idioma maya pocomam.

1.2.2. Tipología de las viviendas

La vivienda de mampostería reforzada es la que predomina en el municipio, esto es debido al alto índice de urbanización; aunque predomine, cabe mencionar, que en unos sectores del municipio se puede encontrar vivienda de lámina y bajareque.

Para las áreas en estudio, se puede observar que, en la aldea Cuchilla del Carmen, existen los tres tipos de vivienda y para la cabecera municipal solo se observan viviendas de mampostería reforzada.

1.2.3. Analfabetismo

El municipio de Santa Catarina Pinula, enfocado en la educación de los habitantes, ha logrado reducir cada año el índice de analfabetismo, desde el 2000, un ejemplo es el registro del 2010, el índice fue de 3,57 % y la cifra oficial con la que termina en 2011 es de 2,90 %.

1.2.4. Servicios existentes

- Salud: el municipio de Santa Catarina Pinula cuenta con un hospital, centros de salud, estación de bomberos y farmacias municipales, todos ubicados en las aldeas más pobladas del municipio; cabe mencionar que

brindan servicio de ambulancia para transportar a centros de salud u hospitales con mejores capacidades.

- Educación: es un municipio pionero en cuanto a educación se refiere, cuenta con escuelas en todas las aldeas del municipio, aunque en algunas, es ineficiente la infraestructura capaz de abrigar a todos los estudiantes; por lo tanto se deben hacer ampliaciones para poder cumplir la demanda de todos los usuarios.

Este municipio está a la vanguardia con respecto a la calidad de centros educativos, ya que se tiene establecido el programa de Escuelas del Futuro, en el cual los estudiantes de nivel primario reciben inglés, computación, uniformes y útiles escolares donados por la municipalidad.

- Comunicación: la empresa de telecomunicaciones de Guatemala (Telgua) es la que presta el servicio de telefonía domiciliar en la aldea, con el cual cuenta el 75 % de la población, actualmente se maneja mucho la telefonía móvil, y la mayoría de hogares tiene accesos a un teléfono celular.
- Agua potable: la población del municipio entero se abastece de fuentes de agua subterránea, actualmente existen 24 y 26 tanques de almacenamiento de agua potable, la municipalidad presta el servicio en las 14 aldeas y la cabecera municipal, es importante mencionar que los residenciales y condominios, cuentan con su propio pozo mecánico para abastecerse de agua potable.

- Transporte: el transporte es brindado por empresas privadas, en todas las aldeas del municipio se cuenta con este servicio.
- Energía eléctrica: el servicio de energía eléctrica es prestado por la empresa eléctrica de Guatemala (EEGSA), recientemente se ha extendido por todo el municipio.
- Recolección de basura: la municipalidad cuenta con camiones tipo compactador los que recolectan la basura en la cabecera municipal y las aldeas y la trasladan a un relleno sanitario localizado en el municipio de Villa Nueva.
- Alumbrado público: la gran mayoría de calles públicas cuentan con el respectivo servicio de alumbrado público, lo que redundará en seguridad para los vecinos.

1.3. Descripción de las necesidades

En cuanto a la infraestructura municipal, es alto el desarrollo de construcción, lo cual ha creado mayor demanda por parte de los usuarios que carecen de tal infraestructura. Dentro de las necesidades prioritarias se pueden mencionar:

- Construcción de centros de consulta y estudio (bibliotecas).
- Mejoramiento vial (calles principales, secundarias y caminos peatonales).
- Ampliación y remodelación de escuelas rurales.
- Construcción de sistemas de drenaje sanitario y plantas de tratamiento para los existentes.

1.4. Priorización de las necesidades

Con base en el análisis de las necesidades del municipio se logró priorizar los proyectos que se deberán planificar para la posterior construcción. La Municipalidad de Santa Catarina Pinula tiene la necesidad urgente de cubrir la demanda de:

- Diseño y construcción del edificio de 3 niveles para biblioteca municipal, en la cabecera municipal.
- Diseño y construcción del pavimento para el sector 6, aldea El Carmen, zona 10.

2. DISEÑO DEL EDIFICIO DE 3 NIVELES PARA BIBLIOTECA MUNICIPAL

2.1. Descripción del proyecto

Para la disposición y diseño adecuado del edificio se enumeran los aspectos técnicos de arquitectura e ingeniería mínimos con los que debe de constar la estructura.

2.1.1. Descripción del proyecto

El proyecto consiste en el diseño de un edificio de tres niveles a base de marcos dúctiles con muros de mampostería y losa plana de concreto reforzada. La edificación será destinada para uso administrativo, educativo y social.

La propuesta arquitectónica consiste en la siguiente distribución de ambientes:

- Salones de capacitaciones
- Laboratorios de computación
- Áreas de estanterías de biblioteca
- Áreas de lectura
- Servicios sanitarios
- Área de administración
- Área de bodega

2.2. Estudio preliminar

Se trata de los ensayos, análisis y levantamientos a realizar previo al diseño del proyecto, el resultado de estos influye directamente sobre la factibilidad y estructuración del proyecto.

2.2.1. Terreno disponible

Para la construcción del edificio se dispone de un terreno ubicado en la cabecera municipal a 50 metros de la Municipalidad de Santa Catarina Pinula, situado a 70,00 metros del acceso principal.

2.2.2. Topografía del terreno

Por la forma del terreno no hubo necesidad de realizar un levantamiento planimétrico ni altimétrico, ya que el terreno es de una superficie plana y de forma rectangular. La medición se realizó con cinta y tiene un área de 390,00 metros cuadrados.

2.2.3. Análisis de suelos

Un estudio de suelos para una edificación, consiste principalmente en obtener el valor soporte del suelo o capacidad de carga, con la cual se diseña la cimentación. El valor soporte es una característica de cada sistema de suelo-cimentación, y no solo una cualidad intrínseca del suelo. Los distintos tipos de suelo difieren en capacidad de carga, pero también ocurre que en un suelo específico dicha capacidad varía con el tipo de forma, tamaño y profundidad del elemento y cimentación que aplica la presión.

La resistencia de los suelos a la deformación depende, sobre todo, de la resistencia a la fuerza cortante. Esta resistencia a la fuerza cortante equivale a la vez, a la suma de los dos componentes fricción y cohesión.

2.2.3.1. Ensayo triaxial

El ensayo de compresión triaxial fue realizado en el laboratorio de suelos, la muestra fue extraída a 2,00 metros por debajo del límite exterior. Los resultados se presentan a continuación.

- Descripción del suelo = arcilla limosa color café, consolidada con partículas de grava.
- Dimensión y tipo de probeta = 2,5" x 5,0"
- Ángulo de fricción interna $\Phi = 29,00^\circ$
- Cohesión (C) = 6,70 ton/m²
- Desplante = 2,00 m (profundidad a la que se tomó la muestra)
- Peso específico del suelo (γ_s) = 1,40 ton/m³

2.2.3.1.1. Determinación del valor soporte del suelo

El valor soporte del suelo o capacidad de carga última admisible será calculada utilizando el método del Dr. Karl Terzaghi.

El cálculo de la capacidad de carga última admisible de cimentaciones superficiales requiere aplicar un factor de seguridad (FS) a la capacidad de carga última bruta, dicho factor de seguridad puede ser por lo menos de 3 en todos los casos.

“... A menudo se usa otro tipo de factor de seguridad para la capacidad de carga de cimentaciones superficiales. Se trata del factor de seguridad con respecto a la falla por corte (FS_{corte}). En la mayoría de los casos un valor FS_{corte} de 1,4 a 1,6 es deseable junto con un factor mínimo de seguridad de 3 a 4 por capacidad de carga última neta o bruta. ...”¹

A continuación se calculan la cohesión (C) y el ángulo de fricción interna (Φ_d) del suelo desarrollado, aplicando el factor de seguridad de carga con respecto a la falla por corte:

Datos:

Ángulo de fricción interna $\Phi = 29,00^\circ$

Cohesión $C = 6,70 \text{ ton/m}^2$

FS_{corte} = 1,4

$$C_d = \frac{C}{FS_{\text{corte}}}$$
$$C_d = \frac{6,70}{1,4} = 4,79 \text{ ton/m}^2$$

$$\Phi_d = \tan^{-1} \left(\frac{\tan \Phi}{FS_{\text{corte}}} \right)$$
$$\Phi_d = \tan^{-1} \left(\frac{\tan 29,00}{1,4} \right) = 21,60^\circ$$

Se procede a calcular los factores de capacidad de carga adimensionales que están únicamente en función del ángulo Φ_d de fricción interna del suelo.

1. BRAJA M. Das. Principios de ingeniería de cimentaciones. p.165

Factor del flujo de carga (Nq):

$$\Phi_d = 21,60^\circ = 0,37699 \text{ radianes}$$

$$Nq = \frac{e^{\left(\frac{3}{2} * \pi - \Phi_d \text{ rad}\right) * \tan \Phi_d}}{2 * \cos^2 \left(45 + \frac{\Phi_d}{2}\right)}$$

$$Nq = \frac{e^{\left(\frac{3}{2} * \pi - 0,37699\right) * \tan(21,60)}}{2 * \cos^2 \left(45 + \frac{21,60}{2}\right)}$$

$$Nq = 6,86$$

Factor de flujo de carga última (Nc):

$$Nc = \cot \Phi_d * (Nq - 1)$$

$$Nc = \cot(21,60) * (6,86 - 1)$$

$$Nc = 14,80$$

Factor de flujo del suelo (N_γ):

$$N_\gamma = (Nq - 1) \tan(1,4 \Phi_d)$$

$$N_\gamma = (6,86 - 1) \tan(1,4 * 21,60)$$

$$N_\gamma = 3,42$$

Capacidad de carga última bruta (q_u):

$$q_u = 1,3 C_d Nc + \gamma_s D (Nq - 1) + 0,4 \gamma_s B N_\gamma$$

$$q_u = 1,3 * 4,79 * 14,80 + 1,40 * 2,00 * (6,86 - 1) +$$

$$0,4 * 1,40 * 2,50 * 3,42$$

$$q_u = 113,35 \text{ ton/m}^2$$

Capacidad de carga última admisible (q_{adm}):

$$q_{adm} = \frac{q_u}{FS} ; \text{ donde FS = factor de seguridad} = 5$$

$$q_{adm} = \frac{113,35}{5}$$

$$q_{adm} = 22,67 \text{ ton/m}^2$$

Para este caso se utilizó un factor de seguridad (FS) igual a 5, ya que la carga admisible (q_{adm}) al aplicársele un factor inferior a este, presenta una carga que excede el valor soporte acorde al tipo de suelo (suelo arcilloso de solidez media, ver tabla I). Esta variación se debe a una manipulación inadecuada de la muestra durante la extracción y/o la realización del ensayo en el laboratorio de suelos.

Tabla I. **Valor soporte según tipo de suelo**

Material del suelo	Valor soporte (ton/m ²)	Observaciones
Roca sana no intemperizada	645	No hay estructura de grietas
Roca regular	430	-
Roca intermedia	215	-
Roca agrietada o porosa	22-86	-
Suelos gravillosos	107	Compactados, buena granulometría
Suelos gravillosos	86	Compactados con más del 10% de grava
Suelos gravillosos	64	Flojos, mala granulometría
Suelos gravillosos	43	Flojos, con mucha arena
Suelos arenosos	32-64	Densos

Continuación de la tabla I.

Arena fina	22-43	Densa
Suelos arcillosos	53	Duros
Suelos arcillosos	22	Solidez mediana
Suelos limosos	32	Densos
Suelos limosos	16	Densidad mediana

Fuente: CABRERA, Jadenon. Guía teórica y práctica del curso de cimentaciones 1. p. 44.

2.3. Normas para el diseño de edificios

Para la disposición y distribución de áreas, aspectos arquitectónicos y de funcionamiento, se aplicaron las normas contenidas en el Reglamento de Construcción de Edificios Escolares elaborado por el Ministerio de Educación, conjugándolas con criterios profesionales. Las normas que fueron aplicadas en este trabajo, se describen a continuación.

2.3.1. Criterios generales

Son todos los aspectos de disposición y distribución de áreas, aspectos arquitectónicos y de funcionamiento.

2.3.2. Criterios de conjunto

Se toman como base los requisitos que debe cumplir el centro educativo para atender a los usuarios que se espera recibir y se debe diseñar con respecto a la funcionalidad incluyendo todas las áreas a utilizar.

2.3.2.1. Emplazamiento

Un correcto emplazamiento del conjunto arquitectónico en el terreno, se logra cuando el área construida en la planta baja no exceda el 40 % del área total del terreno.

2.3.2.2. Orientación del edificio

Una correcta orientación proporciona una óptima iluminación, ventilación y asoleamiento de todos los ambientes del edificio. La orientación ideal para las ventanas es de norte a sur, de preferencia abriéndolas hacia el norte; sin embargo, la orientación será definida en el terreno, tomando en cuenta que el sentido del viento dominante es el ideal para abrir las ventanas bajas.

2.3.2.3. Superficie y altura del edificio

La superficie varía en función de las necesidades que se tengan que satisfacer, tanto en capacidad como en tipo de ambiente; y la altura no debe exceder de tres niveles, tratando de ubicar los talleres y laboratorios en el primer nivel.

2.3.3. Criterios de iluminación

- Generalidades de la iluminación en el edificio: la iluminación debe ser abundante y uniformemente distribuida, evitando la proyección de sombras y contrastes muy marcados. Para lograr lo anterior, deben tomarse en cuenta los siguientes criterios:

- Es importante el número, tamaño y ubicación de las ventanas y/o lámparas.
- Un local pequeño recibe mejor iluminación que uno grande, pero las dimensiones dependen de los requerimientos de espacio.
- Los acabados más brillantes permiten mayor reflexión de la luz y como resultado, una mejor iluminación.
- Tipos de iluminación: la iluminación se divide en; natural y artificial. La iluminación natural, por la ubicación de las ventanas, se divide en unilateral, bilateral y cenital. Estos tipos de iluminación, aceptados para los centros educativos, se describen a continuación:
 - Iluminación natural: el diseño de ventanas para iluminación debe proporcionar luz pareja y uniforme en todos los puntos del área sin incidencia de rayos solares, conos de sombra o reflejos.
 - Iluminación natural unilateral: el área de ventanas debe ser del 25 % a 30 % del área de piso, el techo y los muros opuestos deben ser de color claro y no deben estar a una distancia mayor de 2,5 veces la altura del muro donde están las ventanas.
 - Iluminación natural bilateral: este caso se da cuando existen ventanas en las paredes laterales del aula; las ventanas deben de tener un área de iluminación entre 25 % a 30 %.
 - Iluminación natural cenital: en este caso, la iluminación es por medio de ventanas colocadas en el techo del aula. Para esta

iluminación se toma como área de ventanas del 15 % al 20 % del área total de piso.

- Iluminación artificial: debe usarse como apoyo a la iluminación natural. Como se requiere iluminación nocturna en algunas áreas se debe considerar iluminar los ambientes en forma idéntica a la natural, con el fin de mantener condiciones generales y deberá ser difusa para que no moleste la vista.

2.3.4. Otro criterios

- Ventilación: la cantidad disponible de aire en el ambiente, tiene gran importancia en el desarrollo de la educación.
- Confort acústico: es de gran importancia, ya que influye en el estado anímico y en el grado de concentración del alumno. Es necesario que no exista interferencia sonora entre los ambientes, ni ruidos que sobrepasen los límites aceptables de tolerancia.

Los ruidos del aula pueden venir de diferentes lugares y situaciones, para prevenirlos se pueden tomar las precauciones siguientes:

- Para evitar el ruido proveniente del exterior, ubicar los establecimientos en zonas tranquilas. De no ser posible, se debe orientar el edificio de manera que el viento se lleve los ruidos.
- Para prevenir la interferencia entre ambientes, separar los ruidosos de los tranquilos, tomando en cuenta la dirección del viento.

- Para disminuir el ruido interno del ambiente, construir con materiales porosos, ya que absorben ruido. Las extremidades del mobiliario y equipo deberán ser recubiertas con aislantes acústicos.

2.3.4.1. Instalaciones

En el diseño y colocación se debe considerar lo siguiente:

- Seguridad de operación
- Capacidad adecuada para prestar el servicio
- Duración razonable y economía de mantenimiento
- Servicio constante
- Protección contra agentes nocivos, principalmente ambientales

2.3.4.2. Seguridad en edificios

La seguridad en edificios busca reducir los riesgos estructurales y no estructurales, para ello existen diferentes reglamentos y normativas, en los cuales podemos encontrar los lineamientos a seguir. Entre los criterios fundamentales para construir un edificio habitable y seguro, se pueden mencionar:

- Riesgo estructural: se debe tomar en cuenta, el cumplimiento de las regulaciones existentes, materiales de construcción adecuados, capacitación en construcción, buena calidad de la construcción, conocimiento estructural y capacitación en mantenimiento de los edificios.

- Riesgo no estructural: recomendaciones y regulaciones apropiadas para amarrar elementos no estructurales y mobiliarios de los edificios contra vientos y temblores, soluciones implementadas por los usuarios, seguridad contra fuego y salidas de emergencia.

Para riesgos causados por los usuarios y/o población externa a la comunidad educativa, se deberán de tomar medidas preventivas y de seguridad, la cuales se pueden encontrar en Acuerdo Ministerial No. 01-2011.

2.3.4.3. Espacios educativos

Son los espacios destinados al ejercicio enseñanza/aprendizaje, que se desarrolla por medio de diferentes actividades, por tal razón, las características de estos espacios varían de acuerdo a los requerimientos pedagógicos de las distintas asignaturas.

2.3.4.4. Espacios de reunión

Son los espacios destinados al ejercicio reunión/difusión, que se desarrolla por medio de diferentes actividades y medios, por tal razón, las características de estos espacios varían de acuerdo a los requerimientos de capacidad y uso que se les va a dar.

2.4. Diseño arquitectónico

El diseño arquitectónico se refiere a darle la forma adecuada y distribuir en conjunto los diferentes ambientes que componen el edificio. Esto se hace para tener un lugar cómodo y funcional para el uso. Para lograrlo, se deben tomar en cuenta los diferentes criterios tales como: número aproximado de personas que

utilizarán la edificación, crecimiento poblacional, dimensiones del terreno y financiamiento para la construcción.

2.4.1. Requisitos del diseño arquitectónico

Se consideran según las necesidades del nicho social al cual se dirige el proyecto, para el caso del edificio va enfocado en el uso de los espacios acorde a la necesidad de ambientes y aulas, buscando que cumplan con los requisitos óptimos para el desarrollo integral del usuario.

2.4.1.1. Ubicación del edificio en el terreno

El edificio abarca el 67,18 por ciento del terreno disponible para esta edificación, esto debido a requerimientos de la comuna para no disponer de un área existente, utilizada como caseta de bombeo.

2.4.1.2. Distribución de ambientes

La distribución de ambientes de la biblioteca se hizo de forma que se resuelvan las necesidades primarias solicitadas por la comunidad, adicionando un criterio propio. La distribución de ambientes quedo de la siguiente manera.

- Planta primer nivel, áreas de:
 - Recepción
 - Préstamo interno y externo
 - Sala general de consulta
 - Sala de actividades múltiples
 - Mediateca
 - Bodega

- Servicios sanitarios

- Planta segundo nivel, áreas de:
 - Préstamo interno y externo
 - Sala general de consulta
 - Mediateca
 - Consulta individual
 - Recepción administrativa
 - Oficina auxiliar
 - Oficina administrador
 - Servicios sanitarios

- Planta tercer nivel, áreas de:
 - Laboratorios de computo
 - Sala de conferencias
 - Área de fotocopias
 - Bodega
 - Servicios sanitarios

2.4.1.3. Altura del edificio

La altura de piso a cielo en todos los ambientes es de 3,35 metros. Sin considerar el grosor de piso y losa, para proporcionar una temperatura adecuada en los distintos ambientes.

2.4.1.4. Forma del edificio en elevación

La elevación del edificio será uniforme en cada una de las caras, cumpliendo con los requerimientos de fachada solicitados por la comuna.

2.4.1.5. Selección de sistema estructural a usar

Elegir un sistema estructural conlleva muchas consideraciones, las cuales determinan dos objetivos principales: se debe cumplir con los requisitos de funcionalidad de la edificación, la estructura debe soportar las cargas en condiciones seguras. Además, obedece a circunstancias prácticas y económicas. Existen sistemas que se desempeñan mejor que otros en las eventualidades sísmicas, por lo que se busca un equilibrio que favorezca todos los aspectos mencionados.

Para este caso se ha elegido el sistema estructural a base de marcos espaciales dúctiles, con losas planas de concreto reforzado y muros para la división de ambientes (estos son independientes del sistema estructural de marcos espaciales dúctiles).

2.5. Análisis estructural

El análisis estructural determina mediante varios métodos las fuerzas y deformaciones internas que se producen en una estructura, debido a la aplicación de distintas cargas externas, como cargas por sismo, cargas vivas, cargas producidas por el propio peso de los elementos estructurales.

2.5.1. Predimensionamiento estructural

En el proceso de análisis y diseño estructural la estimación de las secciones preliminares de los elementos estructurales (losas, vigas, columnas y cimientos), busca satisfacer los criterios relativos a los estados límites de falla y de servicio, proponiendo dimensiones de secciones que en la parte final del diseño serán verificadas, determinando así, si cumplen los criterios establecidos en los reglamentos a utilizar.

Predimensionamiento de losa

Se determina si la losa debe de reforzarse en una o en dos direcciones con la relación del lado corto dividido el lado largo. Además se estima el espesor de la losa más crítica, es decir, la losa que tenga las mayores dimensiones, para esto se utiliza el criterio del perímetro dividido 180.

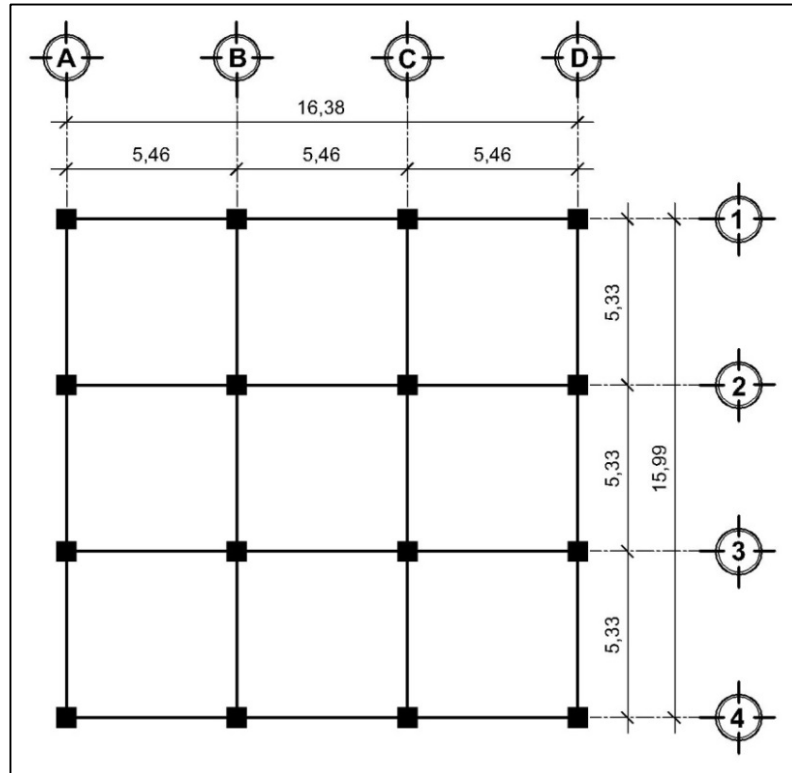
Se recomienda que el espesor mínimo en losas macizas sea de 9 centímetros y el máximo 15 centímetros; si el espesor calculado de la losa es mayor a 15 centímetros se debe proponer una losa nervada.

- Losa del primer nivel

a = sentido corto de losa = 5,33 m

b = sentido largo de losa = 5,46 m

Figura 2. Planta típica niveles 1, 2 y 3



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

m = relación lado a lado

Si $m < 0,5$, la losa trabaja en un sentido

Si $m \geq 0,5$, la losa trabaja en dos sentidos

$$m = \frac{a}{b}$$

$$m = \frac{5,33}{5,46} = 0,98$$

$m \geq 0,5$; la losa trabaja en dos sentidos

Espesor de losa

$$t = \frac{P}{180}$$

Dónde:

t = espesor de losa

P= perímetro de losa

$$t = \frac{2 (5,33 + 5,46)}{180}$$

$$t = 0,11988 \text{ m}$$

Por lo que se propone una losa maciza de 12 centímetros de espesor reforzada en las dos direcciones.

Predimensionamiento de viga

Para el predimensionamiento de las vigas se pueden aplicar varios criterios, los cuales dependen de la luz que cubre la viga en estudio y la clase de apoyos que la sostienen.

- Recomendación del reglamento ACI 318-99, página 144, tabla 9.5 (a)

Tabla II. **Alturas o espesores mínimos de vigas**

	Espesor mínimo h			
	Simplemente apoyados	Con un extremo continuo	Ambos extremos continuos	En voladizo
Elementos	Elementos que no soporten o estén ligados a divisiones u otro tipo de elementos susceptibles de dañarse debido a deflexiones grandes			
Losas macizas en una dirección	L/20	L/24	L/28	L/10
Vigas o losas nervadas en una dirección	L/16	L/18,5	L/21	L/8

Fuente: Código ACI 318-99 sección 9.5 p.144

- Por cada metro lineal libre de luz, aumentar ocho centímetros de peralte y la base equivale a $\frac{1}{2}$ del peralte. La relación entre la base y el peralte debe estar entre 0,25 y 0,60.

Para este caso se utilizará el mayor de los 2 criterios anteriormente mencionados.

- Longitud de la viga = 5,46 m
 - $h = \frac{L}{21}$
 $h = \frac{5,46}{21} = 0,26 \text{ m}$
 - $h = 8 \%$ longitud de la viga
 $h = 0,08 * 5,46 = 0,44 \text{ m}$

De estos dos valores se selecciona el mayor y por cuestiones de criterio y diseño se propone un peralte $h = 0,60$ metros.

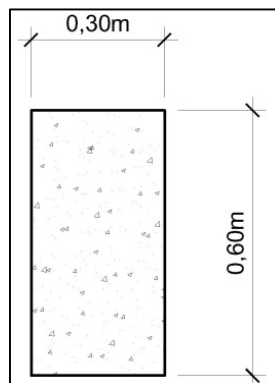
La base de la viga se determina conforme a lo planteado en el Código ACI-318: para elementos sometidos a flexión el ancho del elemento b , no debe ser menor que el más pequeño de $0,3 h$ y $0,25$ metros.

$$b = 0,3 h = 0,3 (0,60) = 0,18 \text{ m}$$

$$b = 0,25 \text{ m}$$

El valor de b más pequeño es $0,18$ metros, por lo que la base de la viga no debe ser menor al mismo, por lo que se propone una base de $0,30$ metros.

Figura 3. **Secciones de vigas predimensionadas**

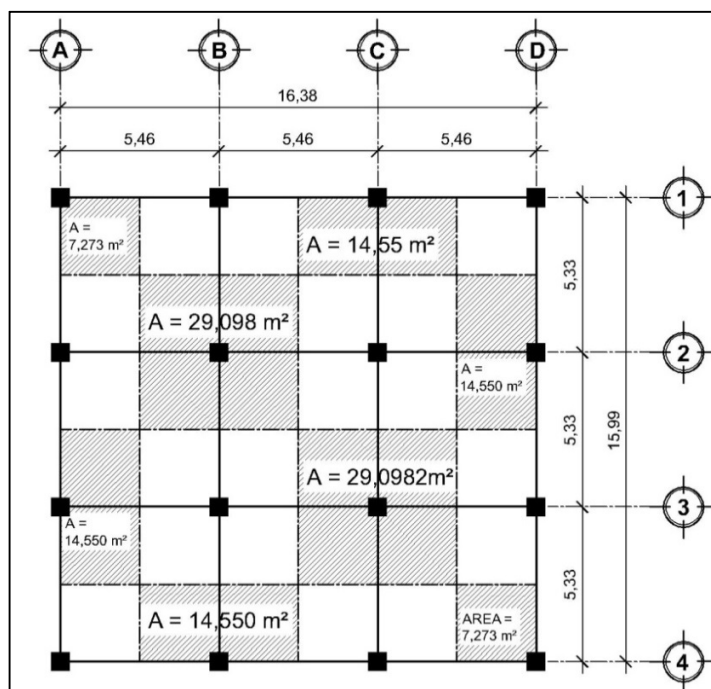


Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Predimensionamiento de columnas

El método que se utilizará para predimensionar las columnas, se basa en el cálculo de la carga axial aplicada a la columna crítica, es decir la carga axial que soporta la columna del segundo nivel más la del primer nivel, por medio de la ecuación (10-2) del Código ACI 318-99 capítulo 10 sección 10.3.6.2, dicha ecuación permitirá calcular el área aproximada para la sección de la columna utilizando el área de acero mínimo, cabe resaltar que dicha ecuación no toma en cuenta los efectos producidos por la carga de sismo ni los efectos de esbeltez. Las dimensiones de la sección obtenida, se utilizarán en todas las columnas.

Figura 4. **Área tributaria de columna crítica (At)**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

El área tributaria calculada para la columna crítica es de 29,10 metros cuadrados, se ha de considerar que el peso específico del concreto reforzado es de 2 400 kilogramos sobre centímetro cubico.

$$P_u = \gamma_{\text{concreto}} * \text{área tributaria} * \text{numero niveles}$$

$$P_u = 2\,400 * 29,10 * 3 = 209\,507,04 \text{ kg}$$

Calculando el área de la sección de la columna con la ecuación (10-2) del Código ACI-05 sección 10.3.6.2:

Datos:

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

$$A_s = 0,01 * A_g \sim 0,06 * A_g$$

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

Utilizando $A_s = 0,01 * A_g$ y sustituyendo los valores se tiene:

$$P_u = 0,80 [(0,85 * f'_c * (A_g - A_s) + f_y * A_s)]; \text{ despejando para } A_g:$$

$$A_g = \frac{P_u}{0,80 [0,85 * f'_c * (A_g - A_s) + f_y * A_s]}$$

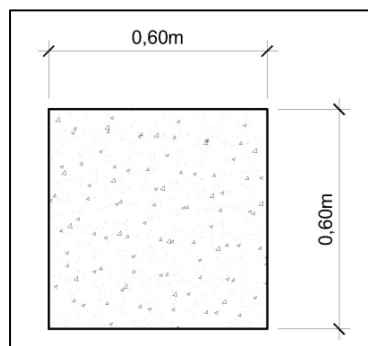
$$A_g = \frac{209\,507,04}{0,80 [0,85 * 210 * (1 - 0,01) + 2\,810 * 0,01]}$$

$$A_g = 1278,64 \text{ cm}^2$$

Por lo que una columna cuadrada de 0,40 metros de cada lado bastaría para cubrir el área del cálculo anterior, pero el Código ACI-318 en el capítulo

10, indica que la dimensión más pequeña de la sección de una columna no debe ser menor a 0,30 metros. Por lo que se propone utilizar una columna cuadrada de 0,60 metros por lado, debido a que este cálculo del área gruesa no toma en cuenta los efectos producidos por la carga de sismo ni la esbeltez.

Figura 5. **Sección de columna predimensionada**

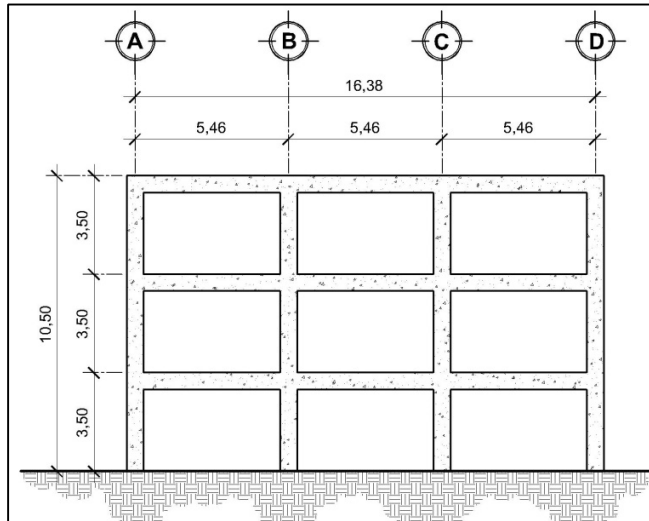


Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

2.5.2. Modelos matemáticos de marcos dúctiles con nudos rígidos

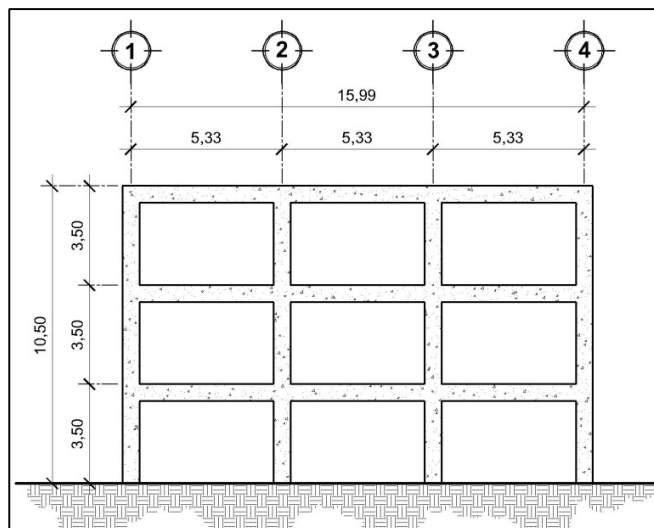
Los modelos matemáticos son representaciones gráficas que muestran la geometría de la estructura, así como las cargas que interactúan en los marcos. Estos sirven para realizar el análisis estructural. Por la simetría estructural del edificio, se analizan y diseñan únicamente los marcos críticos.

Figura 6. **Marco dúctil, sección longitudinal**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Figura 7. **Marco dúctil, sección transversal**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

2.5.3. Cargas de diseño aplicadas a los marcos dúctiles

Las cargas que actúan sobre la estructura se dividen de acuerdo a la dirección de aplicación en verticales y horizontales. Cabe resaltar que en los subíndices siguientes se realizarán los cálculos para los marcos C y 2, aclarando que debe realizarse el mismo procedimiento para todos los marcos.

2.5.3.1. Cargas verticales en marcos dúctiles

Las cargas verticales aplicadas a los marcos dúctiles también son llamadas cargas por gravedad, están divididas en cargas muertas y cargas vivas.

- **Cargas muertas**

Son aquellas cargas permanentes que actúan durante toda la vida de la estructura. Incluyen todos los elementos estructurales que componen una edificación como losas, vigas, columnas, muros, techos y los elementos arquitectónicos como ventanas, puertas, acabados, divisiones permanentes, instalaciones, entre otros. Estas cargas se determinan con bastante exactitud dependiendo de los materiales que se utilicen, a partir de las densidades y tamaños.

Para este edificio se utilizarán las siguientes cargas muertas:

Peso específico del concreto	=	2 400 kg/m ³
Muros, ventanas y puertas	=	100 kg/m ²
Acabados e instalaciones	=	100 kg/m ²

- Cargas vivas

Las cargas vivas son aquellas producidas por el uso y la ocupación de la edificación.

Los agentes que producen estas cargas no están rígidamente sujetos a la estructura, dentro de estos están el peso de las personas, mobiliario, equipo, maquinaria, entre otros.

Para esta edificación se utilizarán las siguientes cargas vivas:

Pasillos y escaleras	=	500 kg/m ²
Azotea	=	100 kg/m ²
Salones de asiento fijo	=	300 kg/m ²
Área de estanterías	=	700 kg/m ²

La siguiente tabla propone valores de carga viva para diferentes tipos de ocupación o usos, según la Norma AGIES.

Tabla III. Cargas vivas de uso frecuente

Tipo de ocupación o uso	Wv (kg/m ²)
Oficina	
Pasillos y escaleras	300
Oficinas	250
Áreas de cafetería	500
Hospitales	
Pasillos	500
Clínicas y encamamiento	250
Servicios médicos y laboratorio	350
Farmacia	500
Escaleras	500
Cafetería y cocinas	500
Hoteles	
Habitaciones	200
Servicios y áreas públicas	500
Educativos	
Aulas	200
Pasillos y escaleras	500
Salones de lectura de biblioteca	200
Área de estanterías de biblioteca	700
Reunión	
Escaleras privadas	300
Escaleras públicas	500
Balcones	500
Vestíbulos públicos	500
Plazas a nivel de la calle	500
Salones con asiento fijo	300
Salones sin asiento fijo	500
Escenarios y circulaciones	500

Continuación de la tabla III.

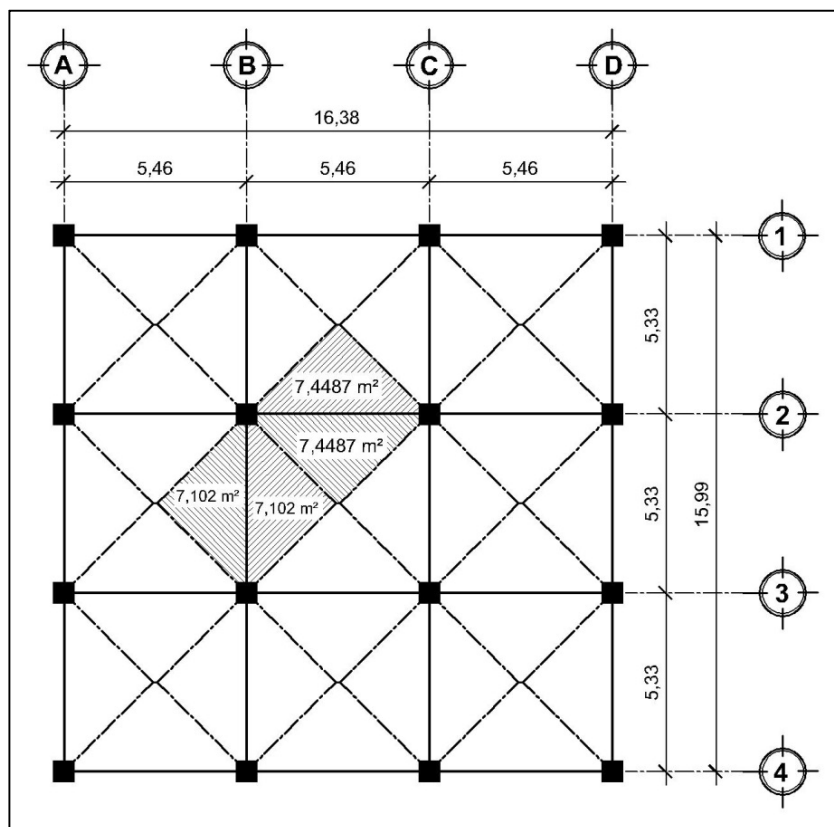
Garajes	
Garajes para automóviles de pasajeros	250
Garajes para vehículos de carga (2 000 kg)	500
Rampas de uso colectivo	750
Corredores de circulación	500
Servicio y reparación	500
Instalaciones deportivas publicas	
Zonas de circulación	500
Zonas de asientos	400
Zonas sin asientos	800
Canchas deportivas	Depende del tipo de cancha
Almacenes	
Minoristas	500
Mayoristas	600
Bodegas	
Cargas livianas	600
Cargas pesadas	1 200
Fabricas	
Industrias livianas	500
Industrias pesadas	1 000
Cubiertas pesadas	
Azoteas de concreto con acceso	200
Azoteas sin acceso horizontal o inclinadas	100
Azoteas con inclinación mayor de 20°	75 (proyección horizontal)
Cubiertas usadas para jardín o reuniones	500
Cubiertas livianas	
Techos de láminas, tejas, cubiertas plásticas, lonas, etc. (aplica a la estructura que soporta la cubierta final)	75 (proyección horizontal)

Fuente: AGIES, Normas de Seguridad Estructural (NSE) 2-10. Tabla 3-1. p.6

2.5.3.1.1. Integración de cargas verticales

La integración de cargas consiste en determinar el peso muerto y vivo que soportará la estructura por cada metro lineal. Se calculará la integración de cargas para los ejes C y 2, seleccionando una viga por cada eje, el mismo procedimiento se aplicó a las vigas de todos los ejes de la estructura.

Figura 8. Áreas tributarias de niveles 1, 2 y 3



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Eje C – Viga 2-3

Primer nivel

Espesor de losa (t) = 0,12 m

Sección de viga (b * h) = 0,30 * 0,60 m

Peso específico del concreto $\gamma_c = 2\,400\text{ kg/m}^3$

Peso de muros, ventanas y puertas = 100 kg/m^2

Peso de acabados e instalaciones = 100 kg/m^2

Carga viva = 700 kg/m^2

- Carga muerta

$$CM_{C2-3} = P_{losa} + P_{viga} + P_{muros} + P_{acabados}$$

$$P_{losa} = (0,12 * (2 * 7,1022) * 2\,400) / 5,33 = 767,52\text{ kg/m}$$

$$P_{viga} = 0,30 * 0,60 * 2\,400 = 432,00\text{ kg/m}$$

$$P_{muros} = ((2 * 7,1022) * 100) / 5,33 = 266,50\text{ kg/m}$$

$$P_{acabados} = (100 * (2 * 7,1022)) / 5,33 = 266,50\text{ kg/m}$$

$$CM_{C2-3} = 1\,732,52\text{ kg/m}$$

- Carga viva

$$CV_{C2-3} = (700 * (2 * 7,1022)) / 5,33 = 1\,865,49\text{ kg/m}$$

Segundo nivel

Espesor de losa (t) = 0,12 m

Sección de viga (b * h) = 0,30 * 0,60 m

Peso específico del concreto $\gamma_c = 2\,400\text{ kg/m}^3$

Peso de muros, ventanas y puertas = 100 kg/m^2

Peso de acabados e instalaciones = 100 kg/m²

Carga viva = 300 kg/m²

- Carga muerta

$$CM_{C2-3} = P_{losa} + P_{viga} + P_{muros} + P_{acabados}$$

$$P_{losa} = (0,12 * (2 * 7,1022) * 2400) / 5,33 = 767,52 \text{ kg/m}$$

$$P_{viga} = 0,30 * 0,60 * 2400 = 432,00 \text{ kg/m}$$

$$P_{muros} = ((2 * 7,1022) * 100) / 5,33 = 266,50 \text{ kg/m}$$

$$P_{acabados} = (100 * (2 * 7,1022)) / 5,33 = 266,50 \text{ kg/m}$$

$$CM_{C2-3} = 1732,52 \text{ kg/m}$$

- Carga viva

$$CV_{C2-3} = (300 * (2 * 7,1022)) / 5,33 = 799,50 \text{ kg/m}$$

Tercer nivel

Espesor de losa (t) = 0,12 m

Sección de viga (b * h) = 0,30 * 0,60 m

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

Peso de muros, ventanas y puertas = 100 kg/m²

Peso de acabados e instalaciones = 100 kg/m²

Carga viva = 100 kg/m²

- Carga muerta

$$CM_{C2-3} = P_{losa} + P_{viga} + P_{muros} + P_{acabados}$$

$$P_{losa} = (0,12 * (2 * 7,1022) * 2400) / 5,33 = 767,52 \text{ kg/m}$$

$$P_{viga} = 0,30 * 0,60 * 2400 = 432,00 \text{ kg/m}$$

$$P_{muros} = 00,00 \text{ kg/m}$$

$$P_{\text{acabados}} = (100 * (2 * 7,1022)) / 5,33 = 266,50 \text{ kg/m}$$

$$CM_{C2-3} = 1\,466,02 \text{ kg/m}$$

- Carga viva

$$CV_{C2-3} = (100 * (2 * 7,1022)) / 5,33 = 266,50 \text{ kg/m}$$

Eje 2 – Viga C-D

Primer nivel

Espesor de losa (t) = 0,12 m

Sección de viga (b * h) = 0,30 * 0,60 m

Peso específico del concreto $\gamma_c = 2\,400 \text{ kg/m}^3$

Peso de muros, ventanas y puertas = 100 kg/m^2

Peso de acabados e instalaciones = 100 kg/m^2

Carga viva = 700 kg/m^2

- Carga muerta

$$CM_{2C-D} = P_{\text{losa}} + P_{\text{viga}} + P_{\text{muros}} + P_{\text{acabados}}$$

$$P_{\text{losa}} = (0,12 * (2 * 7,4487) * 2\,400) / 5,46 = 785,80 \text{ kg/m}$$

$$P_{\text{viga}} = 0,30 * 0,60 * 2\,400 = 432,00 \text{ kg/m}$$

$$P_{\text{muros}} = ((2 * 7,4487) * 100) / 5,46 = 272,85 \text{ kg/m}$$

$$P_{\text{acabados}} = (100 * (2 * 7,4487)) / 5,46 = 272,85 \text{ kg/m}$$

$$CM_{2C-D} = 1\,763,49 \text{ kg/m}$$

- Carga viva

$$CV_{2C-D} = (700 * (2 * 7,4487)) / 5,46 = 1\,909,92 \text{ kg/m}$$

Segundo nivel

Espesor de losa (t) = 0,12 m

Sección de viga (b * h) = 0,30 * 0,60 m

Peso específico del concreto $\gamma_c = 2\,400\text{ kg/m}^3$

Peso de muros, ventanas y puertas = 100 kg/m^2

Peso de acabados e instalaciones = 100 kg/m^2

Carga viva = 300 kg/m^2

- Carga muerta

$$CM_{2C-D} = P_{losa} + P_{viga} + P_{muros} + P_{acabados}$$

$$P_{losa} = (0,12 * (2 * 7,4487) * 2\,400) / 5,46 = 785,80\text{ kg/m}$$

$$P_{viga} = 0,30 * 0,60 * 2\,400 = 432,00\text{ kg/m}$$

$$P_{muros} = ((2 * 7,4487) * 100) / 5,46 = 272,85\text{ kg/m}$$

$$P_{acabados} = (100 * (2 * 7,4487)) / 5,46 = 272,85\text{ kg/m}$$

$$CM_{2C-D} = 1\,763,49\text{ kg/m}$$

- Carga viva

$$CV_{2C-D} = (300 * (2 * 7,4487)) / 5,46 = 818,54\text{ kg/m}$$

Tercer nivel

Espesor de losa (t) = 0,12 m

Sección de viga (b * h) = 0,30 * 0,60 m

Peso específico del concreto $\gamma_c = 2\,400\text{ kg/m}^3$

Peso de muros, ventanas y puertas = 100 kg/m^2

Peso de acabados e instalaciones = 100 kg/m^2

Carga viva = 100 kg/m^2

- Carga muerta

$$CM_{2C-D} = P_{losa} + P_{viga} + P_{muros} + P_{acabados}$$

$$P_{losa} = (0,12 * (2 * 7,4487) * 2\ 400) / 5,46 = 785,80 \text{ kg/m}$$

$$P_{viga} = 0,30 * 0,60 * 2\ 400 = 432,00 \text{ kg/m}$$

$$P_{muros} = 00,00 \text{ kg/m}$$

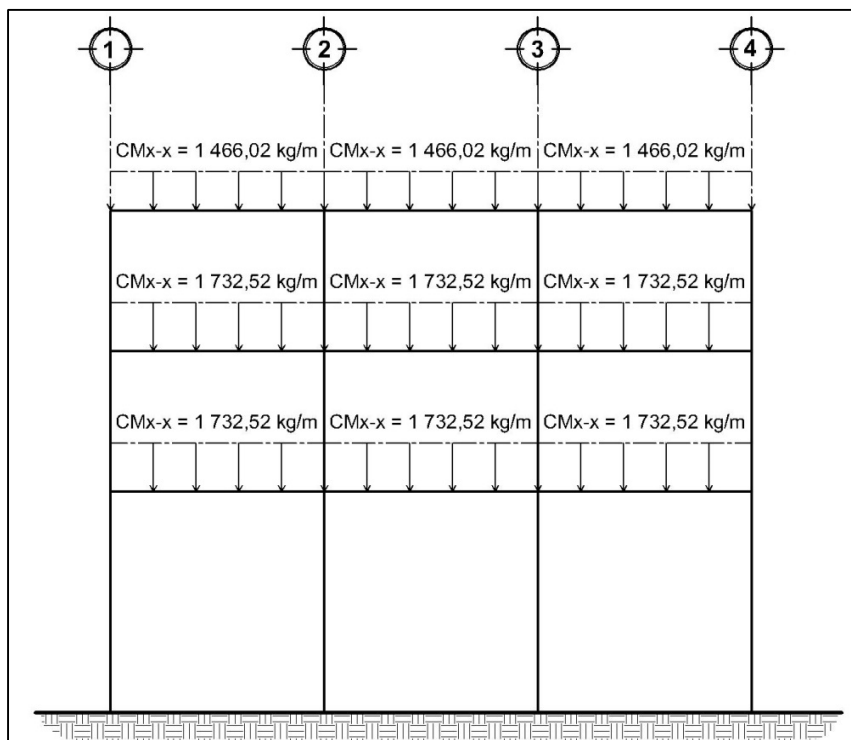
$$P_{acabados} = (100 * (2 * 7,4487)) / 5,46 = 272,85 \text{ kg/m}$$

$$CM_{2C-D} = 1\ 490,64 \text{ kg/m}$$

- Carga viva

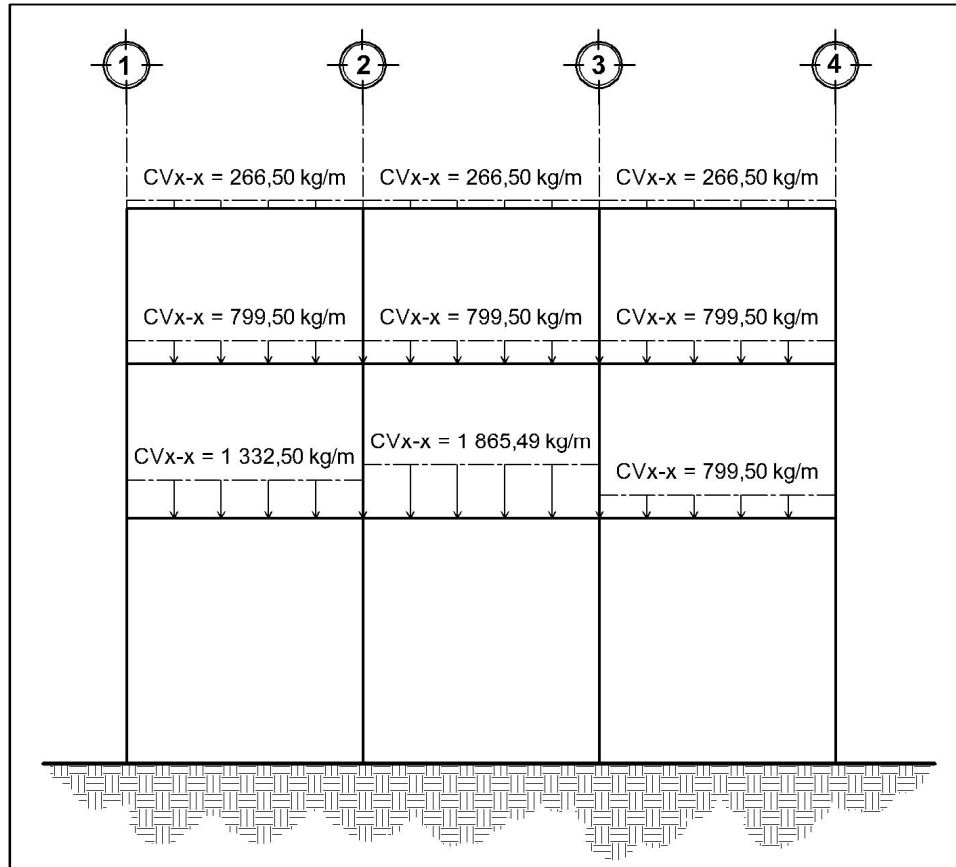
$$CV_{2C-D} = (100 * (2 * 7,4487)) / 5,46 = 272,85 \text{ kg/m}$$

Figura 9. Carga muerta distribuida en marco C, eje X



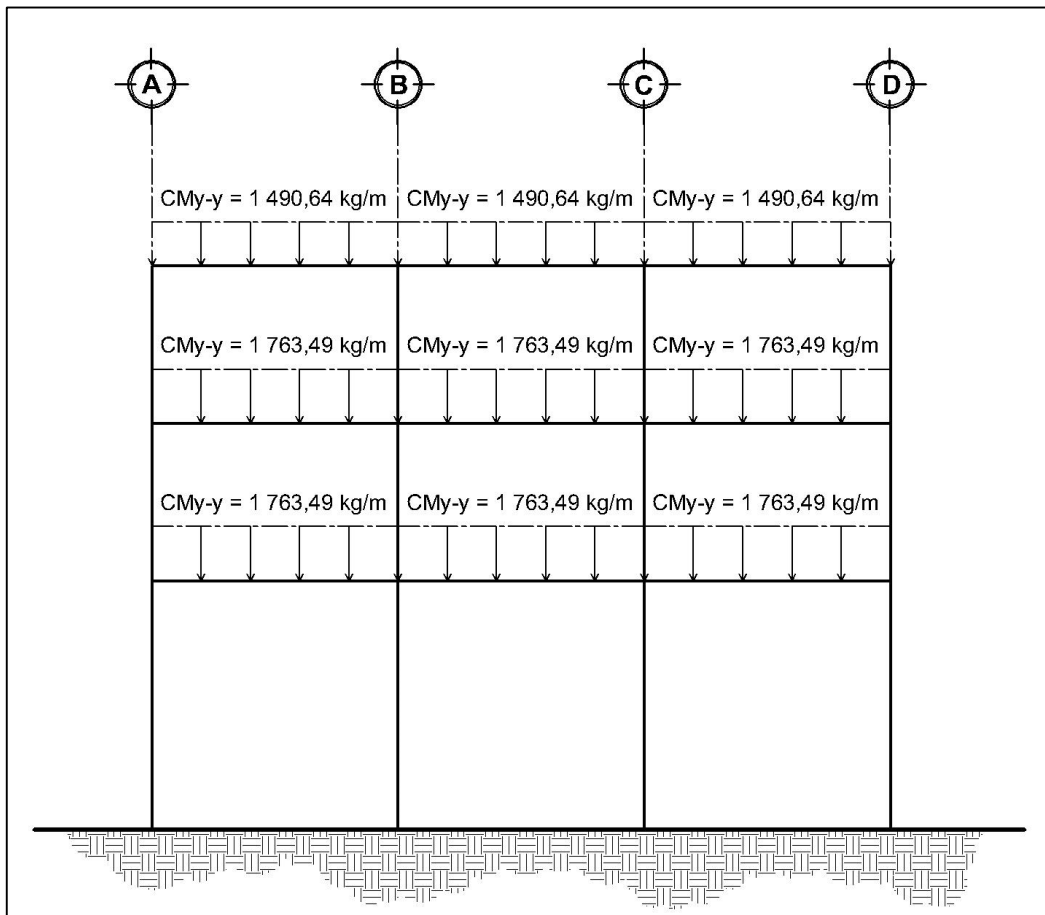
Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Figura 10. Carga viva distribuida en marco C, eje X



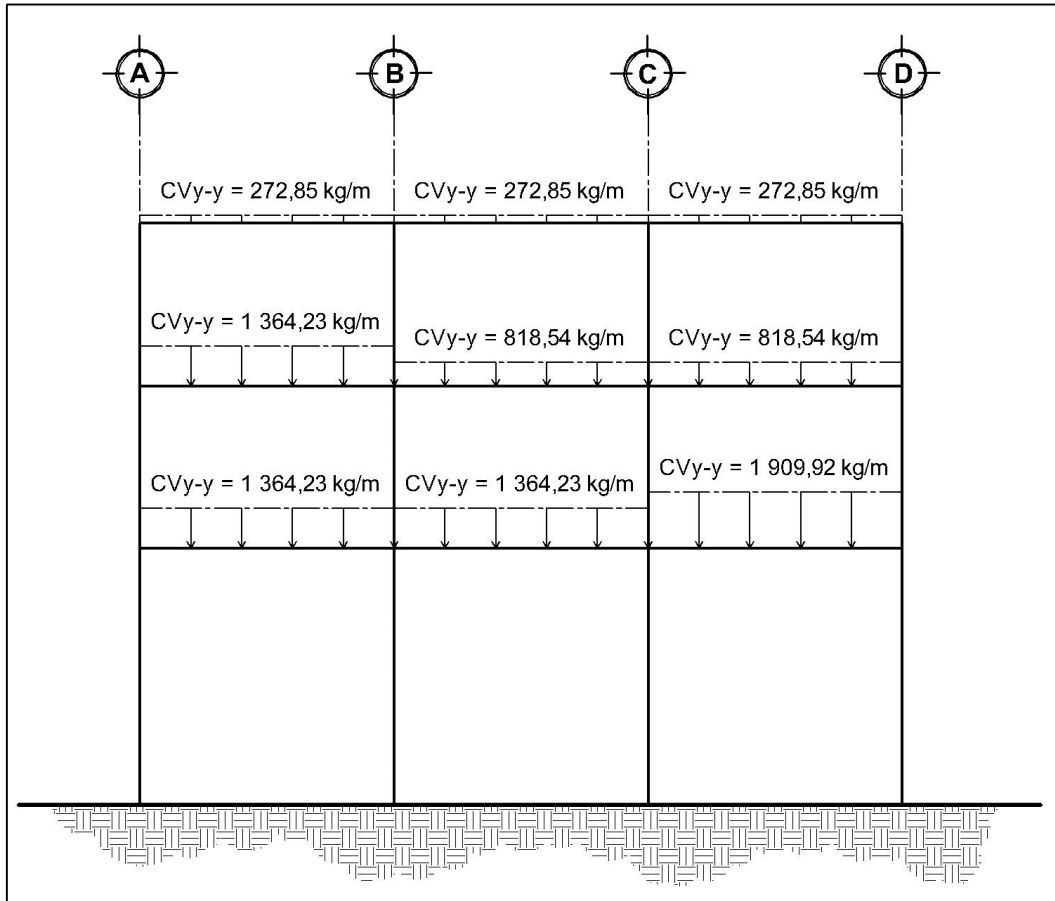
Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Figura 11. Carga muerta distribuida en marco 2, eje Y



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Figura 12. **Carga viva distribuida en marco 2, eje Y**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

2.5.3.2. **Cargas horizontales en marcos dúctiles**

Las cargas horizontales en una estructura pueden ser producidas por las fuerzas laterales que provocan los fenómenos naturales como el viento, un sismo y la presión que genera el agua o el suelo. La dirección de estas fuerzas se asume perpendicular a la fuerza de gravedad.

Para este proyecto se tomará en cuenta únicamente la fuerza provocada por un sismo, debido a que Guatemala está clasificada como zona de alto riesgo sísmico.

Un sismo produce fuerzas dinámicas sobre una estructura, las cuales no pueden ser determinadas con exactitud en magnitud ni dirección, para esto existen métodos aproximados que calculan el esfuerzo cortante que el sismo pueda producir en la base de la estructura, luego lo distribuye como fuerzas laterales estáticas en todos los niveles, para este caso se utiliza el método SEAOC para encontrar las fuerzas producidas por el sismo.

Método SEAOC: este método permite calcular el corte en la base de una estructura.

Corte basal (V): es la fuerza sísmica que el suelo transmite al edificio en la base. El corte basal está dado por la formula siguiente:

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

Z = coeficiente que depende de la zona sísmica, Z = 1

I = importancia por el tipo de ocupación de la obra, para este caso I = 1,30

C = coeficiente que depende del período natural de vibración (T)

$$T_{x,y} = \frac{0,09h_n}{\sqrt{D}}$$

$$C_{x,y} = \frac{1}{15\sqrt{T_{x,y}}}$$

S = coeficiente que depende del tipo de suelo, S = 1,50

Si C * S es mayor que 0,14, entonces usar C * S = 0,14

K = coeficiente que depende del sistema estructural, K = 0,67

W = peso e la estructura (CM) + 25 % de las cargas vivas (CV)

El sismo no actúa en una dirección determinada respecto al edificio. Por esa razón, se necesita evaluar el corte basal en las direcciones X y Y (longitudinal y transversal respectivamente); con los valores resultantes se puede diseñar el edificio contra un sismo en cualquier dirección.

El valor de C se determina, en el sentido X y en el sentido Y, de la siguiente forma:

$$T_x = \frac{0,09h_n}{\sqrt{D}}$$

$$T_x = \frac{0,09 * 12,50}{\sqrt{16,38}}$$

$$T_x = 0,280$$

$$C_x = \frac{1}{15\sqrt{T_x}}$$

$$C_x = \frac{1}{15\sqrt{0,280}}$$

$$C_x = 0,1260$$

$$C_x * S = 0,1260 * 1,50 = 0,19$$

Usar $C_x * S = 0,14$

$$T_y = \frac{0,09h_n}{\sqrt{D}}$$

$$T_y = \frac{0,09 * 12,50}{\sqrt{15,99}}$$

$$T_y = 0,283$$

$$C_y = \frac{1}{15\sqrt{T_y}}$$

$$C_y = \frac{1}{15\sqrt{0,283}}$$

$$C_y = 0,1252$$

$$C_y * S = 0,1252 * 1,50 = 0,19$$

Usar $C_y * S = 0,14$

El peso de la estructura (W) se obtiene de la forma siguiente:

Peso del nivel 3 y techo

$$W_{N3} = W_{losa} + W_{viga} + W_{columnas} + W_{muros} + W_{acabados} + 25 \% CV_{techo}$$

$$W_{losa} = 0,12 * 16,38 * 15,99 * 2\ 400 = 75\ 431,87\ \text{kg}$$

$$W_{viga} = ((12 * 5,33) + (12 * 5,46)) (0,30 * 0,60 * 2\ 400) = 55\ 935,36\ \text{kg}$$

$$W_{columnas} = 16 (0,60 * 0,60 * 3,50 * 2\ 400) = 48\ 384,00\ \text{kg}$$

$$W_{muros} = 00,00\ \text{kg}$$

$$W_{acabados} = (100 * 16,38 * 15,99) = 26\ 191,62\ \text{kg}$$

$$CV_{techo} = 0,25 (100 * 16,38 * 15,99) = 6\ 547,91\ \text{kg}$$

$$W_{N3} = 212\ 490,75\ \text{kg}$$

Peso del nivel 2

$$W_{N2} = W_{losa} + W_{viga} + W_{columnas} + W_{muros} + W_{acabados} + 25 \% CV_{pasillos + salones}$$

$$W_{losa} = 0,12 * 16,38 * 15,99 * 2\ 400 = 75\ 431,87\ \text{kg}$$

$$W_{viga} = ((12 * 5,33) + (12 * 5,46)) (0,30 * 0,60 * 2\ 400) = 55\ 935,36\ \text{kg}$$

$$W_{columnas} = 16 (0,60 * 0,60 * 3,50 * 2\ 400) = 48\ 384,00\ \text{kg}$$

$$W_{muros} = ((4 * 16,38) + (4 * 15,99)) (3,50 - 0,60) 100 = 37\ 549,92\ \text{kg}$$

$$W_{acabados} = (100 * 16,38 * 15,99) = 26\ 191,62\ \text{kg}$$

$$CV_{pasi+esca} = 0,25 (500 * 29,10) = 3\ 637,73\ \text{kg}$$

$$CV_{salones} = 0,25 (300 * 232,81) = 17\ 461,08\ \text{kg}$$

$$W_{N2} = 264\ 590,85\ \text{kg}$$

Peso del nivel 1

$$W_{N1} = W_{losa} + W_{viga} + W_{columnas} + W_{muros} + W_{acabados} + 25 \% CV_{pasillos + salones}$$

$$W_{losa} = 0,12 * 16,38 * 15,99 * 2\ 400 = 75\ 431,87\ \text{kg}$$

$$W_{viga} = ((12 * 5,33) + (12 * 5,46)) (0,30 * 0,60 * 2\ 400) = 55\ 935,36\ \text{kg}$$

$$W_{\text{columnas}} = 16 (0,60 * 0,60 * 5,50 * 2\ 400) = 76\ 032,00 \text{ kg}$$

$$W_{\text{muros}} = ((4 * 16,38) + (4 * 15,99)) (3,50 - 0,60) 100 = 37\ 549,92 \text{ kg}$$

$$W_{\text{acabados}} = (100 * 16,38 * 15,99) = 26\ 191,62 \text{ kg}$$

$$CV_{\text{pasillo+escalera}} = 0,25 (500 * 116,41) = 14\ 550,90 \text{ kg}$$

$$CV_{\text{salones}} = 0,25 (300 * 116,41) = 8\ 730,54 \text{ kg}$$

$$CV_{\text{estanterias}} = 0,25 (700 * 29,10) = 5\ 092,82 \text{ kg}$$

$$W_{N1} = 299\ 514,30 \text{ kg}$$

Peso total de la estructura (W)

$$W = W_{N1} + W_{N2} + W_{N3}$$

$$W = 299\ 514,30 + 264\ 590,85 + 212\ 490,75$$

$$W = 776\ 595,90 \text{ kg}$$

Posterior a la determinación del peso de todos los niveles y de los coeficientes, se procede al cálculo del corte basal:

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

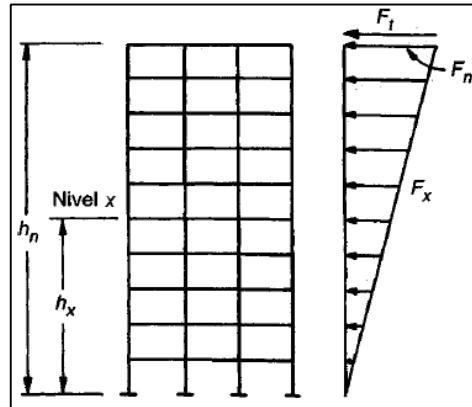
$$V = 1 * 1,30 * 0,14 * 0,67 * 776\ 595,90$$

$$V_{x,y} = 94\ 698,10 \text{ kg}$$

Fuerza por nivel (F_i) o cortante basal por nivel (V_n): es la fuerza que se transmite del corte basal hacia los distintos niveles de la estructura.

$$F_i = \frac{(V - F_t) w_i * h_i}{\sum_{i=1}^n w_i * h_i}$$

Figura 13. Fuerzas de carga lateral mínima de diseño



Fuente: NILSON, Arthur H. Diseño de estructuras de concreto. p. 654.

Al final el esfuerzo cortante de diseño por nivel V_x , en cualquier nivel es la suma de las fuerzas F_t y F_x sobre ese piso.

$$V_x = F_t + F_x$$

Como $T = 0,2832$ segundos $> 0,25$ segundos; entonces se debe de calcular la fuerza top (F_t)

$$F_t = 0,07 * T * V$$

Por lo que el esfuerzo cortante de diseño por nivel se calcula con:

$$F_i = \frac{(V - F_t) w_i * h_i}{\sum_{i=1}^n w_i * h_i}$$

Donde:

V = esfuerzo de corte basal total de diseño

w_i = peso del nivel en análisis

h_i = altura del nivel en análisis

F_t = fuerza top

Esfuerzo cortante de diseño en el tercer nivel:

$$V = 94\,698,10 \text{ kg}$$

$$w_{3N} = 212\,490,75 \text{ kg}$$

$$h_{3N} = 12,50 \text{ m}$$

$$F_t = 0,07 * 0,2832 * 94\,698,10 = 1\,854,90 \text{ kg}$$

$$F_{3N} = \frac{(94\,698,10 - 1\,854,90) (212\,490,75 * 12,50)}{(212\,490,75 * 12,50 + 264\,590,85 * 9,00 + 299\,514,30 * 5,50)}$$

$$F_{3N} = 36\,890,37 \text{ kg}$$

Esfuerzo cortante de diseño en el segundo nivel:

$$V = 94\,698,10 \text{ kg}$$

$$w_{2N} = 264\,590,85 \text{ kg}$$

$$h_{2N} = 9,00 \text{ m}$$

$$F_t = 0,07 * 0,2832 * 94\,698,10 = 1\,854,90 \text{ kg}$$

$$F_{2N} = \frac{(94\,698,10 - 1\,854,90) (264\,590,85 * 9,00)}{(212\,490,75 * 12,50 + 264\,590,85 * 9,00 + 299\,514,30 * 5,50)}$$

$$F_{2N} = 33\,073,51 \text{ kg}$$

Esfuerzo cortante de diseño en el primer nivel:

$$V = 94\,698,10 \text{ kg}$$

$$w_{1N} = 299\,514,30 \text{ kg}$$

$$h_{1N} = 5,50 \text{ m}$$

$$F_t = 0,07 * 0,2832 * 94\,698,10 = 1\,854,90 \text{ kg}$$

$$F_{1N} = \frac{(94\,698,10 - 1\,854,90) (299\,514,30 * 5,50)}{(212\,490,75 * 12,50 + 264\,590,85 * 9,00 + 299\,514,30 * 5,50)}$$

$$F_{1N} = 22\,879,33 \text{ kg}$$

Se debe de chequear que la suma de las fuerza por nivel o cortantes por nivel y la fuerza top sea igual a el corte basal.

$$F_{1N} + F_{2N} + F_{3N} + F_t = V_{\text{basal}}$$

$$22\,879,33 + 33\,073,51 + 36\,890,37 + 1\,854,90 = 94\,698,10 \text{ kg}$$

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.

Centro de rigidez (CR):

Tomando en cuenta que todas las columnas poseen la misma rigidez ya que poseen las mismas características geométricas, se asume un valor de k, como variable, considerando que la posición del centro de rigidez depende de la rigidez relativa de cada marco, por lo tanto:

$$CR = \frac{\sum K_{marco} * Distancia}{\sum K_{marcos}}$$

Donde la distancia se mide respecto al origen de las coordenadas en cuestión.

Tabla IV. **Centros de rigidez**

Sentido Y, niveles 1, 2 y 3				Sentido X, niveles 1, 2 y 3			
Marco	Xi	Ki	Xi * Ki	Marco	Xi	Ki	Xi * Ki
A	0	1 k	0 k	4	0	1 k	0 k
B	5,46	1 k	5,46 k	3	5,33	1 k	5,33 k
C	10,92	1 k	10,92 k	2	10,66	1 k	10,66 k
D	16,38	1 k	16,38 k	1	15,99	1 k	15,99 k
Totales =		4 k	32,76 k	Totales =		4 k	31,98 k

Fuente: elaboración propia.

Calculando los centros de rigideces medidos desde el origen

$$CR_x = \frac{31,98k}{4k} = 7,995 \text{ m}$$

$$CR_y = \frac{32,76k}{4k} = 8,19 \text{ m}$$

Centro de masa (CM):

Se considera el peso de cada elemento actuando directamente en el centroide, utilizando el área de cada elemento ya que todos los elementos son de concreto y el peso específico puede considerarse como 1.

Para este caso en particular al ser una estructura en donde todos los elementos son simétricos y están repartidos de forma simétrica, se calculara el centro de masa con la expresión:

$$CM = \frac{D}{2}$$

$$CM_x = \frac{15,99}{2} = 7,995 \text{ m}$$

$$CM_y = \frac{16,38}{2} = 8,19 \text{ m}$$

Excentricidad (e):

Se calcularán las excentricidades para cada nivel y para cada eje coordinado con las expresión: $e = | CM - CR |$, al mismo tiempo se determinará la excentricidad mínima $e_{min} = 0,05H$, siendo H la altura del edificio.

$$e_x = |CR_x - CM_x| = |7,995 - 7,995| = 0$$

$$e_{\min} = 0,05 * h = 0,05 * 12,50 = 0,625$$

$e_x < e_{\min}$, por lo que se considera que no existe torsión en el sentido X.

$$e_y = |CR_y - CM_y| = |8,19 - 8,19| = 0$$

$$e_{\min} = 0,05 * h = 0,05 * 12,50 = 0,625$$

$e_y < e_{\min}$, por lo que se considera que no existe torsión en el sentido Y.

Como podemos observar no existe excentricidad en ninguno de los 2 sentidos.

Fuerza por marco (Pn):

Al no existir excentricidad en ninguno de los dos sentidos, la fuerza que llega a cada marco, se obtiene dividiendo la fuerza de piso o cortante por nivel dentro del número de marcos paralelos a esta fuerza.

La fuerza que actúa en cada marco y en cada nivel se encuentra de la siguiente manera:

$$Pn = \frac{V_{\text{nivel}}}{N_{\text{ma}}}$$

Donde:

P_n = fuerza de marco

V_{nivel} = fuerza por nivel

N_{ma} = número de marcos

Debido a que existe el mismo número de marcos para el sentido X y Y y se aplican cantidades iguales de corte basal, la fuerza de marco es igual en X y Y:

$$F_{1N} = 22\,879,33 \text{ kg}$$

$$F_{2N} = 33\,073,51 \text{ kg}$$

$$F_{3N} = 36\,890,37 \text{ kg}$$

Ahora dividimos por el número de marcos para encontrar la fuerza actuante de marco.

Primer nivel

$$P_{n1} = \frac{22\,879,33}{4} = 5\,719,83$$

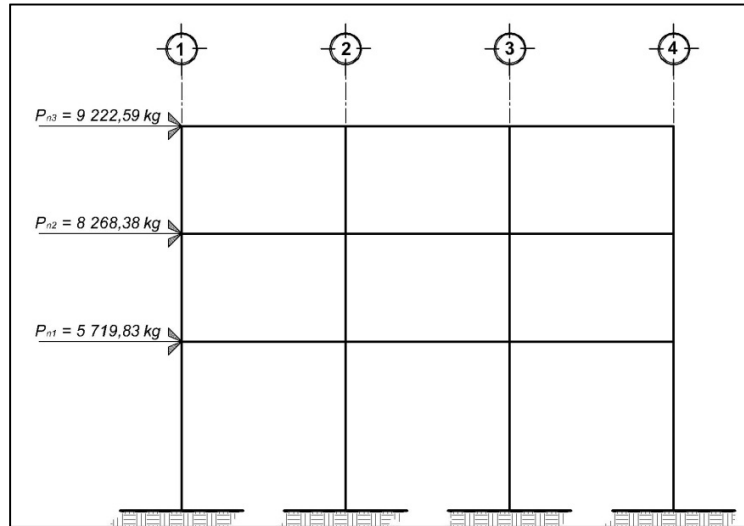
Segundo nivel

$$P_{n2} = \frac{33\,073,51}{4} = 8\,268,38$$

Tercer nivel

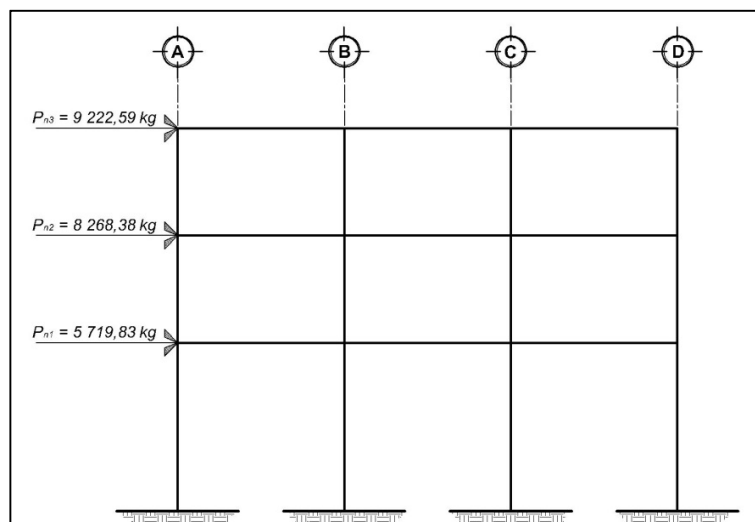
$$P_{n3} = \frac{36\,890,37}{4} = 9\,222,59$$

Figura 14. Fuerzas por marco en eje X



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Figura 15. Fuerzas por marco en eje Y



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

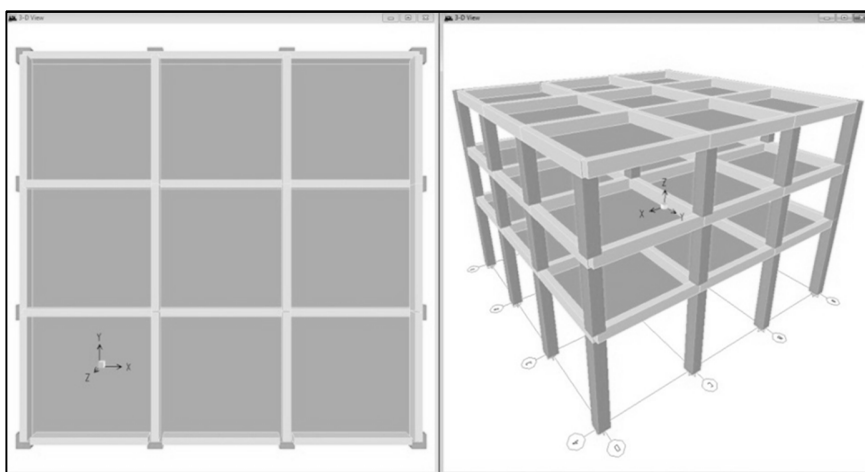
2.5.3.3. Análisis de marcos dúctiles por medio de software computacional (ETABS) y comprobación por medio de método numérico (Kanni)

Extended Three Dimensional Analysis of Building Systems (ETABS), software que trabaja con un método matricial, tomando en cuenta las propiedades mecánicas de cada material, dicha interface fue utilizada para el análisis de la estructura en estudio.

El método numérico utilizado para realizar el análisis estructural es el Método de Kanni, el cual tiene la finalidad de obtener las fuerzas internas que se producen en los elementos estructurales debido a las cargas externas.

Los resultados de ambos métodos variaron en un margen del 6 %.

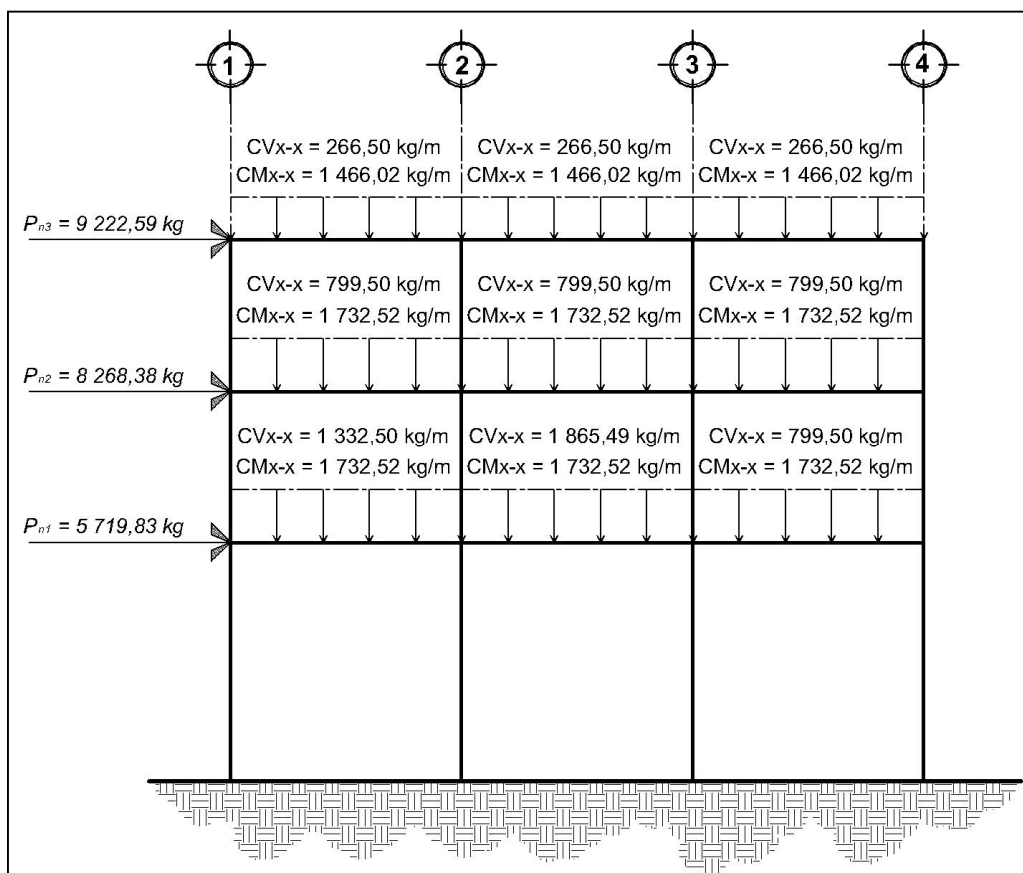
Figura 16. **Modulación del edificio en ETABS**



Fuente: elaboración propia, con programa de ETABS.

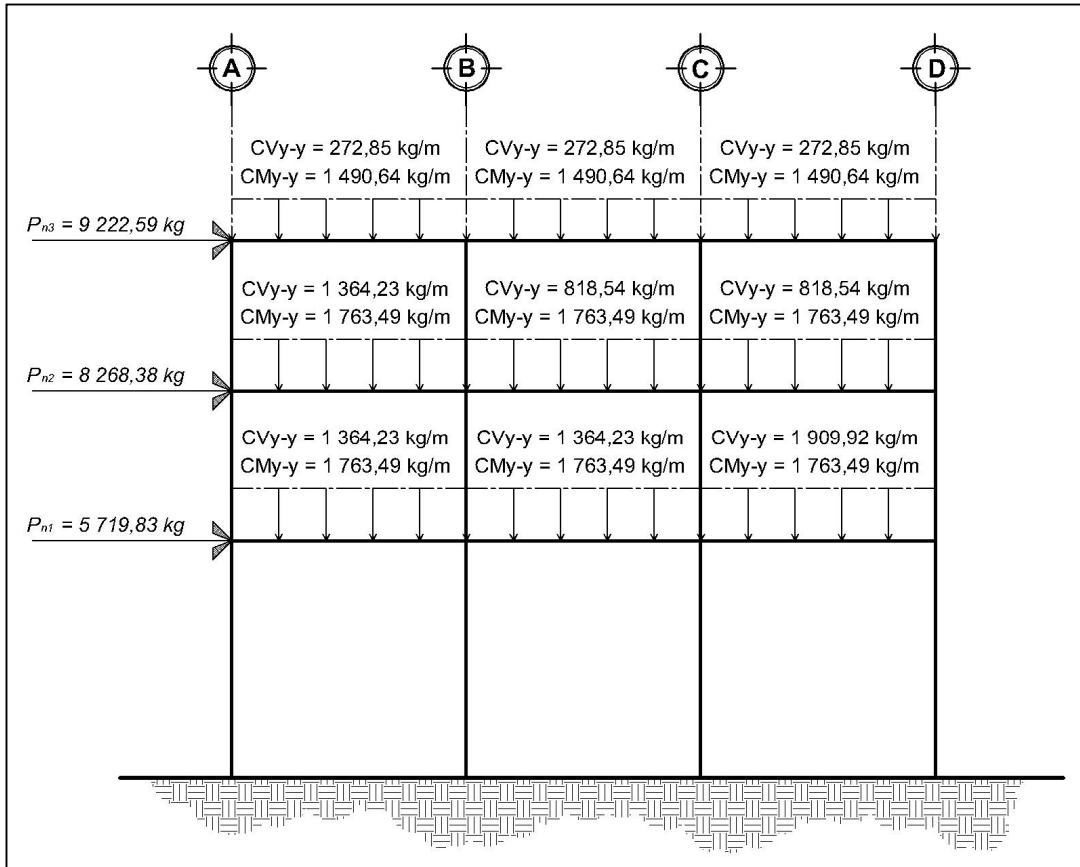
A continuación se presentan las cargas tanto verticales como horizontales de los marcos en los ejes C y 2, para las cuales se realizará el análisis estructural.

Figura 17. **Cargas verticales y horizontales en marco C**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

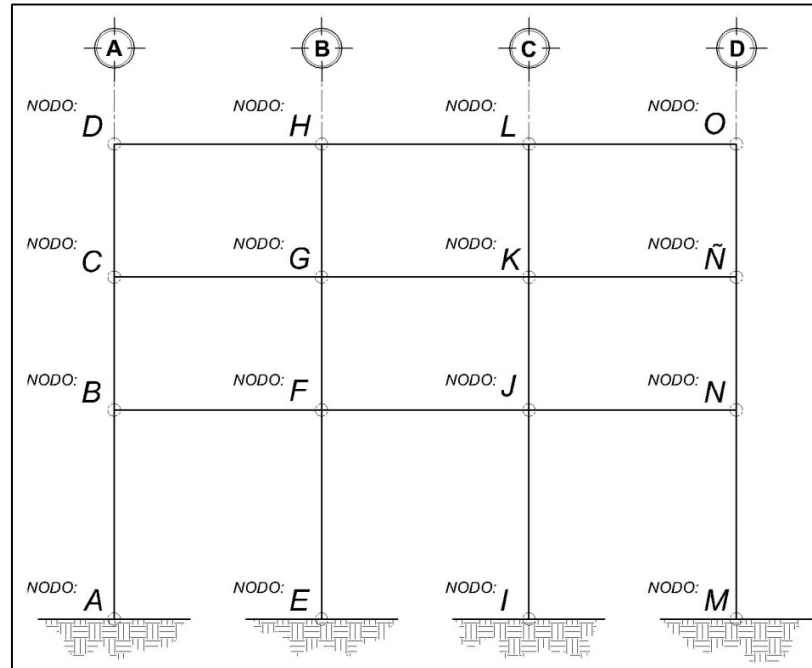
Figura 18. Cargas verticales y horizontales en marco 2



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

A continuación, se presenta el procedimiento de la iteración de un ciclo de momentos, para carga de sismo en marco dúctil sentido Y, con el método de análisis aproximado Kanni.

Figura 19. Distribución de nodos en marco 2, sentido Y



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Se debe establecer las dimensiones a ejes de la estructura, las dimensiones de los elementos han sido definidas previamente en el predimensionamiento. Las secciones propuestas para las columnas son de 0,60 * 0,60 metros y 0,30 * 060 metros en las vigas en los tres niveles. Con toda la información planteada se procede a realizar el análisis por medio de Kanni:

- Calculo de las inercias de los elementos

$$I = \frac{1}{12} b * h^3$$

Donde:

b = base del elemento

h = altura del elemento

$$I_{\text{col}} = \frac{1}{12} * 0,60 * (0,60)^3 = 0,0108 \text{ m}^4$$

$$I_{\text{viga}} = \frac{1}{12} * 0,30 * (0,60)^3 = 0,0054 \text{ m}^4$$

- Cálculo de las inercias relativas

Se asume una relación proporcional entre las inercias de cada elemento, para este caso la inercia del elemento menor se ha de asumir como patrón para estas relaciones de proporción.

$$I_{\text{rcol}} = \frac{I_{\text{col}}}{I_{\text{colmenor}}} ; \quad I_{\text{rviga}} = \frac{I_{\text{viga}}}{I_{\text{col}}}$$
$$I_{\text{rcol}} = \frac{0,0108}{0,0108} = 1,00 ; \quad I_{\text{rviga}} = \frac{0,0054}{0,0108} = 0,50$$

- Cálculo de las rigideces:

$$K_{AB} = \frac{I_{\text{rel}}}{L_{AB}}$$

Donde:

I_{rel} = inercia relativa del elemento

L_{AB} = longitud del elemento entre los nudos A y B

Rigidez en columnas:

$$K_{AB} = K_{FE} = K_{IJ} = K_{NM} = 1,00 / 5,50 = 0,181818$$

$$K_{BC} = K_{GF} = K_{JK} = K_{\ddot{N}N} = 1,00 / 3,50 = 0,285714$$

$$K_{CD} = K_{HG} = K_{KL} = K_{O\ddot{N}} = 1,00 / 3,50 = 0,285714$$

Rigidez en vigas:

$$K_{DH} = K_{CG} = K_{BF} = 0,50 / 5,46 = 0,091575092$$

$$K_{HL} = K_{GK} = K_{FJ} = 0,50 / 5,46 = 0,091575092$$

$$K_{LO} = K_{K\ddot{N}} = K_{JN} = 0,50 / 5,46 = 0,091575092$$

- Cálculo de los factores de giro:

$$U_{BA} = -0.5 * \frac{K_{BA}}{\sum K_{\text{nudo}}}$$

Se asume que el factor de giro en los empotramientos es cero ya que el empotramiento proporciona una rigidez enorme respecto a la de cualquier elemento empotrado

Nudo A

$$\mu_{AB} = -1/2 K_{AB} / (K_{A-SUELO} + K_{AB}) = 0$$

Nudo B

$$\begin{aligned} \mu_{BA} &= -1/2 K_{BA} / (K_{BA} + K_{BF} + K_{BC}) \\ &= -1/2 * 0,181818 / (0,181818 + 0,285714 + 0,09157) = -0,163 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\mu_{BF} &= -1/2 K_{BF} / (K_{BA} + K_{BF} + K_{BC}) \\ &= -1/2 * 0,09157 / (0,181818 + 0,285714 + 0,09157) = -0,082\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\mu_{BC} &= -1/2 K_{BC} / (K_{BA} + K_{BF} + K_{BC}) \\ &= -1/2 * 0,285714 / (0,181818 + 0,285714 + 0,09157) = -0,256\end{aligned}$$

Nudo C

$$\begin{aligned}\mu_{CB} &= -1/2 K_{CB} / (K_{CB} + K_{CG} + K_{CD}) \\ &= -1/2 * 0,285714 / (0,285714 + 0,09157 + 0,285714) = -0,215\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\mu_{CG} &= -1/2 K_{CG} / (K_{CB} + K_{CG} + K_{CD}) \\ &= -1/2 * 0,09157 / (0,285714 + 0,09157 + 0,285714) = -0,069\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\mu_{CD} &= -1/2 K_{CD} / (K_{CB} + K_{CG} + K_{CD}) \\ &= -1/2 * 0,285714 / (0,285714 + 0,09157 + 0,285714) = -0,215\end{aligned}$$

Nudo D

$$\begin{aligned}\mu_{DC} &= -1/2 K_{DC} / (K_{DC} + K_{DH}) \\ &= -1/2 * 0,285714 / (0,285714 + 0,09157) = -0,379\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\mu_{DH} &= -1/2 K_{DH} / (K_{DC} + K_{DH}) \\ &= -1/2 * 0,09157 / (0,285714 + 0,09157) = -0,121\end{aligned}$$

Nudo E

$$\mu_{AB} = -1/2 K_{EF} / (K_{E-SUELO} + K_{EF}) = 0$$

Nudo F

$$\begin{aligned}\mu_{FE} &= -1/2 K_{FE} / (K_{FE} + K_{FB} + K_{FG} + K_{FJ}) \\ &= -1/2 * 0,181818 / (0,181818 + 0,285714 + 0,09157 + 0,09157) = -0,14\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\mu_{FB} &= -1/2 K_{FB} / (K_{FE} + K_{FB} + K_{FG} + K_{FJ}) \\ &= -1/2 * 0,09157 / (0,181818 + 0,285714 + 0,09157 + 0,09157) = -0,07 \\ \mu_{FG} &= -1/2 K_{FG} / (K_{FE} + K_{FB} + K_{FG} + K_{FJ}) \\ &= -1/2 * 0,285714 / (0,181818 + 0,285714 + 0,09157 + 0,09157) = -0,22 \\ \mu_{FJ} &= -1/2 K_{FJ} / (K_{FE} + K_{FB} + K_{FG} + K_{FJ}) \\ &= -1/2 * 0,09157 / (0,181818 + 0,285714 + 0,09157 + 0,09157) = -0,07\end{aligned}$$

Nudo G

$$\begin{aligned}\mu_{GF} &= -1/2 K_{GF} / (K_{GF} + K_{GC} + K_{GH} + K_{GK}) \\ &= -1/2 * 0,285714 / (0,285714 + 0,285714 + 0,09157 + 0,09157) = -0,189 \\ \mu_{GC} &= -1/2 K_{GC} / (K_{GF} + K_{GC} + K_{GH} + K_{GK}) \\ &= -1/2 * 0,09157 / (0,285714 + 0,285714 + 0,09157 + 0,09157) = -0,061 \\ \mu_{GH} &= -1/2 K_{GH} / (K_{GF} + K_{GC} + K_{GH} + K_{GK}) \\ &= -1/2 * 0,285714 / (0,285714 + 0,285714 + 0,09157 + 0,09157) = -0,189 \\ \mu_{GK} &= -1/2 K_{GK} / (K_{GF} + K_{GC} + K_{GH} + K_{GK}) \\ &= -1/2 * 0,09157 / (0,285714 + 0,285714 + 0,09157 + 0,09157) = -0,061\end{aligned}$$

Nudo H

$$\begin{aligned}\mu_{HG} &= -1/2 K_{HG} / (K_{HG} + K_{HD} + K_{HL}) \\ &= -1/2 * 0,285714 / (0,285714 + 0,09157 + 0,09157) = -0,305 \\ \mu_{HD} &= -1/2 K_{HG} / (K_{HG} + K_{HD} + K_{HL}) \\ &= -1/2 * 0,09157 / (0,285714 + 0,09157 + 0,09157) = -0,098 \\ \mu_{HL} &= -1/2 K_{HG} / (K_{HG} + K_{HD} + K_{HL}) \\ &= -1/2 * 0,09157 / (0,285714 + 0,09157 + 0,09157) = -0,098\end{aligned}$$

Nudo I

$$\mu_{AB} = - 1/2 K_{IJ} / (K_{I-SUELO} + K_{IJ}) = 0$$

Nudo J

$$\begin{aligned}\mu_{JI} &= - 1/2 K_{JI} / (K_{JI} + K_{JF} + K_{JK} + K_{JN}) \\ &= -1/2 * 0,181818 / (0,181818 + 0,285714 + 0,09157 + 0,09157) = -0,14\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\mu_{JF} &= - 1/2 K_{JF} / (K_{JI} + K_{JF} + K_{JK} + K_{JN}) \\ &= -1/2 * 0,09157 / (0,181818 + 0,285714 + 0,09157 + 0,09157) = -0,07\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\mu_{JK} &= - 1/2 K_{JK} / (K_{JI} + K_{JF} + K_{JK} + K_{JN}) \\ &= -1/2 * 0,285714 / (0,181818 + 0,285714 + 0,09157 + 0,09157) = -0,22\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\mu_{JN} &= - 1/2 K_{JN} / (K_{JI} + K_{JF} + K_{JK} + K_{JN}) \\ &= -1/2 * 0,09157 / (0,181818 + 0,285714 + 0,09157 + 0,09157) = -0,07\end{aligned}$$

Nudo K

$$\begin{aligned}\mu_{KJ} &= - 1/2 K_{KJ} / (K_{KJ} + K_{KG} + K_{KL} + K_{K\bar{N}}) \\ &= -1/2 * 0,285714 / (0,285714 + 0,285714 + 0,09157 + 0,09157) = -0,189\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\mu_{KG} &= - 1/2 K_{KG} / (K_{KJ} + K_{KG} + K_{KL} + K_{K\bar{N}}) \\ &= -1/2 * 0,09157 / (0,285714 + 0,285714 + 0,09157 + 0,09157) = -0,061\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\mu_{KL} &= - 1/2 K_{KL} / (K_{KJ} + K_{KG} + K_{KL} + K_{K\bar{N}}) \\ &= -1/2 * 0,285714 / (0,285714 + 0,285714 + 0,09157 + 0,09157) = -0,189\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\mu_{K\bar{N}} &= - 1/2 K_{K\bar{N}} / (K_{KJ} + K_{KG} + K_{KL} + K_{K\bar{N}}) \\ &= -1/2 * 0,09157 / (0,285714 + 0,285714 + 0,09157 + 0,09157) = -0,061\end{aligned}$$

Nudo L

$$\mu_{LK} = - 1/2 K_{LK} / (K_{LK} + K_{LH} + K_{LO})$$

$$\begin{aligned}
&= -1/2 * 0,285714 / (0,285714 + 0,09157 + 0,09157) = -0,305 \\
\mu_{LH} &= - 1/2 K_{LH} / (K_{LK} + K_{LH} + K_{LO}) \\
&= -1/2 * 0,09157 / (0,285714 + 0,09157 + 0,09157) = -0,098 \\
\mu_{LO} &= - 1/2 K_{LO} / (K_{LK} + K_{LH} + K_{LO}) \\
&= -1/2 * 0,09157 / (0,285714 + 0,09157 + 0,09157) = -0,098
\end{aligned}$$

Nudo M

$$\mu_{AB} = - 1/2 K_{MN} / (K_{M-SUELO} + K_{MN}) = 0$$

Nudo N

$$\begin{aligned}
\mu_{NM} &= - 1/2 K_{NM} / (K_{NM} + K_{NJ} + K_{N\tilde{N}}) \\
&= -1/2 * 0,181818 / (0,181818 + 0,285714 + 0,09157) = -0,163 \\
\mu_{NJ} &= - 1/2 K_{NJ} / (K_{NM} + K_{NJ} + K_{N\tilde{N}}) \\
&= -1/2 * 0,09157 / (0,181818 + 0,285714 + 0,09157) = -0,082 \\
\mu_{N\tilde{N}} &= - 1/2 K_{N\tilde{N}} / (K_{NM} + K_{NJ} + K_{N\tilde{N}}) \\
&= -1/2 * 0,285714 / (0,181818 + 0,285714 + 0,09157) = -0,256
\end{aligned}$$

Nudo Ñ

$$\begin{aligned}
\mu_{\tilde{N}N} &= - 1/2 K_{\tilde{N}N} / (K_{\tilde{N}N} + K_{\tilde{N}K} + K_{\tilde{N}O}) \\
&= -1/2 * 0,285714 / (0,285714 + 0,09157 + 0,285714) = -0,215 \\
\mu_{\tilde{N}K} &= - 1/2 K_{\tilde{N}K} / (K_{\tilde{N}N} + K_{\tilde{N}K} + K_{\tilde{N}O}) \\
&= -1/2 * 0,09157 / (0,285714 + 0,09157 + 0,285714) = -0,069 \\
\mu_{\tilde{N}O} &= - 1/2 K_{\tilde{N}O} / (K_{\tilde{N}N} + K_{\tilde{N}K} + K_{\tilde{N}O}) \\
&= -1/2 * 0,285714 / (0,285714 + 0,09157 + 0,285714) = -0,215
\end{aligned}$$

Nudo O

$$\begin{aligned}\mu_{O\tilde{N}} &= -1/2 K_{O\tilde{N}} / (K_{O\tilde{N}} + K_{OL}) \\ &= -1/2 * 0,285714 / (0,285714 + 0,09157) = -0,379\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\mu_{OL} &= -1/2 K_{OL} / (K_{O\tilde{N}} + K_{OL}) \\ &= -1/2 * 0,09157 / (0,285714 + 0,09157) = -0,121\end{aligned}$$

- Cálculo de los factores de corrimiento:

$$V_{\text{nivel}} = -1.5 * \frac{K_{\text{columnas}}}{\sum K_{\text{columnas del nivel}}}$$

Tomando en cuenta que la rigidez en todas las columnas es la misma y que el número de columnas en los tres niveles es el mismo el factor de corrimiento es igual para cada columna:

$$\begin{aligned}V_{\text{nivel } 1} &= -1.5 (K_{AB}) / (K_{AB} + K_{FE} + K_{IJ} + K_{NM}) \\ &= -1.5 (0,1818) / (0,1818 + 0,1818 + 0,1818 + 0,1818) = -0,375\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_{\text{nivel } 2} &= -1.5 (K_{BC}) / (K_{BC} + K_{GF} + K_{JK} + K_{\tilde{N}\tilde{N}}) \\ &= -1.5 (0,2857) / (0,2857 + 0,2857 + 0,2857 + 0,2857) = -0,375\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_{\text{nivel } 3} &= -1.5 (K_{CD}) / (K_{CD} + K_{HG} + K_{KL} + K_{O\tilde{N}}) \\ &= -1.5 (0,2857) / (0,2857 + 0,2857 + 0,2857 + 0,2857) = -0,375\end{aligned}$$

- Fuerzas cortantes de piso:

$$Q_{\text{nivel } 3} = \text{Fuerza de nivel } 3$$

$$Q_{\text{nivel } 2} = \text{Fuerza de nivel } 3 + \text{Fuerza de nivel } 2$$

$$Q_{\text{nivel } 1} = \text{Fuerza de nivel 3} + \text{Fuerza de nivel 2} + \text{Fuerza de nivel 1}$$

$$Q_{n3} = 9\,222,59 \text{ kg}$$

$$Q_{n2} = 9\,222,59 + 8\,268,38 = 17\,490,97 \text{ kg}$$

$$Q_{n1} = 9\,222,59 + 8\,268,38 + 5\,719,83 = 23\,210,80 \text{ kg}$$

- Momentos de piso:

$$M_n = (Q_n * H_n) / 3$$

$$M_{n3} = (9\,222,59 * 3,50) / 3 = 10\,759,69 \text{ kg-m}$$

$$M_{n2} = (17\,490,97 * 3,50) / 3 = 20\,406,13 \text{ kg-m}$$

$$M_{n1} = (23\,210,80 * 5,50) / 3 = 42\,553,14 \text{ kg-m}$$

- Cálculo de momentos fijos o empotramiento (MF_{ik}):

Para cargas uniformemente distribuidas $MF = \pm WL^2 / 12$

Donde:

MF = momento fijo o de empotramiento

W = carga gravitacional distribuida

L = longitud del elemento

Ya que este análisis no contempla cargas verticales los momentos de empotramiento se omiten.

- Cálculo de momentos de sujeción:

$$M_s = \sum(MF_{ik})$$

No hay momentos fijos, por lo tanto no hay momentos de sujeción.

Primera iteración

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

$$M'' = V_{ik} (M_n + \sum M'_{ni})$$

$$M''_{n3} = -0,375 (10\,759,69 + 0,00) = -4\,034,884104 \text{ kg-m}$$

$$M''_{n2} = -0,375 (20\,406,13 + 0,00) = -7\,652,299254 \text{ kg-m}$$

$$M''_{n1} = -0,375 (42\,553,14 + 0,00) = -15\,957,42567 \text{ kg-m}$$

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

$$M' = \mu_{ik} (M_s + \sum M'_{ni}) \quad \text{sin ladeo}$$

$$M' = \mu_{ik} (M_s + \sum M'_{ni} + \sum M''_{ni}) \quad \text{con ladeo}$$

Nudo B

$$\begin{aligned} M'_{BA} &= \mu_{BA} [M_{SB} + (M'_{AB} + M'_{CB} + M'_{FB} + M''_{n1} + M''_{n2})] \\ &= -0,163 [0 + (0 + 0) + (-7\,652,299254 - 15\,957,42567)] = 3\,838,865339 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M'_{BF} &= \mu_{BF} [M_{SB} + (M'_{AB} + M'_{CB} + M'_{FB} + M''_{n1} + M''_{n2})] \\ &= -0,082 [0 + (0 + 0) + (-7\,652,299254 - 15\,957,42567)] = 1\,933,494447 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M'_{BC} &= \mu_{BC} [M_{SB} + (M'_{AB} + M'_{CB} + M'_{FB} + M''_{n1} + M''_{n2})] \\ &= -0,256 [0 + (0 + 0) + (-7\,652,299254 - 15\,957,42567)] = 6\,032,502676 \end{aligned}$$

Nudo C

$$\begin{aligned}M'_{CB} &= \mu_{CB} [M_{SC} + (M'_{BC} + M'_{GC} + M'_{DC} + M''_{n2} + M''_{n3})] \\ &= -0,215 [0 + (6\ 032,50 + 0 + 0) + (-7\ 652,29 - 4\ 034,88)] = 1\ 218,41186\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M'_{CG} &= \mu_{CG} [M_{SC} + (M'_{BC} + M'_{GC} + M'_{DC} + M''_{n2} + M''_{n3})] \\ &= -0,069 [0 + (6\ 032,50 + 0 + 0) + (-7\ 652,29 - 4\ 034,88)] = 390,5162\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M'_{CD} &= \mu_{CD} [M_{SC} + (M'_{BC} + M'_{GC} + M'_{DC} + M''_{n2} + M''_{n3})] \\ &= -0,215 [0 + (6\ 032,50 + 0 + 0) + (-7\ 652,29 - 4\ 034,88)] = 1\ 218,41186\end{aligned}$$

Nudo D

$$\begin{aligned}M'_{DC} &= \mu_{DC} [M_{SD} + (M'_{CD} + M'_{HD} + M''_{n3})] \\ &= -0,379 [0 + (1\ 218,41 + 0 + 0) + (-4\ 034,88)] = 1\ 066,431\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M'_{DH} &= \mu_{DH} [M_{SD} + (M'_{CD} + M'_{HD} + M''_{n3})] \\ &= -0,121 [0 + (1\ 218,41 + 0 + 0) + (-4\ 034,88)] = 341,805\end{aligned}$$

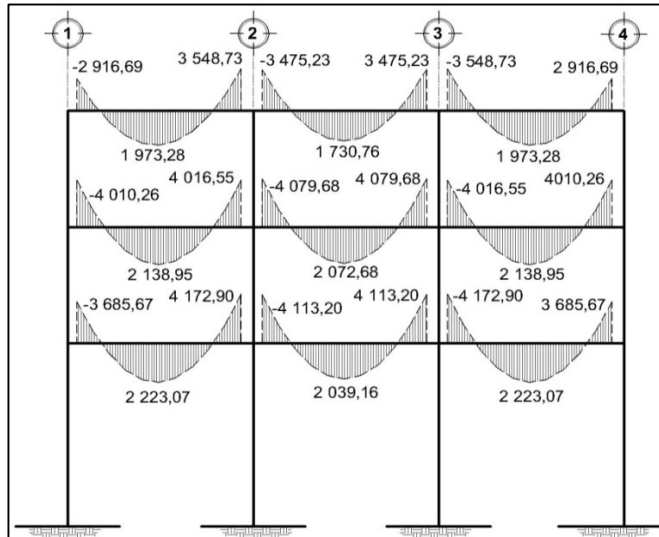
El procedimiento fue el mismo hasta llegar nuevamente al nudo B, para iniciar la segunda iteración, tercera y así sucesivamente hasta llegar al punto en que los momentos en los nudos se repitieran.

Diagramas de momentos en los marcos dúctiles

A continuación se presentan los diagramas de momentos de carga muerta, carga viva y carga de sismo para los marcos C (sentido X) y 2 (sentido Y), tomando en cuenta que el análisis estructural se realizó por separado para cada carga.

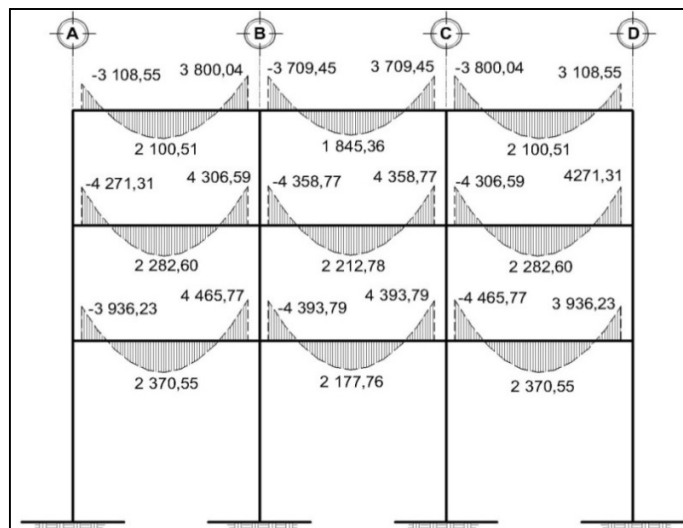
Los resultados de los diagramas de momentos para cada elemento y tipo de carga se muestran en Kg-m.

Figura 20. **Diagrama de momentos en vigas carga muerta eje X**



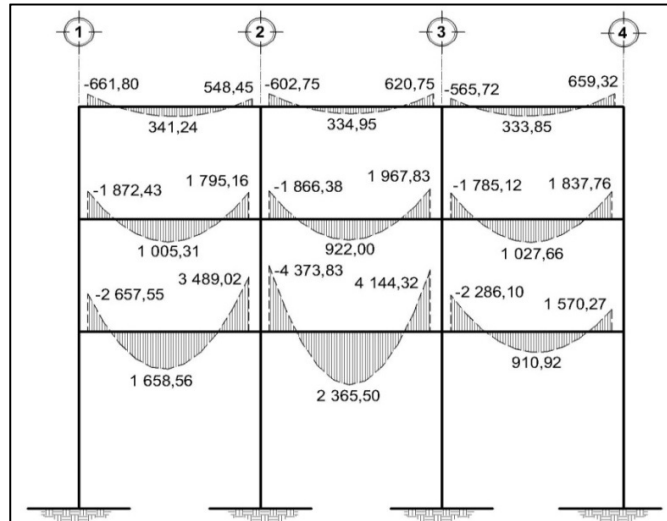
Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Figura 21. **Diagrama de momentos en vigas carga muerta eje Y**



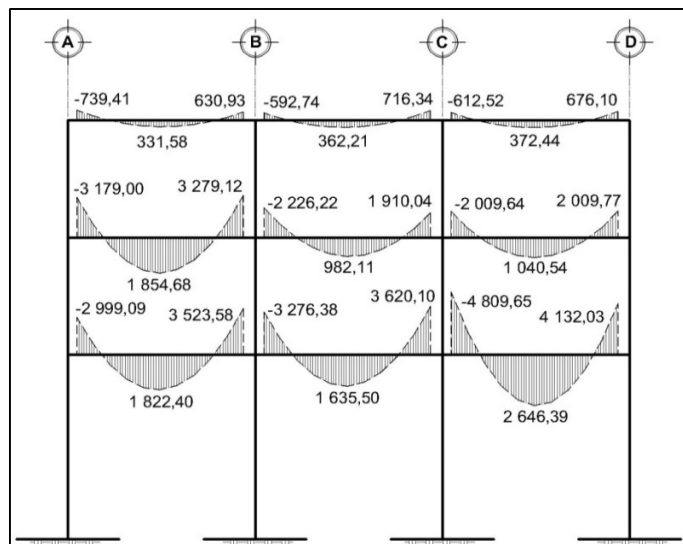
Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Figura 22. Diagrama de momentos en vigas carga viva eje X



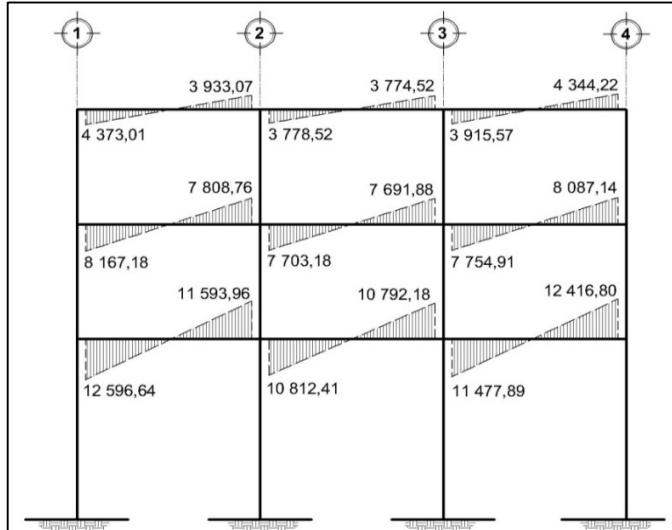
Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Figura 23. Diagrama de momentos en vigas carga viva eje Y



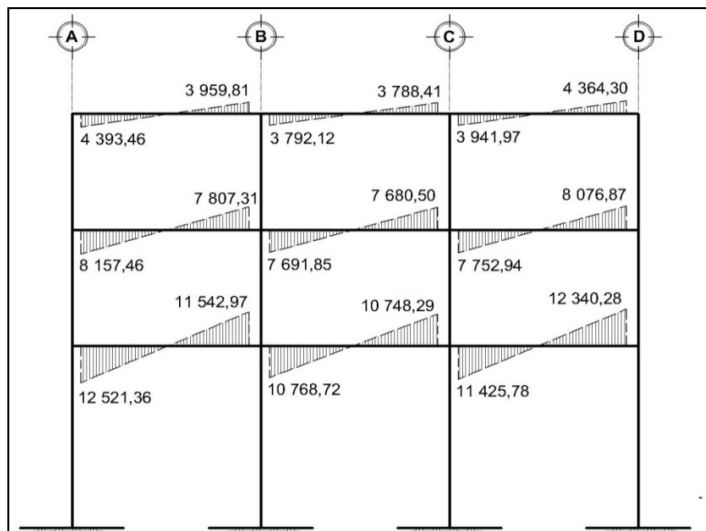
Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Figura 24. Diagrama de momentos en vigas carga sísmica eje X



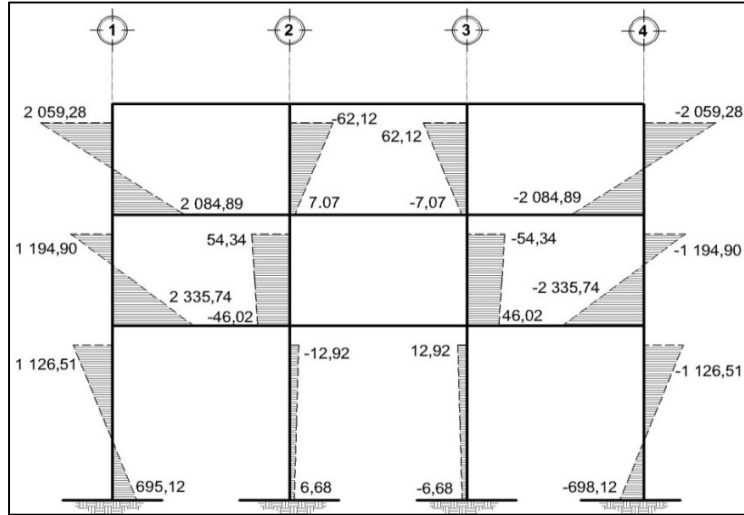
Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Figura 25. Diagrama de momentos en vigas carga sísmica eje Y



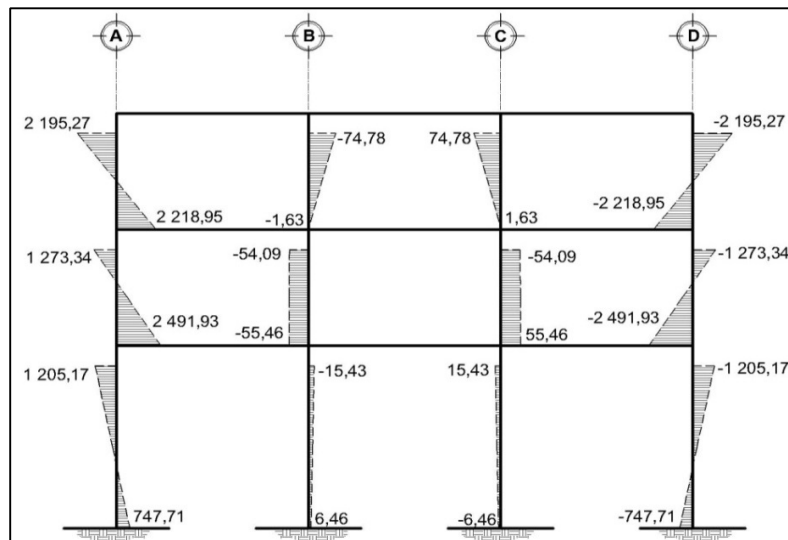
Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Figura 26. Diagrama de momentos en columnas carga muerta eje X



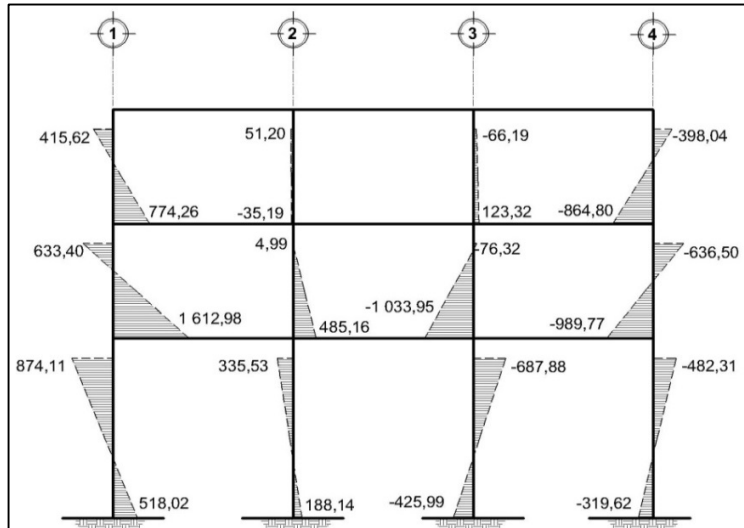
Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Figura 27. Diagrama de momentos en columnas carga muerta eje Y



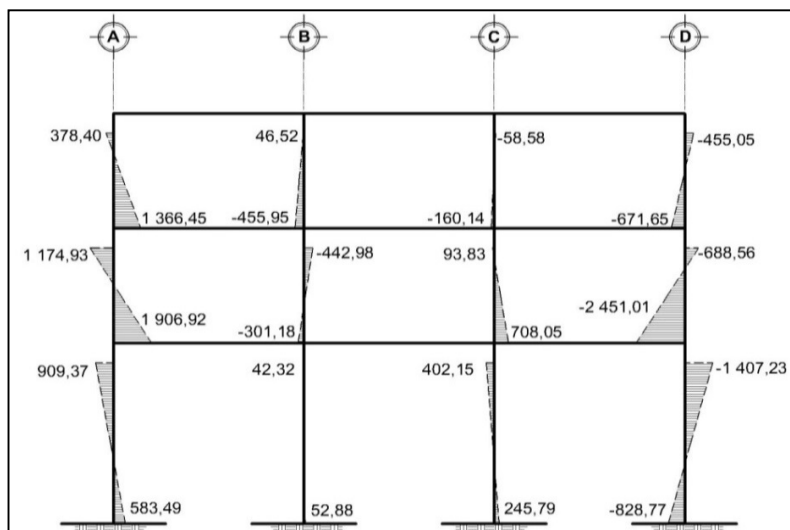
Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Figura 28. Diagrama de momentos en columnas carga viva eje X



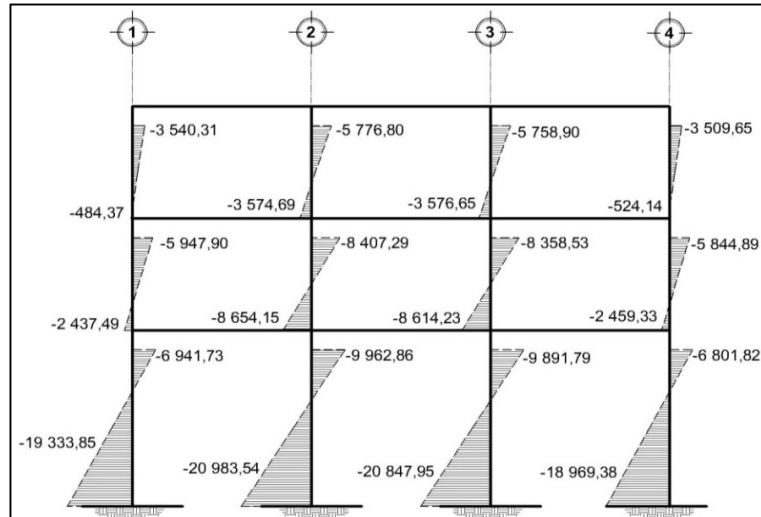
Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Figura 29. Diagrama de momentos en columnas carga viva eje Y



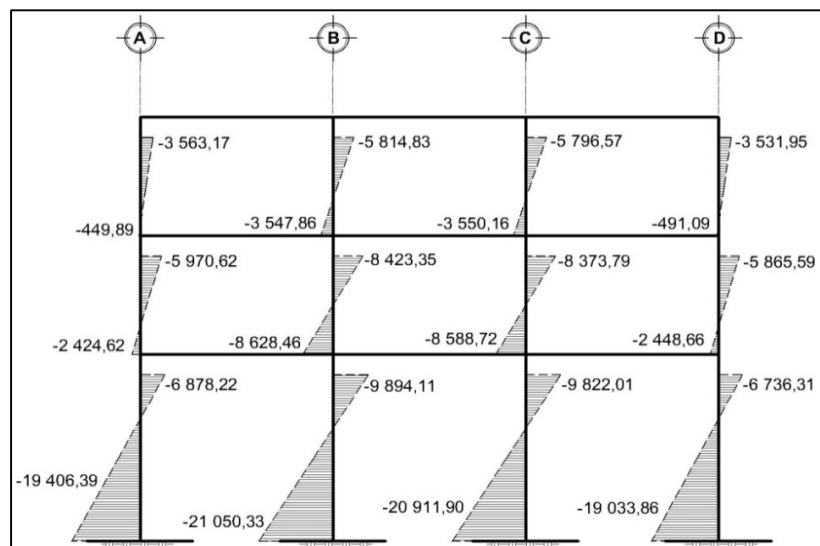
Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Figura 30. Diagrama de momentos en columnas carga sísmica eje X



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Figura 31. Diagrama de momentos en columnas carga sísmica eje Y



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

2.5.3.4. Envoltente de momentos

La gráfica envoltente de momentos no es más que la combinación de los resultados del análisis estructural para carga muerta, viva y de sismo. Para dicha combinación se utilizarán las ecuaciones dispuestas por el Código ACI-318-99 enumeradas a continuación:

- $M = 1,40M_{CM} + 1,70M_{CV}$
- $M = 0,75 (1,40 M_{CM} + 1,70 M_{CV} + 1,87 M_{CS})$
- $M = 0,75 (1,40 M_{CM} + 1,70 M_{CV} - 1,87 M_{CS})$
- $M = 0,90M_{CM} + 1,43 M_{CS}$
- $M = 0,90M_{CM} - 1,43 M_{CS}$

Donde:

M = momento último

M_{CM} = momento debido a carga muerta

M_{CV} = momento debido a carga viva

M_{CS} = momento debido a carga de sismo

De los valores obtenidos por estas cinco combinaciones debe seleccionarse el valor mayor (tanto para momentos en los extremos, como momentos en el centro), con el cual se procede a diseñar los elementos estructurales, de dicho análisis se proponen las siguientes combinaciones:

- Para los momentos últimos negativos en vigas y columnas

$$M_{(-)} = 0,75(1,4 M_{CM+} + 1,7 M_{CV} \pm 1,87 M_{CS})$$

- Para los momentos últimos de inversión en vigas

$$M_{(-)} = 0,90 M_{CM} \pm 1,43 M_{CS}$$

- Para los momentos últimos positivos en vigas

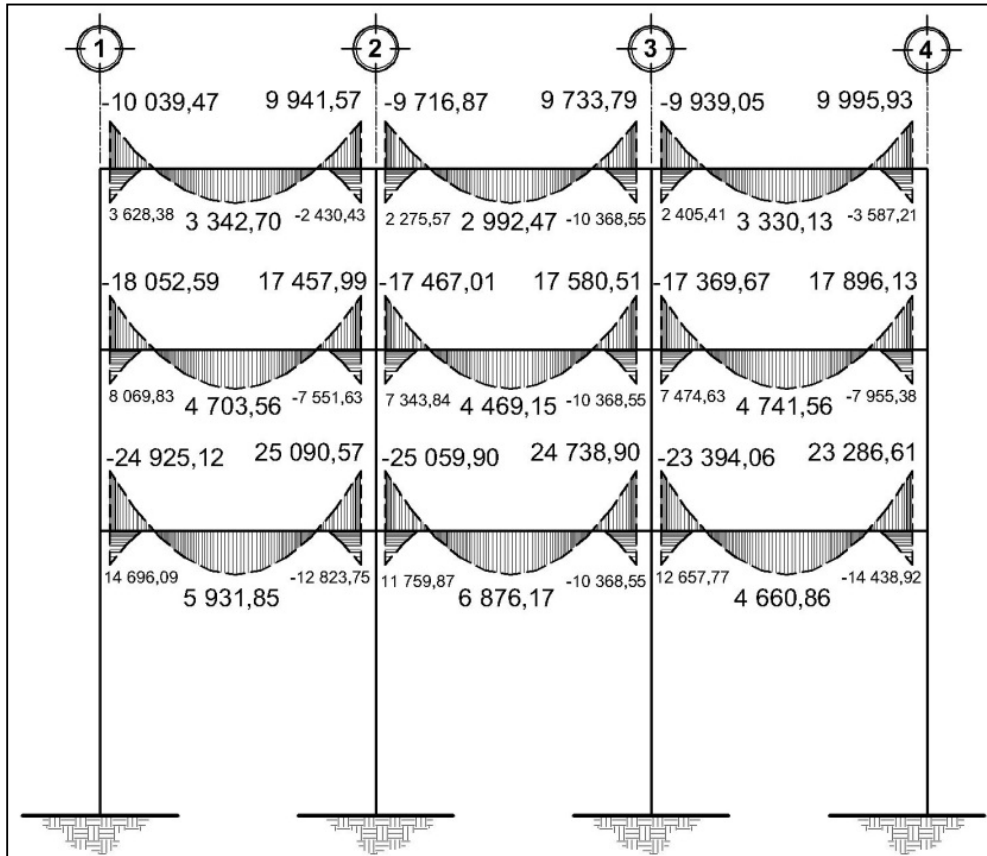
$$M_{(+)} = 1,4 M_{CM+} + 1,7 M_{CV}$$

2.5.3.5. Diagramas de momento y corte

A continuación se muestran los diagramas obtenidos de la envolvente de momento para para los marcos C (sentido X) y 2 (sentido Y).

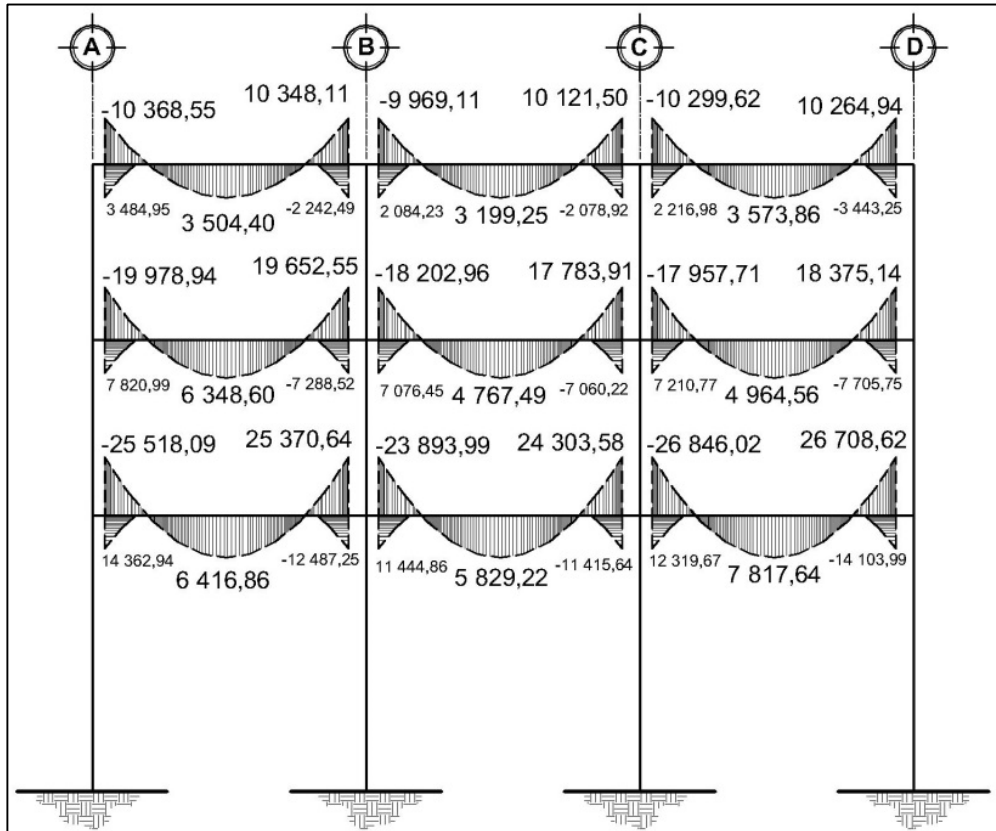
Los resultados de los diagramas de momentos últimos para cada elemento se muestran en Kg-m.

Figura 32. Diagrama de momentos últimos en vigas eje X



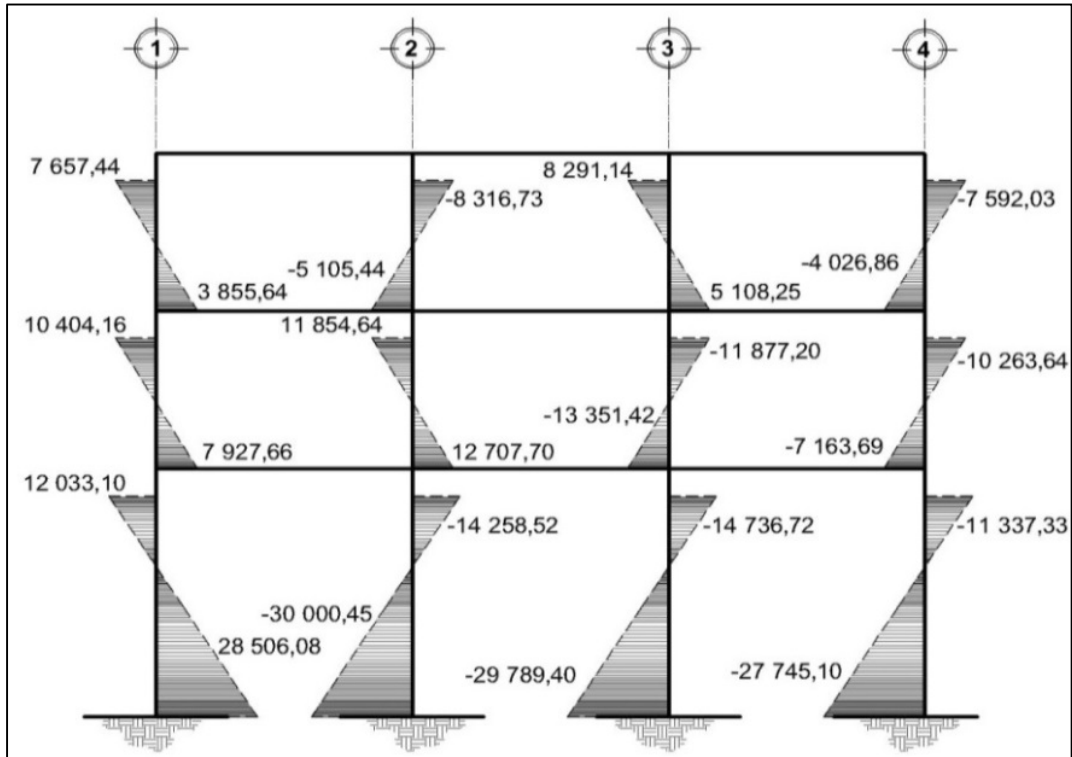
Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Figura 33. Diagrama de momentos últimos en vigas eje Y



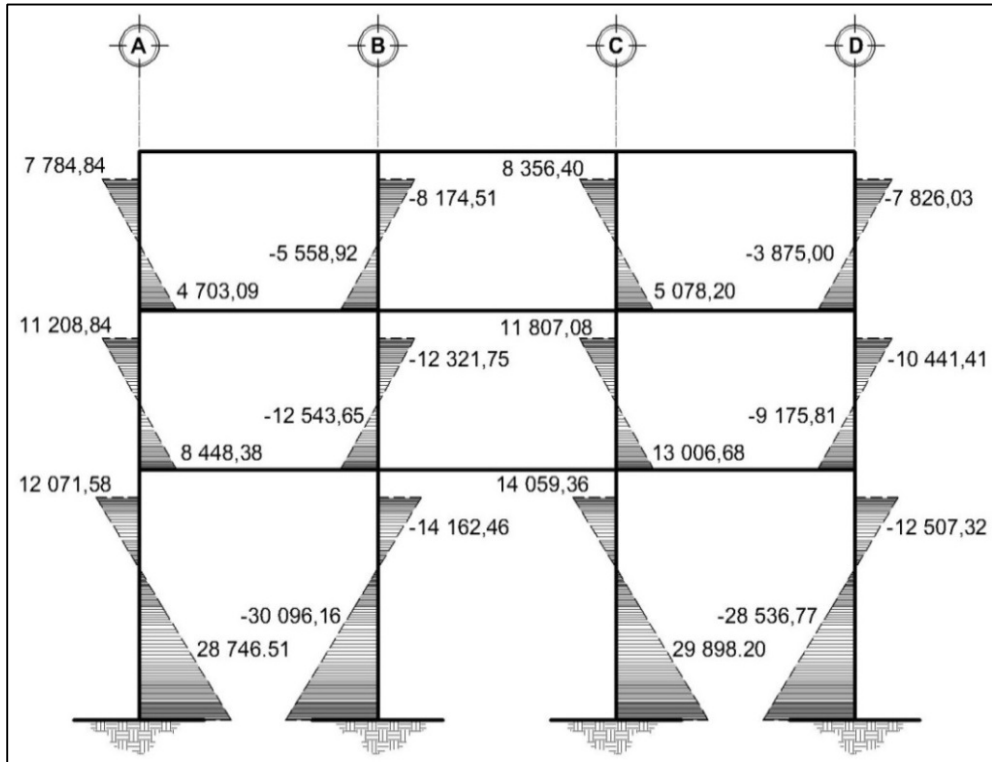
Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Figura 34. Diagrama de momentos últimos en columnas eje X



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Figura 35. Diagrama de momentos últimos en columnas eje Y



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Diagramas de corte

Los esfuerzos cortantes en los elementos estructurales de los marcos se obtienen de las siguientes ecuaciones.

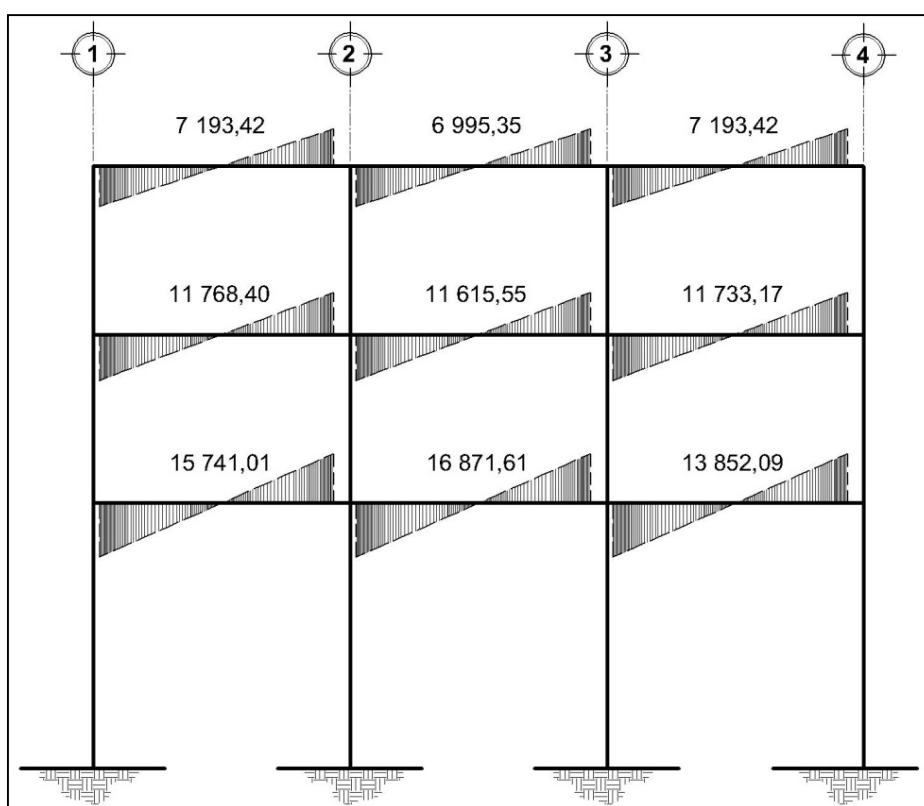
Para el corte en vigas:

$$V_{vigas} = 0,75 \left(\frac{1,4 (W_{CM} * L)}{2} + \frac{1,7 (W_{CV} * L)}{2} + \frac{1,87 \sum Ms}{L} \right)$$

Para el corte en columnas:

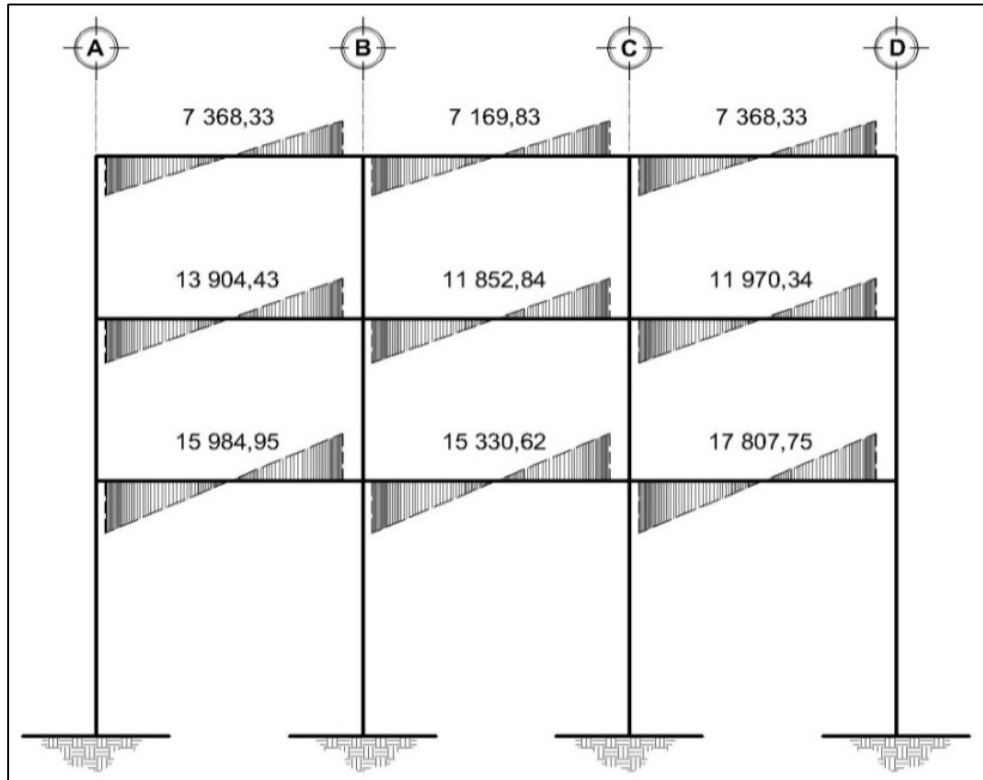
$$V_{col} = \frac{\sum M_{col}}{L}$$

Figura 36. Diagrama de corte en vigas eje X



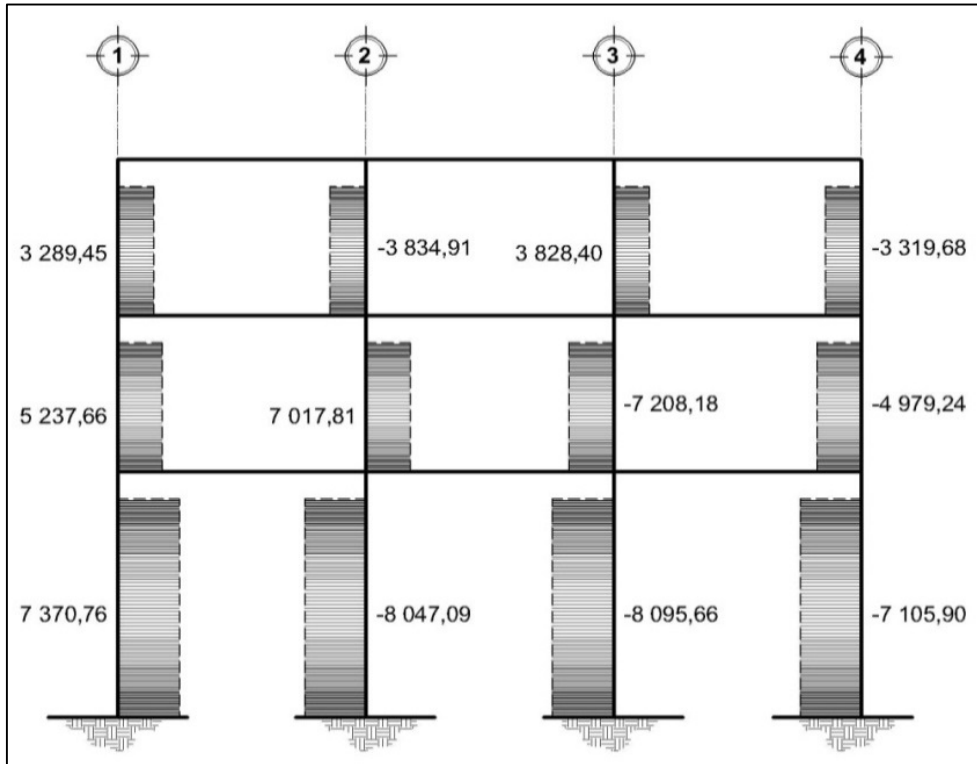
Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Figura 37. Diagrama de corte en vigas eje Y



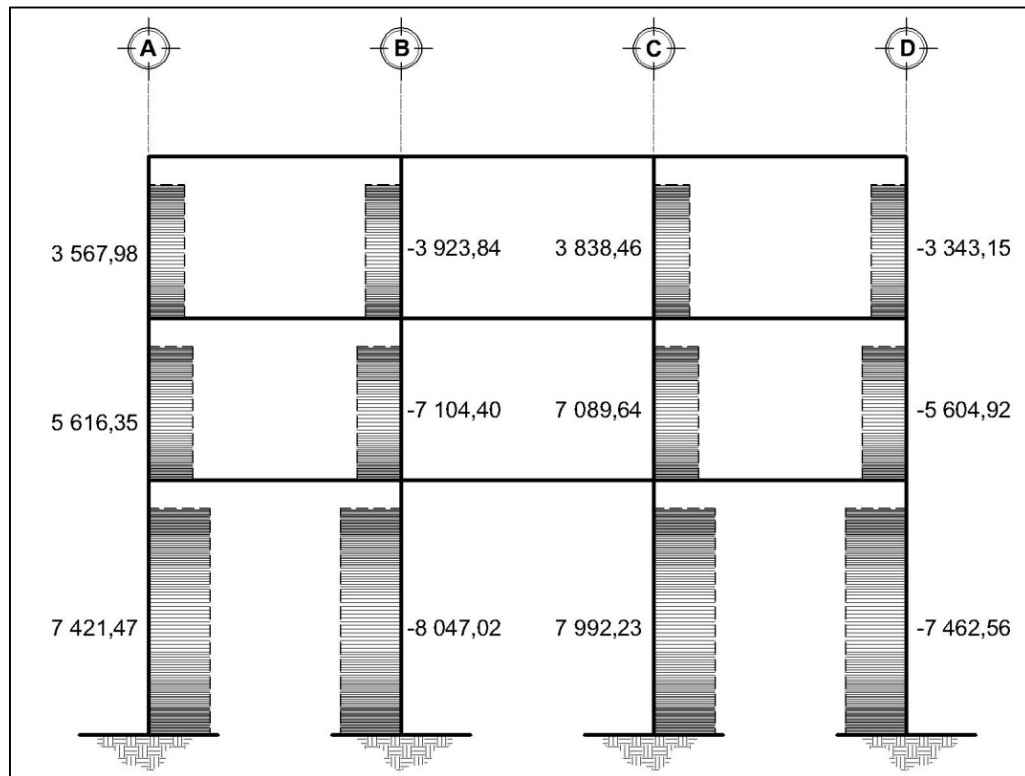
Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Figura 38. Diagrama de corte en columnas eje X



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Figura 39. Diagrama de corte en columnas eje Y



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

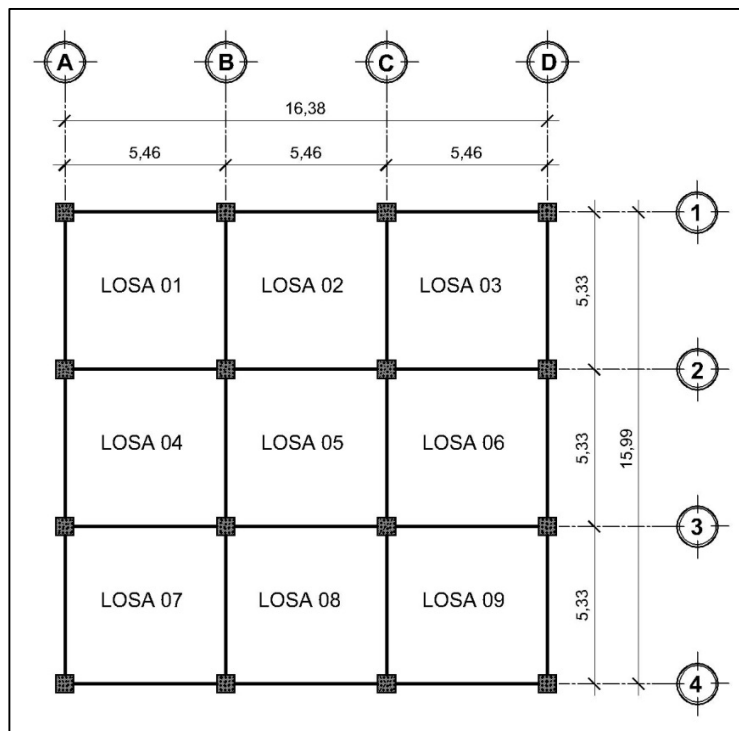
2.6. Diseño estructural

El diseño estructural consiste en determinar las características principales de los elementos estructurales, tales como dimensiones, tipo y cantidad de acero de refuerzo, forma, etc., dichas características deben ser las adecuadas y necesarias para que todos los elementos sean resistentes a las cargas analizadas y en conjunto formen una estructura que proporcione seguridad y una vida útil considerable.

2.6.1. Diseño de losas

Las losas son elementos horizontales que tienen como función transmitir las cargas estáticas y dinámicas, de los objetos y/o personas que se encuentren sobre ellas, hacia vigas, columnas u otros elementos estructurales; para el diseño de las mismas se utilizó el método 3 del ACI 318-99.

Figura 40. **Planta de distribución de losas**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

a = sentido corto de losa = 5,33m

b = sentido largo de losa = 5,46m

m = relación lado a lado

Si $m < 0,5$, la losa trabaja en un sentido

Si $m \geq 0,5$, la losa trabaja en dos sentidos

$$m = \frac{a}{b}$$

$$m = \frac{5,33}{5,46} = 0,98$$

$m \geq 0,5$; la losa trabaja en dos sentidos

- Análisis de losas del primer nivel

Carga muerta última: peso de losa + sobrecarga

$$CM_u = 1,4(2400 * 0,12 + 100) = 543,20 \text{ kg/m}^2$$

Carga viva última para aulas

$$CV_u = 1,7 (300) = 510,00 \text{ kg/m}^2$$

Carga viva última para pasillo

$$CV_u = 1,7 (500) = 850,00 \text{ kg/m}^2$$

Carga viva última para estanterías

$$CV_u = 1,7 (700) = 1\ 190,00 \text{ kg/m}^2$$

Carga última total para aulas

$$CU_t = 543,20 + 510,00 = 1053,20 \text{ kg/m}^2$$

Carga última total para pasillo

$$CU_t = 543,20 + 850,00 = 1\ 393,20 \text{ kg/m}^2$$

Carga última total para estanterías

$$CU_t = 543,20 + 1\ 190,00 = 1\ 733,20 \text{ kg/m}^2$$

Cálculo de momentos actuantes $M (\pm)$ para el cálculo de los momentos se utilizaran las siguientes formulas.

Momentos negativos

Momentos positivos

$$M_{a(-)} = C_{a-} \cdot C_{U_t} \cdot a^2$$

$$M_{a(+)} = C_{a m-} \cdot C_{M_u} \cdot a^2 + C_{a v-} \cdot C_{V_u} \cdot a^2$$

$$M_{b(-)} = C_{b-} \cdot C_{U_t} \cdot b^2$$

$$M_{b(+)} = C_{b m-} \cdot C_{M_u} \cdot b^2 + C_{b v-} \cdot C_{V_u} \cdot b^2$$

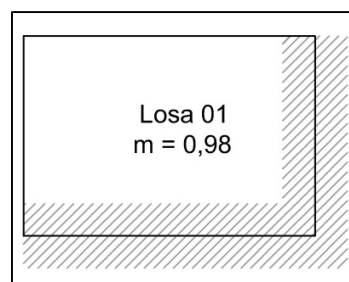
C_{b-} = coeficiente para momentos negativos

$C_{b m-}$ = coeficiente para momentos positivos debido a carga muerta

$C_{b v-}$ = coeficiente para momentos positivos debido a carga viva

- Losa 1, pasillos + escaleras

Figura 41. **Análisis de losa número 1, caso 4**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

$$M_{a(-)} = (0,050) (1\ 733,20) (5,33^2) = 2\ 461,92\ \text{kg/m}^2$$

$$M_{a(+)} = (0,027) (543,20) (5,33^2) + (0,032) (1\ 190,00) (5,33^2) = 1\ 498,47\ \text{kg/m}^2$$

$$M_{a(+)} = \frac{M_{a(+)}}{3} = \frac{1\,498,47}{3} = 499,50 \text{ kg/m}^2$$

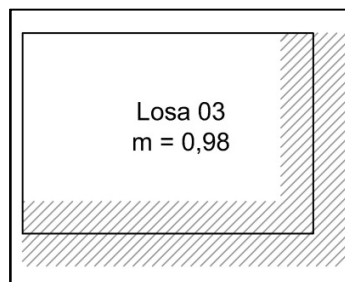
$$M_{b(-)} = (0,050) (1\,733,20) (5,46^2) = 2\,583,47 \text{ kg/m}^2$$

$$M_{b(+)} = (0,027) (543,20) (5,46^2) + (0,032) (1\,190,00) (5,46^2) = 1\,572,29 \text{ kg/m}^2$$

$$M_{b(+)} = \frac{M_{b(+)}}{3} = \frac{1\,572,29}{3} = 524,10 \text{ kg/m}^2$$

- Losa 3, aulas / salones asiento fijo

Figura 42. **Análisis de losa número 3, caso 4**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

$$M_{a(-)} = (0,050) (1\,053,20) (5,33^2) = 1\,496,01 \text{ kg/m}^2$$

$$M_{a(+)} = (0,027) (543,20) (5,33^2) + (0,032) (510,00) (5,33^2) = 880,29 \text{ kg/m}^2$$

$$M_{a(+)} = \frac{M_{a(+)}}{3} = \frac{880,29}{3} = 293,43 \text{ kg/m}^2$$

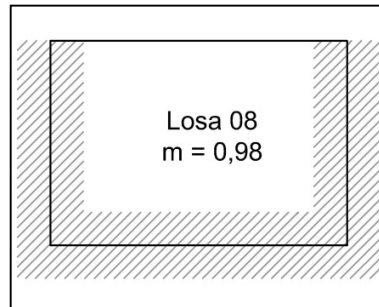
$$M_{b(-)} = (0,050) (1\,053,20) (5,46^2) = 1\,569,88 \text{ kg/m}^2$$

$$M_{b(+)} = (0,027) (543,20) (5,46^2) + (0,032) (510,00) (5,46^2) = 923,75 \text{ kg/m}^2$$

$$M_{b(+)} = \frac{M_{b(+)}}{3} = \frac{923,75}{3} = 307,92 \text{ kg/m}^2$$

- Losa 8, aulas / salones asiento fijo

Figura 43. **Análisis de losa número 8, caso 8**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

$$M_{a(-)} = (0,033) (1\ 053,20) (5,33^2) = 987,37 \text{ kg/m}^2$$

$$M_{a(+)} = (0,020) (543,20) (5,33^2) + (0,028) (510,00) (5,33^2) = 714,31 \text{ kg/m}^2$$

$$M_{a(+)} = \frac{M_{a(+)}}{3} = \frac{714,31}{3} = 238,10 \text{ kg/m}^2$$

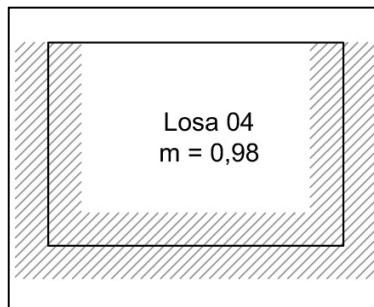
$$M_{b(-)} = (0,061) (1\ 053,20) (5,46^2) = 1\ 915,25 \text{ kg/m}^2$$

$$M_{b(+)} = (0,023) (543,20) (5,46^2) + (0,030) (510,00) (5,46^2) = 828,57 \text{ kg/m}^2$$

$$M_{b(+)} = \frac{M_{b(+)}}{3} = \frac{828,57}{3} = 276,19 \text{ kg/m}^2$$

- Losa 4, pasillos + escaleras

Figura 44. **Análisis de losa número 4, caso 8**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

$$M_{a(-)} = (0,033) (1\ 393,20) (5,33^2) = 1\ 306,12 \text{ kg/m}^2$$

$$M_{a(+)} = (0,020) (543,20) (5,33^2) + (0,028) (850,00) (5,33^2) = 984,77 \text{ kg/m}^2$$

$$M_{a(+)} = \frac{M_{a(+)}}{3} = \frac{984,77}{3} = 328,26 \text{ kg/m}^2$$

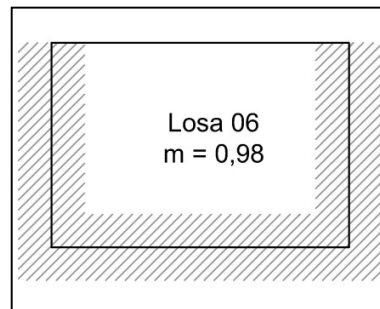
$$M_{b(-)} = (0,061) (1\ 393,20) (5,46^2) = 2\ 533,54 \text{ kg/m}^2$$

$$M_{b(+)} = (0,023) (543,20) (5,46^2) + (0,030) (850,00) (5,46^2) = 1\ 132,65 \text{ kg/m}^2$$

$$M_{b(+)} = \frac{M_{b(+)}}{3} = \frac{1\ 132,65}{3} = 377,55 \text{ kg/m}^2$$

- Losa 6, estanterías

Figura 45. **Análisis de losa número 6, caso 8**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

$$M_{a(-)} = (0,033) (1733,20) (5,33^2) = 1\ 624,86 \text{ kg/m}^2$$

$$M_{a(+)} = (0,020) (543,20) (5,33^2) + (0,028) (1190,00) (5,33^2) = 1\ 255,22 \text{ kg/m}^2$$

$$M_{a(+)} = \frac{M_{a(+)}}{3} = \frac{1\ 255,22}{3} = 418,41 \text{ kg/m}^2$$

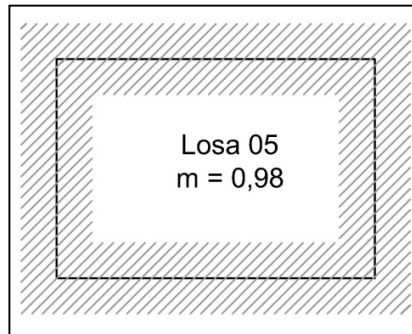
$$M_{b(-)} = (0,061) (1733,20) (5,46^2) = 3\ 151,84 \text{ kg/m}^2$$

$$M_{b(+)} = (0,023) (543,20) (5,46^2) + (0,030) (1190,00) (5,46^2) = 1\ 436,73 \text{ kg/m}^2$$

$$M_{b(+)} = \frac{M_{b(+)}}{3} = \frac{1\ 436,73}{3} = 478,91 \text{ kg/m}^2$$

- Losa 5, pasillos + escaleras

Figura 46. **Análisis de losa número 5, caso 2**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

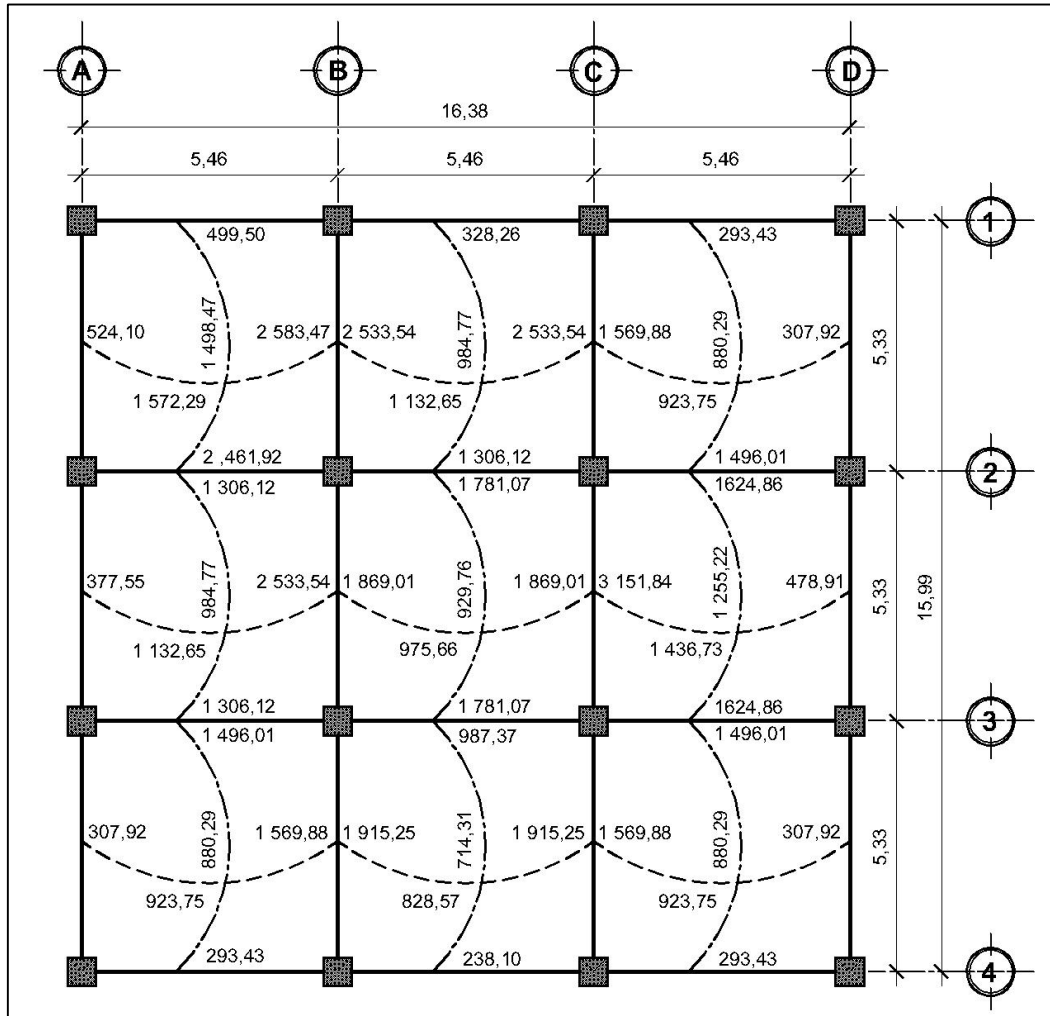
$$M_{a(-)} = (0,045) (1\,393,20) (5,33^2) = 1\,781,07 \text{ kg/m}^2$$

$$M_{a(+)} = (0,018) (543,20) (5,33^2) + (0,027) (850,00) (5,33^2) = 929,76 \text{ kg/m}^2$$

$$M_{b(-)} = (0,045) (1\,393,20) (5,46^2) = 1\,869,01 \text{ kg/m}^2$$

$$M_{b(+)} = (0,018) (543,20) (5,46^2) + (0,027) (850,00) (5,46^2) = 975,66 \text{ kg/m}^2$$

Figura 47. Distribución de momentos en losas del primer nivel



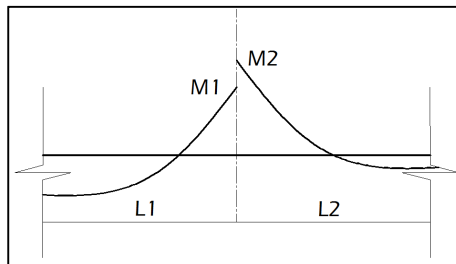
Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

- Balance de momentos

Cuando las losas tienen un lado en común y cada una posee momentos negativos diferentes se deben balancear dichos momentos antes de proceder a

diseñar los refuerzos que requiere. Los momentos se pueden balancear como se muestra a continuación:

Figura 48. **Balance de momentos en losas, caso típico**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

$M2 > M1$

1. Sí $M1 > 0,8 * M2$; entonces $MB = (M1 + M2) / 2$
2. Sí $M1 < 0,8 * M2$; MB se distribuye proporcional a la rigidez de las losas:

$$K_1 = \frac{1}{L_1} \quad K_2 = \frac{1}{L_2}$$

Donde:

MB = momento balanceado

K1, K2 = rigideces de losas 1 y 2

L1, L2 = longitudes de losas 1 y 2

D1, D2 = factores de distribución de momentos en losas 1 y 2

$$D_1 = \frac{K_1}{K_1+K_2} \quad D_2 = \frac{K_2}{K_1+K_2}$$

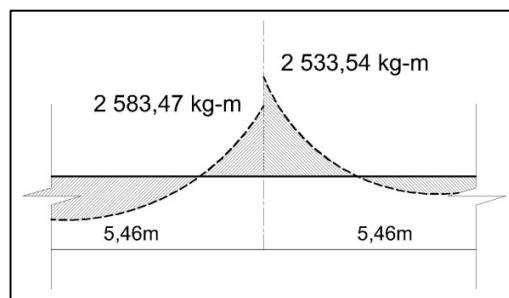
Y los momentos balanceados se obtienen con las formulas:

$$MB_1 = M1 + (M2 - M1) * D1$$

$$MB_2 = M2 - (M2 - M1) * D2$$

- Balance de momentos entre losa 1 y losa 2

Figura 49. **Balance de momentos, losas 1 y 2**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

$$M1 = 2 533,54 \text{ kg-m}$$

$$M2 = 2 583,47 \text{ kg-m}$$

$$M2 > M1$$

- Sí $M1 > 0,8 * M2$; entonces $MB = (M1 + M2) / 2$
 $2 533,54 > 0,8 * (2 583,47)$
 $2 533,54 > 2 066,78$ (aplica la ecuación 1)

- Sí $M1 < 0,8 * M2$; MB se distribuye proporcional a la rigidez de las losas:
 $2\ 533,54 < 0,8 * (2\ 583,47)$
 $2\ 533,54 < 2\ 066,78$ (no aplica la ecuación 2)

Sí $M1 > 0,8 * M2$; entonces $MB = (M1 + M2) / 2$

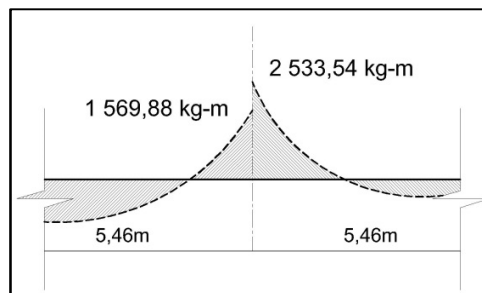
Los momentos balanceados son:

$$MB = (2\ 533,54 + 2\ 583,47) / 2$$

$$MB = 2\ 558,51 \text{ kg-m}$$

- Balance de momentos entre losa 2 y losa 3

Figura 50. **Balance de momentos, losas 2 y 3**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

$$M1 = 1\ 569,88 \text{ kg-m}$$

$$M2 = 2\ 533,54 \text{ kg-m}$$

$$M2 > M1$$

- Sí $M1 > 0,8 * M2$; entonces $MB = (M1 + M2) / 2$
 $1\ 569,88 > 0,8 * (2\ 533,54)$
 $1\ 569,88 > 2\ 026,83$ (no aplica la ecuación 1)
- Sí $M1 < 0,8 * M2$; MB se distribuye proporcional a la rigidez de las losas:
 $1\ 569,88 < 0,8 * (2\ 533,54)$
 $1\ 569,88 < 2\ 026,83$ (aplica la ecuación 2)

$$K_1 = \frac{1}{L_1}$$

$$K_1 = \frac{1}{5,46} = 0,1832$$

$$K_2 = \frac{1}{L_2}$$

$$K_2 = \frac{1}{5,46} = 0,1832$$

$$D_1 = \frac{K_1}{K_1 + K_2}$$

$$D_1 = \frac{0,1832}{0,1832 + 0,1832}$$

$$D_1 = 0,50$$

$$D_2 = \frac{K_2}{K_1 + K_2}$$

$$D_2 = \frac{0,1832}{0,1832 + 0,1832}$$

$$D_2 = 0,50$$

Los momentos balanceados son:

$$MB_1 = M1 + (M2 - M1) * D1$$

$$MB_1 = 1\ 569,88 + (2\ 533,54 - 1\ 569,88) * 0,50$$

$$MB_1 = 2\ 051,71 \text{ kg-m}$$

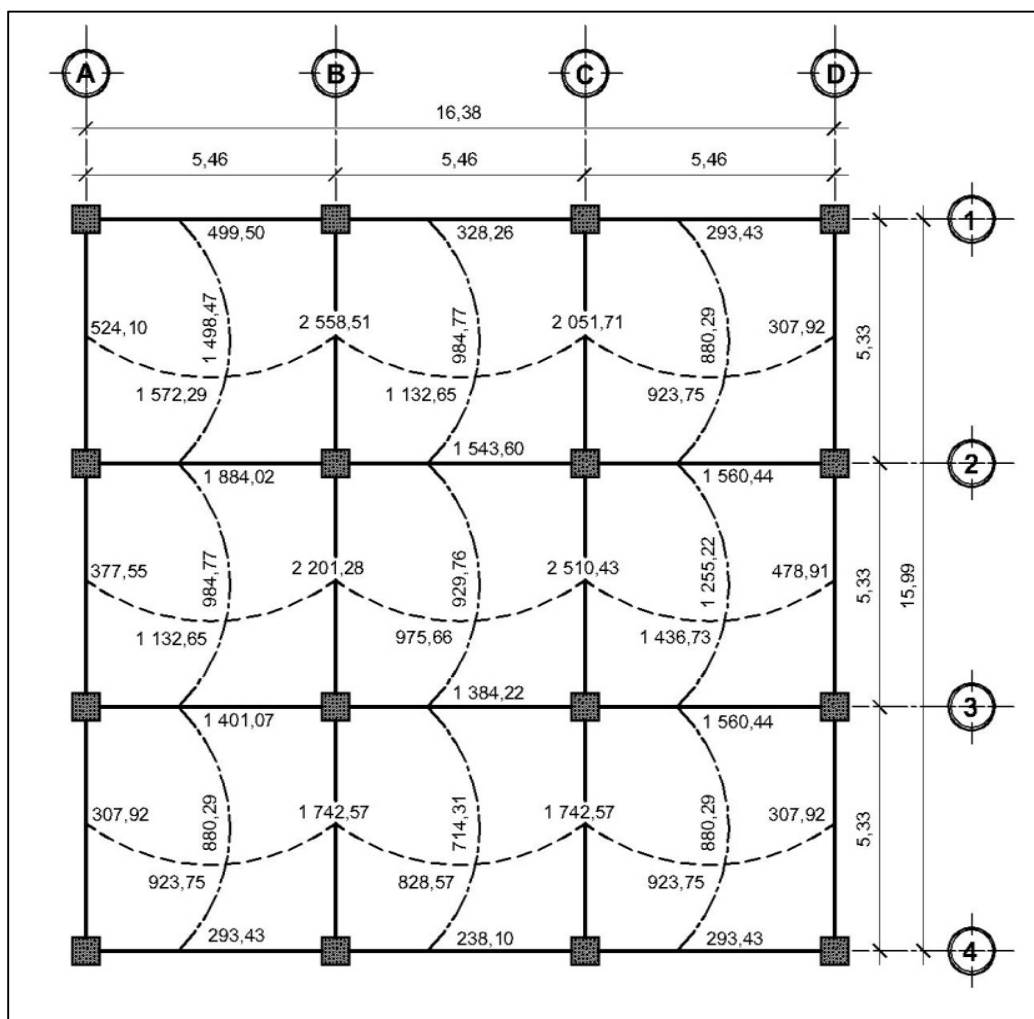
$$MB_2 = M2 - (M2 - M1) * D2$$

$$MB_2 = 2\ 533,54 - (2\ 533,54 - 1\ 569,88) * 0,50$$

$$MB_2 = 2\ 051,71 \text{ kg-m}$$

Se aplicó el mismo procedimiento para realizar los balances de momentos en todas las losas y los resultados de los momentos finales se observan en la siguiente figura:

Figura 51. **Distribución de momentos finales en losas del primer nivel**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

- Diseño de armado de la losa

Se realizará el diseño de armado para un ancho unitario de 1 metro, debe de definirse el área de acero mínimo y el momento que resiste, luego se calcula el acero de refuerzo para los momentos mayores a los momentos que resiste el área de acero mínimo.

Datos:

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

$f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$

$f_y = 2\,810 \text{ kg/cm}^2$ (Grado 40)

Ancho unitario $b = 1,00 \text{ m} = 100 \text{ cm}$

Recubrimiento $= r = 2 \text{ cm}$

\emptyset refuerzo No.5 $= 5/8" = 1,588 \text{ cm}$

Cálculo del peralte efectivo

$$d = t - r - \frac{\emptyset}{2}$$

$$d = 12 - 2 - \frac{1,588}{2} = 9,206 \text{ cm}$$

El área de acero mínimo ($A_{s_{\min}}$) en una losa, se calcula como el 40 % del área de acero mínimo de una viga, usando un ancho unitario de 100 cm.

$A_{s_{\min}}$ en una viga:

$$A_{s_{\min}} = \frac{14,1bd}{f_y}$$

$A_{s_{min}}$ en una losa aplicándole el 40 % de reducción del acero mínimo de una viga:

$$A_{s_{min}} = \frac{0,4 \cdot 14,1 \cdot bd}{f_y}$$
$$A_{s_{min}} = \frac{0,4 (14,1) (100) (9,206)}{2\ 810} = 1,8477 \text{ cm}^2$$

Con el $A_{s_{min}}$ se determina el espaciamiento (S) que requiere, usando varillas No. 5 ($A = 1,9793 \text{ cm}^2$):

$$1,8477 \text{ cm}^2 - 100\text{cm}$$

$$1,9793 \text{ cm}^2 - S$$

$$S_{A_{s_{min}}} = \frac{(1,9793) (100)}{1,8477} = 107,12 \text{ cm}$$

Según el Código ACI-318-99 7.6.5 en losas, exceptuando las losas nervadas, el espaciamiento del refuerzo principal por flexión no debe ser mayor a 3 veces el espesor de la losa ni ser mayor a 45 cm.

$$S_{max} \leq 3t \leq 3(12) \leq 36$$

$$S_{max} \leq 45$$

$$S_{A_{s_{min}}} = 107,12 \text{ cm}$$

Como el $S_{A_{s_{min}}}$ es mayor al S_{max} , ahora el límite será este último y se procede a calcular el área de acero para cubrir dicho espaciamiento:

$$A_{s_{min}} - 100 \text{ cm}$$

$$1,9793 \text{ cm}^2 - 36 \text{ cm}$$

$$A_{s_{\min}} = \frac{(1,9793) (100)}{36} = 5,4981 \text{ cm}^2$$

Con el $A_{s_{\min}}$ calculado para el S_{\max} , se procede a encontrar el momento ($M_{As_{\min}}$) que dicha área de acero resiste:

$$M_{As_{\min}} = \phi \left[A_{s_{\min}} * f_y * \left(d - \frac{A_s * f_y}{1,7 * f'_c * b} \right) \right]; \quad \phi = 0,9$$

$$M_{As_{\min}} = 0,9 \left[5,4981 * 2\,810 * \left(9,206 - \frac{5,4981 * 2\,810}{1,7 * 280 * 100} \right) \right] = 123\,493,53 \text{ kg-cm}$$

$$M_{As_{\min}} = 1\,234,94 \text{ kg-m}$$

El momento que resiste el acero mínimo $M_{As_{\min}}$ (1 234,94 kg-m), no cubre todos los momentos finales de las losas, por lo que debe calcularse el acero requerido para los momentos mayores y el espaciamiento necesario utilizando varillas No. 5.

A modo de ejemplo se calculará el acero y el espaciamiento requerido para el momento 2 558,51 kg-m y luego se muestra la tabla resumen de todos los momentos mayores con su respectivo A_s y espaciamiento.

$$M = 2\,558,51 \text{ kg-m}$$

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

$$A_s = \frac{0,85 (280)}{2\,810} \left[100 * 9,206 - \sqrt{(100 * 9,206)^2 - \frac{2\,558,51 * 100}{0,003825 * 280}} \right]$$

$$A_s = 11,90 \text{ cm}^2$$

11,90 cm² - 100 cm

1,2668 cm² - S

$$S = \frac{(1,97) (100)}{11,90} = 16,64 \text{ cm}$$

Tabla V. **Espaciamientos en primer nivel momentos mayores a M_{Asmin}**

	Momento (Kg-m)	As (cm²)	As varilla no. 5 (cm²)	S (cm)
Sentido X	1 436,73	64,367	19,793	30,75
	1 572,29	70,742	19,793	27,98
	1 742,57	78,831	19,793	25,11
	2 051,71	93,762	19,793	21,11
	2 201,28	101,104	19,793	19,58
	2 510,43	116,536	19,793	16,98
	2 558,51	118,968	19,793	16,64
Sentido Y	1 255,22	55,919	19,793	35,40
	1 384,22	61,913	19,793	31,97
	1 401,07	62,699	19,793	31,57
	1 498,47	67,263	19,793	29,43
	1 543,60	69,388	19,793	28,53
	1 560,44	70,182	19,793	28,20
	1 884,02	85,623	19,793	23,12

Fuente: elaboración propia.

- Chequeo por corte

El chequeo por corte se realiza en los dos sentidos de la losa, en el sentido largo y en el sentido corto, con la finalidad de determinar si el espesor t propuesto es el correcto. Esto se realiza verificando que el corte que resiste el concreto sea mayor al corte que producen las cargas actuantes.

Se verificarán los cortantes actuantes en la losa más crítica con medidas de 5,46 * 5,33 metros.

Sentido corto:

$$C_{TU} = 1\,733,20 \text{ kg/m}^2$$

$$L = 5,33 \text{ m}$$

$$V_a = \frac{C_{TU}L}{2}$$

$$V_a = \frac{(1\,733,20 * 1,00) (5,33)}{2} = 4\,618,98 \text{ kg}$$

Sentido largo:

$$C_{TU} = 1\,733,20 \text{ kg/m}^2$$

$$L = 5,46 \text{ m}$$

$$V_a = \frac{(1\,733,20 * 1,00) (5,46)}{2} = 4\,731.64,60 \text{ kg}$$

Corte que resiste el concreto:

$$V_c = \phi * 0,53 * \sqrt{f'_c} * b * d ; \quad \phi = 0,85$$
$$V_c = 0,85 * 0,53 * \sqrt{280} * 100 * 9,206 = 6\,939,77 \text{ kg}$$

Como $V_c > V_a$ el espesor t propuesto para las losas es el correcto. El armado final se encuentra en apéndice: plano de losa y vigas del edificio.

2.6.2. Diseño de vigas

Las vigas son elementos estructurales horizontales que trabajan fundamentalmente a flexión, reciben las cargas de las losas y las transmiten a las columnas.

Será diseñada la viga crítica correspondiente al primer nivel en el sentido Y, las dimensiones de dicha viga serán de 30 centímetros por 60 centímetros.

Los momentos necesarios para realizar el diseño de las vigas se toman de la envolvente de momentos.

Datos:

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

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

$$b = 30 \text{ cm}$$

$$h = 60 \text{ cm}$$

$$\text{rec.} = 4 \text{ cm}$$

$$d = h - \text{rec.} - \phi_{\text{estribo}\#4} - \phi_{\text{varilla}\#7} / 2 = 60 - 4 - 1,270 - 2,223/2 = 53,62 \text{ cm}$$

$$M(-)_{izq} = 26\,846,02 \text{ kg-m}$$

$$M (+) = 7\,817,64 \text{ kg-m}$$

$$M(-)_{der} = 26\,708,62 \text{ kg-m}$$

$$Vu = 17\,807,75 \text{ kg}$$

- Acero mínimo

El Código ACI-318-99, requiere que en todo elemento estructural sometido a flexión el $A_{s_{min}}$ debe ser por lo menos:

$$A_{s_{min}} = \frac{0,8\sqrt{f'_c}}{f_y} bd = \frac{0,8\sqrt{280}}{4\,200} * 30 * 53,62 = 5,13 \text{ cm}^2$$

Pero no menor a:

$$A_{s_{min}} = \frac{14,1bd}{f_y} = \frac{(14,1)(30)(53,62)}{4\,200} = 5,40 \text{ cm}^2$$

Por lo que se obtiene como $A_{s_{min}} = 5,40 \text{ cm}^2$

- Acero máximo

$$A_{s_{max}} = 0,5 * \rho_b * b * d$$

Según el Código ACI-318, la cuantía de acero balanceada (ρ_b) debe ser:

$$\rho_b = \frac{0,85 * \beta * f'_c * 6\,090}{f_y (6\,090 + f_y)}$$

Si $0 < f'c \leq 280$; entonces $\beta = 0,85$

$$\rho_b = \frac{0,85 * \beta * f'c * 6\,090}{f_y (6\,090 + f_y)} = \frac{0,85 * 0,85 * 280 * 6\,090}{4\,200 (6\,090 + 4\,200)} = 0,02851$$

$$A_{s_{max}} = 0,5 * \rho_b * b * d$$

$$A_{s_{max}} = 0,5 * 0,02851 * 30 * 53,62 = 22,93 \text{ cm}^2$$

- Refuerzo que requiere cada momento

El refuerzo que requiere cada momento se calculará con la ecuación:

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

Para el momento $M(-)_{izq} = 26\,846,02 \text{ kg-m}$

$$A_{s(-)_{izq}} = \frac{0,85 (280)}{4200} \left[30 * 53,62 - \sqrt{(30 * 53,62)^2 - \frac{26\,846,02 * 30}{0,003825 * 280}} \right]$$

$$A_{s(-)_{izq}} = 14,38 \text{ cm}^2$$

Para el momento $M(+) = 7\,817,64 \text{ kg-m}$

$$A_{s(+)} = \frac{0,85 (280)}{4200} \left[30 * 53,62 - \sqrt{(30 * 53,62)^2 - \frac{7\,817,64 * 30}{0,003825 * 280}} \right]$$

$$A_{s(+)} = 3,94 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{usar } A_{s_{min}} = 5,40 \text{ cm}^2$$

Para el momento $M(-)_{\text{der}} = 26\,708,62 \text{ kg}\cdot\text{m}$

$$As(-)_{\text{der}} = \frac{0,85(280)}{4200} \left[30 * 53,62 - \sqrt{(30 * 53,62)^2 - \frac{26\,708,62 * 30}{0,003825 * 280}} \right]$$

$$As(-)_{\text{der}} = 14,29 \text{ cm}^2$$

Para el armado longitudinal final de la viga, se deben cumplir los siguientes requisitos:

Al menos deben disponerse de dos barras de refuerzo a lo largo de la viga tanto en la cama superior como inferior.

- Refuerzo en cama superior

Se debe seleccionar el área de acero mayor de las siguientes opciones:

- $As_{\text{min}} = 5,40 \text{ cm}^2$
- $33\% As_{M(-)\text{izq}} = 0,33 * 14,38 = 4,75 \text{ cm}^2$
- $33\% As_{M(-)\text{der}} = 0,33 * 14,29 = 4,72 \text{ cm}^2$

El As mayor de los cálculos anteriores es el $As_{\text{min}} = 5,40 \text{ cm}^2$, por lo tanto se colocarán 2 varillas corridas No. 7 = $7,76 \text{ cm}^2$

Con las 2 varillas No. 7 corridas no se cubre totalmente el acero que requieren los momentos negativos, por lo que es necesario cubrirlos con refuerzo adicional en forma de bastones, dichos bastones tendrán una longitud de $L/4$, siendo L la longitud total a rostros de la viga.

- $As_{\text{adicional}} = As_{M(-)} - As_{\text{propuesto}} = 14,38\text{cm}^2 - 7,76\text{cm}^2 = 6,62\text{ cm}^2$

El $As_{\text{adicional}} = 6,62\text{ cm}^2$ se cubre con 3 bastones No. 6 = $8,55\text{ cm}^2$

- Refuerzo en cama inferior

Se debe seleccionar el área de acero mayor de las siguientes opciones:

- $As_{\text{min}} = 5,40\text{ cm}^2$
- $50\% As_{M(-)\text{izq}} = 0,50 * 14,38 = 7,19\text{ cm}^2$
- $50\% As_{M(-)\text{der}} = 0,50 * 14,29 = 7,15\text{ cm}^2$
- $50\% As_{M(+)} = 0,50 * 5,40 = 2,70\text{ cm}^2$

El As mayor de los cálculos anteriores es el $As_{M(-)\text{izq}} = 7,19\text{ cm}^2$, por lo tanto se colocarán 2 varillas corridas No. 7 = $7,76\text{ cm}^2$

Y como el As propuesto es mayor al As requerido por el momento positivo, no es necesario colocar refuerzo adicional.

- Refuerzo a corte

Para contrarrestar los esfuerzos cortantes en la viga, deben disponerse de estribos cerrados.

Si el corte último que producen las fuerzas externas en la viga (V_{act}) es mayor al corte que resiste el concreto (V_r), se debe calcular el espaciamiento de los estribos, de lo contrario solo se necesitarán estribos por armado tal y como lo requiere el Código ACI-318.

Donde:

$$V_{act} = 17\,807,75 \text{ kg}$$

$$V_r = \phi * 0,53 * \sqrt{f_c} * b * d ; \quad \phi = 0,85$$
$$V_r = 0,85 * 0,53 * \sqrt{280} * 30 * 53,62 = 12\,126,12 \text{ kg}$$

$V_r < V_{act}$, por lo tanto se necesita diseñar los estribos:

Separación necesaria:

$$S = \frac{2A_v * f_y * d}{V_u}$$
$$S = \frac{2 * 1,2668 * 4\,200 * 53,62}{17\,807,75} = 32,04 \text{ cm}$$

Separación máxima:

$$S_{max} = \frac{d}{2}$$
$$S_{max} = \frac{53,62}{2} = 26,81 \text{ cm}$$

Se tomará la separación S_{max} y se aproximará a 25 centímetros para el espaciamiento de estribos fuera de la zona de confinamiento

Para la separación de estribos en zona de confinamiento, según el ACI 318-99 en su capítulo 21.3.3 el armado debe ser:

- Estribos cerrados de confinamiento en una longitud igual a dos veces la altura del elemento a flexión, medida desde la cara del elemento de apoyo hacia el centro de la luz, en ambos extremos.

$$\text{Longitud de confinamiento (Lc)} = 2d$$

$$Lc = 2 (53,62) = 107,24 \text{ cm}$$

- El primer estribo cerrado de confinamiento debe estar situado a no más de 5 centímetros de la cara del elemento de apoyo.
- El espaciamiento de los estribos cerrados de confinamiento no debe ser mayor al menor de los siguientes cálculos:

- $d/4 = (53,62)/4 = 13,405 \text{ cm}$

- 8 veces el diámetro de las barras longitudinales:

$$8(\varnothing_{\#7}) = 8 (2,223) = 17,784 \text{ cm}$$

- 24 veces el diámetro de la barra del estribo cerrado de confinamiento:

$$24(\varnothing_{\#4}) = 24 (1,27) = 30,48 \text{ cm}$$

- 30 centímetros

Por lo que deberá colocarse el primer estribo No. 4 a 5 centímetros y estribos No. 4 @ 13 centímetros en el resto de la zona de confinamiento

medida desde la cara del elemento de apoyo hacia el centro de la viga, en ambos extremos.

Para el resto de la longitud de la viga en donde no son necesarios los estribos cerrados de confinamiento se colocarán estribos No. 4 @ 25 centímetros.

Para el resto de la estructura se realizó en mismo procedimiento (tanto en el sentido X como en el sentido Y) y se obtuvieron los siguientes datos acorde a las necesidades estructurales de cada elemento:

Tabla VI. Armado de viga

Viga	Momento (kg-m)			Acero longitudinal		Acero transversal
				Cama superior (CS)	Cama inferior (CI)	
				Bastones CS	Bastones CI	
Viga V-01 sentido X-Y	M(-) izq.	26 846,02	14,38	2 No, 7 G60	2 No, 7 G60	Estribos 1 No,4 G60 @ 0,05 m + 9 No,4 G60 @ 0,13 m, resto No,4 G60 @ 0,25 m.
	M(+).	7 817,64	5,40			
	M(-) der.	26 708,62	14,29			
Viga V-02 sentido X-Y	M(-) izq.	19 978,94	10,46	2 No, 6 G60	2 No, 6 G60	Estribos 1 No,3 G60 @ 0,05 m + 9 No,3 G60 @ 0,13 m, resto No,3 G60 @ 0,23 m.
	M(+).	6 348,60	5,40			
	M(-) der.	19 652,55	10,28			
Viga V-03 sentido X-Y	M(-) izq.	10 368,55	5,27	2 No, 6 G60	2 No, 6 G60	Estribos 1 No,3 G60 @ 0,05 m + resto No,3 G60 @ 0,25 m.
	M(+).	3 573,86	5,40			
	M(-) der.	10 348,11	5,26			

Fuente: elaboración propia.

2.6.3. Diseño de columnas

Las columnas son elementos verticales que absorben la carga completa del edificio para trasladarla a la cimentación. Están sometidas principalmente a esfuerzos de compresión axial y a momentos flexionantes.

Para el diseño, la carga axial es el valor de todas las cargas últimas verticales que actúan dentro del área que tributa a la columna. Los momentos flexionantes pueden existir en un solo sentido o en los dos sentidos, estos son tomados del análisis estructural, específicamente de la envolvente de momentos. Para diseñar la columna, se toma el mayor de los dos momentos actuantes en extremos de esta. 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.

Para este caso se diseñaron las columnas del primer, segundo nivel y tercer nivel y en esta sección se describe el procedimiento únicamente para la columna del primer nivel, cabe resaltar que la dimensión de la columna se cambió en comparación al resultado del predimensionamiento, ya que esta chequeaba como columna corta por la esbeltez, lo que conllevaba un gasto de volumen en concreto que no traía beneficio alguno.

Datos:

Sección de columna = 0,50 m * 0,50 m

Longitud de columna = 2,90 m

Sección de viga = 0,30 m * 0,60 m

Espesor de losa = 0,12 m

$$f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$$

$$fy = 4\,200 \text{ kg/cm}^2 \text{ (acero grado 60)}$$

$$\text{rec.} = 4 \text{ cm}$$

$$\gamma_c = 2\,400 \text{ kg/m}^3$$

$$d = h - \text{rec.} - \varnothing_{\text{estribo}} - \varnothing_{\text{varilla\#8}} / 2 = 60 - 4 - 0,9525 - 2,54/2 = 43,78 \text{ cm}$$

$$CM_{\text{Losas+sobrecarga}} = 388 \text{ kg/m}^2$$

$$CV_{\text{estanterías}} = 700 \text{ kg/m}^2$$

$$CU = 1,47CM + 1,7CV$$

$$CU = 1,47 (388) + 1,7 (700) = 1\,733,20 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Área tributaria (At)} = 29,10 \text{ m}^2$$

$$Mx = 30\,000,45 \text{ kg-m}$$

$$My = 30\,096,16 \text{ kg-m}$$

$$Vx = 8\,095,66 \text{ kg}$$

$$Vy = 8\,047,02 \text{ kg}$$

Factor de carga última (FCU)

$$FCU = \frac{CU}{CM + CV} = \frac{1\,733,20}{388 + 700} = 1,5930$$

Carga axial (Pu)

$$Pu = (\text{At} * CU) + (\text{PP}_{\text{vigas}} * \text{FCU})$$

$$\text{PP}_{\text{vigas}} = b * h * \gamma_c * L$$

$$\text{PP}_{\text{vigas}} = (0,30) (0,60) (2\,400) (9,59) = 4\,142,88 \text{ kg}$$

$$Pu = (\text{At} * CU) + (\text{PP}_{\text{vigas}} * \text{FCU})$$

$$Pu = (29,10 * 1\,733,20) + (4\,142,88 * 1,5930) = 57\,035,73 \text{ kg}$$

$$P_u = 57,03 \text{ ton}$$

Esbeltez (E)

La esbeltez es la reducción de resistencia de un elemento sujeto a la compresión axial o a flexocompresión, debido a que la longitud del elemento es grande en comparación con las dimensiones de su sección transversal. La esbeltez está dada por:

$$E = \frac{K * L_u}{r}$$

Donde:

K = factor de longitud efectiva

L_u = longitud efectiva (longitud libre entre apoyos)

r = radio de giro

Una manera general de clasificar las columnas debido a la esbeltez es: columna corta si $E < 22$, columna intermedia si $22 < E < 100$, columna larga si $E > 100$.

El Código ACI-318 capítulo 10.13.2 permite despreciar los efectos de la esbeltez cuando $K*L_u/r$ sea menor que 22, de lo contrario deberán magnificarse los momentos de cada eje y proceder a diseñar utilizando los momentos magnificados.

Para determinar el factor de longitud efectiva (K) es necesario determinar el coeficiente que mide el grado de empotramiento (Ψ).

- Coeficiente que mide el grado de empotramiento (Ψ)

Regularmente en las estructuras de concreto reforzado, las columnas se encuentran restringidas por las uniones viga-columna, losa-columna o columna-zapata, por lo que el grado de restricción al movimiento (grado de empotramiento) depende de la relación que exista entre las rigideces de estos elementos.

Según el Código ACI-318-99 capítulo 10.12.1 $\Psi =$ relación de $\Sigma(EI/L_u)$ de los elementos a compresión con respecto a $\Sigma(EI/L)$ de los elementos sometidos a flexión en el mismo plano en un extremo del elemento a compresión.

$$\Psi = \frac{\Sigma \left(\frac{EI}{L_u} \right)_{\text{columna}}}{\Sigma \left(\frac{EI}{L} \right)_{\text{viga}}} = \frac{\Sigma K_{\text{columna}}}{\Sigma K_{\text{viga}}}$$

Donde:

E = módulo de elasticidad del concreto (se toma como 1 debido a que todos los elementos serán construidos con el mismo material)

L_u = luz libre entre apoyos del elemento a compresión

L = luz del elemento a flexión medida centro a centro de los apoyos.

I = inercia del elemento

$$I = \frac{1}{12}bh^3$$

$$I_{\text{viga izq-der}} = \frac{1}{12} (0,30) (0,60)^3 = 0,00540 \text{ m}^4$$

$$I_{\text{columna}} = \frac{1}{12} (0,50) (0,50)^3 = 0,005208 \text{ m}^4$$

$$K = \frac{I}{L}$$

$$K_{\text{viga izq-der}} = \frac{I}{L} = \frac{0,00540}{5,46} = 0,0009890 \text{ m}^3$$

$$K_{\text{viga izq-der}} = \frac{I}{L} = \frac{0,00540}{5,33} = 0,001013 \text{ m}^3$$

$$K_{\text{columna sup e inf}} = \frac{I}{L} = \frac{0,005208}{2,90} = 0,0017959 \text{ m}^3$$

Sentido X

Coeficiente que mide el grado de empotramiento (Ψ)

$$\Psi_A = \frac{0,0017959}{(0,001013 + 0,001013)} = 0,8864$$

$$\Psi_B = 0,00 \text{ extremo inferior empotrado}$$

$$\Psi_m = \frac{0,8864 + 0,00}{2} = 0,4432 < 2$$

Sentido Y

Coeficiente que mide el grado de empotramiento (Ψ)

$$\Psi_A = \frac{0,0017959}{(0,0009890 + 0,0009890)} = 0,90793$$

$\Psi_B = 0,00$ extremo inferior empotrado

$$\Psi_m = \frac{0,90793 + 0,00}{2} = 0,4539 < 2$$

- Factor de longitud efectiva (K)

El factor K para elementos no arriostrados a compresión restringidos en ambos extremos, se calcula con las siguientes fórmulas:

Para $\Psi_m < 2$

$$K = \frac{20 - \Psi_m}{20} \sqrt{1 + \Psi_m}$$

Para $\Psi_m \geq 2$

$$K = 0,9 \sqrt{1 + \Psi_m}$$

Donde Ψ_m es el promedio de los valores de Ψ en los extremos del elemento a compresión. Utilizando Ψ_A para el extremo superior y Ψ_B para el extremo inferior.

Sentido X

Factor de longitud efectiva (K)

$$K = \frac{20 - 0,4432}{20} \sqrt{1 + 0,4432} = 1,1747$$

Esbeltez (E)

$$E = \frac{K * L_u}{r}$$

Donde:

$L_u = 2,90$ m

r = radio de giro, se puede tomar, r igual a 0,3 veces la dimensión total de la sección en la dirección en la cual se está analizando, para elementos rectangulares.

$$E = \frac{K * L_u}{r} = \frac{1,1747 * 2,90}{0,3 (0,50)} = 22,71$$

$$22 < E < 100$$

$$22 < 22,71 < 100$$

Por lo que la columna puede considerarse una columna intermedia y deberá magnificarse el momento en ese sentido.

Sentido Y

Factor de longitud efectiva (K)

$$K = \frac{20 - 0,4539}{20} \sqrt{1 + 0,4539} = 1,1784$$

Esbeltez (E)

$$E = \frac{K * L_u}{r}$$

Donde:

$$L_u = 2,90 \text{ m}$$

r = radio de giro, se puede tomar, r igual a 0,3 veces la dimensión total de la sección en la dirección en la cual se está analizando, para elementos rectangulares.

$$E = \frac{K * L_u}{r} = \frac{1,1784 * 2,90}{0,3 (0,50)} = 22,78$$

$$22 < E < 100$$

$$22 < 22,78 < 100$$

Por lo que la columna puede considerarse una columna intermedia y deberá magnificarse el momento en ese sentido.

Magnificación de momentos

Se utiliza este procedimiento aproximado de diseño el cual usa el concepto de magnificador de momento para tomar en cuenta los efectos de la esbeltez en los elementos a compresión. Los momentos calculados a través de un análisis ordinario de primer orden son multiplicados por un magnificador de momento, el cual está en función de la fuerza axial mayorada P_u y de la carga crítica de pandeo P_c de la columna.

Factor de magnificación de momentos (δ)

La fórmula para calcular el factor de magnificación de momentos es:

$$\delta = \frac{C_m}{1 - \frac{P_u}{0,75P_c}}$$

Donde:

C_m = el factor C_m es un factor de corrección que relaciona el diagrama de momentos existente con un diagrama de momentos uniforme equivalente.

Según el Código ACI Para marcos con desplazamiento lateral $C_m=1$.

P_u = carga axial última = 57 035,73 kg

P_c = carga crítica de Euler: Según el Código ACI puede determinarse con la siguiente fórmula:

$$P_c = \frac{\pi^2 EI}{(KL_u)^2}$$

EI = rigidez = según el Código ACI puede determinarse con la siguiente fórmula:

$$EI = \frac{0,4E_c I_g}{1+\beta_d}$$

Donde:

E_c = módulo de elasticidad del concreto: Según el Código ACI el módulo de elasticidad del concreto puede considerarse como:

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

$$E_c = 15\,100\sqrt{280} = 252\,671,33 \text{ kg/cm}^2$$

I_g = momento de inercia

$$I_g = \frac{1}{12} (50) (50)^3 = 520\,833,33 \text{ cm}^4$$

β_d = relación utilizada para calcular los momentos magnificados en columnas debido a las cargas permanentes. Según el Código ACI-05 capítulo 10.13.6: β_d debe calcularse como la relación entre la máxima carga mayorada que actúa en forma permanente y la máxima carga mayorada total.

$$\beta_d = \frac{\text{CMU}}{\text{CU}} = \frac{1,4 (388)}{1\,733,20} = 0,3134$$

Con los datos anteriores se procede a calcular la rigidez:

$$EI = \frac{0,4E_c I_g}{1 + \beta_d} = \frac{0,4 (252\,671,33) (520\,833,33)}{1 + 0,3134} = 40,0790 \times 10^9 \text{ kg-cm}^2$$

Con todos los datos obtenidos se procede a calcular el factor de magnificación.

Sentido X

Carga crítica de Euler:

$$P_c = \frac{\pi^2 EI}{(KL_u)^2} = \frac{\pi^2 (40,0790 \times 10^9)}{(1,1747 * 290)^2} = 3\,408\,533,18 \text{ kg}$$

Factor de magnificación:

$$\delta_x = \frac{C_m}{1 - \frac{P_u}{0,75P_c}} = \frac{1}{1 - \frac{57\,035,73}{0,75 (3\,408\,533,18)}} = 1,02282$$

Sentido Y

Carga crítica de Euler:

$$P_c = \frac{\pi^2 EI}{(KL_u)^2} = \frac{\pi^2 (40,0790 \times 10^9)}{(1,1784 * 290)^2} = 3\,387\,162,22 \text{ kg}$$

Factor de magnificación:

$$\delta_y = \frac{C_m}{1 - \frac{P_u}{0,75P_c}} = \frac{1}{1 - \frac{57\,035,73}{0,75 (3\,387\,162,22)}} = 1,02297$$

Momentos magnificados (momentos de diseño M_d)

Donde:

$$M_{dx} = \delta_x M_x$$

$$M_{dx} = (1,02282) (30\,000,45 \text{ kg-m}) = 30\,685,06 \text{ kg-m}$$

Donde:

$$M_{dy} = \delta_y M_y$$

$$M_{dy} = (1,02297) (30\ 096,16 \text{ kg-m}) = 30\ 787,47 \text{ kg-m}$$

- Diseño de refuerzo longitudinal

Método de la carga inversa: este método de diseño simple y aproximado, desarrollado por Bresler, consiste en realizar una aproximación al perfil de la superficie de la falla, produciendo resultados satisfactorios, determinado por tres valores: resistencia nominal a cargas axiales para una excentricidad cero (P_o), resistencia nominal a cargas axiales para una excentricidad dada a lo largo del eje x (P_{nx}) y resistencia nominal a cargas axiales para una excentricidad dada a lo largo del eje y (P_{ny}).

Para revisar por medio del método de Bresler que la columna sea resistente a los esfuerzos de compresión axial y a los momentos flexionantes, debe de proponerse el armado:

Según el código ACI el área de refuerzo longitudinal A_s , no debe ser menor que $0,01 A_g$ ni mayor que $0,06 A_g$.

$$0,01 A_g < A_s < 0,06 A_g$$

- $A_{s\text{mínimo}} = 0,01 A_g = 0,01 (50 * 50) = 25 \text{ cm}^2$
- $A_{s\text{máximo}} = 0,06 A_g = 0,06 (40 * 40) = 150 \text{ cm}^2$
- Área de acero propuesto (A_s):

$$\begin{aligned} \text{As varilla No. 8} &= 5,0671 \text{ cm}^2 \\ 8 \text{ varillas No. 8} &= 8 (5,0671) = 40,54 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 0,01 A_g &< A_s < 0,06 A_g \\ 25 &< 40,54 < 150 \checkmark \text{ ok} \end{aligned}$$

Según el ACI la fórmula para determinar la resistencia nominal a cargas axiales para una excentricidad dada a lo largo de ambos ejes

$$\frac{1}{P_{ni}} = \frac{1}{P_{nx}} + \frac{1}{P_{ny}} - \frac{1}{P_o}$$

Donde:

P_{ni} = resistencia nominal a cargas axiales para una excentricidad dada a lo largo de ambos ejes.

P_o = resistencia nominal a cargas axiales para excentricidad cero.

P_{nx} = resistencia nominal a cargas axiales para una excentricidad dada a lo largo del eje x.

P_{ny} = resistencia nominal a cargas axiales para una excentricidad dada a lo largo del eje y.

Valor de la gráfica

$$\gamma_{x,y} = \frac{d - d'}{h} = \frac{47 - 3}{50} = 0,88$$

Valor de la curva

$$\rho_u = \frac{A_s * f_y}{0,85 * A_g * f'_c} = \frac{44,54 * 4 200}{0,85 * 50^2 * 280} = 0,31$$

Excentricidades

$$e_x = \frac{Md_x}{P_u} = \frac{30 685,06}{57 035,73} = 0,54$$

$$e_y = \frac{Md_y}{P_u} = \frac{30 787,47}{57 035,73} = 0,54$$

Valor de las diagonales

$$\frac{e_x}{h_x} = \frac{0,54}{0,50} = 1,08$$

$$\frac{e_y}{h_y} = \frac{0,54}{0,50} = 1,08$$

De los diagramas de interacción se obtuvieron los siguientes valores:

$$K_x = 0,19$$

$$K_y = 0,19$$

Cargas

Carga resistente de la columna a una excentricidad ex:

$$P_{nx} = K_x * f'_c * b * h = (0,19) (280) (50) (50) = 133 000,00 \text{ Kg}$$

Carga resistente de la columna a una excentricidad e_y :

$$P_{ny} = K_y * f'c * b * h = (0,19) (280) (50) (50) = 133\,000,00 \text{ Kg}$$

Carga axial resistente de la columna

$$P_o = \phi (0,85 * f'c (A_g - A_s) + A_s * f_y)$$
$$P_o = 0,70 (0,85 * 280 (2500 - 40,54) + 40,54 * 4\,200)$$
$$P_o = 528\,933,64 \text{ Kg}$$

Carga resistente de la columna:

$$P_{ni} = \frac{1}{\frac{1}{P_{nx}} + \frac{1}{P_{ny}} + \frac{1}{P_o}} = \frac{1}{\frac{1}{133\,000,00} + \frac{1}{133\,000,00} + \frac{1}{528\,933,64}} = 76\,063,00 \text{ kg}$$

Si $P_{ni} > P_u$, la columna resiste.

$$76\,063,00 \text{ kg} > 57\,035,73 \text{ kg} \checkmark \text{ ok}$$

Por lo tanto la columna resiste los esfuerzos de compresión axial y los momentos flexionantes, el armado longitudinal es de 8 varillas No. 8 Grado 60.

- Diseño de refuerzo transversal

Para resistir los esfuerzos de corte producidos por las fuerzas externas en una columna, debe de disponerse refuerzo transversal en forma de estribos para contrarrestar dichos esfuerzos. Es necesario dotar de suficiente ductilidad las columnas y esto se logra mediante un mayor confinamiento en los extremos,

que es en donde se prevé existirán los mayores esfuerzos. El procedimiento para proveer refuerzo transversal a las columnas se describe a continuación:

Corte último debido a cargas externas:

$$V_{act} = 8\,095,66 \text{ kg}$$

Corte para un elemento sometido a compresión axial:

$$V_r = 0,85 * 0,53\sqrt{f'_c} b * d$$
$$V_r = 0,85 * 0,53\sqrt{280} * 50 * 43,78 = 16\,501,35 \text{ kg}$$

Si $V_r > V_{act}$ se colocan estribos a $S = d / 2$

Si $V_r < V_{act}$ se diseñan los estribos por corte

como $V_r > V_{act}$ se colocan estribos a $S = d / 2$

$$S_{max} = d/2 = 43,78/2 = 21,89 \text{ cm}$$

La longitud de confinamiento L_o medida desde cada cara del nudo y a ambos lados de cualquier sección donde pueda ocurrir fluencia por flexión. La longitud L_o no debe ser menor que la mayor de:

- La altura del elemento en la cara del nudo o en la sección donde puede ocurrir fluencia por flexión.

$$L_o = 0,40 \text{ m}$$

- Un sexto de la luz libre del elemento

$$L_o = (1/6) (2,90) = 0,48 \text{ m}$$

- 0,45 metros

Por lo que la longitud de confinamiento tanto en la parte superior como en la parte inferior de la columna será: $L_o = 0,50$ metros

Espacio entre estribos en zona confinada:

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

Donde:

ρ_s = relación volumétrica

A_g = área total de la sección

A_{ch} = área de sección transversal

f'_c = resistencia del concreto

f_y = resistencia a la fluencia del acero

$$A_{ch} = (b - 2 * rec)^2$$

$$A_{ch} = (50 - 2 * 4)^2 = 1\,764 \text{ cm}^2$$

$$\rho_s = 0,45 \left(\frac{2\,500}{1\,764} - 1 \right) \left(\frac{0,85 * 280}{4\,200} \right) = 0,0106$$

Calculando el espaciamiento en función de la cuantía volumétrica, utilizando varillas # 4:

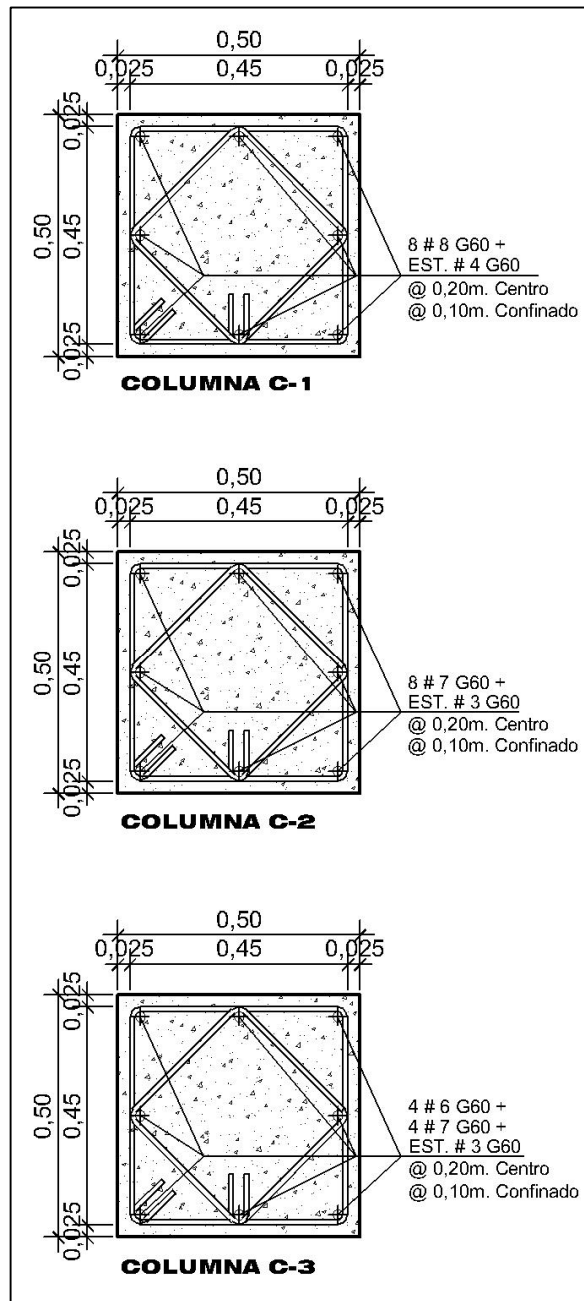
$$S = \left(\frac{4 * A_v}{\rho_s * L} \right) = \left(\frac{4 * 1,2668}{0,0106 * 42} \right) = 11,38 \text{ cm}$$

Colocar estribos a cada 10 centímetros en zona confinada

Se colocaran estribos rotados a 45° alternados, según el código ACI 318, en el capítulo 7.10.5, debido a las barras longitudinales en las caras.

Este método de cálculo se aplicó para las columnas del segundo nivel y tercer nivel, con los momentos y corte máximos de nivel. A continuación se muestran los resultados del diseño.

Figura 52. Detalle de armado de columnas



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

2.6.4. Diseño de cimientos

Son elementos estructurales cuyo objetivo es transmitir las cargas de la edificación al suelo, distribuyéndolas de forma que sean disipadas y que no superen el valor soporte del suelo. El tipo de cimentación depende principalmente del tipo de estructura, la naturaleza de las cargas, las condiciones del suelo y su costo.

2.6.5. Diseño de zapatas

$$M_x = 30,00 \text{ ton-m}$$

$$M_y = 30,09 \text{ ton-m}$$

$$P_u = 57,03 \text{ ton}$$

$$V_s = 22,67 \text{ ton/m}^2$$

$$P_{\text{suelo}} = 1,40 \text{ ton/m}^3$$

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

$$F_{cu} = 1,59$$

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

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

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

Cargas de trabajo:

$$P't = \frac{P_u}{F_{cu}} = \frac{57,03}{1,59} = 35,86 \text{ ton}$$

$$M't_x = \frac{M_x}{F_{cu}} = \frac{30,00}{1,59} = 18,86 \text{ ton-m}$$

$$M't_y = \frac{M_y}{F_{cu}} = \frac{30,09}{1,59} = 18,92 \text{ ton-m}$$

Predimensionamiento del área de la zapata:

$$A_z = \frac{1,5P't}{V_s} = \frac{1,5 * 35,86}{22,67} = 2,37 \text{ m}^2$$

Se considera una zapata de 1,75 * 1,75 metros, para un área de 3,06 metros cuadrados, pero no cumplió con requerimientos para resistir las presiones sobre el suelo, por lo que después de realizados varios intentos queda una zapata de las siguientes dimensiones 3,00 * 3,00 metros, con un área de 9,00 metros cuadrados, la cual si cumple.

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:

$$q = \frac{P}{A_z} \pm \frac{M_{tx}}{S_x} + \frac{M_{ty}}{S_y}, \text{ donde } S = \frac{bh^2}{6}$$

Donde:

P = carga axial distribuida al suelo

A_z = área de zapata

M_{tx}, M_{ty} = momento torsionante respecto a un sentido

S_x, S_y = separación de la armadura por torsión o corte

Se debe tomar en cuenta que el valor de presión sobre el suelo (q) no debe ser negativo, ni mayor que el valor soporte ($V_s = 22,67 \text{ ton/m}^2$), para la zapata se tiene:

$$S_x = S_y = \frac{3,00 * 3,00^2}{6} = 4,50$$

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

$$P = 35,86 + (0,50 * 0,50 * 12,50 * 2,4) + ((8,75 * 2 * 1,40) + (9 * 0,50 * 2,40))$$

$$P = 78,66 \text{ ton}$$

$$q_{\text{max}} = \frac{78,66}{9} + \frac{18,86}{4,50} + \frac{18,92}{4,50} = 17,13 \text{ ton/m}^2$$

$$q_{\text{min}} = \frac{78,66}{9} - \frac{18,86}{4,50} - \frac{18,92}{4,50} = 0,35 \text{ ton/m}^2$$

$q_{\text{máx}} = 17,13 \text{ ton/m}^2$ cumple, no excede el $V_s = 22,67 \text{ ton/m}^2$

$q_{\text{min}} = 0,35 \text{ ton/m}^2$ cumple, sólo compresiones, ya que es mayor a 0,00

La presión del suelo en un punto cualquiera de la zapata, es distinta a la presión en otro punto de la misma. Para efectos de diseño se determina una presión constante; aplicando un criterio conservador, se realiza el diseño con la presión máxima, afectada por el factor de carga última.

$$q_u = F_{cu} * q_{\text{max}} = 1,59 * 17,13 = 27,24 \text{ ton/m}^2$$

- Espesor de zapata:

Dimensionada el área se procede a dimensionar el espesor de la zapata, basados en que el recubrimiento del refuerzo no sea menor de 0,075 metros, y que el peralte efectivo sea mayor de 0,15 metros más el recubrimiento y el diámetro de la varilla a utilizar. Dicho espesor debe ser tal que resista los esfuerzos de corte y para este caso será de 50 centímetros.

- Peralte efectivo

$$d = t - \text{rec.} - \varnothing_{\text{var}}/2 \text{ con un } t \text{ asumido} = 0,50 \text{ m}$$

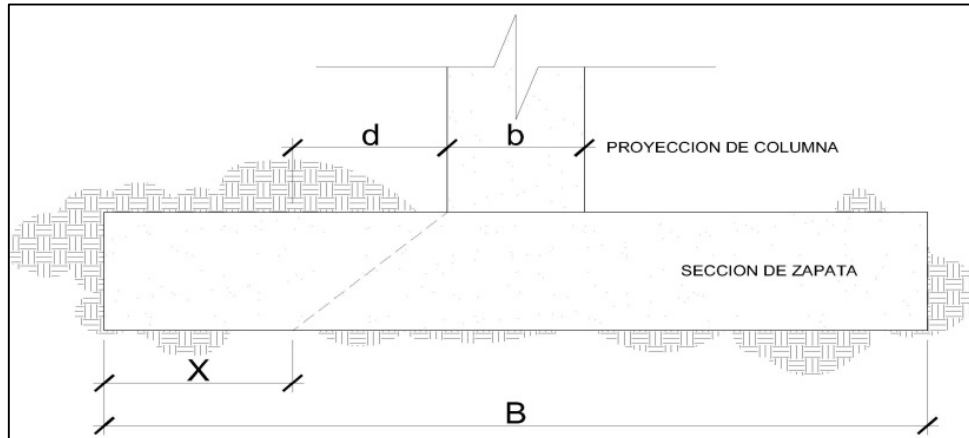
$$d = 50 - 7,5 - 1,90/2$$

$$d = 41,55 \text{ cm}$$

- Corte simple

La falla de las zapatas por esfuerzo cortante, ocurre a una distancia 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 53. Corte simple en zapata



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

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

$$x = 3,00 / 2 - 0,50 / 2 - 0,4155$$

$$x = 0,8345 \text{ m}$$

- o Corte actuante

$$V_{act} = \text{Área} * q_u$$

$$V_{act} = 3,00 * 0,8345 * 27,24$$

$$V_{act} = 68,20 \text{ ton}$$

- o Corte resistente

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

$$V_{res} = 0,53 * 0,85 * 295 * 41,55 \sqrt{280}$$

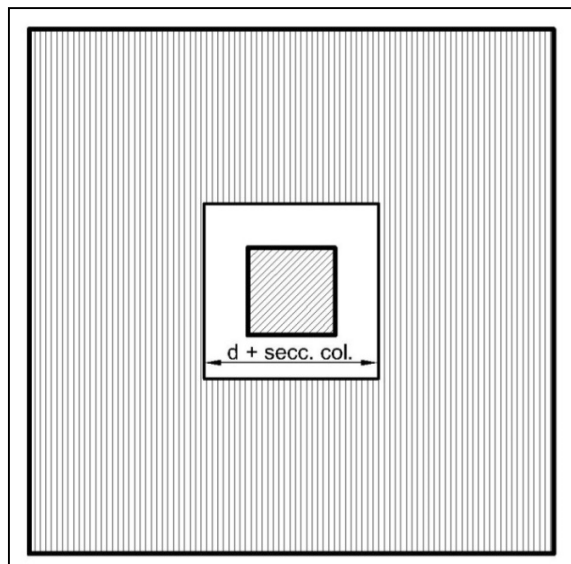
$$V_{res} = 92,40 \text{ ton}$$

$V_{res} > V_{act}$, 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 misma; el límite donde ocurre la falla está a una distancia $d / 2$, del perímetro de la columna.

Figura 54. **Corte punzonante en zapata**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

- Corte actuante por punzonamiento

$$d + \text{sección de columna} = 41,55 + 50,00 = 91,55 \text{ cm}$$

$$V_{\text{act pun}} = \text{Área} * q_u = (3,00 * 3,00 - 0,9155 * 0,9155) 27,24$$

$$V_{\text{act pun}} = 222,33 \text{ ton}$$

- Corte resistente a punzonamiento

$$V_{\text{res pun}} = 1,06 * \phi * b_o * d \sqrt{f'c} , b_o = 4 (b_{\text{col}} + d)$$

$$b_o = 4 (50 + 41,55) = 366,20 \text{ cm}$$

$$V_{\text{res pun}} = 1,06 * 0,85 * 366,20 * 41,55 \sqrt{280}$$

$$V_{\text{res pun}} = 229,39 \text{ ton}$$

$V_{\text{res}} > V_{\text{act}}$, 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. La zapata actúa como una losa en voladizo.

$$M_u = \frac{q_u * L^2}{2} = \frac{27,24 \left(\frac{3}{2} - \frac{0,50}{2} \right)^2}{2} = 21\,281,25 \text{ kg-m}$$

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

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

$$A_s = \frac{0,85 * 280}{4\,200} \left[100 * 41,55 - \sqrt{(100 * 41,55)^2 - \frac{21\,281,25 * 100}{0,003825 * 280}} \right] = 13,96 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{\min}} = \frac{14.1}{4 \cdot 200} (100) (41,55) = 13,95 \text{ cm}^2$$

$A_{s_{\min}} = 13,95 \text{ cm}^2$ y $A_s = 13,96 \text{ cm}^2$, Por tanto colocar A_s .

Separación para A_s con varillas No, 6

$$S = \frac{(2.85) (100)}{13,95} = 20,43 \text{ cm}$$

Colocar varillas No. 6 @ 20 centímetros en ambos sentidos de la zapata, para cama inferior.

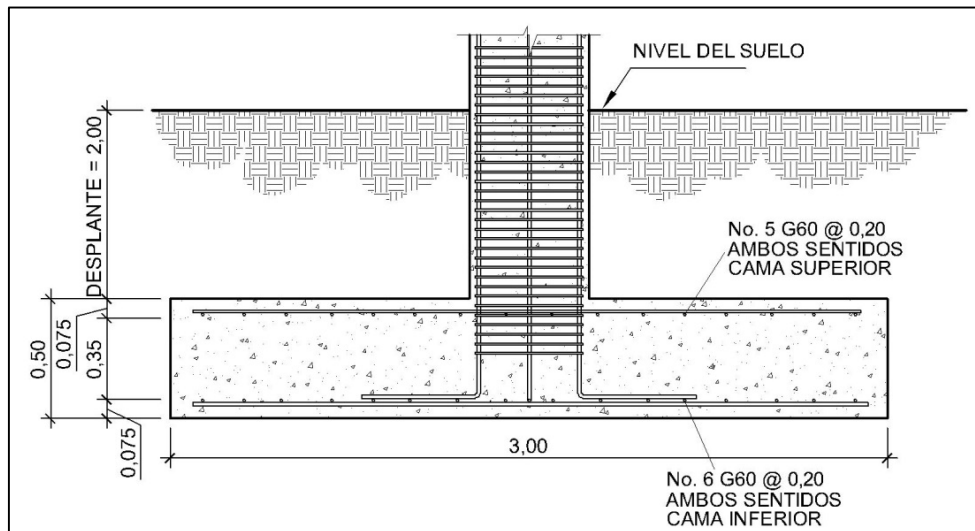
Para cama superior:

A_s por temperatura = $0,002 * b * t = 0,002 * 100 * 50 = 10 \text{ cm}^2$, varillas # 5

$$S = \frac{(1,97) (100)}{10} = 19.70 \text{ cm}$$

Colocar varillas No. 5 @ 20 centímetros en ambos sentidos de la zapata, para cama superior.

Figura 55. Detalle de armado de zapata



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

2.6.6. Diseño de cimiento corrido

Es el cimiento que se le coloca a los muros, este se calcula como una franja unitaria; se diseñarán para soportar las cargas superpuestas, 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 de acuerdo al FHA, considerando que los muros del primer nivel tendrán una altura aproximada de 3 metros se considera lo siguiente:

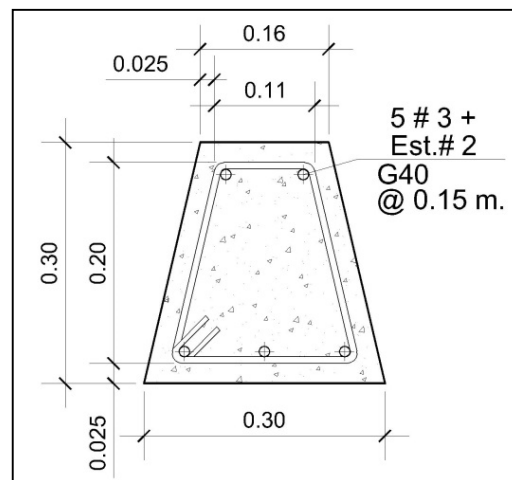
Ancho de base mínimo: 25 cm.

Peralte mínimo: 30 cm.

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

El refuerzo mínimo para cimientos corridos de sección trapezoidal es 5 \varnothing No. 3 con eslabones \varnothing No. 2 @ 15 cm.

Figura 56. **Detalle de armado de cimiento corrido**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

2.6.7. **Diseño de gradas**

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

$$CH < 20,00 \text{ cm}$$

$$H > CH$$

$$2CH + H < 64,00 \text{ cm (valor cercano)}$$

$$C + H = 45,00 \text{ a } 48,00 \text{ cm; } C * H = 480,00 \text{ a } 500,00 \text{ cm}^2$$

Cargas de diseño para una escalera

$CM = PP \text{ (escalera)} + PP \text{ (acabados)}$; despejando PP

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

Número de escalones mínimo

$CH/CH_{max} = 3,50 / 0,175 = 20$ escalones.

Se tomaran 10 contrahuellas antes del descanso

Número de huellas = $10 - 1 = 9$ huellas

Chequeo

$CH = 17,50 \text{ cm} < 20 \text{ cm}$; $H = 28 \text{ cm}$

$2CH + H = 2 (17,50) + 28 = 63 \leq 64 \text{ cm}$; $CH + H = 17,50 + 28 = 45,50 \text{ cm}$

$CH \times H = 17,50 * 28 = 490 \text{ cm}^2$

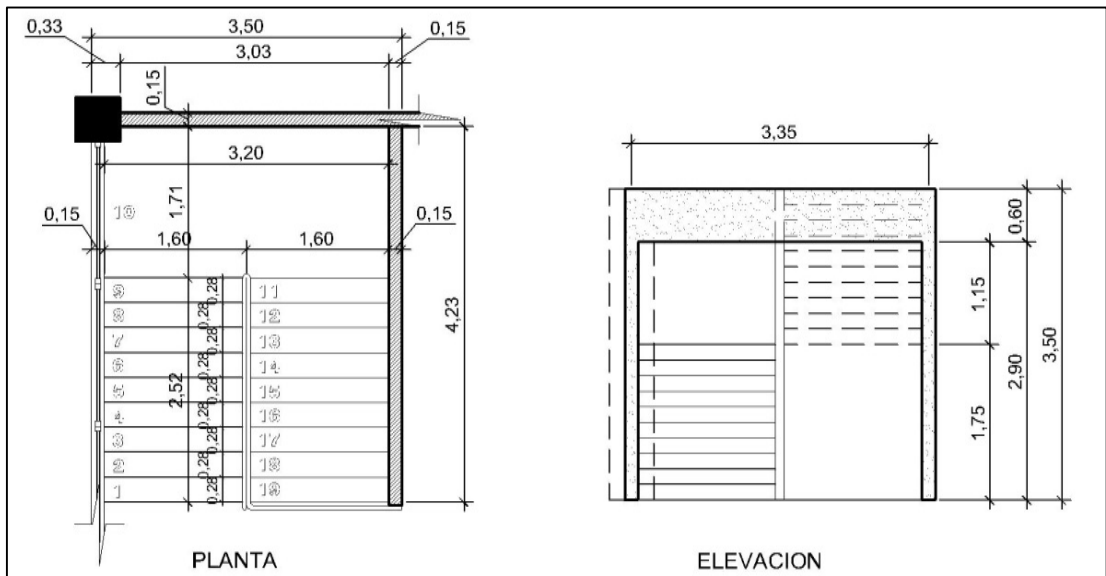
Por lo tanto, se tienen 10 contrahuellas de 17,50 centímetros y 9 huellas de 28 centímetros.

Espesor de la losa

$t = l / 20 = 4,23 / 20 = 0,21 \text{ m}$

$t = 21 \text{ cm}$

Figura 57. Planta–elevación módulo de gradas



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Integración de cargas

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

$$\text{Peso propio de la escalera} = 2\,400 (0,21 + 0,175/2) = 714,00 \text{ Kg/m}^2$$

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

$$\text{Total} = 794,00 \text{ Kg/m}^2$$

$$\text{Carga viva} = 500,00 \text{ Kg/m}^2$$

$$C_u = 1,4CM + 1,7CV = 1,40 (794,00) + 1,70 (500,00) = 1\,961,60 \text{ Kg/m}^2$$

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

$$\text{Longitud de la losa} = \sqrt{4,23^2 + 1,75^2} = 4,58 \text{ m}$$

- Cálculo de los momentos actuantes en la losa:

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

$$M(+)=\frac{WL^2}{9}=\frac{1\,961,60\cdot 4,58^2}{9}=4\,571,92 \text{ kg-m}$$

$$M(-)=\frac{WL^2}{14}=\frac{1\,961,60\cdot 4,58^2}{14}=2\,939,09 \text{ kg-m}$$

Con los valores de momentos se procede a calcular el acero mínimo y máximo:

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

$$\rho_{\text{mín}} = 14,1 / f_y$$

Donde:

b = franja unitaria

t = espesor de la losa

d = peralte efectivo

d = t – rec min = 17,5 cm

$$A_{s\text{mín}} = \frac{14,1}{4\,200} \cdot 100 \cdot 17,5 = 5,88 \text{ cm}^2$$

$$A_{s\text{max}} = 0,50 \cdot 0,0369 \cdot 100 \cdot 17,5 = 32,29 \text{ cm}^2$$

$$A_{sM(+)} = \frac{0,85 * 280}{4 * 200} \left[(100 * 17,5) - \sqrt{(100 * 17,5)^2 - \frac{4 * 571,92 * 100}{0,003825 * 280}} \right] = 7,17 \text{ cm}^2$$

$$\text{Usar } A_{sM(+)} = 7,17 \text{ cm}^2$$

$$A_{sM(-)} = \frac{0,85 * 280}{4 * 200} \left[(100 * 17,5) - \sqrt{(100 * 17,5)^2 - \frac{2 * 939,09 * 100}{0,003825 * 280}} \right] = 4,54 \text{ cm}^2$$

$$\text{Usar } A_{sM(-)} = 5,88 \text{ cm}^2$$

Separacion para $A_{sM(+)}$ con varillas No.4,

$$S = \frac{(1,2668) (100)}{7,17} = 17,66 \text{ cm}$$

$M_{(+)} = 4 571,92 \text{ kg-m} = A_s = 7,17 \text{ cm}^2$; usar varilla No. 4 @ 0,15 metros

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

$$S = \frac{(1,2668) (100)}{5,88} = 21,54 \text{ cm}$$

$M_{(-)} = 2 939,09 \text{ kg-m} = A_s = 8,78 \text{ cm}^2$; usar varilla No. 4 @ 0,20 metros

Acero por temperatura

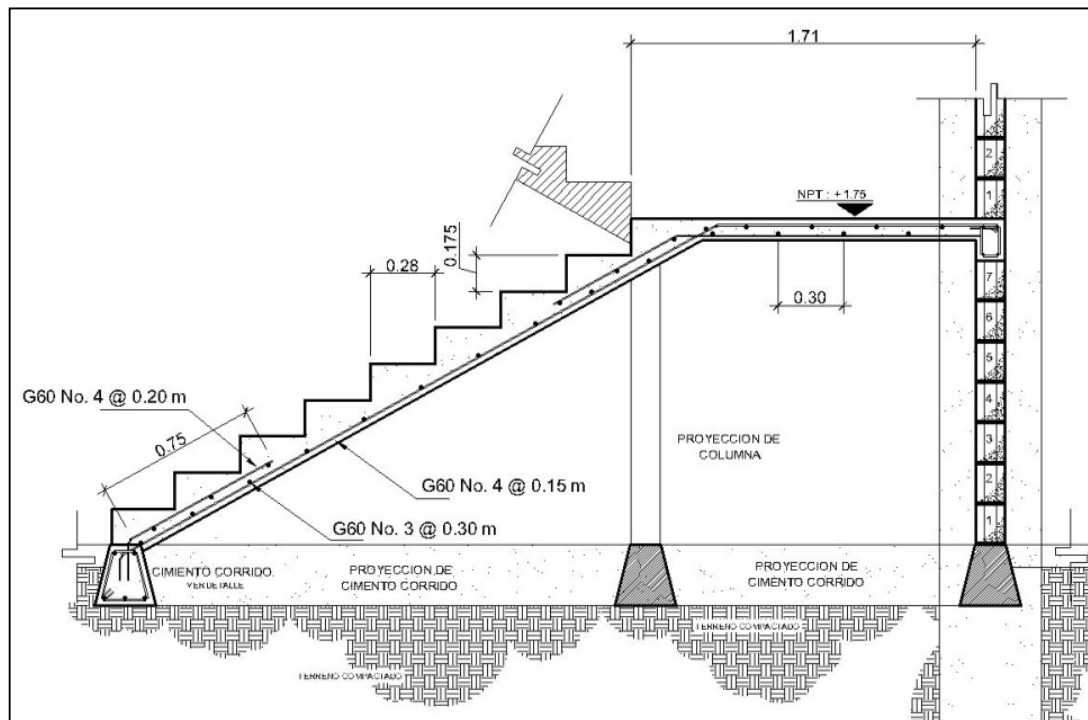
$$A_s = 0,002 * b * t = 0.002 (100) (20) = 4,00 \text{ cm}^2$$

$$S_{\max} = 2 * t = 2 * 20 = 40,00 \text{ cm}; \text{ Varilla No. 3 @ 0,30 metros}$$

El acero por temperatura debe colocarse en el otro sentido, tomando en consideración lo siguiente:

- Se debe alternar cuando exista cama doble de refuerzo principal
- Se coloca en el espacio formado por la cama superior e inferior del refuerzo principal.

Figura 58. **Detalle de armado de gradas**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

2.7. Instalaciones eléctricas

Para el diseño de la instalación eléctrica se implementó el método del índice del local, su fundamento principal consiste en clasificar el ambiente de acuerdo al dimensionamiento, iluminación y coeficientes de reflexión en techo, pared y piso; con base en los datos anteriormente mencionados, tablas y fórmulas definidas por el mismo, se pueden trabajar un diseño capaz de cumplir con los requisitos necesarios de funcionalidad y durabilidad.

A continuación se presenta el diseño de instalación eléctrica para un aula teórica.

- Luces (Lu) = 300 (según normas de diseño eléctrico UNE-EN 12464-1:2003. Iluminación de los lugares de trabajo. Parte I: lugares de trabajo en interior, página 28).
- Tipo de iluminación = directa (todo el flujo luminoso va hacia el suelo).
- Tipo de luz = fluorescente, tipo tubular (FD).
- Dimensiones del aula = 5,46 * 5,33 * 3,38 metros de altura.
- Coeficiente de reflexión:
 - Techos = 0,70 blanco, 0,50 claro y 0,30 medio
blanco = 0,70
 - Paredes = 0,50 claro, 0,30 medio y 0,10 oscuro
Color *Peach*, claro = 0,50

- Piso = 0,30 claro y 0,10 oscuro
Granito, claro = 0,30
- Factor de mantenimiento (f.m.) = 0,80 limpio y 0,60 sucio
Se utiliza un valor intermedio, f.m. = 0,70
- Coeficiente de Uso (CU) = 0,69
- Lúmenes:

$$\text{Lúmenes} = \frac{\text{Lu} * \text{área}}{\text{f.m.} * \text{c.u.}}$$

$$\text{Lúmenes} = \frac{300 (5,46 * 10,66)}{0,70 * 0,69}$$

$$\text{Lúmenes} = 18\ 075,65$$

El tubo fluorescente que se usará equivale a 3 000 lúmenes.

- Luminarias

$$\text{No de luminarias} = \frac{18\ 075,65}{3\ 000} = 6 \text{ luminarias por salón (tubos fluorescentes).}$$

Se usarán 4 lámparas 2 X 40W tipo industrial en cada salón, como se muestra en planos.

Para diseñar la cantidad de luminarias por circuito se debe saber a cuántos amperios equivale una lámpara de 2 X 40W. $2 \text{ tubos} * 40 \text{ watts} = 80 \text{ watts} / 120\text{v} = 0,66 \text{ amperios}$ cada lámpara.

Las especificaciones eléctricas, el cable conductor No. 12 AWG, TW puede transportar hasta 25 amperios. Se emplearán 10 lámparas por circuito para no sobrepasar la capacidad del cable conductor y se usará un *flip-on* de 20 amperios para cada circuito de iluminación.

Para el diseño de fuerza se deben de tomar en cuenta los aparatos eléctricos que podrían estar conectados a la vez en un aula y sumar los watts de cada aparato, en este caso fueron los siguientes:

- Computadora de escritorio (10 unidades por salón, 150 watts c/u) = 1 500 watts.
- Computadora portátil = 25 watts.
- Equipo de proyección = 250 watts.
- Router (Internet Wireless) = 10 watts.

Total = 1 785 watts

$1\,785 \text{ watts} / 120\text{v} = 15 \text{ amperios}$ por salón; 2 salones para cada circuito suman 30 amperios entonces se usará cable No. 10, debido a que este tiene una capacidad de transportar 45 amperios.

- Tubería y ductos

Se utilizara tubería plástica (poliducto), *conduit* de $\frac{3}{4}$ ", en caso de quedar enterrada o bajo tierra, se deberá proteger con concreto pobre, las uniones deberán ser completamente impermeables.

Finalmente se determinó según diseño, un tablero principal de tierra física neutro y tres tableros de distribución con tierra física aislada, para iluminación cuatro circuitos en el primer nivel, cuatro en el segundo y cuatro en el tercer nivel, cada circuito tiene un máximo de diez unidades (lámparas 2 x 40W, tipo industrial). La instalación eléctrica de fuerza, cuatro circuitos en el primer nivel, cuatro en el segundo y cuatro en el tercer nivel, con un máximo de diez unidades por circuito.

Datos:

10 lámparas de 2 X 40 watts = 800 watts

Voltaje = 120 v

Factor de seguridad = 0,95

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

$$I = \frac{800}{(0,95)(120)} = 7,02 \text{ A}$$

Cálculo del área del alambre:

$$A = \frac{2LI}{(\sum cu) * (e)} = \frac{(2) * (8) * (7,02)}{(57) * (3,6)} = 0,55 \text{ mm}^2$$

$$A = \pi * r^2 \quad \rightarrow r = \sqrt{\frac{A}{\pi}} = \sqrt{\frac{0,55}{\pi}} = 0,42 \text{ mm}$$

Por lo tanto, el radio es de 0,42 milímetros, 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 el uso.

2.8. Instalaciones hidráulicas

Agua potable

El diseño de la instalación hidráulica se realizara con el método de Hunter, el cual consiste en proponer un diámetro de tubería y calcular la presión necesaria para abastecer los artefactos sanitarios.

Caudal de gasto:

Cantidad de inodoros con tanque = 21

Unidad hunter por cada inodoro en servicio público = 5

Total = 21 * 5 = 105

Cantidad de salidas del inodoro = 1

Total = 21 * 1 = 21

Cantidad de lavamanos = 18

Unidad hunter por cada lavamanos en servicio público = 2

Total = $18 * 2 = 36$

Cantidad de salidas de cada lavamanos = 1

Total = $18 * 1 = 18$

Cantidad de orinales con llave = 9

Unidad hunter por cada orinal en servicio público = 3

Total = $9 * 3 = 27$

Cantidad de salidas de cada orinal = 1

Total = $9 * 1 = 9$

Total de unidades hunter = 168 UH (105 UH con tanque y 63 UH con válvula)

Total de salidas (n) = 48

Según tabla de diseño hidráulico e interpolación (ver figura 49), para 168 unidades hunter el $Q_i = 3,80$ l/s (1,71 unidades con tanque y 2,09 unidades con válvula).

Figura 59. **Gastos probables, método de Hunter (l/s)**

No.	Gasto		No.	Gasto	
	Tanque	Válvula		Tanque	Válvula
3	0.12	---	40	0.91	1.74
4	0.16	---	42	0.95	1.78
5	0.23	0.91	44	1.00	1.82
6	0.25	0.94	46	1.03	1.84
7	0.28	0.97	48	1.09	1.92
8	0.29	1.00	50	1.13	1.97
9	0.32	1.03	55	1.19	2.04
10	0.34	1.06	60	1.25	2.11
12	0.38	1.12	65	1.31	2.17
14	0.42	1.17	70	1.36	2.23
16	0.46	1.22	75	1.41	2.29
18	0.50	1.27	80	1.45	2.35
20	0.54	1.33	85	1.50	2.40
22	0.58	1.37	90	1.56	2.45
24	0.61	1.42	95	1.62	2.50
26	0.67	1.45	100	1.67	2.55
28	0.71	1.51	110	1.75	2.60
30	0.75	1.55	120	1.83	2.72
32	0.79	1.59	130	1.91	2.80
34	0.82	1.63	140	1.98	2.85
36	0.85	1.67	150	2.06	2.95
38	0.88	1.70	160	2.14	3.04

Fuente: RODRIGUEZ SOZA, Luis Carlos. Guía para las instalaciones sanitarias en edificios, p.50.

Datos sobre longitud crítica del sistema a analizar:

Longitud crítica del sistema a analizar = 56 m

Altura de artefacto crítico sobre el nivel de acometida = 7,51 m

Presión recomendada para inodoro según tabla de diseño hidráulico = 7 M.C.A

Hc (depende del tipo de contador, en este caso es tipo volumétrico) = 11 M.C.A.

Presión disponible = 25 psi

Pérdidas por fricción en accesorios, usando diámetro de 1/2":

Cantidad Codo 90 = 48

Longitud equivalente, según tabla de diseño hidráulico = 0,50

Total = $48 * 0,50 = 24,00$

Cantidad de Tee = 57

Longitud equivalente, según tabla de diseño hidráulico = 0,60

Total = $57 * 0,60 = 34,20$

Cheque pesado = 3

Longitud equivalente, según tabla de diseño hidráulico = 3,50

Total = $3 * 3,50 = 10,50$

Válvula de compuerta = 1

Longitud equivalente, según tabla de diseño hidráulico = 3,50

Total de pérdidas en accesorios = $24,00 + 34,20 + 10,50 + 3,50 = 70,40$ m

Caudal de diseño (Q_d) = $Q_i * 0,60 * K$

Donde K debe ser mayor que 0,20, en este caso se tomará 0,20

$Q_d = 3,80 \text{ l/s} * 0,60 * 0,20 = 0,456 \text{ l/s} = 0,000456 \text{ m}^3/\text{s}$

Cálculo de la presión necesaria para el artefacto más crítico:

Se propone tubería PVC de 1"

Diámetro en metros = 0,0254

Área de sección transversal (A_{st}) = $0,0005067 \text{ m}^2$

Velocidad = $Q_d / A_{st} = 0,000456 / 0,0005067 = 0,90 \text{ m/s}$

Energía cinética = $V^2 / 2g = (0,90^2) / (2 * 9,81) = 0,041$

Longitud equivalente = 56,00 + 70,40 = 126,40 m

Pérdidas por fricción según flamant (Ht)

$$H_t = 0,000545 * V_d^{7/4} * D^{-5/4}$$

$$H_t = 0,000545 * 0,90^{7/4} * 0,0254^{-5/4} = 0,045$$

Pérdida total (J_{tub}) = 126,40 * 0,045 = 5,688 m

Pérdida en medidor (J_{cont}) = $(Q_d / Q_n)^2 * H_c = (0,000456 / 0,0007)^2 * 11 = 4,66$ m

Q_n se obtuvo de tabla de diseño hidráulico

Presión necesaria (P_{nec})

$$P_{nec} = H_{art} + P_{rec} + (V^2 / 2g) + J_{tub} + J_{cont}$$

$$P_{nec} = 7,51 + 7,00 + 0,041 + 5,68 + 4,66 = 24,89 \text{ M.C.A.}$$

$$P_{nec} = 24,89 \text{ psi}$$

Debido a que la presión necesaria es inferior a la presión disponible, y la velocidad de diseño está en el rango aceptable, todo el sistema de agua potable será por medio de circuito cerrado, distribuido por una tubería de PVC \varnothing 1", y los abastos por medio de tubería PVC \varnothing 1/2".

Drenaje sanitario

Para el sistema sanitario se suman las unidades de descarga que se conectan al colector principal.

21 inodoros = 42 unidades hunter

9 uriniales = 18 unidades hunter

18 lavamanos = 36 unidades hunter

El total es de 96 unidades, se usará tubo de $\varnothing = 4''$, para ramal principal porque la norma establece que para ramales horizontales puede transportar hasta 160 unidades, y para descargas unitarias (por artefacto) de $\varnothing = 3''$ ya que este será menor a dicho ramal principal.

Drenaje pluvial

Para este proyecto se distribuirá la losa en tres áreas de 87,3 metros cuadrados cada una, con un desnivel de 1,5 % para conducir el agua hacia las bajadas de agua. Para el diseño se debe de considerar la intensidad de lluvia de la zona y tomar en cuenta que alcanza su nivel máximo durante los primeros cinco minutos.

Datos:

Pendiente = 1,5 %

Área tributaria = $87,30 \text{ m}^2 = 0,008730$ hectáreas

Tiempo de concentración $t = 5$ 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 ciudad de Guatemala (zona atlántica) en 20 años:

$$I = \frac{4604}{(t+24)}$$

Encontrando intensidad:

$$I = \frac{4\,604}{(5+24)} = 158,76 \text{ mm/h}$$

Caudal de diseño:

$$Q_{di} = \frac{CIA}{360}$$

$$Q_{di} = \frac{0,90 * 158,76 * 0,008730}{360} = 0,00346 \text{ m}^3/\text{s} = 3,46 \text{ l/s}$$

Encontrando la velocidad de flujo de sección llena:

$$V = \frac{0,03429 * D^{2/3} * S^{1/2}}{n}$$

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

Área de sección de tubería:

$$A = 5,067 * E^{-10} * D^2$$

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

Caudal de sección llena:

$$Q = A * V = (0,00456) * (0,87)$$

$$Q = 0,00396 \text{ m}^3/\text{s} = 3,96 \text{ l/s}$$

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

2.9. Planos constructivos

Los planos son un medio de comunicación gráfica. Estos surgen para transmitir a los constructores las instrucciones y descripciones necesarias sobre la forma y el tamaño de los edificios o estructuras y para la elaboración del presupuesto necesaria para la ejecución.

Los planos que se elaboraron se dividen en: planos arquitectónicos, planos de acabados, planos estructurales y planos de instalaciones.

2.10. Presupuesto

Es un cálculo estimado y como su nombre lo indica, presupuesto del gasto o del costo de una obra. Este sirve como un parámetro de lo que se va a gastar y de las cantidades de trabajo a cubrir, el objetivo general es lograr la eficiencia y equidad.

Todo presupuesto, se conforma de dos incisos fundamentales:

- Costos directos: estará conformado por la suma de los valores, de los materiales, mano de obra, herramienta y equipo necesario para la realización de un proceso constructivo.
- Costos indirectos: será la suma de los gastos técnico administrativos necesarios, para la correcta realización de cualquier proceso productivo.

Para la elaboración del presupuesto, se encontraron las cantidades de trabajo, se calcularon los costos directos y para los indirectos se aplicó un 35 % sobre los precios unitarios, en los cuales se incluyen los gastos técnico administrativo, de supervisión y utilidades.

2.10.1. Cantidades de trabajo

Es el desglose de las diferentes etapas de la producción, con el fin de determinar el orden de ejecución lógico, estas también se utilizan en la integración de costos o precios unitarios.

2.10.2. Integración de precios unitarios

Es el precio por unidad de medida o unidad de pago, que se obtiene por medio de la integración del costo directo y el costo indirecto.

2.10.3. Resumen de presupuesto

Se realiza un resumen para conceptualizar cada gasto y cantidad de trabajo a realizar, con el objetivo de mantenerse y acoplarse el presupuesto disponible para la ejecución.

Tabla VII. Presupuesto de edificación para cabecera municipal

PRESUPUESTO PARA EDIFICACION EN CABECERA MUNICIPAL					
NO	REGLON	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO REGLON
1	TRABAJOS PRELIMINARES				
1,1	Limpieza	m ²	262	Q 59,30	Q 15 536,60
1,2	Instalaciones provisionales	m ²	30	Q 225,00	Q 6 750,00
1,3	Trazo y estaqueado	m	97,11	Q 33,50	Q 3 253,19
2	CIMENTACION				
2,1	Excavación y relleno de zapata	unidad	16	Q 35,00	Q 560,00
2,2	Excavación y relleno cimiento corrido	m	114,7	Q 53,00	Q 6 079,10
2,3	Zapatas Z-1	UNIDAD	16	Q 7 935,66	Q 126 970,56
2,4	Cimiento corrido	m	114,7	Q 193,50	Q 22 194,45
2,5	Solera de Amarre	m	114,7	Q 163,25	Q 18 724,78
3	MUROS COLUMNAS VIGAS Y LOSA				
3,1	Levantado de block de 0,14 x 0,19 x 0,39	m ²	1147	Q 177,32	Q 203 386,04
3,2	Columnas C1	m	88	Q 1 129,30	Q 99 378,40
3,3	Columnas C2	m	56	Q 909,58	Q 50 936,48
3,4	Columnas C3	m	56	Q 607,49	Q 34 019,44
3,5	Columnas C4	m	516,2	Q 219,30	Q 113 202,66
3,6	Columnas C5	m	464	Q 174,66	Q 81 042,24
3,7	Solera Intermedia	m	344,1	Q 159,68	Q 54 945,89
3,8	Solera Corona	m	229,4	Q 83,65	Q 19 189,31
3,9	Viga V1	m	97,11	Q 698,90	Q 67 870,18
3,10	Viga V2	m	97,11	Q 593,42	Q 57 627,02
3,11	Viga V3	m	97,11	Q 468,55	Q 45 500,89
3,12	Losa 1er, nivel	m ²	248,25	Q 598,90	Q 148 676,93
3,13	Losa 2do, nivel	m ²	248,25	Q 493,50	Q 122 511,38
3,14	Losa 3cer, nivel	m ²	262	Q 438,40	Q 114 860,80
3,15	Pañuelos	m ²	262	Q 70,09	Q 18 363,58

Continuación de la tabla VII.

4	MODULO DE GRADAS				
4,1	Gradas	global	1	Q10 596,35	Q 10 596,35
5	PISOS VENTANERÍA Y PUERTAS				
5,1	Colocación de piso de granito	m ²	756	Q 263,00	Q198 828,00
5,2	Ventanería con marco de aluminio y balcón metálico	m ²	201,98	Q 969,00	Q195 718,62
5,3	Puerta P-1	unidad	7	Q 1 606,00	Q 11 242,00
5,4	Puerta P-2	unidad	21	Q 399,60	Q 8 391,60
5,5	Puerta P-3	unidad	2	Q 1 590,55	Q 3 181,10
5,6	Puerta P-4	unidad	3	Q 1 205,66	Q 3 616,98
5,7	Puerta P-5	unidad	1	Q 1 357,00	Q 1 357,00
5,8	Puerta P-6	unidad	1	Q 1 450,00	Q 1 450,00
5,9	Puerta P-7	unidad	6	Q 1 096,00	Q 6 576,00
6	INSTALACIONES ELÉCTRICAS				
6,1	Iluminación	global	1	Q32 594,28	Q 32 594,28
6,2	Fuerza	global	1	Q11 172,20	Q 11 172,20
7	INSTALACIONES DE AGUA Y DRENAJES				
7,1	Instalación de agua potable	global	1	Q23 610,60	Q 23 610,60
7,2	Instalación de drenajes sanitarios	global	1	Q18 227,65	Q 18 227,65
7,3	Instalación de drenajes pluviales	global	1	Q 8 767,36	Q 8 767,36
8	ACABADOS				
8,1	Repello en cielo y paredes e = 3 cm pintura color <i>peach</i> en muros interiores	m ²	1465,77	Q 69,14	Q 101 343,34
8,2	Colocación de azulejo	m ²	134,85	Q 75,20	Q 10 140,72
8,3	Fachaleta en muros exteriores	m ²	477,79	Q 172,69	Q 82 509,56
8,4	Cemido y blanqueado en columnas (interiores) y vigas (solo exteriores) e = 5 cm	m ²	159,62	Q 82,30	Q 13 136,73
COSTO TOTAL DEL PROYECTO					Q2 174 039,97

Fuente: elaboración propia.

2.11. Cronograma de ejecución físico y financiero

Es la concatenación de actividades calendarizadas consistentes en desarrollar un proyecto, tomando como sustentación del mismo el tiempo de ejecución e inversión económica necesaria para el desarrollo. Además, permite planificar y controlar los resultados y avances de corto, mediano y largo plazo.

Tabla VIII. Cronograma de ejecución e inversión para edificación

No.	Descripción.	Cant.	Und.	% inv.	% acu.	mes 1				mes 2				mes 3			
						1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
TRABAJOS PRELIMINARES																	
1,1	Limpieza	semana Q,	262,00	m ²	0,71%	0,71%	■										
							Q	15 536,60									
1,2	Instalaciones provisionales	semana Q,	30,00	m ²	0,31%	1,03%	■										
							Q	6 750,00									
1,3	Trazo y estaqueado	semana Q,	97,11	m	0,15%	1,17%		■									
							Q	3 253,19									
CIMENTACION																	
2,1	Excavación y relleno de zapata	semana Q,	16,00	unidad	0,03%	1,20%	■	■									
							Q	560,00									
2,2	Excavación y relleno cimiento corrido	semana Q,	114,70	m	0,28%	1,48%			■	■							
							Q	3 039,55	Q	3 039,55							
2,3	Zapatas Z-1	semana Q,	16,00	unidad	5,84%	7,32%				■	■	■	■				
									Q	126 970,56							
2,4	Cimiento corrido	semana Q,	114,70	m	1,02%	8,34%				■	■	■	■				
									Q	22 194,45							
2,5	Solera de Amarre	semana Q,	114,70	m	0,86%	9,20%				■	■	■	■				
									Q	18 724,78							

Continuación de la tabla VIII.

No.	Descripción.	Cant.	Und.	% inv.	% acu.	mes 2				mes 3				mes 4				
						1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
MUROS COLUMNAS VIGAS Y LOSA																		
3,1	Levantado de block de 0,14 x 0,19 x 0,39	semana Q,	1147,00	m ²	9,36%	18,56%												
							Q 81 354,42				Q 61 015,81				Q 61 015,81			
3,2	Columnas C1	semana Q,	88,00	m	4,57%	23,13%												
							Q 79 502,72				Q 19 875,68							
3,3	Columnas C2	semana Q,	56,00	m	2,34%	25,47%												
											Q 40 749,18				Q 10 187,30			
3,4	Columnas C3	semana Q,	56,00	m	1,56%	27,04%												
															Q 27 215,55			
3,5	Columnas C4	semana Q,	516,20	m	5,21%	32,24%												
							Q 56 601,33				Q 37 734,22				Q 18 867,11			
3,6	Columnas C5	semana Q,	464,00	m	3,73%	35,97%												
							Q 48 625,34				Q 32 416,90							
3,7	Solera Intermedia	semana Q,	344,10	m	2,53%	38,50%												
							Q 21 978,36				Q 16 483,77				Q 16 483,77			
3,8	Solera Corona	semana Q,	229,40	m	0,88%	39,38%												
							Q 5 756,79				Q 5 756,79				Q 5 756,79			
3,9	Viga V1	semana Q,	97,11	m	3,12%	42,50%												
							Q 13 574,04				Q 54 296,14							
3,1	Viga V2	semana Q,	97,11	m	2,65%	45,15%												
											Q 23 050,81				Q 34 576,21			
3,11	Viga V3	semana Q,	97,11	m	2,09%	47,25%												
															Q 18 200,36			
3,12	Losa 1er, nivel	semana Q,	248,25	m ²	6,84%	54,09%												
											Q 148 676,93							
3,13	Losa 2do, nivel	semana Q,	248,25	m ²	5,64%	59,72%												
															Q 122 511,38			
3,14	Losa 3cer, nivel	semana Q,	262,00	m ²	5,28%	65,00%												
3,15	Pañuelos	semana Q,	262,00	m ²	0,84%	65,85%												

Continuación de la tabla VIII.

No.	Descripción.	Cant.	Und.	% inv.	% acu.	mes 5				mes 6							
						1	2	3	4	1	2	3	4				
MUROS COLUMNAS VIGAS Y LOSA																	
3,1	Levantado de block de 0,14 x 0,19 x 0,39	semana Q,	1147,00	m ²	9,36%	18,56%											
3,2	Columnas C1	semana Q,	88,00	m	4,57%	23,13%											
3,3	Columnas C2	semana Q,	56,00	m	2,34%	25,47%											
3,4	Columnas C3	semana Q,	56,00	m	1,56%	27,04%											
							Q	6 803,89									
3,5	Columnas C4	semana Q,	516,20	m	5,21%	32,24%											
3,6	Columnas C5	semana Q,	464,00	m	3,73%	35,97%											
3,7	Solera Intermedia	semana Q,	344,10	m	2,53%	38,50%											
3,8	Solera Corona	semana Q,	229,40	m	0,88%	39,38%											
							Q	1 918,93									
3,9	Viga V1	semana Q,	97,11	m	3,12%	42,50%											
3,1	Viga V2	semana Q,	97,11	m	2,65%	45,15%											
3,11	Viga V3	semana Q,	97,11	m	2,09%	47,25%											
							Q	27 300,53									
3,12	Losa 1er, nivel	semana Q,	248,25	m ²	6,84%	54,09%											
3,13	Losa 2do, nivel	semana Q,	248,25	m ²	5,64%	59,72%											
3,14	Losa 3cer, nivel	semana Q,	262,00	m ²	5,28%	65,00%											
							Q	86 145,60	Q	28 715,20							
3,15	Pañuelos	semana Q,	262,00	m ²	0,84%	65,85%											
									Q	18 363,58							

Continuación de la tabla VIII.

No.	Descripción.	Cant.	Und.	% inv.	% acu.	mes 4				mes 5				mes 6				
						1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
MODULO DE GRADAS																		
4,1	Gradas	semana Q,	1,00	global	0,49%	66,34%												
						Q	3 532,12				Q	3 532,12						
PISOS VENTANERÍA Y PUERTAS																		
5,1	Colocación de piso de granito	semana Q,	756,00	m ²	9,15%	75,48%												
						Q	79 531,20				Q	39 765,60						
5,2	Ventanería con marco de aluminio y balcón metálico	semana Q,	201,98	m ²	9,00%	84,48%												
						Q	65 239,54				Q	65 239,54						
5,3	Puerta P-1	semana Q,	7,00	unidad	0,52%	85,00%												
						Q	3 747,33				Q	3 747,33						
5,4	Puerta P-2	semana Q,	21,00	unidad	0,39%	85,39%												
						Q	2 797,20				Q	2 797,20						
5,5	Puerta P-3	semana Q,	2,00	unidad	0,15%	85,53%												
						Q	1 060,37				Q	1 060,37						
5,6	Puerta P-4	semana Q,	3,00	unidad	0,17%	85,70%												
						Q	1 205,66				Q	1 205,66						
5,7	Puerta P-5	semana Q,	1,00	unidad	0,06%	85,76%												
						Q	452,33				Q	452,33						
5,8	Puerta P-6	semana Q,	1,00	unidad	0,07%	85,83%												
						Q	483,33				Q	483,33						
5,9	Puerta P-7	semana Q,	6,00	unidad	0,30%	86,13%												
						Q	2 192,00				Q	2 192,00						
INSTALACIONES ELÉCTRICAS																		
6,1	Iluminación	semana Q,	1,00	global	1,50%	87,63%												
						Q	2 716,19				Q	10 864,76						
6,2	Fuerza	semana Q,	1,00	global	0,51%	88,14%												
						Q	931,02				Q	3 724,07						

Continuación de la tabla VIII.

No.	Descripción.	Cant.	Und.	% inv.	% acu.	mes 1				mes 2				mes 3				
						1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
INSTALACIONES DE AGUA Y DRENAJES																		
7,1	Instalación de agua potable	semana Q,	1,00	global	1,09%	89,23%												
							Q 7 870,20				Q 7 870,20							
7,2	Instalación de drenajes sanitarios	semana Q,	1,00	global	0,84%	90,07%												
							Q 6 075,88				Q 6 075,88							
7,3	Instalación de drenajes pluviales	semana Q,	1,00	global	0,40%	90,47%												
ACABADOS																		
8,1	Repello en cielo y paredes e = 3 cm pintura color peach en muros interiores	semana Q,	1465,77	m ²	0,04662	95,13%												
8,2	Colocación de azulejo	semana Q,	134,85	m ²	0,47%	95,60%												
8,3	Fachaléta en muros exteriores	semana Q,	477,79	m ²	3,80%	99,40%												
8,4	Cernido y blanqueado en columnas (interiores) y vigas (solo exteriores) e = 5 cm	semana Q,	159,62	m ²	0,60%	100,00%												
AVANCE FINANCIERO							Q 50 379,83				Q 630 387,48				Q 480 414,27			
AVANCE ACUMULADO							Q 50 379,83				Q 680 767,31				Q 1 161 181,59			

Para este proyecto la evaluación será por medio de la matriz de riesgo.

Tabla IX. **Boleta de identificación y evaluación riesgo para edificación**

Boleta de Identificación y Evaluación de Riesgo en Proyectos de Inversión Pública.																
Proyecto: Edificio para biblioteca municipal en la cabecera municipal, Santa Catarina Pinula																
Localización: SANTA CATARINA PINULA																
Identificación y Evaluación de Riesgo Programas / Proyectos			N.A.	Expuesto al evento	Genera el evento											
						Nula		Mínima		Moderada		Severa		Baja		Media
Origen del	Factor	Tipo de Evento				Amenaza				Vulnerabilidad				R = amenaza +		
						0	4	8	10	2	4	8	10			
Naturales	Meteorológicos	Huracanes, ciclones y tifones				0									0	
		Tornados (vientos fuertes)				0										0
		Tormenta tropical						8				4				32
		Onda térmica fría				0										0
		Onda térmica cálida				0										0
		Inundaciones				0										0
		Sequías que provocan pérdidas agrícolas				0										0
	Otros: Especifique														0	
	Topográficos ó Geotécnicos	Derrumbes				0										0
		Deslizamientos						8				4				32
		Lahares				0										0
		Flujos de lodo y agua				0										0
	Tectónicos ó Geológicos	Otros														0
		Terremotos (sismos)						8				8				64
Erupciones volcánicas					0										0	
Maremotos (tsunamis)					0										0	
Otros					0										0	
Antrópico - Social	Derechos humanos	Violación de derechos humanos				0									0	
		Genera pobreza y exclusión social				0									0	
		Genera discriminación (género, étnia, discapacidad)				0									0	
		Ocurrencia de epidemias				0									0	
	Seguridad ciudadana	Otros													0	
		Asesinatos y crímenes				0									0	
		Delincuencia organizada				0									0	
		Delincuencia común						8				4			32	
		Conflictos limítrofes				0									0	
		Ocurrencia de guerra				0									0	
	Entorno político económico-social	Ocurrencia de terrorismo				0									0	
		Otros													0	
		Crisis política (pérdida democracia)				0									0	
		Crisis gobernabilidad (alteración orden público)				0									0	
		Crisis económica (empobrecimiento)						4				4			16	
	Manejo del ambiente	Crisis social (conflictos entre pobladores)				0									0	
		Otros													0	
		Destrucción de hábitats naturales.				0									0	
Radiación solar intensa					0									0		
Descarga de sólidos y líquidos a cuerpos de agua					0									0		
Descarga de partículas sólidas al aire					0									0		
Contaminación por ruido superior a 90 DB					0									0		
Contaminación de suelos					0									0		
Sobreexplotación de recursos naturales					0									0		
Desertificación				0									0			
Incendios forestales				0									0			
Otros													0			

3. DISEÑO DEL PAVIMENTO PARA EL SECTOR 6, ALDEA EL CARMEN

3.1. Descripción del proyecto a desarrollar

El proyecto a desarrollar es el diseño de un pavimento rígido de cemento Portland, empezando desde trabajos preliminares, diseño, presupuesto y cronograma de actividades.

3.2. Documentación bibliográfica

El diseño de un pavimento requiere una previa identificación de las necesidades que deben de ser cubiertas y de los recursos disponibles, para seleccionar el tipo de pavimento a implementar.

3.2.1. Definición de pavimentos

Un pavimento es una estructura cuya función primaria es distribuir las cargas concentradas de las ruedas de los vehículos, de manera que el suelo subyacente pueda soportarlas si falla o deformación excesiva. Las condiciones que debe de reunir un pavimento son: una superficie uniforme, no resbaladiza, que resista la intemperie y que proteja y prevenga que el suelo pierda las propiedades a causa de factores externos, como sol, lluvias y frío.

3.2.2. Tipo de pavimentos

Existen dos tipos de pavimentos, los rígidos y los flexibles, siendo la principal diferencia entre ambos la forma en que distribuyen la carga.

3.2.2.1. Pavimentos flexibles

Este tipo de pavimentos se caracterizan por estar constituidos con asfaltos y en los que, la carpeta de rodadura produce una mínima distribución de cargas, las cuales se distribuyen por el contacto de partícula a partícula, en todo el espesor del pavimento.

3.2.2.2. Pavimentos rígidos

Este tipo de pavimentos se caracterizan por estar constituidos con losas de concreto, el que debido a la consistencia y alto módulo de elasticidad, utiliza la acción de viga para distribuir la carga en un área de suelo relativamente grande. En este tipo de pavimento la mayor parte de capacidad estructural es proporcionada por la losa de concreto. Estos pavimentos proporcionan muchos años de servicio con un mantenimiento relativamente bajo.

3.2.3. Elementos estructurales de un pavimento

Son las distintas capas de las que se ve conformado un pavimento, teniendo funciones de estabilización, protección y distribución de cargas, entre dichas capas están la subrasante, subbase, base y carpeta de rodadura.

3.2.3.1. Subrasante

Es la capa de terreno de una carretera, que soporta la estructura del pavimento y que se extiende hasta una profundidad tal que no le afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto. La función es servir de soporte para el pavimento después de ser estabilizada, homogenizada y compactada. Dependiendo de las características puede soportar directamente la capa de rodadura de un pavimento rígido.

3.2.3.2. Subbase

Es la capa de la estructura del pavimento, destinada fundamentalmente a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad el efecto de las cargas del tránsito proveniente de las capas superiores del pavimento, de tal manera que el suelo de subrasante las pueda soportar.

Está constituida por una capa de material selecto o estabilizado, de un espesor compactado, según las condiciones y características de los suelos existentes en la subrasante, pero en ningún caso menor de 10 centímetros ni mayor de 70 centímetros.

3.2.3.2.1. Funciones y características de la subbase

Normalmente es muy necesaria y casi siempre las condiciones de la subrasante la exigen, las funciones son:

- Eliminar la acción de bombeo.

- Aumentar el valor soporte y proporcionar una resistencia más uniforme a los de concreto.
- Hacer mínimos los efectos de cambio de volumen en los suelos de la subrasante.

La capa de subbase común debe estar constituida por materiales de tipo granular en el estado natural o mezclados, que formen y produzcan un material que llene los requisitos siguientes:

- Valor soporte. El material debe tener un CBR, AASHTO T 193, mínimo de 30, efectuado sobre muestras saturadas a 95 por ciento de compactación, AASHTO T 180.
- Piedras grandes y exceso de finos. El tamaño de las piedras que contenga el material de subbase, no debe exceder de 70 milímetros ni exceder de $\frac{1}{2}$ espesor de la capa. El material de subbase no debe tener más del 50 % en peso, de partículas que pasen el tamiz # 40 (0,425 milímetros), ni más del 25 % en peso, de partículas que pasen el tamiz # 200 (0,075 milímetros).
- Plasticidad y cohesión. El material de subbase debe tener las características siguientes:
 - Equivalente de arena. No debe ser menor de 25 por ciento, determinado por el método AASHTO T 176.
 - Plasticidad. La porción que pasa el tamiz # 40 (0,425 milímetros), no debe de tener un índice de plasticidad AASHTO T 90, mayor de

6 ni un límite líquido, AASHTO T 89, mayor de 25, determinados ambos, sobre muestra preparada en húmedo, AASHTO T 146, cuando las disposiciones especiales lo indiquen expresamente, el índice de plasticidad puede ser más alto, pero en ningún caso mayor de 8.

- Impurezas. El material de subbase debe estar exento de materias vegetales, basuras, terrones de arcilla, o sustancias que incorporadas dentro de la capa subbase puedan causar fallas en el pavimento.

3.2.3.3. Base

Constituye la capa intermedia entre la capa de rodamiento y la subbase. Generalmente se la usa en los pavimentos flexibles. Esta capa permite reducir los espesores de carpeta, dada su función estructural importante al reducir los esfuerzos cortantes que se transmiten hacia las capas inferiores. Además cumple una función drenante del agua atrapada dentro del cuerpo del pavimento.

El espesor no debe ser mayor de 30 centímetros ni menor de 10 centímetros, según normas de la Dirección General de Caminos.

3.2.3.3.1. Funciones y características de la base

Las bases pueden ser de materiales granulares tales como piedra o grava triturada, de arena y grava, de mezcla o estabilizaciones mecánicas de suelos y agregados, o bien suelo-cemento, e inclusive de productos bituminosos y agregados pétreos. El espesor varía entre 10 y 30 centímetros. Las funciones

de la base en los pavimentos de concreto en su orden de prioridad son como sigue:

- Para prevenir el bombeo.
- Ayudar a controlar los cambios de volumen (hinchamiento y encogimiento) en suelos susceptibles a sufrir este tipo de cambios.
- Proporcionar una superficie uniforme para el soporte de las losas.
- Aumentar la capacidad estructural del pavimento.

Requisitos que debe cumplir un material para base granular:

- Valor soporte. Debe tener un CBR determinado por el método AASHTO T 193 mínimo de 70 por ciento efectuado sobre una muestra saturada a 95 por ciento de compactación determinada por el método AASTHO T 180 y un hinchamiento máximo de 0,5 por ciento en el ensayo efectuado según AASTHO T 193.
- Abrasión. La porción de agregado retenida en el tamiz # 4 (4,75 milímetros), no debe tener un porcentaje de desgaste por abrasión determinado por el método AASTHO T 96, mayor del 50 a 500 revoluciones.
- Partículas planas o alargadas. No más del 25 por ciento en peso del material retenido en el tamiz # 4 (4,75 mm), pueden ser partículas planas o alargadas, con una longitud mayor de cinco veces el espesor promedio de dichas partículas.

- Impurezas. El material de base granular debe estar exento de materias vegetales, basura, terrones de arcilla o sustancias que incorporadas dentro de la capa de subbase o base granular pueden causar fallas en el pavimento.
- Plasticidad y cohesión. El material de la capa base granular en el momento de ser colocado en la carretera, no debe tener en la fracción que pasa el tamiz # 40 (0,425 mm), incluyendo el material de relleno, un índice de plasticidad mayor de 6 para la base, determinado por el método AASHTO T 90, ni un límite líquido mayor de 25 tanto para la base, según AASHTO T 89, determinados ambos sobre muestra preparada en húmedo de conformidad con AASHTO T 146.
- Graduación. El material para capa de base granular debe llenar los requisitos de graduación, determinada por los métodos AASHTO T 27 y AASHTO T 11, para el tipo que se indique en las disposiciones especiales.
- Equivalente de arena. El equivalente de arena no debe ser menor de 30 tanto para base, según AASHTO T 176.

3.2.3.3.2. Tipos de bases

Las bases pueden ser granulares, o bien estar constituidas por mezclas bituminosas o mezclas estabilizadas con cemento u otro ligante.

- Base de grava o piedra triturada: son bases de materiales provenientes de la explotación de minas, de roca o de pedreras naturales.

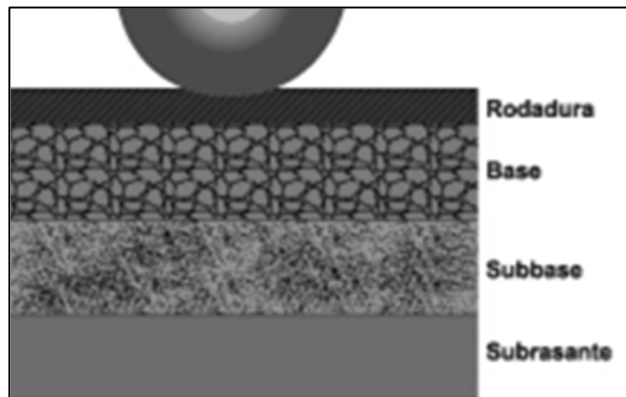
- Base de grava y suelo: los materiales utilizados para este tipo de base, pueden encontrarse en estado natural o provenir de la mezcla de gravas con suelos.
- Base de arena arcilla: son mezclas que debidamente proporcionadas tienen considerable resistencia a la desintegración cuando han sido compactadas con la humedad óptima la máxima densidad. En estas condiciones llegan a tener alto valor soporte arriba del 80 % de C.B.R.
- Base de suelo cemento: estas bases surgen de las mezclas de determinados suelos con cemento portland, llegan a ser altamente resistentes a la desintegración, con un valor soporte CBR arriba del 80 %, posterior a su colocación se puede poner la carpeta de rodadura.

3.2.3.4. Carpeta de rodadura

La función primordial es de proteger la base impermeabilizando la superficie, para evitar así, posibles infiltraciones del agua de lluvia que podría saturar total o parcialmente las capas inferiores. Además, evita que se desgaste o se desintegre la base a causa de los vehículos.

Puede estar constituida por una mezcla bituminosa, si es pavimento flexible; por una losa de concreto, si es pavimento rígido o por adoquines si es pavimento semiflexible.

Figura 60. **Capas de un pavimento**



Fuente: www.lanamme.ucr.ac.cr. Consulta: agosto de 2013.

3.2.4. Maquinaria y equipo

Son todas aquellas herramientas indispensables en la edificación de un proyecto de pavimentación.

3.2.4.1. Maquinaria utilizada en movimiento de tierras

- Moto niveladora: la moto niveladora como el nombre lo indica se utiliza para la nivelación del terreno antes de la compactación del suelo. La moto niveladora ofrece tres configuraciones básicas.

Dependiendo el tipo de trabajo que realice, se puede escoger entre caballaje fijo, caballaje variable o con su tracción frontal. Con la articulación, radio de giro y eficiencia de combustible se cumple el objetivo de hacer un movimiento de tierras más eficiente.

Figura 61. **Moto niveladora**



Fuente: Hanomag patagonia S.A.

- Dumpers: los dumpers permiten una forma eficiente y económica de mover material dentro de la zona de trabajo. el radio de giro cerrado permite que estas máquinas trabajen en lugares confinados con perfecta confianza.

Figura 62. **Dumper**



Fuente: Maquinaria del Leo S.A. Uromac.

3.2.4.2. Maquinaria utilizada en compactación de suelos

- Plancha vibradora: de conducción manual y de uso muy común para la compactación de suelos. El uso primordial es sobre suelos del tipo granular, es decir no cohesivos, hasta inclusive suelos levemente cohesivos.

Figura 63. **Plancha vibradora**



Fuente: Hansa, industria y construcción.

- Vibroapisonadores: conocidos también como pisones rápidos de carrera larga, son accionados por lo general por motores de gasolina o diesel y en caso de aplicaciones especiales por motores eléctricos. El efecto de compactación causado por un vibroapisonador depende del número de golpes por minuto, del trabajo de impacto por golpe, la altura de salto y de pisón del mismo.

Figura 64. **Vibroapisonador**



Fuente: Compañía guatemalteca de maquinaria, COGUMA.

- Rodillo vibratorio: se usan en pequeños trabajos de compactación, construcción de aceras, aparcamientos, reparación de carreteras, tramos asfálticos pequeños, zanjas, etc. La compactación se da debido al gran peso y a la vibración causada por la acción de oscilaciones, dirigen fuerzas dinámicas dentro del material a compactar resultando de esta forma una compactación más efectiva y con una penetración mayor.

Figura 65. **Rodillo vibratorio**



Fuente: Compañía guatemalteca de maquinaria, COGUMA.

3.2.4.3. Maquinaria utilizada en pavimentación

- Mezcladoras de concreto: son máquinas diseñadas para mezclar grandes cantidades de concreto y son impulsadas por motores de gasolina o eléctricos, la capacidad oscila entre 42 y 84 litros. Los tambores pueden ser o no inclinables y giran sobre un eje horizontal.

Figura 66. **Mezcladora de concreto liviana**



Fuente: Grupo Cipsa, Guatemala.

Figura 67. **Mezcladora de concreto carmix 3,5TT**



Fuente: Distribuidora rock & dirt.

3.3. Ensayos de suelos para pavimentos

En todo proyecto de pavimentación a realizar se debe tener conocimiento de las características del suelo. El diseño del pavimento se basa en los resultados de los ensayos de laboratorio efectuados con material de suelo del lugar del proyecto.

3.3.1. Toma de muestras

La toma de muestras de suelos es una tarea muy importante de la que depende el valor de los análisis y debe ser representativa por lo que debe efectuarse de acuerdo con un método normalizado.

3.3.2. Granulometría

El conocimiento de la composición granulométrica de un suelo grueso, sirve para discernir sobre la influencia que puede tener en la densidad del material compactado.

El análisis granulométrico se refiere a la determinación de la cantidad en porcentaje de los diversos tamaños de las partículas que constituyen el suelo. Para el conocimiento de la composición granulométrica de un determinado suelo existen diferentes procedimientos. Para clasificar por tamaños las partículas gruesas el procedimiento más expedito es el del tamizado. Sin embargo, al aumentar la finura de los granos el tamizado se hace cada vez más difícil, teniendo entonces que recurrir a procedimientos por sedimentación.

3.3.3. Límites de Atterberg

Sirven para determinar, las propiedades plásticas de suelos arcillosos o limosos. Los límites de Atterberg de los suelos, están representados por el contenido de humedad, y se conocen como: límite líquido y límite plástico.

3.3.3.1. Límites líquido

El límite líquido es una medida de la resistencia al corte del suelo a un determinado contenido de humedad. Las investigaciones muestran que el límite líquido aumenta a medida que el tamaño de los granos o partículas presentes en el suelo disminuyen.

Está expresado en porcentaje con respecto al peso seco de la muestra utilizada para el ensayo.

3.3.3.2. Límites plástico

Es el estado límite de suelo ya un poco endurecido, pero sin llegar a ser semisólido. El límite plástico es el contenido de humedad por debajo del cual el suelo se comporta como un material plástico.

Está expresado en porcentaje con respecto al peso seco de la muestra utilizada para el ensayo.

3.3.3.3. Índice plástico

El índice plástico es la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico.

$$I. \text{ plástico} = L. \text{ líquido} - L. \text{ plástico}$$

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

- I. Plástico = 0, suelo no plástico
- I. Plástico entre 0 y 7, es un suelo que tiene baja plasticidad
- I. Plástico entre 7 y 17, es un suelo de mediana plasticidad
- I. Plástico mayor de 17, es un suelo altamente plástico

Un suelo que se utiliza como base de un pavimento, no debe tener un índice plástico menor de 6, siendo al máximo permitido de 9.

3.3.4. Ensayo de compactación (proctor modificado)

Se entiende por compactación de los suelos al mejoramiento artificial de las propiedades mecánicas por medios mecánicos. La importancia de la compactación de los suelos estriba en el aumento de resistencia y disminución de capacidad de deformación que se obtienen al aplicar al suelo técnicas convenientes que aumenten el peso específico seco disminuyendo sus vacíos.

Este sirve para calcular la humedad óptima de compactación, que es cuando alcanzará la máxima compactación.

3.3.5. Ensayo de valor soporte CBR

El ensayo conocido como Californian Bearing Ratio (CBR) es un índice de la resistencia del suelo al esfuerzo cortante, en condiciones determinadas de compactación y humedad. Se expresa en porcentaje de la carga requerida, para producir la misma penetración, en una muestra estándar de piedra triturada.

Para este ensayo es necesario conocer la humedad óptima y la humedad actual del suelo, para así poder determinar la cantidad de agua que se añadirá a la muestra de suelo.

3.3.6. Ensayo de equivalente de arena

Esta prueba es para evaluar de manera cualitativa la cantidad y actividad de los finos presentes en los suelos por utilizar.

Se hace con el fin de conocer el porcentaje relativo de finos plásticos que contienen los suelos y lo agregados pétreos.

Este ensayo se lleva a cabo principalmente, cuando se trata de materiales que se usarán como base, subbase, o ya sea como materiales de bancos de préstamo.

3.3.7. Resultado de los ensayos realizados

Los resultados de los ensayos realizados a la muestra representativa, así como las gráficas, pueden observarse en los apéndices.

De estos resultados dependen los espesores de las diferentes capas que conformarán el pavimento rígido.

Clasificación P.R.A = A-1-b

Clasificación S.C.U. = SP-SM

Descripción del suelo = arena limosa con grava color café

Límite líquido = 0 %

Límite Plástico = 0 %

Descripción del suelo con respecto a los límites = suelo no plástico

Densidad seca máxima = 1,575 Kg/m³

Humedad óptima = 19,7 %

C.B.R. = 10,40 %, al 95 % de compactación

3.4. Normas de diseño de pavimentos

Son las especificaciones que reglamentan procesos y estándares para garantizar la calidad de una estructura.

Para este caso las normas de pavimentos hacen una división remarcada entre pavimentos rígidos y pavimentos flexibles, siendo la diferencia que estos últimos presentan poca resistencia a la flexión.

Es común que en Guatemala se utilicen las mismas normas para el diseño de los dos tipos de pavimento, ya que lo principal en estas normas es; efectuar un conteo vehicular, realizar ensayos de suelo, clasificar las cargas de tránsito, determinar el espesor del pavimento, calidad de materiales a utilizar, etc.

3.4.1. Normas de diseño para pavimentos flexibles

Entre las normas utilizadas para el diseño de pavimentos flexibles se pueden mencionar:

- American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO).
- American Society for Testing and Materials (ASTM).
- Especificaciones Generales para Construcción de Carreteras y Puentes.
- Manual del Instituto del Asfalto.

3.4.2. Normas de diseño para pavimentos rígidos

Entre las normas utilizadas para el diseño de pavimentos rígidos se pueden mencionar:

- Diseño de pavimentos rígidos de la PCA.
- American Society for Testing and Materials (ASTM).
- American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO).
- Especificaciones generales para construcción de carreteras y puentes.

3.4.3. Criterios de diseño a utilizar

- Resistencia y distribución de cargas: el pavimento debe estar diseñado y edificado de tal manera que las cargas que sobre él se apliquen no provoquen deformaciones permanentes y perjudiciales en la subrasante sobre la cual está colocado. Por lo tanto, un pavimento debe tener el espesor necesario para soportar y distribuir las cargas del tránsito.

- Impermeabilidad: el pavimento debe impedir la infiltración del agua de lluvia, ya que si ésta penetra en exceso provoca la lubricación de las partículas con la consiguiente pérdida en la capacidad de soporte.
- Resistencia a desgaste vehicular: la acción abrasiva de las llantas de los vehículos provoca desgaste de la superficie y desprendimiento de partículas del pavimento. También cierta acción de compresión y fricción. De ahí que el pavimento deba resistir estos efectos.
- Resistencia a los agentes atmosféricos: los agentes atmosféricos actúan continuamente sobre la superficie de los pavimentos provocando la meteorización y alteración de los materiales que lo forman.
- Superficie de rodamiento adecuada: la superficie de rodamiento de un pavimento debe ser segura para la conducción de los vehículos y lo suficientemente lisa para proporcionar marcha confortable y una larga vida de los vehículos, sin embargo, esa superficie lisa y uniforme debe ser siempre antideslizante cuando se encuentre húmeda.
- Flexibilidad para adaptarse a algunas fallas de la base o subbase: en algunas ocasiones se presentan pequeños asentamientos ya sea de la base o de la subbase, los cuales son en extremo perjudiciales, de ahí que convenga que el pavimento tenga cierta flexibilidad que la haga capaz de adaptarse a esas pequeñas fallas sin necesidad de reparaciones costosas.

3.5. Trabajos preliminares al diseño del pavimento

Son todos aquellos trabajos, ensayos y levantamientos previos al diseño de los cuales se obtendrán datos específicos para el desarrollo del proyecto.

3.5.1. Trabajos previos al dimensionamiento del pavimento

Antes de proceder al corte del terreno natural, se deberá tener en cuenta la profundidad de los conductos subterráneos existentes utilizados para servicios públicos, como agua potable, drenajes, electricidad y teléfono. Esto se realiza con el fin de evitar la ruptura al momento de iniciar la excavación. Los obstáculos en el proyecto pueden ser alcantarillas, árboles, arbustos, plantas, postes, señales, indicadores y otros. Después se deberá definir la profundidad del corte, tomando en cuenta la diferencia de alturas entre la banquetta y la superficie de rodadura.

3.5.1.1. Topografía

La topografía es la ciencia que estudia el conjunto de principios y procedimientos que tienen por objeto la representación gráfica de la superficie de la Tierra, con las formas y detalles; tanto naturales como artificiales (planimetría y altimetría).

Se consideró un levantamiento topográfico de primer orden, el cual hizo necesario contar con niveles y teodolitos con una aproximación de 10 segundos como lo adecuado, equipos y personal para realizar las actividades necesarias de tal levantamiento.

3.5.1.1.1. Planimetría

Es el conjunto de trabajos efectuados en el campo para tomar los datos geométricos necesarios y así proyectar una figura en un plano horizontal.

La medida de polígonos por el método de ángulos de deflexión o desviación, es el método más utilizado, especialmente en poligonales abiertas, en que solo hay que tomar algunos detalles al recorrer el itinerario.

Se trabajó con el método de conservación de azimut, ya que permite representar, la línea central y el ancho del tramo total.

3.5.1.1.2. Altimetría

Es el conjunto de trabajos efectuados para obtener las diferencias de altura entre los puntos o estaciones seleccionadas y así determinar el perfil del terreno a trabajar.

3.5.1.2. Libreta del levantamiento topográfico

Es la recopilación de los datos recogidos en el levantamiento, por ende esta contiene todas las medidas, orientaciones, desniveles y demás datos topográficos, esta cuenta con renglones y una cuadrícula.

El objetivo principal de la libreta es reflejar las condiciones topográficas del lugar donde se ejecutará el proyecto.

3.6. Diseño del pavimento

Es el dimensionamiento de la estructura con base en datos obtenidos en campo y cálculos de esfuerzos, que cumplan con los requerimientos solicitados.

3.6.1. Análisis de tránsito

El tránsito que circulará sobre el pavimento es el principal factor en la determinación del espesor. Por lo tanto es necesario conocer los siguientes datos:

- TPD: tránsito promedio diario en ambas direcciones de todos los vehículos.
- TPDC: tránsito promedio diario de camiones en ambas direcciones, carga por eje de camiones.

3.6.2. Selección del tipo de pavimento a utilizar

Para este proyecto se ha seleccionado un pavimento rígido, ya que este cumple con los requisitos técnicos solicitados por Municipalidad de Santa Catarina Pinula.

3.6.3. Método y procedimiento de diseño para pavimentos rígidos

Consiste en la secuencia de pasos a seguir para el diseño del pavimento rígido con base en los procedimientos ya establecidos y normados.

3.6.3.1. Etapas o pasos del Método Analítico

Este tipo de métodos utilizan para el diseño estructural, las tensiones y deformaciones que se originan en posiciones críticas dentro del elemento estructural, producto de las solicitaciones de tránsito existentes durante el período de diseño.

El procedimiento de diseño aplicado cuando hay posibilidades de obtener datos de distribución de carga por eje de tránsito.

Este método asume datos detallados de carga por eje, que son obtenidos de estaciones representativas.

El procedimiento base de estos métodos se describe a continuación:

Tabla X. Etapas o pasos del Método Analítico

Método Analítico	
Paso 1	
Designación de propiedades	
	Valor K elástico efectivo de la subrasante (psi)
	Módulo de ruptura (psi)
	Módulo elástico del concreto
	Espaciamiento de las juntas L (plg)
	Módulo elástico de la subbase (psi)
	Coefficiente de fricción de fricción losa/subbase f
	Espesor de subbase (plg)
	Módulo de Poisson
	Factor de ajuste de borde

Continuación de la tabla X.

Paso 2	
Asignación de requerimientos	
	Periodo de diseño (años)
	Velocidad promedio del viento (mph)
	Temperatura promedio anual F
	Precipitación promedio anual (plg)
Paso 3	
Predimensionamiento	
	Asumir un espesor de losa
	Calculo del diferencial
Paso 4	
Diseño	
	Calculo del radio de rigidez (plg)
	Factor de fricción F
	Valor de (log b)
	Esfuerzo producido por la carga σ_i
	Esfuerzo producido por la carga+temp σ_t
	Valor G
	Valor Y
	Valor de los R
	Valor log W
	Valor log W"
	Valor de W"
Paso 5	
Revisión de diseño por carga en la junta	
	Determinar si posee juntas con pasa juntas
	Determinación del espaciamiento entre juntas (pies)
	Espesor de losa
	Calculo de la falla pronosticada
	Si la falla pronosticada es menor a la falla admisible, cumple.

Fuente: CRESPO VILLALAZ, Carlos. Vías de comunicación: caminos, ferrocarriles, aeropuertos, puentes y puertos. p. 349–384.

3.6.3.2. Etapas o pasos del Método Simplificado

Este es aplicado cuando no es posible obtener datos de carga por eje y se utilizan tablas basadas en distribución compuesta de tráfico clasificado en diferentes categorías de carreteras y tipos de calles. Las tablas de diseño están calculadas para una vida útil proyectada del pavimento de veinte años y se basan solamente en el tránsito estimado en la vía.

El procedimiento base de este método se describe a continuación:

Tabla XI. **Etapas o pasos del Método Simplificado**

Método simplificado
Paso 1
Determinar la categoría según criterios establecidos
Paso 2
Establecer tipo de junta a utilizar
Paso 3
Decidir incluir o excluir hombros o bordillos en el diseño
Paso 4
Determinar el módulo de ruptura del concreto
Paso 5
Determinar módulo de reacción de la subrasante
Paso 6
Determinar el volumen de tránsito promedio
Paso 7
Determinar el espesor de las losas

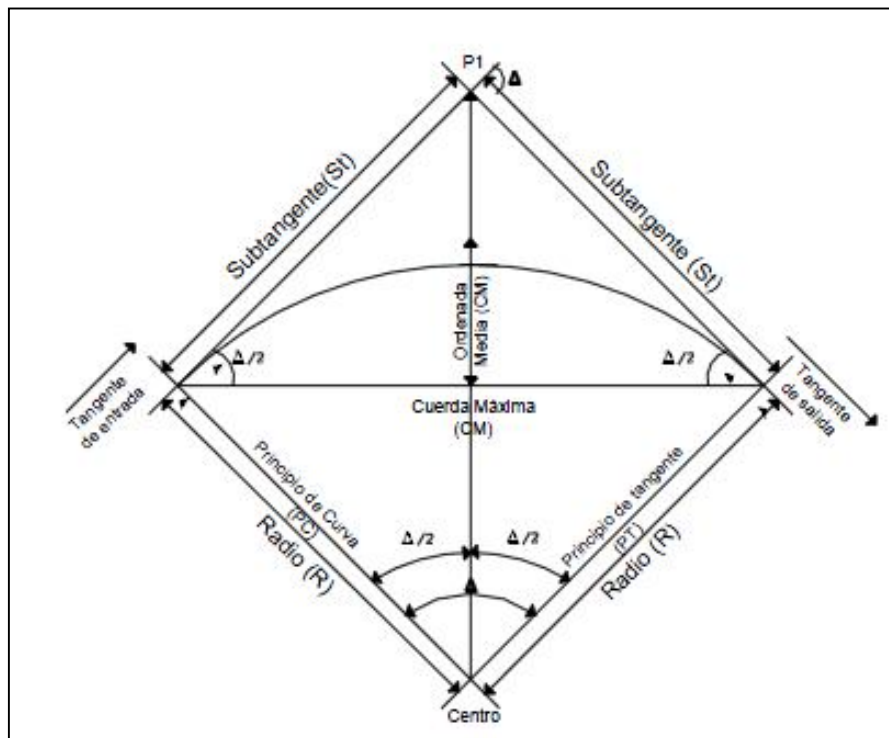
Fuente: CRESPO VILLALAZ, Carlos. Vías de comunicación: caminos, ferrocarriles, aeropuertos, puentes y puertos. p. 349–384.

3.6.4. Diseño geométrico del pavimento

Consiste 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 y constituyen la guía fundamental para la cuadrilla de topografía en el trazo de la carretera.

Determinación de curvas horizontales

Figura 68. Elementos de una curva horizontal



Fuente: CARRANZA AVILA, Byron. Diseño geométrico para el mejoramiento de la carretera CA2-W, a través de un carril de ascenso KM. 102+000 a 105+500, Santa Lucia Cotzumalguapa, Escuintla. p. 19.

- Grado de curvatura (G): es el ángulo que subtiende un arco de 20,00 metros.

$$G = \frac{1\,145,91}{R}$$

- Radio de curvatura (R): es el radio de la curva circular.

$$R = \frac{1\,145,91}{G}$$

- Deflexión angular (Δ): es el ángulo que subtiende a la curva circular. En las curvas circulares simples es igual a la de deflexión o cambio de dirección que se da entre las tangentes.

$$\Delta = Az_1 - Az_2$$

- Longitud de curva (L): es la distancia del PC (principio de curva) hasta el PT (principio de tangente), medida a lo largo de la curva, según la definición por arco de 20,00 metros.

$$L = \frac{20\Delta}{G}$$

- Subtangente (St): es la distancia entre PI (punto de intersección) y el PC (principio de curva) o entre PI y PT, medida desde la prolongación de las tangentes.

$$St = R * \tan \left(\frac{\Delta}{2} \right)$$

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

$$Cm = 2R * \text{sen} \left(\frac{\Delta}{2} \right)$$

- External (E): es la distancia mínima entre el PI (punto de intersección) y la curva.

$$E = R \left(\sec \frac{\Delta}{2} - 1 \right)$$

- Ordenada media (OM): es la distancia radial entre el punto medio de la cuerda principal y el punto medio de la curva.

$$OM = R \left(1 - \cos \frac{\Delta}{2} \right)$$

Caminamiento:

PI = punto de intersección

PC = principio de curva

St = sub-tangente

PT = principio de tangente

En el proceso de diseño y cálculo se deben considerar varios aspectos técnicos, los cuales se enumeran a continuación:

- Todo diseño se realizará en función del principio de seguridad y comodidad en carreteras.
- Es preferible una carretera diseñada para seguir las ondulaciones de las curvas a nivel a una con tangentes, ya que esto disminuye los costos.
- Para una velocidad de diseño dada, debe evitarse el uso de radios mínimos en el cálculo de las curvas horizontales.
- En carreteras del área rural es conveniente evaluar si se usa un radio menor al mínimo permitido por la velocidad de diseño a cambio de incrementar considerablemente el costo de la obra al utilizar radios mayores. En estos casos el criterio del diseñador es importante para que puedan circular sin necesidad de hacer maniobras de retroceso.
- Es conveniente aumentar la longitud de las tangentes, en los tramos que cumplan con las características necesarias para esta acción.
- Se deben evitar curvas en donde se localicen puentes, ya que estos deberán ubicarse preferiblemente en tangentes, pero en situaciones especiales se ampliará la curva con un sobre ancho. No deberán diseñarse curvas con radios mínimos antes de entrar a un puente.
- Debe chequearse en cada cálculo la longitud de la tangente, ya que esta no podrá ser jamás negativa, esto indicaría que dos curvas horizontales se están traslapando.

Ejemplo de cálculo:

Si $\Delta > 90^\circ$ Se fija radio

Si $\Delta < 90^\circ$ Se fija sub-tangente

Calculando curva de la estación 0 + 077,23 del eje principal

- Grado de curvatura:

$$G = \frac{1145,91}{4,41} = 259^\circ 50' 37''$$

- Deflexión angular:

$$\Delta = 213^\circ 32' 7'' - 111^\circ 36' 17'' = 101^\circ 55' 50''$$

- Longitud de curva:

$$L = \frac{20 (101^\circ 55' 50'')}{259,84} = 7,85 \text{ m}$$

- Subtangente (St):

$$St = 7,83 * \tan \left(\frac{101^\circ 55' 50''}{2} \right) = 5,44 \text{ m}$$

- Radio:

$$R = \frac{St}{\tan\left(\frac{\Delta}{2}\right)} = \frac{5,44}{\tan\left(\frac{101^{\circ} 55' 50''}{2}\right)} = 4,41 \text{ m}$$

- Caminamiento:

$$PC = PI - St = 0\ 077,23 - 5,44 = 0\ 071,79 \text{ m}$$

$$PT = PC + L = 0\ 071,79 + 7,85 = 0\ 079,64 \text{ m}$$

Tabla XII. **Curvas horizontales**

Curva	Grado de	Deflexión	Longitud de curva	Radio	Subtangente	Caminamiento	
No.	G	Δ	Lc	R	St	PC	PT
1	259°50'37"	101°55'50"	7,85	4,41	5,44	0+071,79	0+079,64
2	169°04'12"	90°06'3,8"	10,66	7,89	7,90	0+172,10	0+182,76
3	145°58'48"	80°4'49,5"	10,97	7,85	6,60	0+193,40	0+204,37
4	184°13'48"	87°52'58,6"	9,54	6,22	5,99	0+305,51	0+315,05
5	239°13'48"	263°49'32,3"	22,05	4,79	5,34	0+424,61	0+446,66
6	276°47'24"	272°17'56,2"	19,68	4,14	3,98	0+494,19	0+513,87

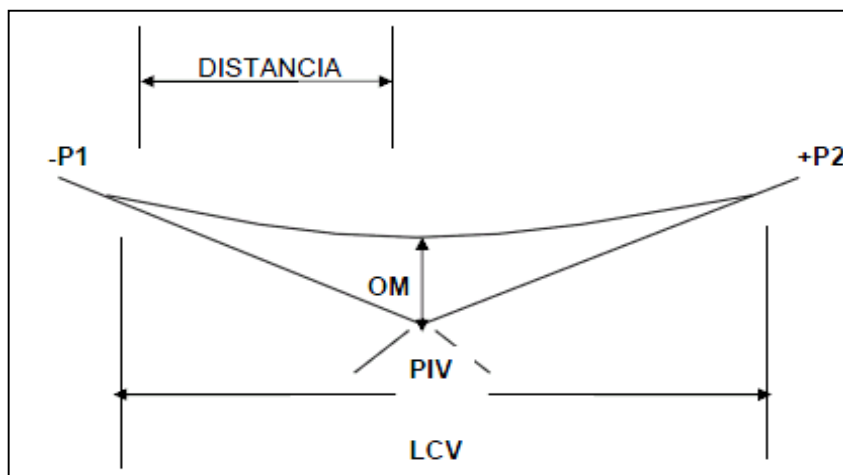
Fuente: elaboración propia.

Determinación de curva vertical

Las curvas verticales 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 la gran adaptación a las condiciones de terreno. 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.

Figura 69. **Elementos de una curva vertical**



Fuente: CARRANZA AVILA, Byron. Diseño geométrico para el mejoramiento de la carretera CA2-W, a través de un carril de ascenso KM. 102+000 a 105+500, Santa Lucia Cotzumalguapa, Escuintla. p. 24.

Donde:

Lcv = longitud de curva vertical

OM = ordenada media

PIV = punto de intersección Vertical

P1 = pendiente de entrada

P2 = pendiente de salida

A% = diferencia algebraica de pendientes

K = constante que depende de las velocidades de diseño

Ejemplo de cálculo:

Calculando curva de la estación 0 + 075,00 del eje principal

Clasificar curva por medio de velocidad de diseño y forma (valor de pendientes)

Velocidad de diseño 30 kilómetros por hora

Curva concava

K = 4 según tabla de valores de K (ver apéndice)

D. A. = 7,492 % - 4,210 % = 3,282 %

$L = 4 * 3,282 = 13,128 \text{ m}$

Caminamiento:

PIV = punto de intersección vertical

PCV = principio de curva vertical

PTV = principio de tangente vertical

E = external

$PCV = PIV - L/2 = 35,00 - 13,128/2 = 28,44$

$PTV = PIV + L/2 = 35,00 + 13,128/2 = 41,56$

$$E_e = \text{Elev. PIV} - m_e * L/2 = 107,418 - 0,07492 * 13,128/2 = 106,93$$

$$E_s = \text{Elev. PIV} - m_s * L/2 = 107,418 - 0,04210 * 13,128/2 = 107,14$$

Tabla XIII. **Curvas verticales**

Curva	Pend. entrada	Pend. salida	Dif. algebraica	Punto intersección vertical	Elev. de PIV	Longitud de curva	Caminamiento	
No.	%en	%sal	DA	PIV	E.PIV	Lc	PCv	PTv
1	7,492	4,21	3,28	0+035	107,42	13,13	0+028,44	0+041,56
2	11,258	16,597	5,34	0+065	101,56	21,36	0+054,32	0+075,68
3	2,428	4,081	6,51	0+175	107,04	13,02	0+168,49	0+181,51
4	4,833	2,057	2,78	0+205	106,43	11,10	0+199,45	0+210,55
5	1,793	2,747	4,54	0+440	111,92	9,08	0+437,73	0+442,27
6	0,78	1,572	2,35	0+495	111,21	9,41	0+490,29	0+499,70
7	2,698	5,592	2,89	0+580	112,84	11,58	0+574,22	0+585,78
8	5,36	18,16	12,80	0+090,25	104,17	25,60	0+077,45	0+103,05
9	5,09	3,74	1,35	0+112,70	102,07	5,40	0+110,00	0+115,40
10	4,03	7,00	2,97	0+003,04	103,13	5,94	0+000,07	0+006,01
11	4,58	7,08	2,50	0+024,69	103,97	10,00	0+019,69	0+029,69
12	2,34	6,05	3,71	0+020,86	104,51	14,84	0+013,44	0+028,28
13	4,70	0,58	4,12	0+047,14	107,10	8,24	0+043,02	0+051,26
14	2,34	8,68	6,34	0+038,71	109,43	12,68	0+032,37	0+045,05
15	6,05	4,85	1,20	0+071,60	104,35	1,20	0+071,00	0+072,20
16	9,45	15,04	5,59	0+089,51	105,01	11,18	0+083,92	0+095,10
17	15,04	5,07	9,97	0+101,38	106,79	9,97	0+096,40	0+106,37
18	3,53	0,86	2,67	0+010	112,31	5,34	0+007,33	0+012,67

Fuente: elaboración propia.

3.6.5. Diseño estructural del pavimento

La Portland Cement Association (PCA) ha elaborado dos métodos para el cálculo del espesor, el método de capacidad y el método simplificado.

- Método de capacidad: es el procedimiento de diseño aplicado cuando hay posibilidades de obtener datos de distribución de carga por eje de tránsito. Este método asume datos detallados de carga por eje, que son obtenidos de estaciones representativas.
- Método simplificado: este es aplicado cuando no es posible obtener datos de carga por eje, y se utilizan tablas basadas en distribución compuesta de tráfico clasificado en diferentes categorías de carreteras y tipos de calles.

Para este caso se utilizará el método simplificado y se deberán de seguir los lineamientos presentados a continuación.

- Estimar TPDC (tránsito promedio diario de camiones) en dos direcciones, excluyendo camiones de dos ejes y cuatro llantas.
- Determinar la categoría por eje según la tabla correspondiente.
- Obtener el módulo de reacción de la subrasante k por medio del valor soporte del suelo (CBR).
- Proponer el módulo de ruptura del concreto y determinar el espesor de la losa.

A continuación se muestra el desarrollo del método simplificado.

Tabla XIV. Clasificación de vehículos según la categoría

Carga por eje categoría	Descripción	Tráfico			Máxima carga por eje, kips	
		TPD	TDPC		Eje sencillo	Eje tándem
			%	Por día		
1	Calles residenciales, carreteras rurales y secundarias (bajo a medio)	200 a 800	1 a 3	Arriba de 25	22	36
2	Calles colectoras, calles rurales y secundarias (altas), carreteras primarias y calles arteriales (bajo)	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)	3 000 a 12000 2 carriles 3 000 a 5 000 4 carriles o mas	8 a 30	De 500 a 5 000	30	52
4	Calles arteriales y carreteras primarias supercarreteras (altas) interestatales urbanas y rurales (medio a alto)	3 000 a 20 000 2 carriles 3 000 a 15 000 4 carriles o mas	8 a 30	De 1 500 a 8 000	34	60

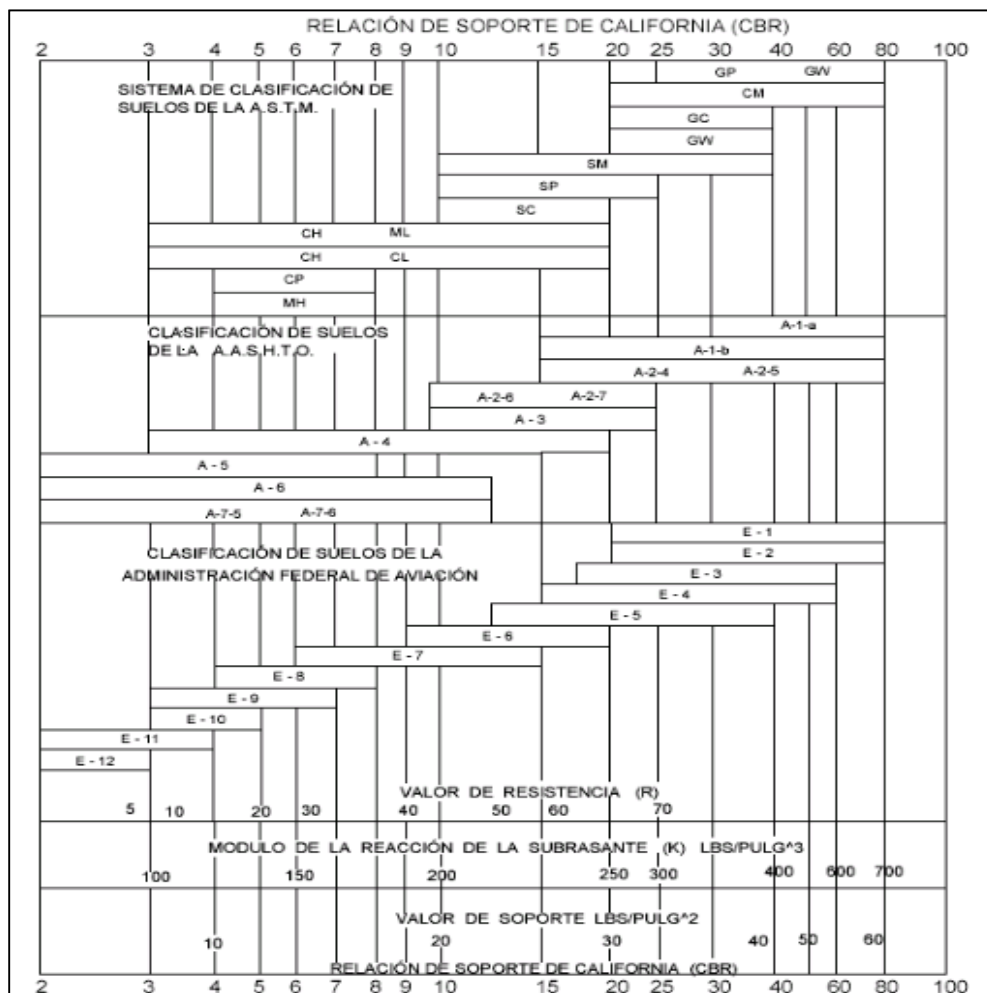
Fuente: Westergaard H.N. Computacion of streses in concrete roads. p. 48.

La selección del tránsito promedio diario (TPD) se establece al volumen vehicular y representativo de donde se diseñará el pavimento, para este proyecto se obtuvo una identificación en la categoría 1, donde se consideraron más de 500 vehículos diarios para 20 años, de los cuales se toma un porcentaje del 3 % del TPDC en ambas direcciones. Según lo mencionado anteriormente se clasifica en la categoría número uno de la tabla XIV.

Encontrar el módulo de reacción K, con base en datos obtenidos por el ensayo de suelos.

Clasificación de suelo= A-1-b, C.B.R.= 10,40 % al 95 %

Figura 70. **Determinación del Valor k por medio del C.B.R.**



Fuente: SALAZAR RODRÍGUEZ, Aurelio. Guía para el diseño y construcción de pavimento rígidos. p. 5.

En la figura 70, identificamos el valor del módulo de reacción K, que es de 210 libras sobre pulgada cubica.

La subrasante la clasificamos y obtenemos de la tabla XV.

Tabla XV. **Tipo de suelos de subrasante y valores aproximados de K**

Tipos de suelo	Soporte	Rango de valores de K (PCI)
Suelo de grano fino, en el cual el tamaño de partículas limo y arcilla predominan.	Bajo	75-120
Arena y mezclas de arena con grava, con una cantidad considerada de limo y arcilla.	Medio	130-170
Arena y mezclas de arena con grava, relativamente libre finos.	Alto	180-220
Subbases tratadas con cemento	Muy alto	250-400

Fuente: HERNÁNDEZ MONZÓN, Jorge. Consideraciones Generales para el diseño de los diferentes tipos de pavimentos. p. 149.

Se observa en la tabla XV que el suelo subrasante está en la categoría de arenas y mezclas de arena con grava, relativamente libre de finos; lo que conlleva que esta tenga un soporte alto.

Con el valor K de la subrasante se determina la altura de la subbase (según tabla XVI). Se determinó un espesor de 4 pulgadas aproximadamente de 10 centímetros.

Tabla XVI. **Espesor de la subbase con suelo cemento, según valor de K**

Subrasante valor de K (PCI)	Valores de K sobre la base (PCI)			
	Espesor 4 pulg.	Espesor 6 pulg.	Espesor 9 pulg.	Espesor 12 pulg.
50	65	75	85	110
100	130	140	160	190
200	220	230	270	320
300	320	330	370	430

Fuente: Hernández Monzón, Jorge. Consideraciones Generales para el diseño de los diferentes tipos de pavimentos. p. 68.

Módulo de ruptura del concreto (MR)

Se debe estimar el módulo de ruptura y el espesor de losa con base en las propiedades de la subrasante y las cargas que transitarán sobre la misma.

La fuerza de flexión está determinada por el módulo de ruptura del concreto (MR), el cual está definido como, el esfuerzo máximo de tensión en la fibra extrema de una viga de concreto.

Se calcula el módulo de ruptura del concreto tomando un porcentaje de la resistencia a compresión, la cual es del 15 % f'_c ; el f'_c tiene un valor de 4 000 libras sobre pulgada cuadrada y el módulo de ruptura es de $15 \% * 4\ 000 = 600$ libras sobre pulgada cuadrada.

Para este caso se utilizó un módulo de ruptura de 600 libras por pulgada cuadrada.

Tabla XVII. Pavimento con juntas con agregados de trabe

MR	Espesor de losa (pulg).	Sin hombros de concreto o bordillo				Espesor de losa (pulg).	Con hombros de concreto o bordillo			
		Soporte subrasante			Su base		Soporte subrasante			Su base
		Bajo	Medio	Alto	Muy alto		Bajo	Medio	Alto	Muy alto
650 PSI	5,5				5	5,5		3	9	42
	6		4	12	59	6	9	42	120	450
	6,5	9	43	120	490	6,5	96	380	700	970
	7	80	320	840	1 200	7	650	1 000	1 400	2 100
	7,5	490	1 200	1 500		7,5	1 100	1 900		
	8	1 300	1 900							
600 PSI	6				11	5			1	8
	6,5		8	24	110	5,5	1	8	23	98
	7	15	70	190	750	6	19	84	220	810
	7,5	110	440	1 100	2 100	6,5	160	520	1 400	2 100
	8	590	1 900			7	1 000	1 900		
	8,5	1 900								
550 PSI	6,5			4	19	5,5			3	17
	7		11	34	15	6	3	14	41	160
	7,5	19	84	230	890	6,5	29	120	320	1 100
	8	120	470	1 200		7	210	770	1 900	
	8,5	560	2 200			7,5	1 100			
	9	2 400								

Fuente: PAZ VALENZUELA, Jorge. Diseño de pavimento rígido para la aldea El Rosario y drenaje sanitario para el micro parcelamiento El Naranja, Santa Lucia Cotzumalguapa, Escuintla. p. 68.

Tomado en cuenta el carácter alto ($K = 210$) que tiene la subrasante y el módulo de ruptura que es de 600 libras por pulgada cuadrada y considerando el TPDC con un 3 % de 800 de TPD de la categoría uno, en la tabla XIV, da como resultado 24 TPDC, ubicando dicha cantidad en la tabla XVII se busca el lado izquierdo, sin incluir bordillo se obtiene un espesor de carpeta de rodadura de

6,5 pulgadas, pero dicho espesor no es viable acorde a los espesores de costaneras comerciales, por lo que se debe usar un espesor de 7 pulgadas.

Luego de finalizado el diseño de espesores y capas que conformaran el pavimento rígido, se deben realizar obras que complementarias que garanticen y extiendan el período de diseño.

- Juntas transversales

Para las juntas se harán cortes para generar losas de 1,80 metros en sentido transversal y 2,00 metros en sentido longitudinal. Esto significa que cada carril de 3,60 metros de ancho se cortará al centro para generar 2 carriles de 1,80 metros, cuando el ancho de calle no concuerde con esto por ser una urbanización existente y que la construcción del pavimento debe de adaptarse a los anchos de calle disponibles, las juntas transversales se dejaran a la mitad del ancho de calle y las longitudinales seguirán siendo de 2,00 metros.

- Drenajes

Recolectan y evacuan el agua de la carpeta de rodadura para eliminar cualquier tipo de daño o riesgo provocado por el agua.

Los tragantes son las aberturas que en las superficies de las calles o en los bordillos, dan acceso a las aguas pluviales a los tubos de drenaje. Por los sistemas combinados y de tormenta, se diseñarán tragantes para localizarlos en los siguientes casos:

- En las partes bajas, al final de cada cuadra a 3,00 metros antes de la esquina.

- En puntos intermedios de las cuadras donde el caudal acumulado provoque un tirante de agua superior a 0,10 metros.

Las cunetas están constituidas por canales abiertos que, en el límite de la calzada, recogen y desalojan la escorrentía lo más pronto posible. Se calculan por el método de Manning, se colocan paralelamente a uno o ambos lados del camino, en pendientes fuertes se deben proteger del escurrimiento y acción destructiva del agua por medio de disipadores de energía.

Factores de diseño:

- Pendiente y tramo de diseño

Se elige el tramo con menor pendiente ya que este será el crítico y utilizado para todo el recorrido.

Estación 0 + 460 a estación 0 + 480

Longitud = 20,00 m = 0,020 Km

Pendiente = 0,780 %

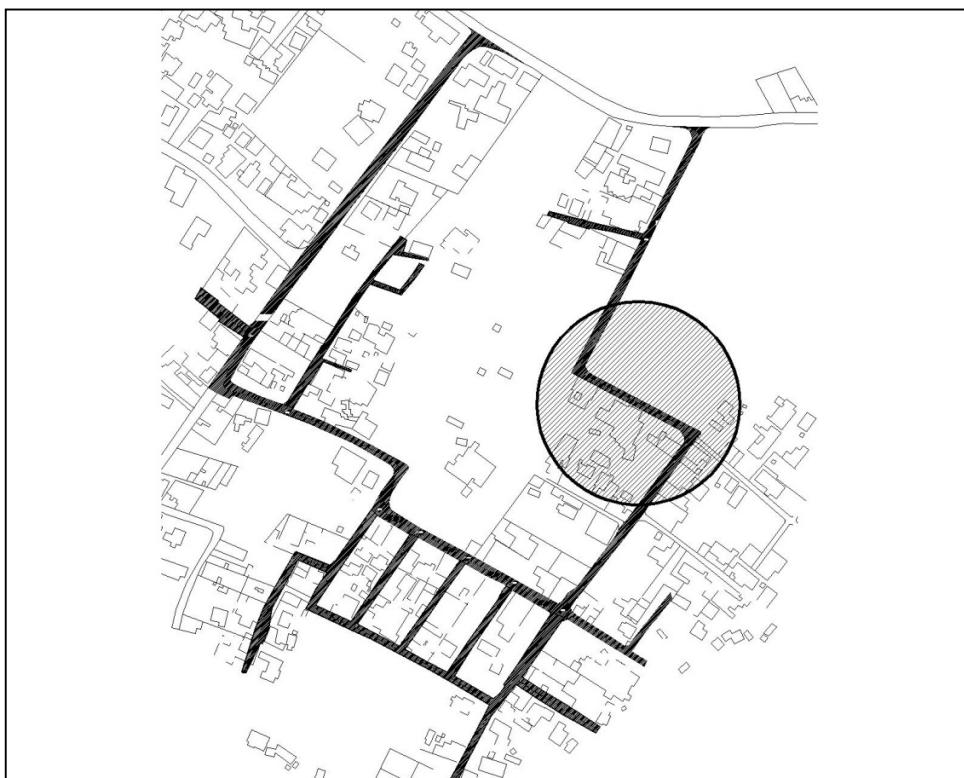
H = 0,15607 m

- Área tributaria (At)

Es la que contribuye a la escorrentía del agua sobre la estructura de drenaje, se determina en función de la aportación total de la cuenca.

At = 9 425,05 m² = 0,94 hectáreas

Figura 71. Área tributaria para pavimentación



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

- Coeficiente de escorrentía (C)

Es el porcentaje de agua de precipitación total tomada en consideración, pues no todo el volumen de precipitación drena por medios naturales o artificiales. Esto se debe a la infiltración, evaporación, acumulación en el suelo y subsuelo, etc. Por lo que existen diferentes coeficientes para cada tipo de terreno, el cual será mayor cuanto más impermeable sea la superficie.

Tabla XVIII. **Algunos coeficientes utilizados en Guatemala**

Tipo de superficie	C
Centro de la ciudad	0,70 - 0,95
Fuera del centro de la ciudad	0,50 - 0,70
Parques, cementerios	0,10 - 0,25
Áreas no urbanizadas	0,10 - 0,30
Asfalto	0,70 - 0,95
Concreto	0,80 - 0,95
Adoquín	0,70 - 0,85
Suelo arenoso	0,15 - 0,20
Suelo duro	0,25 - 0,30
Bosques	0,20 - 0,25

Fuente: GIL LAROJ, Matías Joram. Evaluación de tragantes pluviales para la ciudad de Guatemala 1984. p. 96.

Se trabajara con coeficiente de 0,50 y se clasificara como fuera del centro de la ciudad ya que son áreas aledañas a la misma, más no boscosas ni totalmente urbanizadas.

- Tiempo de concentración (T_c)

Es el tiempo necesario para que el agua superficial descienda desde el punto más remoto de la cuenca hasta el punto de estudio.

$$T_c = \left(\frac{0,866L^3}{H} \right)^{0,385} * 60$$

Donde:

T_c = tiempo de concentración en minutos

L = longitud del cauce principal en kilómetros

H = diferencia de elevación entre los puntos extremos del cauce principal en metros

$$T_c = \left(\frac{0,866 * 0,020^3}{0,15607} \right)^{0,385} * 60 = 1,26 \text{ min}$$

- Intensidad de lluvia (I)

Es el espesor de la lámina de agua por unidad de tiempo, producida por esta, suponiendo que el agua permanece en el sitio donde cayó. Se mide en milímetros por hora (mm/hr). La intensidad de lluvia se determinó de acuerdo a curvas de intensidad de lluvia elaboradas por el Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH), tomándose la fórmula para la ciudad de Guatemala (Zona Atlántica).

Tabla XIX. Fórmulas intensidad de lluvia

Zona	2 años	5 años	10 años	20 años
Ciudad de Guatemala (Zona Atlántica)	$2\ 838 / T_c + 18$	$3\ 706 / T_c + 22$	$4\ 204 / T_c + 23$	$4\ 604 / T_c + 24$
Ciudad de Guatemala (Zona Pacífica)				$6\ 889 / T_c + 40$
Bananera, Izabal	$5\ 771 / T_c + 48,8$	$710\ 395 / T_c + 53,8$	$7\ 961 / T_c + 56,63$	$36\ 677 / T_c + 58,43$
Labor Ovalle Quetzaltenango	$977,7 / T_c + 3,8$	$11\ 285 / T_c + 3,24$	$134\ 554 / T_c + 3,49$	
La Fragua Zacapa	$37\ 005 / T_c + 50$	$39\ 905 / T_c + 41,75$	$4\ 040 / T_c + 37,14$	
Chimaltenango	$1\ 712 / T_c + 8,70$	$2\ 201 / T_c + 10,70$		

Fuente: ROSALES ZELADA, Sergio Víctor. Diseño de tramo carretero, para el acceso directo al cantón Lourdes, del municipio de Guatemala, departamento de Guatemala, p. 24.

El diseño se trabajará para 20 años, con base en la ubicación del municipio se elige la fórmula a calcular.

$$I = \left(\frac{4\ 604}{T_c + 24} \right)$$

$$I = \left(\frac{4\ 604}{1,26 + 24} \right) = 182,26 \text{ mm / hr}$$

- Caudal de diseño (Q)

Por la naturaleza de este trabajo se utilizara el método racional, el cual asume que el caudal máximo para un punto dado se alcanza cuando el área tributaria está contribuyendo con la escorrentía superficial, durante un período de precipitación máxima, debe prolongarse durante un período igual o mayor al

que necesita la gota de agua más lejana para llegar hasta el punto considerado. Este método está representado por la siguiente fórmula.

$$Q = \frac{CIA}{360}$$

Donde:

Q = caudal de diseño

A = área drenada de la cuenca

I = intensidad de lluvia

C = coeficiente de escorrentía

$$Q = \frac{CIA}{360} = \frac{0,50 * 182,26 * 0,94}{360} = 0,23 \text{ m}^3/\text{s}$$

Cálculo de profundidad de cuneta con fórmula de Manning - Strickler:

$$Q = K A R^{2/3} S^{1/2}$$

Donde:

K = coeficiente de rugosidad para cunetas de concreto

R = radio hidráulico

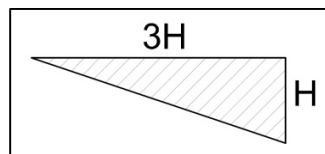
S = pendiente

Q = caudal

A = área transversal de cuneta (m²)

Al saber que el caudal de referencia es 0,23 metros cúbicos sobre segundo, se determinan las dimensiones, tomando un resguardo de 15 por ciento. Tanto el área A como el perímetro P que define el radio hidráulico pueden ponerse en función de la profundidad H de la cuneta y así encontrar el ancho B. En la figura 72 se observa la relación entre largo y ancho para el diseño de cuneta triangular.

Figura 72. **Relación de ancho y altura de cuneta**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Se sabe que el área de un triángulo es $\frac{1}{2}$ de la base por la altura de la figura se tiene que la base es $3H$ y la profundidad es H entonces sustituyendo:

$$A = 0,50 * (3H) * (H)$$

$$A = 0,50 * 3H^2$$

$$A = 1,5H^2$$

De igual forma se sustituye para encontrar el perímetro (P), al tener el valor de la hipotenusa H por raíz cuadrada de 10, se deja en $3H$ y queda que:

$$A = 3H^2, P = H + 3H = 4H \text{ sabiendo que } R = A / P$$

$$R = \frac{1,50H^2}{4H}$$

$$R = \frac{3H}{8}$$

Obteniendo el coeficiente K de la tabla XX:

Tabla XX. **Coeficiente de rugosidad para cunetas de concreto**

Material	K (m ³ /s)
Tierra	40 - 50
Roca	30 - 35
Tubo corrugado	35 - 50
Cuneta hormigón	60 - 75

Fuente: BLÁSQUEZ, Luis Bañón. El agua y la carretera. p. 22.

Se elige el más desfavorable K = 60

Sustituyendo datos y despejando H en la fórmula

$$Q = K A R^{2/3} S^{1/2}$$

$$0,23 = 60 * 3H^2 * (3H/8)^{2/3} * 0,019^{1/2}$$

$$0,23 = 8,27 * (3H^2 * 3H^{2/3} / 14)$$

$$0,23 = 8,27 * 9/14 H^{4/3}$$

$$0,23/8,27/ 0,64 = H^{4/3}$$

0,09 = H, H = 9,00 cm y calculamos H con el 15 por ciento de resguardo.

$$H = 1,15 * (9,00) = 10,35 \approx 11 \text{ cm}$$

$$B = 2 * 3 (11,00) = 66 \text{ cm}$$

3.7. Planos constructivos

Son las representaciones graficas que detallan y determinan, todas las partes y trabajos a realizar en el proyecto, que sirven para presupuestar, contratar y ejecutar los trabajos del mismo, los planos elaborados son: planta y perfil general del proyecto, planta y perfil de las diferentes estaciones y detalles constructivos.

3.8. Presupuesto

Es la estimación del gasto o del costo de una obra. Sirve como instrumento de visualización de la planificación, programación de recursos y sus prioridades. El objetivo general es lograr la eficiencia y equidad. Todo presupuesto, se conforma de dos incisos fundamentales:

- Costos directos: es la sumatoria de los materiales, mano de obra, herramienta y equipo necesario para la realización del proyecto.
- Costos indirectos: es la sumatoria de los gastos técnico administrativos necesarios.

Para la elaboración del presupuesto, se aplicaron para los costos indirectos un 35 % sobre los precios unitarios, en los cuales se incluyen los gastos técnico administrativo, de supervisión y utilidades.

3.8.1. Cantidades de trabajo

Es la distinción de los componentes por unidades de ejecución y se enumera por renglones, llevando la secuencia lógica de ejecución, posterior se asigna a cada renglón una unidad de medida, para así poder determinar las cantidades de trabajo.

3.8.2. Integración de precios unitarios

Es el precio por unidad de medida o unidad de pago, que se obtiene por medio de la integración del costo directo y el costo indirecto.

3.8.3. Resumen de presupuesto

Sirve para puntualizar y costear cada gasto y cantidad de trabajo a realizar con el objetivo de mantenerse y acoplarse el presupuesto disponible para la ejecución.

Tabla XXI. Presupuesto para carretera del sector 6 aldea el Carmen

PRESUPUESTO PARA PAVIMENTACION EN SECTOR ALDEA EL CARMEN					
NO	REGLON	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO REGLON
1	TRABAJOS PRELIMINARES				
1,1	Replanteo	km	1,70	Q 5 698,39	Q 9 687,26
2	PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRAULICO				
2,1	Perfilado de carpeta asfáltica 0,03m	m ²	7183,32	Q 59,25	Q 425 611,71
2,2	Construcción de cunetas tipo U de 0,15m de espesor + bordillo	m	850,30	Q 183,97	Q 156 429,69
2,3	Carpeta de rodadura espesor 0,17m concreto 5000PSI	m ²	7183,32	Q 320,55	Q 2 302 613,23
2,4	Construcción de tragantes	Unidad	10,00	Q 3 251,53	Q 32 515,30
COSTO TOTAL DEL PROYECTO					Q 2 926 857,19

Fuente: elaboración propia.

3.9. Cronograma de ejecución físico y financiero

Es la concatenación de actividades calendarizadas consistentes en desarrollar un proyecto, tomando como sustentación del mismo el tiempo de ejecución e inversión económica necesaria para el desarrollo. Además permite planificar y controlar los resultados y avances de corto, mediano y largo plazo.

3.10. Evaluación Ambiental Inicial (EAI)

Es el instrumento de análisis ambiental, utilizado para evaluar y/o auditar proyectos con el objetivo de ordenar y generar mitigaciones para el medio ambiente.

Tabla XXIII. **Boleta de identificación y evaluación riesgo para carretera**

Boleta de Identificación y Evaluación de Riesgo en Proyectos de Inversión Pública.														
Proyecto: Pavimentación para el sector 6, zona 10, aldea El Carmen, Santa Catarina Pinula														
Localización: SANTA CATARINA PINULA														
Identificación y Evaluación de Riesgo Programa	N.A.	Exposición al evento	Categoría del evento	Amenaza				Vulnerabilidad				Total = A * V R = amenaza * vulner.		
				Nula	Minima	Modificada	Severa	Baja	Media	Alta	Extrem. Alta			
Origen del Evento	Factor	Tipo de Evento		0	4	8	10	2	4	8	10			
Naturales	Meteorológicos	Huracanes, ciclones y tifones		0								0		
		Tornados (vientos fuertes)		0									0	
		Tormenta tropical				8				4				32
		Onda térmica fría		0										0
		Onda térmica cálida		0										0
		Inundaciones				8				4				32
		Sequías que provocan pérdidas agrícolas		0										0
		Otros: Especifique												0
	Topográficos ó Geotécnicos	Derrumbes		0		8				4				32
		Deslizamientos		0										0
		Lahares		0										0
		Flujos de lodo y agua				8				4				32
		Otros												0
	Tectónicos ó Geológicos	Terremotos (sismos)				8					8			64
		Erupciones volcánicas		0										0
		Maremotos (tsunamis)		0										0
		Otros		0										0
	Derechos humanos	Violación de derechos humanos		0										0
Genera pobreza y exclusión social		0										0		
Genera discriminación (género, étnia, discapacidad)		0										0		
Ocurrencia de epidemias		0										0		
Otros												0		
Seguridad ciudadana	Asesinatos y crímenes		0										0	
	Delincuencia organizada		0										0	
	Delincuencia común		0										0	
	Conflictos limítrofes		0										0	
	Ocurrencia de guerra		0										0	
	Ocurrencia de terrorismo		0										0	
Entorno político-económico-social	Otros												0	
	Crisis política (pérdida democracia)		0										0	
	Crisis gobernabilidad (alteración orden público)		0										0	
	Crisis económica (empobrecimiento)		0										0	
	Crisis social (conflictos entre pobladores)		0										0	
Otros												0		

CONCLUSIONES

1. La construcción del edificio beneficiará a toda la población de la cabecera municipal, ya que los usuarios recibirán una mejora de calidad educativa; así como la creación e implementación de programas de capacitación en las diferentes áreas técnicas para las cuales ha sido diseñado el mismo.
2. El diseño de la pavimentación consiste en dar solución a la problemática del pavimento existente (terracería y asfalto), provocando proliferación de enfermedades en invierno, debido al estancamiento de agua pluvial, así como dificultades para la circulación de los vecinos del sector por el deterioro continuo de dichas calles.
3. El Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) contribuye a que el estudiante afronte y resuelva situaciones reales, con base en la práctica y aplicación de los conocimientos adquiridos a lo largo de los años de estudio y al mismo tiempo le permite obtener experiencia para enfrentarse con problemas que se puedan presentar en el campo de la ingeniería civil.

RECOMENDACIONES

1. Se deben ejecutar los proyectos de acuerdo a los planos constructivos y especificaciones técnicas, para alcanzar los resultados esperados durante el período para el que fueron diseñados.
2. La construcción de ambos proyectos deberá ser ejecutada y supervisada por personal altamente calificado, para cumplir con las especificaciones que cada proyecto demanda, ya que así se garantiza la funcionalidad y durabilidad de los mismos.
3. Actualizar los precios unitarios de cada renglón de trabajo de los proyectos, previo a la contratación de servicios profesionales, ya que están sujetos a variar debido a factores económicos y de inflación en los precios de los materiales y mano de obra.

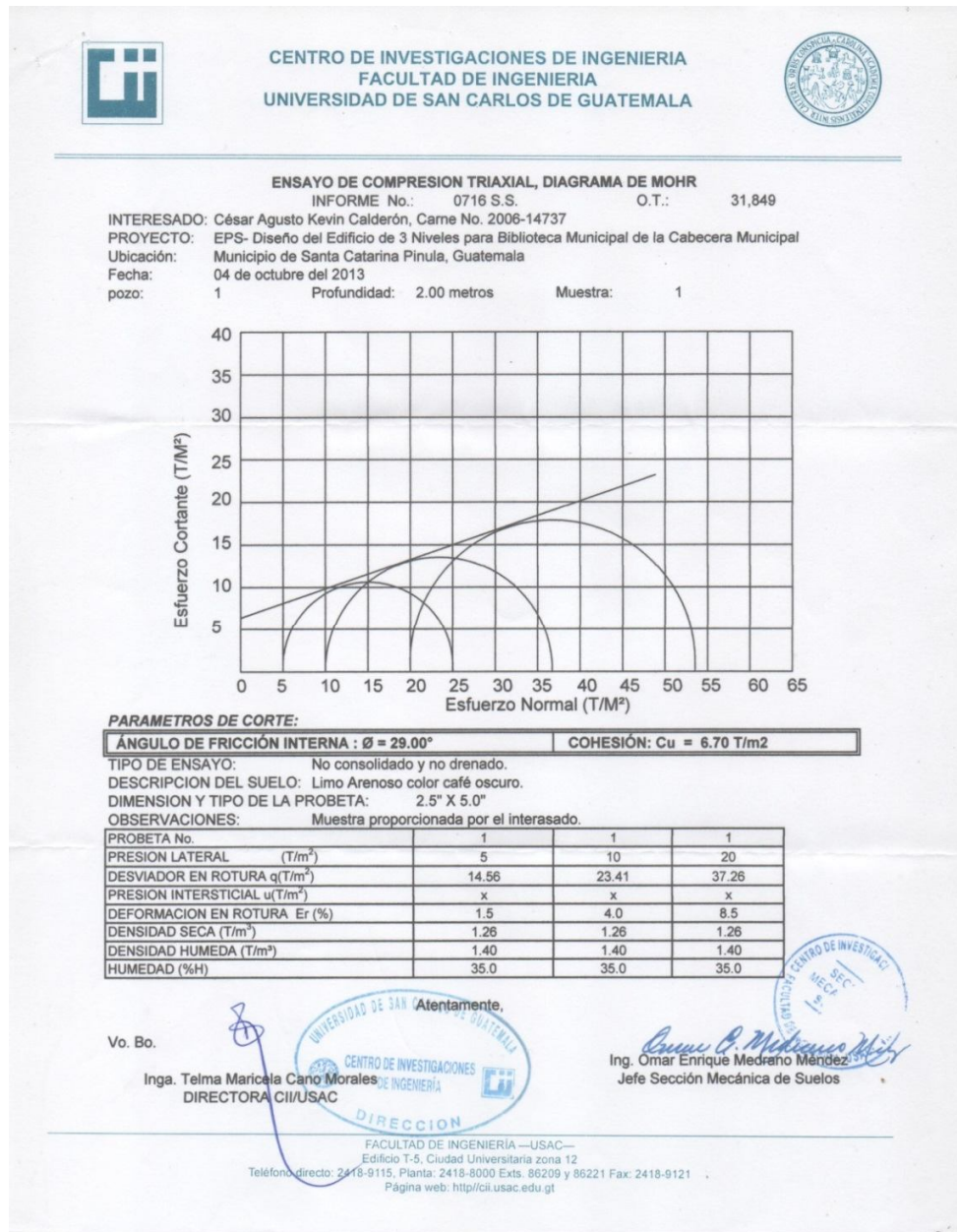
BIBLIOGRAFÍA

1. American Concrete Institute. *Especificaciones para el diseño de elementos de concreto estructural* (ACI 318-08). Washington: ACI, 2007. 900 p.
2. Asociación Guatemalteca de Ingeniería estructural y Sísmica. *Bases generales de diseño y construcción*. Guatemala: AGIES, 2002. Colección NR-1 195 p.
3. BRAJA M., Das. *Principios de ingeniería de cimentaciones*. 5a ed. México: International Thomson, 2006. 743 p. ISBN: 9706864814.
4. CARRANZA AVILA, Byron Orlando. *Diseño geométrico para el mejoramiento de la carretera CA2-W, a través de un carril de ascenso KM. 102+000 a 105+500, Santa Lucia Cotzumalguapa, Escuintla*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 2008. 64 p.
5. CRESPO VILLALAZ, Carlos. *Vías de comunicación: Caminos, ferrocarriles, aeropuertos, puentes y puertos*. 3a ed. México: Limusa, 2007. 740 p. ISBN-13: 978968184849-1.
6. HERNÁNDEZ MONZÓN, Jorge Mynor. *Consideraciones generales para el diseño de los diferentes tipos de pavimentos*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 1997. 150 p.

7. NILSON, Arthur H. *Diseño de estructuras de concreto*. 13a ed. Colombia: McGraw-Hill. 2001. 772 p. ISBN: 958600953X.
8. PAZ VALENZUELA, Jorge Raúl. *Diseño de pavimento rígido para la aldea el rosario y drenaje sanitario para el micro parcelamiento el naranjo Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 2007. 156 p.
9. TAMPÁN CORADO, Rolando Antonio. *Guía teórica y práctica para uso de software de ETABS para diseño de estructuras de concreto*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 2009. 306 p.

APÉNDICES

Apéndice 1. Ensayo de compresión triaxial



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería. Facultad de Ingeniería.
 Universidad de San Carlos de Guatemala.

Apéndice 2. Factores de capacidad de carga

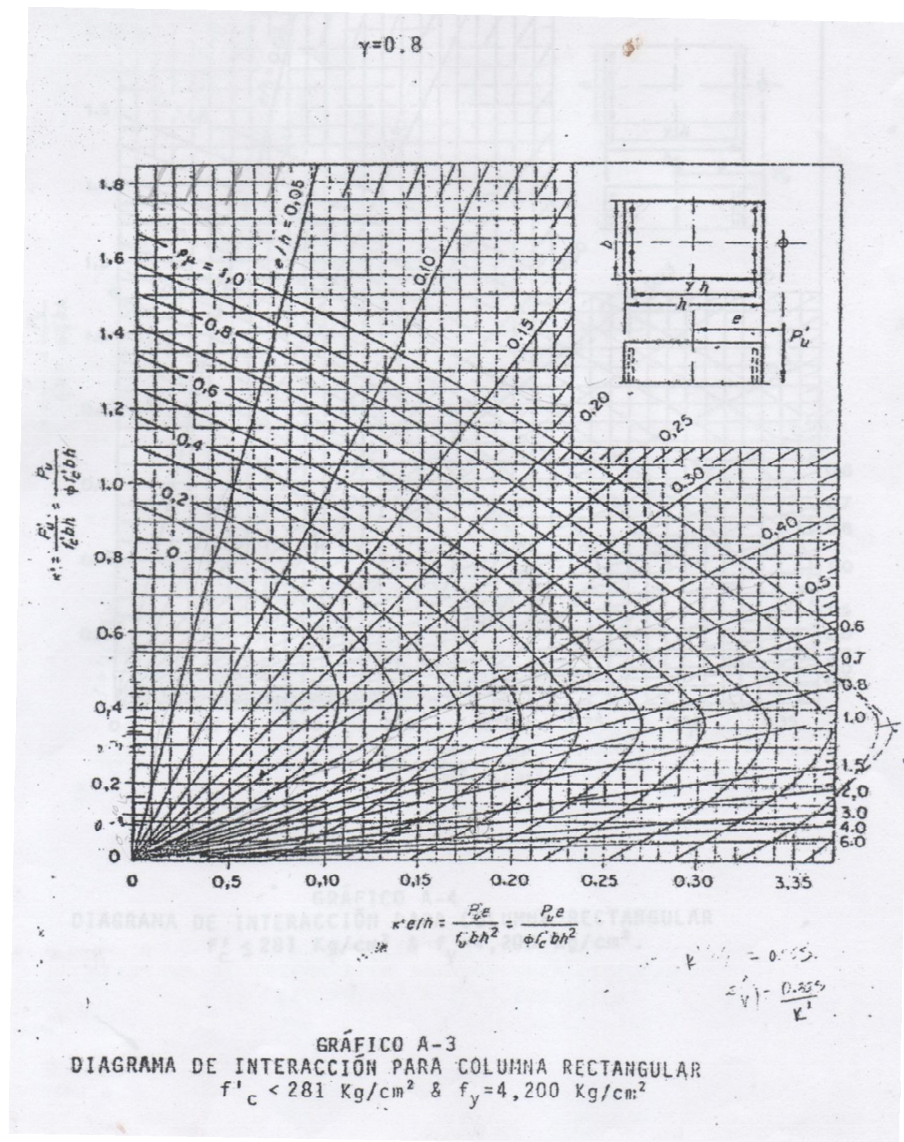
▼ **TABLA 3.4** Factores^a de capacidad de carga

ϕ	N_c	N_q	N_γ	N_q/N_c	$\tan\phi$	ϕ	N_c	N_q	N_γ	N_q/N_c	$\tan\phi$
0	5.14	1.00	0.00	0.20	0.00	26	22.25	11.85	12.54	0.53	0.49
1	5.38	1.09	0.07	0.20	0.02	27	23.94	13.20	14.47	0.55	0.51
2	5.63	1.20	0.15	0.21	0.03	28	25.80	14.72	16.72	0.57	0.53
3	5.90	1.31	0.24	0.22	0.05	29	27.86	16.44	19.34	0.59	0.55
4	6.19	1.43	0.34	0.23	0.07	30	30.14	18.40	22.40	0.61	0.58
5	6.49	1.57	0.45	0.24	0.09	31	32.67	20.63	25.99	0.63	0.60
6	6.81	1.72	0.57	0.25	0.11	32	35.49	23.18	30.22	0.65	0.62
7	7.16	1.88	0.71	0.26	0.12	33	38.64	26.09	35.19	0.68	0.65
8	7.53	2.06	0.86	0.27	0.14	34	42.16	29.44	41.06	0.70	0.67
9	7.92	2.25	1.03	0.28	0.16	35	46.12	33.30	48.03	0.72	0.70
10	8.35	2.47	1.22	0.30	0.18	36	50.59	37.75	56.31	0.75	0.73
11	8.80	2.71	1.44	0.31	0.19	37	55.63	42.92	66.19	0.77	0.75
12	9.28	2.97	1.69	0.32	0.21	38	61.35	48.93	78.03	0.80	0.78
13	9.81	3.26	1.97	0.33	0.23	39	67.87	55.96	92.25	0.82	0.81
14	10.37	3.59	2.29	0.35	0.25	40	75.31	64.20	109.41	0.85	0.84
15	10.98	3.94	2.65	0.36	0.27	41	83.86	73.90	130.22	0.88	0.87
16	11.63	4.34	3.06	0.37	0.29	42	93.71	85.38	155.55	0.91	0.90
17	12.34	4.77	3.53	0.39	0.31	43	105.11	99.02	186.54	0.94	0.93
18	13.10	5.26	4.07	0.40	0.32	44	118.37	115.31	224.64	0.97	0.97
19	13.93	5.80	4.68	0.42	0.34	45	133.88	134.88	271.76	1.01	1.00
20	14.83	6.40	5.39	0.43	0.36	46	152.10	158.51	330.35	1.04	1.04
21	15.82	7.07	6.20	0.45	0.38	47	173.64	187.21	403.67	1.08	1.07
22	16.88	7.82	7.13	0.46	0.40	48	199.26	222.31	496.01	1.12	1.11
23	18.05	8.66	8.20	0.48	0.42	49	229.93	265.51	613.16	1.15	1.15
24	19.32	9.60	9.44	0.50	0.45	50	266.89	319.07	762.89	1.20	1.19
25	20.72	10.66	10.88	0.51	0.47						

^a Según Vesic (1973)

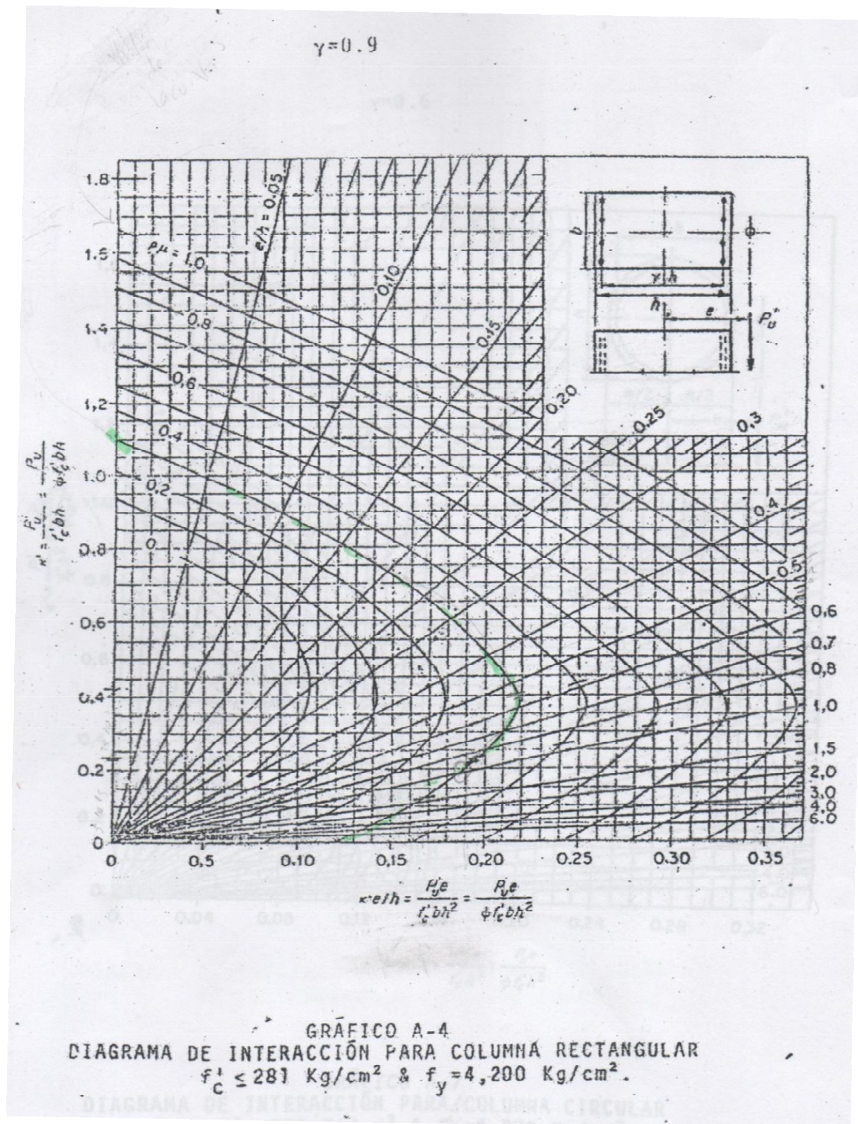
Fuente: BRAJA M. Das, Principios de ingeniería de cimentaciones 1, p. 168.

Apéndice 3. Diagrama de interacción para columna rectangular con barras en las cuatro caras y con $\gamma = 0,80$



Fuente: NILSON, Arthur, Diseño de estructuras de concreto. p. 697.

Apéndice 3. Diagrama de interacción para columna rectangular con barras en las cuatro caras y con $\gamma = 0,90$



Fuente: NILSON, Arthur, Diseño de estructuras de concreto. p. 698.

Apéndice 4. Coeficientes para momentos negativos en losas

TABLA 12.3

Coeficientes para momentos negativos en losas*

$$M_{L,NEG} = C_{L,NEG} w l^2$$

donde w = carga muerta más viva uniforme total

$$M_{L,NEG} = C_{L,NEG} w l^2$$

Relación $m = \frac{l}{b}$	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5	Caso 6	Caso 7	Caso 8	Caso 9
1.00	$\frac{C_{L,NEG}}{C_{L,NEG}}$	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	$\frac{C_{L,NEG}}{C_{L,NEG}}$	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	$\frac{C_{L,NEG}}{C_{L,NEG}}$	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	$\frac{C_{L,NEG}}{C_{L,NEG}}$	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	$\frac{C_{L,NEG}}{C_{L,NEG}}$	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	$\frac{C_{L,NEG}}{C_{L,NEG}}$	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	$\frac{C_{L,NEG}}{C_{L,NEG}}$	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	$\frac{C_{L,NEG}}{C_{L,NEG}}$	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	$\frac{C_{L,NEG}}{C_{L,NEG}}$	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	$\frac{C_{L,NEG}}{C_{L,NEG}}$	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	$\frac{C_{L,NEG}}{C_{L,NEG}}$	0.086 0.006	0.022	0.094 0.006	0.090	0.097	0.014	0.089 0.010	0.088 0.003

*Un borde aclarado indica que la losa continúa a través o se encuentra empotrada en el apoyo; un borde sin marcas indica un apoyo donde la resistencia estructural es despreciable.

Fuente: NILSON, Arthur, Diseño de estructuras de concreto. p. 378.

Apéndice 5 **Coefficientes para momentos positivos debido a carga muerta losas**

TABLA 124
Coefficientes para momentos positivos debidos a carga muerta en losas^m

$M_{l,positiva} = C_{a,dl} w l^2$ donde w = carga muerta uniforme total

$M_{b,positiva} = C_{b,dl} w l^2$

Relación	Caso1	Caso2	Caso3	Caso4	Caso5	Caso6	Caso7	Caso8	Caso9
l_b									
1.00	$C_{a,dl}$ 0.036	$C_{a,dl}$ 0.018	$C_{a,dl}$ 0.018	$C_{a,dl}$ 0.027	$C_{a,dl}$ 0.027	$C_{a,dl}$ 0.033	$C_{a,dl}$ 0.027	$C_{a,dl}$ 0.020	$C_{a,dl}$ 0.023
	$C_{b,dl}$ 0.036	$C_{b,dl}$ 0.018	$C_{b,dl}$ 0.027	$C_{b,dl}$ 0.027	$C_{b,dl}$ 0.018	$C_{b,dl}$ 0.027	$C_{b,dl}$ 0.033	$C_{b,dl}$ 0.023	$C_{b,dl}$ 0.020
0.95	$C_{a,dl}$ 0.040	$C_{a,dl}$ 0.020	$C_{a,dl}$ 0.021	$C_{a,dl}$ 0.030	$C_{a,dl}$ 0.028	$C_{a,dl}$ 0.036	$C_{a,dl}$ 0.031	$C_{a,dl}$ 0.022	$C_{a,dl}$ 0.024
	$C_{b,dl}$ 0.033	$C_{b,dl}$ 0.016	$C_{b,dl}$ 0.025	$C_{b,dl}$ 0.024	$C_{b,dl}$ 0.015	$C_{b,dl}$ 0.024	$C_{b,dl}$ 0.031	$C_{b,dl}$ 0.021	$C_{b,dl}$ 0.017
0.90	$C_{a,dl}$ 0.045	$C_{a,dl}$ 0.022	$C_{a,dl}$ 0.025	$C_{a,dl}$ 0.033	$C_{a,dl}$ 0.029	$C_{a,dl}$ 0.039	$C_{a,dl}$ 0.035	$C_{a,dl}$ 0.025	$C_{a,dl}$ 0.026
	$C_{b,dl}$ 0.029	$C_{b,dl}$ 0.014	$C_{b,dl}$ 0.024	$C_{b,dl}$ 0.022	$C_{b,dl}$ 0.013	$C_{b,dl}$ 0.021	$C_{b,dl}$ 0.028	$C_{b,dl}$ 0.019	$C_{b,dl}$ 0.015
0.85	$C_{a,dl}$ 0.050	$C_{a,dl}$ 0.024	$C_{a,dl}$ 0.029	$C_{a,dl}$ 0.036	$C_{a,dl}$ 0.031	$C_{a,dl}$ 0.042	$C_{a,dl}$ 0.040	$C_{a,dl}$ 0.029	$C_{a,dl}$ 0.028
	$C_{b,dl}$ 0.026	$C_{b,dl}$ 0.012	$C_{b,dl}$ 0.022	$C_{b,dl}$ 0.019	$C_{b,dl}$ 0.011	$C_{b,dl}$ 0.017	$C_{b,dl}$ 0.025	$C_{b,dl}$ 0.017	$C_{b,dl}$ 0.013
0.80	$C_{a,dl}$ 0.056	$C_{a,dl}$ 0.026	$C_{a,dl}$ 0.034	$C_{a,dl}$ 0.039	$C_{a,dl}$ 0.032	$C_{a,dl}$ 0.045	$C_{a,dl}$ 0.045	$C_{a,dl}$ 0.032	$C_{a,dl}$ 0.029
	$C_{b,dl}$ 0.023	$C_{b,dl}$ 0.011	$C_{b,dl}$ 0.020	$C_{b,dl}$ 0.016	$C_{b,dl}$ 0.009	$C_{b,dl}$ 0.015	$C_{b,dl}$ 0.022	$C_{b,dl}$ 0.015	$C_{b,dl}$ 0.010
0.75	$C_{a,dl}$ 0.061	$C_{a,dl}$ 0.028	$C_{a,dl}$ 0.040	$C_{a,dl}$ 0.043	$C_{a,dl}$ 0.033	$C_{a,dl}$ 0.048	$C_{a,dl}$ 0.051	$C_{a,dl}$ 0.036	$C_{a,dl}$ 0.031
	$C_{b,dl}$ 0.019	$C_{b,dl}$ 0.009	$C_{b,dl}$ 0.018	$C_{b,dl}$ 0.013	$C_{b,dl}$ 0.007	$C_{b,dl}$ 0.012	$C_{b,dl}$ 0.020	$C_{b,dl}$ 0.013	$C_{b,dl}$ 0.007
0.70	$C_{a,dl}$ 0.068	$C_{a,dl}$ 0.030	$C_{a,dl}$ 0.046	$C_{a,dl}$ 0.046	$C_{a,dl}$ 0.035	$C_{a,dl}$ 0.051	$C_{a,dl}$ 0.058	$C_{a,dl}$ 0.040	$C_{a,dl}$ 0.033
	$C_{b,dl}$ 0.016	$C_{b,dl}$ 0.007	$C_{b,dl}$ 0.016	$C_{b,dl}$ 0.011	$C_{b,dl}$ 0.005	$C_{b,dl}$ 0.009	$C_{b,dl}$ 0.017	$C_{b,dl}$ 0.011	$C_{b,dl}$ 0.006
0.65	$C_{a,dl}$ 0.074	$C_{a,dl}$ 0.032	$C_{a,dl}$ 0.054	$C_{a,dl}$ 0.050	$C_{a,dl}$ 0.036	$C_{a,dl}$ 0.054	$C_{a,dl}$ 0.065	$C_{a,dl}$ 0.044	$C_{a,dl}$ 0.034
	$C_{b,dl}$ 0.013	$C_{b,dl}$ 0.006	$C_{b,dl}$ 0.014	$C_{b,dl}$ 0.009	$C_{b,dl}$ 0.004	$C_{b,dl}$ 0.007	$C_{b,dl}$ 0.014	$C_{b,dl}$ 0.009	$C_{b,dl}$ 0.005
0.60	$C_{a,dl}$ 0.081	$C_{a,dl}$ 0.034	$C_{a,dl}$ 0.062	$C_{a,dl}$ 0.053	$C_{a,dl}$ 0.037	$C_{a,dl}$ 0.056	$C_{a,dl}$ 0.073	$C_{a,dl}$ 0.048	$C_{a,dl}$ 0.036
	$C_{b,dl}$ 0.010	$C_{b,dl}$ 0.004	$C_{b,dl}$ 0.011	$C_{b,dl}$ 0.007	$C_{b,dl}$ 0.003	$C_{b,dl}$ 0.006	$C_{b,dl}$ 0.012	$C_{b,dl}$ 0.007	$C_{b,dl}$ 0.004
0.55	$C_{a,dl}$ 0.088	$C_{a,dl}$ 0.035	$C_{a,dl}$ 0.071	$C_{a,dl}$ 0.056	$C_{a,dl}$ 0.038	$C_{a,dl}$ 0.058	$C_{a,dl}$ 0.081	$C_{a,dl}$ 0.052	$C_{a,dl}$ 0.037
	$C_{b,dl}$ 0.008	$C_{b,dl}$ 0.003	$C_{b,dl}$ 0.009	$C_{b,dl}$ 0.005	$C_{b,dl}$ 0.002	$C_{b,dl}$ 0.004	$C_{b,dl}$ 0.009	$C_{b,dl}$ 0.005	$C_{b,dl}$ 0.003
0.50	$C_{a,dl}$ 0.095	$C_{a,dl}$ 0.037	$C_{a,dl}$ 0.080	$C_{a,dl}$ 0.059	$C_{a,dl}$ 0.039	$C_{a,dl}$ 0.061	$C_{a,dl}$ 0.089	$C_{a,dl}$ 0.056	$C_{a,dl}$ 0.038
	$C_{b,dl}$ 0.006	$C_{b,dl}$ 0.002	$C_{b,dl}$ 0.007	$C_{b,dl}$ 0.004	$C_{b,dl}$ 0.001	$C_{b,dl}$ 0.003	$C_{b,dl}$ 0.007	$C_{b,dl}$ 0.004	$C_{b,dl}$ 0.002

Fuente: NILSON, Arthur, Diseño de estructuras de concreto. p. 379.

Apéndice 6. **Coefficientes para momentos positivos debido a carga viva en losas**

TABLA 12.5
Coefficientes para momentos positivos debidos a carga viva en losas^m

$$M_{x,y,z} = C_{x,y,z} w l^2$$

donde w = carga viva uniforme total

$$M_{x,y,z} = C_{x,y,z} w l^2$$

Relación $m = \frac{l_y}{l_x}$	Caso1	Caso2	Caso3	Caso4	Caso5	Caso6	Caso7	Caso8	Caso9
1.00	$C_{x,z}$ 0.036	0.027	0.027	0.032	0.032	0.035	0.032	0.028	0.030
	$C_{y,z}$ 0.036	0.027	0.032	0.032	0.027	0.032	0.035	0.030	0.028
0.95	$C_{x,z}$ 0.040	0.030	0.031	0.035	0.034	0.038	0.036	0.031	0.032
	$C_{y,z}$ 0.033	0.025	0.029	0.029	0.024	0.029	0.032	0.027	0.025
0.90	$C_{x,z}$ 0.045	0.034	0.035	0.039	0.037	0.042	0.040	0.035	0.036
	$C_{y,z}$ 0.029	0.022	0.027	0.026	0.021	0.025	0.029	0.024	0.022
0.85	$C_{x,z}$ 0.050	0.037	0.040	0.043	0.041	0.046	0.045	0.040	0.039
	$C_{y,z}$ 0.026	0.019	0.024	0.023	0.019	0.022	0.026	0.022	0.020
0.80	$C_{x,z}$ 0.056	0.041	0.045	0.048	0.044	0.051	0.051	0.044	0.042
	$C_{y,z}$ 0.023	0.017	0.022	0.020	0.016	0.019	0.023	0.019	0.017
0.75	$C_{x,z}$ 0.061	0.045	0.051	0.052	0.047	0.055	0.056	0.049	0.046
	$C_{y,z}$ 0.019	0.014	0.019	0.016	0.013	0.016	0.020	0.016	0.013
0.70	$C_{x,z}$ 0.068	0.049	0.057	0.057	0.051	0.060	0.063	0.054	0.050
	$C_{y,z}$ 0.016	0.012	0.016	0.014	0.011	0.013	0.017	0.014	0.011
0.65	$C_{x,z}$ 0.074	0.053	0.064	0.062	0.055	0.064	0.070	0.059	0.054
	$C_{y,z}$ 0.013	0.010	0.014	0.011	0.009	0.010	0.014	0.011	0.009
0.60	$C_{x,z}$ 0.081	0.058	0.071	0.067	0.059	0.068	0.077	0.065	0.059
	$C_{y,z}$ 0.010	0.007	0.011	0.009	0.007	0.008	0.011	0.009	0.007
0.55	$C_{x,z}$ 0.088	0.062	0.080	0.072	0.063	0.073	0.085	0.070	0.063
	$C_{y,z}$ 0.008	0.006	0.009	0.007	0.005	0.006	0.009	0.007	0.006
0.50	$C_{x,z}$ 0.095	0.066	0.088	0.077	0.067	0.078	0.092	0.076	0.067
	$C_{y,z}$ 0.006	0.004	0.007	0.005	0.004	0.005	0.007	0.005	0.004

Fuente: NILSON, Arthur, Diseño de estructuras de concreto. p. 380.

Apéndice 7. Ensayo de Proctor



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería. Facultad de Ingeniería.
Universidad de San Carlos de Guatemala.

Apéndice 8. Ensayo de Razón Soporte California (CBR)



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería. Facultad de Ingeniería.
Universidad de San Carlos de Guatemala.

Apéndice 10. Ensayo de límites de Atterberg



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



INFORME No. 0719 S.S. O.T.: 31,850

Interesado: Cesár Augusto Kevin Calderon, 2006-14737

Proyecto: EPS-Diseño de Pavimento para el Sector 6, Aldea El Carmén, Zona 10, Santa Catarina Pinula, Guatemala

Asunto: ENSAYO DE LIMITES DE ATTERBERG

Norma: AASHTO T-89 Y T-90

Ubicación: Municipio de Santa Catarina Pinula, Guatemala

FECHA: lunes, 07 de octubre de 2013

RESULTADOS:

ENSAYO No.	MUESTRA No.	L.L. (%)	I.P. (%)	CLASIFICACION *	DESCRIPCION DEL SUELO
1	1	0.0	0.0	ML	Arena limosa con grava color café

(*) CLASIFICACION SEGÚN CARTA DE PLASTICIDAD

Observaciones: Muestra tomada por el interesado.

Atentamente,

Vo. Bo.



Inga. Telma Maricela Cano Morales
DIRECTORA CI/USAC




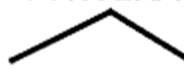


Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos

FACULTAD DE INGENIERIA —USAC—
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo: 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.
Universidad de San Carlos de Guatemala.

Apéndice 11. Valores de K para curvas concavas y convexas

VELOCIDAD DE DISEÑO (KM).	CONCAVA  VALORES DE K.	CONVEXA  VALORES DE K.
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: CARRANZA AVILA, Byron. Diseño geométrico para el mejoramiento de la carretera CA2-W, a través de un carril de ascenso KM. 102+000 a 105+500, Santa Lucia Cotzumalguapa, Escuintla, p. 23.

Apéndice 12. Topografía del sector 6 aldea el Carmen

Est.	P.O.	Dist.	Azimuts			Elevación
			grados	minutos	segundos	
C	D	363,378	217	8	15	107,418
	C-1	8,385	11	24	40,1	107,987
	C-2	267,399	30	42	0,7	110,598
	C-3	323,182	41	37	3,8	110,952
	C-4	115,929	47	35	57,9	107,927
	C-5	118,134	203	0	46,6	103,498
	C-6	142,244	224	54	11,3	103,698
D	F	31,28	308	39	10	99,787
	D-1	65,162	19	26	58,2	99,609
	D-2	83,201	61	55	0	99,806
	D-3	76,951	186	48	18,5	98,839
	D-4	16,573	222	11	23,4	98,8
	D-5	36,366	242	11	33,6	99,127
	D-6	17,34	291	28	0	99,52
	D-7	17,134	297	13	0	99,56
	D-8	3,61	4	42	0	99,307
	D-9	1,28	118	28	0	99,16
	G	323,266	213	32	7,1	99,787
F	F-1	4,4	255	12	0	99,764
	F-2	4,986	349	42	0	99,922
	F-3	8,6	105	30	0	99,927
	F-4	8,43	111	30	0	99,814
	F-5	2,954	145	32	0	99,828
G	I-8	404,561	111	36	17	95,687
	G-1	8,609	51	42	41,1	93,91
	G-2	69,644	92	29	20,8	93,547
	G-3	46,666	164	36	38,7	94,569
	G-4	374,571	210	46	1,4	94,687
	G-5	112,988	225	37	14,8	93,284
	G-6	49,817	264	7	18,1	94,28
	G-7	58,107	358	3	0,9	93,27

Continuación del apéndice 12.

I-8	N	705,714	115	29	30,6	98,478
I	J	34,35	30	50	10	102,217
	I-1	44,155	283	39	27,3	99,583
	I-2	70,623	325	23	13,2	99,58
	I-3	44,202	0	22	40,3	99,87
	I-4	6,566	17	37	0	100,438
	I-5	5,574	61	38	17,5	100,24
	I-6	96,391	86	27	53,1	100,56
	I-7	78,782	115	40	55,7	100,63
	I-8	1,87	40	38	0	100,03
J	K	49,76	33	28	40	104,589
	J-1	4,2	229	59	40	102,2
	J-2	14,98	199	17	0	101,63
	J-3	14,87	196	21	0	101,71
	J-4	3,77	118	22	0	102,4
	J-5	19,59	111	58	0	102,81
	J-6	19,75	108	51	0	102,81
	J-7	2,47	94	23	0	102,42
	J-8	7,3	22	19	0	102,44
	J-9	7,27	24	46	0	102,44
K	L	20,265	37	42	0	106,764
	K-1	11,61	221	20	0	104,32
	K-2	10	204	12	0	104,38
	K-3	1,89	146	31	0	104,78
	K-4	2,52	78	9	0	104,85
	K-5	7,4	49	46	0	105,07
	K-6	7,38	29	20	0	104,94
	M	18,865	109	17	0	105,186
L	L-1	1,98	150	39	0	106,8
	L-2	1,764	250	46	0	106,78
	L-3	9,568	32	50	0	107,26
	L-4	10,496	54	59	0	107,3
	L-5	6,512	94	41	0	107,19

Continuación del apéndice 12.

	L-6	20,482	104	23	0	107,53
	L-7	20,56	102	17	0	107,6
	L-8	1,35	75	55	0	106,79
M	M-1	1,428	340	30	0	105,2
	M-2	11,522	32	30	0	105,85
	M-3	18,516	33	4	0	106,21
	M-4	19,284	40	31	0	106,26
	M-5	11,254	44	13	0	105,83
	M-6	1,304	166	43	0	105,25
N	O	254,686	205	35	34,4	98,67
	N-1	42,587	97	43	47,8	97,693
	N-2	88,722	192	26	34	98,314
	N-3	95,706	225	35	27,1	97,895
	N-4	66,176	254	4	57,5	97,284
	N-5	7,486	271	41	51,3	97,258
O	O-1	4,79	269	46	0	106,02
	O-2	2	280	58	0	106,091
	O-3	3,6	210	34	0	105,96
	O-4	6,31	154	44	0	106,37
	O-5	6,17	94	14	0	106,38
	O-6	5,19	71	1	0	106,44
	O-7	6,31	48	3	0	106,47
	O-8	9,7	36	16	0	106,58
	O-9	99,721	358	47	0	106,56
P	O	40,797	38	9	10	106,251
	P-1	2,97	314	43	0	103,1
	P-2	3,98	240	52	0	103,16
	P-3	2,71	111	21	0	103,18
	P-4	3,57	3	24	0	103,24
	S	23,245	211	7	40	102,068
Q	P	21,618	106	40	10	103,095
	Q-1	10,59	217	51	0	101,38
	Q-2	10,54	197	26	0	101,32

Continuación del apéndice 12.

	Q-3	2	128	13	0	101,97
	Q-4	3,15	18	43	0	101,13
	Q-5	2,75	356	46	0	101,12
	Q-6	1,45	46	57	0	101,895
R	Q	47,48	24	17	20	101,745
	R-1	20,038	200	25	0	99,45
	R-2	20,57	203	50	0	99,4
	R-3	20,21	207	8	0	99,52
	R-4	2,594	162	26	0	100,1
	R-5	3,623	146	36	0	100,22
	R-6	7,68	45	37	0	100,57
	R-7	17,32	23	26	0	100,54
	R-8	17,08	9	26	0	100,4
	R-9	5,81	342	11	0	100,16
	R-10	11,89	205	39	0	99,66
S	T	25,505	113	55	10	103,14
	S-1	10,16	17	3	10	102,5
	S-2	3,25	244	52	40	102,14
	S-3	2,2	74	42	50	102,11
T	U	58,812	34	38	30	106,44
	T-1	3,13	204	13	0	103,22
	T-2	11,19	130	12	0	103,09
	T-3	1,97	81	27	0	103,14
	T-4	1,872	61	18	0	103,14
	T-5	22,38	26	56	40	103,854
	T-6	2,85	316	29	0	103,19
	W	28,76	117	34	0	104,065
U	O	23,94	305	23	0	106,251
	U-1	3,73	277	16	40	106,33
	U-2	1,13	143	4	0	106,42
	U-3	4,28	26	6	0	106,48
	U-4	2,02	19	57	10	106,46

Continuación del apéndice 12.

V	U	29	298	42	0	106,44
	V-1	19,66	222	5	0	105,63
	V-2	19,34	212	1	10	105,61
	V-3	1,43	158	12	30	106,77
	V-4	4,48	26	13	10	106,92
	V-5	2,12	17	6	10	106,77
	V-6	2,53	278	58	40	106,77
W	V	58,446	35	4	0	106,754
	W-1	2,56	324	30	0	104,066
	W-2	19,97	28	35	50	104,54
	W-3	20,38	38	30	20	104,47
	W-4	1,74	77	44	10	104,12
	W-5	13,86	114	28	50	104,58
	X	27,55	119	41	10	104,807
X	Y	61,962	35	10	20	107,25
	X-1	7,92	286	3	40	104,77
	X-2	6,35	137	22	0	105
	X-3	1,59	129	54	50	104,88
	X-4	4,14	93	17	0	105,04
	X-5	1,76	13	20	10	104,83
	X-6	20,77	32	31	0	105,76
	X-7	20,9	42	19	50	105,79
	BB	30,821	121	19	20	105,87
Y	V	28,195	292	32	30	106,754
	Y-1	13,33	219	19	30	107,12
	Y-2	7,41	228	17	30	107,12
	Y-3	15,5	276	10	0	107,2
	Y-4	14,77	282	29	0	106,9
	Y-5	3,87	237	57	30	107,11
	Y-6	4,7	184	36	40	107,22
	Y-7	1,29	28	55	40	107,23
	Y-8	0,95	209	32	10	107,275

Continuación del apéndice 12.

Z	Y	31,81	303	2	0	107,25
	Z-1	6,384	265	36	30	107,97
	Z-2	6,64	277	31	0	107,99
	Z-3	17,2	291	40	0	107,63
	Z-4	12,64	314	59	20	107,79
	Z-5	5,73	337	51	50	108
	Z-6	6,74	0	19	10	108,19
	Z-7	11,53	15	26	0	108,36
	Z-8	11,37	43	18	0	108,35
	Z-9	5,42	55	54	50	108,27
	Z-10	5,52	79	21	20	108,35
	Z-11	7,95	97	25	0	108,48
	Z-12	4,21	133	32	0	108,2
	Z-13	4,35	187	40	50	107,98
	Z-14	1,06	7	37	20	108,2
	FF	40,5	121	13	50	109,358
	HH	654,802	35	18	0,4	101,975
AA	Z	43,49	36	16	50	108,192
	AA-1	5,29	359	52	50	106,8
	AA-2	4,22	76	52	20	106,72
	AA-3	3,19	164	30	0	106,52
	AA-4	6,85	231	30	40	106,21
	AA-5	6,24	243	12	50	106,42
	EE	44,29	121	31	0	108,087
BB	AA	17,52	36	5	40	106,51
	BB-1	3,06	271	13	20	105,82
	BB-2	3,58	345	28	40	105,97
	BB-3	5,96	16	35	30	106,03
	BB-4	1,87	111	43	30	105,92
	BB-5	6,18	201	43	30	105,48
	CC	28,91	210	15	40	104,17
CC	DD	28,91	210	15	40	92,583
	CC-1	1,64	297	37	0	104,18

Continuación del apéndice 12.

	CC-2	1,82	117	0	0	104,22
	CC-3	8,75	194	5	0	102,75
	CC-4	8,93	217	2	0	102,71
	CC-5	23,25	211	57	0	100,21
	CC-6	23,36	202	18	0	99,77
DD	DD-1	10,21	6	34	0	94,65
	DD-2	8,53	34	22	40	94,73
	DD-3	2,89	132	29	0	92,43
	DD-4	1,88	228	18	0	92,4
EE	EE-1	28,68	296	18	30	107,016
	EE-2	27,01	306	50	10	107,3
	EE-3	12,21	314	4	0	107,61
	EE-4	12,57	288	37	30	107,53
	EE-5	8,44	135	12	0	108,06
	EE-6	8,59	107	18	30	108,12
FF	GG	31,99	36	58	30	110,419
	FF-1	9,25	293	28	50	109,06
	FF-2	13,82	313	38	30	109,09
	FF-3	3,86	341	25	20	109,33
	FF-4	4,07	12	42	50	109,35
	FF-5	15,06	42	31	30	109,88
	FF-6	2,86	78	18	0	109,41
	FF-7	11,77	111	59	30	108,11
	FF-8	12,22	127	2	10	108,44
	FF-9	1,3	189	28	10	109,45
GG	GG-1	5,62	228	37	0	110,2
	GG-2	7,95	32	33	0	110,86
	GG-3	6,31	58	37	0	110,86
	GG-4	4,1	208	4	0	110,34
HH	JJ	522,477	35	27	15,5	110,317
	HH-1	45,063	68	23	38,4	110,987
	HH-2	46,079	98	49	4,5	110,297

Continuación del apéndice 12.

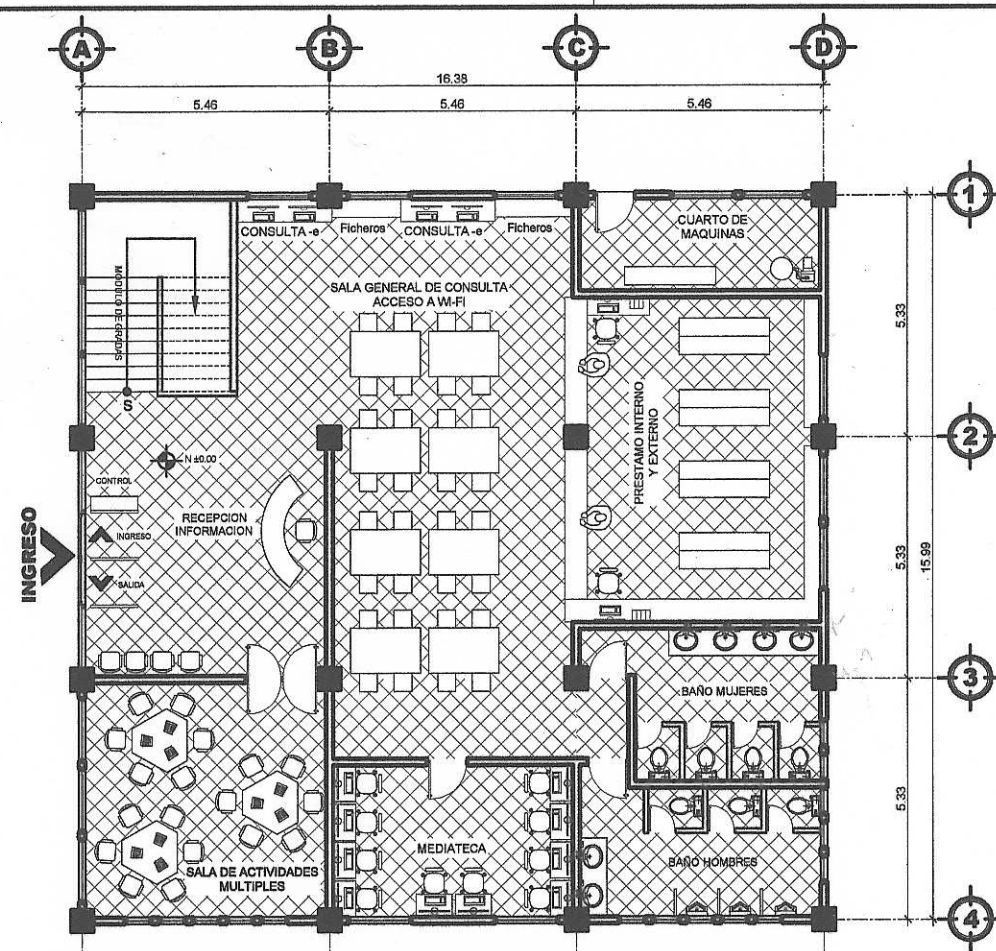
	HH-3	60,771	144	54	12,1	109,978
	HH-4	51,348	185	53	41,4	110,368
	HH-5	122,021	204	17	17,3	109,713
	HH-6	89,729	233	40	5,5	109,987
	HH-7	55,321	5	10	44	111,129
JJ	LL	712,647	299	16	47,8	111,73
	JJ-1	45,444	46	27	36,2	111,354
	JJ-2	45,251	63	41	1,4	111,972
	JJ-3	26,478	91	15	45,8	111,351
	JJ-4	58,093	138	14	6,7	111,268
	JJ-5	35,774	163	58	42,8	111,587
	JJ-6	5,075	239	4	52,7	111,695
	JJ-7	41,033	265	8	14,1	111,365
	JJ-8	49,662	290	52	21,4	111,356
LL	MM	808,259	26	58	51,6	111,251
	LL-1	26,568	323	52	18,5	111,36
	LL-2	131,727	18	52	41,1	111,33
	LL-3	81,639	41	39	59,6	111,236
	LL-4	55,757	59	37	52,3	111,197
	LL-5	67,755	98	14	8	111,235
	LL-6	25,556	225	39	51,8	111,264
MM	NN	37	282	56	0	112,487
	MM-1	8,07	6	56	0	112,39
	MM-2	8,73	40	57	30	112,5
	MM-3	69,235	179	3	43,4	111,69
	MM-4	8,061	215	1	39,4	111,68
	MM-5	24,894	247	27	1,3	111,87
	MM-6	1,83	331	6	40	112,04
	MM-7	1,19	100	1	0	112,03
	MM-8	12,522	278	36	10	112,302
	OO	650,939	27	47	21,6	121,7

Continuación del apéndice 12.

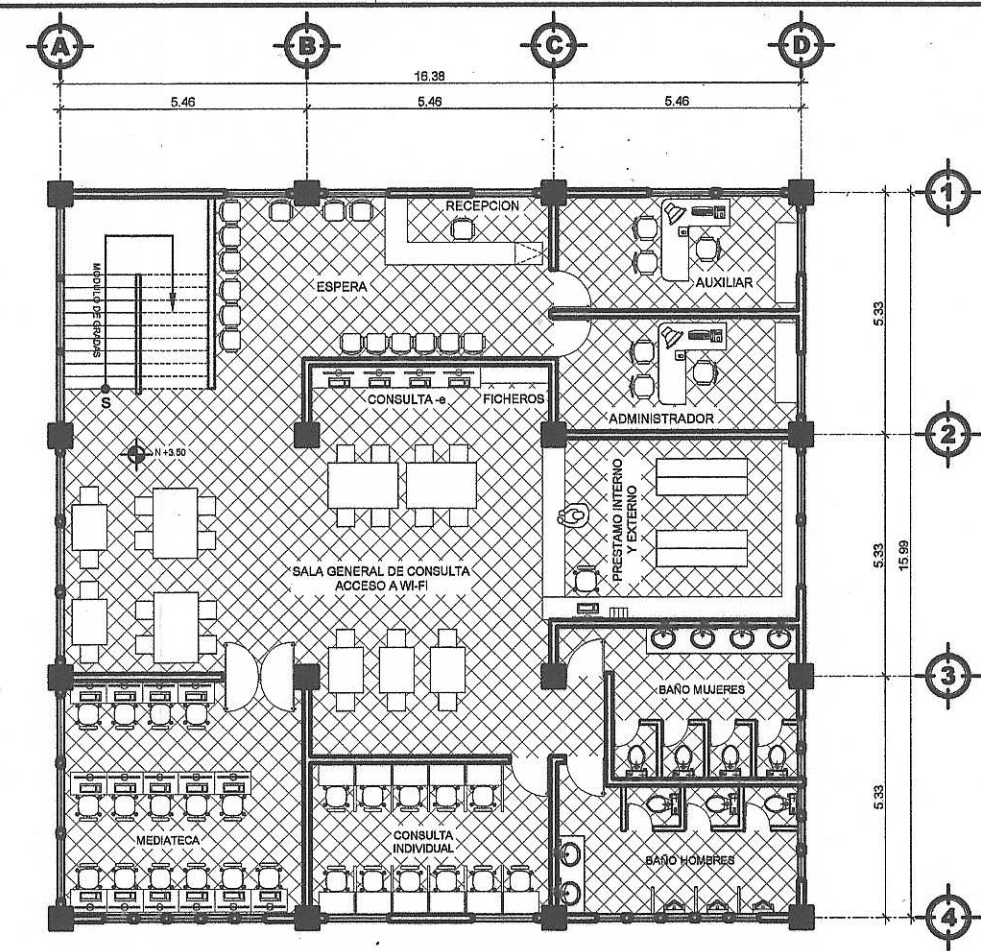
NN	NN-1	18,85	105	38	0	112,34
	NN-2	11,54	96	11	0	112,36
	NN-3	7,78	115	1	0	112,44
	NN-4	7,73	120	32	0	112,6
	NN-5	4,82	261	51	0	112,56
	NN-6	4,63	267	48	0	112,55
	NN-7	16,15	283	1	0	112,6
	NN-8	16	290	35	0	112,6
OO	OO-1	63,126	286	23	28,4	121,78
	OO-2	24,508	338	52	12,8	121,597
	OO-3	29,891	57	38	47,9	120,98
	OO-4	65,569	194	9	38,3	119,59
	OO-5	73,433	225	58	49,1	119,56
	OO-6	48,695	264	2	27,8	120,954

Fuente: elaboración propia.

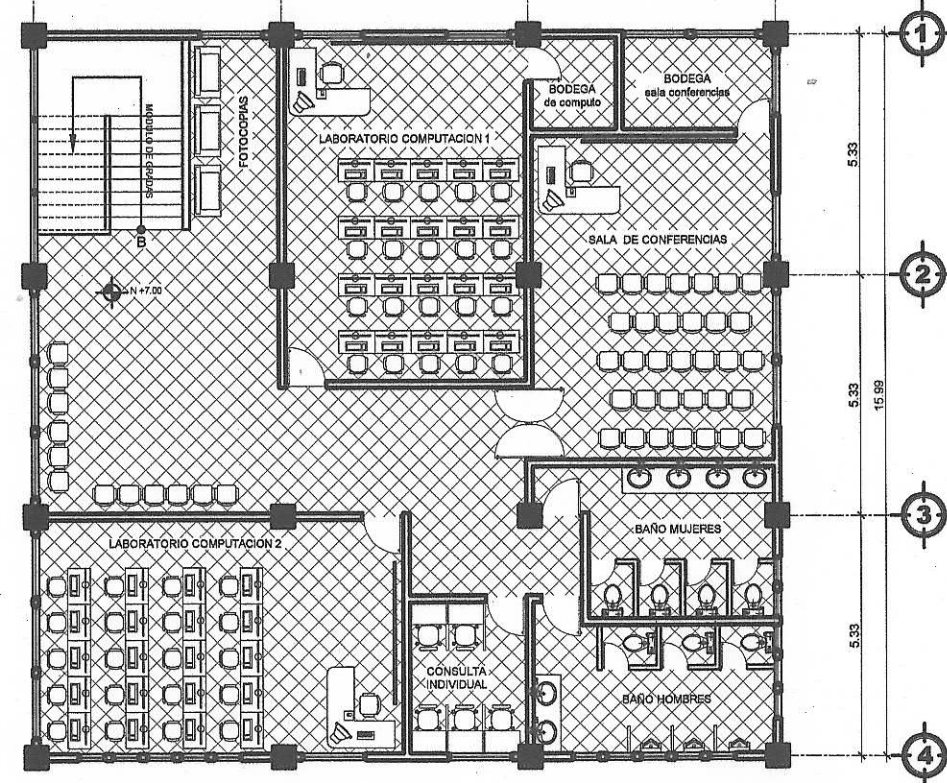
ANEXOS



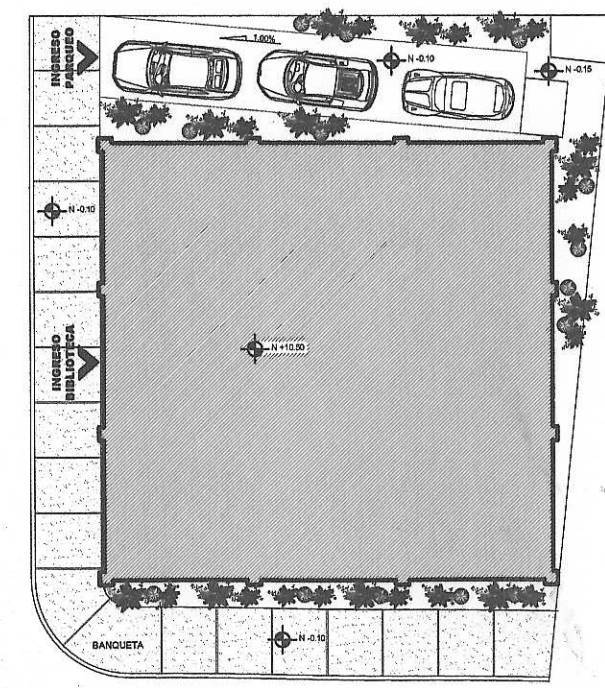
PLANTA AMOBLADA
BIBLIOTECA PUBLICA MUNICIPAL DE SANTA CATARINA PINULA
PRIMER NIVEL
1/75



PLANTA AMOBLADA
BIBLIOTECA PUBLICA MUNICIPAL DE SANTA CATARINA PINULA
SEGUNDO NIVEL
1/75



PLANTA AMOBLADA
BIBLIOTECA PUBLICA MUNICIPAL DE SANTA CATARINA PINULA
TERCER NIVEL
1/75



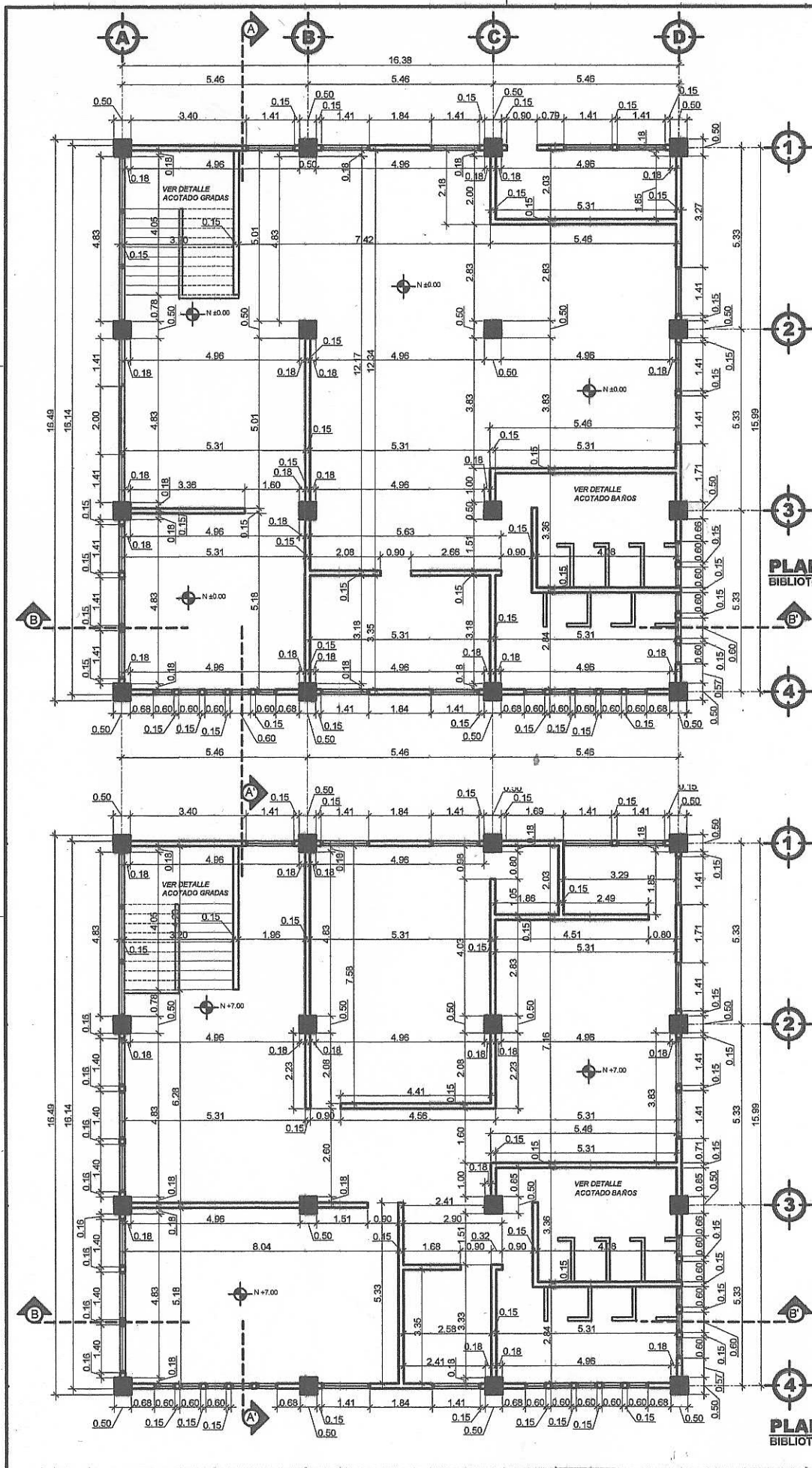
PLANTA CONJUNTO
BIBLIOTECA PUBLICA MUNICIPAL DE SANTA CATARINA PINULA
1/25



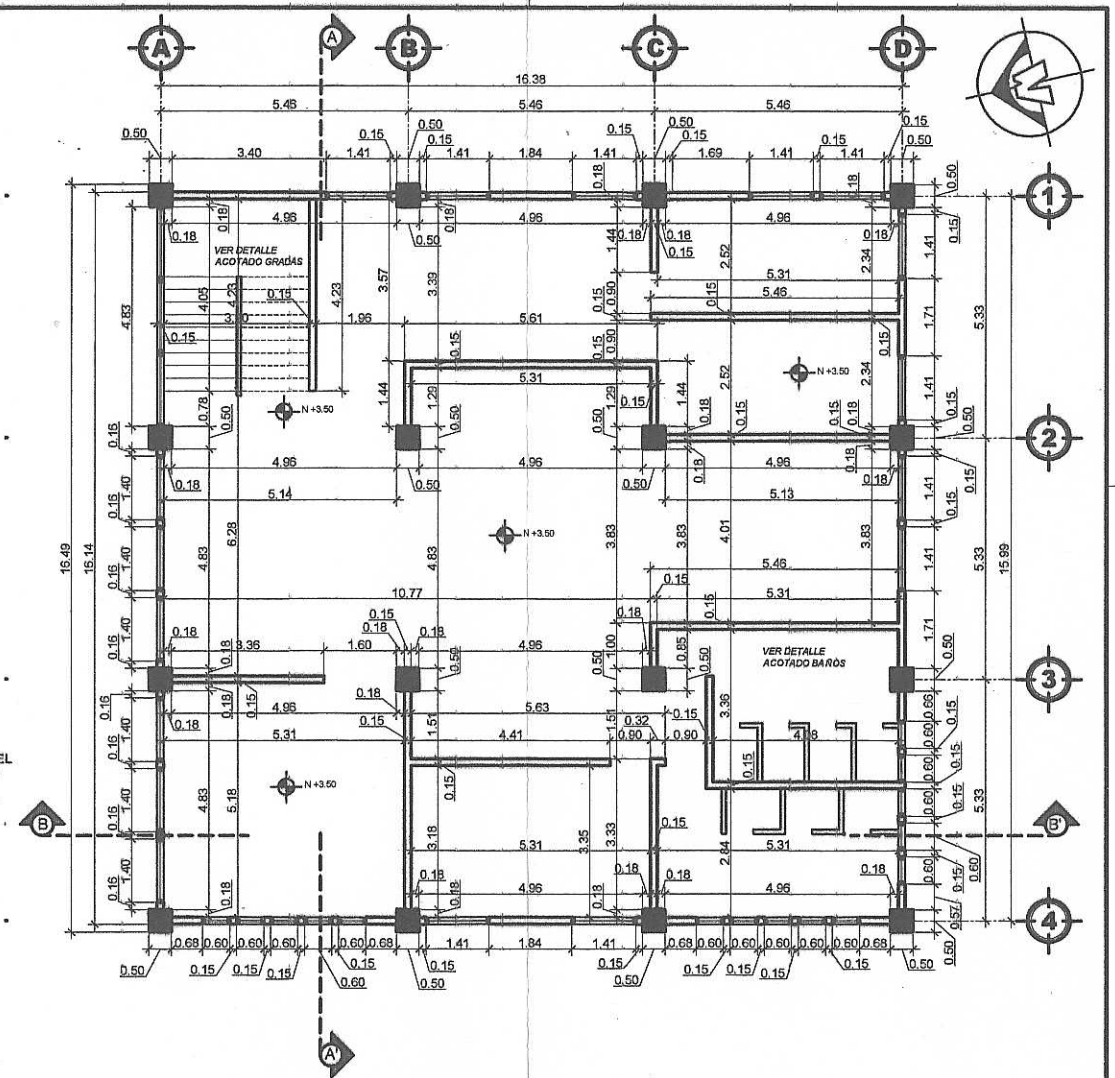
Universidad de San Carlos de Guatemala
ASESOR(A)-SUPERVISOR(A) DE EPS
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
Facultad de Ingeniería

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	EPS-PIUSAC INDICADA FECHA: NOVIEMBRE DEL 2015
MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA EPESISTA: CÉSAR AUGUSTO KEVIN CALDERÓN MARROQUÍN	PROYECTO: BIBLIOTECA PUBLICA MUNICIPAL DE LA CIUDAD MUNICIPAL DEL DEPARTAMENTO DE GUATEMALA
CONTENIDO: PLANTA AMOBLADA + PLANTA CONJUNTO DISEÑO: CÉSAR AUGUSTO KEVIN CALDERÓN MARROQUÍN CALCULO:	HOJA DE: 1/12

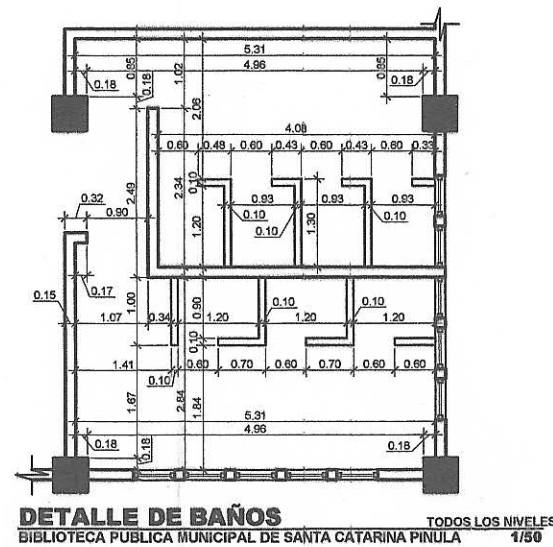
Va. Sr. ING. ANGEL ROBERTO RICO GARCIA
SUPERVISOR - ASESOR DE EPS.



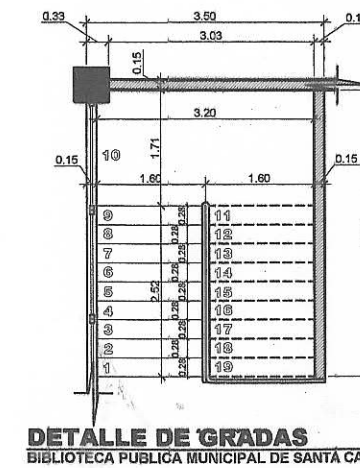
PLANTA ACOTADA
BIBLIOTECA PUBLICA MUNICIPAL DE SANTA CATARINA PINULA
PRIMER NIVEL
1/75



PLANTA ACOTADA
BIBLIOTECA PUBLICA MUNICIPAL DE SANTA CATARINA PINULA
SEGUNDO NIVEL
1/75



DETALLE DE BAÑOS
BIBLIOTECA PUBLICA MUNICIPAL DE SANTA CATARINA PINULA
TODOS LOS NIVELES
1/50

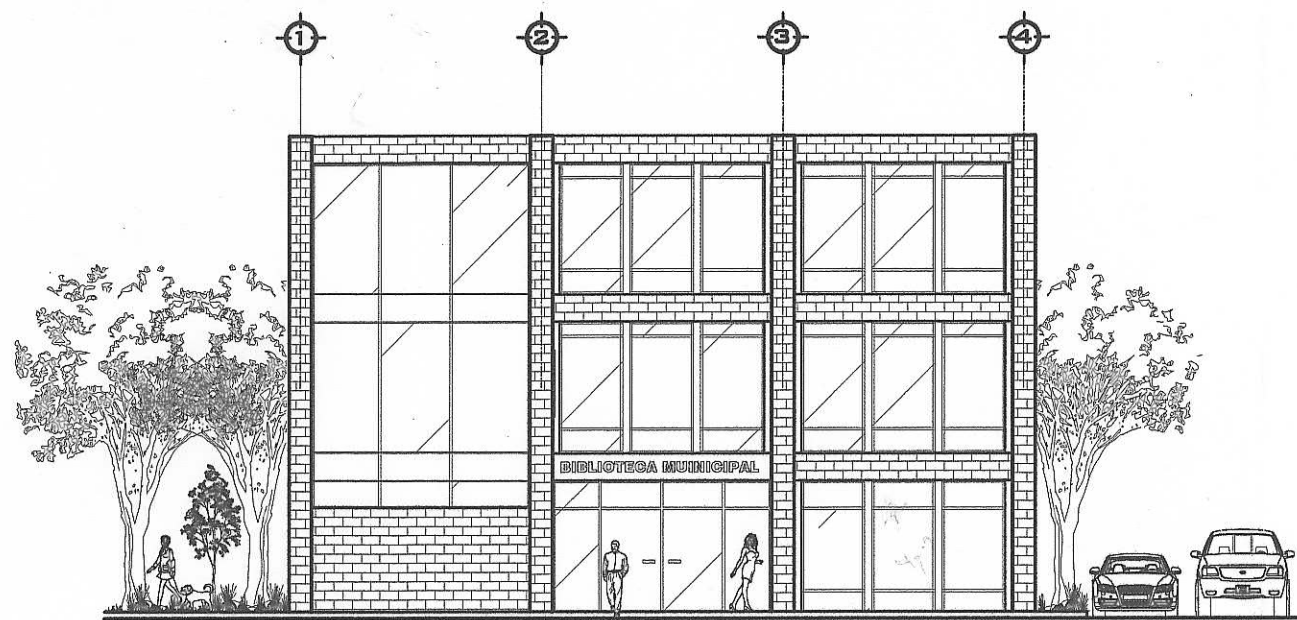


DETALLE DE GRADAS
BIBLIOTECA PUBLICA MUNICIPAL DE SANTA CATARINA PINULA
TODOS LOS NIVELES
1/50

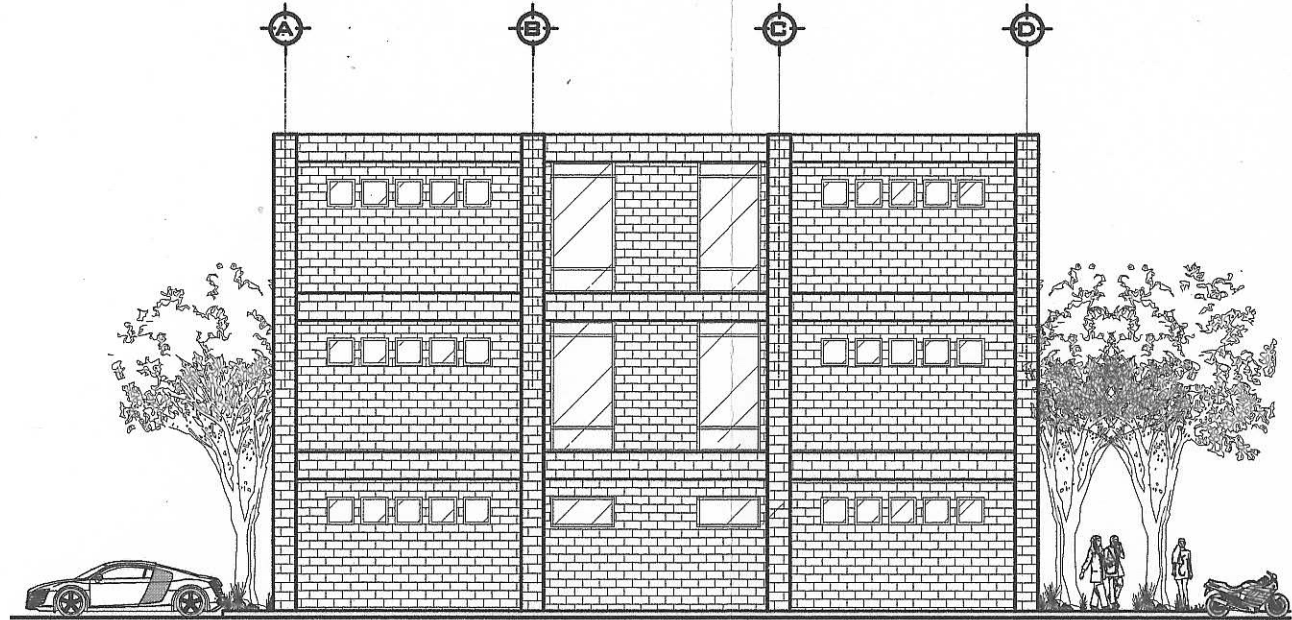
Universidad de San Carlos de Guatemala
ASESOR(A)-SUPERVISOR(A) DE EPS
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
Facultad de Ingeniería

[Handwritten Signature]

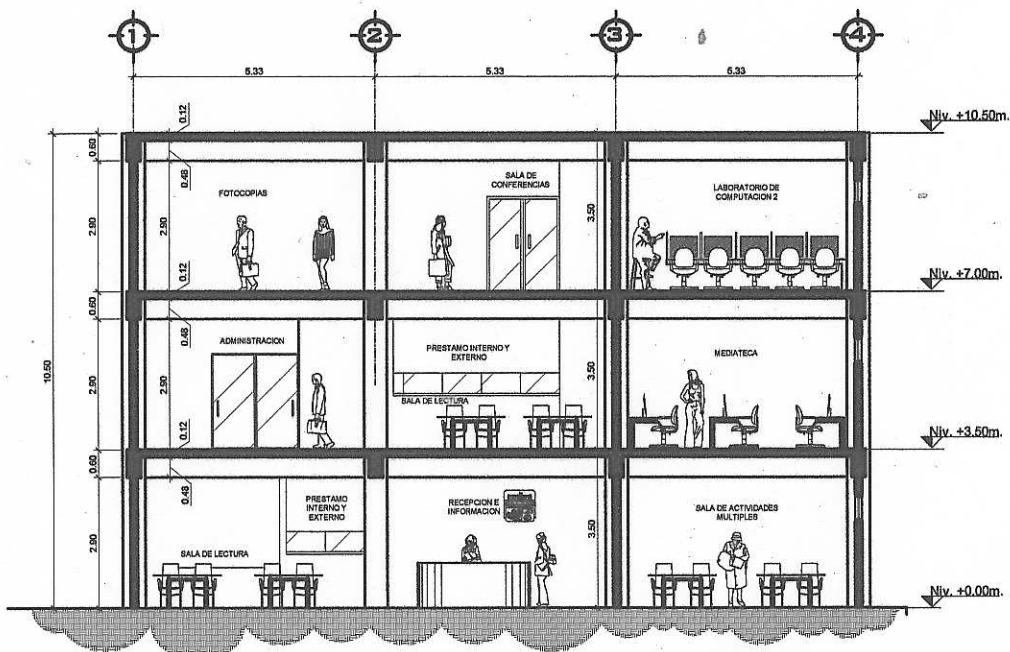
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	EPS-FURAC	ESCALA: INDICADA
	FECHA: GUATEMALA, NOVIEMBRE DEL 2013	
MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA EPESISTA: CESAR AUGUSTO KEVIN CALDERÓN MARROQUÍN DEL DEPARTAMENTO DE GUATEMALA	PROYECTO: BIBLIOTECA PUBLICA MUNICIPAL DE LA CABecera MUNICIPAL DE SANTA CATARINA PINULA	
	DISEÑO: DISEÑO: CESAR AUGUSTO KEVIN CALDERÓN MARROQUÍN CALCULO:	
CONTENIDO: PLANTA ACOTADA	HOJA DE: AR	
Va. Sr. ING. ANGEL ROBERTO DE GARCIA SUPERVISOR - ASESOR DE E.P.S.		HOJA No: 2/12



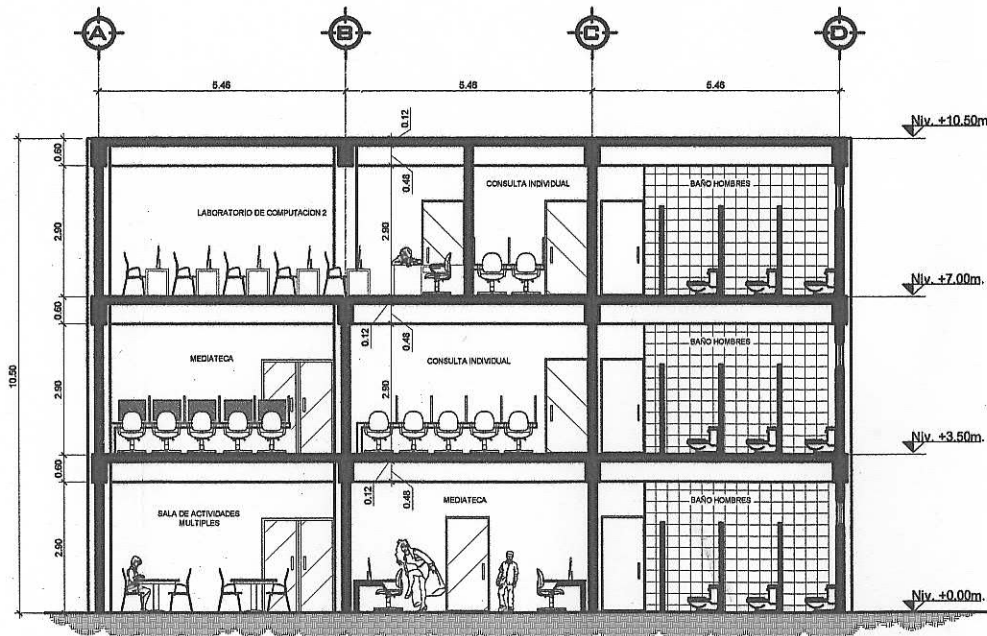
ELEVACION FRONTAL
BIBLIOTECA PÚBLICA MUNICIPAL DE SANTA CATARINA PINULA 1/75



ELEVACION LATERAL
BIBLIOTECA PÚBLICA MUNICIPAL DE SANTA CATARINA PINULA 1/75



SECCION TRANSVERSAL
BIBLIOTECA PÚBLICA MUNICIPAL DE SANTA CATARINA PINULA CORTE A-A' 1/75

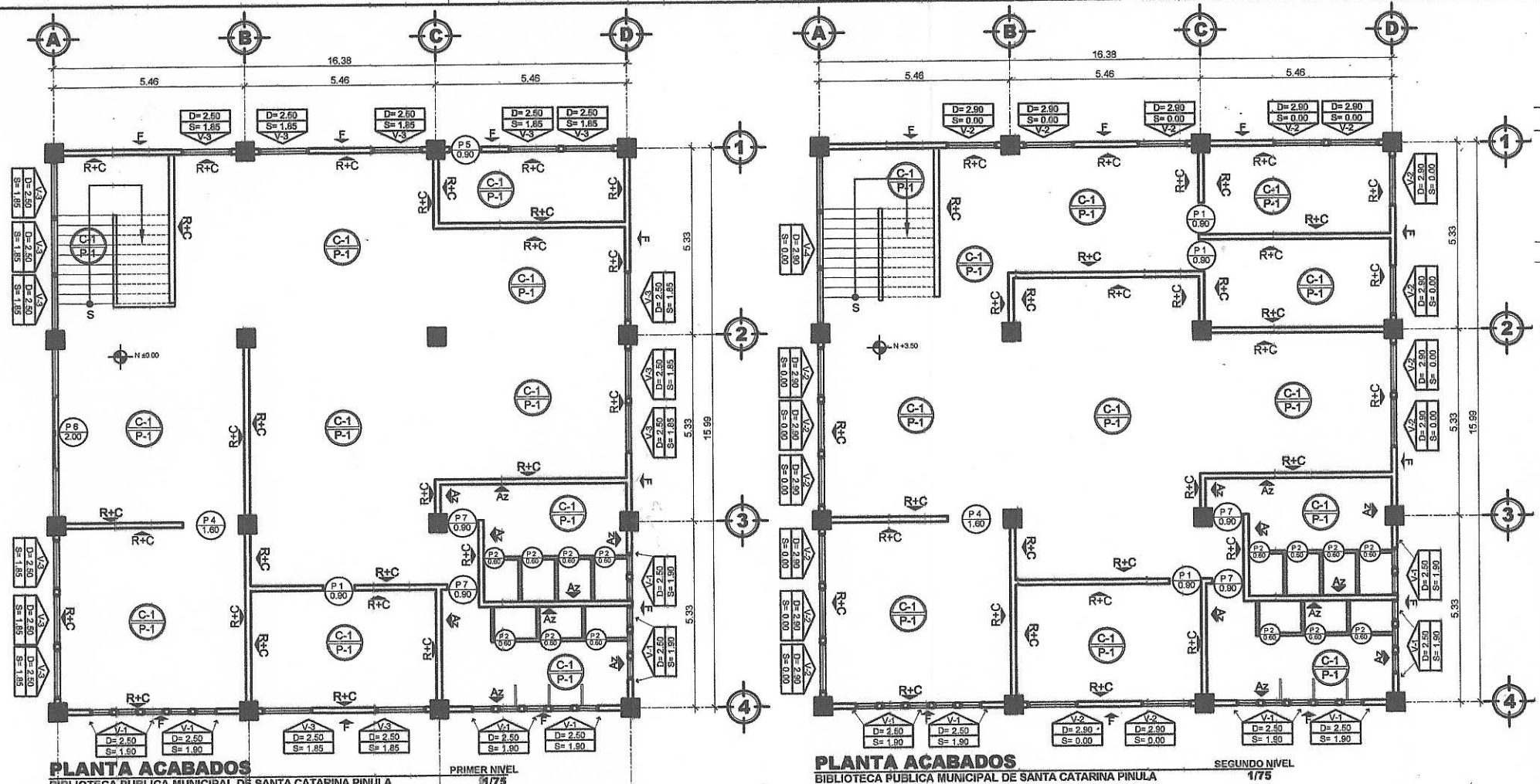


SECCION LONGITUDINAL
BIBLIOTECA PÚBLICA MUNICIPAL DE SANTA CATARINA PINULA CORTE B-B' 1/75



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	EPS-FUSAC ESCALA: INDICADA FECHA: GUATEMALA, NOVIEMBRE DEL 2016
MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA EPESISTA: CÉSAR AUGUSTO KEVIN CALDERÓN MARROQUÍN	PROYECTO: BIBLIOTECA PÚBLICA MUNICIPAL DE LA CABEERA MUNICIPAL DE DEPARTAMENTO DE GUATEMALA
CONTENIDO: ELEVACIONES + SECCIONES DISEÑO: CALLED: CÉSAR AUGUSTO KEVIN CALDERÓN MARROQUÍN	HOJA DE: AR HOJA No: 3/12

Val. Ing. ANGEL ROBERTO DE GARCIA
SUPERVISOR - ASESOR DE E.P.S.



PLANTA ACABADOS
BIBLIOTECA PUBLICA MUNICIPAL DE SANTA CATARINA PINULA
PRIMER NIVEL
1/75

PLANTA ACABADOS
BIBLIOTECA PUBLICA MUNICIPAL DE SANTA CATARINA PINULA
SEGUNDO NIVEL
1/75

NOMENCLATURA

CIELOS		PISOS	
C-1	LOSA DE ENTREPISO + ALARADO (SI FUESE LOSA DE CONCRETO O LOSA PREFABRICADA) + PINTURA COLOR BLANCO, (MARCA A ECOGER POR EL DISEÑADOR.)	P-1	Acabado Final de Piso Cerámico Nacional Tipo A de 0-40 mm x 0-40 mm de Ab. Trasluz, Color de Piso y de csa a Indicar por la D.M.P.

PAREDES Y TABIQUES

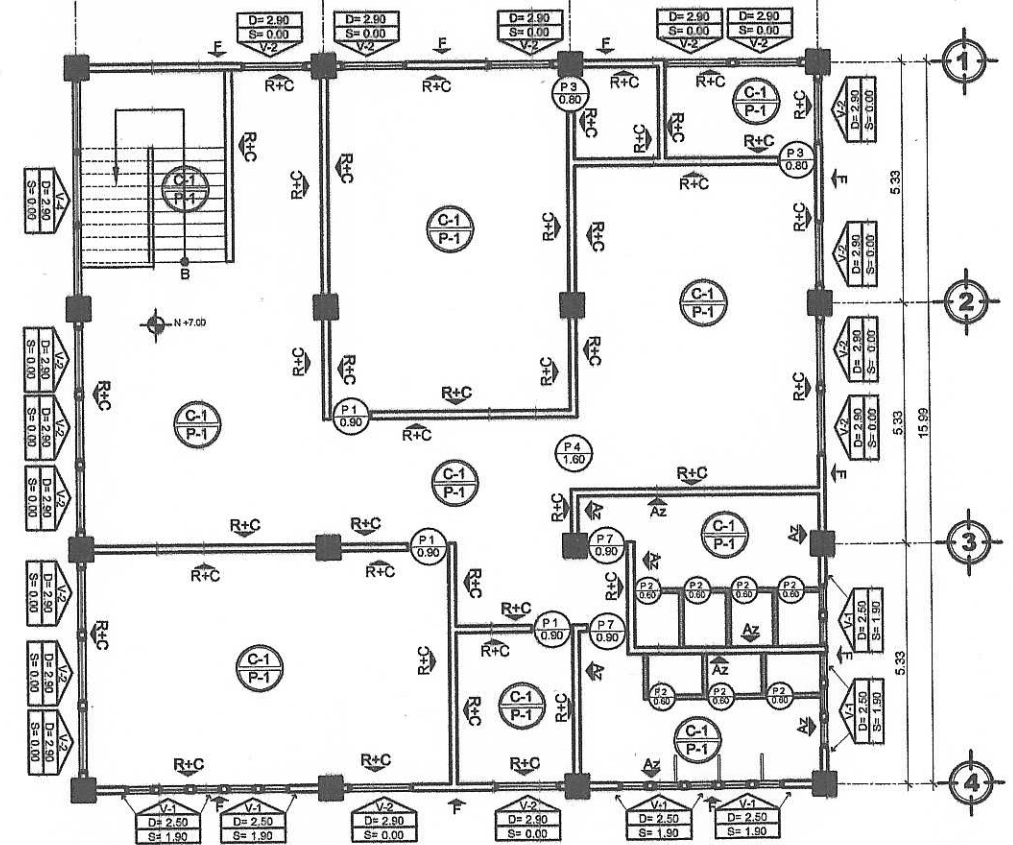
R+C	LEVANTADO DE BLOCK: REPELO + CERNIDO + ACCIONADOR DE SUPERFICIES + PINTURA (COLOR Y CODIGO A INDICAR POR D.M.P.)	INDICA TIPO DE CIELO	C-1
T	TABIQUE DE TABLA YESO RESANADO + SELLADOR O ACCIONADOR DE SUPERFICIES + PINTURA (COLOR Y CODIGO A INDICAR)	INDICA TIPO DE PISO	P-1
Az	AZULEJO NACIONAL COLOR A INDICAR POR D.M.P. 0.20 X 0.20 MURO COMPLETO A LA ALTURA INDICADA	INDICA TIPO DE PUERTA	P-1
F	FACHALETA TIPO LADRILLO	INDICA ANCHO DE VANO	P-1 0.90

ESPECIFICACIONES DE PUERTAS

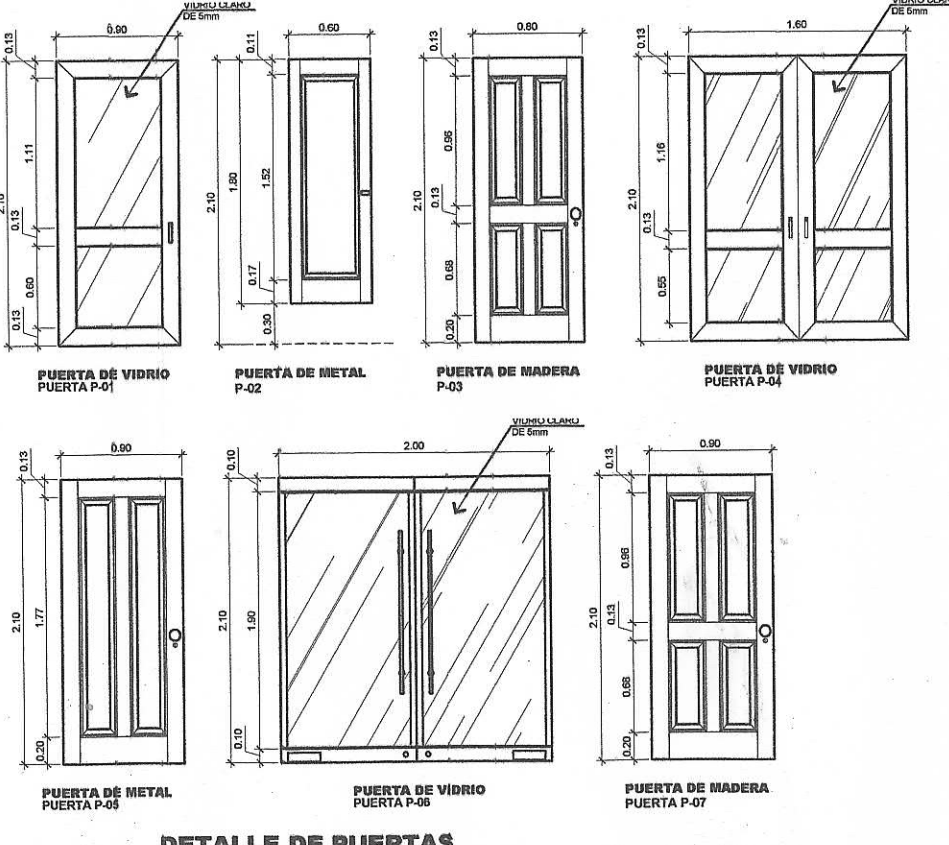
TIPO	ANCHO	ALTO	#	UBICACION	UNL	ESPECIFICACIONES
P-1	0.90	2.10	1	AREA DE OFICINAS, ARIAS	7	PUERTA DE VIDRIO DE 8MM
P-2	0.60	1.80	1	EN S.S. PUBLICOS	21	PUERTA METALICA, ACABADO ANTICORROSIVO + PINTURA DE ACEITE COLOR BLANCO
P-3	0.80	2.10	1	EN BODEGAS	2	PUERTA MADERA, COLOR BLANCO
P-4	1.60	2.10	2	INGRESO SALA DE COMERCIALIZACION	3	PUERTA DE VIDRIO DE 8MM
P-5	0.90	2.10	1	ACCESO A CUARTO DE MAQUINARIA	1	PUERTA METALICA, ACABADO ANTICORROSIVO + PINTURA DE ACEITE COLOR BLANCO
P-6	2.00	2.10	2	INGRESO PRINCIPAL AL EDIFICIO	1	PUERTA CON SISTEMA AUTOMATICO DE APERTURA Y CIERRE, CORREDIZA CON CARRIL DE MARRON A PISO + VIDRIO DE 8MM
P-7	0.90	2.10	1	EN S.S. PUBLICOS	6	PUERTA MADERA, COLOR BLANCO

ESPECIFICACIONES DE VENTANAS

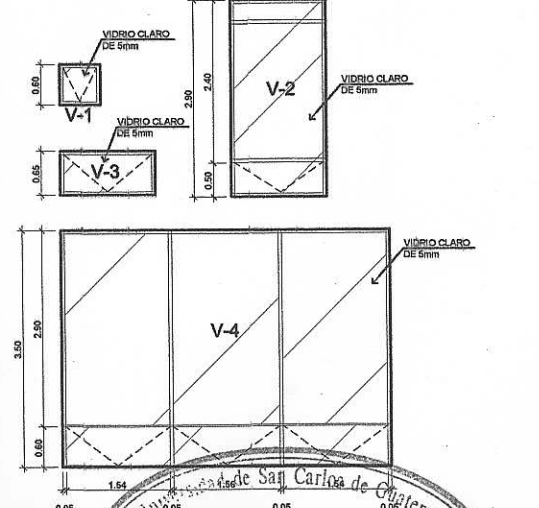
TIPO	ANCHO	ALTO	SILLAR	DINTEL	UBICACION	UNL	ESPECIFICACIONES
V-1	0.80	0.80	1.90	2.80	VARIOS	45	MARCO DE ALUMINIO ANODIZADO CON VIDRIO PUD DE 8MM CON PARTES MOVILES DE VENTILACION
V-2	1.40	2.80	0.80	2.80	VARIOS	31	MARCO DE ALUMINIO ANODIZADO CON VIDRIO PUD DE 8MM CON PARTES MOVILES DE VENTILACION
V-3	1.40	0.80	1.85	2.80	VARIOS	19	MARCO DE ALUMINIO ANODIZADO CON VIDRIO PUD DE 8MM CON PARTES MOVILES DE VENTILACION
V-4	4.80	2.80	0.80	2.80	MODULO DE GRUPOS NIVELES 27/3	2	MARCO DE ALUMINIO ANODIZADO CON VIDRIO PUD DE 8MM CON PARTES MOVILES DE VENTILACION



PLANTA ACABADOS
BIBLIOTECA PUBLICA MUNICIPAL DE SANTA CATARINA PINULA
TERCER NIVEL
1/75



DETALLE DE PUERTAS
BIBLIOTECA PUBLICA MUNICIPAL DE SANTA CATARINA PINULA
1/25



DETALLE DE VENTANAS
BIBLIOTECA PUBLICA MUNICIPAL DE SANTA CATARINA PINULA
1/50

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

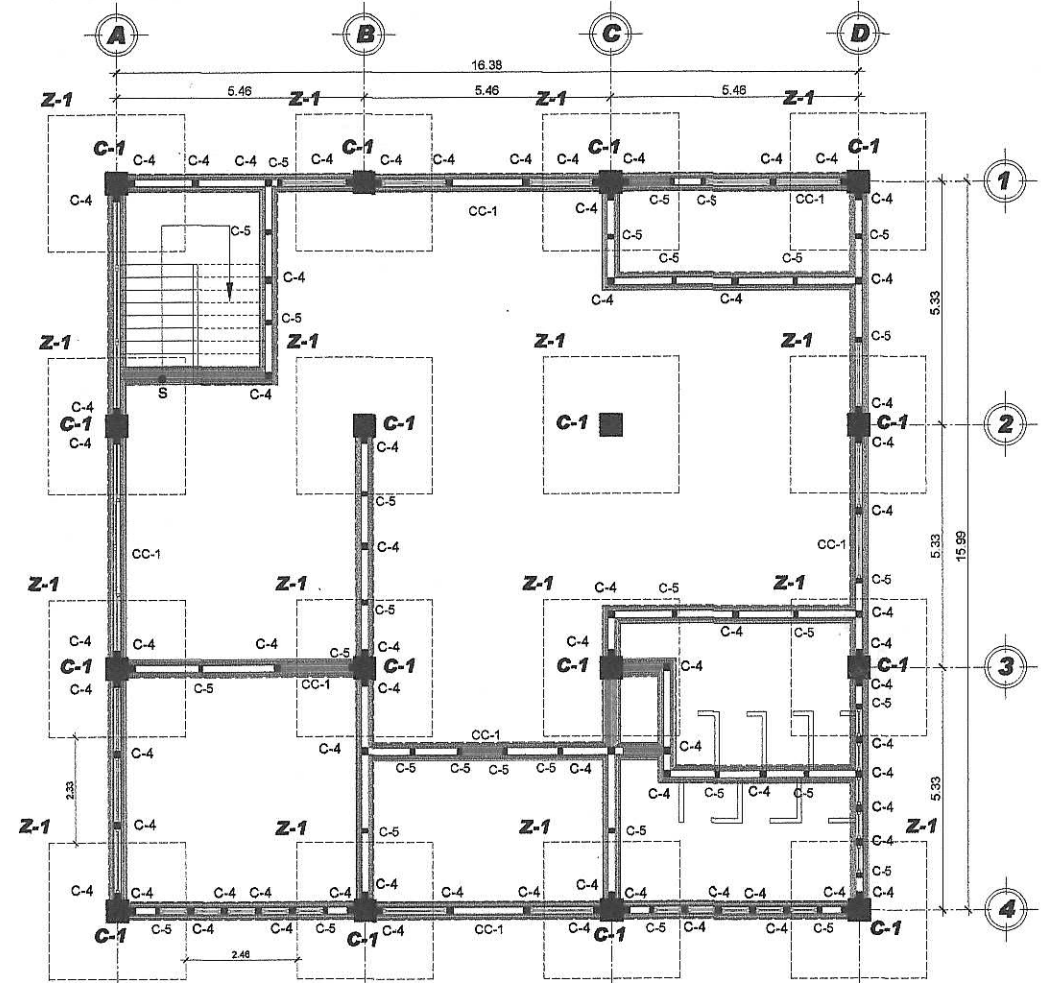
ESCALA: INDICADA
FECHA: GUATEMALA, NOVIEMBRE DEL 2013

MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA
EFESISTA: CESAR AUGUSTO KEVIN CALDERON MARROQUIN

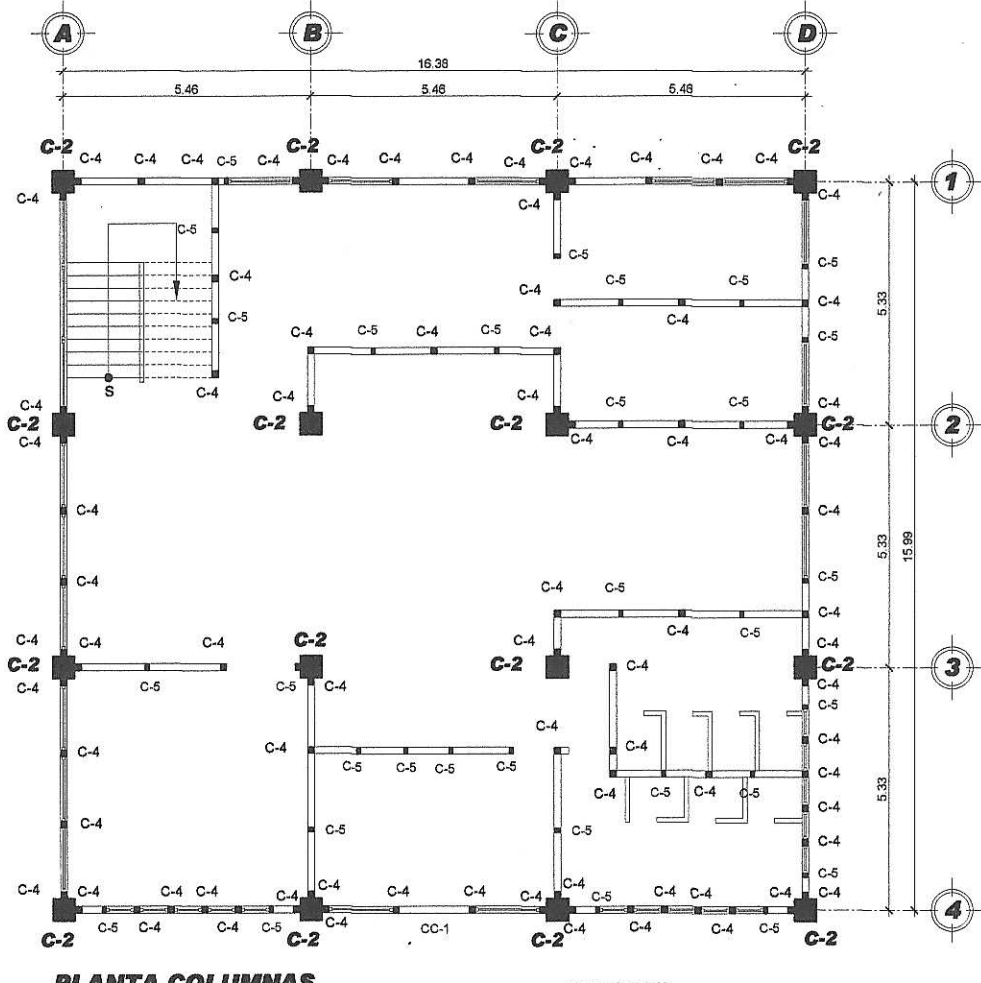
PROYECTO: BIBLIOTECA PUBLICA MUNICIPAL DE LA CATEDRALA MUNICIPAL DEL DEPARTAMENTO DE GUATEMALA

CONTEIDO: PLANTA ACABADOS + DETALLES

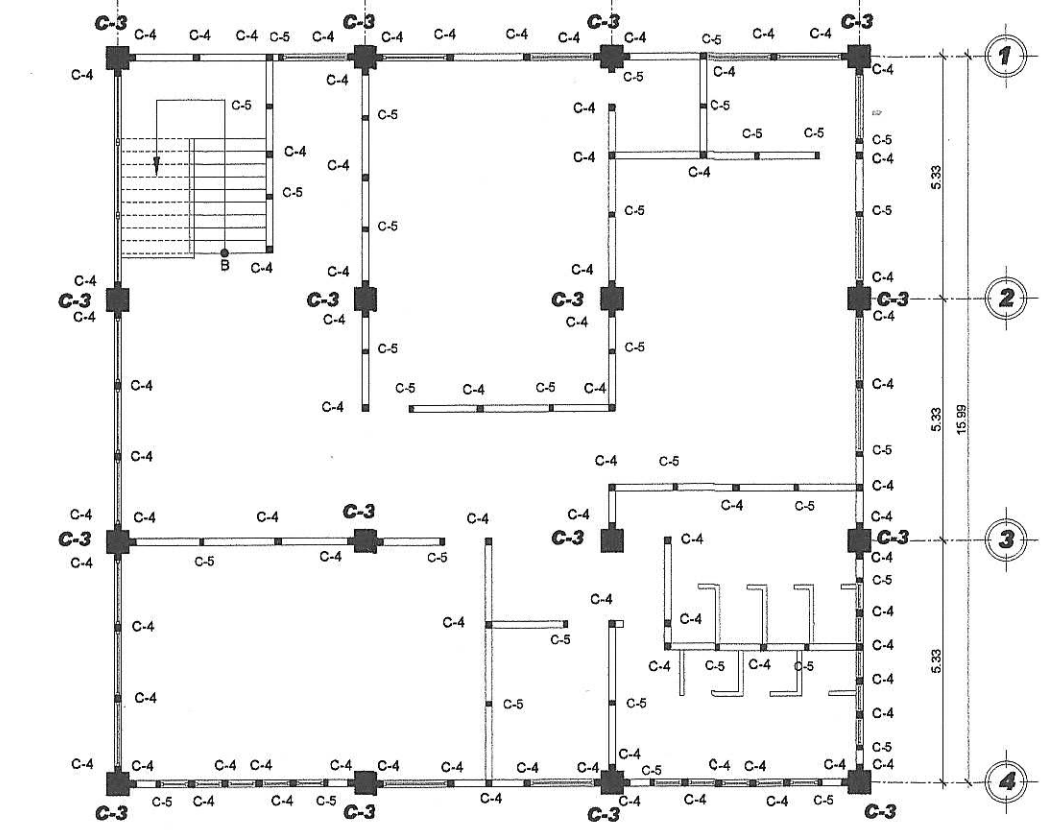
HOJA DE 1: 1/4
HOJA No: 4/12



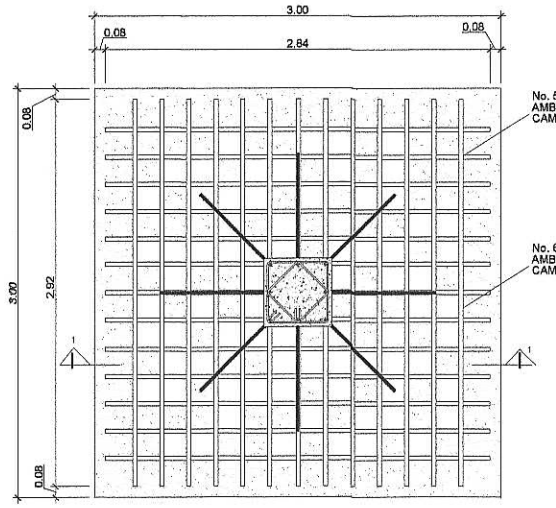
PLANTA CIMENTACION + COLUMNAS
BIBLIOTECA PUBLICA MUNICIPAL DE SANTA CATARINA PINULA
PRIMER NIVEL
1175



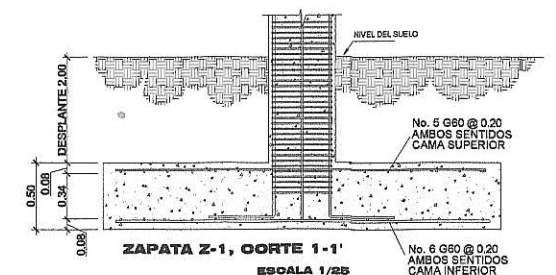
PLANTA COLUMNAS
BIBLIOTECA PUBLICA MUNICIPAL DE SANTA CATARINA PINULA
SEGUNDO NIVEL
1175



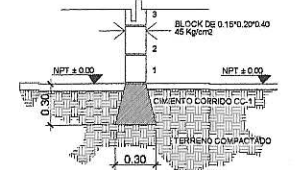
PLANTA COLUMNAS
BIBLIOTECA PUBLICA MUNICIPAL DE SANTA CATARINA PINULA
TERCER NIVEL
1175



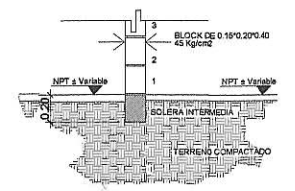
ZAPATA Z-1, PLANTA
ESCALA 1/25



ZAPATA Z-1, CORTE 1-1'
ESCALA 1/25



CIMENTACION MURO TABIQUE 1N
ESCALA 1/25



CIMENTACION MURO TABIQUE 2N & 3N
ESCALA 1/25



CIMIENTO CORRIDO CC-1
ESCALA 1/10

ESPECIFICACIONES TECNICAS

$f_c = 280 \text{ kg/cm}^2 \text{ ó } 4,000 \text{ PSI}$
 $f_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2 \text{ ó } 60,000 \text{ PSI}$
Block, $f_m = 45 \text{ kg/cm}^2$
Valor soporte considerado = 22.67 Ton/m² (Triaxial).

NOTAS

Previo a la construcción realizar un ensayo dinámico para verificar el valor soporte del suelo.
Remover capa vegetal visible y relleno en una profundidad de 0.30 metros previo a la construcción a lo largo de toda la plataforma.

RECUBRIMIENTO EN ACERO

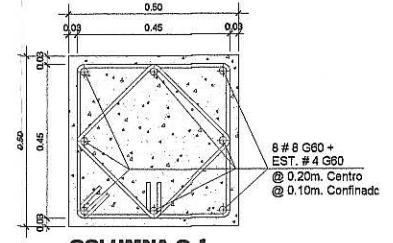
-Lateral 0.03 m. para columnas.
-Inferior 0.075 m. para cimentación.

GANCHO STANDAR 135°

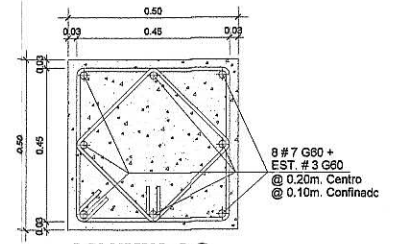
El doblaje del gancho será 4 veces el diametro de las varillas, no menor de 6.5 cm, ni mayor de 10 cm.

TRASLAPES MINIMOS

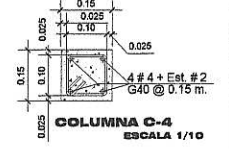
No. 3 = 0.35 m.
No. 4 = 0.50 m.
No. 5 = 0.60 m.
No. 6 = 0.75 m.



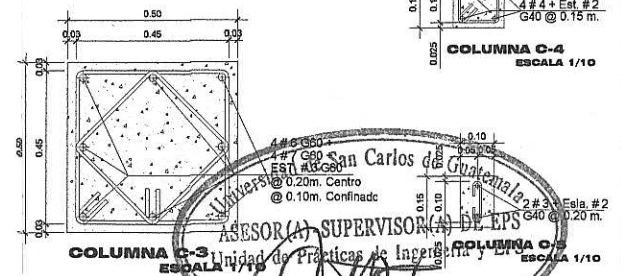
COLUMNA C-1
ESCALA 1/10



COLUMNA C-2
ESCALA 1/10



COLUMNA C-4
ESCALA 1/10



COLUMNA C-3
ESCALA 1/10

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

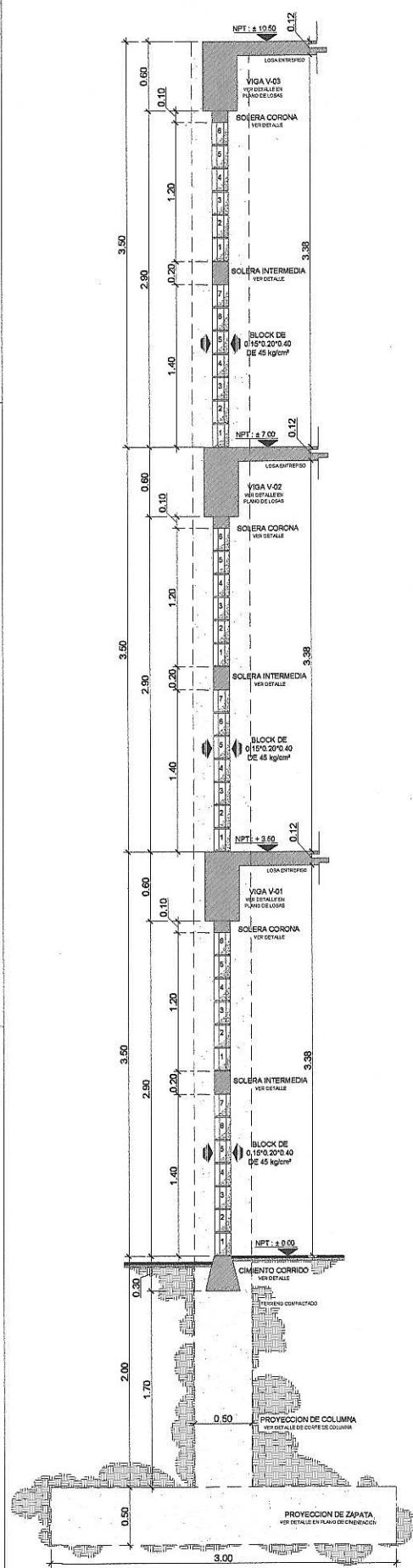
EPS - FIJAC
FECHA: GUATEMALA, NOVIEMBRE DEL 2013

MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA
PROYECTO: BIBLIOTECA PUBLICA MUNICIPAL DE LA CABECERA MUNICIPAL DEL DEPARTAMENTO DE GUATEMALA

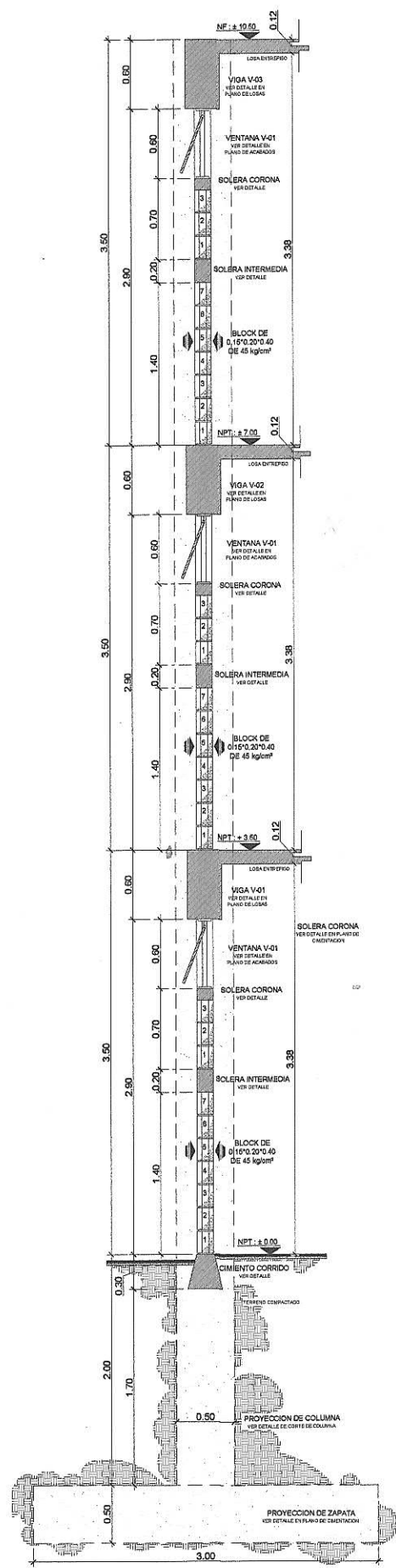
CONTEIDO: PLANTA ORIENTACION Y COLUMNAS + DETALLES
DISEÑO: CÉSAR AUGUSTO KEVIN CALDERÓN MARROQUÍN
CALCULO: GALVAZO

VA. No. 149. ANGEL ROBERTO BOCANICA SUPERVISOR - ASISTENTE DE E.P.R.

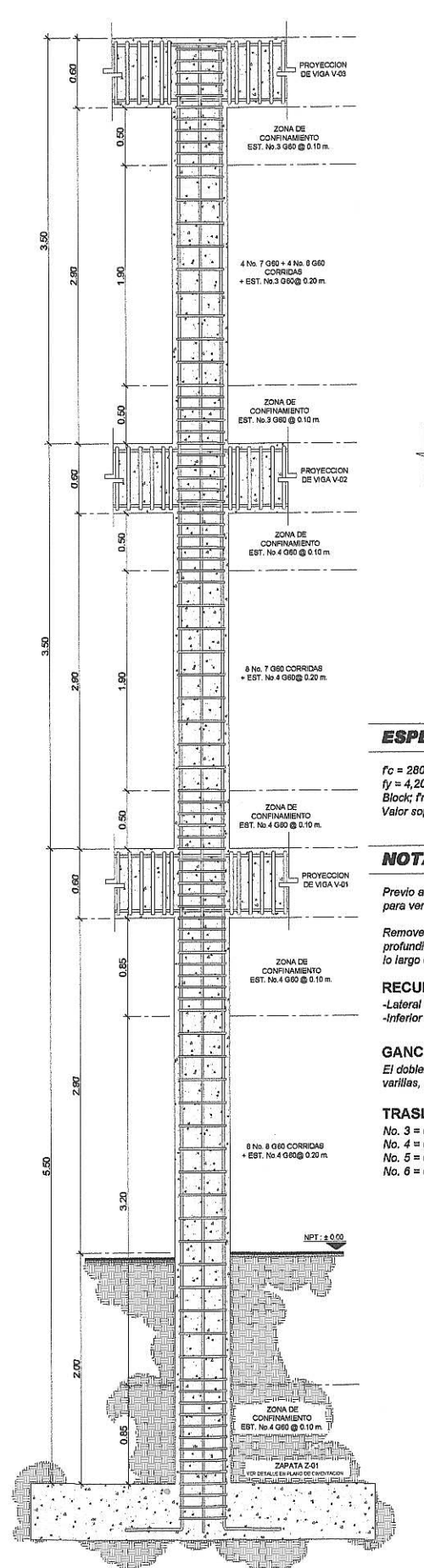
HOJA DE 12
ES 5/12



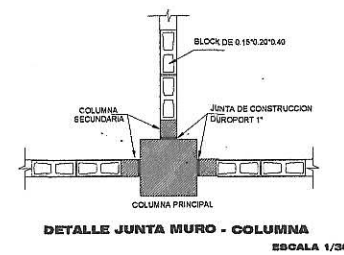
SECCION PARA MUROS TIPOICOS 1
ESCALA 1/25



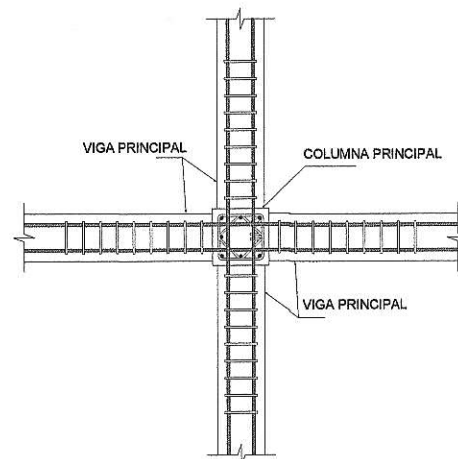
SECCION PARA MUROS TIPOICOS 2
ESCALA 1/25



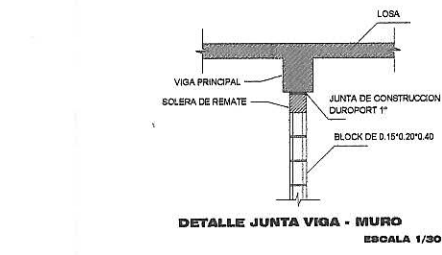
SECCION PARA ARMADO DE COLUMNA CRITICA
ESCALA 1/25



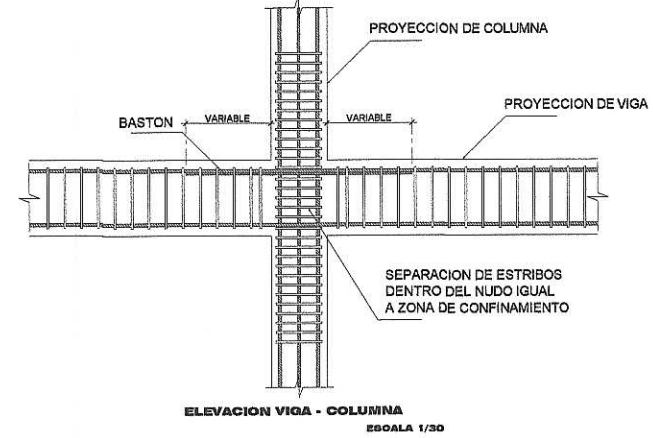
DETALLE JUNTA MURO - COLUMNA
ESCALA 1/30



PLANTA VIGA - COLUMNA
ESCALA 1/30



DETALLE JUNTA VIGA - MURO
ESCALA 1/30



ELEVACION VIGA - COLUMNA
ESCALA 1/30

ESPECIFICACIONES TECNICAS

$f_c = 280 \text{ kg/cm}^2 \text{ ó } 4,000 \text{ PSI}$
 $f_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2 \text{ ó } 60,000 \text{ PSI}$
 Block; $f_m = 45 \text{ kg/cm}^2$
 Valor soporte considerado = 22.67 Ton/m² (Triaxial).

NOTAS

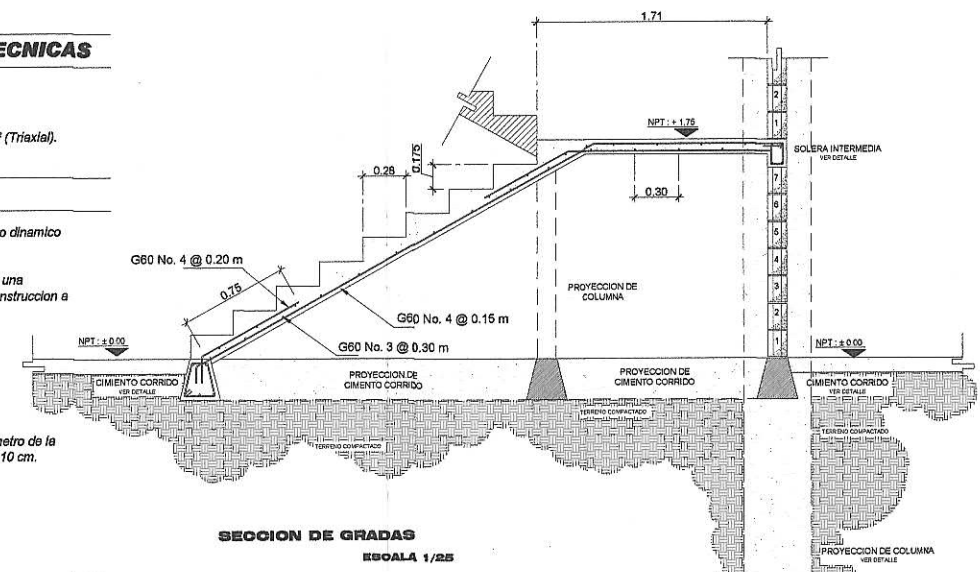
Previo a la construcción realizar un ensayo dinámico para verificar el valor soporte del suelo.

Remover capa vegetal visible y relleno en una profundidad de 0.30 metros previo a la construcción a lo largo de toda la plataforma.

RECUBRIMIENTO EN ACERO
 -Lateral 0.03 m. para columnas.
 -Inferior 0.075 m. para cimentación.

GANCHO STANDAR 135°
 El doblar del gancho será 4 veces el diámetro de la varillas, no menor de 6.5 cm, ni mayor de 10 cm.

TRASLAPES MINIMOS
 No. 3 = 0.35 m.
 No. 4 = 0.50 m.
 No. 5 = 0.60 m.
 No. 6 = 0.75 m.



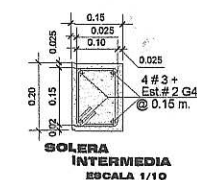
SECCION DE GRADAS
ESCALA 1/25



CIMENTO CORRIDO CC-1
ESCALA 1/10



SOLERA HIDROFUGA
ESCALA 1/10



SOLERA INTERMEDIA
ESCALA 1/10

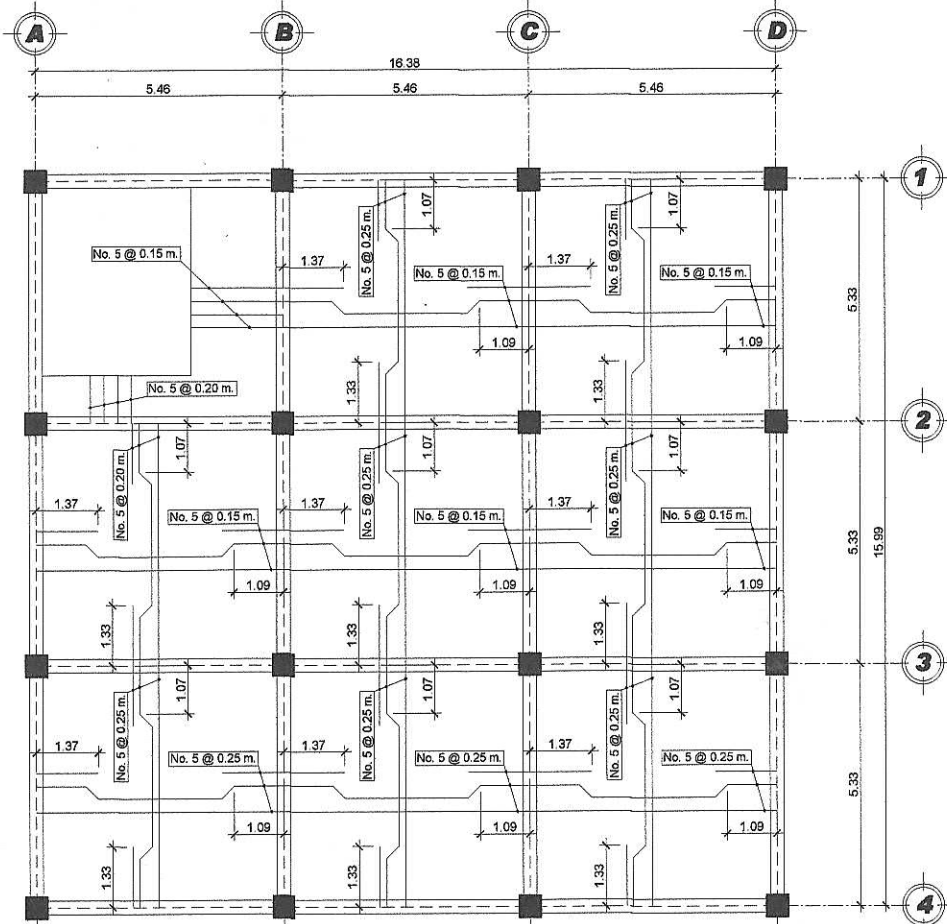


SOLERA CORONA
ESCALA 1/10

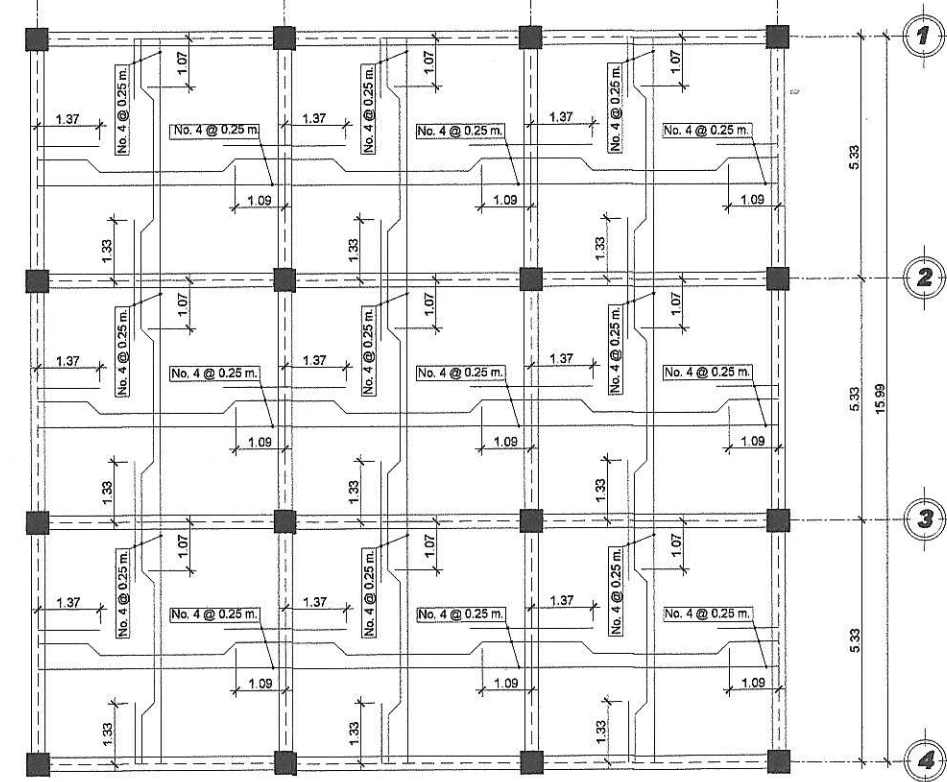
Universidad de San Carlos de Guatemala
INGENIERO(A) SUPERVISOR(A) DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 Facultad de Ingeniería

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	EPS-FUSAC ESCALA INDICADA GUATEMALA, NOVIEMBRE DEL 2019
MUNICIPALIDAD DE SANTA CATERINA PINULA EPESISTA: CÉSAR AUGUSTO KEVIN CALDERÓN MARRUJÓN	PROYECTO: BIBLIOTECA PÚBLICA MUNICIPAL DE LA CABAÑA MINORCA DEL DEPARTAMENTO DE GUATEMALA
CONTENIDO: CORTE DE MUROS + CORTE DE GRADAS + DETALLES CONSTRUCTIVOS	DISEÑO: CÉSAR AUGUSTO KEVIN CALDERÓN MARRUJÓN CALCULO:
HOJA DE: <input type="checkbox"/> ES <input type="checkbox"/> ES HOJA No: 6 / 12	

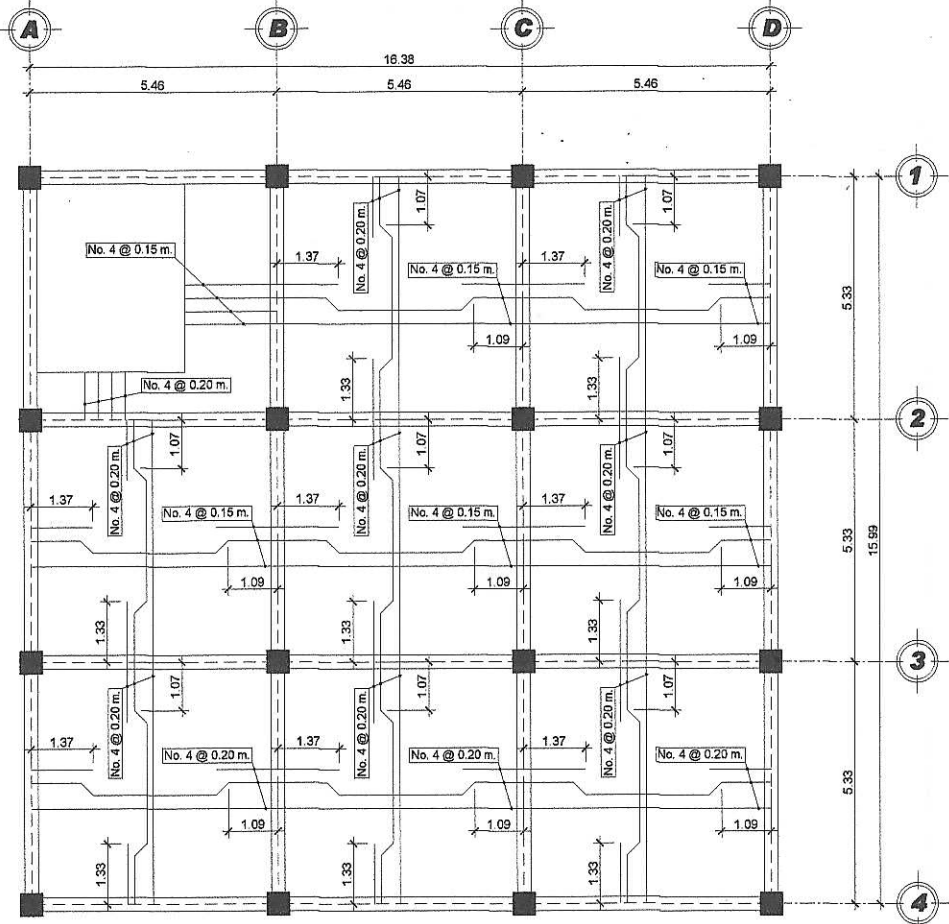
Vs. Sr. ING. ANSELMO ROBERTO SANCHEZ
 SUPERVISOR DE EPS



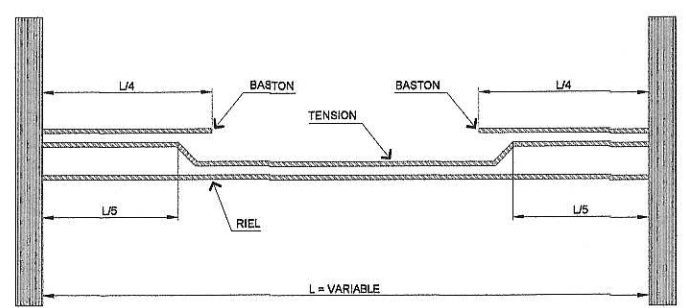
PLANTA LOSA
BIBLIOTECA PUBLICA MUNICIPAL DE SANTA CATARINA PINULA
PRIMER NIVEL
1/75



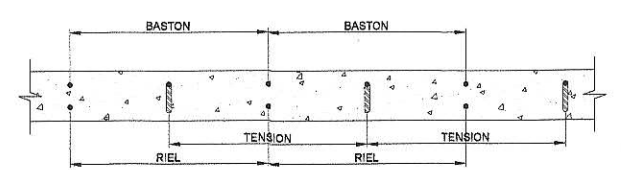
PLANTA LOSA
BIBLIOTECA PUBLICA MUNICIPAL DE SANTA CATARINA PINULA
TERCER NIVEL
1/75



PLANTA LOSA
BIBLIOTECA PUBLICA MUNICIPAL DE SANTA CATARINA PINULA
SEGUNDO NIVEL
1/75



LONGITUDES DE ACERO
ESCALA 3/4



SECCION DE LOSA
ESCALA 3/4

CALIDAD DE LOS MATERIALES

- CEMENTO: TIPO I MEJORADO CON PUZOLANAS EN SACOS DE 42.5Kg. DEBERA DE SER FRESCO Y DE RECIENTE PRODUCCION, SE DESECHARA EL CEMENTO QUE HAYA ENDURECIDO O QUE HAYA FORMADO GRANULOS POR HIDRATACION
- ARENA DE RIO: LAVADA Y LIBRE DE MATERIA ORGANICA, RAICES ARCILLAS ETC. SU GRANULOMETRIA DEERÁ SER UNIFORME.
- PIEDRIN O GRAVA: GRAVA BASALTICA O ANDESITICA LAVADA O PIEDRIN DE PIEDRA CALIZA TRITURADA. AMBAS DE GRANULOMETRIA UNIFORME. TAMAÑO MAXIMO PARA EL AGREGADO: PARA CIMENTACION MUROS, Y PISO, DE 12".
- AGUA: LIBRE DE SALES, ACIDOS Y OTRAS IMPUREZAS QUE PUEDAN REACCIONAR O DEBILITAR LA RESISTENCIA DEL CONCRETO.
- CONCRETO DE 4,000PSI: 0.60(25.5 LITROS/SACOS DE CEMENTO) CONCRETO DE 3,000PSI: 0.65(27.6 LITROS/SACOS DE CEMENTO)
- EL CONCRETO PARA CIMENTACION PODRA SER MEZCLADOS POR MEDIOS MECANICOS YA SEA POR MEZCLADORES DE 1 Ó 2 SACOS DE CAPACIDAD O CONCRETO PREMEZCLADO EN CAMIONES.
- PARA LA COLOCACION DE EL CONCRETO PARA LOSA Y MURO DEBERAN UTILIZARSE VIBRADORES PARA LOGRAR UN ADECUADO ACONDICIONAMIENTO.
- RELACION AGUA/CEMENTO MAXIMA PERMISIBLE: DEL CONCRETO PRINCIPALMENTE PARA EVITAR RATONERAS.
- EL CURADO DE CIMENTACION SE HARA POR ROCIADO CONTINUO CON AGUA POR UN MINIMO DE 3 DÍAS, O BIEN CON MEMBRADA CURADORA QUE NO PROVOQUE PROBLEMAS DE ADHERENCIA.

ESPECIFICACIONES TECNICAS

$f_c = 280 \text{ kg/cm}^2 \text{ ó } 4,000 \text{ PSI}$
 $f_y = 2,800 \text{ kg/cm}^2 \text{ ó } 40,000 \text{ PSI}$ Para el armado de losa.
 Black, $f_m = 45 \text{ kg/cm}^2$
 Valor soporte considerado = 22.67 Ton/m² (Triaxial).

NOTAS

- Previo a la construcción realizar un ensayo dinámico para verificar el valor soporte del suelo.
- Remover capa vegetal visible y rellenar en una profundidad de 0.30 metros previo a la construcción a lo largo de toda la plataforma.
- RECUBRIMIENTO EN ACERO**
 -Lateral 0.03 m. para columnas.
 -Inferior 0.075 m. para cimentación.

GANCHO STANDAR 135°
 El doblez del gancho será 4 veces el diametro de la varillas, no menor de 6.5 cm, ni mayor de 10 cm.

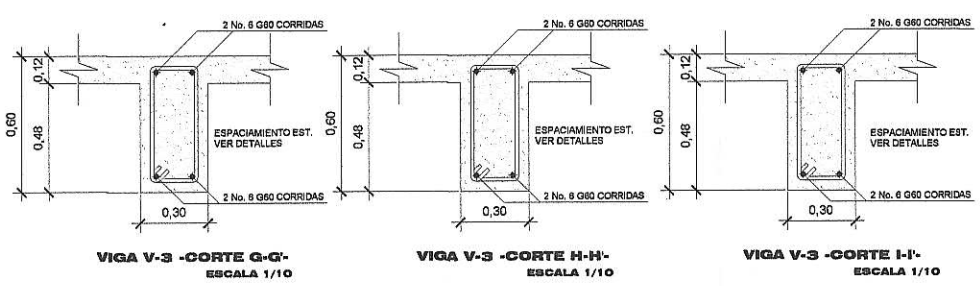
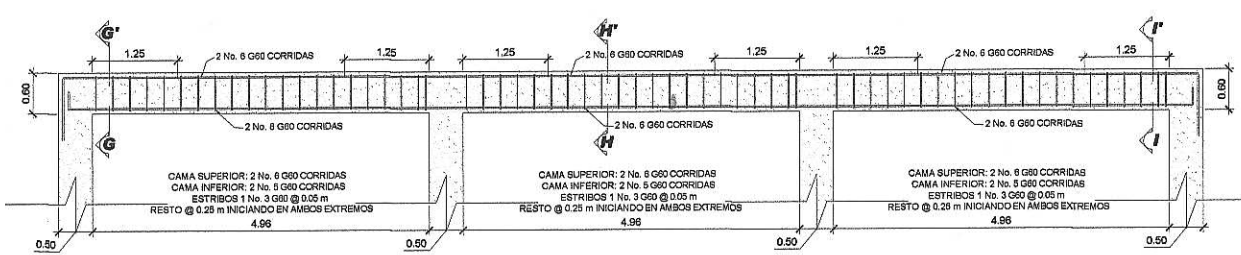
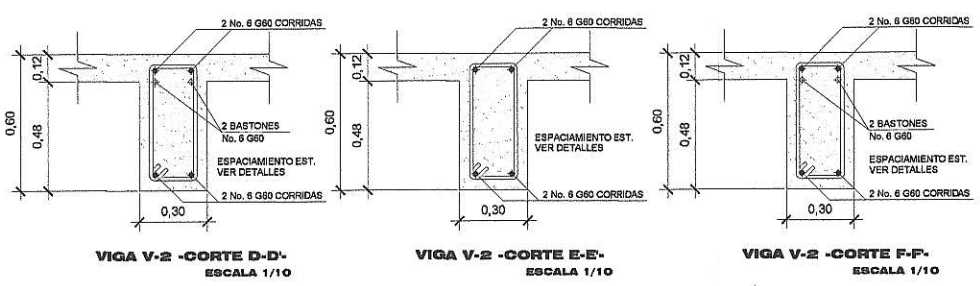
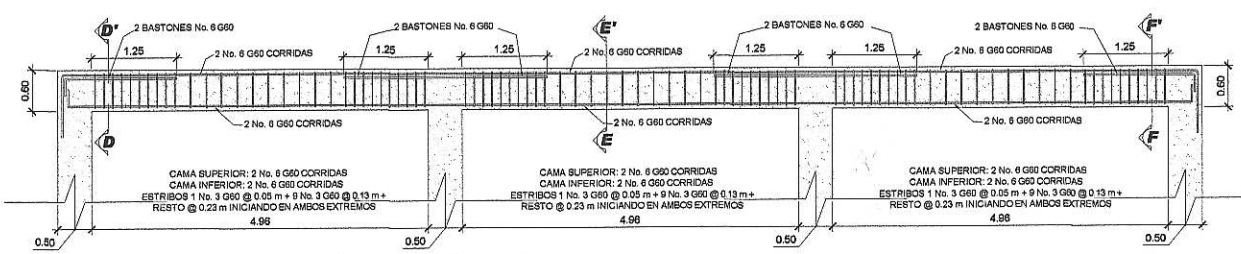
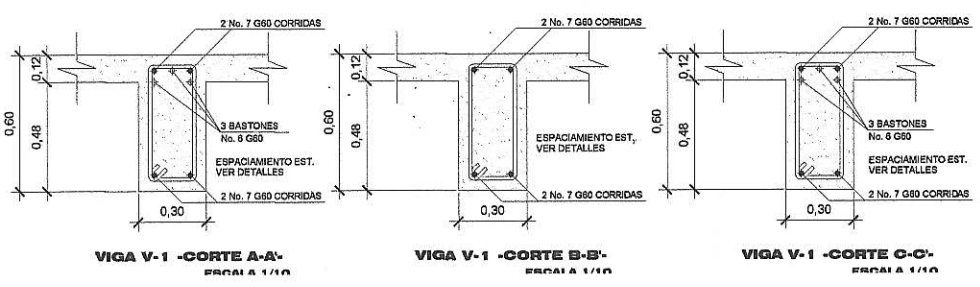
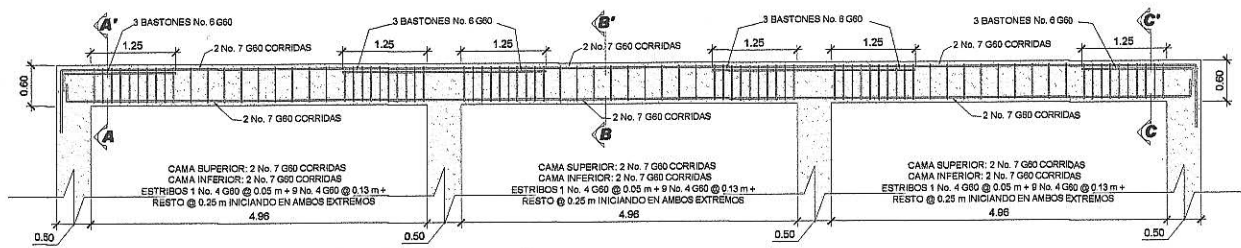
TRASLAPES MINIMOS

- No. 3 = 0.25 m
- No. 4 = 0.50 m
- No. 5 = 0.60 m
- No. 6 = 0.75 m

NOTA:
 LAS VIGAS ESTAN DISTRIBUIDAS DE LA SIGUIENTE FORMA:
 VIGA V-1 EN TODO EL PRIMER NIVEL.
 VIGA V-2 EN TODO EL SEGUNDO NIVEL.
 VIGA V-3 EN TODO EL TERCER NIVEL.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	EPS-FUSAC ESCALA: INDICADA
MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA EPESISTA: CÉSAR AUGUSTO KEVIN CALDERÓN MARROQUÍN	FECHA: GUATEMALA, NOVIEMBRE DEL 2010
PROYECTO: BIBLIOTECA PUBLICA MUNICIPAL DE LA CARRERA MUNICIPAL DEL DEPARTAMENTO DE GUATEMALA	HOJA DE: <input type="checkbox"/> ES <input checked="" type="checkbox"/> ES
CONTENIDO: PLANTA LOSA + DETALLES	HOJA No: 7/12



CALIDAD DE LOS MATERIALES

- CEMENTO: TIPO I MEJORADO CON PUZOLANAS EN SACOS DE 42.5kg. DEBERA DE SER FRESCO Y DE RECIENTE PRODUCCION, SE DESECHARA EL CEMENTO QUE HAYA ENDURECIDO O QUE HAYA FORMADO GRANULOS POR HIDRATACION
- ARENA DE RIO: LAVADA Y LIBRE DE MATERIA ORGANICA, RAICES ARCILLAS ETC. SU GRANULOMETRIA DEBERA SER UNIFORME.
- PIEDRIN O GRAVA: GRAVA BASALTICA O ANDESITICA LAVADA O PIEDRIN DE PIEDRA CALIZA TRITURADA. AMBAS DE GRANULOMETRIA UNIFORME. TAMAÑO MAXIMO PARA EL AGREGADO: PARA CIMENTACION MUROS Y PISO, DE 1/2".
- AGUA: LIBRE DE SALES, ACIDOS Y OTRAS IMPUREZAS QUE PUEDAN REACCIONAR O DEBILITAR LA RESISTENCIA DEL CONCRETO.
- CONCRETO DE 4,000PSI: 0.60/25.5 LITROS(SACOS DE CEMENTO) CONCRETO DE 3,000PSI: 0.65/27.5 LITROS(SACOS DE CEMENTO)
- EL CONCRETO PARA CIMENTACION PODRA SER MEZCLADOS POR MEDIOS MECANICOS YA SEA POR MEZCLADORES DE 1 O 2 SACOS DE CAPACIDAD O CONCRETO PREMEZCLADO EN CAMIONES.
- PARA LA COLOCACION DE EL CONCRETO PARA LOSA Y MURO DEBERAN UTILIZARSE VIBRADORES PARA LOGRAR UN ADECUADO ACONDICIONAMIENTO.
- RELACION AGUA/CEMENTO MAXIMA PERMISIBLE: DEL CONCRETO PRINCIPALMENTE PARA EVITAR RATONERAS.
- EL CURADO DE CIMENTACION SE HARA POR ROCIADO CONTINUO CON AGUA POR UN MINIMO DE 3 DIAS, O BIEN CON MEMBRADA CURADORA QUE NO PROVOQUE PROBLEMAS DE ADHERENCIA.

ESPECIFICACIONES TECNICAS

- $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$ ó 4,000 PSI.
 $f_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$ ó 60,000 PSI. Para armado de vigas.
Block, $f_m = 45 \text{ kg/cm}^2$.
Valor soporte considerado = 22.67 Ton/m² (Tixial).
- NOTAS**
- Previo a la construccion realizar un ensayo dinamico para verificar el valor soporte del suelo.
 - Remover capa vegetal visible y relleno en una profundidad de 0.30 metros previo a la construccion a lo largo de toda la plataforma.
- RECUBRIMIENTO EN ACERO**
- Lateral 0.03 m. para columnas.
 - Inferior 0.075 m. para cimentación.
- GANCHO STANDARD 135°**
- El doblaz del gancho será 4 veces el diametro de la varilla, no menor de 6.5 cm, ni mayor de 10 cm.
- TRASLAPES MINIMOS**
- No. 3 = 0.35 m.
 - No. 4 = 0.50 m.
 - No. 5 = 0.60 m.
 - No. 6 = 0.75 m.

GANCHOS DE REFUERZO

No.	Dg	L1	L2	L3
2	0.04	0.10	0.10	0.10
3	0.06	0.10	0.15	0.10
4	0.08	0.15	0.20	0.10
5	0.10	0.18	0.20	0.10
6	0.12	—	0.25	0.10
7	0.14	—	0.30	0.10
8	0.16	—	0.35	0.10
9	0.23	—	0.35	0.10
10	0.26	—	0.40	0.10
11	0.29	—	0.45	0.10

NOTA:
LAS VIGAS ESTAN DISTRIBUIDAS DE LA SIGUIENTE FORMA:
VIGA V-1 EN TODO EL PRIMER NIVEL.
VIGA V-2 EN TODO EL SEGUNDO NIVEL.
VIGA V-3 EN TODO EL TERCER NIVEL.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

EPS-PIUSAC
ESCALA: INDICADA
FECHA: GUATEMALA, NOVIEMBRE 20, 2011

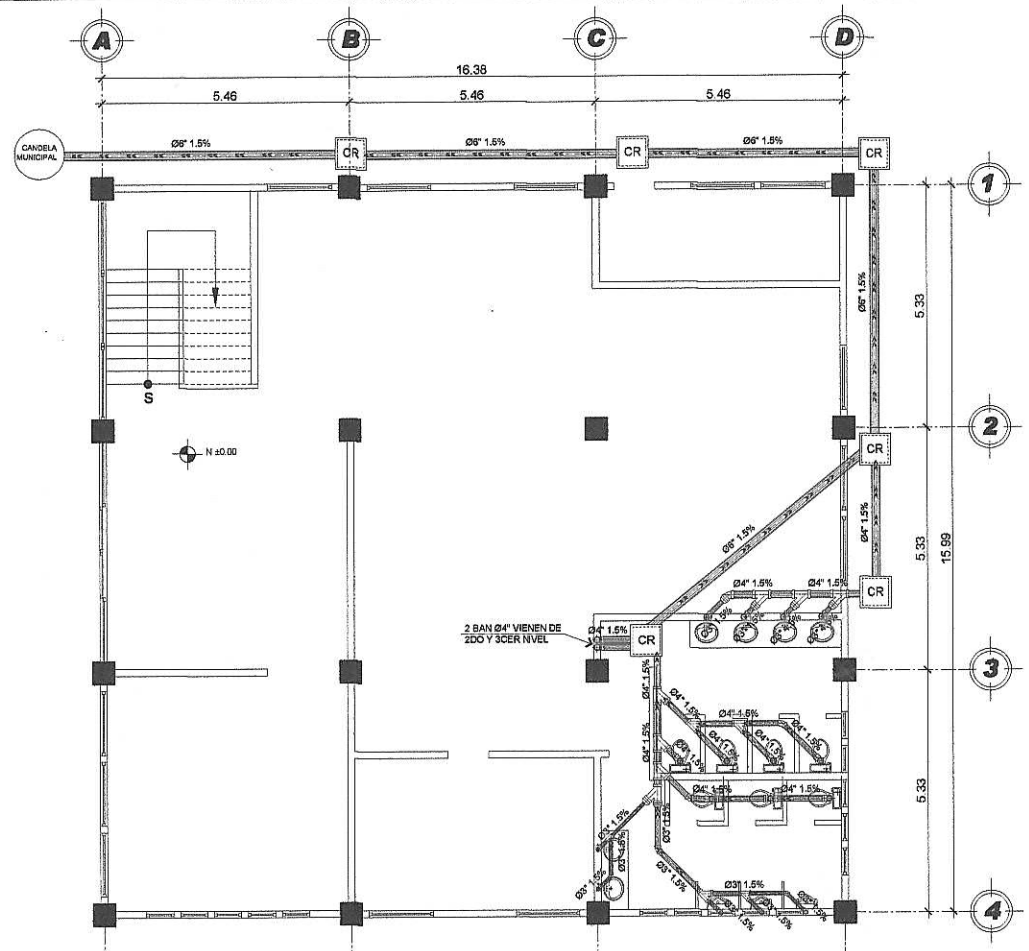
MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA
EPESIBTA: CÉSAR AUGUSTO KEVIN CALDERÓN MARROQUÍN

PROYECTO: BIBLIOTECA PUBLICA MUNICIPAL DE LA CABECERA MUNICIPAL DEL DEPARTAMENTO DE GUATEMALA

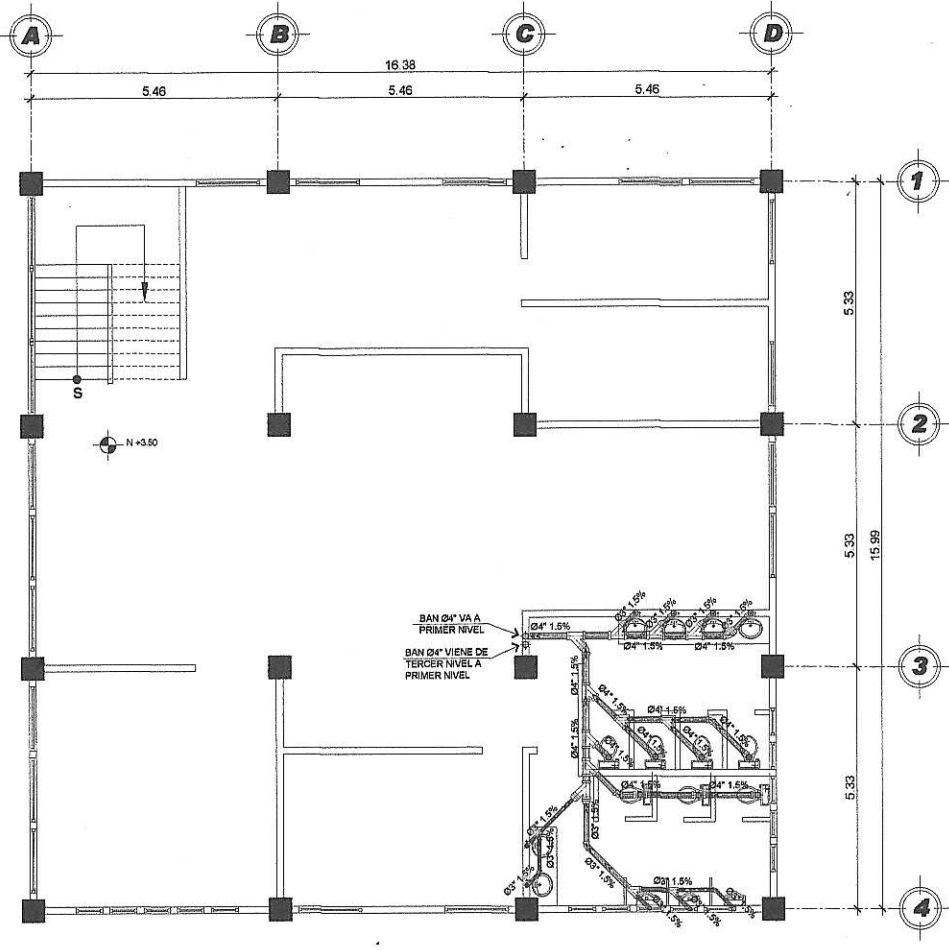
CONTENIDO: DETALLES DE VIGAS

DISENO: CÉSAR AUGUSTO KEVIN CALDERÓN MARROQUÍN
CALCULO:

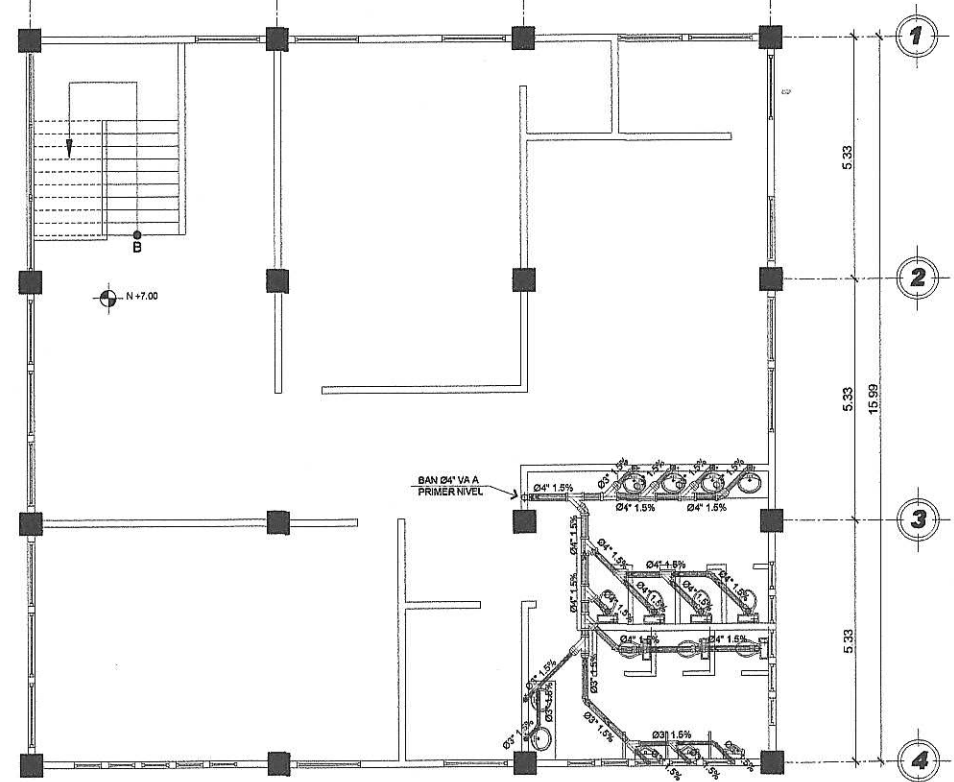
HOJA DE 1 DE 1 ES
HOJA No. 8 DE 12



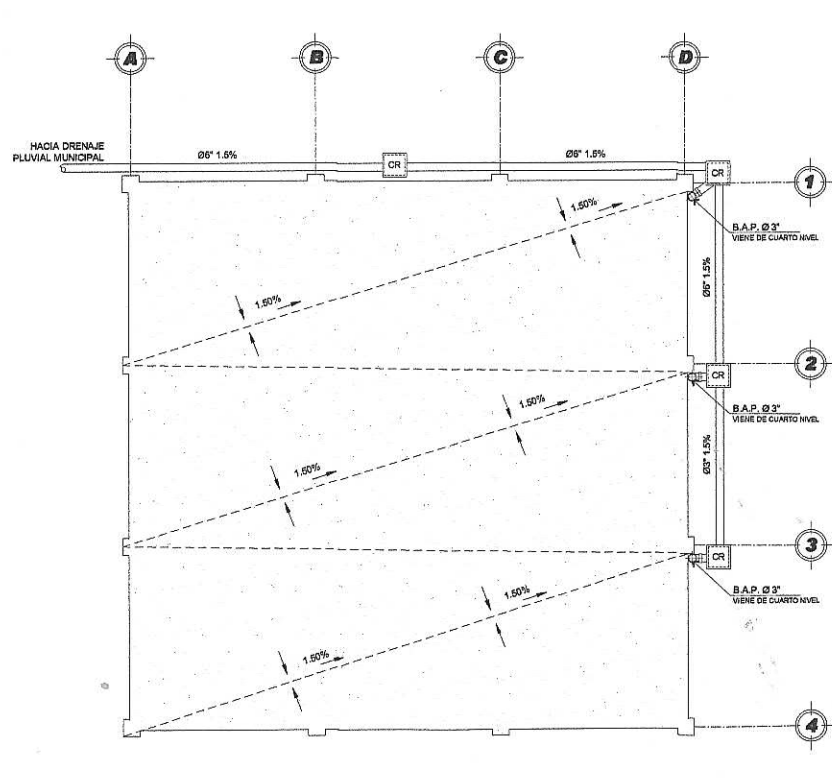
PLANTA INSTALACION SANITARIA
BIBLIOTECA PUBLICA MUNICIPAL DE SANTA CATARINA PINULA
PRIMER NIVEL
1175



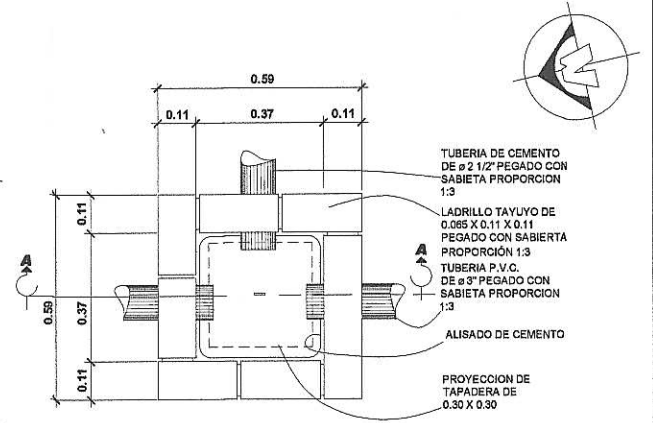
PLANTA INSTALACION SANITARIA
BIBLIOTECA PUBLICA MUNICIPAL DE SANTA CATARINA PINULA
SEGUNDO NIVEL
1175



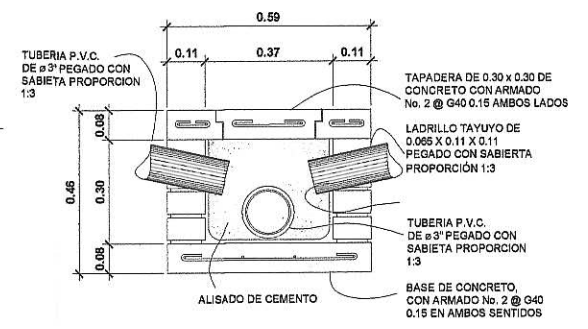
PLANTA INSTALACION SANITARIA
BIBLIOTECA PUBLICA MUNICIPAL DE SANTA CATARINA PINULA
TERCER NIVEL
1175



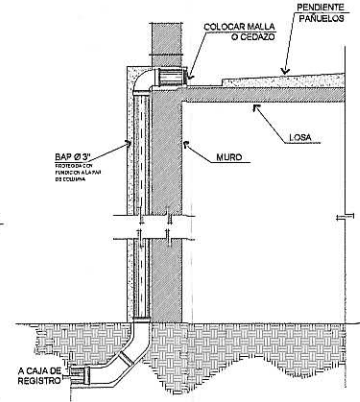
PLANTA INSTALACION PLUVIAL
BIBLIOTECA PUBLICA MUNICIPAL DE SANTA CATARINA PINULA
LOSA FINAL
1100



DETALLE CAJA TIPICA CR
CAJA DE REGISTRO (0.59 X 0.59) ESCALA : 1:10



SECCION A-A' CR
CAJA DE REGISTRO (0.59 X 0.59) ESCALA : 1:10



DETALLE BAJADA PLUVIAL
ESCALA : 2:1

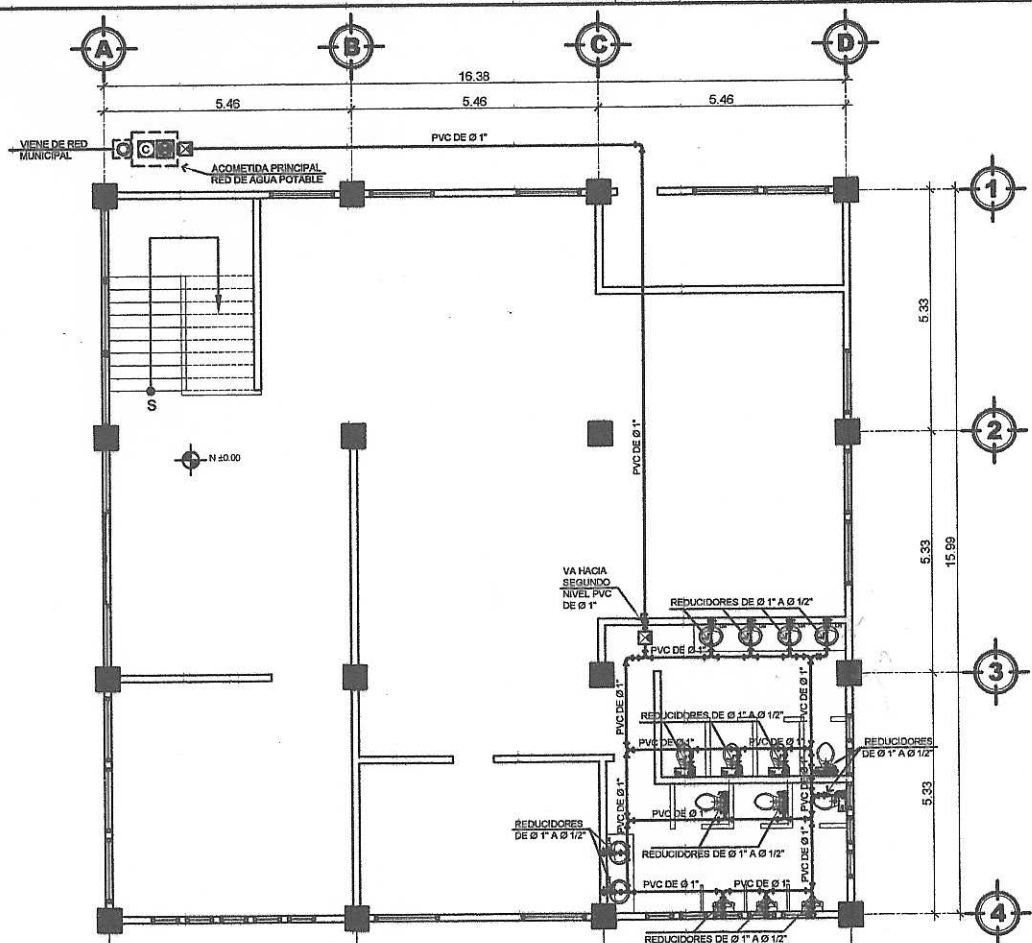
NOMENCLATURA	
SIMBOLO	SIGNIFICADO
	INDICA TUBERIA AGUA NEGRAS Ø y DIRECCION INDICADO
	TUBERIA AGUAS PLUVIALES Ø INDICADO
	INDICA TEE HORIZONTAL
	INDICA TEE SIMPLE A 45°
	INDICA TEE A 90° VERTICAL
	INDICA REDUCTOR DE TUBERIA
	INDICA TEE VERTICAL SANITARIA
	INDICA DOBLE TEE
	Ø BAN BAJADA AGUAS NEGRAS (BAN)
	Ø BAP BAJADA AGUAS PLUVIALES (BAP)
	INDICA LA SENTIDO DE LA PENDIENTE
	INDICA CAJA DE REGISTRO

ESPECIFICACIONES TECNICAS

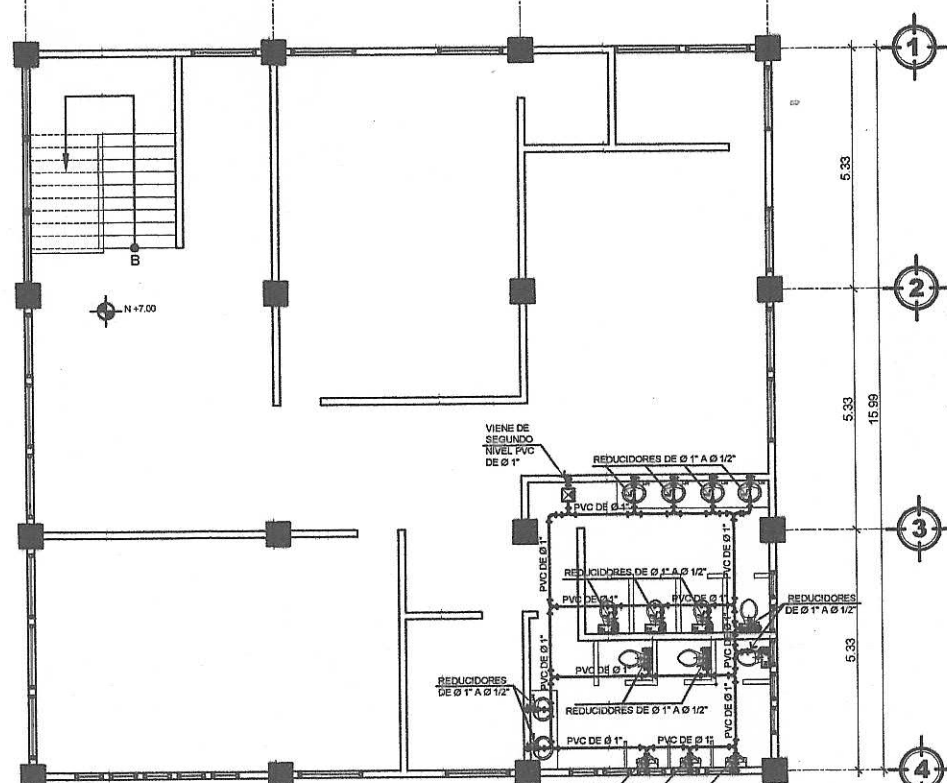
-La tubería PVC a utilizar en red de drenajes debe cumplir la norma C.S. 206-03/SR 26.
-La presión de trabajo debe ser de 150 libras sobre el punto de conexión para drenajes.
-Las conexiones serán del mismo material (PVC).
-Para la red de bajada de agua lluvia se debe usar tubería de 80 psi.
-La unión de tubería con las cajas, deberá de tener sello.
-Las cajas de registro deberán de ser en concreto y de 150 x 150 cm.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
PROYECTO: BIBLIOTECA PUBLICA MUNICIPAL
DEL DEPARTAMENTO DE GUATEMALA
DISEÑO: CÉSAR AUGUSTO KEVIN CALDERÓN MARRUJÓN
CALCULO: CÉSAR AUGUSTO KEVIN CALDERÓN MARRUJÓN

CONTENIDO: INSTALACIONES SANITARIAS Y PLUVIALES
HOJA DE: 9 / 12
HOJA No: 9 / 12



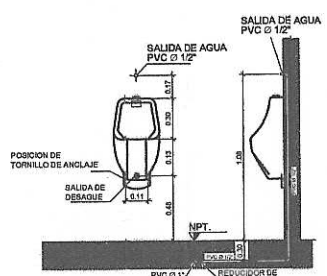
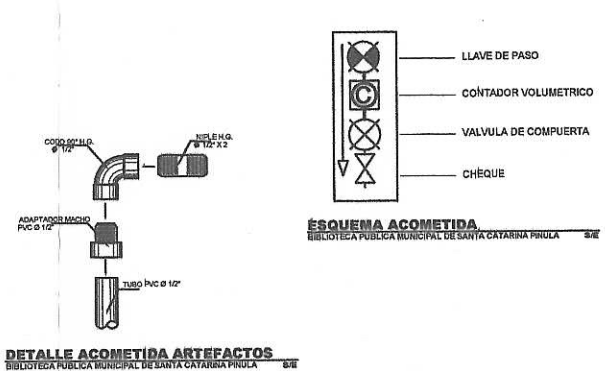
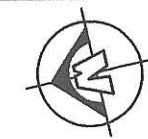
PLANTA INSTALACION HIDRAULICA
BIBLIOTECA PUBLICA MUNICIPAL DE SANTA CATARINA PINULA
PRIMER NIVEL
1/75



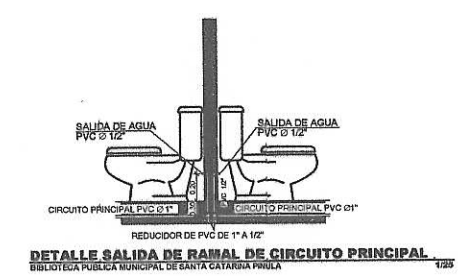
PLANTA INSTALACION HIDRAULICA
BIBLIOTECA PUBLICA MUNICIPAL DE SANTA CATARINA PINULA
SEGUNDO NIVEL
1/75

PLANTA INSTALACION HIDRAULICA
BIBLIOTECA PUBLICA MUNICIPAL DE SANTA CATARINA PINULA
TERCER NIVEL
1/75

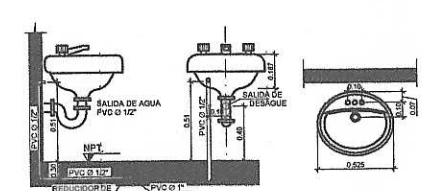
NOMENCLATURA	
SIMBOLO	SIGNIFICADO
	TUBERIA PVC Ø DE 1" PARA AGUA FRIA
	TEE PVC
	CRUZ PVC
	CODO DE 90° PVC
	CODO VERTICAL A 90° PVC
	TEE VERTICAL A 90° PVC
	CHORRO
	CHEQUE
	VALVULA DE COMPUERTA SIN CAJA DE REGISTRO
	REDUCIDOR 1" A 1/2"
	REDUCTOR VERTICAL DE 1" A 1/2"
	VALVULA DE COMPUERTA
	CONTADOR
	LLAVE DE PASO



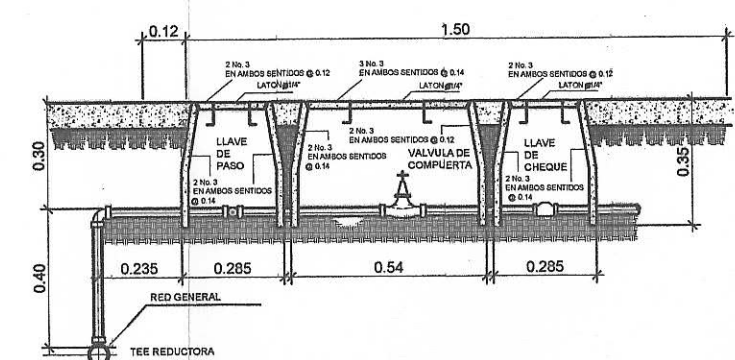
DETALLE SALIDA DE AGUA URINAL
BIBLIOTECA PUBLICA MUNICIPAL DE SANTA CATARINA PINULA
1/25



DETALLE SALIDA DE RAMAL DE CIRCUITO PRINCIPAL
BIBLIOTECA PUBLICA MUNICIPAL DE SANTA CATARINA PINULA
1/25



DETALLE SALIDA DE AGUA LAVAMANOS
BIBLIOTECA PUBLICA MUNICIPAL DE SANTA CATARINA PINULA
1/25



DETALLE ACOMETIDA GENERAL
BIBLIOTECA PUBLICA MUNICIPAL DE SANTA CATARINA PINULA
5/25

ESPECIFICACIONES TECNICAS

- La tubería PVC deberá cumplir con la norma ASTM D 2411
- La tubería se instalará a 0.30m por debajo del nivel del piso terminado
- Las uniones entre tuberías y accesorios PVC se harán con cemento solventado de secado rápido (7 días)
- En las uniones de rosca se utilizará cinta teflón
- El circuito principal debe ser cerrado con tubería PVC de 1" y los ramales (espaldas para artefactos) de diámetro 1/2"

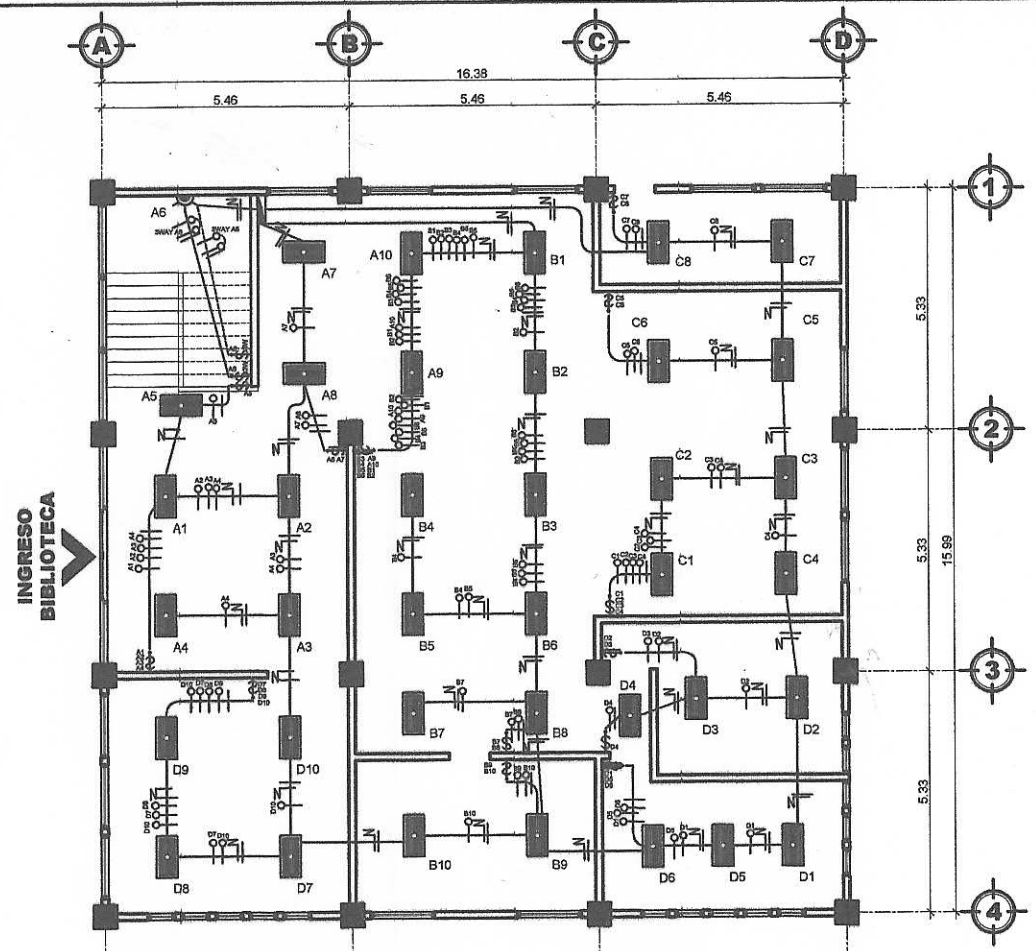
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO:
BIBLIOTECA PUBLICA MUNICIPAL
DE LA CATEDRAL MUNICIPAL
DEL DEPARTAMENTO DE GUATEMALA

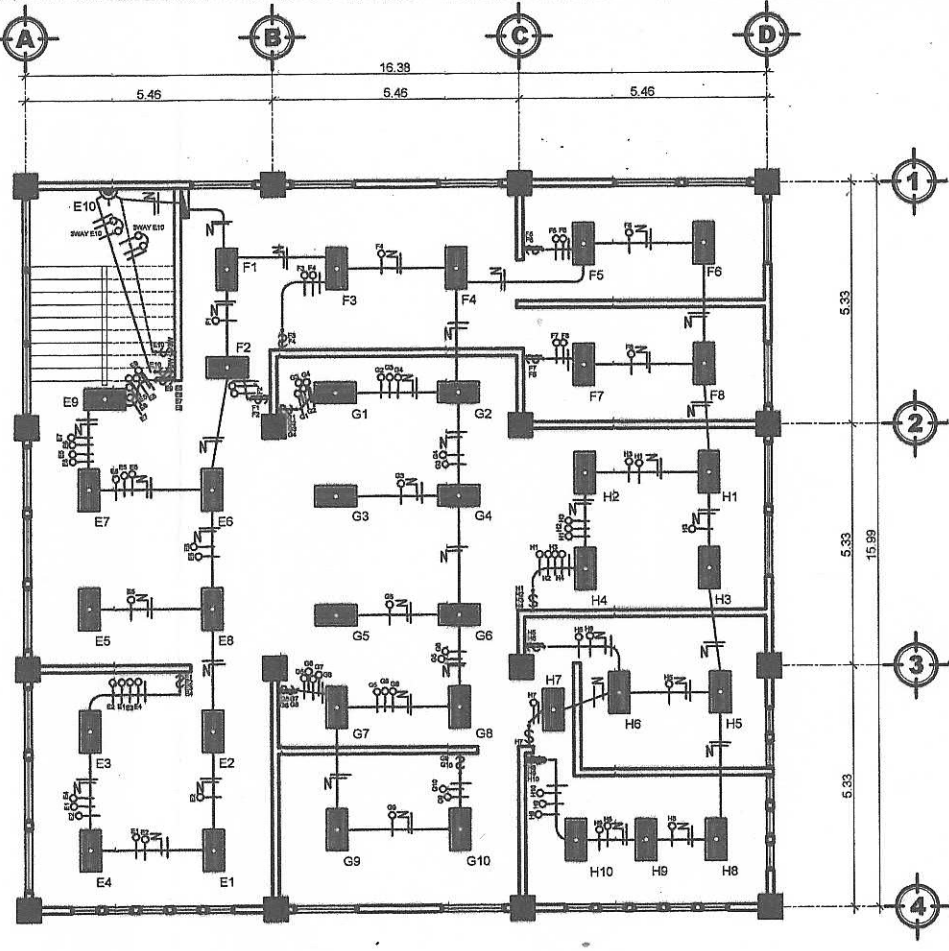
EPESISTA: CÉSAR AUGUSTO KEVIN CALDERÓN MARRUQUÍN

CONTENIDO: INSTALACIONES HIDRAULICAS - DETALLES

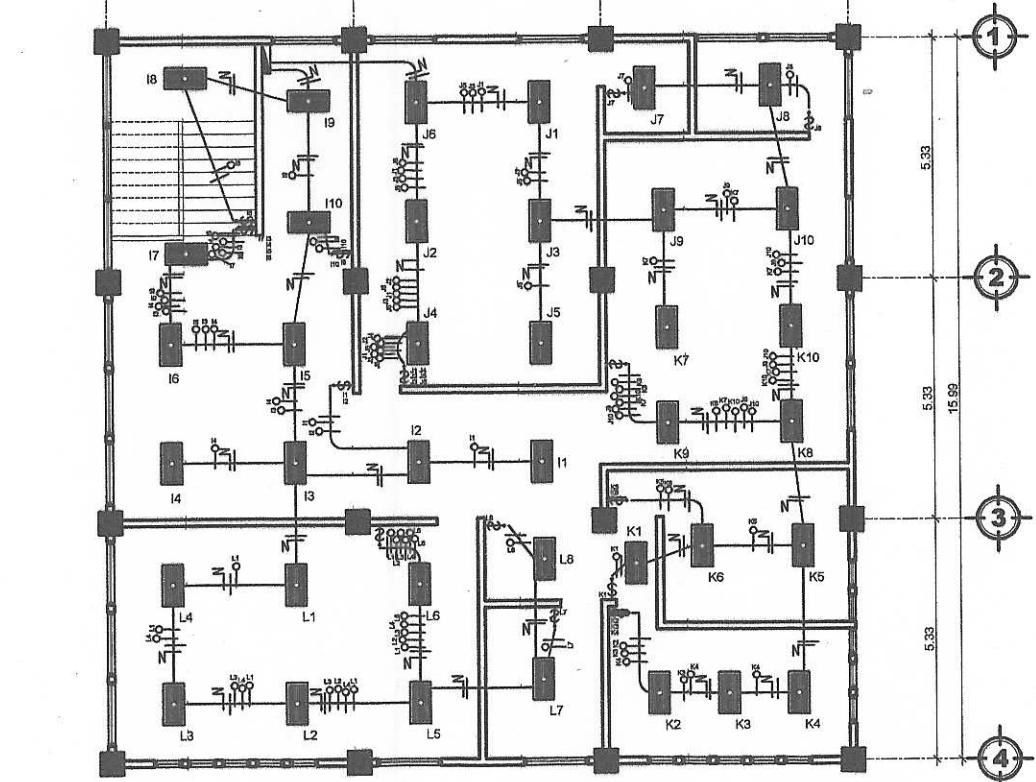
HOJA DE: 10/12



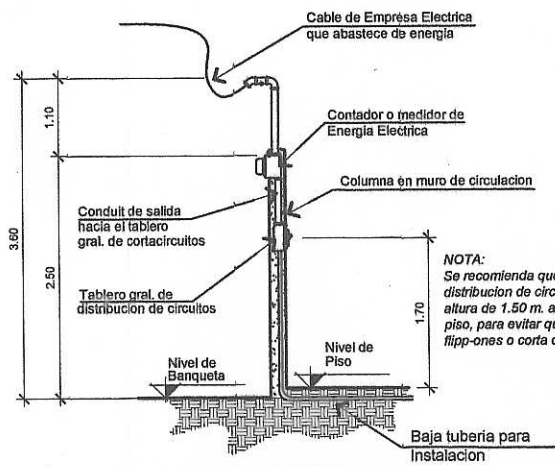
PLANTA ILUMINACION
BIBLIOTECA PUBLICA MUNICIPAL DE SANTA CATARINA PINULA
PRIMER NIVEL
1/75



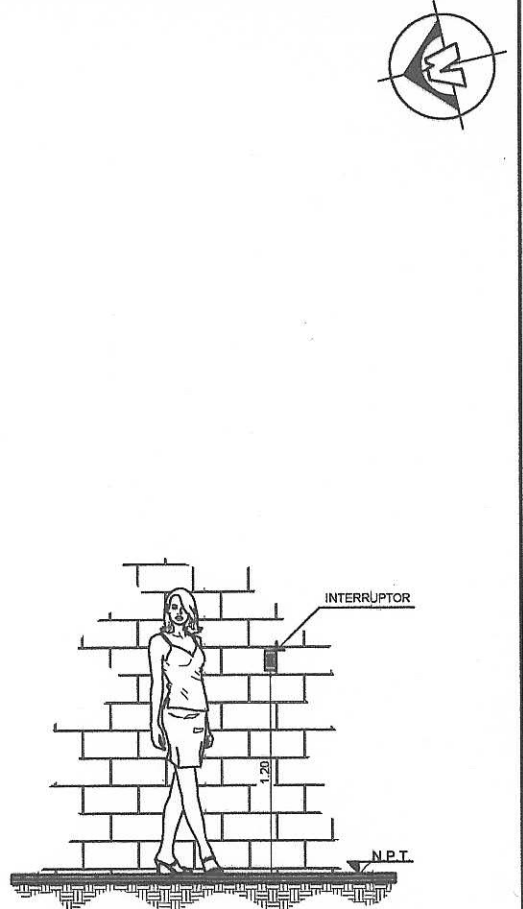
PLANTA ILUMINACION
BIBLIOTECA PUBLICA MUNICIPAL DE SANTA CATARINA PINULA
SEGUNDO NIVEL
1/75



PLANTA ILUMINACION
BIBLIOTECA PUBLICA MUNICIPAL DE SANTA CATARINA PINULA
TERCER NIVEL
1/75



DETALLE ACOMETIDA ELECTRICA
BIBLIOTECA PUBLICA MUNICIPAL DE SANTA CATARINA PINULA
1/25



DETALLE DE INTERRUPTORES
BIBLIOTECA PUBLICA MUNICIPAL DE SANTA CATARINA PINULA
1/20

SIMBOLOGIA ILUMINACION

SIMBOLO	DESCRIPCION
	TABLERO DE DISTRIBUCION
	TUBERIA EN LOSA O PARED 3/4" PVC GRIS
	TUBERIA EN PISO O PARED 3/4" PVC GRIS
	INTERRUPTOR SIMPLE
	INTERRUPTOR DOBLE
	INTERRUPTOR TRIPLE
	INTERRUPTOR THREE WAY
	LAMPARA RECTANGULAR EN CELO DE 2'x4' TPO INDUSTRIAL DE 1'x2'
	LAMPARA EN PARED 2'x4' W
	INDICA LINEA VIVA MINIMO #12 THHN
	INDICA NEUTRO #12 O SEGUN SE INDIQUE
	INDICA CABLE DE RETORNO #12 THHN MINIMO O SEGUN SE INDIQUE
	CONDUCTOR PUENTE THREE WAY

ESPECIFICACIONES TECNICAS

- Tres tableros de distribucion (uno por cada nivel), con flippers de 20A por cada circuito.
- Color para alambres:
Positivo = Rojo
Negativo = Negro
Retorno = Blanco
- Tuberia de acometida #1 1/2" x 1/2" L/4m. + codo 90° + accesorios de empalme.
- Toda la tuberia de iluminacion sera PVC electrico de 3/4"
- El calibre de los conductores sera THW No. 12 AWG.
- La tuberia electrica debe quedar fuera de las columnas.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

EPS-FISAC
ESCALA:
INDICADA

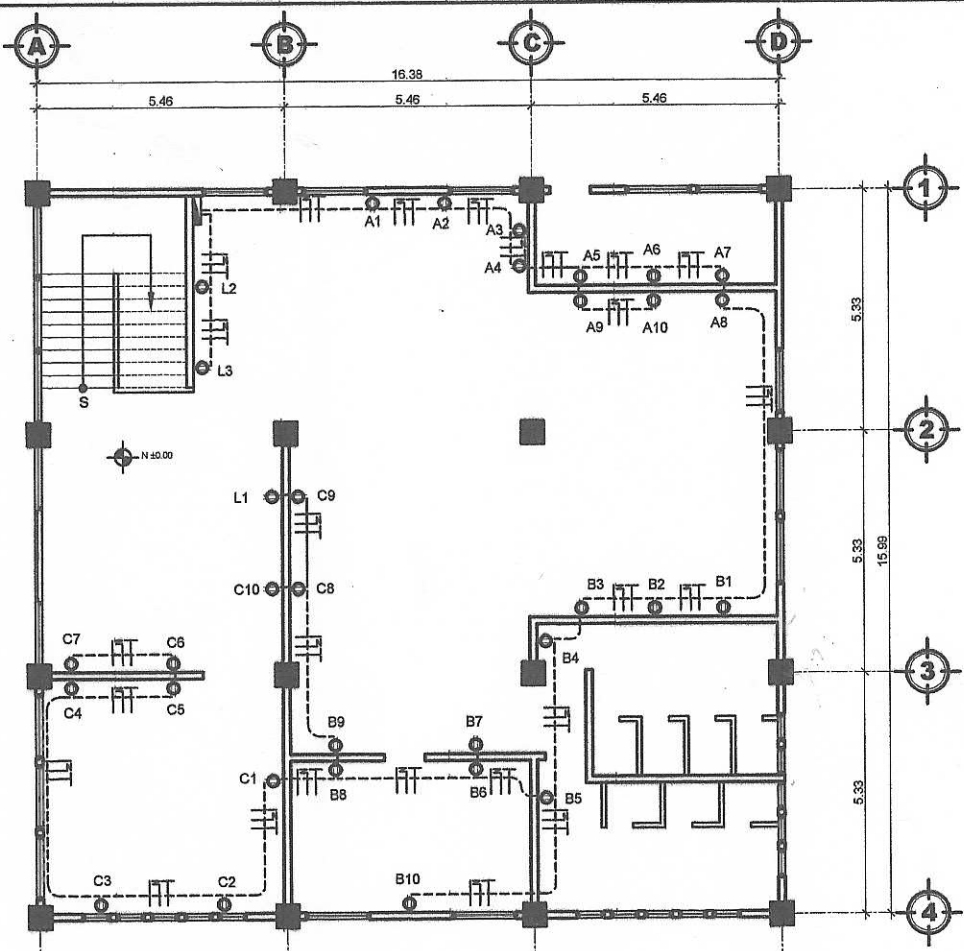
MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA
EFERISTA: CESAR AUGUSTO KEVIN CALDERON MARRUOLAN

PROYECTO:
BIBLIOTECA PUBLICA MUNICIPAL
DE LA CABecera MUNICIPAL
DEL DEPARTAMENTO DE GUATEMALA

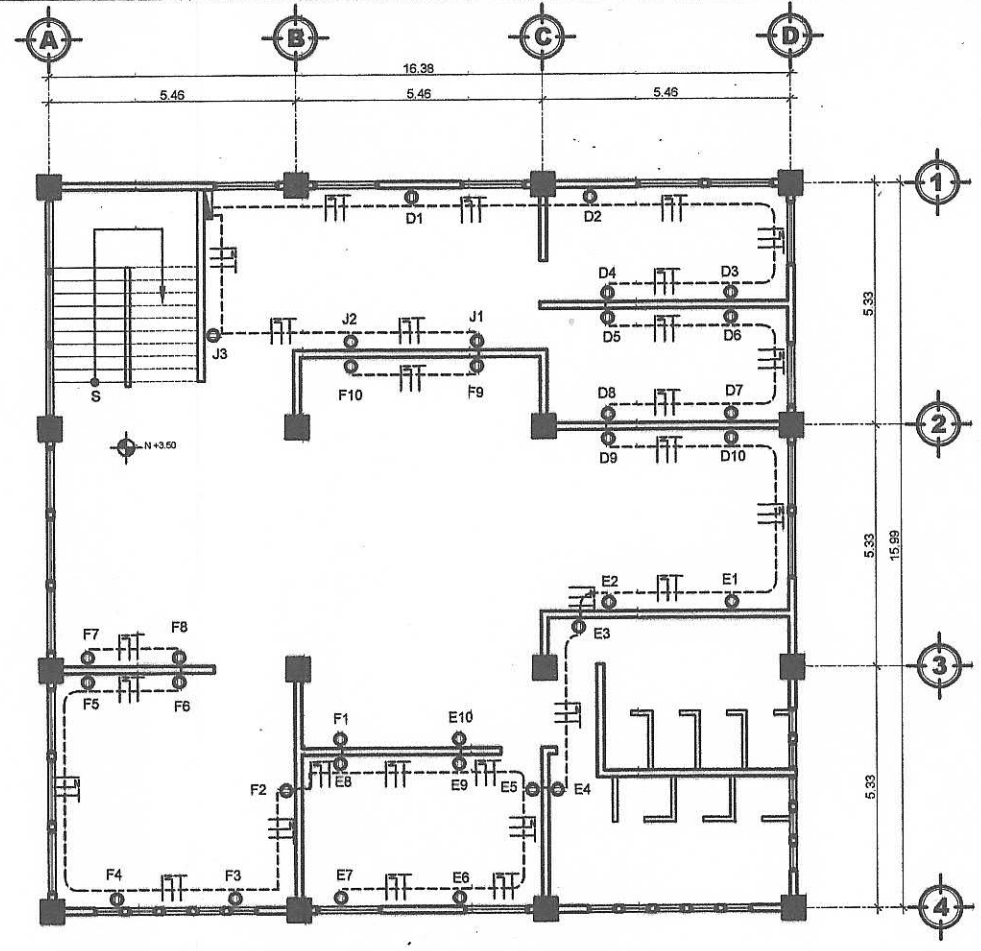
CONTENIDO: PLANTA DE INSTALACION ELECTRICA ILUMINACION

HOJA DE: 11/12

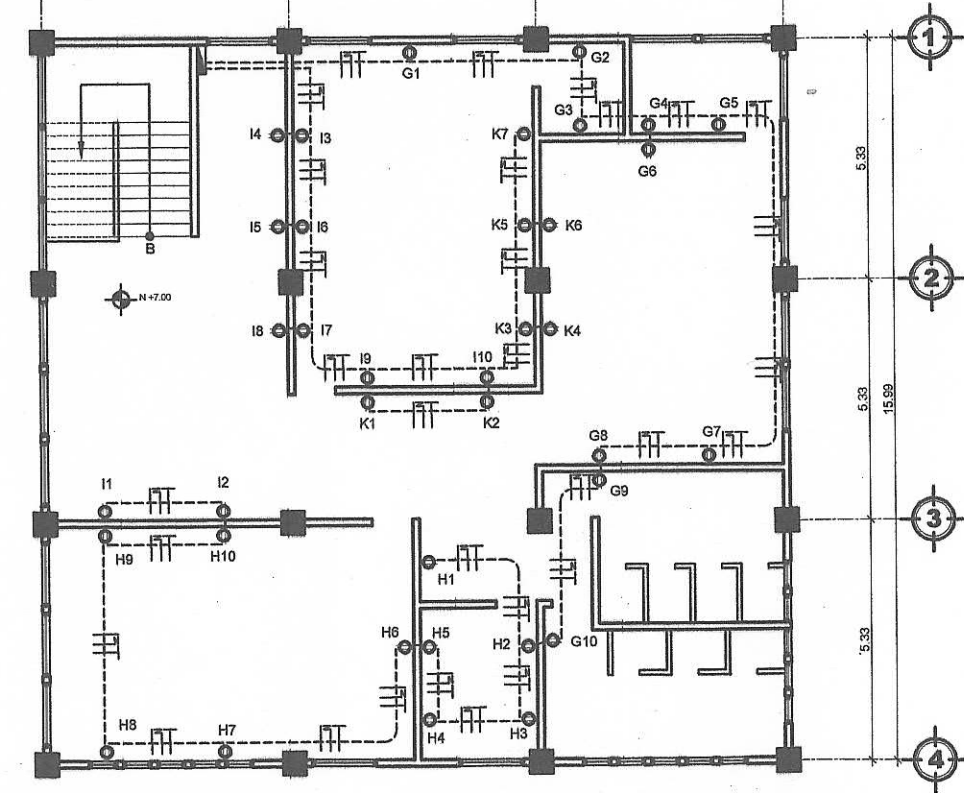
HOJA No: 11/12



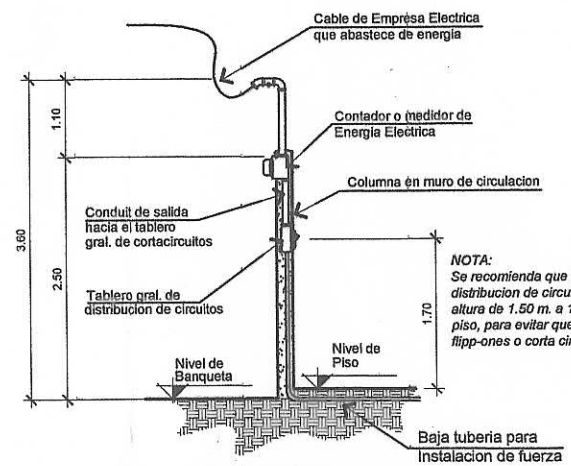
PLANTA FUERZA
BIBLIOTECA PUBLICA MUNICIPAL DE SANTA CATARINA PINULA
PRIMER NIVEL
1/75



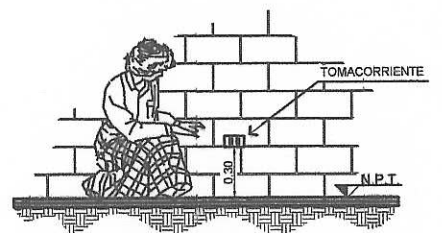
PLANTA FUERZA
BIBLIOTECA PUBLICA MUNICIPAL DE SANTA CATARINA PINULA
SEGUNDO NIVEL
1/75



PLANTA FUERZA
BIBLIOTECA PUBLICA MUNICIPAL DE SANTA CATARINA PINULA
TERCER NIVEL
1/75



DETALLE ACOMETIDA ELECTRICA
BIBLIOTECA PUBLICA MUNICIPAL DE SANTA CATARINA PINULA
1/75



DETALLE DE TOMACORRIENTES
BIBLIOTECA PUBLICA MUNICIPAL DE SANTA CATARINA PINULA
1/75

SIMBOLOGIA FUERZA

SEBOLO	DESCRIPCION
	TABLERO DE DISTRIBUCION
	TOMA CORRIENTE NORMAL 120V A 250V SOBRE EL NIVEL DEL PISO O SEGUN INDICADO
	TUBERIA EN PISO O PARED 3/4" PVC GRIS
	INDICA LINEA VIVA MINIMO #12 THHN
	INDICA NEUTRO #12 O SEGUN SE INDIQUE
	INDICA CABLE DE RETORNO #12, THHN MINIMO O SEGUN SE INDIQUE

ESPECIFICACIONES TECNICAS

- Tres tableros de distribucion (uno por cada nivel), con flip-ones de 20A por cada circuito.
- Color para alambres:
Positivo = Rojo
Negativo = Negro
Retorno = Blanco
- Tuberia de acometida Hg 1 1/2", Longitud L=1.50m, 90° + accesorios de entrada.
- Toda la tuberia de fuerza sera colocada sobre el piso.
- El calibre de los conductores sera THWN No. 12 AWG.
- Tomacorrientes Bifilicos con placa de metal.
- No colocar cajas de PVC para tomacorrientes.
- La tuberia electrica deberá quedar fuera de las columnas.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

EPS-FIJAC
ESCALA:
INDICADA
FECHA:
GUATEMALA, NOVIEMBRE DEL 2013

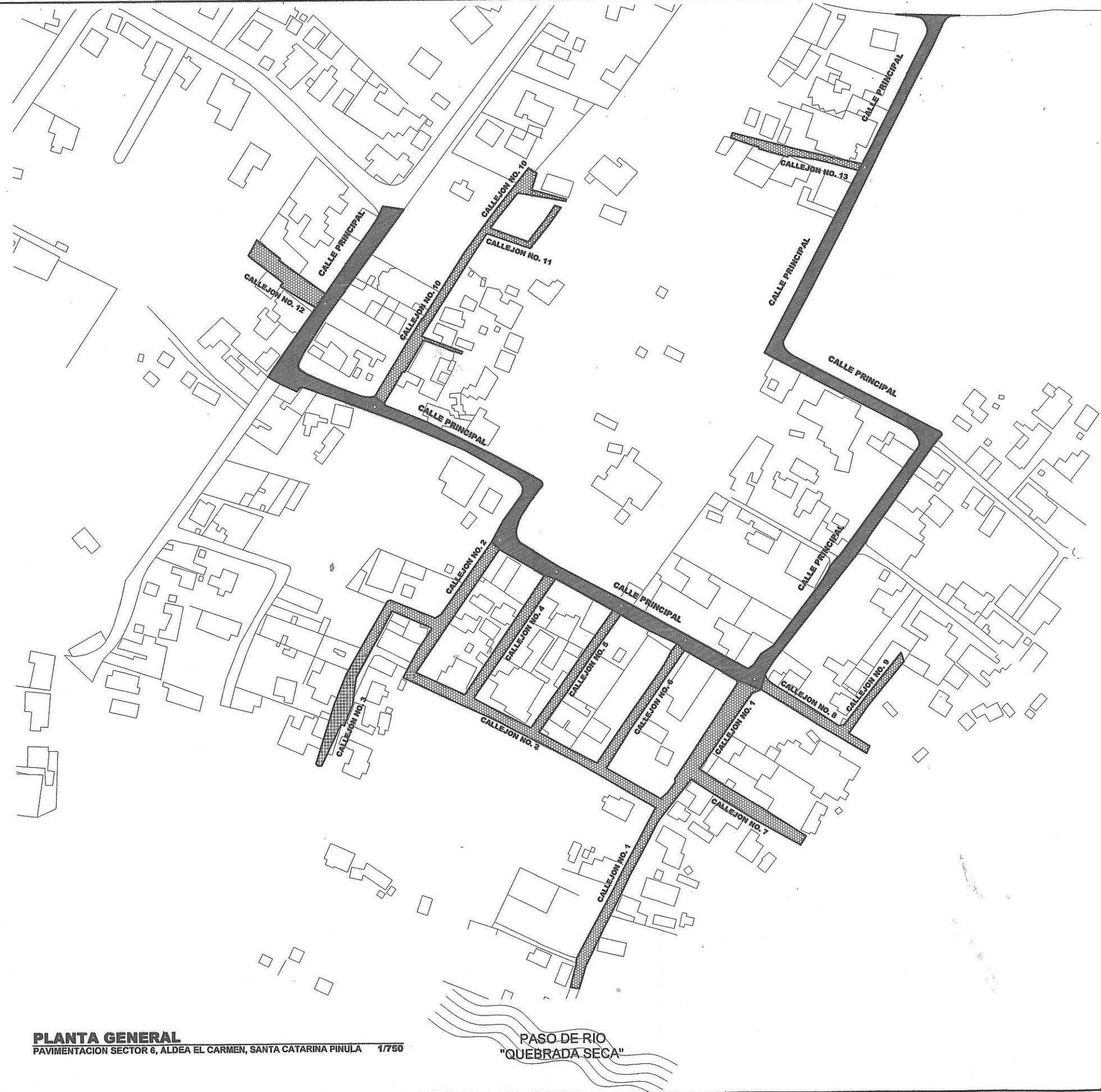
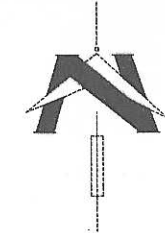
MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA
EPESISTA: CÉSAR AUGUSTO KEVIN CALDERÓN MARROQUÍN

PROYECTO:
BIBLIOTECA PUBLICA MUNICIPAL
DE LA CABEZA MUNICIPAL
DEL DEPARTAMENTO DE GUATEMALA

CONTENIDO: PLANTA DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA FUERZA
DISEÑO:
CALCULO: CÉSAR AUGUSTO KEVIN CALDERÓN MARROQUÍN

HOJA DE: 1
HOJA No: 12/12

VA. DR. ING. JESÚS ROBERTO DE CARLIS
SUPERVISOR - ASESOR DE EPS





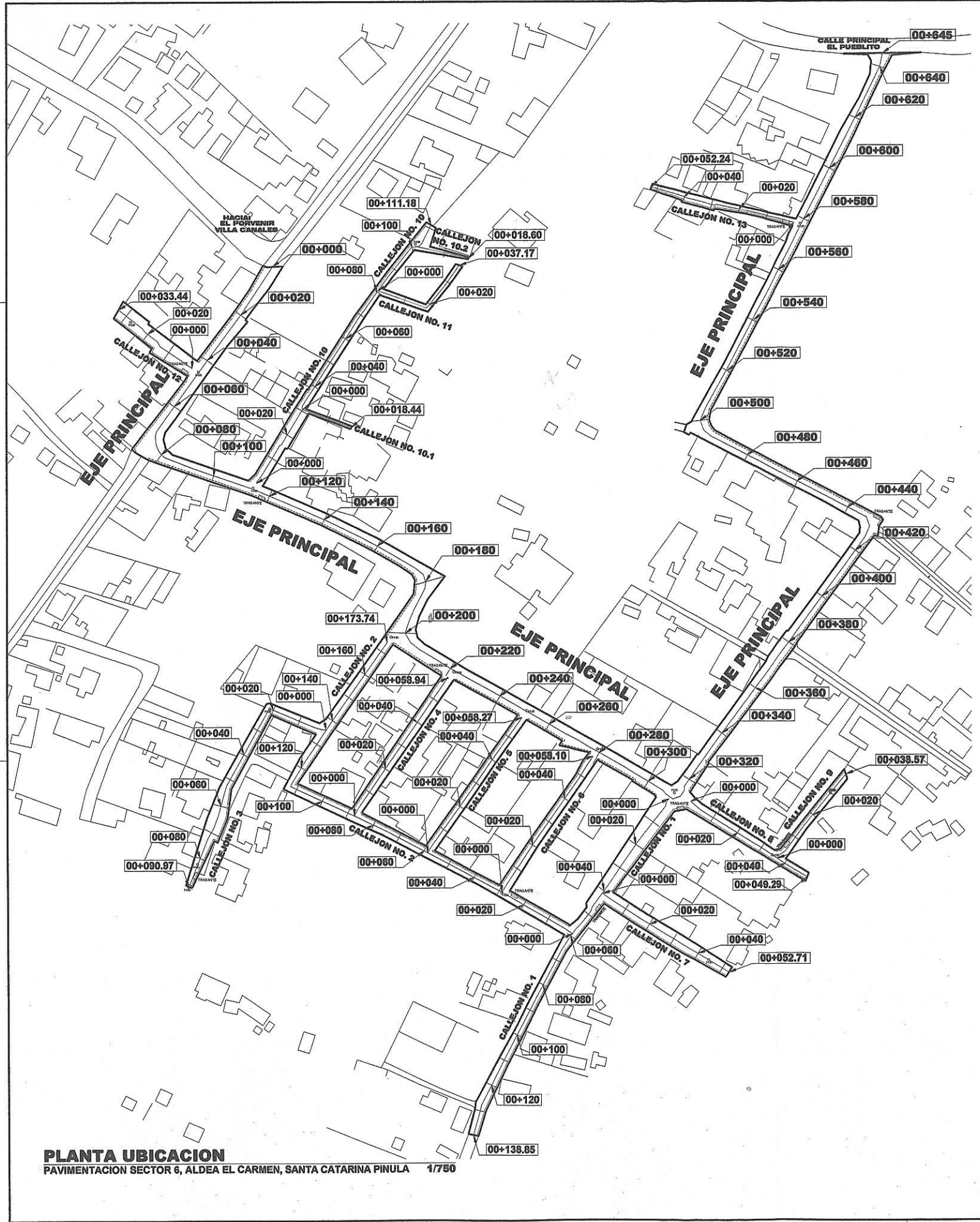
PLANTA GENERAL
PAVIMENTACION SECTOR 6, ALDEA EL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA 1/750

PASO DE RIO
"QUEBRADA SECA"

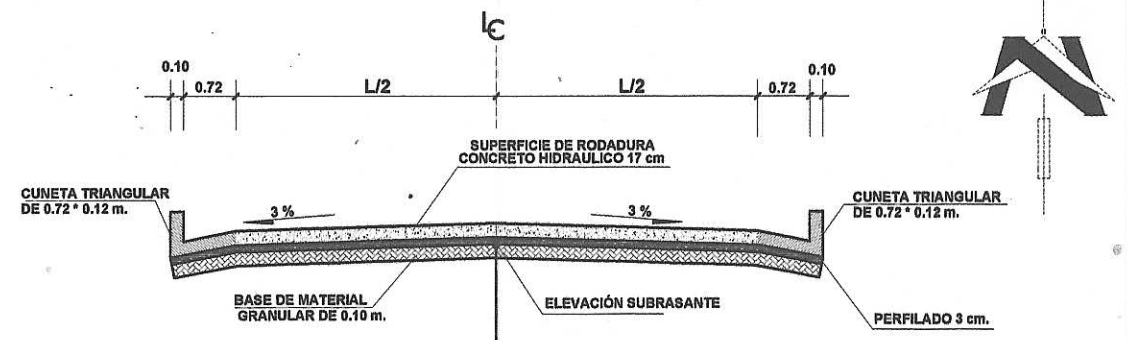
SIMBOLOGIA

 CALLES SECUNDARIAS
 CALLE PRINCIPAL
 ASESOR(A)-SUPERVISOR(A) DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 Facultad de Ingeniería

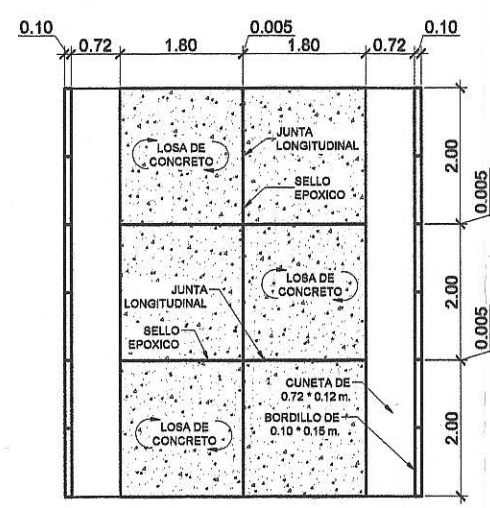
	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	EPS-PIBAC	ESCALA:
	FACULTAD DE INGENIERIA	EXERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	INDICADA
	MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA	FECHA:	GUATEMALA, NOVIEMBRE DEL 2013
	EPESISTA : CESAR AUGUSTO KEVIN CALDERON MARROQUIN	PROYECTO:	PAVIMENTACION DEL SECTOR 6, ALDEA EL CARMEN SANTA CATARINA PINULA DEL DEPARTAMENTO DE GUATEMALA
CONTENIDO: PLANTA GENERAL		ELABORADO:	CESAR AUGUSTO KEVIN CALDERON MARROQUIN
Yo. Sr. ING. AMEL ROBERTO DE GARCIA SUPERVISOR DE EPS.		HOJA DE:	1/6



PLANTA UBICACION
PAVIMENTACION SECTOR 6, ALDEA EL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA 1/750



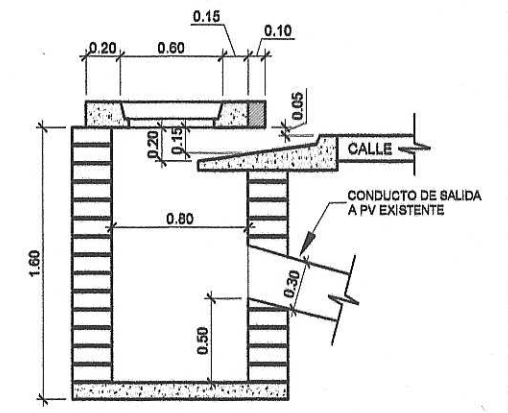
DETALLE GABARITO
PAVIMENTACION SECTOR 6, ALDEA EL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA S/E



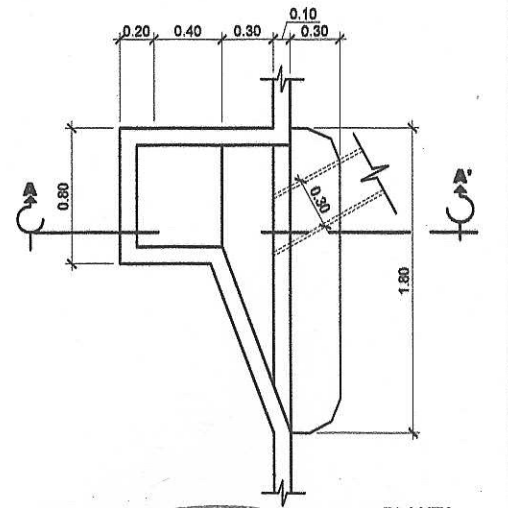
DETALLE DE PLANCHAS DE CONCRETO
PAVIMENTACION SECTOR 6, ALDEA EL CARMEN, SCP 1/50

ESPECIFICACIONES DE PAVIMENTO RIGIDO

- CONCRETO:
CONCRETO CON UNA RESISTENCIA A COMPRESION DE 4000 PSI (ASTHO T-22, ASTM C39) Y UNA RESISTENCIA A FLEXION DE 60 (ASTHO T-97, ASTM C78) ENSAYADOS A LOS 28 DIAS TEMPERATURA DE COLOCACION DE 20° ± 10°C Y UN ASENTAMIENTO DE 40 ± 20mm.
- AGREGADO FINO:
LAVADA Y LIBRE DE MATERIA ORGANICA, RAICES AROILLAS ETC. SU GRANULOMETRIA DEER SER UNIFORME (ASTHO M-80).
- AGREGADO GRUESO:
GRAVA BALSALTICA O PIEDRIN DE PIEDRA CALIZA TRITURADA. AMBAS DE GRANULOMETRIA UNIFORME. TAMAÑO MAXIMO PARA EL AGREGADO: PARA PAVIMENTO RIGIDO DE DE 1 1/2" POR SU ALTA RESISTENCIA AL DESGASTE (ASTHO M-80).
- MATERIAL SELECTO:
LA MAXIMA DIMENSION DE CUALQUIER PARTICULA CONTENIDA EN EL MATERIAL Y QUE NO SEA POSIBLE DESINTEGRAR CON EL EQUIPO DE CONFORMACION DE COMPACTACION.
- JUNTAS LONGITUDINALES DE CONTRACCION:
SON LAS JUNTAS PARALELAS AL EJE LONGITUDINAL DEL PAVIMENTO, SE COLOCARAN PARA PREVENIR LA FORMACION DE GRIETAS LONGITUDINALES. LA PROFUNDIDAD DE DE LA RANURA SUPERIOR DE ESTA JUNTA, NO DEBE SER INFERIOR DE 1/4 DEL ESPESOR DE LA LOSA.
- JUNTAS TRANSVERSALES DE CONTRACCION:
TIENEN COMO OBJETIVO EVITAR EL AGRIETAMIENTO DEBIDO AL ESFUERZO QUE SE PROVOCA POR LA CONTRACCION Y ALABEO DE LAS LOSA, LA RANURA DE LA JUNTA DEBE POR LO MENOS TENER UNA PROFUNDIDAD DE 1/4 DEL ESPESOR DE LA LOSA.
- RELACION AGUA/CEMENTO MAXIMA PERMISIBLE:
ESTA SERA DE 0.49
- BORDILLO Y CUNETAS:
SE UTILIZARA UN CONCRETO CON UNA RESISTENCIA A LA COMPRESION DE 3000 PSI QUE POR MEDIO DE LA RELACION 1:2:2 LLEGARA A DICHA RESISTENCIA A LOS 28 DIAS.



DETALLE DE TRAGANTE TÍPICO
PAVIMENTACION SECTOR 6, ALDEA EL CARMEN, SCP 1/20



DETALLE DE TRAGANTE TÍPICO
PAVIMENTACION SECTOR 6, ALDEA EL CARMEN, SCP 1/20

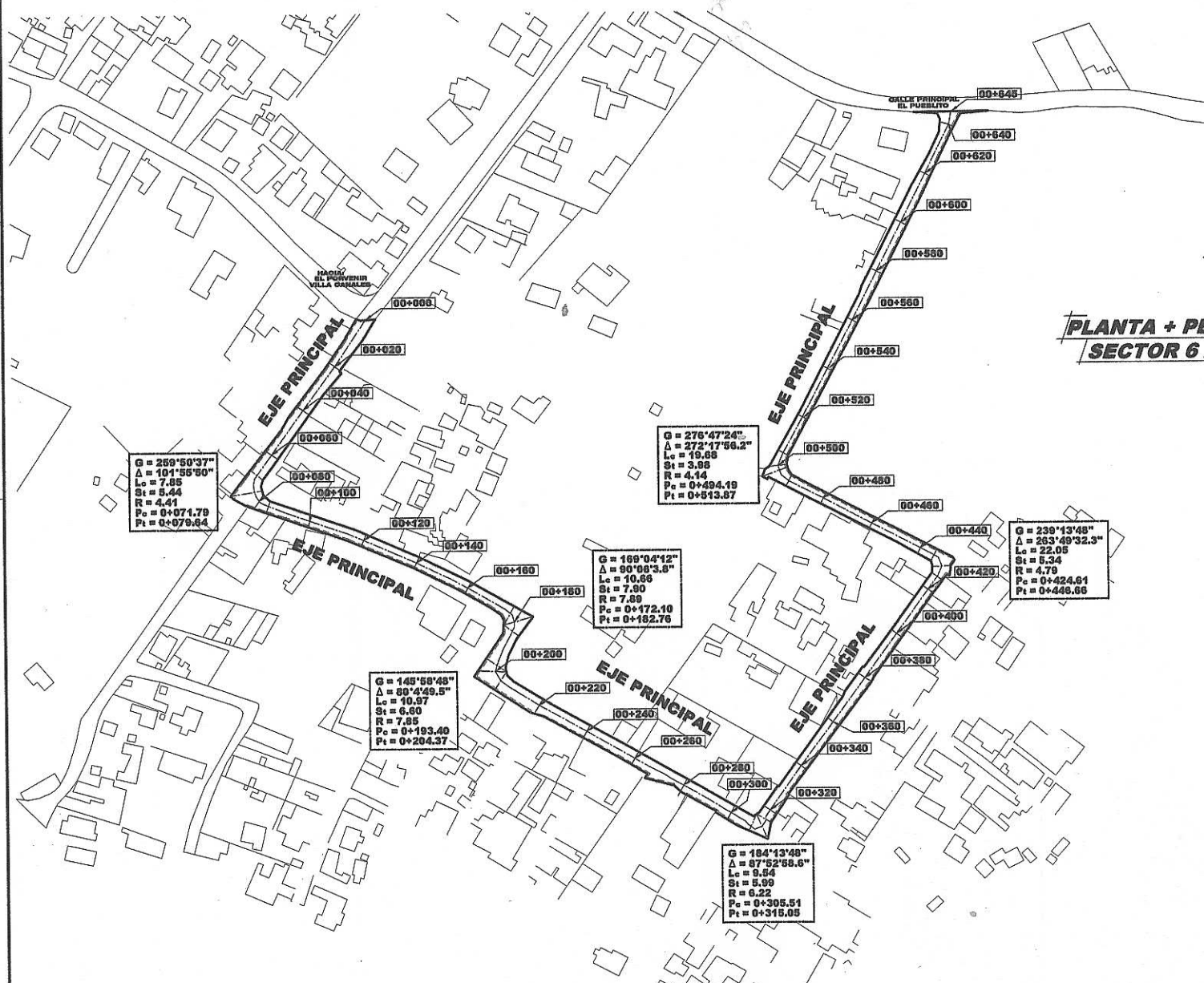
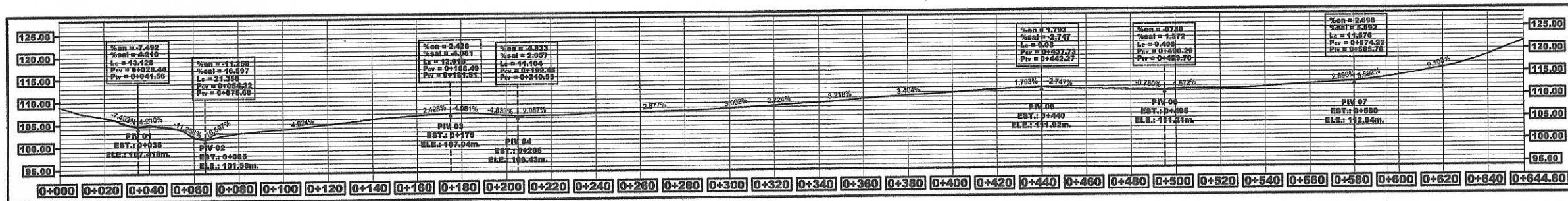
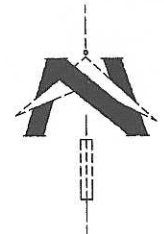
ASESORIA SUPERVISORA DE EPS
Unidad de Ingeniería y EPS

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISOR

EPS: PIRAG ESCALA: INDICADA
PROYECTO: PAVIMENTACION DEL SECTOR 6, ALDEA EL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA DEL DEPARTAMENTO DE GUATEMALA
DISEÑO: CESAR AUGUSTO KEVIN CALDERON MARROQUIN
HOJA DE: 1/1
HOJA NO: 2/6

CONTENIDO: PLANTA DE UBICACION + DETALLES
DISEÑO: CESAR AUGUSTO KEVIN CALDERON MARROQUIN

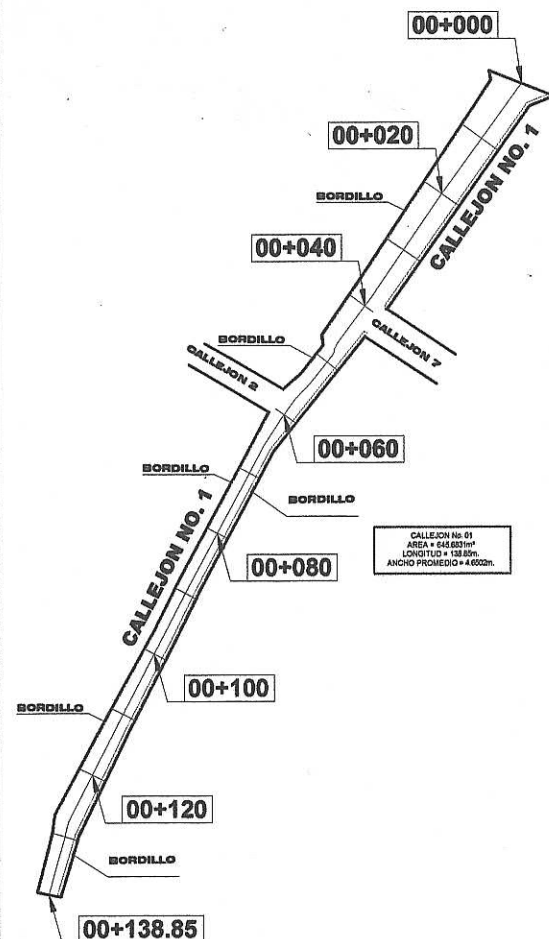
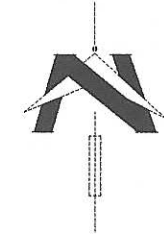
Yo Sr. ING. ANGEL ROBERTO BIC GARCIA SUPERVISOR DE EPS.



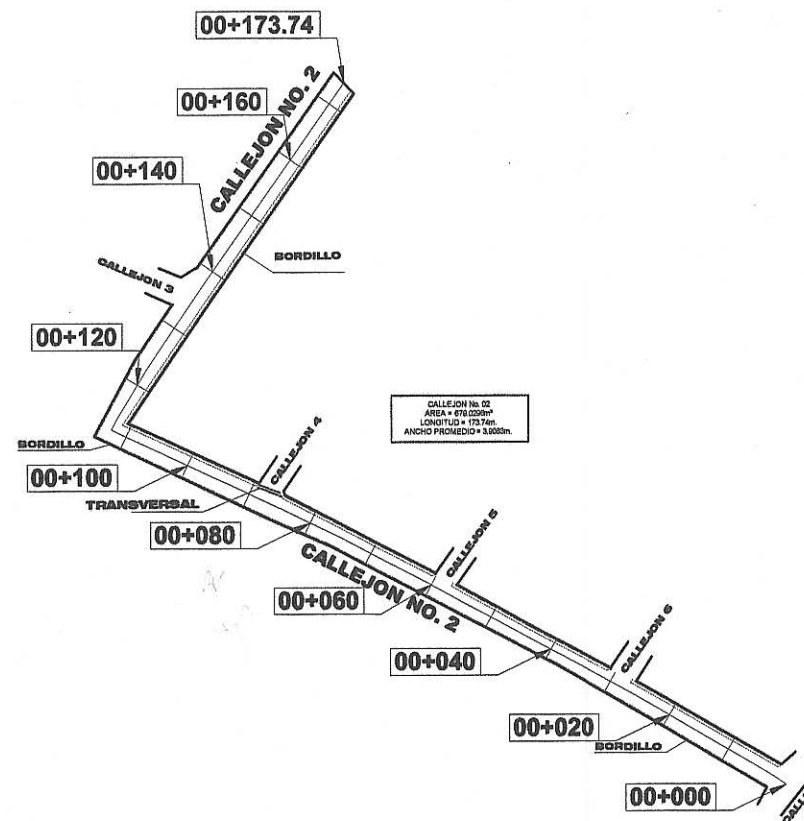
PLANTA + PERFIL CALLE PRINCIPAL.
SECTOR 6 ALDEA EL CARMEN
ESCALA HOR.: 1/1000.
ESCALA VER.: 1/500.

Universidad de San Carlos de Guatemala
 ASESOR(A)-SUPERVISOR(A) DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 Facultad de Ingeniería

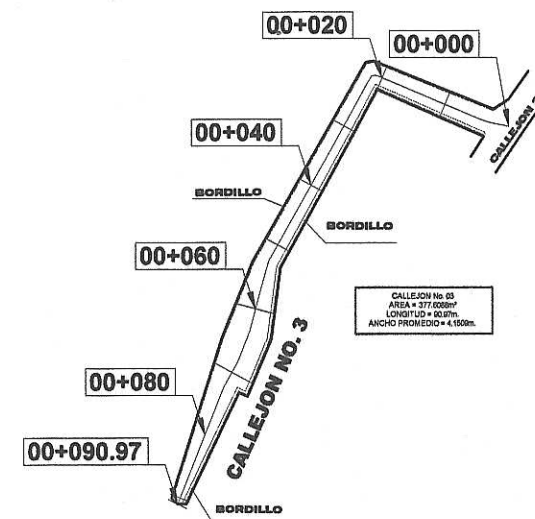
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	EPS-FURAC ESCALA: INDICADA FEBRER GUATEMALA, NOVIEMBRE DEL 2011
MUNICIPALIDAD DE SANTA CATERINA PINULA EPRESITA : CÉSAR AUGUSTO KEVIN CALDERÓN MARROQUÁN	PROYECTO: PAVIMENTACIÓN DEL SECTOR 6, ALDEA EL CARMEN SANTA CATERINA PINULA DEL DEPARTAMENTO DE GUATEMALA
CONTENIDO: PLANTA Y PERFIL GENERAL DE CALLE PRINCIPAL. DISEÑO: CÉSAR AUGUSTO KEVIN CALDERÓN MARROQUÁN CALLOS:	
HOJA DE: <input checked="" type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 HOJA No: 3/6 Vc.Bn. ING. AMEL ROBERTO DE GARCIA SUPERVISOR DE E.P.S.	



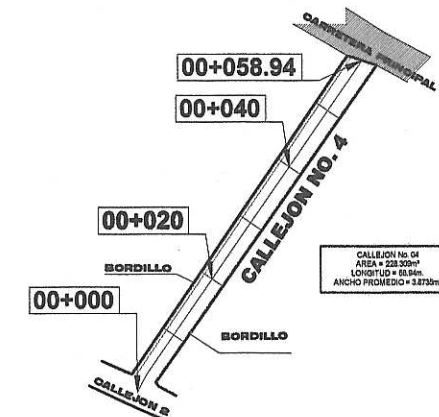
PLANTA CALLEJON 01.
ESCALA: 1/500.



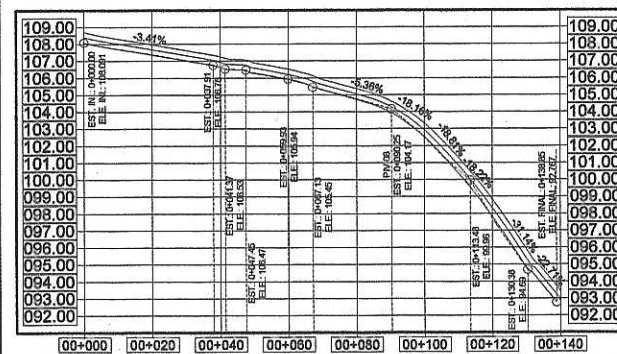
PLANTA CALLEJON 02.
ESCALA: 1/500.



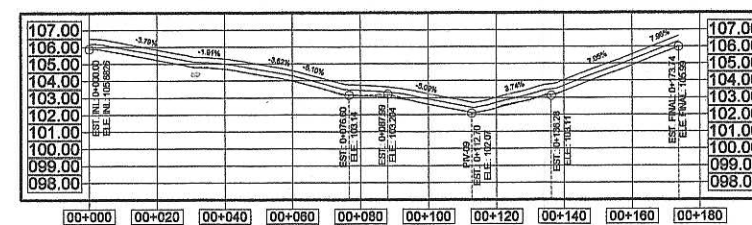
PLANTA CALLEJON 03.
ESCALA: 1/500.



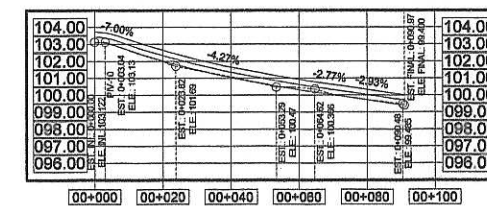
PLANTA CALLEJON 04.
ESCALA: 1/500.



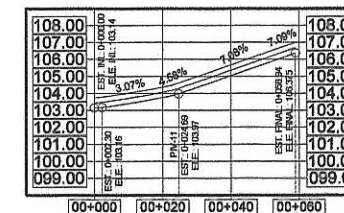
PERFIL CALLEJON 01.
ESC. VERTICAL: 1/200.
ESC. HORIZONTAL: 1/1000.



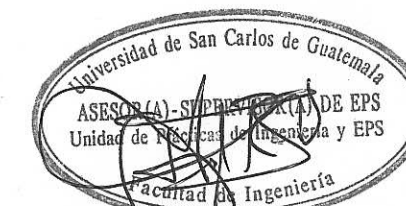
PERFIL CALLEJON 02.
ESC. VER.: 1/200.
ESC. HOR.: 1/1000.



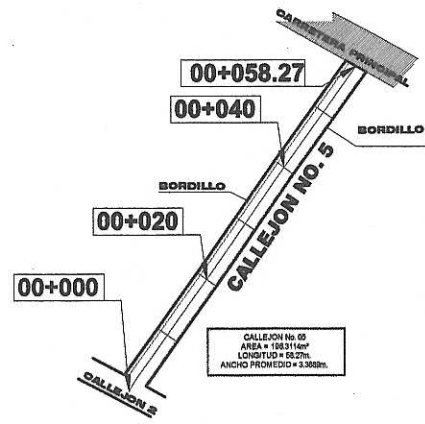
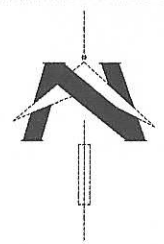
PERFIL CALLEJON 03.
ESC. VER.: 1/200.
ESC. HOR.: 1/1000.



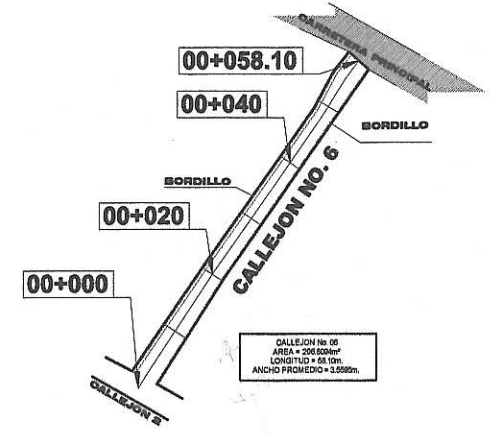
PERFIL CALLEJON 04.
ESC. VER.: 1/200.
ESC. HOR.: 1/1000.



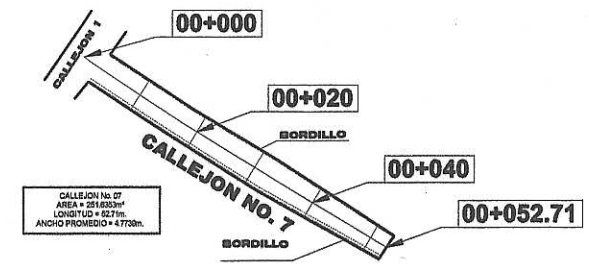
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	EPS-FUSAC QUATEMALA, NOVIEMBRE DEL 2013	ESCALA: INDICADA
MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA EPBISTA: CÉSAR AUGUSTO KEVIN CALDERÓN MARROQUÍN	PROYECTO: PAVIMENTACIÓN DEL SECTOR 6, ALDEA EL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA, DEL DEPARTAMENTO DE GUATEMALA	
CONTENIDO: PLANTA Y PERFIL GENERAL CALLEJONES 01, 02, 03 Y 04	DISEÑO: INGENIERO CÉSAR AUGUSTO KEVIN CALDERÓN MARROQUÍN CALLEJON	HOJA DE: <input checked="" type="checkbox"/> 1 <input checked="" type="checkbox"/> 2 <input checked="" type="checkbox"/> 3 <input checked="" type="checkbox"/> 4 <input checked="" type="checkbox"/> 5 <input checked="" type="checkbox"/> 6
V.B. ING. ANGELO ROBERTO EC GARCIA SUPERVISOR DE E.P.S.		HOJA No: 4/6



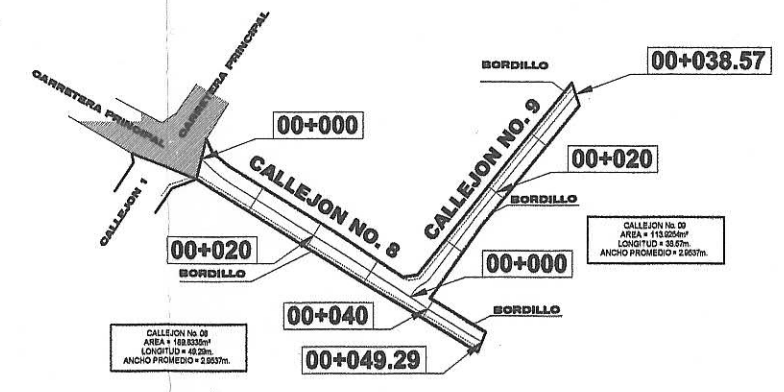
PLANTA CALLEJON 05.
ESCALA: 1/500.



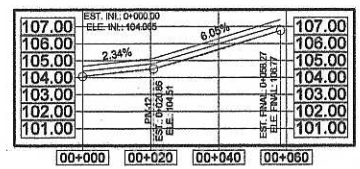
PLANTA CALLEJON 06.
ESCALA: 1/500.



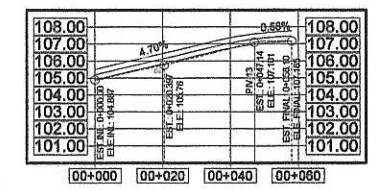
PLANTA CALLEJON 07.
ESCALA: 1/500.



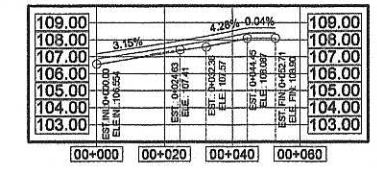
PLANTA CALLEJON 08 & 09.
ESCALA: 1/500.



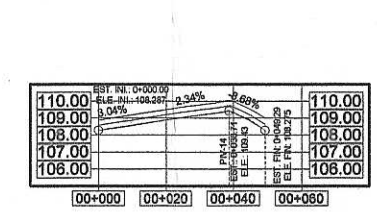
PERFIL CALLEJON 05.
ESC. VERTICAL: 1/200.
ESC. HORIZONTAL: 1/1000.



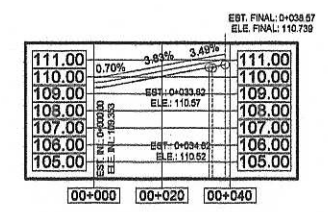
PERFIL CALLEJON 06.
ESC. VERTICAL: 1/200.
ESC. HORIZONTAL: 1/1000.



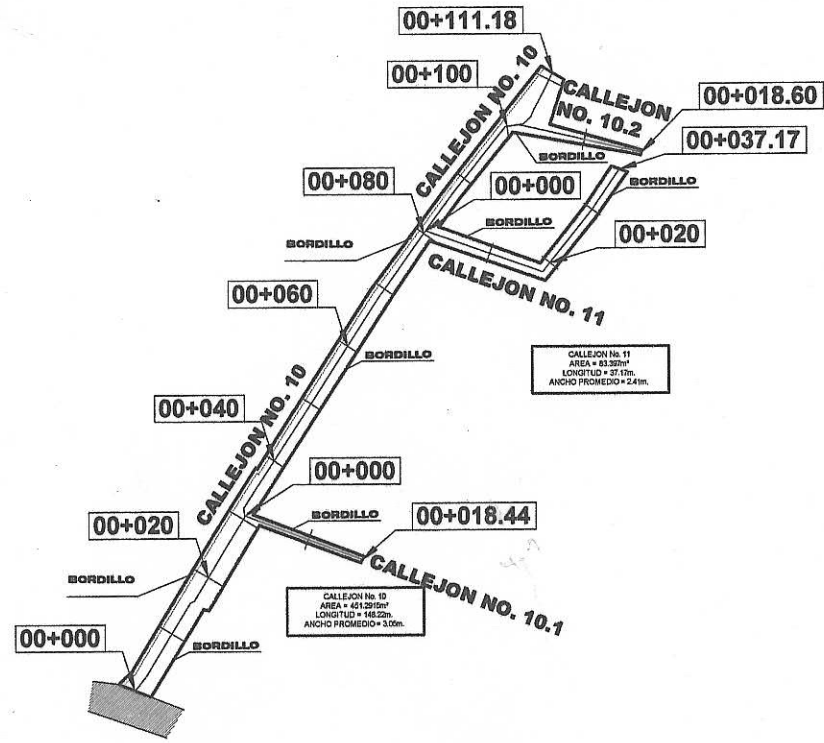
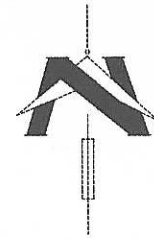
PERFIL CALLEJON 07.
ESC. VERTICAL: 1/200.
ESC. HORIZONTAL: 1/1000.



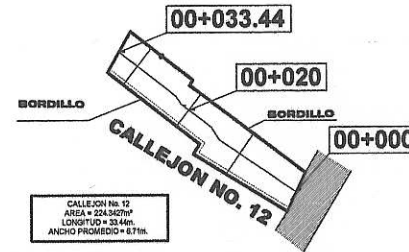
PERFIL CALLEJON 08 & 09.
ESC. VERTICAL: 1/200.
ESC. HORIZONTAL: 1/1000.



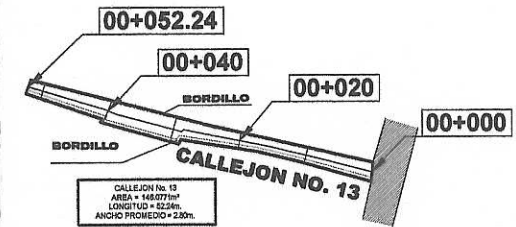
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	EPS-FIRAC FECHA: GUATEMALA, NOVIEMBRE DEL 2015	ESCALA: INDICADA
MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA PRESIDENTA: CESAR AUGUSTO KEVIN CALDERON MARRUQUIN	PROYECTO: PRIVATIZACION DEL SECTOR 6, ALDEA EL CARMEN SANTA CATARINA PINULA DEL DEPARTAMENTO DE GUATEMALA	
CONTENIDO: PLANTA Y PERFIL GENERAL CALLEJONES 05, 06, 07, 08 & 09	DISEÑO: CESAR AUGUSTO KEVIN CALDERON MARRUQUIN CALCULO:	
V.O. ING. ANDRÉS ROBERTO DE GARCÍA SUPERVISOR DE E.P.S.	HOJA DE: <input checked="" type="checkbox"/> 1 HOJA No: 5/6	



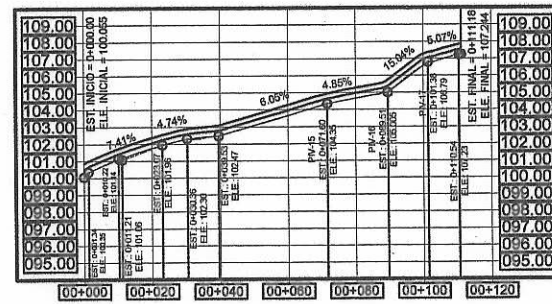
PLANTA CALLEJONES 10, 10.1 & 10.2
ESCALA: 1/500.



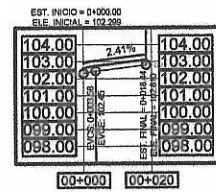
PLANTA CALLEJON NO. 12
ESCALA: 1/500.



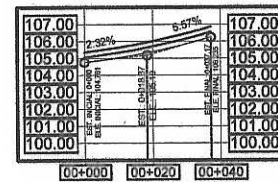
PLANTA CALLEJON NO. 13
ESCALA: 1/500.



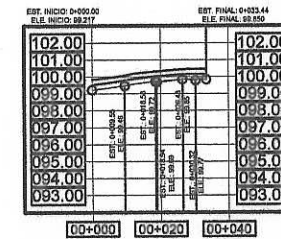
PERFIL CALLEJON 10.
ESC. VERTICAL: 1/200.
ESC. HORIZONTAL: 1/1000.



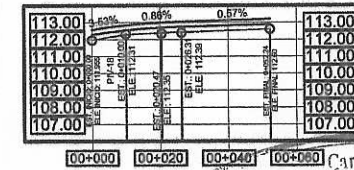
PERFIL CALLEJON 10.1
ESC. VER.: 1/200.
ESC. HOR.: 1/1000.



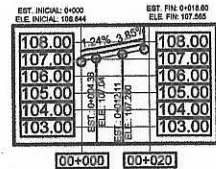
PERFIL CALLEJON 11
ESC. VER.: 1/200.
ESC. HOR.: 1/1000.



PERFIL CALLEJON 12
ESC. VER.: 1/200.
ESC. HOR.: 1/1000.



PERFIL CALLEJON 13
ESC. VER.: 1/200.
ESC. HOR.: 1/1000.



PERFIL CALLEJON 10.2
ESC. VER.: 1/200.
ESC. HOR.: 1/1000.

Carlos de Guatemala
EPS
Facultad de Ingeniería

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	EPS-PIUSAC ESCALA: INDICADA PDSMA GUATEMALA, NOVIEMBRE DEL 2013
MUNICIPALIDAD DE SANTA CATERINA PINULA PRESIDENTA: CESAR ALJUSTO KEVIN CALDERON MARRCGLIN	PROYECTO: PARMETERIZACION DEL SECTOR 6, ALDEA EL CARIEN SANTA CATERINA PINULA DEL DEPARTAMENTO DE GUATEMALA
CONTENIDO: PLANTA Y PERFIL GENERAL CALLEJONES 10, 10.1, 10.2, 11, 12 & 13	DISEÑO: CESAR ALJUSTO KEVIN CALDERON MARRCGLIN CALDULO
No. de. ING.: ANSEL ROBERTO ESCARCIA SUPERVISOR DE E.P.S.	HOJA DE: <input checked="" type="checkbox"/> 1 HOJA No: 6/6