



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

**DISEÑO DE UN EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA LA ESCUELA PRIMARIA
No. 595 EN LA COLONIA VILLALOBOS I, ZONA 12 DE VILLA NUEVA,
GUATEMALA**

Barbara Gabriela Maldonado Gatica

Asesorado por la Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto

Guatemala, marzo de 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE UN EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA LA ESCUELA PRIMARIA
No. 595 EN LA COLONIA VILLALOBOS I, ZONA 12 DE VILLA NUEVA,
GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

BARBARA GABRIELA MALDONADO GATICA

ASESORADO POR LA INGA. CHRISTA DEL ROSARIO CLASSON DE PINTO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA CIVIL

GUATEMALA, MARZO DE 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Oscar Humberto Galicia Nuñez
VOCAL V	Br. Carlos Enrique Gómez Donis
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
EXAMINADORA	Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto
EXAMINADORA	Inga. Mayra Rebeca García Soria de Sierra
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**DISEÑO DE UN EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA LA ESCUELA PRIMARIA
No. 595 EN LA COLONIA VILLALOBOS I, ZONA 12 DE VILLA NUEVA,
GUATEMALA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 11 de mayo de 2016.



Barbara Gabriela Maldonado Gatica



Guatemala, 30 de octubre de 2017

Ref.EPS.DOC.760.10.17

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

Estimado Ingeniero Montenegro Franco:

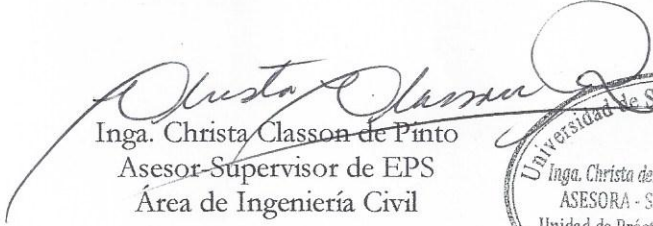
Por este medio atentamente le informo que como Asesora-Supervisora de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), de la estudiante universitaria **Barbara Gabriela Maldonado Gatica**, Registro Académico 201113773 y CUI 2137 66582 0101, de la Carrera de Ingeniería Civil, procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **DISEÑO DE UN EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA LA ESCUELA PRIMARIA No. 595 EN LA COLONIA VILLALOBOS I, ZONA 12 DE VILLA NUEVA, 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"


Inga. Christa Classon de Pinto
Asesor-Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Civil



c.c. Archivo
CCdP/ra



Guatemala,
19 de febrero de 2018

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


Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación DISEÑO DE UN EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA LA ESCUELA PRIMARIA No. 595 EN LA COLONIA VILLALOBOS I, ZONA 12 DE VILLA NUEVA, GUATEMALA desarrollado por la estudiante de Ingeniería Civil Barbara Gabriela Maldonado Gatica, con Registro Estudiantil No. 201113773, quien contó con la asesoría de la Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto.

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

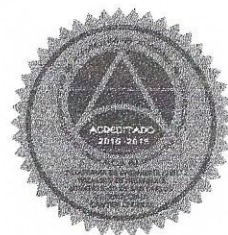


Ing. Ronald Estuardo Galindo Cabrera
Jefe del Departamento de Estructuras



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
ESTRUCTURAS
USAC

/mrrm.





Guatemala, 23 de febrero de 2018
REF.EPS.D.68.02.18

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

Estimado Ingeniero Montenegro Franco:

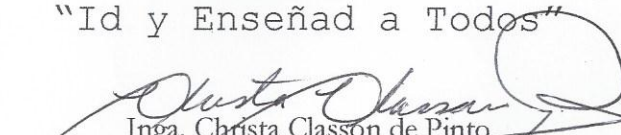
Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **DISEÑO DE UN EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA LA ESCUELA PRIMARIA No. 595 EN LA COLONIA VILLALOBOS I, ZONA 12 DE VILLA NUEVA, GUATEMALA**, que fue desarrollado por la estudiante universitaria **Barbara Gabriela Maldonado Gatica, Registro Académico 201113773 y CUI 2137 66582 0101**, quien fue debidamente asesorada y supervisada por la Inga. Christa Classon de Pinto.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo como Asesora-Supervisora, y Directora apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

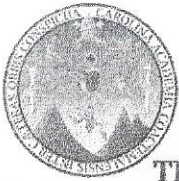
Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


Inga. Christa Classon de Pinto
Directora Unidad de EPS



CCdP/ra



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA

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

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen de la Asesora y de la Coordinadora de E.P.S. Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto, al trabajo de graduación de la estudiante Bárbara Gabriela Maldonado Gatica titulado **DISEÑO DE UN EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA LA ESCUELA PRIMARIA No. 595 EN LA COLONIA VILLALOBOS I, ZONA 12 DE VILLA NUEVA, GUATEMALA** da por éste medio su aprobación a dicho trabajo.

Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, marzo 2018

/mrrm.

Mas de 137 años de Trabajo y Mejora Continua





El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE UN EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA LA ESCUELA PRIMARIA No. 595 EN LA COLONIA VILLALOBOS I, ZONA 12 DE VILLA NUEVA, GUATEMALA,** presentado por la estudiante universitaria: **Barbara Gabriela Maldonado Gatica,** y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano

Guatemala, marzo de 2018

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

Mis padres

César Eduardo Maldonado Letona y Lilian Aracely Gatica Palma, por el apoyo, amor y confianza que tienen en mí.

Mis hermanos

Mario Enrique Maldonado Gatica y Eduardo José Maldonado Gatica, por su apoyo incondicional.

Mi sobrino

César Alejandro Maldonado Marroquin, por formar parte de mi vida.

Mi abuela

Sara de Jesús Palma (q. e. p. d.), porque sé que estaría orgullosa.

AGRADECIMIENTOS A:

- Mis padres** Por obsequiarme su confianza absoluta, y ser por quienes deseo superar cualquier obstáculo en la vida.
- Mis hermanos** Por sus enseñanzas y consejos.
- Mi familia** En especial a Rocío Aguilar y Yesenia Marroquin.
- Familia Chojolán Duarte** En especial a Norma y Brenda Chojolán, por siempre brindarme su apoyo en cualquier situación.
- Mis amigos** Celeste Sánchez, Dulce Pérez, Margoth Cuque, Faridi Góngora, Julio Álvarez, Paul Monzón, Waldemar Barrios, Darwin Morales, por permitirme compartir momentos y experiencias de su vida.
- Mi asesora** Inga. Christa Classon de Pinto, por sus consejos, tiempo y asesoría durante el desarrollo del EPS.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XV
GLOSARIO	XIX
RESUMEN.....	XXIII
OBJETIVOS.....	XXV
INTRODUCCIÓN	XXVII
1. FASE DE INVESTIGACIÓN	1
1.1. Monografía del municipio de Villa Nueva, Guatemala	1
1.1.1. Antecedentes.....	1
1.1.2. Ubicación y localización.....	1
1.1.3. Extensión territorial	2
1.1.4. División político-administrativo.....	3
1.1.5. Aspectos topográficos	3
1.1.6. Vías de acceso	4
1.1.7. Clima	5
1.1.8. Población	6
1.1.9. Aspectos económicos.....	6
1.2. Servicios públicos.....	7
1.2.1. Educación.....	7
1.2.2. Comunicación	8
1.2.3. Salud	9
1.3. Diagnósticos sobre necesidades de servicios básicos e infraestructura del municipio de Villa Nueva.....	10

1.3.1.	Descripción de las necesidades	10
1.3.2.	Evaluación y priorización de necesidades.....	11
2.	FASE DE SERVICIO TÉCNICO Y PROFESIONAL.....	13
2.1.	Diseño de un edificio de dos niveles para la Escuela Primaria No. 595 en la colonia Villalobos I, zona 12 de Villa Nueva, Guatemala.....	13
2.1.1.	Descripción del proyecto y criterios de diseño	13
2.1.1.1.	Ubicación del terreno	16
2.1.1.2.	Levantamiento topográfico	17
2.1.1.3.	Estudio de suelos	18
2.1.1.3.1.	Estratigrafía del suelo ...	19
2.1.1.3.2.	Determinación del valor soporte del suelo	19
2.1.1.4.	Diseño arquitectónico.....	22
2.1.1.4.1.	Distribución de ambientes.....	22
2.1.1.4.2.	Altura del edificio.....	22
2.1.1.4.3.	Sistema estructural a utilizar.....	23
2.1.2.	Análisis estructural	23
2.1.2.1.	Predimensionamiento estructural	23
2.1.2.1.1.	Predimensionamiento de vigas.....	26
2.1.2.1.2.	Predimensionamiento de losas.....	27
2.1.2.1.3.	Predimensionamiento de columnas.....	29

2.1.2.1.4.	Predimensionamiento de cimientos	36
2.1.2.2.	Modelos matemáticos para marcos dúctiles	38
2.1.2.3.	Integración de cargas por AGIES NSE-2010	41
2.1.2.3.1.	Cargas verticales.....	41
2.1.2.3.2.	Cargas horizontales.....	57
2.1.2.4.	Control de desplazamientos y derivas	94
2.1.2.4.1.	Espaciamiento en junta sísmica.....	95
2.1.2.5.	Análisis de marcos dúctiles por método numérico (Kani)	96
2.1.2.5.1.	Análisis de marco típico con Kani, carga muerta	101
2.1.2.5.2.	Análisis de marco típico con Kani, carga viva.....	103
2.1.2.5.3.	Análisis de marco típico con Kani, carga de sismo	106
2.1.2.6.	Análisis de marcos dúctiles con Etabs	108
2.1.2.6.1.	Análisis de marco típico con Etabs, carga muerta	108

2.1.2.6.2.	Análisis de marco típico con Etabs, carga viva.....	110
2.1.2.6.3.	Análisis de marco típico con Etabs, carga de sismo.....	111
2.1.2.7.	Comparación de resultados del análisis de marcos dúctiles entre Etabs y Kani	112
2.1.2.8.	Momentos últimos por envolvente de momentos.....	113
2.1.2.8.1.	Envolvente de momentos	114
2.1.2.9.	Cortante en marcos dúctiles.....	117
2.1.2.9.1.	Cortante último en vigas de los marcos C 4.....	118
2.1.2.9.2.	Cortante último en columnas de los marcos C 4.....	121
2.1.3.	Diseño estructural	123
2.1.3.1.	Diseño de losas.....	123
2.1.3.2.	Diseño de vigas.....	141
2.1.3.3.	Diseño de columna.....	151
2.1.3.4.	Diseño de cimentación	171
2.1.3.4.1.	Zapata aislada concéntrica Z-1	171
2.1.3.4.2.	Zapata aislada excéntrica Z-2	184

	2.1.3.4.3.	Cimiento corrido	199
	2.1.3.4.4.	Muros	201
	2.1.3.5.	Módulo de gradas	201
	2.1.3.6.	Rampa	208
2.1.4.		Instalaciones.....	213
	2.1.4.1.	Instalaciones eléctricas.....	213
	2.1.4.2.	Instalaciones sanitarias (drenajes)	215
	2.1.4.3.	Instalaciones pluviales (BAP)	216
	2.1.4.4.	Instalaciones hidráulicas.....	216
	2.1.4.5.	Instalaciones especiales.....	217
2.1.5.		Planos constructivos.....	217
2.1.6.		Presupuesto del proyecto	218
2.1.7.		Cronograma de ejecución.....	220
2.1.8.		Evaluación de impacto ambiental	221
2.1.9.		Evaluación socioeconómica.....	223
	2.1.9.1.	Valor presente neto (VPN).....	223
	2.1.9.2.	Tasa interna de retorno (TIR)	223
CONCLUSIONES			225
RECOMENDACIONES			227
BIBLIOGRAFÍA.....			229
APÉNDICES			231
ANEXOS			233

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Ubicación y localización del municipio de Villa Nueva	2
2.	Planta amueblada del primer nivel, módulo 1	14
3.	Planta amueblada del segundo nivel, módulo 1	15
4.	Planta amueblada del primer nivel, módulo 2	15
5.	Planta amueblada del segundo nivel, módulo 2	16
6.	Ubicación y coordenadas del terreno	17
7.	Planta para predimensionamiento, primer nivel, módulo 1	24
8.	Planta para predimensionamiento, segundo nivel, módulo 1	24
9.	Planta para predimensionamiento, primer nivel, módulo 2	25
10.	Planta para predimensionamiento, segundo nivel, módulo 2	25
11.	Sección transversal de viga principal T-1, módulo 1	27
12.	Área tributaria de una columna	31
13.	Planta de área tributaria de columna crítica, módulo 1	31
14.	Sección transversal de columna, módulo 1	36
15.	Carga axial transmitida a la zapata	37
16.	Planta típica primer nivel, módulo 1	39
17.	Planta típica segundo nivel, módulo 1	39
18.	Elevación marco típico sentido X, módulo 1	40
19.	Elevación marco típico sentido Y, módulo 1	40
20.	Áreas tributarias para el marco 4, ambos niveles, módulo 1	44
21.	Áreas tributarias para el marco C, ambos niveles, módulo 1	45
22.	Cargas verticales en marco 4, sentido Y, módulo 1	51

23.	Cargas verticales en marco C, sentido X, módulo 1	57
24.	Peso sísmico por nivel (teórica de medios niveles)	59
25.	Espectro de respuesta	73
26.	Idealización del cortante basal.....	75
27.	Ubicación de CM y CR del segundo nivel, módulo 1.....	84
28.	Ubicación de CM y CR del primer nivel, módulo 1	84
29.	Fuerzas horizontales en el marco C, módulo 1	93
30.	Fuerzas horizontales en el marco 4, módulo 1	93
31.	Derivas últimas máximas admisibles $\Delta U_{m\acute{a}x}$	94
32.	Separación entre edificios adyacentes según RCDF.....	95
33.	Momentos Cm en vigas del marco C, sentido X, kg – m	101
34.	Momentos Cm en columnas del marco C, sentido X, kg – m	102
35.	Momentos Cm en vigas del marco 4, sentido Y, kg – m	102
36.	Momentos Cm en columnas del marco 4, sentido Y, kg – m	103
37.	Momentos Cv en vigas del marco C, sentido X, kg – m	104
38.	Momentos Cv en columnas del marco C, sentido X, kg – m	104
39.	Momentos Cv en vigas del marco 4, sentido Y, kg – m	105
40.	Momentos Cv en columnas del marco 4, sentido Y, kg – m	105
41.	Momentos Cs en vigas del marco C, sentido X, kg – m	106
42.	Momentos Cs en columnas del marco C, sentido X, kg – m	107
43.	Momentos Cs en vigas del marco 4, sentido Y, kg – m	107
44.	Momentos Cs en columnas del marco 4, sentido Y, kg – m	108
45.	Momentos Cm del marco C, sentido X, kg – m Etabs 2016	109
46.	Momentos Cm del marco 4, sentido Y, kg – m Etabs 2016.....	109
47.	Momentos Cv del marco C, sentido X, kg – m Etabs 2016	110
48.	Momentos Cv del marco 4, sentido Y, kg – m Etabs 2016.....	111
49.	Momentos Cs del marco C, sentido X, kg – m Etabs 2016.....	111
50.	Momentos Cs del marco 4, sentido Y, kg – m Etabs 2016	112
51.	Cargas actuantes en vigas	117

52.	Diagrama de corte último en vigas del marco C, sentido X.....	119
53.	Diagrama de corte último en vigas del marco 4, sentido Y	120
54.	Diagrama de corte último en columnas del marco C, sentido X.....	121
55.	Diagrama de corte último en columnas del marco 4, sentido Y	122
56.	Planta típica de distribución de losas ambos niveles, módulo 1.....	124
57.	Casos de continuidad en losas	124
58.	Momentos actuantes balanceados para las losas del segundo nivel, módulo 1	135
59.	Momentos actuantes balanceados para las losas del primer nivel, módulo 1	136
60.	Detalle de armado de losa típica	141
61.	Diagrama de momentos y cortes últimos de la viga principal T-1-D ..	142
62.	Diagrama de corte actuante y resiste por el concreto	147
63.	Detalle de armado de viga principal T-1-D	150
64.	Diagrama sentido X-X y Y-Y para cálculo de esbeltez en columna ...	157
65.	Detalle de armado de columna típica C-1	170
66.	Carga y momentos de trabajo sobre la zapata.....	173
67.	Corte simple en la zapata.....	177
68.	Corte punzonante en la zapata concéntrica	179
69.	Momento flector último sobre la zapata.....	181
70.	Detalle de armado de zapata concéntrica Z-1.....	183
71.	Carga y momentos de trabajo sobre la zapata excéntrica	186
72.	Esfuerzos en el suelo debido a una columna excéntrica.....	187
73.	Diagrama de zapata excéntrica.....	188
74.	Corte punzonante en la zapata excéntrica	194
75.	Detalle de armado de zapata excéntrica Z-2.....	198
76.	Detalle de cimiento corrido	200
77.	Módulo de gradas	208

TABLAS

I.	Cantidad de establecimientos educativos en Villa Nueva	8
II.	Parámetros obtenidos del ensayo de corte directo	18
III.	Parámetros obtenidos del ensayo de corte directo	21
IV.	Predimensionamiento de vigas principales y secundarias	27
V.	Espesor mínimo de vigas o losas en un sentido	28
VI.	Predimensionamiento de losa crítica	29
VII.	Integración de carga muerta sobre columna	34
VIII.	Integración de carga viva sobre columna	35
IX.	Cargas vivas de uso frecuente AGIES NSE 2-10	41
X.	Cargas vivas para diseño	43
XI.	Cargas muertas para diseño	43
XII.	Integración de cargas muertas, marco 4, segundo nivel, módulo 1	46
XIII.	Integración de cargas vivas, marco 4 segundo nivel, módulo 1	47
XIV.	Cargas vivas y cargas muertas en el marco 4, segundo nivel, módulo 1	48
XV.	Integración de cargas muertas, marco 4, primer nivel, módulo 1	49
XVI.	Integración de cargas vivas, marco 4, primer nivel, módulo 1	50
XVII.	Cargas vivas y muertas en el marco 4, primer nivel, módulo 1	51
XVIII.	Integración de cargas muertas, marco C, segundo nivel, módulo 1	52
XIX.	Integración de cargas vivas, marco C, segundo nivel, módulo 1	53
XX.	Cargas vivas y cargas muertas en el marco C, segundo nivel, módulo 1	54
XXI.	Integración de cargas muertas marco C, primer nivel, módulo 1	54
XXII.	Integración de cargas vivas marco C, primer nivel, módulo 1	55
XXIII.	Cargas vivas y cargas muertas en el marco C, primer nivel, módulo 1	56
XXIV.	Peso unitario de elementos estructurales	60

XXV.	Peso sísmico carga muerta, módulo 1	60
XXVI.	Peso sísmico carga viva, Módulo 1	61
XXVII.	Peso sísmico efectivo total.....	62
XXVIII.	Índice de sismicidad por municipio.....	62
XXIX.	Categoría ocupacional de obra	63
XXX.	Nivel mínimo de protección sísmica y probabilidad del sismo de diseño.....	64
XXXI.	Clasificación de los sistemas estructurales	64
XXXII.	Guía para clasificación de sitio.....	66
XXXIII.	Clasificación de tipo de fuente sísmica	66
XXXIV.	Coeficientes de sitio F_a y F_v	68
XXXV.	Factores para períodos de vibración N_a y N_v	68
XXXVI.	Factores de escala.....	69
XXXVII.	Resumen de factores para el análisis sísmico de la estructura	72
XXXVIII.	Espectro de respuesta	73
XXXIX.	Distribución de cortante basal (V_b) por nivel	75
XL.	Centro de rigidez en sentido X, módulo 1	79
XLI.	Centro de rigidez en sentido Y, módulo 1	80
XLII.	Resumen centro de rigidez, módulo 1	80
XLIII.	Integración de cargas para centro de masa, segundo nivel	82
XLIV.	Integración de cargas para centro de masa, primer nivel.....	83
XLV.	Resumen centro de masa, módulo 1.....	83
XLVI.	Resumen excentricidad directa, módulo 1	86
XLVII.	Resumen excentricidad accidental, módulo 1	87
XLVIII.	Resumen excentricidades del módulo 1.....	88
XLIX.	Fuerza cortante por nivel y sentido, módulo 1.....	90
L.	Fuerza por marcos en sentido X, segundo nivel, módulo 1.....	90
LI.	Fuerza por marcos en sentido X, primer nivel, módulo 1	91

LII.	Fuerza por marcos en sentido Y, segundo nivel, módulo 1	91
LIII.	Fuerza por marcos en sentido, Y primer nivel, módulo 1	92
LIV.	Fuerzas horizontales por marco en sentido X, módulo 1	92
LV.	Fuerzas horizontales por marco en sentido Y, módulo 1	93
LVI.	Comparación de resultados entre Etabs y Kani en la viga del tramo A-B del segundo nivel del marco 4, sentido Y	113
LVII.	Combinaciones de carga según AGIES.....	114
LVIII.	Envolvente de momentos, vigas del marco C, sentido X.....	114
LIX.	Envolvente de momentos, columnas del marco C, sentido X	115
LX.	Envolvente de momentos, vigas del marco 4, sentido Y.....	115
LXI.	Envolvente de momentos, columnas del marco 4, sentido Y.....	116
LXII.	Cortante último en las vigas del marco C, sentido X.....	119
LXIII.	Cortante último en las vigas del marco 4, sentido Y	120
LXIV.	Cortante último en las columnas del marco C, sentido X.....	121
LXV.	Cortante último en las columnas del marco 4, sentido Y	122
LXVI.	Valores para la integración de cargas para losas	126
LXVII.	Momentos positivo y negativos para las losas del segundo nivel, módulo 1	129
LXVIII.	Momentos positivo y negativos para las losas del primer nivel, módulo 1	130
LXIX.	Balance de momentos en las losas del segundo nivel sentido Y, módulo 1	131
LXX.	Balance de momentos en las losas del primer nivel sentido Y, módulo 1	132
LXXI.	Balance de momentos en las losas del segundo nivel sentido X, módulo 1	133
LXXII.	Balance de momentos en las losas del primer nivel sentido X, módulo 1	134

LXXIII.	Áreas de acero y espaciamiento para cada momento en losas, módulo 1	139
LXXIV.	Áreas de acero para los momentos actuantes en la viga del tramo 4-6 del primer nivel del marco C	145
LXXV.	Datos para el diseño de columna.....	151
LXXVI.	Calculo de esbeltez de la columna sentido X-X y Y-Y.....	157
LXXVII.	Datos para el diseño de zapata aislada concéntrica Z-1.....	172
LXXVIII.	Datos para el diseño de zapata aislada excéntrica Z-2.....	185
LXXIX.	Niveles de iluminación para un edificio escolar.....	214
LXXX.	Intensidad en amperios para los conductores, según calibre.....	215
LXXXI.	Presupuesto del edificio escolar de dos niveles para la escuela primaria No. 595 en la colonia Villalobos I	218
LXXXII.	Cronograma físico-financiero del edificio escolar de dos niveles para la escuela primaria No. 595 en la colonia Villalobos I	220

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
A	Área de una superficie
h	Altura de la sección transversal del elemento
hi	Altura de nivel medida desde la base de la estructura
ϕ	Ángulo de fricción interna del suelo
As	Área de acero de refuerzo
As máx	Área de acero máxima
As mín	Área de acero mínimo
As temp	Área de acero por temperatura
Av	Área de la varilla de acero
Az	Área de la zapata
A trib	Área de tributación
Ag	Área gruesa de un elemento
b	Base de la sección transversal del elemento
Pu	Carga axial
CS	Carga de sismo
Cm	Carga muerta
Cu	Carga última total de diseño
Cv	Carga viva
cm	Centímetro
CMx, CMy	Centro de masa en el sentido indicado
CRx, CRy	Centro de rigidez en el sentido indicado
Cs	Coeficiente sísmico de diseño
C	Cohesión

H%	Contenido de humedad del suelo
Fi	Cortante de cedencia por nivel
Vb	Cortante estático equivalente al límite de cedencia
Vc	Corte máximo resistente del concreto
Vu	Corte último
ρ bal	Cuantía de acero balanceada
ρ máx	Cuantía de acero máxima
ρ mín	Cuantía de acero mínima
Df	Desplante de cimentación
D	Diámetro de la varilla de acero
E	Esbeltez
v act	Esfuerzo cortante actuante
vr	Esfuerzo cortante permisible que resiste el concreto
S	Espaciamiento
S máx	Espaciamiento máximo
t	Espesor del elemento
e diseño	Excentricidad de diseño o accidental
e directa	Excentricidad directa o real
v	Factor de corrimiento o de ladeo
μ	Factor de giro o coeficiente de reparto
kp	Factor de longitud efectiva de pandeo
Fs	Factor de seguridad
Nq, Nc, Ny	Factores de carga para fórmula de Terzaghi
FCU	Factor de carga última
Vs	Fuerza cortante por sismo
Vt	Fuerza cortante por torsión
I	Inercia
Kg	Kilogramo
Lo	Longitud de confinamiento

Ln	Luz libre del elemento
m	Metro
Ec	Módulo de elasticidad del concreto
Es	Módulo de elasticidad del acero
G	Módulo de rigidez del concreto
M	Momento
Mp	Momento de piso
d	Peralte efectivo
Ta	Período fundamental de vibración
W	Peso
γ_c	Peso específico del concreto
γ_s	Peso específico del suelo
Pp	Peso propio del elemento estructural
Ws	Peso sísmico efectivo de la edificación
Ws i	Peso sísmico por nivel
Ei	Relación entre rigideces y brazo de cada marco
f'c	Resistencia a la compresión del concreto
fy	Resistencia a la fluencia del acero
K	Rigidez
km	Rigidez del marco en análisis
Ton	Tonelada métrica
qd	Valor de esfuerzo límite
V suelo	Valor soporte admisible del suelo

GLOSARIO

Acero mínimo	Cantidad de acero que es determinada por el límite de fluencia del acero y la sección del elemento, necesaria para evitar grietas por expansión o contracción por temperatura en el concreto.
ACI 318S-11	Instituto Americano del Concreto (siglas en inglés). Comité 318: reglamento estructural para edificaciones, edición en español, año 2011.
AGIES	Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica.
Carga muerta	Peso que se mantiene constante en magnitud y posición durante la vida de la estructura.
Carga viva	Peso variable; su magnitud y distribución depende del uso y la ocupación de la estructura; sus máximas intensidades a lo largo de la vida de la edificación no se conocen con precisión.
Columna esbelta	Columna cuyas dimensiones de su sección transversal son pequeñas en comparación con su longitud; evento que provoca la reducción de su resistencia. Elemento sujeto a compresión axial o a flexocompresión.

Corte basal	Carga inducida para reemplazar el efecto del sismo en una edificación por fuerzas laterales equivalentes que actúan en la base de la estructura.
Desplante de cimentación	Profundidad de la cimentación respecto de la superficie del terreno.
Estribo	Refuerzo transversal empleado para absorber los esfuerzos de corte a los que está sometido un elemento estructural.
ETABS	Software utilizado para el dimensionamiento, análisis y diseño estructural de edificaciones y naves industriales.
Excentricidad	Es la distancia que separa al centro de masa del centro de rigidez; produce esfuerzos adicionales por torsión en la estructura.
Fluencia	Capacidad de un material de resistir esfuerzos debido a cargas de tensión o compresión; presenta deformaciones uniformes para luego regresar a su estado original posterior a la aplicación de la carga.
Iteración	Repetición de una secuencia de funciones basadas en instrucciones o eventos hasta obtener un dato certero.

Losa	Parte plana superior de un piso de concreto reforzado soportada por viguetas, vigas o columnas. Posee un espesor uniforme.
Longitud de desarrollo	Es la mínima medida longitudinal de una varilla de acero anclada al concreto, para evitar que se produzca una falla por adherencia.
Momento	Esfuerzo al que está sometido un cuerpo y es el resultado de la aplicación de una fuerza a cierta distancia de su centro de masa.
Ocupación	Uso para el cual se destina una edificación o estructura.
Peralte efectivo	Distancia medida desde la fibra extrema a compresión hasta el centroide del refuerzo sujeto a tensión.
Peso propio	Peso del elemento estructural, integrado por el conjunto de materiales que lo constituyen.
Predimensionar	Procedimiento previo al cálculo del análisis estructural. Estima las medidas de los elementos que integrarán una estructura.
Punzonamiento	Efecto producido por una fuerza que persiste sobre una superficie pequeña, obligando a penetrar en el interior del elemento o la pieza a la que pertenece.

Recubrimiento	Espesor de concreto entre una barra de refuerzo y la cara exterior de la superficie de concreto.
Rigidez	Capacidad de un elemento para no permitir la flexión debido a las cargas.
Solera	Elemento estructural horizontal, que sirve para darle mayor resistencia y confinamiento a un muro, además de resistir los esfuerzos inducidos en este.
Valor soporte	Capacidad del suelo para resistir cargas por unidad de área.

RESUMEN

El siguiente trabajo de graduación presenta el análisis y diseño estructural de las nuevas instalaciones de la escuela primaria No. 595 en la colonia Villalobos I, del municipio de Villa Nueva, las cuales constan de una edificación dividida en dos módulos de dos niveles cada uno. El terreno disponible para el proyecto tiene un área de 3 508,24 m²; la obra gris consta de 1 569,49 m² en total; de los cuales 153,25 m² conforman los servicios sanitarios, 117,80 m² los módulos de gradas y el resto del área está distribuida entre aulas, salón de audiovisuales, auditorium y oficinas administrativas. La edificación es diseñada por el sistema estructural de marcos dúctiles resistentes a momentos de concreto reforzado.

Este trabajo consta de 2 capítulos con las fases de investigación y de servicios técnico-profesional. La fase de investigación presenta todo lo relacionado a la monografía del lugar; además, el diagnóstico, evaluación y la priorización de las necesidades de la comunidad del municipio. La fase de servicio técnico-profesional la integran el estudio de suelos, diseño arquitectónico, predimensionamiento, análisis y diseño estructural de los elementos de la edificación.

El proyecto se diseñó tomando en cuenta las consideraciones sísmicas vigentes, estipuladas en las normas NSE 2010 del AGIES y el código ACI 318S-11.

OBJETIVOS

General

Realizar el análisis y diseño estructural del edificio de dos niveles para las nuevas instalaciones de la escuela primaria No. 595, ubicada en la colonia Villalobos I, zona 12 de Villa Nueva, Guatemala.

Específicos

1. Diseñar un edificio sismoresistente con las solicitaciones requeridas por el entorno físico y uso ocupacional que se le dará a la estructura, según los lineamientos de las normas del AGIES y del código ACI 318S-11.
2. Desarrollar una investigación de tipo monográfica y un diagnóstico sobre las necesidades de servicios básicos e infraestructura que servirán para el análisis de priorización de necesidades de la colonia Villalobos I, Villa Nueva.
3. Proveer a las autoridades municipales de Villa Nueva los planos, su presupuesto y cronograma necesario para ejecutar el proyecto.

INTRODUCCIÓN

Tras el ejercicio profesional supervisado, realizado en el municipio de Villa Nueva, se presenta el análisis y diseño estructural del proyecto *Diseño de un edificio de dos niveles para la escuela primaria no. 595 en la colonia Villalobos I, zona 12 de Villa Nueva, Guatemala.*

Como proceso complementario del desarrollo del ejercicio profesional supervisado (EPS), se realizó un diagnóstico comunitario en el que se analizaron las necesidades de la población atendida y las posibles soluciones al problema. Según las necesidades y la priorización del proyecto de un edificio escolar por parte de las autoridades municipales, se inició con la elaboración del diseño de dicho proyecto.

Esta estructura contiene los ambientes necesarios para el funcionamiento de un plantel educativo; se hace énfasis en el diseño estructural; se consideran dos estructuras independientes, diseñadas por marcos dúctiles, losas planas de concreto reforzado, cimentación con tipos de zapatas asiladas concéntricas y excéntricas. También, se elaboraron los planos, el cronograma y el presupuesto del proyecto.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1. Monografía del municipio de Villa Nueva, Guatemala

1.1.1. Antecedentes

El 17 de abril de 1763 fue fundado el poblado de Villa Nueva, época correspondiente al período hispánico. Por decreto de la Asamblea Nacional Constituyente del Estado de Guatemala, el 8 de noviembre de 1839 se formó el distrito de Amatitlán, en cuyo artículo 1° se mencionó a Villa Nueva como parte de este.

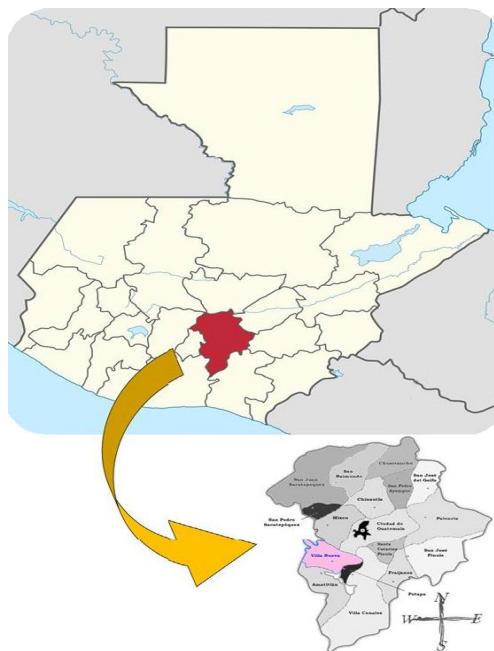
A lo largo de su historia, el distrito de Amatitlán ha sufrió varios cambios; el más significativo fue su ascenso a la categoría de departamento, acontecimiento ocurrido el 8 de mayo de 1866 según el Acuerdo del Organismo Ejecutivo. El 29 de abril de 1935 por medio del Decreto Legislativo No. 2081, el departamento de Amatitlán pierde su categoría como tal; como consecuencia, Villa Nueva, San Miguel Petapa y Villa Canales fueron incorporados al departamento de Guatemala como municipios de este.

1.1.2. Ubicación y localización

Villa Nueva es uno de los 17 municipios que conforman el departamento de Guatemala (ver figura 1); ubicado en la región I o región metropolitana; cuenta con una extensión territorial de 114 km² y se encuentra localizada a 16 kilómetros al sur de la ciudad capital sobre la carretera internacional CA-9.

Su ubicación con respecto a los meridianos y los trópicos corresponde a una latitud de 14°31'32" norte y una longitud de 90° 35'15" oeste del meridiano de Greenwich. Limita al norte con los municipios de Mixco y Guatemala; al sur con el municipio de Amatitlán; al este con el municipio de San Miguel Petapa, todos municipios del departamento de Guatemala; y al oeste con los municipios de Magdalena Milpas Altas, San Lucas Sacatepéquez y Santa Lucía Milpas Altas del departamento de Sacatepéquez.

Figura 1. **Ubicación y localización del municipio de Villa Nueva**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

1.1.3. **Extensión territorial**

El municipio de Villa Nueva tiene una extensión territorial de 114 km² de área total. La Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca del Lago de

Amatitlán (AMSA) estima que el 97 % del territorio de Villa Nueva se encuentra dentro de la cuenca.

1.1.4. División político-administrativo

Para facilitar su administración, Villa Nueva se encuentra dividida de la siguiente forma:

- 1 villa (zona central)
- 5 aldeas
- 11 caseríos
- 16 fincas: Bárcena, Rancho Santa Clara, El Frutal, San Antonio, Villalobos, Santa Catalina (El Zarzal y Guillén), El Paraíso, El Zarzal, San Francisco, Rancho Azul, La Selva, Concepción, Santa Isabel, Roldán, Las Lomas y El Rosario.

En la actualidad, todas las fincas han sido fraccionadas y con desmembraciones, convirtiéndose en más de 300 colonias, fraccionamientos y asentamientos. Algunas de estas colonias son residenciales y cuentan con los servicios básicos; también, se encuentran en Villa Nueva, asentamientos muy saturados poblacionalmente, uno de estos el más grande de Centro América, El Zarzal, el asentamiento Mario Alioto López Sánchez, Mártires del Pueblo y el otro es Ciudad Peronia.

1.1.5. Aspectos topográficos

En el parque central de Villa Nueva está ubicado el monumento o mojón de elevación, colocado por el Instituto Geográfico Nacional (IGN), donde se especifica que ese punto del municipio se encuentra a 1 330,24 metros sobre el nivel del mar.

Este municipio posee accidentes geográficos tales como: depresiones, planicies y montañas. Estas últimas son las más comunes y se encuentran entre estas: El Ventarrón, La Peña, El Sillón, Pueblo Viejo, Cruz Grande y El Chifle.

1.1.6. Vías de acceso

Villa Nueva está catalogado como un municipio privilegiado, en lo que a acceso se refiere, ya que se puede llegar a él por 5 rutas diferentes:

- Mixco - Villa Nueva, al noroccidente, a través del bulevar sur de San Cristóbal.
- Santa Lucía Milpas Altas, Sacatepéquez -Villa Nueva, a través de la ruta departamental GUA-16.
- San Miguel Petapa y Villa Canales - Villa Nueva, a través de la ruta departamental GUA-2.
- Ciudad de Guatemala - Villa Nueva, a través de la calzada Raúl Aguilar Batres y la CA-9 Sur.
- Amatitlán - Villa Nueva, a través de la CA-9 Sur y la ruta departamental GUA-47.

Adicional a estas rutas de acceso, recientemente se inauguró el primer tramo de la carretera Vía Alternativa Sur (VAS), en su primera fase, la cual inicia en Villa Nueva a la altura del kilómetro 21,5 de la CA-9 Sur; cubre 11 kilómetros y finalizando en el kilómetro 24 de San Miguel Petapa.

1.1.7. Clima

Villa Nueva posee varios tipos de clima, debido a la topografía del lugar, , por ejemplo: Bárcena, por su elevación sobre el nivel del mar (1 440 metros) goza de un clima subtropical de tierras altas, es generalmente suave y primaveral a lo largo del año. Por el contrario, en el casco urbano, el clima tiende a ser más caluroso por ausencia de bosques y arboledas, ya que el índice ocupacional es alto.

Según el Departamento de Investigación y Servicios Meteorológicos del Instituto Nacional De Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (Insivumeh), las estaciones climatológicas más cercanas capaces de monitorear los aspectos relacionados al clima del municipio de Villa Nueva, son las estaciones tipo automáticas ubicadas en Amatitlán y San José Pinula. las cuales arrojan los siguientes datos:

- La temperatura en el lugar oscila entre 9,7 °C y de 28,6 °C.
- La temperatura promedio anual es de 22,8 °C.
- La humedad relativa que se presenta en el lugar es 78 %.
- La velocidad promedio del viento en el lugar es de 7,7 kilómetros por hora.
- La presión atmosférica que indica el barómetro es de 641,5 mm.Hg.
- Dependiendo la hora a la que se haga la medición, el punto de rocío varía entre 8 °C y 20 °C.

- La precipitación en el lugar oscila entre 940 y 1 690 milímetros, se presenta en un promedio de 120 días de lluvia al año.

1.1.8. Población

Villa Nueva es el segundo municipio más grande de Guatemala, en cuanto a número poblacional se refiere. Según las proyecciones de población disponibles, basadas en el Censo Nacional XI de Población, del Instituto Nacional de Estadística (INE), estimó una tasa de crecimiento poblacional del 2,5 % para el año 2 016; considera un rango de 800 000 a 1 000 000 de habitantes en Villa Nueva.

Sin embargo, Villa Nueva es considerado un municipio dormitorio; muchos de sus habitantes no se encuentran avecindados en los registros correspondientes. Algunos se encuentran temporalmente dentro del municipio, sobre todo en horas inhábiles.

La religión predominante en Villa Nueva es la católica, siguiéndole la evangélica. En Guatemala existe libertad de cultos.

El idioma predominante es el castellano, aunque en los primeros pobladores de origen indígena, el idioma materno era el Pocomán.

1.1.9. Aspectos económicos

Villa Nueva basa su economía especialmente en la industria con fábricas de distinta naturaleza; el comercio es intenso; la agricultura con cultivos de maíz, frijol, legumbres, hortalizas, habas, achiote y chile; aún se encuentran algunas áreas dedicadas a la ganadería con crianza de bovinos, granjas avícolas y porcinos en menor escala.

Villa Nueva cuenta con más de 300 industrias de diferentes tipos: plásticos, pinturas, textiles, alimentos, químicos, papel, madera, metalúrgicas y otras.

1.2. Servicios públicos

Villa nueva cuenta con los servicios básicos más importantes:

- Agua potable y drenajes.
- Energía eléctrica y alumbrado público.
- Calles asfaltadas.
- Servicio de telefonía.
- Transporte colectivo urbano y extraurbano.
- Centros educativos (colegios, escuelas, institutos, universidades).
- Canchas polideportivas y estadio.
- Estación de bomberos, Comisaría de la Policía Nacional Civil (PNC), Policía Municipal (PM), Policía Municipal de Tránsito (PMT).
- Mercados municipales y centros comerciales.
- Hospitales privados, hospitales regionales y centros de salud.
- Cementerios.
- Entidades bancarias.
- Edificios municipales y gubernamentales (sede del Ministerio Público, Centro de Justicia, Juzgado de Familia).
- Templos religiosos (iglesias católicas y templos evangélicos).

1.2.1. Educación

Por medio de las estadísticas presentadas por el Ministerio de Educación (Mineduc), la Dirección General de Evaluación e Investigación Educativa

(Digeduca) estimó en el año 2014 que la cantidad de estudiantes atendidos a nivel nacional fue de más de 4 millones; mientras que la tasa bruta de escolaridad primaria fue de 63,57 %, en pre-primaria 98,75 %, en básicos 68,43 % y el 38,02 % en diversificado.

El municipio cuenta con escuelas de niveles preprimario, primario, básico y diversificado. Dichos centros funcionan en diferentes jornadas y plan fin de semana. Recientemente, se abrió un campus universitario perteneciente a la Universidad Mariano Gálvez de Guatemala.

La población estudiantil en Villa Nueva es de 85 000 a 100 000 educandos, sin contar con la población estudiantil que emigra a la ciudad capital y a otros municipios para cursar el ciclo escolar. En Villa Nueva se encuentra la Escuela Nacional de Agricultura de Bárcena.

Tabla I. **Cantidad de establecimientos educativos en Villa Nueva**

Nivel educativo	Sector			Total establecimientos
	Oficial	Privado	Cooperativa	
Preprimaria	99	191	0	290
Primaria de niños	97	200	0	297
Primaria de adultos	4	6	0	10
Ciclo básico	36	178	10	224
Ciclo diversificado	15	129	1	145

Fuente: elaboración propia.

1.2.2. **Comunicación**

El municipio de Villa Nueva, por su localización geográfica, cuenta con varias vías de acceso y salida; es un lugar de paso obligado para las personas que se dirigen al suroccidente del país.

Por medio de la Dirección de Infraestructura de la Municipalidad de Villa Nueva, la Unidad Ejecutora de Conservación Vial (Covial) y entidades particulares, se realiza el mantenimiento y mejoramiento de la infraestructura vial existente, así como la construcción de rutas nuevas que coadyuvarán al descongestionamiento vial de dicho municipio.

1.2.3. Salud

Villa Nueva es el segundo municipio más poblado después de la ciudad capital, esto provoca que los desechos sólidos que los habitantes y la industria generan, alcancen las 900 toneladas diarias. De esta cantidad, 35 toneladas de residuos son retiradas de drenajes, cunetas y zanjones; y 30 toneladas de las calles, parques y basureros clandestinos. Esta suma de desechos es alarmante, ya que dicha acumulación provoca focos de contaminación, proliferación de roedores, zancudos y moscas, con las consecuentes enfermedades. Pero cabe mencionar que las autoridades correspondientes, recogen dichos desechos mediante los trenes de limpieza.

Villa Nueva cuenta con centros comunitarios de salud (Cecomsal), los cuales brindan a la población consultas pediátricas, de medicina general para adultos y atención especializada para el adulto mayor.

Además, por medio de la dirección de salud de la municipalidad se administran y planifican jornadas médicas y odontológicas; también, se brindan capacitaciones técnicas en salud, dirigidas a escuelas de enfermería y grupos de comadronas, siendo estas últimas las más inmediatas a prestar primeros auxilios a vecinos del municipio.

Recientemente, a través de un convenio, el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS) y las autoridades municipales, buscan que Villa Nueva sea el primer municipio del área urbana en ser beneficiado con la implementación del programa modelo influyente en salud (MIS). El objetivo de este programa es mejorar la cobertura, atención y calidad de los servicios de salud a través de la comuna y el ministerio, al dar prioridad a los niveles de atención primaria. Para ello se acordó la cooperación y colaboración entre ambas entidades.

1.3. Diagnósticos sobre necesidades de servicios básicos e infraestructura del municipio de Villa Nueva

En el municipio de Villa Nueva existe un alto porcentaje de niños y niñas que no asisten a la escuela de primaria. Cada año el 12 % de los jóvenes abandonan el ciclo escolar debido a varios factores: pobreza, generación de violencia social y familiar, falta de espacios físicos decentes que ayuden al desarrollo educacional y falta de implementos y herramientas necesarias para el proceso de la enseñanza y aprendizaje.

1.3.1. Descripción de las necesidades

La escuela es una de las instituciones sociales más importantes, mucho más reciente que otras, como la familia o el Estado, y completamente necesaria para favorecer la inserción de los niños y las niñas a la sociedad, como adultos responsables y capaces de convivir con otras personas a pesar de las diferencias.

El constante aumento poblacional en Villa Nueva, la actualización a la vida moderna y la búsqueda del pleno desarrollo, exigen que la niñez y los

adolescentes posean una educación digna, completa y de excelencia, tanto en su enseñanza-aprendizaje como en el espacio para desarrollar dichas actividades.

Más del 20 % de las personas que actualmente no tiene trabajo, no han completado el nivel secundario, pero el hecho de terminarlo, no le garantiza al individuo la obtención de una fuente de ingresos económicos. Las personas que han recibido menos estudios son vulnerables al desempleo y a sus consecuencias socioeconómicas.

1.3.2. Evaluación y priorización de necesidades

El crecimiento exponencial de la población no ha sido acompañado de una política de desarrollo que vele por el mantenimiento de la infraestructura educativa existente y genere las condiciones necesarias para la construcción de nuevos espacios destinados a la educación de los niños y jóvenes. Tomando en cuenta que las instalaciones educativas a cargo del Estado reciben donaciones de insumos escolares a través de oenegés, lo recibido no es suficiente para atender las necesidades de la creciente población estudiantil que acude a estos planteles.

Según estadísticas del Mineduc, la población estudiantil en el municipio de Villa Nueva es extensa y la mayoría de instalaciones educativas no cuenta con las condiciones adecuadas para el desarrollo del estudiantado. Lo anterior da la pauta de que es necesario mejorar la infraestructura escolar en calidad y cantidad.

Además, la construcción de un nuevo edificio educativo permitirá prevenir y mitigar las condiciones de riesgo que actualmente viven los estudiantes hacinados en sus planteles.

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO Y PROFESIONAL

2.1. Diseño de un edificio de dos niveles para la Escuela Primaria No. 595 en la colonia Villalobos I, zona 12 de Villa Nueva, Guatemala

2.1.1. Descripción del proyecto y criterios de diseño

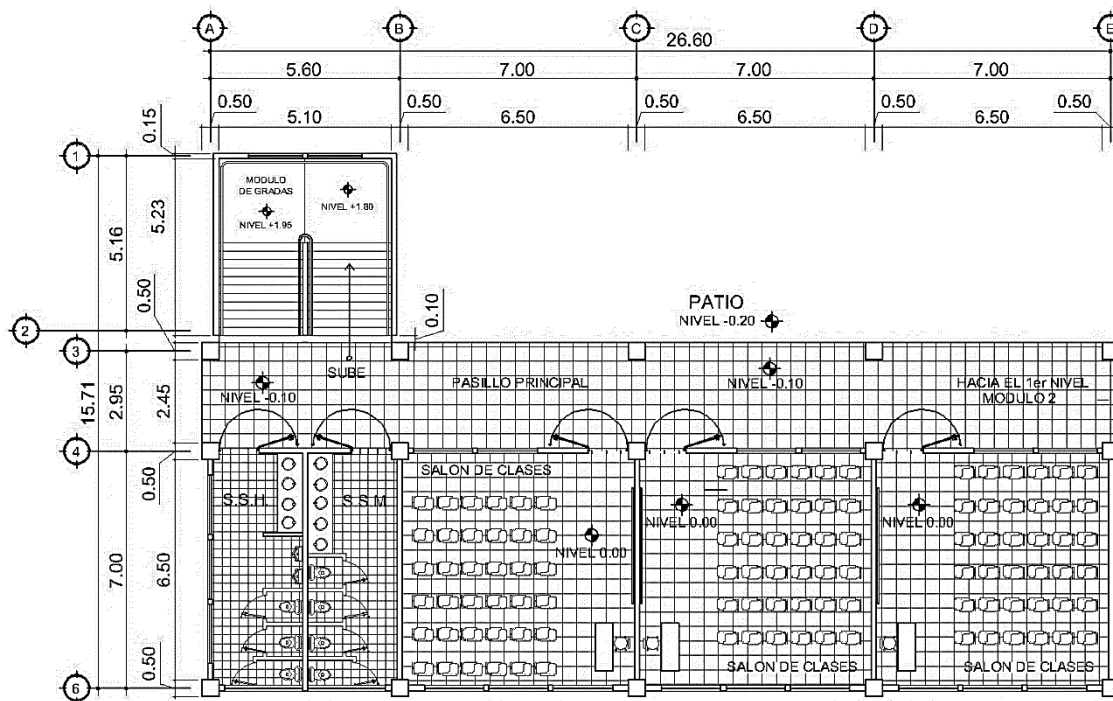
El proyecto consiste en el diseño de un edificio escolar de dos niveles cuyas instalaciones serán usadas para el desarrollo de actividades de educación primaria. Los estudiantes con beneficio directo serán los de la colonia Villalobos I y los estudiantes de las comunidades circunvecinas: la colonia Tierra Santa, Unidos por la Paz, La Unión, Asentamiento La Isla, Patricia de Arzú, Colonia Mezquital y la colonia Villalobos II.

La edificación será constituida por dos módulos de dos niveles cada uno, que poseen los siguientes ambientes:

- Aulas
- Oficinas administrativas
- Sala de reuniones
- Auditórium
- Servicios sanitarios
- Centro de computo
- Guardianía
- Sala para maestros

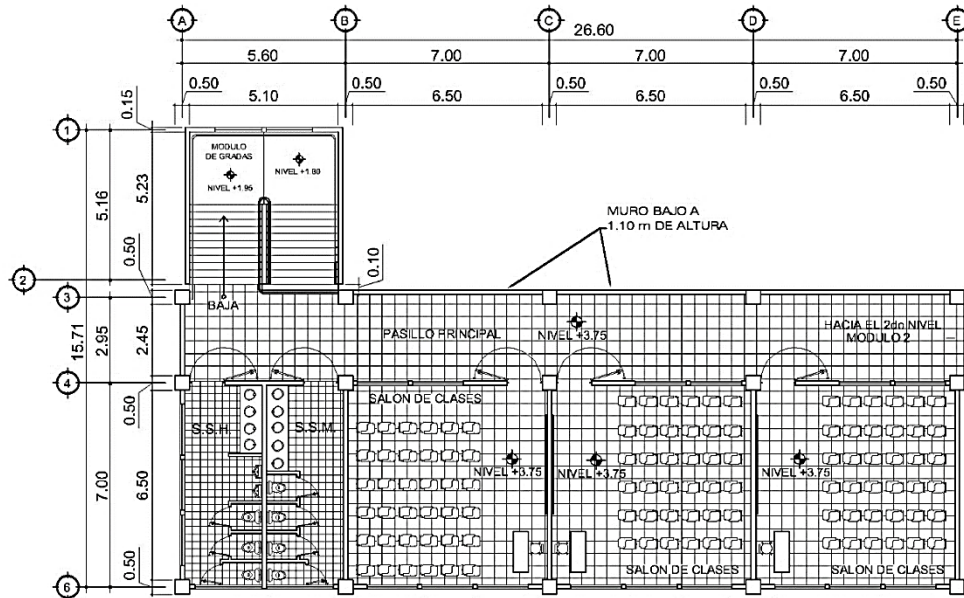
La estructura será a base de marcos dúctiles (sistema de vigas y columnas de concreto reforzado) y losas de concreto armado, muros tabique de mampostería de block pómez para delimitar los ambientes, piso cerámico y puertas de metal.

Figura 2. **Planta amueblada del primer nivel, módulo 1**



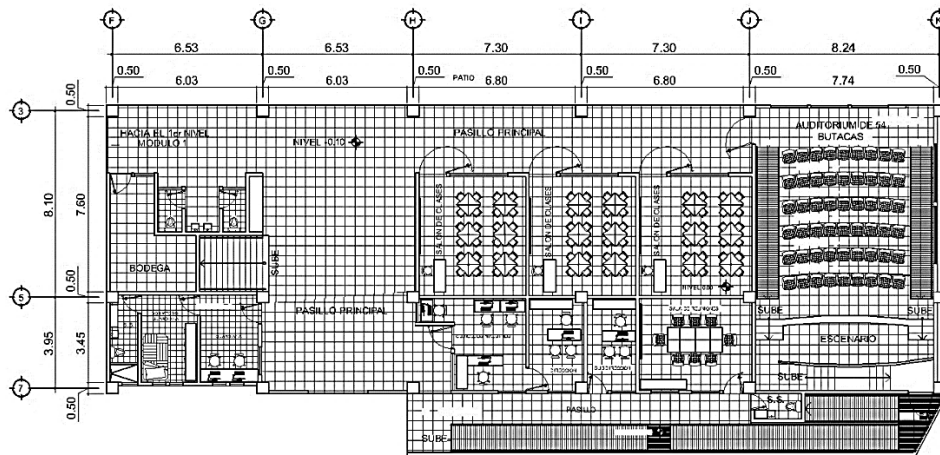
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Figura 3. **Planta amueblada del segundo nivel, módulo 1**



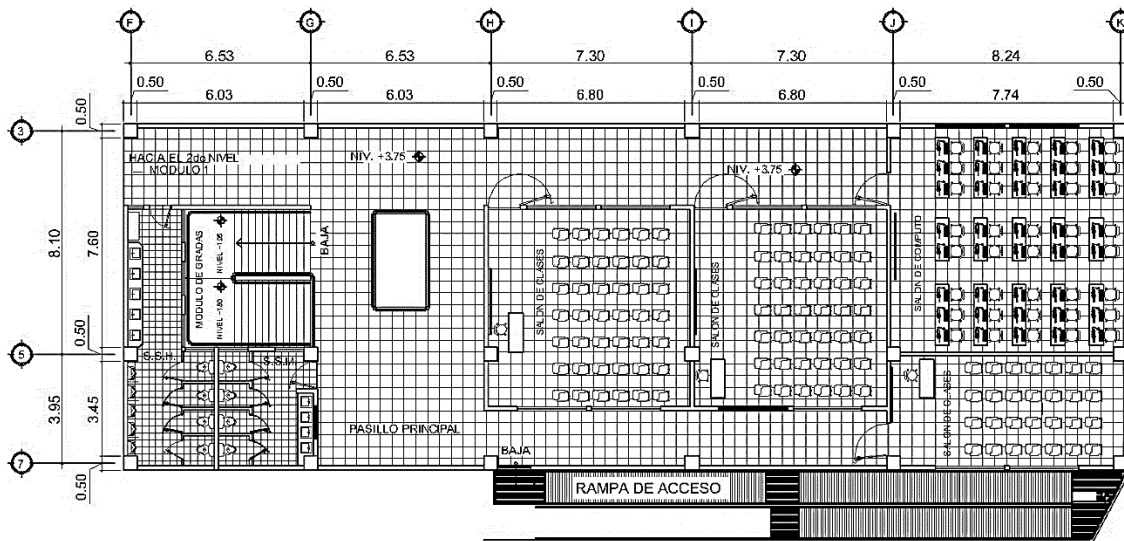
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Figura 4. **Planta amueblada del primer nivel, módulo 2**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Figura 5. **Planta amueblada del segundo nivel, módulo 2**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

2.1.1.1. Ubicación del terreno

El terreno donde se construirá la escuela primaria No. 595 está ubicado en la colonia Villalobos I de la zona 12 de Villa nueva, sobre la 22 avenida y 9ª calle.

Figura 6. **Ubicación y coordenadas del terreno**



Fuente: elaboración propia, empleando, Google Earth.

2.1.1.2. **Levantamiento topográfico**

El principal objetivo de realizar un levantamiento topográfico es llevar a cabo una representación gráfica de un terreno lo más fielmente posible. Para ello, hay que establecer cuáles son las posiciones relativas de varios puntos tanto en el plano horizontal, es decir, lo que se conoce como planimetría; por otro lado, determinar la altura entre varios puntos, que toma como referencia el plano horizontal, lo que se conoce como altimetría.

El levantamiento topográfico realizado tuvo como objetivo localizar los linderos o límites de la propiedad destinada para el edificio escolar; se realizó empleando la estación total TOPCON GTS-230W.

2.1.1.3. Estudio de suelos

Para el estudio de suelos se excavó un pozo a cielo abierto de 0,80 metros de diámetro y 5,00 metros de profundidad, del cual se extrajo una muestra inalterada de 1 pie cúbico. De la muestra inalterada se extrajo una probeta para una caja de cizalladura cuadrada de acero inoxidable, la cual cuenta con dispositivos para el drenaje a través de su parte superior e inferior; está dividida verticalmente por un plano horizontal en dos mitades de espesor igual que se ajustan con tornillos de alineación.

La caja de cizalladura está provista con tornillos de separación, que controlan el espacio entre sus mitades superior e inferior, esto, con la finalidad de practicar el ensayo de corte directo, no drenado, no consolidado, obteniendo datos primordiales para el cálculo del valor soporte del suelo. Además, se realizó la evaluación y clasificación de los estratos presente en dicho suelo.

Los datos obtenidos del ensayo de corte directo para el cálculo estructural son:

Tabla II. **Parámetros obtenidos del ensayo de corte directo**

Ángulo de fricción interna	(Φ)	$30^\circ = 0,52 \text{ rad}$
Cohesión	(C)	$1,72 \text{ ton/m}^2$
Desplante de cimentación	(D_f)	$1,50 \text{ m}$
Peso específico del suelo	(γ_s)	$1,33 \text{ ton/m}^3$
Contenido de humedad	($H\%$)	$35,20 \%$
Factor de seguridad	(F_s)	$3,50$
Base de la zapata	(B)	$1,00 \text{ m (franja unitaria)}$

Fuente: elaboración propia.

2.1.1.3.1. Estratigrafía del suelo

El objetivo de realizar la estratigrafía de los suelos es establecer cuáles son las propiedades físicas del suelo, mediante una simple inspección visual. El pozo en estudio presenta los siguientes estratos.

- Estrato núm. 1: relleno misceláneo, con limo arcilloso orgánico, con trazas de arena fina a media, negro, con trazas de piedra pómez y grava fina a media, con pocas raíces pequeñas, blando, medio plástico a plástico.
- Estrato núm. 2: arcilla limosa, café, con trazas de piedra pómez pequeña, medio compacto, poco plástica, con poca presencia de humedad.
- Estrato núm. 3: arena fina limosa con trazas de piedra pómez pequeña, beige, medio compacto, no plástico (selecto).

El nivel freático no se encontró a la profundidad investigada y se estima que, si existe, está a una profundidad tal que no afectará la cimentación del proyecto. Cabe mencionar que, si hubo presencia de agua, que se debe derivar de alguna bolsa acumulada de agua, o bien de humedad del suelo, más no es un nivel freático como tal.

2.1.1.3.2. Determinación del valor soporte del suelo

La capacidad soporte de un suelo es la capacidad de un suelo de soportar carga, sin que se produzca una falla en su masa. Para calcular dicha capacidad se utilizó el método del Dr. Kart Terzaghi para cimentaciones cuadradas, según la siguiente ecuación:

$$q_d = (1,3 * C * N_c) + (\gamma_s * D_f * N_q) + (0,4 * \gamma_s * B * N_\gamma)$$

Donde:

- q_d = valor de esfuerzo límite
- N_c = factor de capacidad de carga debido a la cohesión
- N_q = factor de capacidad de carga debido a la sobrecarga
- N_γ = factor de capacidad de carga debido al peso del suelo
- C = coeficiente de cohesión del suelo
- γ_s = peso específico del suelo
- D_f = desplante de cimentación
- Φ = ángulo de fricción interna del suelo
- B = base de la cimentación (1,00 m)
- Factor de capacidad de carga debido a la sobrecarga (N_q)

$$N_q = \tan^2 \left(45_{(rad)} + \frac{\Phi_{rad}}{2} \right) * e^{(\pi * \tan(\Phi_{rad}))}$$

$$N_q = \tan^2 \left(0,79 + \frac{0,52_{rad}}{2} \right) * e^{(\pi * \tan(0,52_{rad}))} \quad ; \quad N_q = 18,40$$

- Factor de capacidad de carga debido a la cohesión (N_c)

$$N_c = \cot(\Phi_{rad}) * (N_q - 1) \quad ; \quad N_c = \cot(0,52_{rad}) * (18,40 - 1)$$

$$N_c = 30,14$$

- Factor de capacidad de carga debido al peso del suelo (N_γ)

$$N_\gamma = 2 * (N_q + 1) * \tan(\Phi_{rad}) \quad ; \quad N_\gamma = 2 * (18,40 + 1) * \tan(0,52_{rad})$$

$$N_\gamma = 22,40$$

- Valor del esfuerzo límite (q_d)

$$q_d = (1,3 * 1,72 * 30,14) + (1,33 * 1,50 * 18,40) + (0,4 * 1,33 * 1,00 * 22,40)$$

$$q_d = 116,21 \text{ ton/m}^2$$

Para determinar el valor soporte del suelo se hace uso de la siguiente expresión matemática, de la cual el factor de seguridad (F_s) puede variar entre los valores de 3 – 5; debido a la variabilidad del suelo, al tipo y al número reducido de ensayos $F_s = 4,00$.

$$V_{suelo} = \frac{q_d}{F_s} \quad ; \quad V_{suelo} = \frac{116,21 \text{ ton/m}^2}{4,00} \quad ; \quad V_{suelo} = 29,05 \text{ ton/m}^2$$

La tabla siguiente ubica al suelo en estudio dentro de los rangos aceptables correspondiente a un suelo arenoso denso.

Tabla III. **Parámetros obtenidos del ensayo de corte directo**

Tipo de material	Ton/m ²	Observaciones
Roca sana no intemperizada	645	Hay estructura de grietas
Roca regular	430	
Roca intermedia	215	
Roca agrietada o porosa	22-86	
Suelos gravillosos	107	Compactados, buena granulometría
Suelos gravillosos	64	Flojos, mala granulometría
Suelos gravillosos	43	Flojos, con mucha arena
Suelos arenosos	25-64	Densos
Arena fina	22-43	Densa
Suelos arcillosos	53	Duros
Suelos arcillosos	22	Solidez mediana
Suelos limosos	32	Densos

Fuente: elaboración propia.

2.1.1.4. Diseño arquitectónico

El diseño arquitectónico de la edificación fue trabajado en conjunto con el Arq. Rudy Alvarado, coordinador de proyectos comunitarios de la municipalidad de Villa Nueva. Se tomó como base los lineamientos descritos en el *Manual de criterios normativos para el diseño arquitectónico de centros educativos (edificios escolares) oficiales* del Ministerio de Educación de Guatemala.

2.1.1.4.1. Distribución de ambientes

En un edificio escolar, la óptima distribución de los ambientes es primordial para el aprendizaje del estudiante y la enseñanza del maestro. Para la modulación en este tipo de estructura, se debe tomar en cuenta la colocación de las luminarias, la posición y orientación de los pupitres, la ubicación de la pizarra, la localización, dimensiones y proximidad de las ventanas y puertas, la altura del techo, ancho útil de pasillos y comodidad y seguridad en los módulos de rampas y escaleras.

2.1.1.4.2. Altura del edificio

La normativa del Mineduc establece que, a partir del nivel de piso interior terminado hasta el punto más bajo de la estructura de cubierta, los ambientes del área educativa, en clima templado/cálido, la altura mínima será de 3,20 m, según la cantidad de estudiantes a atender en cada aula, la altura de cada nivel será de 3,60 m de piso a cielo para ambos módulos.

2.1.1.4.3. Sistema estructural a utilizar

Para el edificio escolar de dos niveles, se ha seleccionado el sistema de marcos dúctiles de concreto reforzado, integrado por columnas y vigas que soportarán toda la carga vertical y además todas las solicitaciones horizontales, losas planas con armado tradicional de concreto reforzado y muros de mampostería tipo tabique para delimitar ambientes. Para la cimentación se utilizarán cimiento corrido y zapatas aisladas.

2.1.2. Análisis estructural

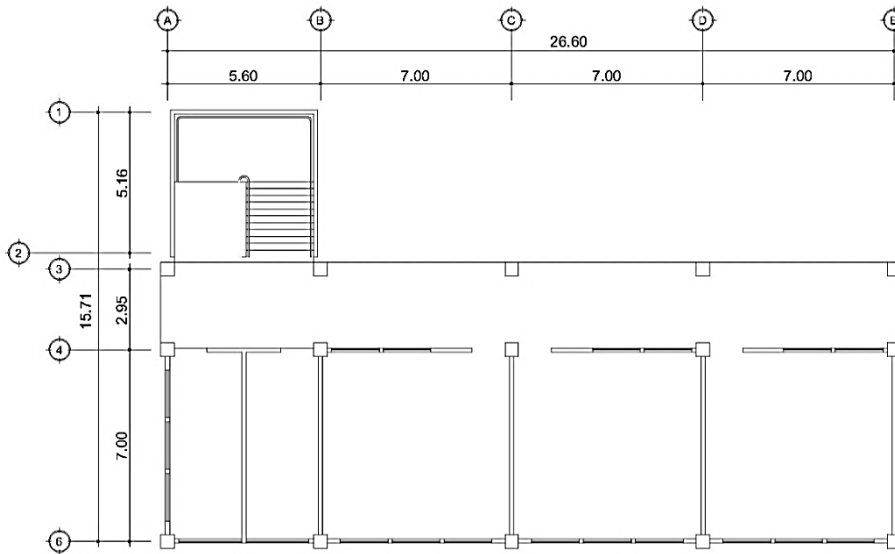
Mediante el análisis estructural se busca garantizar la integridad de la edificación cuando los efectos máximos de las combinaciones de cargas verticales (cargas vivas y cargas muertas) y horizontales (cargas de sismo) ocurran.

A través de este análisis se establecen las dimensiones de los elementos estructurales, cargas y momentos que afectan a la edificación. El método de Kani será empleado para dar solución al sistema y los datos obtenidos serán comparados con los resultados de evaluar la estructura en el programa de análisis y dimensionamiento de estructuras ETABS 2016.

2.1.2.1. Predimensionamiento estructural

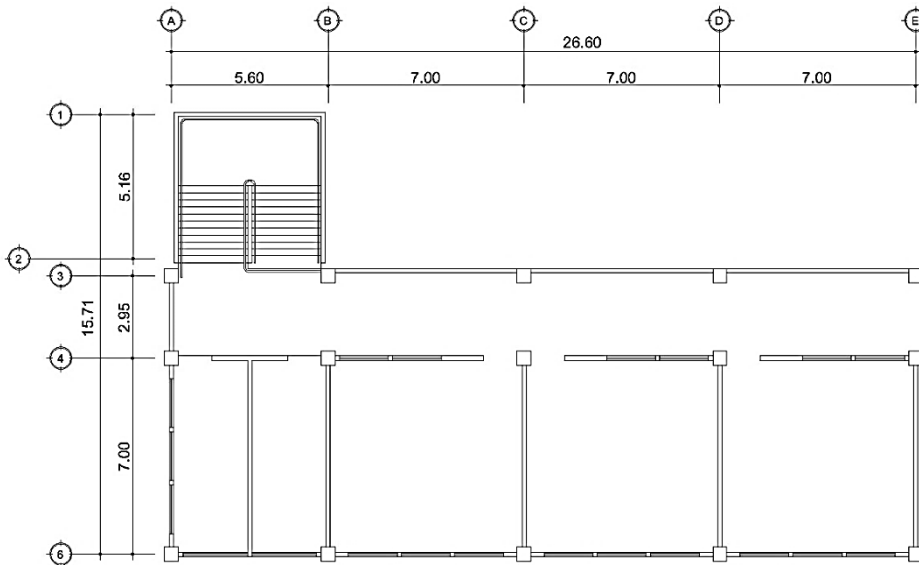
El predimensionamiento consiste en definir las características geométricas de los miembros estructurales que conformarán la edificación. Para esto se calculan dimensiones preliminares del conjunto de elementos que soportarán los esfuerzos a los cuales estarán sometidos; posteriormente, se verifica si las dimensiones propuestas satisfacen los requerimientos de los reglamentos empleados para el diseño de elementos estructurales.

Figura 7. **Planta para predimensionamiento, primer nivel, módulo 1**



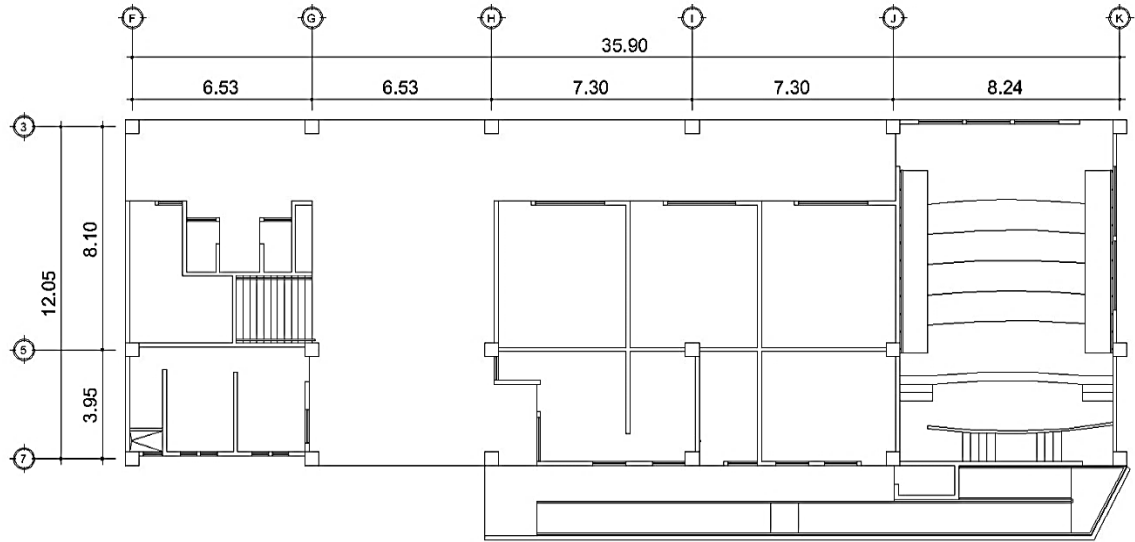
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Figura 8. **Planta para predimensionamiento, segundo nivel, módulo 1**



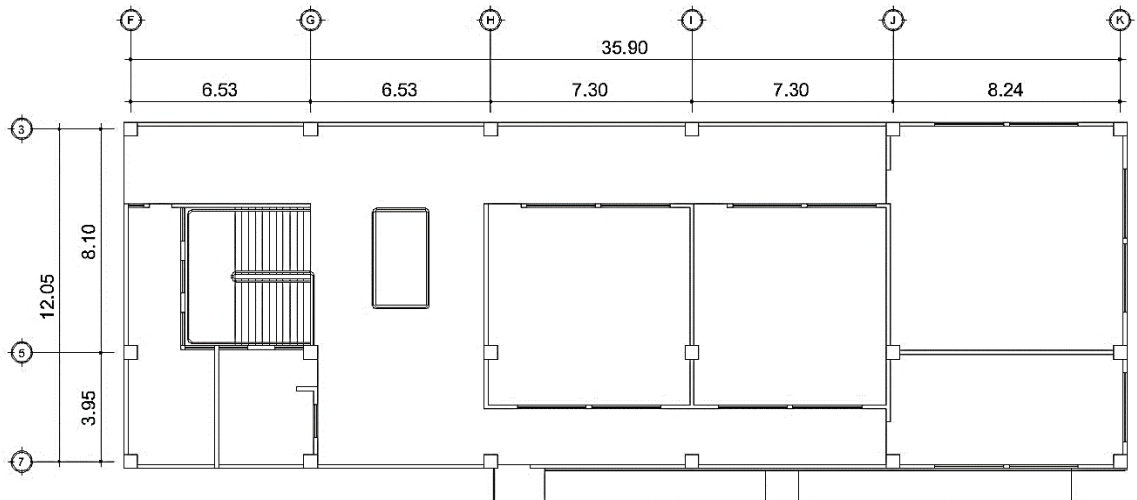
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Figura 9. **Planta para predimensionamiento, primer nivel, módulo 2**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Figura 10. **Planta para predimensionamiento, segundo nivel, módulo 2**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

2.1.2.1.1. Predimensionamiento de vigas

Las vigas se dividen en vigas principales y secundarias. Una viga principal es un elemento estructural horizontal diseñado para resistir deformaciones por corte, deflexión y torsión, causados por la acción de cargas gravitacionales. Una viga secundaria es un elemento estructural utilizado y diseñado para reducir el espesor de una losa y limitar sus dimensiones, además de transmitir cargas puntuales a una viga principal.

Para el predimensionamiento de las vigas principales y secundarias se utilizarán los siguientes criterios:

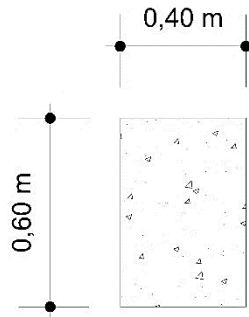
- Para las vigas principales: por cada metro lineal de luz libre L_n entre los apoyos de la viga, se incrementará 8 % del peralte y la base será de 1/2 del peralte.
- Para las vigas secundarias: por cada metro lineal de luz libre L_n entre los apoyos de la viga, se incrementará 6 % del peralte y la base será de 1/2 del peralte.
- La luz libre del elemento L_n : no debe ser menor que cuatro veces su altura útil $L_n > 4h$ (ACI 318S-11 sección 21.5.1.2).
- El ancho del elemento b_w : no debe ser menor que el más pequeño de $0,3h$ y de 250 mm (ACI 318S-11 sección 21.5.1.3).

Tabla IV. **Predimensionamiento de vigas principales y secundarias**

Módulo 1	Ln	h 8 %*Ln	h 6 %*Ln	b 1/2*h	Dimensiones a usar	
					h	b
Vprin T-1	7,00 m	0,56 m	----	0,28 m	0,60 m	0,40 m
Vprin T-2	2,95 m	0,24 m	----	0,12 m	0,30 m	0,30 m
Vsec T-1	2,95 m	----	0,18 m	0,09 m	0,25 m	0,25 m
Vsec T-2	7,00 m	----	0,42 m	0,21 m	0,45 m	0,25 m
Módulo 2	Ln	h 8 %*Ln	h 6 %*Ln	b 1/2*h	Dimensiones a usar	
Vprin T-3	8,24 m	0,66 m	----	0,33 m	0,70 m	0,50 m
Vprin T-4	7,30 m	0,58 m	----	0,29 m	0,60 m	0,40 m
Vprin T-5	3,95 m	0,32 m	----	0,16 m	0,40 m	0,40 m
Vsec T-3	8,24 m	----	0,49 m	0,25 m	0,50 m	0,30 m
Vsec T-4	3,95 m	----	0,24 m	0,12 m	0,25 m	0,25 m

Fuente: elaboración propia.

Figura 11. **Sección transversal de viga principal T-1, módulo 1**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

2.1.2.1.2. **Predimensionamiento de losas**

Una losa es un elemento estructural utilizado como cubierta o entrepiso y se ocupa de la transmisión de las cargas gravitacionales a las vigas. De acuerdo a la manera en que distribuya las cargas, este elemento puede ser clasificado como losa en un sentido o losa en dos sentidos.

Para clasificar una losa se toma como referencia el resultado de la relación entre su lado menor (a) y su lado mayor (b), en conformidad al siguiente parámetro:

$$a/b \leq 0,50 \quad ; \quad \text{Losa en un sentido}$$

$$a/b > 0,50 \quad ; \quad \text{Losa en dos sentidos}$$

Según la clasificación de la losa, así será el predimensionamiento del espesor del elemento. Para una losa en un sentido se utilizan los parámetros que dicta el código ACI 318S-11 en su sección 9.5.2.

Tabla V. **Espesor mínimo de vigas o losas en un sentido**

Elemento	Simplemente apoyados	Con un extremo continuo	Ambos extremos continuos	En voladizo
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: elaboración propia, Código ACI 318S-11. p. 130.

Para una losa en dos sentidos se aplica el criterio del perímetro de losa dividido entre 180. $t_{losa} = \text{Perímetro}/180$.

Los limitantes para el espesor de una losa son tomados de las secciones 7.6.5 y 9.5.3.3 del ACI 318S-11, en donde se interpreta que el espesor máximo de una losa es de 15,00 cm y el espesor mínimo de 9,00 cm.

- Espesor de losa para el edificio escolar

Para el edificio que se diseña se utilizan las dimensiones de la losa de mayor tamaño por módulo, por lo tanto, el espesor calculado con la ecuación se resume a continuación.

Tabla VI. **Predimensionamiento de losa crítica**

Losa crítica	a	b	a / b	t = P/180	Dimensiones a usar
Módulo 1	3,50 m	3,50 m	1,00 (<i>dos sentidos</i>)	0,08 m	0,10 m
Módulo 2	4,05 m	4,12 m	0,98 (<i>dos sentidos</i>)	0,09 m	0,10 m

Fuente: elaboración propia.

Se utilizará un espesor de losa de $t = 0,10$ m en las losas de entrepiso y azotea en ambos módulos.

2.1.2.1.3. **Predimensionamiento de columnas**

El ACI 318S-11 en su sección 21.6.1.1 y 21.6.1.2 establece los parámetros que deben cumplirse al momento de predimensionar una columna:

- La dimensión menor de la sección transversal, medida en una línea recta que pasa a través del centroide geométrico, no debe ser menor a 300 mm.
- La relación entre la dimensión menor de la sección transversal y la dimensión perpendicular no debe ser menor de 0,40.

El método utilizado para predimensionar las columnas se basa en la carga aplicada y el área tributaria, para luego determinar la sección transversal del elemento.

Se propone calcular el área gruesa de la columna a través de la relación especificada en ACI 318S-11 sección 10.3.6.2.

$$P_u = 0,80 * \phi * [0,85 * f'c * (A_g - A_s) + (fy * A_s)]$$

$$0,01 * A_g \leq A_s \leq 0,06 * A_s \quad ; \quad ACI 318S - 11 \text{ sección } 21.6.3.1$$

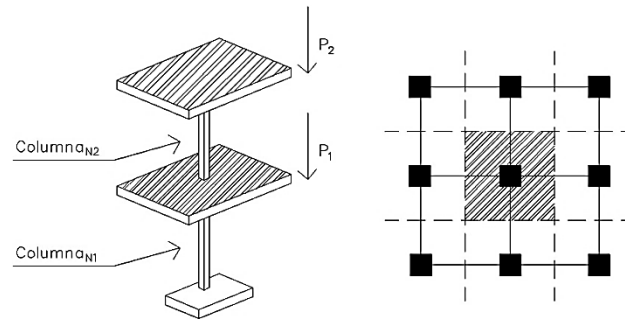
$$P_u = 1,4 * Cm + 1,7 * Cv \quad ; \quad ACI 318S - 11 \text{ apendice } C. 9.2.1$$

Donde:

- P_u = carga axial que soportará la columna.
- ϕ = factor de reducción de resistencia por compresión ($\phi = 0,70$).
- $f'c$ = resistencia máxima a la compresión del concreto (280 kg/cm^2).
- fy = resistencia máxima a la fluencia del acero ($4\ 200 \text{ kg/cm}^2$).
- A_g = área bruta de la sección de la columna crítica.
- A_s = área total del refuerzo longitudinal en la columna.
- Cm = carga muerta (integración de carga axial generada por el área tributaria de la columna crítica).
- Cv = carga viva según uso.

$$C_{m/nivel} = \sum (P_{losa} + P_{vigas} + P_{sc} + P_{acab} + P_{muros} + P_{col. superior})$$

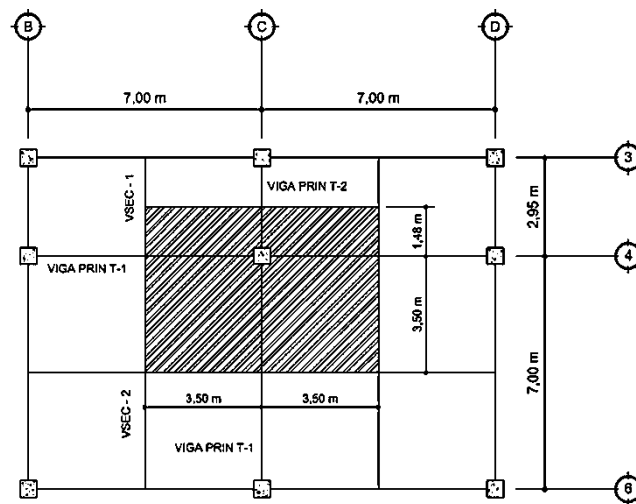
Figura 12. **Área tributaria de una columna**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Para ejemplificar el cálculo del predimensionamiento de la sección transversal de una columna se tomará como base la columna más crítica del módulo 1, o sea, la que soporta mayor carga. La sección resultante del análisis será la que se tomará para todas las columnas de ese mismo módulo.

Figura 13. **Planta de área tributaria de columna crítica, módulo 1**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Datos preliminares:

- $A_{tributaria} = 34,86 \text{ m}^2$.
- $\gamma_c =$ peso específico del concreto ($2\,400 \text{ kg/m}^3$).
- $P_{sc} =$ peso de la sobrecarga e instalaciones (150 kg/m^2).
- $P_{acab} =$ peso de los acabados (100 kg/m^2).
- $C_{v \text{ azotea}} = 200 \text{ kg/m}^2$ para una azotea de concreto con acceso (AGIES NSE 2-10 sección 3.4).
- $C_{v \text{ pasillos y escaleras}} = 500 \text{ kg/m}^2$ (AGIES NSE 2-10 sección 3.4).
- $C_{v \text{ aulas}} = 200 \text{ kg/m}^2$ (AGIES NSE 2-10 sección 3.4).
- Peso propio de la losa

$$P_{losa} = A_{tributaria} * t_{losa} * \gamma_c$$
$$P_{losa} = 34,86 * 0,10 * 2\,400 \quad ; \quad P_{losa} = 8\,366,40 \text{ kg}$$

- Peso propio de las vigas principales

$$P_{Vprin \ T-1, \ T-2} = h_{viga} * b_{viga} * L_{lineal} * \gamma_c$$
$$P_{Vprin \ T-1} = 0,60 * 0,40 * 10,50 * 2\,400 \quad ; \quad P_{Vprin \ T-1} = 6\,048 \text{ kg}$$
$$P_{Vprin \ T-2} = 0,30 * 0,30 * 1,48 * 2\,400 \quad ; \quad P_{Vprin \ T-2} = 319,68 \text{ kg}$$

- Peso propio de las vigas secundarias

$$P_{Vsec \ T-1, \ T-2} = 1/2 * h_{viga} * b_{viga} * L_{lineal} * \gamma_c$$
$$P_{Vsec \ T-1} = 1/2 * 0,25 * 0,25 * 2,96 * 2\,400 \quad ; \quad P_{Vsec \ T-1} = 222 \text{ kg}$$
$$P_{Vsec \ T-2} = \frac{1}{2} * 0,45 * 0,25 * 14,00 * 2\,400 \quad ; \quad P_{Vsec \ T-2} = 1\,890 \text{ kg}$$

- Peso sobrecarga

$$P_{sc} = A_{tributaria} * 150 \text{ kg/m}^2$$

$$P_{sc} = 34,86 * 150 \quad ; \quad P_{sc} = 5\,229 \text{ kg}$$

- Peso instalaciones

$$P_{inst} = A_{tributaria} * 100 \text{ kg/m}^2$$

$$P_{inst} = 34,86 * 100 \quad ; \quad P_{inst} = 3\,486 \text{ kg}$$

- Peso propio de la columna

Tomando en cuenta los criterios del ACI, como parámetro inicial de la sección transversal de la columna se propone de $0,30 \text{ m} \times 0,30 \text{ m}$ y se aumenta $0,10 \text{ m}$ a cada lado de la sección del elemento por cada nivel de la edificación; como resultado se dimensiona la columna de $0,50 \text{ m} \times 0,50 \text{ m}$.

$$P_{col N2} = h_{col} * b_{col} * L_{lineal} * \gamma_c$$

$$P_{col N2} = 0,50 * 0,50 * 3,60 * 2\,400 \quad ; \quad P_{col N2} = 2\,160 \text{ kg}$$

- Peso propio de muro exterior

$$P_{muro \text{ ext}} = h_{muro} * L_{lineal} * 180 \text{ kg/m}^2$$

$$P_{muro \text{ ext}} = 3,60 * 7,00 * 180 \quad ; \quad P_{muro \text{ ext}} = 4\,536 \text{ kg}$$

- Peso propio de muro interior

Los pisos en edificaciones donde existan ambientes destinados al área de oficinas, aulas y comercios en donde las ubicaciones de los tabiques estén

sujetas a cambios, deben diseñarse para soportar, además de todas las otras cargas, una carga muerta de tabiques no inferior a 75 kg/m^2 (AGIES NSE 2-10 sección 2.4). Por lo anterior, el peso propio de los muros interiores se tomará de 100 kg/m^2 .

$$P_{muro \text{ int}} = h_{muro} * L_{lineal} * 100 \text{ kg/m}^2$$

$$P_{muro \text{ int}} = 3,60 * 3,50 * 100 \quad ; \quad P_{muro \text{ int}} = 1\,260 \text{ kg}$$

Tabla VII. **Integración de carga muerta sobre columna**

Módulo 1	N2	N1
Losa	8 366,40 kg	8 366,40 kg
Vprin T-1	6 048 kg	6 048 kg
Vprin T-2	319,68 kg	319,68 kg
Vsec T-1	222 kg	222 kg
Vsec T-2	1 890 kg	1 890 kg
Sobrecarga	5 229 kg	5 229 kg
Instalaciones	3 486 kg	3 486 kg
Muro ext	----	4 536 kg
Muro int	----	1 260 kg
Columna	2 160 kg	----
Cm	27 721,08 kg	31 357,08 kg

Fuente: elaboración propia.

- Carga viva de azotea

$$C_{v \text{ azotea}} = A_{tributaria} * 200 \text{ kg/m}^2$$

$$C_{v \text{ azotea}} = 34,86 * 200 \quad ; \quad C_{v \text{ azotea}} = 6\,972 \text{ kg}$$

- Carga viva de aula

$$C_{v \text{ aula}} = A_{tributaria} * 200 \text{ kg/m}^2$$

$$C_{v \text{ aula}} = 24,50 * 200 \quad ; \quad C_{v \text{ aula}} = 4\,900 \text{ kg}$$

- Carga viva de pasillos y escaleras

$$C_{v \text{ pasillos}} = A_{\text{tributaria}} * 500 \text{ kg/m}^2$$

$$C_{v \text{ pasillos}} = 10,36 * 500 \quad ; \quad C_{v \text{ pasillos}} = 5 \text{ 180 kg}$$

Tabla VIII. **Integración de carga viva sobre columna**

Módulo 1	N2	N1
Azótea	6 972 kg	----
Aulas	----	4 900 kg
Pasillos y escaleras	----	5 180 kg
Cv	6 972 kg	10 080 kg

Fuente: elaboración propia.

- Carga axial que soportará la columna

$$P_u = 1,4 * (Cm_{N2} + Cm_{N1}) + 1,7 * (Cv_{N2} + Cv_{N1})$$

$$P_u = 1,4 * (27 \text{ 721,08} + 31 \text{ 357,08}) + 1,7 * (6 \text{ 972} + 10 \text{ 080})$$

$$P_u = 111 \text{ 697,82 kg}$$

- Sección transversal de la columna

$$P_u = 0,80 * \phi * [0,85 * f'c * (A_g - A_s) + (fy * A_s)]$$

$$0,01 * A_g \leq A_s \leq 0,06 * A_s \quad ; \quad A_s = 0,01 * A_g$$

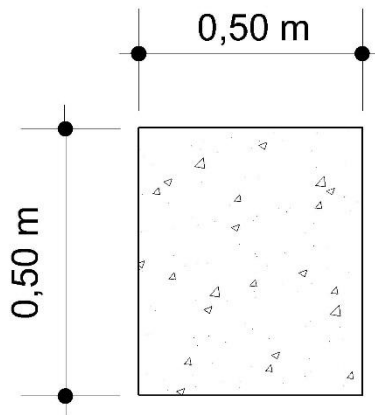
$$111 \text{ 697,82 kg} = 0,80 * 0,70 * [0,85 * 280 \text{ kg/cm}^2 * (A_g - 0,01 * A_g) + (4 \text{ 200 kg/cm}^2 * (0,01 * A_g))]$$

$$A_g = 718,47 \text{ cm}^2$$

Como trabajo de gabinete, se realizaron varias iteraciones tanto en predimensionamiento como en el diseño estructural de los elemento; tomando

en cuenta los resultados obtenidos en dichas iteraciones, se concluyó que el área gruesa óptima de la columna sea de $2\,500\text{ cm}^2$; con el objetivo de que la columna cumpla con los criterios de diseño de elementos estructurales sismoresistentes, las dimensiones de la columna serán de: $b_{col} = 0,50\text{ m}$; $h_{col} = 0,50\text{ m}$.

Figura 14. **Sección transversal de columna, módulo 1**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

2.1.2.1.4. Predimensionamiento de cimientos

Para el predimensionamiento de la cimentación, se tomarán los datos obtenidos del predimensionamiento de columna y los resultados del cálculo del valor soporte del suelo. Para ambos módulos, se utilizarán zapatas cuadradas aisladas concéntricas, zapatas aisladas cuadradas excéntricas de borde y esquina.

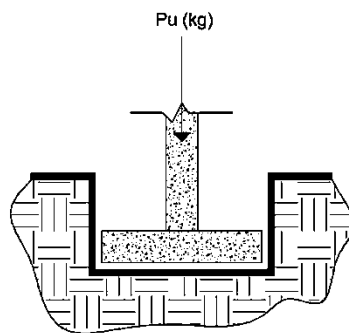
Además, el ACI en la sección 15.7 indica que la altura sobre el refuerzo inferior de una zapata apoyada sobre el suelo no debe ser menor que 150 mm, ni menor a 300 mm en el caso de zapatas apoyadas sobre pilotes. Para predimensionar una zapata se tomará como base la relación entre la carga axial aplicada sobre la columna del primer nivel y la capacidad soporte del suelo.

$$A_z = Pu_{zapata} / V_s$$

Donde:

- A_z = área de la zapata en m^2
- Pu_{zapata} = carga axial que soportará la zapata en kg
- V_s = valor soporte del suelo en kg/m^2

Figura 15. **Carga axial transmitida a la zapata**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

- Carga axial que se transmite de la columna a la zapata

Es la carga utilizada en el predimensionamiento de la columna más el peso propio de la columna del primer nivel.

$$Pu_{zapata} = P_u + P_{col N1}$$

$$Pu_{zapata} = 111\,697,82 + (5,10 * 0,50 * 0,50 * 2\,400)$$

$$Pu_{zapata} = 114\,721,82 \text{ kg}$$

- Predimensionamiento de zapata cuadrada

$$A_z = \frac{114\,721,82}{29,05 * 1\,000} \quad ; \quad A_z = 3,95 \text{ m}^2$$

Por ser una zapata cuadrada, las dimensiones del elemento se obtienen del cálculo de la raíz cuadrada del área de la zapata.

$$b_z = \sqrt[2]{A_z} \quad ; \quad b_z = \sqrt[2]{3,95} \quad ; \quad b_z = 1,99 \text{ m}$$

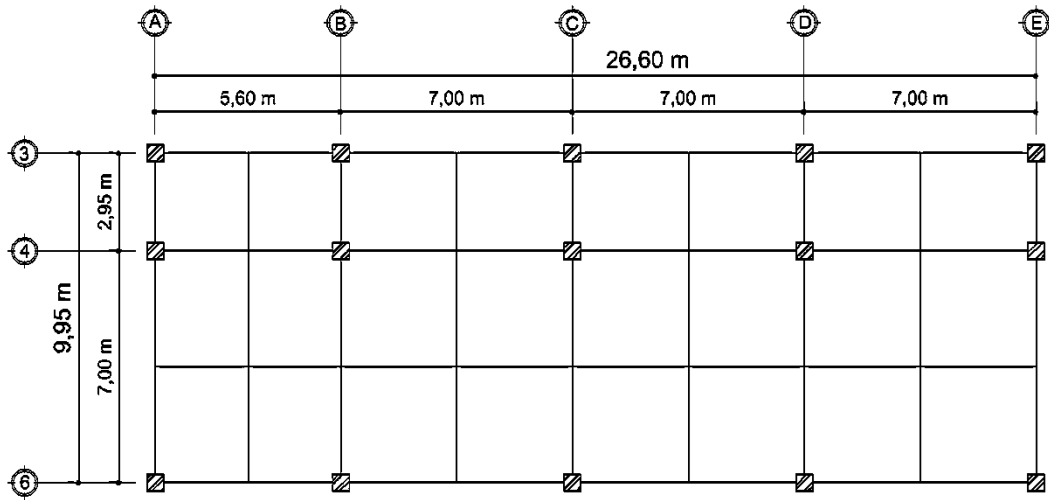
Previo al diseño estructural de la zapata, el elemento tendrá como dimensiones; un espesor de 25 *cm* y la base de 2,00 *m*.

2.1.2.2. Modelos matemáticos para marcos dúctiles

Un marco dúctil es un sistema estructural formado por vigas y columnas de concreto reforzado. Mediante su modelo matemático se pueden observar la forma y magnitud de las cargas que soporta dicho marco; esta idealización se realiza con el objetivo de representar las cargas calculadas anteriormente y dar paso al análisis estructural de la edificación.

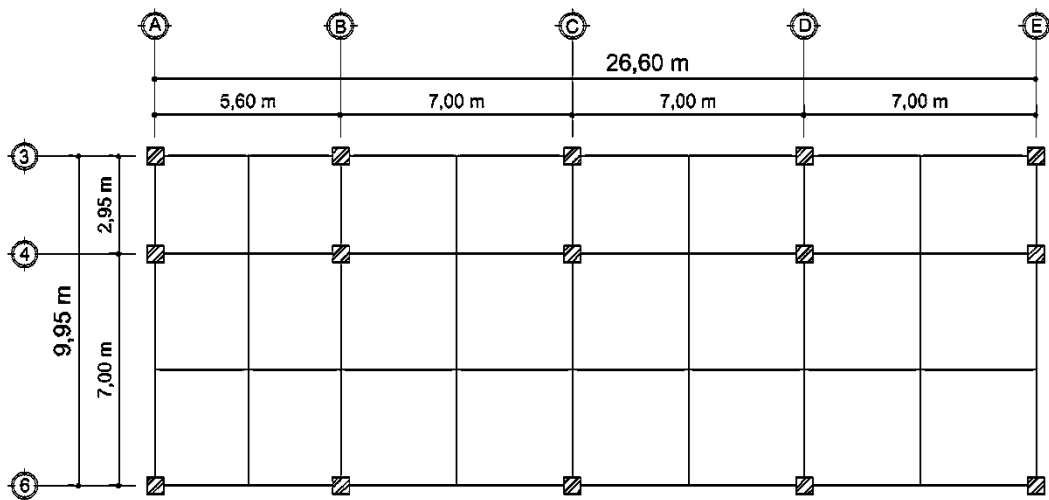
Para ejemplificar el análisis, se considera la similitud en geometría y magnitud de las cargas aplicadas; por lo tanto, los modelos matemáticos están formados por los marcos críticos de la edificación en sentido X como en el sentido Y del módulo 1.

Figura 16. **Planta típica primer nivel, módulo 1**



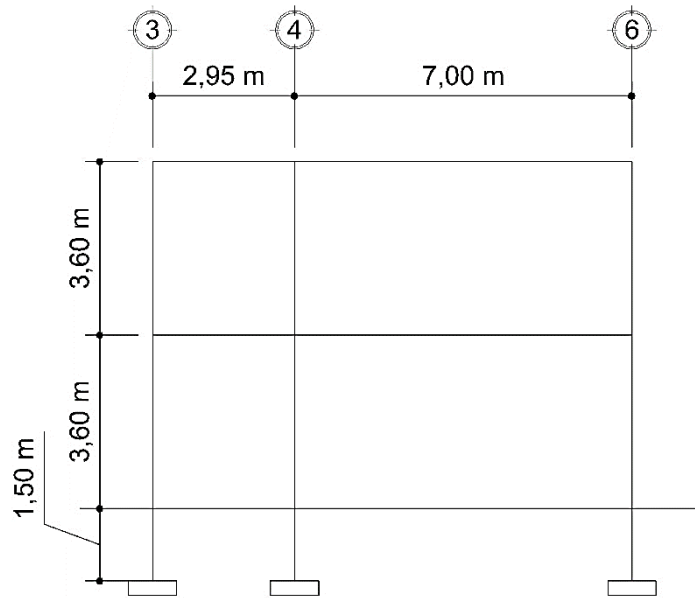
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Figura 17. **Planta típica segundo nivel, módulo 1**



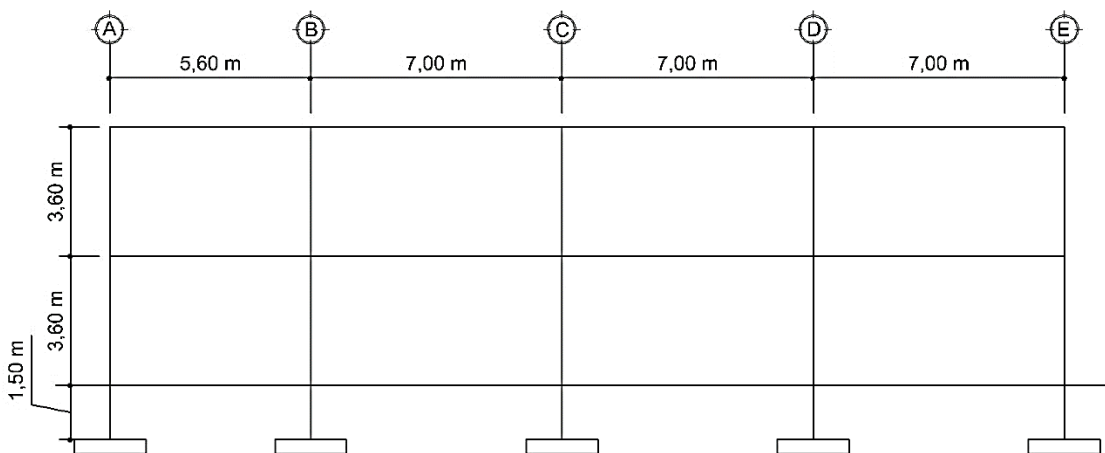
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Figura 18. **Elevación marco típico sentido X, módulo 1**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Figura 19. **Elevación marco típico sentido Y, módulo 1**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

2.1.2.3. Integración de cargas por AGIES NSE-2010

Toda estructura está sometida a distintas cargas originadas por diversos factores como el uso, materiales de fabricación de los elementos estructurales, sismos o simplemente por condiciones atmosféricas a las que está expuesta la edificación. Es por esto que la estructura debe ser diseñada para resistir este tipo de cargas, las cuales se clasifican según la dirección de su aplicación como cargas verticales y cargas horizontales.

2.1.2.3.1. Cargas verticales

Este tipo de cargas actúan en la estructura por la acción de la gravedad. Se dividen en cargas vivas y cargas muertas.

- Cargas vivas

Son todas las cargas no fijas, móviles, que pueden cambiar de magnitud y posición en cualquier momento. Son generadas a partir del uso de los diferentes ambientes de la estructura. Estas cargas no están rígidamente sujetas a la edificación, estas incluyen a los ocupantes en sí y el mobiliario y equipo no fijo.

En la tabla VIII se muestran los valores de carga viva para diferentes tipos de ocupación, especificadas en las normas AGIES NSE 2-10 sección 3.4.

Tabla IX. **Cargas vivas de uso frecuente AGIES NSE 2-10**

Tipo de ocupación o uso	Wv (kg/m ²)	Pv (kg)
Vivienda		
Balcones	500	
Habitaciones y pasillos	200	

Continuación de la tabla IX.

Escaleras	300	
Oficina		
Pasillos y escaleras	300	
Oficinas	250	800
Áreas de cafeterías	500	
Hospitales		
Pasillos	500	450
Clínicas y encamamiento	250	
Servicios médicos y laboratorio	350	800
Farmacia	500	
Escaleras	500	
Cafetería y cocina	500	
Hoteles		
Habitaciones	200	450
Servicio y áreas públicas	500	800
Educativos		
Aulas	200	400
Pasillos y escaleras	500	
Salones de lectura de biblioteca	200	400
Área de estanterías de biblioteca	700	800
Reunión		
Escaleras privadas	300	
Escaleras públicas	500	
Balcones	500	
Vestíbulos públicos	500	
Plazas a nivel de la calle	500	800
Salones con asiento fijo	300	
Salones sin asiento fijo	500	800
Escenarios y circulaciones	500	
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 públicas		
Zonas de circulación	500	
Zonas de asientos	400	
Zonas sin asientos	800	
Canchas deportivas	Variada	
Almacenes		
Minoristas	500	800
Mayoristas	600	1 200
Bodegas		
Cargas livianas	600	800
Cargas pesadas	1 200	1 200
Fábricas		
Industrias livianas	500	800
Industrias pesadas	1 000	1 200
Cubiertas pesadas		
Azoteas de concreto con acceso	200	
Azoteas sin acceso horizontal o inclinadas	100	
Azoteas con inclinación mayor de 20°	75	
Cubiertas usadas para jardín o para reuniones	500	
Cubiertas livianas		
Techos de láminas, tejas, cubiertas plásticas, lonas, etc. (aplica a la estructura que soporta la cubierta final)	50	

Fuente: Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica, AGIES. *Normas de seguridad estructural de edificios y obras de infraestructura para la República de Guatemala.*

Tomando en consideración el uso de la edificación, los valores de las cargas vivas utilizadas en los marcos para el cálculo estructural son:

Tabla X. Cargas vivas para diseño

Cargas Vivas	
Aulas	200 kg/m^2
Pasillos y escaleras	500 Kg/m^2
Salones de lectura de biblioteca	200 kg/m^2
Área de estanterías de biblioteca	700 kg/m^2
Azotea de concreto	200 kg/m^2

Fuente: elaboración propia.

- **Cargas muertas**

Las cargas muertas son aquellas que permanecen fijas en la estructura: peso propio de los elementos de la edificación (losas, vigas, columnas, puertas, ventanas, tabiques, piso, etc.), equipo y maquinaria fija. Estas cargas no cambian de posición ni de magnitud, actúan perennemente sobre la estructura.

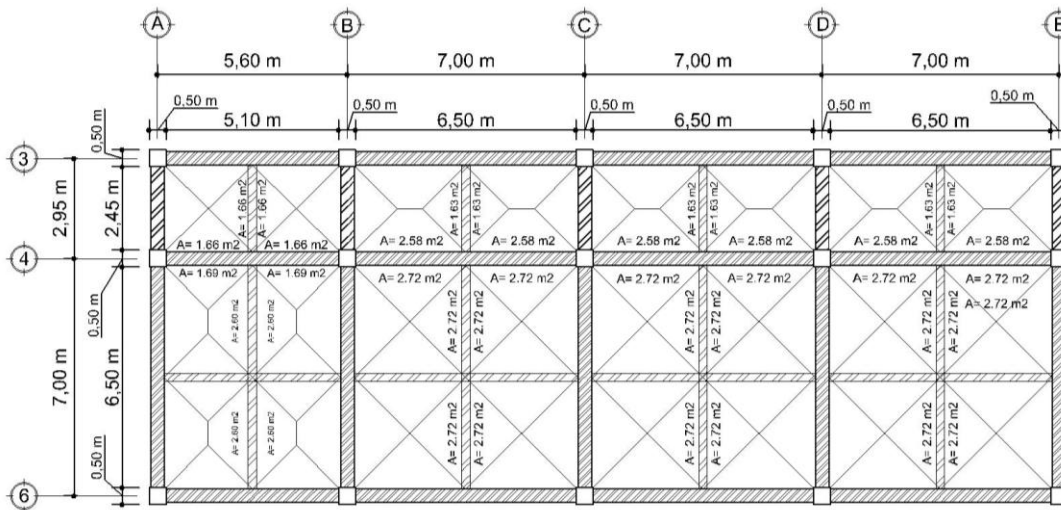
Tabla XI. Cargas muertas para diseño

Cargas muertas	
Peso del concreto	2 400 kg/m^3
Peso de losa	240 kg/m^2
Peso de Vprin T-1	576 kg/ml
Peso de Vprin T-2	216 kg/ml
Peso de Vsec T-1	150 kg/ml
Peso de Vsec T-2	270 kg/ml
Sobrecarga - instalaciones	150 Kg/m^2
Acabados	100 kg/m^2
Muro exterior	180 kg/m^2
Muro interior	100 kg/m^2

Fuente: elaboración propia.

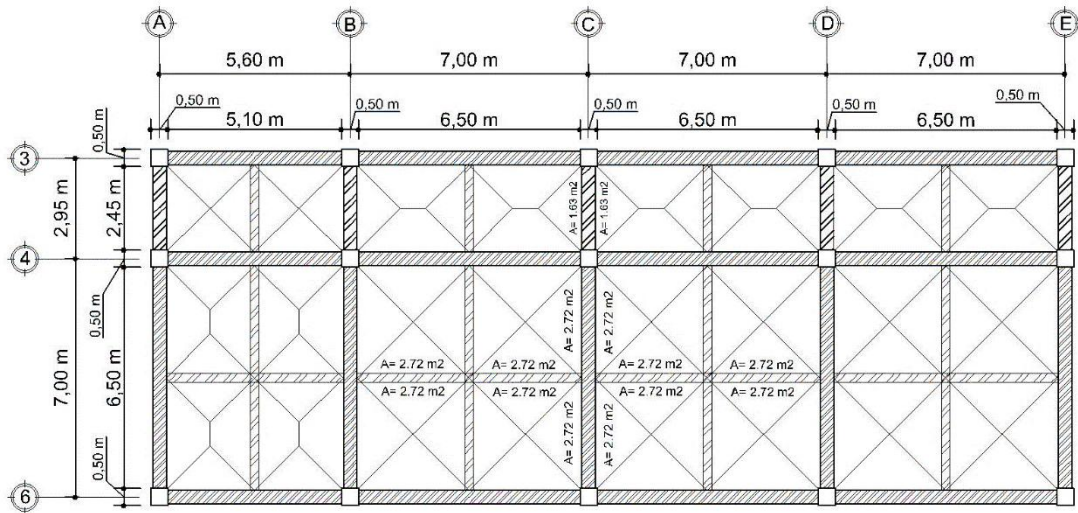
Para indicar el proceso de cálculo, se ejemplificará el procedimiento de la integración de cargas (muertas y vivas) para los marcos críticos del módulo 1 en ambos sentidos, correspondientes a: marco C en sentido X y marco 4 en sentido Y. Los demás marcos de ambos módulos serán calculados de la misma manera.

Figura 20. **Áreas tributarias para el marco 4, ambos niveles, módulo 1**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Figura 21. Áreas tributarias para el marco C, ambos niveles, módulo 1



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

De la figura 20 y 21 se obtienen las áreas tributarias para las vigas necesarias para realizar la integración de cargas en los marcos indicados.

- Integración de cargas verticales en el marco 4, segundo nivel

Para integrar las cargas distribuidas en las vigas del eje, se utilizarán las siguientes ecuaciones:

$$C_v = \sum(W_{Cv \text{ total en viga prin}}) + \sum(W_{Cv \text{ total en viga sec}})$$

$$C_m = \sum(W_{\text{total en viga prin}}) + \sum(W_{\text{total en viga sec}})$$

$$W_{\text{losa}} = (A_{\text{tributaria}} * \text{Peso}_{\text{losa}}) / L_{\text{viga}}$$

$$W_{\text{sobrecarga}} = (A_{\text{tributaria}} * \text{Peso}_{\text{sobrecarga}}) / L_{\text{viga}}$$

$$W_{\text{acabados}} = (A_{\text{tributaria}} * \text{Peso}_{\text{acabados}}) / L_{\text{viga}}$$

$$W_{\text{muro ext}} = (A_{\text{muro}} * \text{Peso}_{\text{muro ext}}) / L_{\text{viga}}$$

$$W_{muro\ int} = (A_{muro} * Peso_{muro\ int})/L_{viga}$$

$$W_{vigas} = Peso_{vigas}$$

$$W_{Cv} = (A_{tributaria} * Peso_{cv})/L_{viga}$$

Debido a que en la estructura se utilizarán vigas secundarias, estas generan en la viga principal una carga puntual que será convertida a carga distribuida por medio de la siguiente expresión:

$$Pp_{viga\ sec} = (W_{viga\ sec} * L_{viga\ secundaria})/2$$

$$W_{total\ V\ sec} = Pp_{viga\ sec}/L_{viga\ principal}$$

Donde:

- $Pp_{viga\ sec}$ = carga puntual que genera la viga secundaria en *kg*
- $W_{total\ V\ sec}$ = conversión de la carga puntual a carga distribuida en *kg/m*
 - Carga muerta (Cm)

Tabla XII. Integración de cargas muertas, marco 4, segundo nivel, módulo 1

Marco 4 N2	Viga principal T-1 (0,40 m x 0,60 m)			
	Tramo A-B	Tramo B-C	Tramo C-D	Tramo D-E
$L_{viga\ prin}$	5,60 m	7,00 m	7,00 m	7,00 m
A_{trib}	8,04 m ²	12,10 m ²	12,10 m ²	12,10 m ²
W_{losa}	344,57 kg/m	414,86 kg/m	414,86 kg/m	414,86 kg/m
W_{viga}	576 kg/m	576 kg/m	576 kg/m	576 kg/m
W_{sobrec}	215,36 kg/m	259,29 kg/m	259,29 kg/m	259,29 kg/m
W_{acab}	143,57 kg/m	172,86 kg/m	172,86 kg/m	172,86 kg/m
W_{total}	1 279,50 kg/m	1 423 kg/m	1 423 kg/m	1 423 kg/m
Marco 4 N2	Viga secundaria T-1 (0,25 m x 0,25 m)			
	Tramo A-B	Tramo B-C	Tramo C-D	Tramo D-E
$L_{viga\ sec}$	2,95 m	2,95 m	2,95 m	2,95 m
A_{trib}	4,12 m ²	4,36 m ²	4,36 m ²	4,36 m ²
W_{losa}	335,19 kg/m	354,71 kg/m	354,71 kg/m	354,71 kg/m

Continuación de la tabla XII.

W_{viga}	150 kg/m	150 kg/m	150 kg/m	150 kg/m
W_{sobrec}	209,49 kg/m	221,69 kg/m	221,69 kg/m	221,69 kg/m
W_{acab}	139,66 kg/m	147,80 kg/m	147,80 kg/m	147,80 kg/m
$W_{viga\ sec}$	834,34 kg/m	874,20 kg/m	874,20 kg/m	874,20 kg/m
$Pp_{viga\ sec}$	1 230,65 kg	1 289,45 kg	1 289,45 kg	1 289,45 kg
$W_{total\ V\ sec}$	219,76 kg/m	184,21 kg/m	184,21 kg/m	184,21 kg/m
Marco 4 N2	Viga secundaria T-2 (0,25 m x 0,45 m)			
	Tramo A-B	Tramo B-C	Tramo C-D	Tramo D-E
$L_{viga\ sec}$	7,00 m	7,00 m	7,00 m	7,00 m
A_{trib}	11,76 m ²	12,24 m ²	12,24 m ²	12,24 m ²
W_{losa}	403,20 kg/m	419,66 kg/m	419,66 kg/m	419,66 kg/m
W_{viga}	270 kg/m	270 kg/m	270 kg/m	270 kg/m
W_{sobrec}	252 kg/m	262,29 kg/m	262,29 kg/m	262,29 kg/m
W_{acab}	168 kg/m	174,86 kg/m	174,86 kg/m	174,86 kg/m
$W_{viga\ sec}$	1 093,20 kg/m	1 126,80 kg/m	1 126,80 kg/m	1 126,80 kg/m
$Pp_{viga\ sec}$	3 826,20 kg	3 943,84 kg	3 943,84 kg	3 943,84 kg
$W_{total\ V\ sec}$	683,25 kg/m	563,40 kg/m	563,40 kg/m	563,40 kg/m

Fuente: elaboración propia.

$$Cm_{A-B} = 1\ 279,50\ kg/m + (219,76\ kg/m + 683,25\ kg/m)$$

$$Cm_{A-B} = 2\ 182,51\ kg/m$$

$$Cm_{B-C} = 1\ 423\ kg/m + (184,21\ kg/m + 563,40\ kg/m)$$

$$Cm_{B-C} = 2\ 170,61\ kg/m$$

$$Cm_{B-C} = Cm_{C-D} = Cm_{D-E}$$

- Carga viva (Cv)

Tabla XIII. Integración de cargas vivas, marco 4 segundo nivel, módulo 1

Marco 4 N2	Viga principal T-1 (0,40 m x 0,60 m)			
	Tramo A-B	Tramo B-C	Tramo C-D	Tramo D-E
$L_{viga\ prin}$	5,60 m	7,00 m	7,00 m	7,00 m
A_{trib}	8,04 m ²	12,10 m ²	12,10 m ²	12,10 m ²
Uso	Azotea	Azotea	Azotea	Azotea
Cv_{azotea}	200 kg/m ²	200 kg/m ²	200 kg/m ²	200 kg/m ²
W_{Cv}	287,14 kg/m	345,71 kg/m	345,71 kg/m	345,71 kg/m

Continuación de la tabla XIII.

Marco 4 N2	Viga secundaria T-1 (0,25 m x 0,25 m)			
	Tramo A-B	Tramo B-C	Tramo C-D	Tramo D-E
$L_{viga\ sec}$	2,95 m	2,95 m	2,95 m	2,95 m
A_{trib}	4,12 m ²	4,36 m ²	4,36 m ²	4,36 m ²
Uso	Azotea	Azotea	Azotea	Azotea
Cv_{azotea}	200 kg/m ²	200 kg/m ²	200 kg/m ²	200 kg/m ²
$W_{Cv\ viga\ sec}$	279,32 kg/m	295,59 kg/m	295,59 kg/m	295,59 kg/m
$PP_{Cv\ viga\ sec}$	412 kg	436 kg	436 kg	436 kg
$W_{Cv\ total\ v\ sec}$	73,57 kg/m	62,29 kg/m	62,29 kg/m	62,29 kg/m
Marco 4 N2	Viga secundaria T-2 (0,25 m x 0,45 m)			
	Tramo A-B	Tramo B-C	Tramo C-D	Tramo D-E
$L_{viga\ sec}$	7,00 m	7,00 m	7,00 m	7,00 m
A_{trib}	11,76 m ²	12,24 m ²	12,24 m ²	12,24 m ²
Uso	Azotea	Azotea	Azotea	Azotea
Cv_{azotea}	200 kg/m ²	200 kg/m ²	200 kg/m ²	200 kg/m ²
$W_{Cv\ viga\ sec}$	336 kg/m	349,71 kg/m	349,71 kg/m	349,71 kg/m
$PP_{Cv\ viga\ sec}$	1 176 kg	1 224 kg	1 224 kg	1 224 kg
$W_{Cv\ total\ v\ sec}$	210 kg/m	174,86 kg/m	174,86 kg/m	174,86 kg/m

Fuente: elaboración propia.

$$Cv_{A-B} = 287,14\ kg/m + (73,57\ kg/m + 210\ kg/m)$$

$$Cv_{A-B} = 570,71\ kg/m$$

$$Cv_{B-C} = 345,71\ kg/m + (62,29\ kg/m + 174,86\ kg/m)$$

$$Cv_{B-C} = 582,86\ kg/m$$

$$Cv_{B-C} = Cv_{C-D} = Cv_{D-E}$$

Tabla XIV. **Cargas vivas y cargas muertas en el marco 4, segundo nivel, módulo 1**

Marco 4 N2	Tramo A-B	Tramo B-C	Tramo C-D	Tramo D-E
Cv	570,71 kg/m	582,86 kg/m	582,86 kg/m	582,86 kg/m
Cm	2 182,51 kg/m	2 170,61 kg/m	2 170,61 kg/m	2 170,61 kg/m

Fuente: elaboración propia.

- Integración de cargas verticales en el marco 4, primer nivel
 - Carga muerta (Cm)

Tabla XV. Integración de cargas muertas, marco 4, primer nivel, módulo 1

Marco 4 N1	Viga principal T-1 (0,40 m x 0,60 m)			
	Tramo A-B	Tramo B-C	Tramo C-D	Tramo D-E
$L_{viga\ prin}$	5,60 m	7,00 m	7,00 m	7,00 m
A_{trib}	8,04 m ²	12,10 m ²	12,10 m ²	12,10 m ²
$A_{muro\ ext}$	20,16 m ²	25,20 m ²	25,20 m ²	25,20 m ²
$A_{muro\ int}$	----	----	----	----
W_{losa}	344,57 kg/m	414,86 kg/m	414,86 kg/m	414,86 kg/m
W_{viga}	576 kg/m	576 kg/m	576 kg/m	576 kg/m
W_{sobrec}	215,36 kg/m	259,29 kg/m	259,29 kg/m	259,29 kg/m
W_{acab}	143,57 kg/m	172,86 kg/m	172,86 kg/m	172,86 kg/m
$W_{muro\ ext}$	648 kg/m	648 kg/m	648 kg/m	648 kg/m
$W_{muro\ int}$	----	----	----	----
W_{total}	1 927,50 kg/m	2 071 kg/m	2 071 kg/m	2 071 kg/m
Marco 4 N1	Viga secundaria T-1 (0,25 m x 0,25 m)			
	Tramo A-B	Tramo B-C	Tramo C-D	Tramo D-E
$L_{viga\ sec}$	2,95 m	2,95 m	2,95 m	2,95 m
A_{trib}	4,12 m ²	4,36 m ²	4,36 m ²	4,36 m ²
$A_{muro\ ext}$	----	----	----	----
$A_{muro\ int}$	----	----	----	----
W_{losa}	335,19 kg/m	354,71 kg/m	354,71 kg/m	354,71 kg/m
W_{viga}	150 kg/m	150 kg/m	150 kg/m	150 kg/m
W_{sobrec}	209,49 kg/m	221,69 kg/m	221,69 kg/m	221,69 kg/m
W_{acab}	139,66 kg/m	147,80 kg/m	147,80 kg/m	147,80 kg/m
$W_{muro\ ext}$	----	----	----	----
$W_{muro\ int}$	----	----	----	----
$W_{viga\ sec}$	834,34 kg/m	874,20 kg/m	874,20 kg/m	874,20 kg/m
$Pp_{viga\ sec}$	1 230,65 kg	1 289,45 kg	1 289,45 kg	1 289,45 kg
$W_{total\ v\ sec}$	219,76 kg/m	184,21 kg/m	184,21 kg/m	184,21 kg/m
Marco 4 N1	Viga secundaria T-2 (0,25 m x 0,45 m)			
	Tramo A-B	Tramo B-C	Tramo C-D	Tramo D-E
$L_{viga\ sec}$	7,00 m	7,00 m	7,00 m	7,00 m
A_{trib}	11,76 m ²	12,24 m ²	12,24 m ²	12,24 m ²
$A_{muro\ ext}$	25,20 m ²	----	----	----
$A_{muro\ int}$	----	----	----	----
W_{losa}	403,20 kg/m	419,66 kg/m	419,66 kg/m	419,66 kg/m
W_{viga}	270 kg/m	270 kg/m	270 kg/m	270 kg/m
W_{sobrec}	252 kg/m	262,29 kg/m	262,29 kg/m	262,29 kg/m
W_{acab}	168 kg/m	174,86 kg/m	174,86 kg/m	174,86 kg/m
$W_{muro\ ext}$	648 kg/m	----	----	----
$W_{muro\ int}$	----	----	----	----
$W_{viga\ sec}$	1 741,20 kg/m	1 126,80 kg/m	1 126,80 kg/m	1 126,80 kg/m
$Pp_{viga\ sec}$	6 094,20 kg	3 943,80 kg	3 943,80 kg	3 943,80 kg
$W_{total\ v\ sec}$	1 088,25 kg/m	563,40 kg/m	563,40 kg/m	563,40 kg/m

Fuente: elaboración propia.

$$Cm_{A-B} = 1\,927,50 \text{ kg/m} + (219,76 \text{ kg/m} + 1\,088,25 \text{ kg/m})$$

$$Cm_{A-B} = 3\,235,51 \text{ kg/m}$$

$$Cm_{B-C} = 2\,071 \text{ kg/m} + (184,21 \text{ kg/m} + 563,40 \text{ kg/m})$$

$$Cm_{B-C} = 2\,818,61 \text{ kg/m}$$

$$Cm_{B-C} = Cm_{C-D} = Cm_{D-E}$$

- Carga viva (Cv)

Tabla XVI. Integración de cargas vivas, marco 4, primer nivel, módulo 1

Marco 4 N1	Viga principal T-1 (0,40 m x 0,60 m)			
	Tramo A-B	Tramo B-C	Tramo C-D	Tramo D-E
$L_{viga\ prin}$	5,60 m	7,00 m	7,00 m	7,00 m
$A_{trib\ Aulas}$	3,92 m ²	6,12 m ²	6,12 m ²	6,12 m ²
USO	Aulas	Aulas	Aulas	Aulas
$Cv\ Aulas$	200 kg/m ²	200 kg/m ²	200 kg/m ²	200 kg/m ²
$A_{trib\ Pasillos}$	4,12 m ²	5,98 m ²	5,98 m ²	5,98 m ²
USO	Pasillos	Pasillos	Pasillos	Pasillos
$Cv\ Pasillos$	500 kg/m ²	500 kg/m ²	500 kg/m ²	500 kg/m ²
W_{aulas}	140 kg/m	174,86 kg/m	174,86 kg/m	174,86 kg/m
$W_{pasillos}$	367,86 kg/m	427,14 kg/m	427,14 kg/m	427,14 kg/m
W_{Cv}	507,86 kg/m	602 kg/m	602 kg/m	602 kg/m
Marco 4 N1	Viga secundaria T-1 (0,25 m x 0,25 m)			
	Tramo A-B	Tramo B-C	Tramo C-D	Tramo D-E
$L_{viga\ sec}$	2,95 m	2,95 m	2,95 m	2,95 m
$A_{trib\ Pasillos}$	4,12 m ²	4,36 m ²	4,36 m ²	4,36 m ²
USO	Pasillos	Pasillos	Pasillos	Pasillos
$Cv\ Pasillos$	500 kg/m ²	500 kg/m ²	500 kg/m ²	500 kg/m ²
$W_{Cv\ viga\ sec}$	698,31 kg/m	738,98 kg/m	738,98 kg/m	738,98 kg/m
$Pp_{Cv\ viga\ sec}$	1 030 kg	1 090 kg	1 090 kg	1 090 kg
$W_{Cv\ total\ V\ sec}$	183,93 kg/m	155,71 kg/m	155,71 kg/m	155,71 kg/m
Marco 4 N1	Viga secundaria T-2 (0,25 m x 0,45 m)			
	Tramo A-B	Tramo B-C	Tramo C-D	Tramo D-E
$L_{viga\ sec}$	7,00 m	7,00 m	7,00 m	7,00 m
$A_{trib\ Aulas}$	11,76 m ²	12,24 m ²	12,24 m ²	12,24 m ²
USO	Aulas	Aulas	Aulas	Aulas
$Cv\ Aulas$	200 kg/m ²	200 kg/m ²	200 kg/m ²	200 kg/m ²
$W_{Cv\ viga\ sec}$	336 kg/m	349,71 kg/m	349,71 kg/m	349,71 kg/m
$Pp_{Cv\ viga\ sec}$	1 176 kg	1 224 kg	1 224 kg	1 224 kg
$W_{Cv\ total\ V\ sec}$	210 kg/m	174,86 kg/m	174,86 kg/m	174,86 kg/m

Fuente: elaboración propia.

$$Cv_{A-B} = 507,86 \text{ kg/m} + (183,93 \text{ kg/m} + 210 \text{ kg/m})$$

$$Cv_{A-B} = 901,79 \text{ kg/m}$$

$$Cv_{B-C} = 602 \text{ kg/m} + (155,71 \text{ kg/m} + 174,86 \text{ kg/m})$$

$$Cv_{B-C} = 932,57 \text{ kg/m}$$

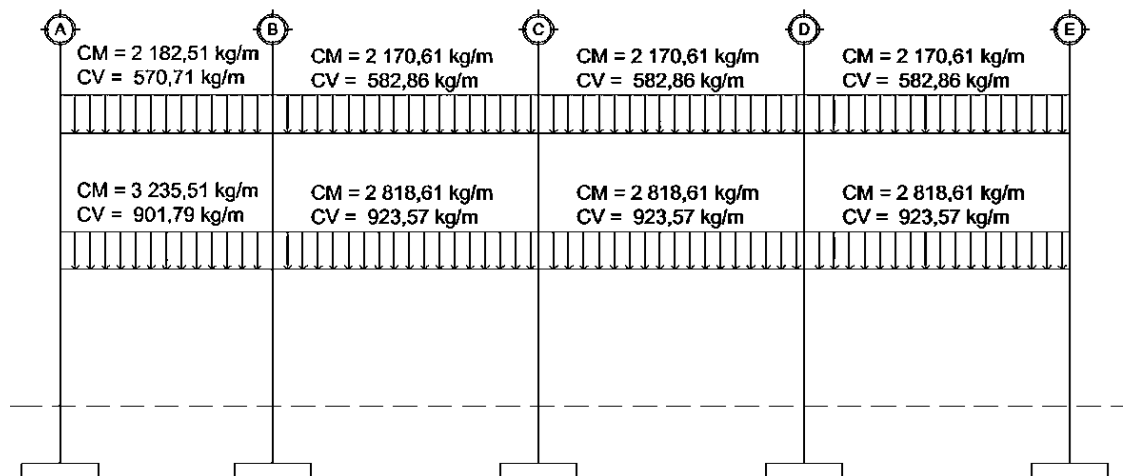
$$Cv_{B-C} = Cv_{C-D} = Cv_{D-E}$$

Tabla XVII. Cargas vivas y muertas en el marco 4, primer nivel, módulo 1

Marco 4 N1	Tramo A-B	Tramo B-C	Tramo C-D	Tramo D-E
<i>Cv</i>	901,79 kg/m	923,57 kg/m	923,57 kg/m	923,57 kg/m
<i> Cm</i>	3 235,51 kg/m	2 818,61 kg/m	2 818,61 kg/m	2 818,61 kg/m

Fuente: elaboración propia.

Figura 22. Cargas verticales en marco 4, sentido Y, módulo 1



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

- Integración de cargas verticales en el marco C, segundo nivel
 - Carga muerta (Cm)

Tabla XVIII. Integración de cargas muertas, marco C, segundo nivel, módulo 1

Marco C N2	Viga principal T-2 (0,30 m x 0,30 m)	Viga principal T-1 (0,40 m x 0,60 m)
	Tramo 3-4	Tramo 4-6
$L_{viga\ prin}$	2,95 m	7,00 m
A_{trib}	4,36 m ²	12,24 m ²
W_{losa}	354,71 kg/m	419,66 kg/m
W_{viga}	216 kg/m	576 kg/m
W_{sobrec}	221,69 kg/m	262,29 kg/m
W_{acab}	147,80 kg/m	174,86 kg/m
W_{total}	940,20 kg/m	1 432,80 kg/m
Marco C N2	----	Viga secundaria T-2 (0,25 m x 0,45 m)
	Tramo 3-4	Tramo 4-6
$L_{viga\ sec}$	----	7,00 m
A_{trib}	----	12,24 m ²
W_{losa}	----	419,66 kg/m
W_{viga}	----	270 kg/m
W_{sobrec}	----	262,29 kg/m
W_{acab}	----	174,86 kg/m
$W_{viga\ sec}$	----	1 126,80 kg/m
$Pp_{viga\ sec}$	----	3 943,80 kg
$W_{total\ V\ sec}$	----	563,40 kg/m
Marco C N2	----	Viga secundaria T-2 (0,25 m x 0,45 m)
	Tramo 3-4	Tramo 4-6
$L_{viga\ sec}$	----	7,00 m
A_{trib}	----	12,24 m ²
W_{losa}	----	419,66 kg/m
W_{viga}	----	270 kg/m
W_{sobrec}	----	262,29 kg/m
W_{acab}	----	174,86 kg/m
$W_{viga\ sec}$	----	1 126,80 kg/m
$Pp_{viga\ sec}$	----	3 943,80 kg
$W_{total\ V\ sec}$	----	563,40 kg/m

Fuente: elaboración propia.

$$Cm_{3-4} = 940,20 \text{ kg/m}$$

$$Cm_{4-6} = 1\,432,80 \text{ kg/m} + (563,40 \text{ kg/m} + 563,40 \text{ kg/m})$$

$$Cm_{4-6} = 2\,559,60 \text{ kg/m}$$

- Carga viva (Cv)

Tabla XIX. Integración de cargas vivas, marco C, segundo nivel, módulo 1

Marco C N2	Viga principal T-2 (0,30 m x 0,30 m)	Viga principal T-1 (0,40 m x 0,60 m)
	Tramo 3-4	Tramo 4-6
$L_{viga\ prin}$	2,95 m	7,00 m
A_{trib}	4,36 m ²	12,24 m ²
Uso	Azotea	Azotea
Cv_{azotea}	200 kg/m ²	200 kg/m ²
W_{Cv}	295,59 kg/m	349,71 kg/m
Marco C N2	----	Viga secundaria T-2 (0,25 m x 0,45 m)
	Tramo 3-4	Tramo 4-6
$L_{viga\ sec}$	----	7,00 m
A_{trib}	----	12,24 m ²
Uso	----	Azotea
Cv_{azotea}	----	200 kg/m ²
$W_{Cv\ viga\ sec}$	----	349,71 kg/m
$Pp_{Cv\ viga\ sec}$	----	1 224 kg
$W_{Cv\ total\ v\ sec}$	----	174,86 kg/m
Marco C N2	----	Viga secundaria T-2 (0,25 m x 0,45 m)
	Tramo 3-4	Tramo 4-6
$L_{viga\ sec}$	----	7,00 m
A_{trib}	----	12,24 m ²
Uso	----	Azotea
Cv_{azotea}	----	200 kg/m ²
$W_{Cv\ viga\ sec}$	----	349,71 kg/m
$Pp_{Cv\ viga\ sec}$	----	1 224 kg
$W_{Cv\ total\ v\ sec}$	----	174,86 kg/m

Fuente: elaboración propia.

$$Cv_{3-4} = 295,59 \text{ kg/m}$$

$$Cv_{4-6} = 349,71 \text{ kg/m} + (174,86 \text{ kg/m} + 174,86 \text{ kg/m})$$

$$Cv_{4-6} = 699,43 \text{ kg/m}$$

Tabla XX. **Cargas vivas y cargas muertas en el marco C, segundo nivel, módulo 1**

Marco C N2	Tramo 3-4	Tramo 4-6
C_v	295,59 kg/m	699,43 kg/m
C_m	940,20 kg/m	2 559,60 kg/m

Fuente: elaboración propia.

- Integración de cargas verticales en el marco C, primer nivel
 - Carga muerta (C_m)

Tabla XXI. **Integración de cargas muertas marco C, primer nivel, módulo 1**

Marco C N1	Viga principal T-2 (0,30 m x 0,30 m)	Viga principal T-1 (0,40 m x 0,60 m)
	Tramo 3-4	Tramo 4-6
$L_{viga\ prin}$	2,95 m	7,00 m
A_{trib}	4,36 m ²	12,24 m ²
$A_{muro\ ext}$	----	----
$A_{muro\ int}$	----	25,20 m ²
W_{losa}	354,71 kg/m	419,66 kg/m
W_{viga}	216 kg/m	576 kg/m
W_{sobrec}	221,69 kg/m	262,29 kg/m
W_{acab}	147,80 kg/m	174,86 kg/m
$W_{muro\ ext}$	----	----
$W_{muro\ int}$	----	360 kg/m
W_{total}	940,20 kg/m	1 792,80 kg/m
Marco C N1	----	Viga secundaria T-2 (0,25 m x 0,45 m)
	Tramo 3-4	Tramo 4-6
$L_{viga\ sec}$	----	7,00 m
A_{trib}	----	12,24 m ²
$A_{muro\ ext}$	----	----
$A_{muro\ int}$	----	----
W_{losa}	----	419,66 kg/m
W_{viga}	----	270 kg/m
W_{sobrec}	----	262,29 kg/m
W_{acab}	----	174,86 kg/m
$W_{muro\ ext}$	----	----
$W_{muro\ int}$	----	----
$W_{viga\ sec}$	----	1 126,80 kg/m

Continuación de la tabla XXI.

$Pp_{viga\ sec}$	----	3 943,80 kg
$W_{total\ V\ sec}$	----	563,40 kg/m
Marco C N1	----	VIGA secundaria T-2 (0,25 m x 0,45 m)
	Tramo 3-4	Tramo 4-6
$L_{viga\ sec}$	----	7,00 m
A_{trib}	----	12,24 m ²
$A_{muro\ ext}$	----	----
$A_{muro\ int}$	----	----
W_{losa}	----	419,66 kg/m
W_{viga}	----	270 kg/m
W_{sobrec}	----	262,29 kg/m
W_{acab}	----	174,86 kg/m
$W_{muro\ ext}$	----	----
$W_{muro\ int}$	----	----
$W_{viga\ sec}$	----	1 126,80 kg/m
$Pp_{viga\ sec}$	----	3 943,80 kg
$W_{total\ V\ sec}$	----	563,40 kg/m

Fuente: elaboración propia.

$$Cm_{3-4} = 940,20\ kg/m$$

$$Cm_{4-6} = 1\ 792,80\ kg/m + (563,40\ kg/m + 563,40\ kg/m)$$

$$Cm_{4-6} = 2\ 919,60\ kg/m$$

- Carga viva (Cv)

Tabla XXII. Integración de cargas vivas marco C, primer nivel, módulo 1

Marco C N1	Viga principal T-2 (0,30 m x 0,30 m)	Viga principal T-1 (0,40 m x 0,60 m)
	Tramo 3-4	Tramo 4-6
$L_{viga\ prin}$	2,95 m	7,00 m
$A_{trib\ Aulas}$	----	12,24 m ²
Uso	----	Aulas
Cv_{Aulas}	----	200 kg/m ²
$A_{trib\ Pasillos}$	4,36 m ²	----
Uso	Pasillos	----
$Cv_{Pasillos}$	500 kg/m ²	----
W_{aulas}	----	349,71 kg/m
$W_{Pasillos}$	738,98 kg/m	----
W_{Cv}	738,98 kg/m	349,71 kg/m

Continuación de la tabla XXII.

Marco C N1	----	Viga secundaria T-2 (0,25 m x 0,45 m)
	Tramo 3-4	Tramo 4-6
$L_{viga\ sec}$	----	7,00 m
$A_{trib\ pasillos}$	----	12,24 m ²
Uso	----	Aulas
$Cv\ pasillos$	----	200 kg/m ²
$W_{cv\ viga\ sec}$	----	349,71 kg/m
$Pp_{cv\ viga\ sec}$	----	1 224 kg
$W_{cv\ total\ v\ sec}$	----	174,86 kg/m
Marco C N1	----	Viga secundaria T-2 (0,25 m x 0,45 m)
	Tramo 3-4	Tramo 4-6
$L_{viga\ sec}$	----	7,00 m
$A_{trib\ pasillos}$	----	12,24 m ²
Uso	----	Aulas
$Cv\ pasillos$	----	200 kg/m ²
$W_{cv\ viga\ sec}$	----	349,71 kg/m
$Pp_{cv\ viga\ sec}$	----	1 224 kg
$W_{cv\ total\ v\ sec}$	----	174,86 kg/m

Fuente: elaboración propia.

$$Cv_{3-4} = 738,98\ kg/m$$

$$Cv_{4-6} = 349,71\ kg/m + (174,86\ kg/m + 174,86\ kg/m)$$

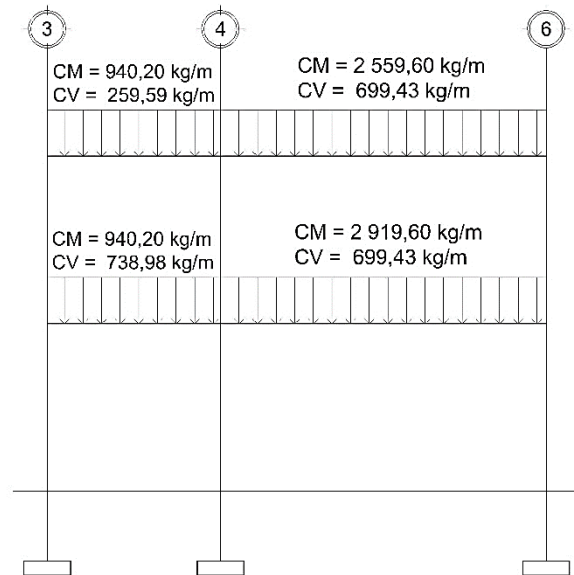
$$Cv_{4-6} = 699,43\ kg/m$$

Tabla XXIII. **Cargas vivas y cargas muertas en el marco C, primer nivel, módulo 1**

Marco C N1	Tramo 3-4	Tramo 4-6
Cv	738,98 kg/m	699,43 kg/m
Cm	940,20 kg/m	2 919,60 kg/m

Fuente: elaboración propia

Figura 23. **Cargas verticales en marco C, sentido X, módulo 1**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

2.1.2.3.2. **Cargas horizontales**

Al igual que las cargas vivas, este tipo de cargas son inciertas tanto en su magnitud como en distribución. Las cargas horizontales son aquellas que actúan de forma perpendicular a la línea de acción de la fuerza de gravedad, estas cargas pueden ser producidas principalmente por el viento, sismo y por presión del suelo. Son cargas puramente dinámicas.

Generalmente, en el análisis estructural, se considera únicamente la fuerza de sismo, debido a la altura de las edificaciones y que Guatemala es un país con alto riesgo sísmico, ya que el territorio nacional está distribuido en tres placas tectónicas: Norteamérica, Caribe y Cocos. Por esta razón, se diseñan los edificios tomando en cuenta que las fuerzas debido al sismo, serán las fuerzas horizontales más críticas para la estructura.

Para realizar el cálculo de las fuerzas de sismo, las normas NSE 3-10 del AGIES determina el procedimiento a seguir empleando el método de la carga sísmica estática equivalente, el cual permite que las solicitaciones sísmicas sean modeladas como fuerzas estáticas horizontales aplicadas externamente a lo alto y ancho de la edificación. El total de las fuerzas sísmicas equivalentes que actúan sobre la edificación, en cada dirección de análisis, se representa por medio del cortante estático equivalente al límite de cedencia (cortante basal) en la base de la estructura.

- Masa (peso) sísmico efectivo total ($W_{s\ Total}$)

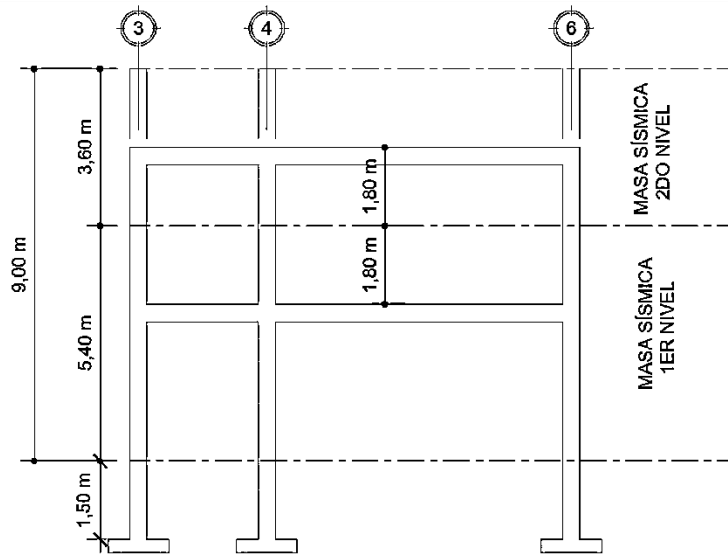
Para realizar la integración del peso sísmico total de la estructura, se hace uso del criterio de los pesos por nivel o teoría de medios niveles (estático equivalente), que consiste en concentrar el peso de un nivel justo a la mitad del nivel superior. Para el último nivel se considera una ampliación futura.

$$W_{s\ Total} = 100 \% * C_{m_s\ Total} + 25 \% C_{v_s\ Total}$$

Donde:

- $W_{s\ Total}$ = peso sísmico efectivo de la edificación
- $C_{m_s\ Total}$ = peso carga muerta sísmica total (ambos niveles)
- $C_{v_s\ Total}$ = peso carga viva sísmica total (ambos niveles)

Figura 24. **Peso sísmico por nivel (teórica de medios niveles)**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Con los datos de la figura 20, las alturas de los elementos verticales serán considerados como:

- Altura de elementos verticales en el segundo nivel = 3,60 m
- Altura de elementos verticales en el primer nivel = 5,40 m
- Carga muerta sísmica

La carga muerta sísmica incluye el peso propio de los elementos estructurales, la sobrecarga e instalaciones, los acabados, los muros interiores y exteriores. Y se toma en consideración la altura modificada de los elementos verticales.

Datos generales:

- γ_c = peso específico del concreto ($2\,400\text{ kg/m}^3$)
- P_{sc} = peso de la sobrecarga e instalaciones (150 kg/m^2)
- P_{acab} = peso de los acabados (100 kg/m^2)
- $P_{muro\ ext}$ = peso de muro exterior (180 kg/m^2)
- $P_{muro\ int}$ = peso de muro interior (100 kg/m^2)

Tabla XXIV. **Peso unitario de elementos estructurales**

Elemento	b	h	t	Peso unitario
Losa	----	----	0,10 m	240 kg/m ²
Columna	0,50 m	0,50 m	----	600 kg/ml
V prin T-1	0,40 m	0,60 m	----	576 kg/ml
V prin T-2	0,30 m	0,30 m	----	216 kg/ml
V sec T-1	0,25 m	0,25 m	----	150 kg/ml
V sec T-2	0,25 m	0,45 m	----	270 kg/ml

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXV. **Peso sísmico carga muerta, módulo 1**

N2	Peso sísmico carga muerta		
Elemento	Peso unitario	Cantidad	Peso total
Losa	240 kg/m ²	264,67 m ²	63 520,80 kg
Columna	600 kg/ml	54,00 ml	32 400 kg
V prin T-1	576 kg/ml	114,80 ml	66 124,80 kg
V prin T-2	216 kg/ml	14,75 ml	3 186 kg
V sec T-1	150 kg/ml	11,80 ml	1 770 kg
V sec T-2	270 kg/ml	54,60 ml	14 742 kg
Muro ext	180 kg/m ²	292,32 m ²	52 617,60 kg
Muro Int	100 kg/m ²	50,40 m ²	5 040 kg
Sobrecarga - instalaciones	150 kg/m ²	264,67 m ²	39 700,50 kg
Acabados	100 kg/m ²	264,67 m ²	26 467 kg
Peso carga muerta total N2			305 568,70 kg
N1	Peso sísmico carga muerta		
Elemento	Peso unitario	Cantidad	Peso total
Losa	240 kg/m ²	264,67 m ²	63 520,80 kg
Columna	600 kg/ml	81,00 ml	48 600 kg
V prin T-1	576 kg/ml	114,80 ml	66 124,80 kg
V prin T-2	216 kg/ml	14,75 ml	3 186 kg
V sec T-1	150 kg/ml	11,80 ml	1 770 kg
V sec T-2	270 kg/ml	54,60 ml	14 742 kg

Continuación de la tabla XXV.

Muro ext	180 kg/m ²	474,23 m ²	85 361,40 kg
Muro Int	100 kg/m ²	75,60 m ²	7 560 kg
Sobrecarga - instalaciones	150 kg/m ²	264,67 m ²	39 700,50 kg
Acabados	100 kg/m ²	264,67 m ²	26 467 kg
Peso carga muerta total N1			357 032,50 kg

Fuente: elaboración propia.

○ Carga viva sísmica

La carga viva sísmica incluye el 25 % del peso generado por el uso de la losa. Para el segundo nivel, el área total de losa se emplea como azotea; para el primer nivel, el área total de la losa se divide entre uso de aulas y de pasillos y escaleras.

Tabla XXVI. **Peso sísmico carga viva, Módulo 1**

N2		Peso sísmico carga viva	
Uso	Carga	Cantidad	Peso total
Azotea	200 kg/m ²	264,67 m ²	52 934 kg
Peso carga viva total N2			52 934 kg
25 % Peso carga viva total N2			13 233,50 kg
N1		Peso sísmico carga viva	
Uso	Carga	Cantidad	Peso total
Aulas	200 kg/m ²	186,20 m ²	37 240 kg
Pasillos y escaleras	500 kg/m ²	78,47 m ²	39 235 kg
Peso carga viva total N1			76 475 kg
25 % Peso carga viva total N1			19 118,75 kg

Fuente: elaboración propia.

○ Peso sísmico efectivo total

Unificando los pesos sísmicos de cargas muertas y vivas de ambos niveles, se puede calcular el peso sísmico efectivo total de la estructura, mostrado en la siguiente tabla.

Tabla XXVII. **Peso sísmico efectivo total**

Peso sísmico efectivo total					
Nivel	Cm_s	Cv_s	25% Cv_s	W_{Total} ($Cm_s + Cv_s$)	$W_{s Total}$ ($Cm_s + 25\% * Cv_s$)
Nivel 2	305 568,70 kg	52 934 kg	13 233,50 kg	358 502,70 kg	318 802,20 kg
Nivel 1	357 032,50 kg	76 475 kg	19 118,75 kg	433 507,50 kg	376 151,25kg
Peso sísmico efectivo total				792 010,20 kg	694 953,45 kg

Fuente: elaboración propia.

$$W_{s Total} = 694\,953,45\text{ kg.}$$

- Cortante basal al límite de cedencia (V_b) AGIES NSE 3-10

Para obtener el valor del cortante basal, se utiliza la siguiente fórmula:

$$V_b = W_{s Total} * C_s$$

Donde:

- V_b = cortante basal en la base de la estructura
- $W_{s Total}$ = peso sísmico efectivo de la edificación
- C_s = coeficiente sísmico de diseño
 - Índice de sismicidad

Tabla XXVIII. **Índice de sismicidad por municipio**

No.	Departamento	Municipio	I_o	S_{cr}	S_{1r}
325	Guatemala	Villa Nueva	4,00	1,65 g	0,60 g

Fuente: elaboración propia..

Donde:

- I_o = índice de sismicidad.
- S_{cr} = ordenada espectral de periodo corto del sismo extremo considerado en el basamento de roca en el sitio de interés.
- S_{1r} = ordenada espectral de periodo 1 s. del sismo extremo considerado en el basamento de roca en el sitio de interés.
 - Clasificación de categoría ocupacional de obra

Tabla XXIX. **Categoría ocupacional de obra**

Categoría	Obras	Descripción
I	Utilitarias	Son las obras que albergan personas de manera incidental; que no tienen instalaciones de estar, de trabajo o no son habitables; obras auxiliares de infraestructura.
II	Ordinarias	Son las obras que no están en las categorías I, III o IV.
III	Importantes	Son las que albergan a más de 300 personas; en las que se prestan servicios importantes (pero no esenciales después de un desastre) a gran número de personas o entidades, obras que albergan valores culturales reconocidos o equipo de alto costo.
IV	Esenciales	Son las que deben permanecer esencialmente operativas durante y después de un desastre o evento. Tales como: centrales telefónicas, instalaciones de salud, estaciones de bomberos y policías, aeropuertos, plantas de energía, instalaciones municipales y de gobierno, entre otras.

Fuente: Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica, AGIES. *Normas de seguridad estructural de edificios y obras de infraestructura para la República de Guatemala.*

p. 7.

Un edificio escolar es clasificado en la categoría ocupacional de obra como una obra importante.

Clase de obra = Importante

- Nivel de protección

Tabla XXX. **Nivel mínimo de protección sísmica y probabilidad del sismo de diseño**

Índice de sismicidad	Clase de obra			
	Esencial	Importante	Ordinaria	Utilitaria
$I_o = 5$	E	E	D	C
$I_o = 4$	E	D	D	C
$I_o = 3$	D	C	C	B
$I_o = 2$	C	B	B	A
Probabilidad de exceder el sismo de diseño	5 % en 50 años	5 % en 50 años	10 % en 50 años	No aplica

Fuente: Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica, AGIES. *Normas de seguridad estructural de edificios y obras de infraestructura para la República de Guatemala.*

p. 11.

Nivel de protección = D

Probabilidad de exceder el sismo de diseño = 5 % en 50 años

- Sistema estructural

Tabla XXXI. **Clasificación de los sistemas estructurales**

Clasificación	Sistema	Descripción
E1	Marcos	Sistema integrado con marcos de columnas y vigas que soportan todas las cargas verticales y horizontales. Los marcos están unidos entre sí por diafragmas de piso horizontales.
E2	Cajón	Sistema formado por losas actuando como diafragmas en el plano horizontal, sostenidas por muros estructurales. Los muros soportarán todas las solicitaciones horizontales y parte de las verticales.
E3	Combinado	Es un sistema formado por losas actuando como diafragmas horizontales, sostenidas por una combinación de muros estructurales y marcos.
E4	Dual	El sistema E4 es similar al sistema E3 en todos los aspectos, excepto que deberá contener marcos especiales cuya capacidad residual será al menos el 25% de las solicitaciones sísmicas totales.
E5-1	Soportes en voladizo	Estructuras de un solo nivel o que constituyen el nivel superior de otras estructuras en las que columnas y/o muros soportan las cargas verticales y también todas las cargas horizontales actuando como voladizos verticales sin acción de marco en la dirección de la carga horizontal.
E5-2	Péndulo invertido	Sistema relativamente esbelto, más del 50% de la masa del sistema está concentrada en el extremo superior y la estabilidad lateral de la masa depende de una restricción a momento.

Fuente: Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica, AGIES. *Normas de seguridad estructural de edificios y obras de infraestructura para la República de Guatemala.*

p. 5.

Sistema estructural = E1 (marcos estructurales)

- Periodo fundamental de vibración

El periodo fundamental de vibración de una edificación se estimará en forma empírica y genérica como:

$$T_a = K_t * (h_n)^x$$

Donde:

- T_a = periodo fundamental de vibración de una edificación
- K_t, x = factores de acuerdo al sistema estructural y fachada del edificio
- h_n = altura medida desde la base hasta el piso más alto

Para un sistema estructural *E1*, de marcos de concreto reforzado con fachadas rígidas (no fachadas de vidrio ni paneles livianos) $K_t = 0,047$ y $x = 0,85$, y la altura total del edificio es de $h_n = 9,00 m$.

$$T_a = 0,047 * (9,00 m)^{0,85} \quad ; \quad T_a = 0,30 s$$

- Clase de sitio

Tabla XXXII. **Guía para clasificación de sitio**

Clase de sitio	
AB	Roca
C	Suelo muy denso o roca suave
D	Suelo firme y rígido
E	Suelo suave
F	Suelo con problemas especiales

Fuente: Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica, AGIES. *Normas de seguridad estructural de edificios y obras de infraestructura para la República de Guatemala.*

p. 21.

Con base en el estudio de suelos, la clasificación para la clase de sitio será de tipo *D* siendo este un suelo firme y rígido.

- Tipo de fuente sísmica

De acuerdo a la ubicación del terreno en donde se construirá la edificación y la cercanía a este de las fallas activas, se debe clasificar el tipo de fuente sísmica más próxima a la ubicación de terreno.

Tabla XXXIII. **Clasificación de tipo de fuente sísmica**

Tipo de fuente	Descripción
A	Fallas geológicas capaces de generar eventos de gran magnitud y con alta tasa de sismicidad.
B	Fallas geológicas que no son A o C.
C	Fallas geológicas incapaces de generar eventos de gran magnitud y que tienen baja tasa de sismicidad.

Fuente: Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica, AGIES. *Normas de seguridad estructural de edificios y obras de infraestructura para la República de Guatemala.*

p. 21.

El proyecto estará situado en la colonia Villalobos I del municipio de Villa Nueva, a cercanías de esta ubicación no existe una falla geológica próxima capaz de generar eventos de gran magnitud, por lo tanto, la clasificación del tipo de fuente sísmica será de tipo *C*.

- Ajustes por clase de sitio e intensidad sísmica

$$S_{cs} = S_{cr} * F_a * N_a$$

$$S_{1s} = S_{1r} * F_v * N_v$$

Donde:

- S_{cs} = ordenada espectral ajustada del sismo extremo en el sitio de interés para estructuras con período de vibración corto.
- S_{1s} = ordenada espectral ajustada del sismo extremo en el sitio de interés para estructuras con período de vibración de 1 s.
- F_a, F_v = coeficientes de sitio para períodos de vibración cortos y largos, respectivamente.
- N_a, N_v = coeficiente por proximidad de las amenazas especiales para períodos de vibración cortos y largos, respectivamente.

Tabla XXXIV. **Coefficientes de sitio F_a y F_v**

Clase de sitio	Índice de sismicidad									
	2a		2b		3a		3b		4	
	F_a	F_v	F_a	F_v	F_a	F_v	F_a	F_v	F_a	F_v
AB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
C	1,2	1,7	1,0	1,6	1,0	1,5	1,0	1,4	1,0	1,3
D	1,4	2,0	1,2	1,8	1,1	1,7	1,1	1,6	1,1	1,5
E	1,7	3,2	1,2	2,8	1,0	2,6	0,9	2,4	0,9	2,4
F	Se requiere evaluación específica									

Fuente: Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica, AGIES. *Normas de seguridad estructural de edificios y obras de infraestructura para la República de Guatemala.*

p. 15.

$$F_a = 1,00 \quad F_v = 1,50$$

Tabla XXXV. **Factores para períodos de vibración N_a y N_v**

Tipo de fuente	Distancia horizontal más cercana a la fuente sísmica					
	≤ 2 km		5 km		≥ 10 km	
	N_a	N_v	N_a	N_v	N_a	N_v
A	1,25	1,4	1,12	1,2	1,0	1,1
B	1,12	1,2	1,0	1,1	1,0	1,0
C	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Fuente: Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica, AGIES. *Normas de seguridad estructural de edificios y obras de infraestructura para la República de Guatemala.*

p. 24.

$$N_a = 1,00$$

$$N_v = 1,00$$

$$S_{CS} = 1,65 * 1,00 * 1,00 \quad ; \quad S_{CS} = 1,65$$

$$S_{1S} = 0,60 * 1,50 * 1,00 \quad ; \quad S_{1S} = 0,90$$

- Construcción de espectros de diseño

Los siguientes factores determinan los niveles de diseño.

- Factores de escala

Tabla XXXVI. Factores de escala

Factores de escala		
Sismo	Probabilidad	K_d
Ordinario	10% probabilidad de ser excedido en 50 años	0,66
Severo	5% probabilidad de ser excedido en 50 años	0,80
Extremo	2% probabilidad de ser excedido en 50 años	1,00
Mínimo	condición de excepción	0,55

Fuente: Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica, AGIES. *Normas de seguridad estructural de edificios y obras de infraestructura para la República de Guatemala.*

p. 21.

Como la probabilidad de exceder el sismo de diseño es del 5 % en 50 años, se clasifica al sismo como un sismo severo con un $K_d = 0,80$.

- Espectro calibrado al nivel de diseño requerido

$$S_{cd} = S_{cs} * K_d$$

$$S_{1d} = S_{1s} * K_d$$

Donde:

- S_{cd} = espectro calibrado al sismo de diseño
- S_{1d} = espectro calibrado a 1 segundo

- K_d = factor de determinación de los niveles de diseño

$$S_{cd} = 1,65 * 0,80 \quad ; \quad S_{cd} = 1,32$$

$$S_{1d} = 0,90 * 0,80 \quad ; \quad S_{1d} = 0,72$$

- Período de transición

$$T_s = \frac{S_{1d}}{S_{cd}}$$

Donde:

- T_s = período expresado en segundos que separa los períodos cortos de los largos.

$$T_s = \frac{0,72}{1,32} \quad ; \quad T_s = 0,55$$

- Ordenada espectral $S_a(T)$

$$S_a(T) = S_{cd} \quad ; \quad si \quad T_a \leq T_s$$

$$S_a(T) = \frac{S_{1d}}{T_a} \quad ; \quad si \quad T_a > T_s$$

Donde:

- $S_a(T)$ = demanda sísmica de diseño para una estructura con periodo T obtenida del espectro de diseño sísmico establecido por el sitio.

$$T_a \leq T_s \quad ; \quad 0,30 \text{ s} \leq 0,55 \text{ s}$$

$$S_a(T) = S_{cd} \quad ; \quad S_a(T) = 1,32$$

○ Coeficiente sísmico de diseño

Para realizar el cálculo de este coeficiente, es necesario conocer la ubicación y el tipo de suelo del terreno a utilizar, el sistema estructural de la edificación, el uso y altura de la estructura, características unificadas en todos los factores calculados anteriormente.

Mediante las siguientes fórmulas se calcula el coeficiente sísmico, también, se determinan sus valores mínimos:

$$C_s = \frac{S_a(T)}{R}$$
$$C_s \geq 0,044 * S_{cd} \quad C_s \geq \frac{0,75 * K_d * S_{r1}}{R}$$

Donde:

- C_s = coeficiente sísmico de diseño
- R = factor genérico de reducción de respuesta sísmica

El factor genérico de reducción de respuesta sísmica depende de las características genéricas del sistema estructural seleccionado por los diseñadores. El sistema estructural seleccionado fue el tipo *E1* de marcos de concreto reforzado; el valor del factor es de $R = 8$; se obtiene de la sección 1.6.1 Tabla 1-1, de las normas NSE 3-10 del AGIES.

$$C_s = \frac{1,32}{8} ; C_s = 0,165$$

$$C_s \geq 0,044 * S_{cd} ; 0,165 \geq 0,06 \text{ CUMPLE}$$

$$C_s \geq \frac{0,75 * K_d * S_{r1}}{R} ; 0,165 \geq 0,05 \text{ CUMPLE}$$

Tabla XXXVII. **Resumen de factores para el análisis sísmico de la estructura**

Resumen de factores para el análisis sísmico de la estructura		
Coefficiente	Valor	Referencia (AGIES NSE)
Io	4.00	NSE 2-10, Anexo A
Scr	1.65	NSE 2-10, Anexo A
S1r	0.60	NSE 2-10, Anexo A
Clase de obra	Importante	NSE 1-10, sección 3.1
Nivel de protección	D	NSE 2-10, Tabla 4 - 1
Probabilidad de exceder un sismo de diseño	5 % en 50 años	NSE 2-10, Tabla 4 - 1
Sistema estructural	E1	NSE 3-10, sección 1.5
hn	9.00	
Kt	0.047	NSE 3-10, sección 2.1.4.1
x	0.85	NSE 3-10, sección 2.1.4.1
Ta	0.30	NSE 3-10, sección 2.1.4.1
Clase de sitio	D	NSE 2-10, Tabla 4 - 4
Fa	1.00	NSE 2-10, Tabla 4 - 2
Fv	1.50	NSE 2-10, Tabla 4 - 3
Na	1.00	NSE 2-10, Tabla 4 - 6
Nv	1.00	NSE 2-10, Tabla 4 - 7
Scs	1.65	NSE 2-10, sección 4.3.3.2
S1s	0.90	NSE 2-10, sección 4.3.3.2
Ts	0.55	NSE 2-10, sección 4.3.3.4
Kd	0.80	NSE 2-10, sección 4.3.4.1
Scd	1.32	NSE 2-10, sección 4.3.4.2
S1d	0.72	NSE 2-10, sección 4.3.4.2
Sa (T)	1.32	NSE 2-10, sección 4.3.4.2
R	8.00	NSE 2-10, sección 4.3.4.2
Cs	0.165	NSE 3-10, Tabla 1 - 1
Cs mínimos		NSE 3-10, sección 2.1.2.1

Fuente: Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica, AGIES. *Normas de seguridad estructural de edificios y obras de infraestructura para la República de Guatemala.*

p. 21.

- Espectro de respuesta

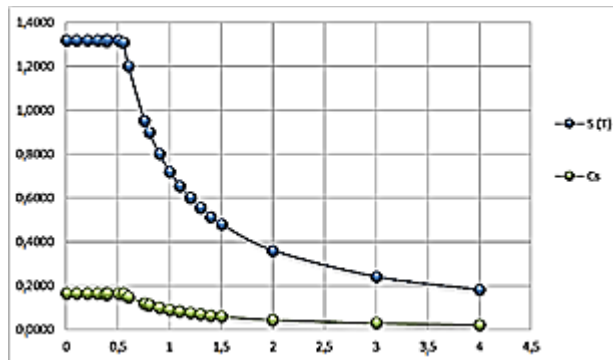
El espectro de respuesta es un valor utilizado en los cálculos de ingeniería sísmica, que mide la reacción de una estructura ante la vibración del suelo que la soporta.

Tabla XXXVIII. **Espectro de respuesta**

Construcción del espectro de respuesta		
T_n	$S_n(T)$	C_s
0	1,3200	0,1650
0,10	1,3200	0,1650
0,20	1,3200	0,1650
0,30	1,3200	0,1650
0,37	1,3200	0,1650
0,40	1,3200	0,1650
0,50	1,3200	0,1650
0,55	1,3091	0,1636
0,60	1,2000	0,1500
0,76	0,9531	0,1191
0,80	0,9000	0,1125
0,90	0,8000	0,1000
1,00	0,7200	0,0900
1,10	0,6545	0,0818
1,20	0,6000	0,0750
1,30	0,5538	0,0692
1,40	0,5143	0,0643
1,50	0,4800	0,0600
2,00	0,3600	0,0450
3,00	0,2400	0,0300
4,00	0,1800	0,0225

Fuente: elaboración propia.

Figura 25. **Espectro de respuesta**



Fuente: elaboración propia.

- Cortante basal (V_b)

$$V_{b\ x-y} = W_{s\ Total} * C_s$$

$$V_{b\ x-y} = 694\ 953,45\ kg * 0,165 \quad ; \quad V_{b\ x-y} = 114\ 667,32\ kg$$

- Distribución de las fuerzas sísmicas por nivel

El cortante basal al límite de cedencia (V_b) se distribuirá a lo alto del edificio de igual manera para ambos sentidos, debido a que el valor del cortante basal para el sentido X de la estructura es el mismo que para el sentido Y. De acuerdo a las normas NSE 3-10 sección 2.2 del AGIES, el cortante se distribuirá de acuerdo con:

$$F_{i\ x-y} = C_{v\ x-y} * V_b$$

$$C_{vi\ x-y} = \frac{W_{x-y} * h_{x-y}^k}{\sum_{i=1}^n (W_{x-y} * h_i^k)}$$

$$k = 1 \quad \text{Para } T_a \leq 0,5\ s \quad ; \quad 0,30\ s \leq 0,50\ s$$

$$V_{b\ x-y} = 114\ 667,32\ kg$$

Donde:

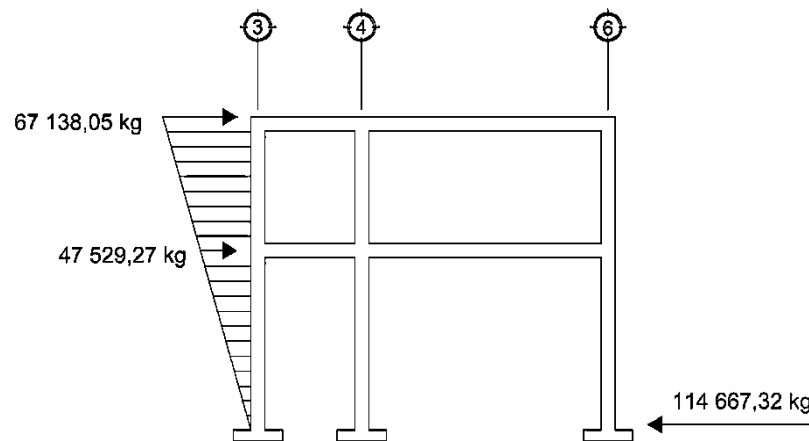
- $F_{i\ x-y}$ = fuerza cortante por nivel de la edificación en el sentido indicado
- C_{vi} = coeficiente que relaciona el peso sísmico y la altura de cada nivel
- h_i = altura del nivel medida desde la base de la estructura
- W_{si} = peso sísmico por nivel

Tabla XXXIX. **Distribución de cortante basal (V_b) por nivel**

Repartición del cortante basal por nivel y sentido						
Nivel	W_{si} (kg)	h_i (m)	$W_{si} * h_i$ (kg * m)	C_{vix-y}	F_{ix-y} (kg)	V_{ix-y} (kg)
Nivel 2	318 802,20	9,00	2 869 219,80	0,59	67 138,05	67 138,05
Nivel 1	376 151,25	5,40	2 031 216,75	0,41	47 529,27	114 667,32
Total	694 953,45	----	4 900 436,55	----	114 667,32	----

Fuente: elaboración propia.

Figura 26. **Idealización del cortante basal**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

La figura 26 muestra la idealización de la distribución lineal del cortante basal al límite de cedencia por el método de la carga estática equivalente mediante los normativos del AGIES.

- Fuerzas sísmicas por marco

Según la simetría que posee la estructura respecto a sus marcos en sentido X como en sentido Y, así será la distribución de las fuerzas sísmicas. Si

los marcos de ambos sentidos son simétricos, el cálculo se realiza dividiendo la fuerza por nivel entre el número de marcos paralelos a la fuerza. Si el espaciamiento es asimétrico, se debe distribuir la fuerza por nivel proporcional a la rigidez de los marcos.

Los marcos en sentido X y sentido Y en el módulo 1 del edificio escolar no presenta simetría entre sí; por tal razón, será necesario determinar el centro de masa y centro de rigidez del módulo, cuyos valores serán determinantes para el cálculo de momentos torsionantes.

- Centro de rigidez (C_R)

El centro de rigidez es el punto con respecto al cual el edificio se mueve desplazándose como un todo, donde se pueden considerar concentradas las rigideces de todos los marcos. Si el edificio presenta rotaciones estas serán con respecto a este punto. Existe línea de rigidez en el sentido X y línea de rigidez en el sentido Y, la intersección de ellas representa el centro de rigidez.

$$C_{R\ x-y} = \frac{\sum_{i=1}^n (K_{mi} * L_{x-y\ i})}{\sum_{i=1}^n (K_{mi})}$$

Donde:

- $C_{R\ x-y}$ = centro de rigidez del sentido indicado.
- K_m = rigidez del marco que se está analizando. $K_m = K * \# \text{ de col. del marco.}$

- L_{x-y} = distancia medida desde el origen hasta el centroide de la columna del marco correspondiente.

Para el cálculo de rigidez se utilizará la fórmula de Willbur. Según el nivel de la estructura analizada, así será la ecuación para el cálculo de la rigidez.

Para el segundo nivel del edificio escolar (último nivel), al estar apoyado directamente sobre el nivel anterior (primer nivel), se supone como un nivel en voladizo y se utiliza la siguiente ecuación:

$$K_{N2} = \frac{1}{\frac{F_{N2} * H^3}{3 * E_c * I_{col}} + \frac{1,2 * F_{N2} * H}{A_g * G}}$$

El primer nivel de la estructura se considera como doblemente empotrado, y la rigidez de las columnas del nivel está determinada por la siguiente ecuación:

$$K_{N1} = \frac{1}{\frac{F_{N1} * H^3}{12 * E_c * I_{col}} + \frac{1,2 * F_{N1} * H}{A_g * G}}$$

Ecuaciones complementarias:

$$E_c = 15\ 100 * \sqrt[2]{f'c} \quad G = 0,4 * E_c \quad A_g = b_{col} * h_{col}$$

$$I_{col} = \frac{1}{12} * b_{col} * h_{col}^3 ; \text{ (elemento de sección rectangular)}$$

Donde:

- K_{N2-N1} = rigidez

- F_{N2-N1} = fuerza actuante en el nivel analizado
- H = luz libre del elemento vertical del nivel analizado
- I_{col} = inercia de la sección de la columna
- G = módulo de rigidez
- E_c = módulo de elasticidad del concreto, ACI 318S-11 sección 8.5.1
- A_g = área gruesa de la sección transversal de la columna

○ Ecuaciones complementarias

- Módulo de elasticidad del concreto

$$E_c = 15\,100 * \sqrt{280 \text{ kg/cm}^2} \quad ; \quad E_c = 252\,671,33$$

- Módulo de rigidez

$$G = 0,4 * 252\,671,33 \quad ; \quad G = 101\,068,53$$

- Área gruesa

$$A_g = 50 \text{ cm} * 50 \text{ cm} \quad ; \quad A_g = 2\,500 \text{ cm}^2$$

- Inercia de la columna

$$I_{col} = \frac{1}{12} * 50 \text{ cm} * (50 \text{ cm})^3 \quad ; \quad I_{col} = 520\,833,33 \text{ cm}^4$$

- Rigidez segundo nivel

$$K_{N2} = \frac{1}{\frac{67\,138,05 * 360^3}{3 * 252\,671,33 * 520\,833,33} + \frac{1,2 * 67\,138,05 * 360}{2\,500 * 101\,068,53}}$$

$$K_{N2} = 0,12 \text{ cm}^{-1}$$

- Rigidez primer nivel

$$K_{N1} = \frac{1}{\frac{47\,529,27 * 510^3}{12 * 252\,671,33 * 520\,833,33} + \frac{1,2 * 47\,529,27 * 510}{2\,500 * 101\,068,53}}$$

$$K_{N1} = 0,24 \text{ cm}^{-1}$$

- Centro de rigidez sentido X (C_{Rx})

Tabla XL. Centro de rigidez en sentido X, módulo 1

N2 Centro de rigidez en sentido X, segundo nivel					
Marco	Núm. de columnas	K (cm^{-1})	Km (cm^{-1})	L_x (m)	$Km * L_x$ ($\text{cm}^{-1} * m$)
A	3	0,12	0,37	0,00	0,00
B	3	0,12	0,37	5,60	2,09
C	3	0,12	0,37	12,60	4,70
D	3	0,12	0,37	19,60	7,31
E	3	0,12	0,37	26,60	9,91
Total			1,86	----	24,00
$C_{RxN2} = 12,88 \text{ m.}$					
N1 Centro de rigidez en sentido X, primer nivel					
Marco	Núm. de columnas	K (cm^{-1})	Km (cm^{-1})	L_x (m)	$Km * L_x$ ($\text{cm}^{-1} * m$)
A	3	0,24	0,73	0,00	0,00
B	3	0,24	0,73	5,60	4,09
C	3	0,24	0,73	12,60	9,20
D	3	0,24	0,73	19,60	14,32
E	3	0,24	0,73	26,60	19,43
Total			3,65	----	47,04
$C_{RxN1} = 12,88 \text{ m.}$					

Fuente: elaboración propia.

- Centro de rigidez sentido Y (C_{RY})

Tabla XLI. Centro de rigidez en sentido Y, módulo 1

N2 Centro de rigidez en sentido Y, segundo nivel					
Marco	Núm. de columnas	K (cm^{-1})	Km (cm^{-1})	L_y (m)	$Km * L_y$ ($cm^{-1} * m$)
3	5	0,12	0,62	9,95	6,18
4	5	0,12	0,62	7,00	4,35
6	5	0,12	0,62	0,00	0,00
Total			1,86	----	10,53
$C_{RY N2} = 5,65 m.$					
N1 Centro de rigidez en sentido Y, primer nivel					
Marco	Núm. de columnas	K (cm^{-1})	Km (cm^{-1})	L_y (m)	$Km * L_y$ ($cm^{-1} * m$)
3	5	0,24	1,22	9,95	12,11
4	5	0,24	1,22	7,00	8,52
6	5	0,24	1,22	0,00	0,00
Total			3,65	----	20,63
$C_{RY N1} = 5,65 m.$					

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLII. Resumen centro de rigidez, módulo 1

Resumen centro de rigidez por nivel, Módulo 1		
Nivel	C_{Rx}	C_{Ry}
Nivel 2	12,88 m	5,65 m
Nivel 1	12,88 m	5,65 m

Fuente: elaboración propia.

- Centro de masa (C_M)

El centro de gravedad (centro de masa) es el punto dentro de la estructura en donde la masa de la edificación parece estar concentrada. Si se lograra suspender la estructura desde el centro de gravedad, esta parecería estar en equilibrio, ya que la atracción gravitacional no permitiría su rotación. Siempre y cuando la planta de la edificación tenga una forma simétrica en la distribución

de su masa, el centro de gravedad coincidirá con el centroide geométrico de dicha planta.

Existen varias formas de aproximar el centro de masa de un nivel determinado, tomando en cuenta la distribución en planta de la masa del nivel. Para este edificio escolar, el centro de masa del primer nivel y segundo nivel del módulo 1, el centro de masa será calculado de acuerdo a la integración de cargas gravitacionales del nivel que incluyen: peso propio de la losa, peso de muros interiores y exteriores, peso de la sobrecarga y el peso de la carga viva respectiva al uso del ambiente; se toma en consideración el centroide de cada una de las cargas.

Las ecuaciones fundamentales para realizar el cálculo de centro de masa son:

$$C_{M\ x-y} = \frac{\sum_{i=1}^n (W_{Total\ i} * L_{i\ x-y})}{\sum_{i=1}^n (W_{Total\ i})}$$

$$\bar{X}_{muro} = \frac{\sum_{i=1}^n (\bar{Área}_i * L_{i\ x})}{\sum_{i=1}^n (\bar{Área}_i)} \quad \bar{Y}_{muro} = \frac{\sum_{i=1}^n (\bar{Área}_i * L_{i\ y})}{\sum_{i=1}^n (\bar{Área}_i)}$$

$$W_{losa} = \bar{Área}_{losa} * t_{losa} * \gamma_c \quad W_{sc} = \bar{Área}_{losa} * P_{sobrecarga}$$

$$W_{muro} = \bar{Área}_{muro} * P_{muro} \quad W_{cv} = \bar{Área}_{losa} * P_{sobrecarga}$$

Donde:

- $C_{M\ x-y}$ = centro de masa en el sentido indicado
- L_{x-y} = distancia desde el origen hasta el centroide de la losa
- W_{losa} = peso propio de cada losa
- W_{sc} = peso de la sobrecarga
- W_{sc} = peso de los muros interiores y exteriores

- $\bar{X}_{muro} - \bar{Y}_{muro} =$ centroide para el muro en el sentido respectivo
 - Centro de masa segundo nivel, módulo 1

Tabla XLIII. Integración de cargas para centro de masa, segundo nivel

Losa	N2		Centroide		Carga muerta		Carga viva		W total (kg)	W total * Lx (kg*m)	W total * Ly (kg*m)
	Área (m²)	Lx (m)	Ly (m)	W losa (kg)	W sc (kg)	USO	W cv (kg)				
1	8,26	1,40	8,48	1 982,40	1 239,00	Azotea	1 652,00	4 873,40	6 822,76	41 326,43	
2	8,26	4,20	8,48	1 982,40	1 239,00	Azotea	1 652,00	4 873,40	20 468,28	41 326,43	
3	10,33	7,35	8,48	2 479,20	1 549,50	Azotea	2 066,00	6 094,70	44 796,05	51 683,06	
4	10,33	10,85	8,48	2 479,20	1 549,50	Azotea	2 066,00	6 094,70	66 127,50	51 683,06	
5	10,33	14,35	8,48	2 479,20	1 549,50	Azotea	2 066,00	6 094,70	87 458,95	51 683,06	
6	10,33	17,85	8,48	2 479,20	1 549,50	Azotea	2 066,00	6 094,70	108 790,40	51 683,06	
7	10,33	21,35	8,48	2 479,20	1 549,50	Azotea	2 066,00	6 094,70	130 121,85	51 683,06	
8	10,33	24,85	8,48	2 479,20	1 549,50	Azotea	2 066,00	6 094,70	151 453,30	51 683,06	
9	9,80	1,40	5,25	2 352,00	1 470,00	Azotea	1 960,00	5 782,00	8 094,80	30 355,50	
10	9,80	4,20	5,25	2 352,00	1 470,00	Azotea	1 960,00	5 782,00	24 284,40	30 355,50	
11	12,25	7,35	5,25	2 940,00	1 837,50	Azotea	2 450,00	7 227,50	53 122,13	37 944,38	
12	12,25	10,85	5,25	2 940,00	1 837,50	Azotea	2 450,00	7 227,50	78 418,38	37 944,38	
13	12,25	14,35	5,25	2 940,00	1 837,50	Azotea	2 450,00	7 227,50	103 714,63	37 944,38	
14	12,25	17,85	5,25	2 940,00	1 837,50	Azotea	2 450,00	7 227,50	129 010,88	37 944,38	
15	12,25	21,35	5,25	2 940,00	1 837,50	Azotea	2 450,00	7 227,50	154 307,13	37 944,38	
16	12,25	24,85	5,25	2 940,00	1 837,50	Azotea	2 450,00	7 227,50	179 603,38	37 944,38	
17	9,80	1,40	1,75	2 352,00	1 470,00	Azotea	1 960,00	5 782,00	8 094,80	10 118,50	
18	9,80	4,20	1,75	2 352,00	1 470,00	Azotea	1 960,00	5 782,00	24 284,40	10 118,50	
19	12,25	7,35	1,75	2 940,00	1 837,50	Azotea	2 450,00	7 227,50	53 122,13	12 648,13	
20	12,25	10,85	1,75	2 940,00	1 837,50	Azotea	2 450,00	7 227,50	78 418,38	12 648,13	
21	12,25	14,35	1,75	2 940,00	1 837,50	Azotea	2 450,00	7 227,50	103 714,63	12 648,13	
22	12,25	17,85	1,75	2 940,00	1 837,50	Azotea	2 450,00	7 227,50	129 010,88	12 648,13	
23	12,25	21,35	1,75	2 940,00	1 837,50	Azotea	2 450,00	7 227,50	154 307,13	12 648,13	
24	12,25	24,85	1,75	2 940,00	1 837,50	Azotea	2 450,00	7 227,50	179 603,38	12 648,13	
TOTAL	264,70							156 173,00	2 077 150,46	777 254,20	

Fuente: elaboración propia.

$$C_{MxN2} = \frac{2\,077\,150,46 \text{ kg} \cdot \text{m}}{156\,173,00 \text{ kg}} ; C_{MxN2} = 13,30 \text{ m}$$

$$C_{MyN2} = \frac{777\,254,20 \text{ kg} \cdot \text{m}}{156\,173,00 \text{ kg}} ; C_{MyN2} = 4,98 \text{ m}$$

- Centro de masa primer nivel, módulo 1

Tabla XLIV. Integración de cargas para centro de masa, primer nivel

N1		Centroide		Carga muerta		Carga viva		W total (kg)	W total * Lx (kg*m)	W total * Ly (kg*m)
Losa	Area (m²)	Lx (m)	Ly (m)	W losa (kg)	W sc (kg)	USO	W cv (kg)			
1	8,26	1,40	8,48	1 982,40	1 239,00	Pasillo	4 130,00	7 351,40	10 291,96	62 339,87
2	8,26	4,20	8,48	1 982,40	1 239,00	Pasillo	4 130,00	7 351,40	30 875,88	62 339,87
3	10,33	7,35	8,48	2 479,20	1 549,50	Pasillo	5 165,00	9 193,70	67 573,70	77 962,58
4	10,33	10,85	8,48	2 479,20	1 549,50	Pasillo	5 165,00	9 193,70	99 751,65	77 962,58
5	10,33	14,35	8,48	2 479,20	1 549,50	Pasillo	5 165,00	9 193,70	131 929,60	77 962,58
6	10,33	17,85	8,48	2 479,20	1 549,50	Pasillo	5 165,00	9 193,70	164 107,55	77 962,58
7	10,33	21,35	8,48	2 479,20	1 549,50	Pasillo	5 165,00	9 193,70	196 285,50	77 962,58
8	10,33	24,85	8,48	2 479,20	1 549,50	Pasillo	5 165,00	9 193,70	228 463,45	77 962,58
9	9,80	1,40	5,25	2 352,00	1 470,00	Aulas	1 960,00	5 782,00	8 094,80	30 355,50
10	9,80	4,20	5,25	2 352,00	1 470,00	Aulas	1 960,00	5 782,00	24 284,40	30 355,50
11	12,25	7,35	5,25	2 940,00	1 837,50	Aulas	2 450,00	7 227,50	53 122,13	37 944,38
12	12,25	10,85	5,25	2 940,00	1 837,50	Aulas	2 450,00	7 227,50	78 418,38	37 944,38
13	12,25	14,35	5,25	2 940,00	1 837,50	Aulas	2 450,00	7 227,50	103 714,63	37 944,38
14	12,25	17,85	5,25	2 940,00	1 837,50	Aulas	2 450,00	7 227,50	129 010,88	37 944,38
15	12,25	21,35	5,25	2 940,00	1 837,50	Aulas	2 450,00	7 227,50	154 307,13	37 944,38
16	12,25	24,85	5,25	2 940,00	1 837,50	Aulas	2 450,00	7 227,50	179 603,38	37 944,38
17	9,80	1,40	1,75	2 352,00	1 470,00	Aulas	1 960,00	5 782,00	8 094,80	10 118,50
18	9,80	4,20	1,75	2 352,00	1 470,00	Aulas	1 960,00	5 782,00	24 284,40	10 118,50
19	12,25	7,35	1,75	2 940,00	1 837,50	Aulas	2 450,00	7 227,50	53 122,13	12 648,13
20	12,25	10,85	1,75	2 940,00	1 837,50	Aulas	2 450,00	7 227,50	78 418,38	12 648,13
21	12,25	14,35	1,75	2 940,00	1 837,50	Aulas	2 450,00	7 227,50	103 714,63	12 648,13
22	12,25	17,85	1,75	2 940,00	1 837,50	Aulas	2 450,00	7 227,50	129 010,88	12 648,13
23	12,25	21,35	1,75	2 940,00	1 837,50	Aulas	2 450,00	7 227,50	154 307,13	12 648,13
24	12,25	24,85	1,75	2 940,00	1 837,50	Aulas	2 450,00	7 227,50	179 603,38	12 648,13
TOTAL	264,70							179 723,00	2 390 390,66	976 958,20
Muro ext	291,32	13,30	4,98					52 617,60	699 830,78	26 1871,45
Muro int	50,40	13,30	4,98					5 040,00	67 033,60	25 083,47
TOTAL								237 380,60	3 157 255,04	1 263 913,13

Fuente: elaboración propia.

$$C_{Mx N1} = \frac{3\ 157\ 255,04\ kg * m}{237\ 380,60\ kg} \quad ; \quad C_{Mx N1} = 13,30\ m$$

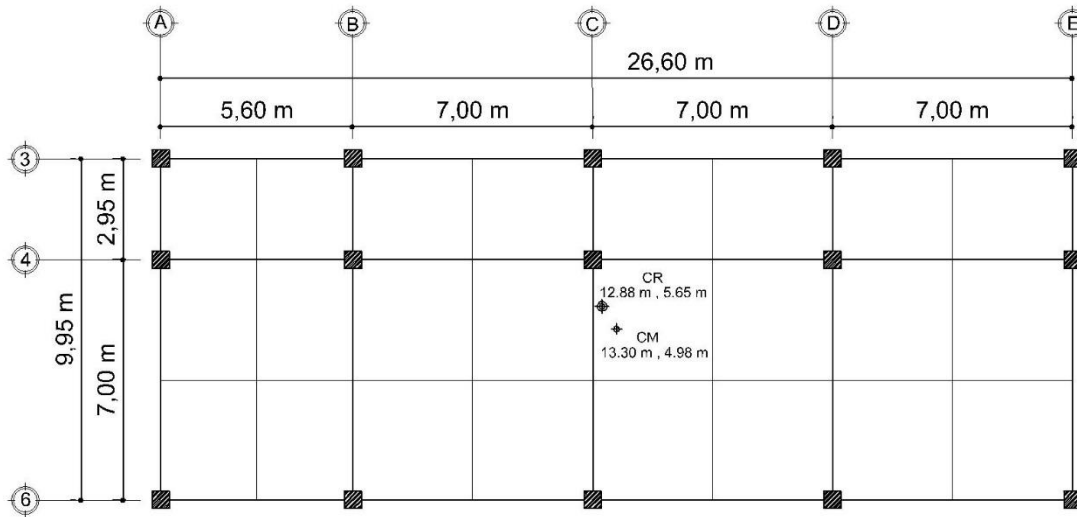
$$C_{My N1} = \frac{1\ 263\ 913,13\ kg * m}{237\ 380,60\ kg} \quad ; \quad C_{My N1} = 5,32\ m$$

Tabla XLV. Resumen centro de masa, módulo 1

Resumen centro de masa por nivel, Módulo 1		
Nivel	C_{Mx}	C_{My}
Nivel 2	13,30 m	4,98 m
Nivel 1	13,30 m	5,32 m

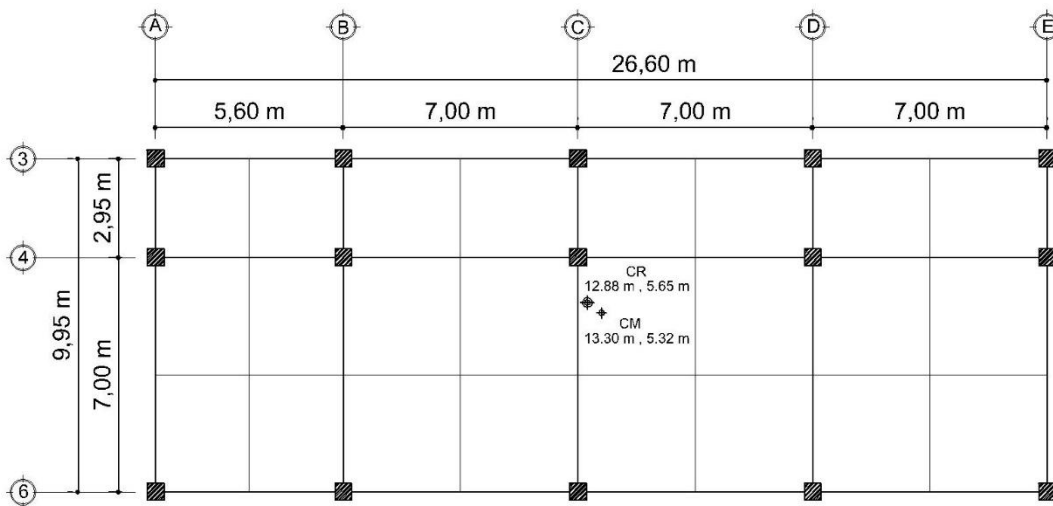
Fuente: elaboración propia.

Figura 27. Ubicación de C_M y C_R del segundo nivel, módulo 1



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Figura 28. Ubicación de C_M y C_R del primer nivel, módulo 1



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

- Excentricidad

La excentricidad es la distancia en planta tanto horizontal como vertical que separa al centro de masa del centro de rigidez, produciendo esfuerzos adicionales por torsión a la estructura.

Para la excentricidad del edificio escolar, se calcularán dos excentricidades: una excentricidad directa o real y una excentricidad accidental o de diseño. Para efectos de cálculo se utilizará la más crítica.

- Excentricidad directa o real

Se le llama así a la distancia que existe entre la diferente de las coordenadas del centro de masa y el centro de rigidez de cada nivel de la edificación.

$$e_{Directa\ x-y\ N2} = |C_{M\ x-y\ N2} - C_{R\ x-y\ N2}|$$

$$e_{Directa\ x-y\ N1} = |C_{M\ x-y\ N2} - C_{R\ x-y\ N1}|$$

Donde:

- $e_{Directa\ x-y}$ = excentricidad directa en el sentido indicado
- $C_{M\ x-y}$ = centro de masa en el sentido y nivel indicado
- $C_{R\ x-y}$ = centro de rigidez en el sentido y nivel indicado

- Excentricidad directa segundo nivel, módulo 1

$$e_{Directa\ x\ N2} = |13,30\ m - 12,88m| \quad ; \quad e_{Directa\ x\ N2} = 0,42\ m$$

$$e_{Directa y N2} = |4,98 m - 5,65 m| \quad ; \quad e_{Directa y N2} = 0,67 m$$

- Excentricidad directa primer nivel, módulo 1

$$e_{Directa x N1} = |13,30 m - 12,88m| \quad ; \quad e_{Directa x N1} = 0,42 m$$

$$e_{Directa y N1} = |5,32 m - 5,65 m| \quad ; \quad e_{Directa y N1} = 0,33 m$$

Tabla XLVI. **Resumen excentricidad directa, módulo 1**

Resumen excentricidad directa, Módulo 1		
Nivel	$e_{Directa x}$	$e_{Directa y}$
Nivel 2	0,42 m	0,67 m
Nivel 1	0,42 m	0,33 m

Fuente: elaboración propia.

- Excentricidad accidental o de diseño

Según las normas NSE 3-10 del AGIES en la sección 2.3.2, además de la excentricidad directa, debe considerarse una excentricidad accidental, que será calculada con las ecuaciones siguientes.

$$e_{Accidental x-y N2} = |C_{M x-y N2} - C_{R x-y N2}| - 0,05 * B_{x-y}$$

$$e_{Accidental x-y N1} = |C_{M x-y N1} - C_{R x-y N1}| + 0,05 * B_{x-y}$$

Donde:

- $e_{Accidental x-y}$ = excentricidad accidental en el sentido indicado
- $C_{M x-y}$ = centro de masa en el sentido y nivel indicado
- $C_{R x-y}$ = centro de rigidez en el sentido y nivel indicado

- $B_x =$ dimensión perpendicular a la fuerza considera $B_x = 26,60 m$
- $B_y =$ dimensión perpendicular a la fuerza considera $B_y = 9,95 m$
- Excentricidad accidental segundo nivel, módulo 1

$$e_{Accidental\ x\ N2} = |13,30 m - 12,88m| - 0,05 * 26,60 m ; e_{Accidental\ x\ N2} = -0,91 m$$

$$e_{Accidental\ y\ N2} = |4,98 m - 5,65 m| - 0,05 * 9,95 m ; e_{Accidental\ y\ N2} = 0,18 m$$

- Excentricidad accidental primer nivel, Módulo 1

$$e_{Accidental\ x\ N1} = |13,30 m - 12,88m| + 0,05 * 26,60 m ; e_{Accidental\ x\ N1} = 1,75 m$$

$$e_{Accidental\ y\ N1} = |5,32 m - 5,65 m| + 0,05 * 9,95 m ; e_{Accidental\ y\ N1} = 0,82 m$$

Tabla XLVII. **Resumen excentricidad accidental, módulo 1**

Resumen excentricidad accidental, módulo 1		
Nivel	$e_{Accidental\ x}$	$e_{Accidental\ y}$
Nivel 2	-0,91 m	0,18 m
Nivel 1	1,75 m	0,82 m

Fuente: elaboración propia.

- Parámetros RCDF

El *Reglamento de construcciones para el Distrito Federal* (RCDF) estipula ciertas condiciones para catalogar si una estructura es o no regular de acuerdo con las excentricidades que presenta.

$$e_{Directa} \leq 10 \% * B; \quad \text{Se considera que el edificio es regular}$$

$$10 \% * B \leq e_{Directa} \leq 20 \% * B; \quad \text{Se considera que el edificio es irregular}$$

$$20 \% * B < e_{Directa}; \quad \text{Cambiar configuración estructural}$$

no se recomienda la construcción

Entonces:

$$e_{Directa\ x} \quad 0,42 \leq 10 \% * 26,60\ m$$

$$e_{Directa\ x} \quad 0,42 \leq 2,66\ m; \quad \textit{Se considera que el edificio es regular}$$

$$e_{Directa\ y} \quad 0,67 \leq 10 \% * 9,95\ m$$

$$e_{Directa\ y} \quad 0,67 \leq 0,99\ m; \quad \textit{Se considera que el edificio es regular}$$

La estructura se considera regular, por lo cual se puede seguir con su diseño.

Tabla XLVIII. **Resumen excentricidades del módulo 1**

Resumen excentricidades, módulo 1		
$e_x\ N2$	0,42 m	Excentricidad directa o real
$e_y\ N2$	0,67 m	
$e_x\ N1$	0,42 m	
$e_y\ N1$	0,33 m	
$e_x\ N2$	-0,91 m	Excentricidad accidental o de diseño
$e_y\ N2$	0,18 m	
$e_x\ N1$	1,75 m	
$e_y\ N1$	0,82 m	

Fuente: elaboración propia.

La excentricidad directa no podrá ser menor que la excentricidad accidental, de lo contrario, los cálculos a realizar deberán hacerse con la excentricidad accidental, como lo es el caso de esta edificación.

- Fuerzas por marco (F_m)

Para realizar la distribución de la fuerza que llega a cada marco, se determina por medio de la suma algebraica de la fuerza por torsión F_i'' (fuerza

rotacional) y la fuerza directamente proporcional a la rigidez de los marcos F_i' (fuerza traslacional).

Las ecuaciones empleadas para realizar el cálculo son:

$$F_m = F_i' \pm F_i''$$

$$F_i' = \frac{K_m * F_{i\ x-y}}{\sum(K_m)} \quad ; \quad F_i'' = \frac{e * F_{i\ x-y}}{E_i} \quad ; \quad E_i = \frac{\sum(K_m * d_i^2)}{K_m * d_i}$$

Donde:

- F_m = fuerza total por marco en kg .
- F_i' = fuerza o corte traslacional en kg .
- F_i'' = fuerza o corte inducido por el sismo en kg .
- E_i = relación entre rigideces y brazo de palanca de cada marco en m .
- K_m = rigidez del marco que se está analizando en cm^{-1} .
- $\sum(K_m)$ = sumatoria de las rigideces de los marcos paralelos a la carga en cm^{-1} .
- $F_{i\ x-y}$ = fuerza cortante por nivel de la edificación en el sentido indicado kg .
- e = excentricidad (se tomará la que provoque mayor torsión) en m .

- d_i = distancia en metros, entre el centro de rigidez de la estructura y el eje de cada marco, tomando como origen de la medición el centro de rigidez. Las distancias que se encuentren hacia la izquierda y abajo del centro de rigidez, tendrán signo negativo.

Tabla XLIX. **Fuerza cortante por nivel y sentido, módulo 1**

Fuerza cortante por nivel	
Nivel	F_{ix-y} (kg)
Nivel 2	67 138,05
Nivel 1	47 529,27

Fuente: elaboración propia.

Tabla L. **Fuerza por marcos en sentido X, segundo nivel, módulo 1**

Fuerza por marco sentido X en el segundo nivel											
Marco	e	K_m	d_i	$K_m * F_x$	$K_m * d_i$	$K_m * d_i^2$	E_i	F'_i	F''_i	F_m	$F_m \max$
A	e_x Directa 0,42	0,37	-12,88	25 023,70	-4.80	61,83	-35,12	13 427,61	-803,47	12 624,14	15 166,54
	e_x Diseño -0,91								1 738,93		
B	e_x Directa 0,42	0,37	-7,28	25 023,70	-2.71	19,75	-62,14	13 427,61	-454,14	12 973,47	14 410,48
	e_x Diseño -0,91								982,87		
C	e_x Directa 0,42	0,37	-0,28	25 023,70	-0.10	0,03	-1 615,60	13 427,61	-17,47	13 410,14	13 465,41
	e_x Diseño -0,91								37,80		
D	e_x Directa 0,42	0,37	6,72	25 023,70	2.50	16,83	67,32	13 427,61	419,20	13 846,81	13 846,81
	e_x Diseño -0,91								-907,27		
E	e_x Directa 0,42	0,37	13,72	25 023,70	5.11	70,16	32,97	13 427,61	855,87	14 283,48	14 283,48
	e_x Diseño -0,91								-1 852,34		

Fuente: elaboración propia.

Tabla LI. Fuerza por marcos en sentido X, primer nivel, módulo 1

Fuerza por marco sentido X en el primer nivel											
Marco	e	K_m	d_i	$K_m * F_x$	$K_m * d_i$	$K_m * d_i^2$	E_i	F'_i	F''_i	F_m	$F_m \max$
A	e_x Directa 0,42	0,73	-12,88	34 713,70	-9,41	121,16	-35,12	9 505,85	-568,90	8 936,95	9 505,85
	e_x Diseño 1,75								-2 368,76		
B	e_x Directa 0,42	0,73	-7,28	34 713,70	-5,32	38,71	-62,14	9 505,85	-321,55	9 184,30	9 505,85
	e_x Diseño 1,75								-1 338,86		
C	e_x Directa 0,42	0,73	-0,28	34 713,70	-0,20	0,06	-1 615,60	9 505,85	-12,37	9 493,49	9 505,85
	e_x Diseño 1,75								-51,49		
D	e_x Directa 0,42	0,73	6,72	34 713,70	4,91	32,98	67,32	9 505,85	296,82	9 802,67	10 741,73
	e_x Diseño 1,75								1 235,87		
E	e_x Directa 0,42	0,73	13,72	34 713,70	10,02	137,48	32,97	9 505,85	606,01	10 111,86	12 029,10
	e_x Diseño 1,75								2 523,24		

Fuente: elaboración propia.

Tabla LII. Fuerza por marcos en sentido Y, segundo nivel, módulo 1

Fuerza por marco sentido Y en el segundo nivel											
Marco	e	K_m	d_i	$K_m * F_y$	$K_m * d_i$	$K_m * d_i^2$	E_i	F'_i	F''_i	F_m	$F_m \max$
3	e_y Directa 0,67	0,62	4,30	41 706,17	2,67	11,49	12,15	22 379,35	3 720,22	26 099,57	26 099,57
	e_y Diseño 0,18								970,62		
4	e_y Directa 0,67	0,62	1,35	41 706,17	0,84	1,13	38,69	22 379,35	1 167,98	23 547,32	23 547,32
	e_y Diseño 0,18								304,73		
6	e_y Directa 0,67	0,62	-5,65	41 706,17	-3,51	19,83	-9,25	22 379,35	-4 888,19	17 491,16	22 379,35
	e_y Diseño 0,18								-1 275,35		

Fuente: elaboración propia.

Tabla LIII. Fuerza por marcos en sentido, Y primer nivel, módulo 1

Fuerza por marco sentido Y en el primer nivel											
Marco	e	K_m	d_i	$K_m * F_y$	$K_m * d_i$	$K_m * d_i^2$	E_i	F'_i	F''_i	F_m	$F_m \max$
3	e_y Directa 0,33	1,22	4,30	57 856,17	5,23	22,51	12,15	15 843,09	1 273,89	17 116,98	19 063,51
	e_y Diseño 0,82								3 220,42	19 063,51	
4	e_y Directa 0,33	1,22	1,35	57 856,17	1,64	2,22	38,69	15 843,09	399,94	16 243,03	16 854,15
	e_y Diseño 0,82								1 011,06	16 854,15	
6	e_y Directa 0,33	1,22	-5,65	57 856,17	-6,88	38,86	-9,25	15 843,09	-1 673,83	14 169,26	15 843,09
	e_y Diseño 0,82								-4 231,48	11 611,61	

Fuente: elaboración propia.

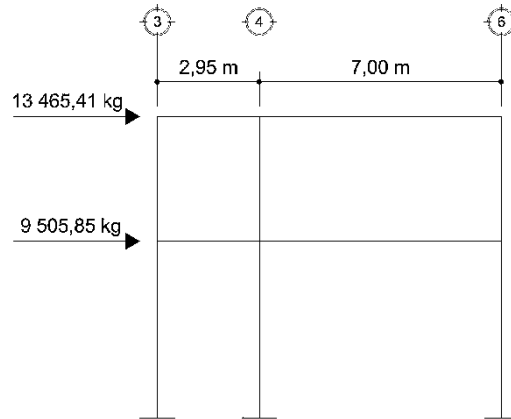
A continuación, se presentan las fuerzas por nivel para todos los marcos del módulo:

Tabla LIV. Fuerzas horizontales por marco en sentido X, módulo 1

Fuerzas por marcos en sentido X					
Nivel	Marco A	Marco B	Marco C	Marco D	Marco E
Nivel 2	15 166,54	14 410,48	13 465,41	13 846,81	14 283,48
Nivel 1	9 505,85	9 505,85	9 505,85	10 741,73	12 029,10

Fuente: elaboración propia.

Figura 29. **Fuerzas horizontales en el marco C, módulo 1**



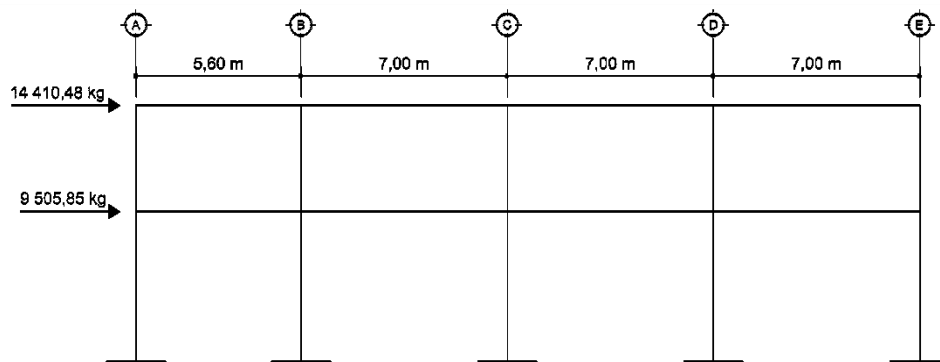
Fuente: elaboración propia.

Tabla LV. **Fuerzas horizontales por marco en sentido Y, módulo 1**

Fuerzas por marcos en sentido Y			
Nivel	Marco 3	Marco 4	Marco 6
Nivel 2	15 166,54	14 410,48	13 465,41
Nivel 1	9 505,85	9 505,85	9 505,85

Fuente: elaboración propia.

Figura 30. **Fuerzas horizontales en el marco 4, módulo 1**



Fuente: elaboración propia.

El incremento de las fuerzas horizontales se debe a la asimetría en planta que se tiene para esta edificación. Esto genera un aumento por torsión de 7,33 % en las fuerzas finales por sismo en los marcos en el sentido X y un aumento de 8,18 % en los marcos en el sentido Y.

2.1.2.4. Control de desplazamientos y derivas

Según las normas NSE 3-10 sección 4.3.3 del AGIES, para determinar el desplazamiento lateral al cual estará sometida la estructura cuando esté bajo los efectos de las fuerzas sísmicas, las derivas últimas máximas admisibles $\Delta U_{m\acute{a}x}$ son los referentes para establecer las derivas laterales.

Figura 31. Derivas últimas máximas admisibles $\Delta U_{m\acute{a}x}$

Estructura	Clasificación de Obra		
	ordinaria	importante	esencial
Edificaciones de mampostería reforzada hasta 4 niveles	0,007h _p	0,007h _p	0,007h _p
Edificaciones hasta altura permitida sin ascensor	0,025h _p	0,025h _p	0,020h _p
Edificación general	0,020h _p	0,020h _p	0,015h _p
h _p es la altura del piso para el que se calcula la deriva			

Fuente: Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica, AGIES. *Normas de seguridad estructural de edificios y obras de infraestructura para la República de Guatemala.*

p. 41.

Por lo tanto:

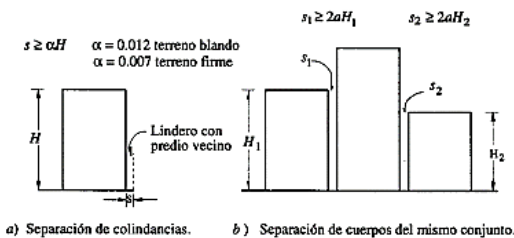
$$\Delta U_{m\acute{a}x} = 0,025 * h_p \quad ; \quad \Delta U_{m\acute{a}x} = 0,025 * 3,60_m \quad ; \quad \Delta U_{m\acute{a}x} = 0,09_m$$

Siendo el edificio escolar una obra de categoría importante, el desplazamiento máximo admisible para un nivel de 3,60_m de altura es de 9,00_{cm} respecto a la base del edificio.

2.1.2.4.1. Espaciamiento en junta sísmica

Al ubicar la posición exacta del edificio dentro del terreno correspondiente, es importante guardar una separación que sea suficiente con respecto a los edificios adyacentes, para evitar que los distintos cuerpos se golpeen al vibrar fuera de fase durante un sismo. Lo anterior corresponde al objetivo de la utilización de una junta sísmica, ya que esta permite que dos estructuras próximas oscilen de forma que el movimiento de una se produzca de manera independiente de la otra. Diversas fuentes bibliográficas, proponen una separación mínima entre edificios igual a un centésimo de la altura del punto más alto de posible contacto entre estos. Las normas del RCDF (*Reglamento de construcciones para el Distrito Federal*) establecen un parámetro más estricto, especialmente, en edificaciones sobre terreno blando donde la rotación de la base puede incrementar significativamente el desplazamiento en el punto más alto de la estructura.

Figura 32. Separación entre edificios adyacentes según RCDF



Fuente: BAZAN, Enrique; MELI, Roberto. *Diseño sísmico de edificios*. p. 181.

Tomando en consideración la modulación de las estructuras en este proyecto y la interpretación de la figura 32, el espaciamiento correspondiente para la junta sísmica será de:

$$S \geq 2 * \alpha * H_T$$

Donde:

- S = espaciamiento de la junta sísmica.
- α = factor que considera las condiciones del suelo donde se apoyarán las estructuras. $\alpha = 0,007$ para suelo firme, $\alpha = 0,012$ para suelo blando.
- H_T = Altura total de la edificación en m.

Entonces:

$$S \geq 2 * \alpha * H_T$$

$$S = 2 * 0,007 * (3,60_m * 2 \text{ niveles}) \quad ; \quad S = 0,1008_m$$

Del previo análisis, se tomará como espaciamiento de junta sísmica una distancia que corresponde a $S = 0,10_m$.

2.1.2.5. Análisis de marcos dúctiles por método numérico (Kani)

Para determinar el comportamiento de las fuerzas internas en las columnas y vigas de cada uno de los marcos que forman parte del edificio

escolar, se utilizó el método de aproximaciones sucesivas y distribución de momentos para expresar el efecto de las rotaciones y el desplazamiento en cada nodo.

Con el método iterativo de Kani, se realizan 2 tipos de suposiciones: la primera es que la estructura posee nudos rígidos (marcos sin ladeo) y se utiliza para calcular las reacciones de cargas verticales (carga muerta y carga viva); la segunda variación supone que la estructura posee nudos desplazables en sentido horizontal (marcos con ladeo) que se utiliza para calcular las reacciones de carga horizontal (carga sísmica).

Para realizar el análisis de la estructura es necesario determinar los siguientes datos:

- Momentos fijos (MF_{ik})

Se calcula cuando existen cargas verticales distribuidas uniformemente.

$$MF_{ik} = \pm \frac{W * L^2}{12}$$

Donde:

- MF_{ik} = momento fijo en cada uno de los extremos de la viga en $kg - m$
- W = carga viva o carga muerta uniformemente distribuida en kg
- L = longitud del elemento horizontal (viga) en m

- Momentos de sujeción (M_S)

Se determinan al existir cargas verticales, son iguales a la sumatoria de los momentos fijos en cada nodo. $M_S = \sum(MF_{ik})$

- Fuerzas de sujeción (H)

Son calculadas al analizar las fuerzas horizontales aplicadas a cada marco de acuerdo a los niveles que este posea.

- Fuerza cortante de piso o de nivel (Q_n)

Es determinada cuando se realiza el análisis de las fuerzas horizontales aplicadas a cada marco. $Q_n = \sum(H)$

- Momentos de piso (M_n)

Son determinadas a razón de la altura de cada piso y la fuerza horizontal aplicada a cada marco.

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

Donde:

- M_n = momento de piso en $kg - m$
- Q_n = fuerza cortante del piso en kg
- h_n = altura del nivel en m

- Rigidez de los elementos (K_{ik})

$$K_{ik} = \frac{I}{L_{ik}^3}$$

Donde:

- K_{ik} = rigidez del elemento vertical u horizontal (columnas y vigas) en m^3 .
- I = inercia del elemento en m^4 .
- L_{ik} = longitud del elemento en m .
- Factores de giro o coeficientes de reparto (μ_{ik})

$$\mu_{ik} = -\frac{1}{2} * \left(\frac{K_{ik}}{\sum(K_{ik})} \right)$$

Como comprobación, la sumatoria de los factores de giro de un nodo tiene que ser igual a $-0,50$.

- Factores de corrimiento o desplazamiento (v_{ik})

Se determina debido al ladeo causado por la asimetría de la estructura, también, cuando se cuenta con fuerzas horizontales aplicadas a los marcos rígidos.

$$v_{ik} = -\frac{3}{2} * \left(\frac{K_{col ik}}{\sum(K_{col in})} \right)$$

Como comprobación, la sumatoria de los factores de corrimiento de las columnas de un nivel tiene que ser igual a $-1,50$.

- Iteraciones, influencia de giro (M'_{ik})

$$M''_{ik} = \mu_{ik} * (M_S + \sum(M'_{ni})) \quad ; \quad \text{Sin ladeo}$$

$$M'_{ik} = \mu_{ik} * (M_S + \sum(M'_{ni} + M''_{in})) \quad ; \quad \text{Con ladeo}$$

- Iteraciones, influencia de desplazamiento (M''_{ik})

Se determinará al existir ladeo en la estructura.

$$M''_{ik} = \nu_{ik} * (\sum(M'_{ik}) + M'_{ki}) \quad ; \quad \text{Ladeo por asimetría}$$

$$M''_{ik} = \nu_{ik} * (M_n + \sum(M'_{ik} + M'_{ki})) \quad ; \quad \text{Ladeo por fuerza horizontal}$$

- Momentos finales en el extremo de cada elemento (M_{ik})

$$M_{ik} = MF_{ik} + 2M'_{ik} + M'_{ki} \quad ; \quad \text{Sin ladeo}$$

$$M_{ik} = MF_{ik} + 2M'_{ik} + M'_{ki} + M''_{ik} \quad ; \quad \text{Con ladeo}$$

- Momentos positivos en vigas ($M_{ik(+)}$)

$$M_{ik(+)} = \frac{W * L^2}{8} - \left(\frac{|M_{i(-)}| - |M_{k(-)}|}{2} \right)$$

Donde:

- $M_{ik(+)}$ = momento positivo de la viga en $kg - m$.
- $M_{i(-)}$ = momento negativo de la viga en el extremo izquierdo en $kg - m$.

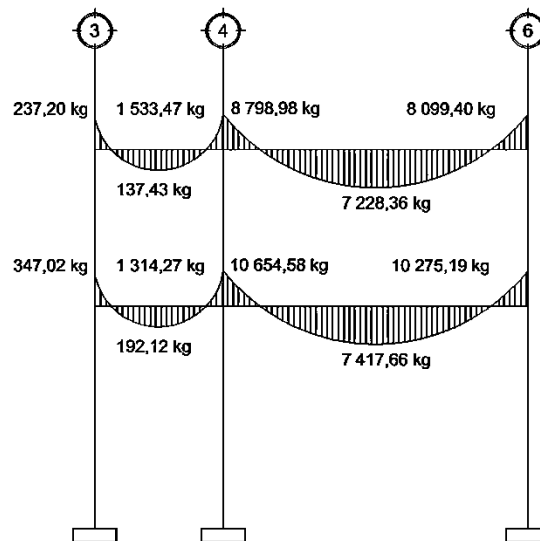
- $M_{k(-)}$ = momento negativo de la viga en el extremo derecho en $kg - m$.

2.1.2.5.1. Análisis de marco típico con Kani, carga muerta

Para el análisis de marcos por el método numérico de Kani para cargas muertas, se toman en consideración los datos de la integración de cargas verticales de la sección 2.1.2.3.1., específicamente de la tabla XIV y XVII y figura 22 de los resultados finales de la integración de cargas muertas para el marco 4 del sentido Y, y de las tablas XX y XXIII y figura 23 de los resultados finales de la integración de cargas muertas para el marco C del sentido X.

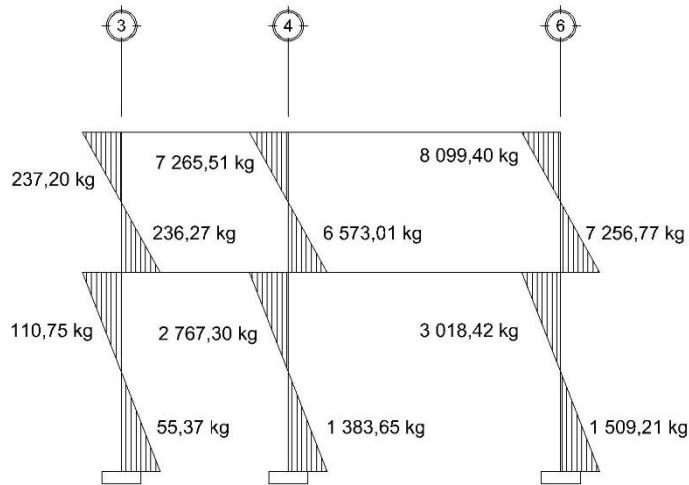
- Análisis de carga muerta en el marco C, sentido X, módulo 1

Figura 33. Momentos Cm en vigas del marco C, sentido X, $kg - m$



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

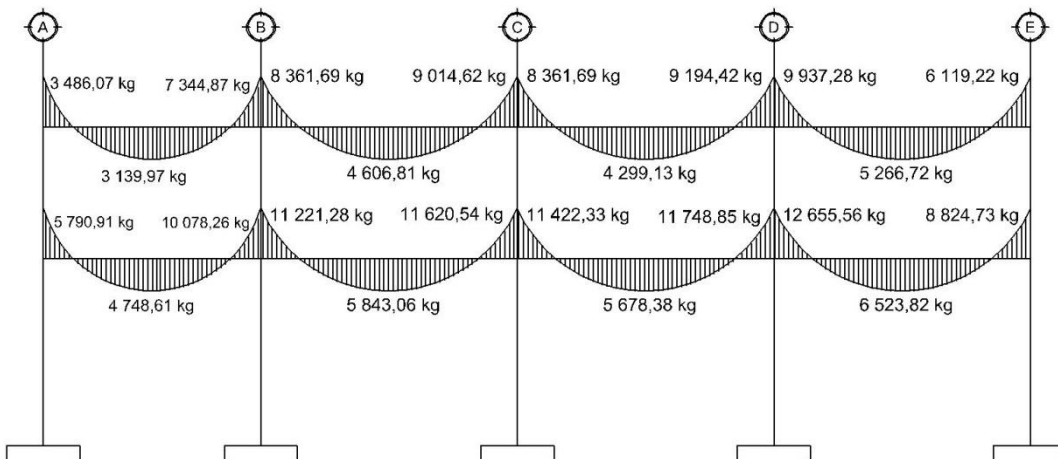
Figura 34. **Momentos Cm en columnas del marco C, sentido X, $kg - m$**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

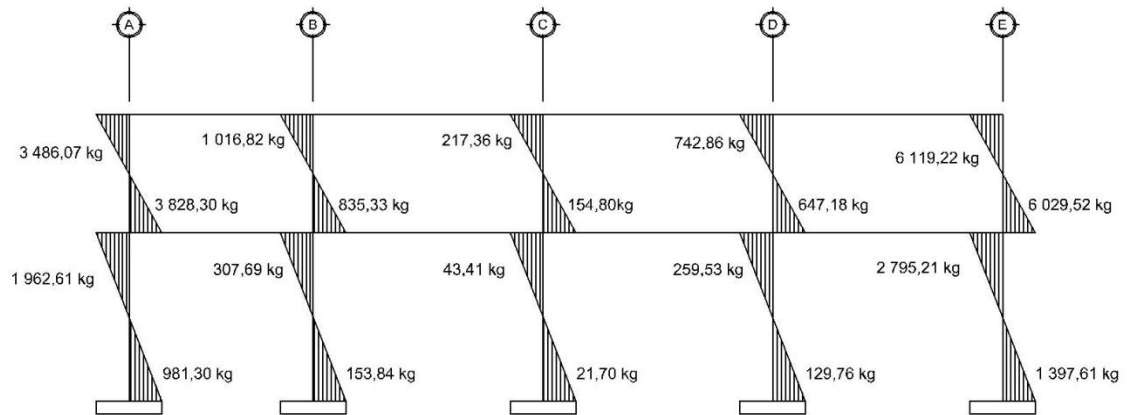
- Análisis de carga muerta en el marco 4, sentido Y, módulo 1

Figura 35. **Momentos Cm en vigas del marco 4, sentido Y, $kg - m$**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Figura 36. Momentos Cm en columnas del marco 4, sentido Y, $kg - m$



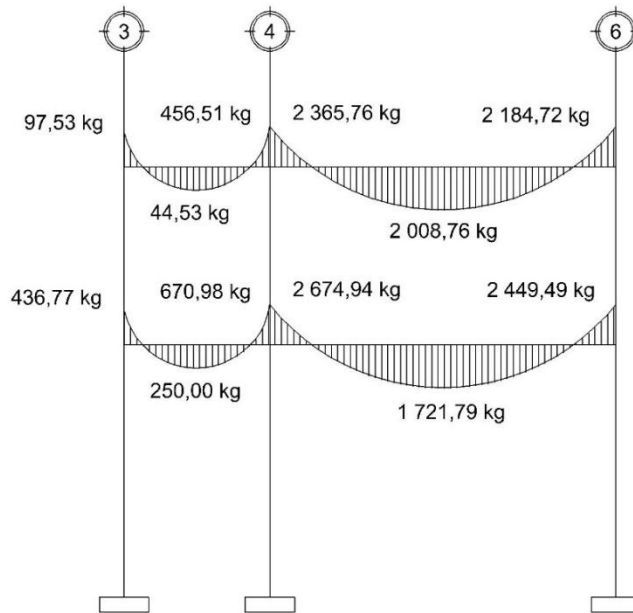
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

2.1.2.5.2. Análisis de marco típico con Kani, carga viva

Para el análisis de marcos por el método numérico de Kani para cargas vivas, se toman en consideración los datos de la integración de cargas verticales de la sección 2.1.2.3.1., específicamente de las tablas XIV y XVII y figura 22 de los resultados finales de la integración de cargas vivas para el marco 4 del sentido Y, y de las tablas XX y XXIII y figura 23 de los resultados finales de la integración de cargas vivas para el marco C del sentido X.

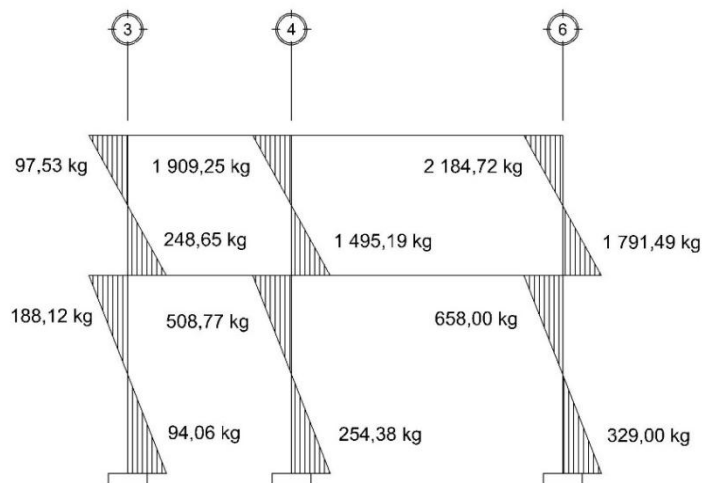
- Análisis de carga viva en el marco C sentido X, módulo 1

Figura 37. **Momentos Cv en vigas del marco C, sentido X, $kg - m$**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

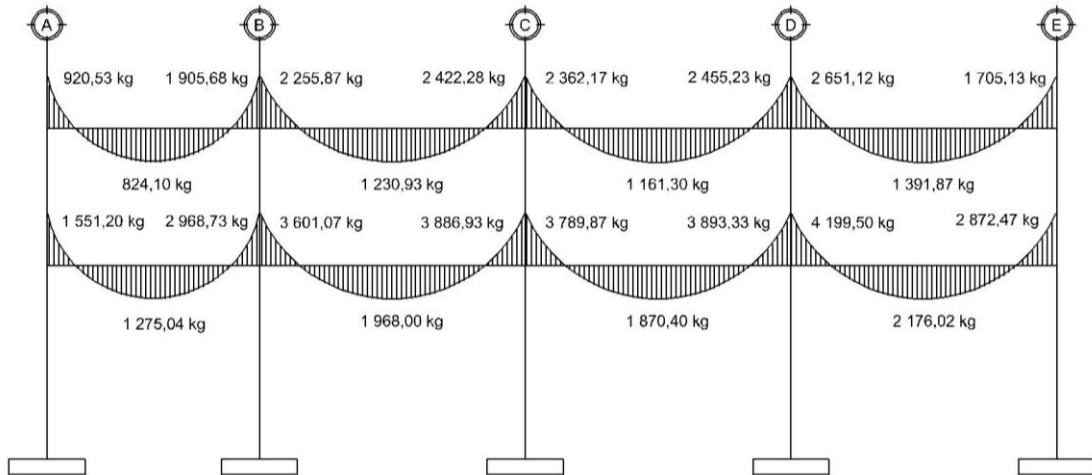
Figura 38. **Momentos Cv en columnas del marco C, sentido X, $kg - m$**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

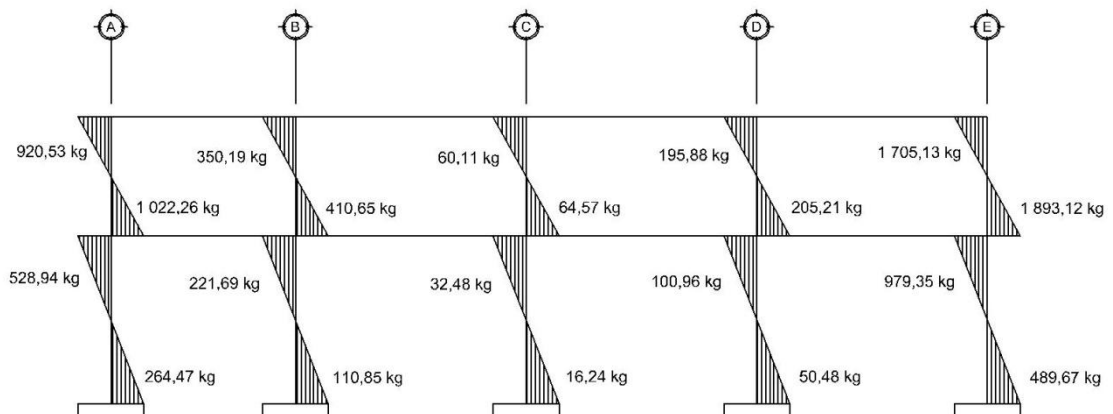
- Análisis de carga viva en el marco 4, sentido Y, módulo 1

Figura 39. **Momentos Cv en vigas del marco 4, sentido Y, $kg - m$**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Figura 40. **Momentos Cv en columnas del marco 4, sentido Y, $kg - m$**



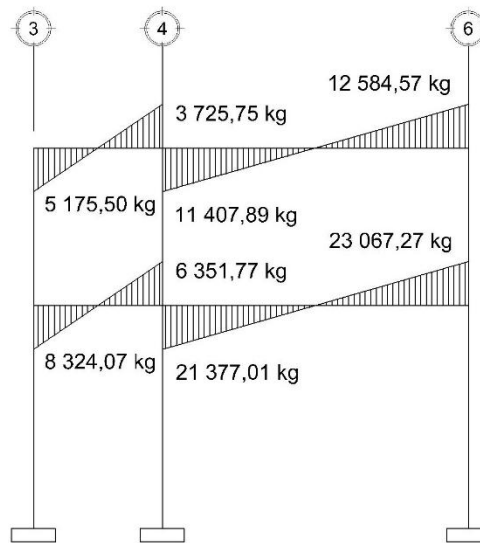
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

2.1.2.5.3. Análisis de marco típico con Kani, carga de sismo

Para el análisis de marcos por el método numérico de Kani para cargas de sismo, se toman en consideración los datos de la integración de cargas horizontales de la sección 2.1.2.3.2., específicamente de la tabla LIV y figura 29 de los resultados finales de la integración de cargas de sismo para el marco C del sentido X, y de la tabla LV y figura 30 de los resultados finales de la integración de cargas de sismo para el marco 4 del sentido Y.

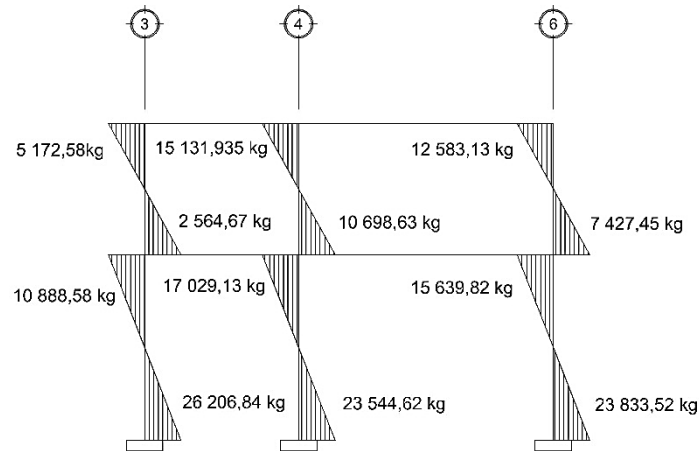
- Análisis de carga de sismo en el marco C sentido X, módulo 1

Figura 41. Momentos C_s en vigas del marco C, sentido X, $kg - m$



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

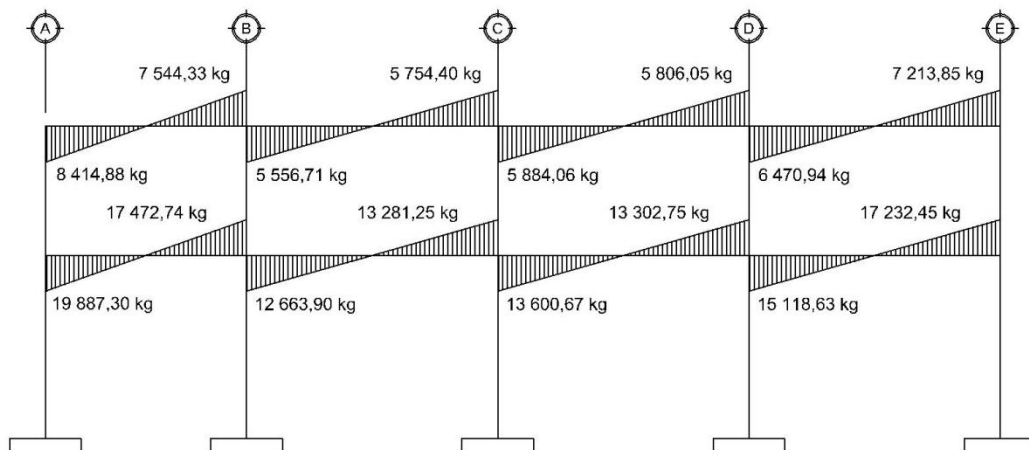
Figura 42. **Momentos C_s en columnas del marco C, sentido X, $kg - m$**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

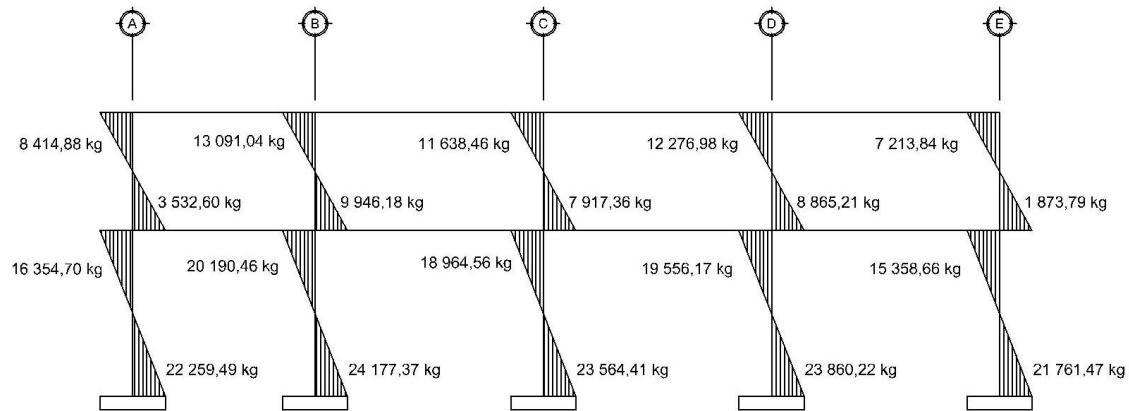
- Análisis de carga de sismo en el marco 4 sentido Y, módulo 1

Figura 43. **Momentos C_s en vigas del marco 4, sentido Y, $kg - m$**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Figura 44. **Momentos C_s en columnas del marco 4, sentido Y, $kg - m$**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

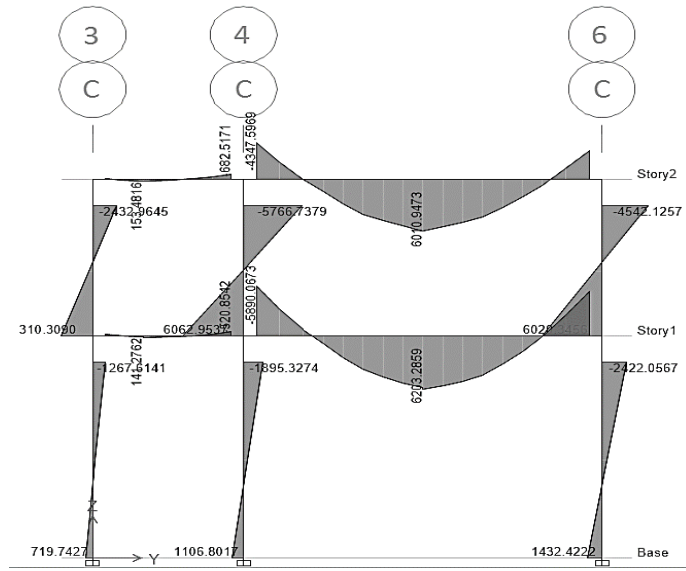
2.1.2.6. Análisis de marcos dúctiles con Etabs

El programa de dimensionamiento, análisis y diseño, estructural Etabs 2016, realiza el análisis tridimensional de la estructura de acuerdo a los factores primordiales definidos por el diseñador: secciones transversales de los elementos estructurales y propiedades de los materiales. De tal manera que al ejecutar el programa da como resultado un dato aproximado al que se obtendría al evaluar la estructura por un método numérico iterativo, en este caso, el método de Kani.

2.1.2.6.1. Análisis de marco típico con Etabs, carga muerta

- Análisis de carga muerta en el marco C, sentido X, módulo 1

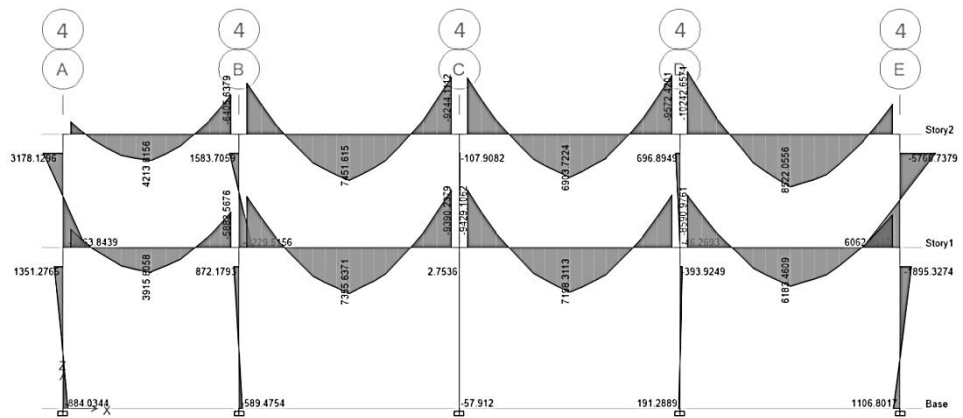
Figura 45. **Momentos Cm del marco C, sentido X, $kg - m$ Etabs 2016**



Fuente: elaboración propia, empleando Etabs 2016.

- Análisis de carga muerta en el marco 4, sentido Y, módulo 1

Figura 46. **Momentos Cm del marco 4, sentido Y, $kg - m$ Etabs 2016**

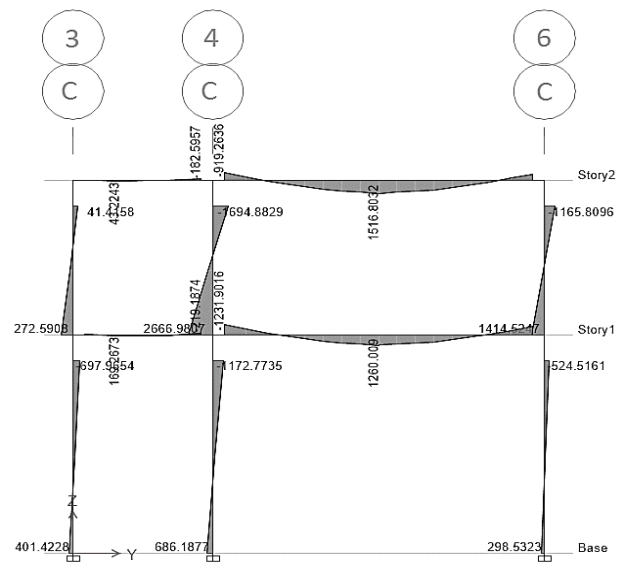


Fuente: elaboración propia, empleando Etabs 2016.

2.1.2.6.2. Análisis de marco típico con Etabs, carga viva

- Análisis de carga viva en el marco C sentido X, módulo 1

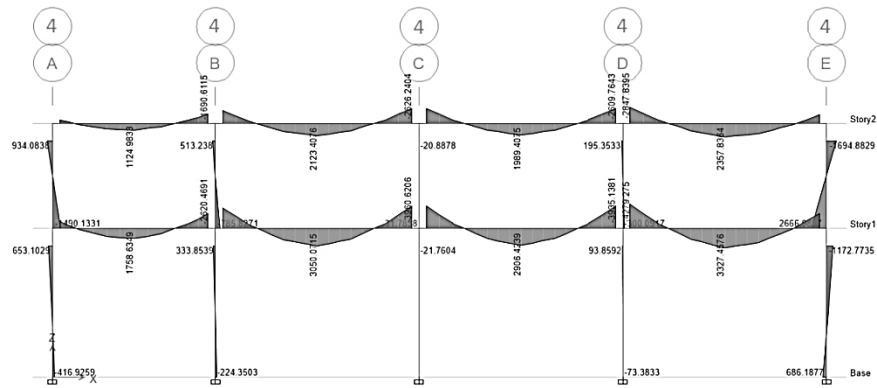
Figura 47. Momentos Cv del marco C, sentido X, $kg - m$ Etabs 2016



Fuente: elaboración propia, empleando Etabs 2016.

- Análisis de carga viva en el marco 4 sentido Y, módulo 1

Figura 48. **Momentos Cv del marco 4, sentido Y, $kg - m$ Etabs 2016**

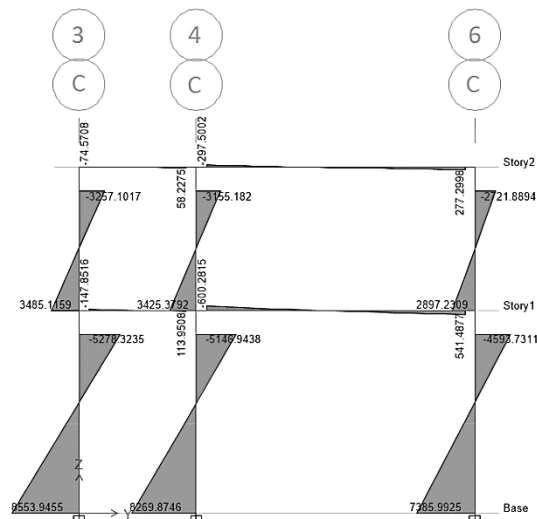


Fuente: elaboración propia, empleando Etabs 2016.

2.1.2.6.3. Análisis de marco típico con Etabs, carga de sismo

- Análisis de carga de sismo en el marco C sentido X, Módulo 1

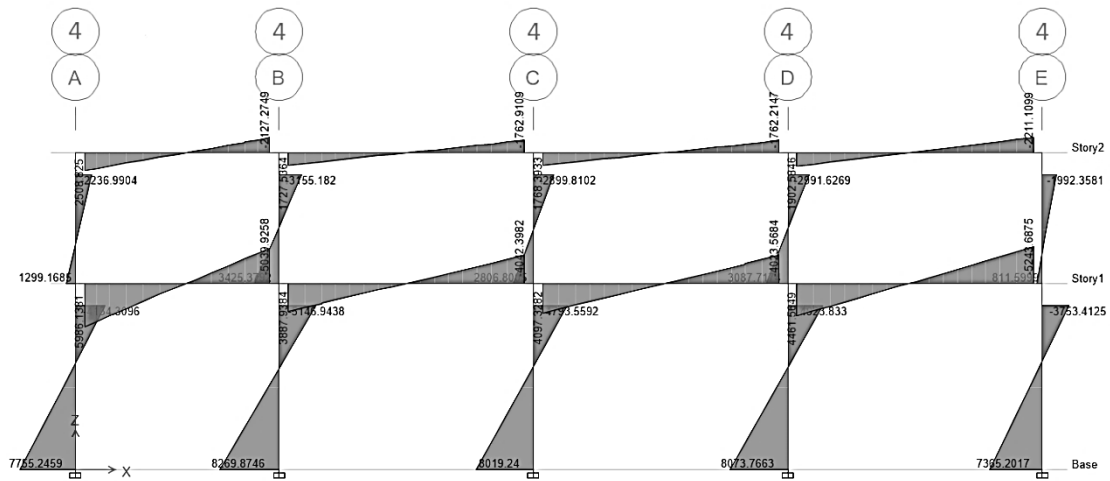
Figura 49. **Momentos Cs del marco C, sentido X, $kg - m$ Etabs 2016**



Fuente: elaboración propia, empleando Etabs 2016.

- Análisis de carga de sismo en el marco 4 sentido Y, módulo 1

Figura 50. **Momentos Cs del marco 4, sentido Y, kg – m Etabs 2016**



Fuente: elaboración propia, empleando Etabs 2016.

2.1.2.7. Comparación de resultados del análisis de marcos dúctiles entre Etabs y Kani

Para ejemplificar la comparación de resultados entre evaluar la estructura en Etabs y Kani, se tomarán los datos de la figura 33 para el método de Kani y la figura 45 para Etabs. Se hará la comparación entre los valores de los momentos a los que está sujeta la viga del tramo A-B del segundo nivel del marco 4, sentido Y del módulo 1.

Tabla LVI. **Comparación de resultados entre Etabs y Kani en la viga del tramo A-B del segundo nivel del marco 4, sentido Y**

Momentos por carga muerta en Etabs y Kani			
A-B	M_{izq}	M_{centro}	M_{der}
Etabs	9 122,11 kg – m	5 103,72 kg – m	9 572,42 kg – m
Kani	8 361,69 kg – m	4 599,13 kg – m	9 194,42 kg – m
Diferencia	760,42 kg – m	504,59 kg – m	378,00 kg – m
%	8,33 %	9,88 %	3,95 %

Fuente: elaboración propia.

Tomando los valores que se obtuvieron en Etabs como el 100 %, el porcentaje menor de variación entre ambos análisis fue del 3,95 % y el porcentaje mayor de variación fue del 9,88 %, no superando este último el 10 % en diferencia como límite permisible.

Por lo tanto, los valores que se estarán utilizando para el diseño de la edificación, corresponden a los datos obtenidos por el método de Kani.

2.1.2.8. Momentos últimos por envolvente de momentos

Los momentos últimos por la envolvente de momentos es la representación de los esfuerzos máximos que pueden ocurrir al superponer los efectos de carga muerta, carga viva y carga de sismo en los elementos estructurales de tipo viga y columna. Las normas NSE 2-10 del AGIES proporcionan factores para combinaciones específicas de carga, tomando en consideración la probabilidad de la ocurrencia simultánea al asignar el valor de los factores a las combinaciones.

Tabla LVII. **Combinaciones de carga según AGIES**

Combinaciones de cargas del AGIES		
Núm.	Combinación	Ref. AGIES NSE 2-10
U1	$1,4 * C_m$	sec. 8.2.1 - ecuación (CR1)
U2	$1,3 * C_m + 1,6 * C_v$	sec. 8.2.1 - ecuación (CR2)
U3	$1,3 * C_m + C_v$	sec. 8.2.1 - ecuación (CR3)
U4	$1,2 * C_m + C_v + C_s$	sec. 8.2.2 - ecuación (CR4)
U5	$0,9 * C_m - C_s$	sec. 8.2.2 - ecuación (CR5)

Fuente: elaboración propia.

2.1.2.8.1. Envoltente de momentos

El proceso es netamente aritmético, se utilizarán los momentos obtenidos por el método numérico Kani, el procedimiento se resume en las tablas siguientes.

- Envoltente de momentos para el marco C, sentido X, módulo 1
 - Envoltente de momentos para las vigas del marco C, sentido X, módulo 1

Tabla LVIII. **Envoltente de momentos, vigas del marco C, sentido X**

Elemento	Vigas (kg-m)								Envoltente
	C_m	C_v	C_s	$1,4 * C_m$	$1,3 * C_m + 1,6 * C_v$	$1,3 * C_m + C_v$	$1,2 * C_m + C_v + C_s$	$0,9 * C_m - C_s$	
Viga 3-4	N2								
M 3-4	-237,20	-97,53	5 175,50	-332,08	-464,41	-405,89	4 793,32	-5 388,98	-5 388,98
M (+)	137,43	44,53		192,40	249,91	223,19	209,45	123,69	249,91
M 4-3	1 533,47	456,51	3 725,75	2 146,86	2 723,92	2 450,02	6 022,42	-2 345,63	6 022,42
Viga 4-6	N2								
M 4-6	-8 798,98	-2 365,76	11 407,89	-12 318,57	-15 223,89	-13 804,44	-1 516,64	-19 326,98	-19 326,98
M (+)	7 228,36	2 008,76		10 119,70	12 610,88	11 405,63	10 682,79	6 505,52	12 610,88
M 6-4	8 099,40	2 184,72	12 584,57	11 339,16	14 024,77	12 713,94	24 488,57	-5 295,11	24 488,57
Viga 3-4	N1								
M 3-4	-347,02	-436,77	8 324,07	-485,82	-1 149,96	-887,89	7 470,87	-8 636,38	-8 636,38
M (+)	192,12	250,00		268,97	649,75	499,75	480,4	172,91	649,75
M 4-3	1 314,27	670,98	6 351,77	1 839,98	2 782,13	2 379,54	8 599,88	-5 168,92	8 599,88
Viga 4-6	N1								
M 4-6	-10 654,58	-2 674,94	21 377,01	-14 916,42	-18 130,87	-16 525,90	5 916,57	-30 966,14	-30 966,14
M (+)	7 417,66	1 721,79		10 384,73	12 397,82	11 364,74	10 622,98	6 675,90	12 397,82
M 6-4	10 275,19	2 449,49	23 067,27	14 385,27	17 276,93	15 807,24	37 846,99	-13 819,59	37 846,99

Fuente: elaboración propia.

- Envoltorio de momentos para las columnas del marco C sentido X, módulo 1

Tabla LIX. **Envoltorio de momentos, columnas del marco C, sentido X**

Columnas (kg-m)									
Elemento	C_m	C_v	C_s	$1,4 * C_m$	$1,3 * C_m + 1,6 * C_v$	$1,3 * C_m + C_v$	$1,2 * C_m + C_v + C_s$	$0,9 * C_m - C_s$	Envoltorio
Columna 3-3'	N2								
M 3-3'	237,20	97,53	-5 172,68	332,08	464,41	405,89	-4 790,51	5 386,16	5 386,16
M 3'-3	236,27	248,65	2 564,67	330,78	704,99	555,80	3 096,84	-2 352,03	3 096,84
Columna 4-4'	N2								
M 4-4'	7 265,51	1 909,25	-15 131,93	10 171,72	12 499,97	11 354,42	-4 504,07	21 670,89	21 670,89
M 4'-4	6 573,01	1 495,19	-10 698,63	9 202,21	10 937,22	10 040,11	-1 315,83	16 614,34	16 614,34
Columna 6-6'	N2								
M 6-6'	-8 099,40	-2 184,72	-12 583,13	-11 339,16	-14 024,77	-12 713,94	-24 487,13	5 293,67	-24 487,13
M 6'-6	-7 256,77	-1 791,49	-7 427,45	-10 159,48	-12 300,18	-11 225,29	-17 927,06	896,35	-17 927,06
Columna 3-3'	N1								
M 3-3'	110,75	188,12	-10 888,58	155,05	444,97	332,10	-10 567,56	10 988,25	10 988,25
M 3'-3	55,37	94,06	-26 206,84	77,52	222,48	166,05	-26 046,33	26 256,68	26 256,68
Columna 4-4'	N1								
M 4-4'	2 767,30	508,77	-17 029,13	3 874,22	4 411,52	4 106,25	-13 199,60	19 519,69	19 519,69
M 4'-4	1 383,65	254,38	-23 544,62	1 937,11	2 205,76	2 053,13	-21 629,85	24 789,90	24 789,90
Columna 6-6'	N1								
M 6-6'	-3 018,42	-658,00	-15 639,82	-4 225,79	-4 976,75	-4 581,95	-19 919,93	12 923,24	-19 919,93
M 6'-6	-1 509,21	-329,00	-23 833,52	-2 112,90	-2 488,37	-2 290,97	-25 973,57	22 475,23	-25 973,57

Fuente: elaboración propia.

- Envoltorio de momentos para el marco 4, sentido Y, módulo 1
 - Envoltorio de momentos para las vigas del marco 4, sentido Y, módulo 1

Tabla LX. **Envoltorio de momentos, vigas del marco 4, sentido Y**

Vigas (kg-m)									
Elemento	C_m	C_v	C_s	$1,4 * C_m$	$1,3 * C_m + 1,6 * C_v$	$1,3 * C_m + C_v$	$1,2 * C_m + C_v + C_s$	$0,9 * C_m - C_s$	Envoltorio
Viga A-B	N2								
M A-B	-3 486,07	-920,53	8 414,88	-4 880,49	-6 004,74	-5 452,42	3 311,07	-11 552,34	-11 552,34
M (+)	3 139,97	824,10	4 395,96	4 395,96	5 400,51	4 906,06	4 592,06	2 825,97	5 400,51
M B-A	7 344,87	1 905,68	7 544,33	10 282,81	12 597,41	11 454,00	18 263,85	-933,95	18 263,85
Viga B-C	N2								
M B-C	-8 361,69	-2 255,87	5 546,71	-11 706,36	-14 479,58	-13 126,06	-6 743,18	-13 072,23	-14 479,58
M (+)	4 606,81	1 230,93	6 449,54	6 449,54	7 958,34	7 219,78	6 759,10	4 146,13	7 958,34
M C-B	9 014,62	2 422,28	5 754,40	12 620,47	15 594,66	14 141,29	18 994,22	2 358,76	18 994,22
Viga C-D	N2								
M C-D	-8 797,26	-2 362,17	5 884,06	-12 316,17	-15 215,91	-13 798,61	-7 034,82	-13 801,60	-15 215,91
M (+)	4 299,13	1 161,30	6 018,78	6 018,78	7 446,95	6 750,17	6 320,25	3 869,22	7 446,95
M D-C	9 194,42	2 455,23	5 806,05	12 872,18	15 881,11	14 407,97	19 294,58	2 468,93	19 294,58
Viga D-E	N2								
M D-E	-9 937,28	-2 651,12	6 470,94	-13 912,19	-17 160,25	-15 569,58	-8 104,91	-15 414,49	-17 160,25
M (+)	5 266,72	1 391,87	7 373,41	7 373,41	9 073,73	8 238,61	7 711,94	4 740,05	9 073,73
M E-D	6 119,22	1 705,13	7 213,85	8 566,91	10 683,20	9 660,12	16 262,04	-1 706,55	16 262,04

Continuación de la tabla LX.

Viga A-B	N1								
M A-B	-5 790,91	-1 551,20	19 887,30	-8 107,28	-10 010,10	-9 079,38	11 387,01	-25 099,12	-25 099,12
M (+)	4 748,61	1 275,04		6 648,05	8 213,25	7 448,22	6 973,36	4 273,75	8 213,25
M B-A	10 078,26	2 968,73	17 472,74	14 109,57	17 851,72	16 070,48	32 535,39	-8 402,30	32 535,39
Viga B-C	N1								
M B-C	-11 221,28	-3 601,07	12 663,90	-15 709,79	-20 349,38	-18 188,73	-4 402,71	-22 763,05	-22 763,05
M (+)	5 843,06	1 968,00		8 180,28	10 744,78	9 563,98	8 979,67	5 258,75	10 744,78
M C-B	11 620,54	3 886,93	13 281,25	16 268,76	21 325,79	18 993,63	31 112,83	-2 822,76	31 112,83
Viga C-D	N1								
M C-D	-11 422,33	-3 789,87	13 600,67	-15 991,27	-20 912,83	-18 638,91	-3 896,00	-23 880,77	-23 880,77
M (+)	5 678,38	1 870,40		7 949,73	10 374,53	9 252,29	8 684,45	5 110,54	10 374,53
M D-C	11 748,85	3 893,33	13 302,75	16 448,38	21 502,82	19 166,83	31 294,69	-2 728,78	31 294,69
Viga D-E	N1								
M D-E	-12 655,56	-4 199,50	15 118,63	-17 717,78	-23 171,43	-20 651,73	-4 267,54	-26 508,64	-26 508,64
M (+)	6 523,82	2 176,02		9 133,35	11 962,59	10 656,98	10 004,60	5 871,44	11 962,59
M E-D	8 824,73	2 872,47	17 232,45	12 354,63	16 068,10	14 344,62	30 694,60	-9 290,19	30 694,60

Fuente: elaboración propia.

- Envoltente de momentos para las columnas del marco 4, sentido Y, módulo 1

Tabla LXI. Envoltente de momentos, columnas del marco 4, sentido Y

Elemento	Columnas (kg-m)								Envoltente
	C_m	C_v	C_s	$1,4 * C_m$	$1,3 * C_m + 1,6 * C_v$	$1,3 * C_m + C_v$	$1,2 * C_m + C_v + C_s$	$0,9 * C_m - C_s$	
Columna A-A'	N2								
M A-A'	3 486,07	920,53	-8 414,87	4 880,49	6 004,74	5 452,42	-3 311,06	11 552,33	11 552,33
M A'-A	3 828,30	1 022,26	-3 532,60	5 359,63	6 612,41	5 999,06	2 083,63	6 978,07	6 978,07
Columna B-B'	N2								
M B-B'	1 016,82	350,19	-13 091,04	1 423,55	1 882,17	1 672,06	-11 520,67	14 006,18	14 006,18
M B'-B	835,33	410,65	-9 946,18	1 169,46	1 742,96	1 496,57	-8 533,14	10 697,97	10 697,97
Columna C-C'	N2								
M C-C'	-217,36	-60,11	-11 638,46	-304,30	-378,75	-342,68	-11 959,40	11 442,83	-11 959,40
M C'-C	-154,80	-64,57	-7 917,36	-216,72	-304,55	-265,81	-8 167,69	7 778,04	-8 167,69
Columna D-D'	N2								
M D-D'	742,86	195,88	-12 276,98	1 040,01	1 279,14	1 161,61	-11 189,66	12 945,56	12 945,56
M D'-D	647,18	205,21	-8 865,21	906,05	1 169,68	1 046,55	-7 883,38	9 447,67	9 447,67
Columna E-E'	N2								
M E-E'	-6 119,22	-1 705,13	-7 213,84	-8 566,91	-10 683,20	-9 660,12	-16 262,04	1 706,55	-16 262,04
M E'-E	-6 029,52	-1 893,12	-1 873,79	-8 441,33	-10 867,38	-9 731,50	-11 002,34	-3 552,78	-11 002,34
Columna A-A'	N1								
M A-A'	1 962,61	528,94	-16 354,70	2 747,65	3 397,69	3 080,33	-13 470,64	18 121,05	18 121,05
M A'-A	981,30	264,47	-22 259,49	1 373,83	1 698,84	1 540,16	-20 817,45	23 142,66	23 142,66
Columna B-B'	N1								
M B-B'	307,69	221,69	-20 190,46	430,76	754,70	621,69	-19 599,55	20 467,38	20 467,38
M B'-B	153,84	110,85	-24 177,37	215,38	377,35	310,84	-23 881,91	24 315,82	24 315,82
Columna C-C'	N1								
M C-C'	-43,41	-32,48	-18 964,56	-60,77	-108,40	-88,91	-19 049,13	18 925,49	-19 049,13
M C'-C	-21,70	-16,24	-23 564,41	-30,38	-54,20	-44,46	-23 606,70	23 544,88	-23 606,70
Columna D-D'	N1								
M D-D'	259,53	100,96	-19 556,17	363,34	498,93	438,35	-19 143,77	19 789,75	19 789,75
M D'-D	129,76	50,48	-23 860,22	181,67	249,46	219,17	-23 654,02	23 977,01	23 977,01
Columna E-E'	N1								
M E-E'	-2 795,21	-979,35	-15 358,66	-3 913,30	-5 200,73	-4 613,12	-19 692,26	12 842,97	-19 692,26
M E'-E	-1 397,61	-489,67	-21 761,47	-1 956,65	-2 600,36	-2 306,56	-23 928,27	20 503,62	-23 928,27

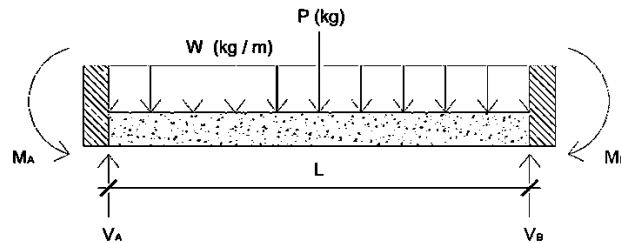
Fuente: elaboración propia.

2.1.2.9. Cortante en marcos dúctiles

Los esfuerzos cortantes últimos en los elementos estructurales de tipo viga y columna de los marcos se obtienen de acuerdo a los lineamientos del código ACI 318S-11. Las ecuaciones empleadas para el cálculo del cortante último consideran los efectos de carga viva, carga muerta y carga de sismo.

- Cortante último en vigas

Figura 51. Cargas actuantes en vigas



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

$$V_{uv} = 0,75 * \left[\left(\frac{1,4 * (W_{cm} * L_v)}{2} \right) + \left(\frac{1,7 * (W_{cv} * L_v)}{2} \right) + \left(\frac{1,87 * (M_{cs1} + M_{cs2})}{L_v} \right) \right]$$

Donde:

- V_{uv} = cortante último en vigas.
- W_{cm} = carga muerta distribuida.
- W_{cv} = carga viva distribuida.
- M_{cs1} = momento debido a la carga de sismo en el extremo izquierdo de la viga.

- M_{Cs2} = momento debido a la carga de sismo en el extremo derecho de la viga.
- L_v = longitud de la viga.
- Cortante último en columnas

$$V_{u\ col} = \frac{M_{sup} + M_{inf}}{L_{col}}$$

Donde:

- $V_{u\ col}$ = cortante último en columnas.
- M_{Cs1} = momento último (envolvente de momentos) en el extremo superior de la columna.
- M_{Cs2} = momento último (envolvente de momentos) en el extremo inferior de la columna.
- L_{col} = longitud de la columna.

A continuación, se muestran los resultados obtenidos al calcular el cortante último en vigas y columnas, por marco típico X/Y en la estructura del módulo 1.

2.1.2.9.1. Cortante último en vigas de los marcos C 4

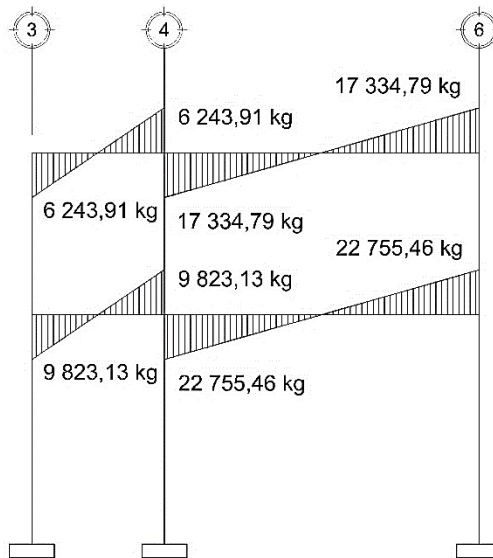
- Cortante último en vigas del marco C, sentido X

Tabla LXII. Cortante último en las vigas del marco C, sentido X

Nivel 2		Cargas distribuidas		Momentos sísmicos		$V_{u \text{ viga}} \text{ (kg)}$
Viga	$L_v \text{ (m)}$	$W_{cm} \text{ (kg/m)}$	$W_{cv} \text{ (kg/m)}$	$M_{cs1} \text{ (kg - m)}$	$M_{cs2} \text{ (kg - m)}$	
3-4	2,95	940,20	295,59	5 175,50	3 725,75	6 243,91
4-6	7,00	2 559,60	699,43	11 407,89	12 584,57	17 334,79
Nivel 1		Cargas distribuidas		Momentos sísmicos		$V_{u \text{ viga}} \text{ (kg)}$
Viga	$L_v \text{ (m)}$	$W_{cm} \text{ (kg/m)}$	$W_{cv} \text{ (kg/m)}$	$M_{cs1} \text{ (kg - m)}$	$M_{cs2} \text{ (kg - m)}$	
3-4	2,95	940,20	738,98	8 324,07	6 351,77	9 823,13
4-6	7,00	2 919,60	699,43	21 377,01	23 067,27	22 755,46

Fuente: elaboración propia.

Figura 52. Diagrama de corte último en vigas del marco C, sentido X



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

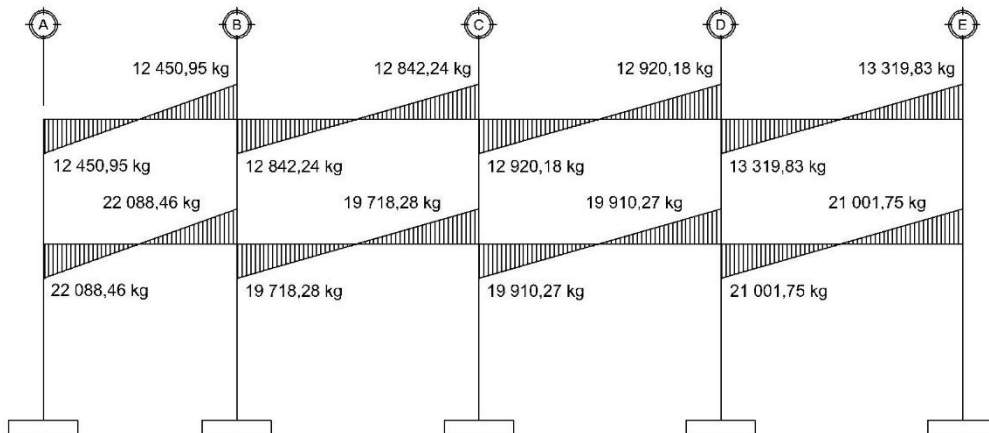
- Cortante último en vigas del marco 4, sentido Y

Tabla LXIII. Cortante último en las vigas del marco 4, sentido Y

Nivel 2		Cargas distribuidas		Momentos sísmicos		$V_{u\text{ viga}} (kg)$
Viga	$L_v (m)$	$W_{cm} (kg/m)$	$W_{cv} (kg/m)$	$M_{Cs1} (kg - m)$	$M_{Cs2} (kg - m)$	
A-B	5,60	2 182,51	570,71	8 414,88	7 544,33	12 450,95
B-C	7,00	2 170,61	582,86	5 546,71	5 754,40	12 842,24
C-D	7,00	2 170,61	582,86	5 884,06	5 806,05	12 920,18
D-E	7,00	2 170,61	582,86	6 470,94	7 213,85	13 319,83
Nivel 1		Cargas distribuidas		Momentos sísmicos		$V_{u\text{ viga}} (kg)$
Viga	$L_v (m)$	$W_{cm} (kg/m)$	$W_{cv} (kg/m)$	$M_{Cs1} (kg - m)$	$M_{Cs2} (kg - m)$	
A-B	5,60	3 235,51	901,79	19 887,30	17 472,74	22 088,46
B-C	7,00	2 818,61	932,57	12 663,90	13 281,25	19 718,28
C-D	7,00	2 818,61	932,57	13 600,67	13 302,75	19 910,27
D-E	7,00	2 818,61	932,57	15 118,63	17 232,45	21 001,75

Fuente: elaboración propia.

Figura 53. Diagrama de corte último en vigas del marco 4, sentido Y



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

2.1.2.9.2. Cortante último en columnas de los marcos C 4

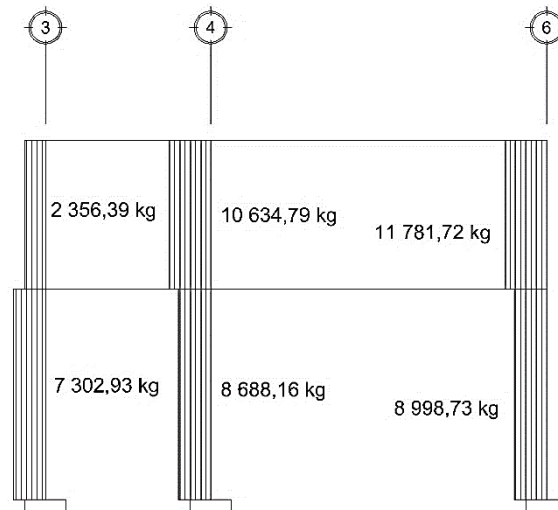
- Cortante último en columnas del marco C, sentido X

Tabla LXIV. Cortante último en las columnas del marco C, sentido X

Nivel 2		Momentos últimos		$V_{u\ col} (kg)$
Columna	$L_{col} (m)$	$M_{sup} (kg - m)$	$M_{inf} (kg - m)$	
3-3'	3,60	5 386,16	3 096,84	2 356,39
4-4'	3,60	21 670,89	16 614,34	10 634,79
6-6'	3,60	24 487,13	17 927,06	11 781,72
Nivel 1		Momentos últimos		$V_{u\ col} (kg)$
Columna	$L_{col} (m)$	$M_{sup} (kg - m)$	$M_{inf} (kg - m)$	
3-3'	5,10	10 988,25	26 256,68	7 302,93
4-4'	5,10	19 519,69	24 789,90	8 688,16
6-6'	5,10	19 919,93	25 973,57	8 998,73

Fuente: elaboración propia.

Figura 54. Diagrama de corte último en columnas del marco C, sentido X



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

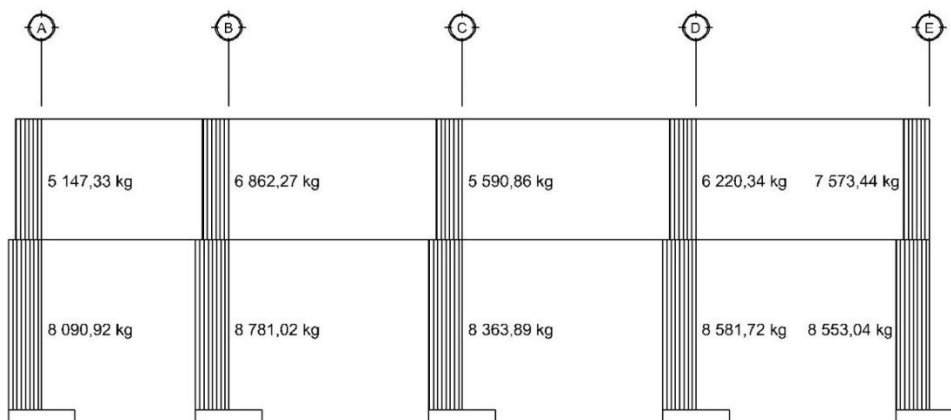
- Cortante último en columnas del marco 4, sentido Y

Tabla LXV. Cortante último en las columnas del marco 4, sentido Y

Nivel 2		Momentos últimos		$V_{u\ col} (kg)$
Columna	$L_{col} (m)$	$M_{sup} (kg - m)$	$M_{inf} (kg - m)$	
A-A'	3,60	11 552,33	6 978,07	5 147,33
B-B'	3,60	14 006,18	10 697,97	6 862,27
C-C'	3,60	11 959,40	8 167,69	5 590,86
D-D'	3,60	12 945,56	9 447,67	6 220,34
E-E'	3,60	16 262,04	11 002,34	7 573,44
Nivel 1		Momentos últimos		$V_{u\ col} (kg)$
Columna	$L_{col} (m)$	$M_{sup} (kg - m)$	$M_{inf} (kg - m)$	
A-A'	5,10	18 121,05	23 142,66	8 090,92
B-B'	5,10	20 467,38	24 315,82	8 781,02
C-C'	5,10	19 049,13	23 606,70	8 363,89
D-D'	5,10	19 789,75	23 977,01	8 581,72
E-E'	5,10	19 692,26	23 928,27	8 553,04

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Figura 55. Diagrama de corte último en columnas del marco 4, sentido Y



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

2.1.3. Diseño estructural

En esta sección se utilizan los resultados del análisis estructural con el objetivo de determinar las dimensiones finales de los elementos estructurales (losas, vigas, columnas y cimentación). También, se determinará el acero de refuerzo que complementará al concreto para que el elemento estructural sea funcional y resistente ante los momentos y las cargas axiales a las que estará sometida durante la vida de la edificación.

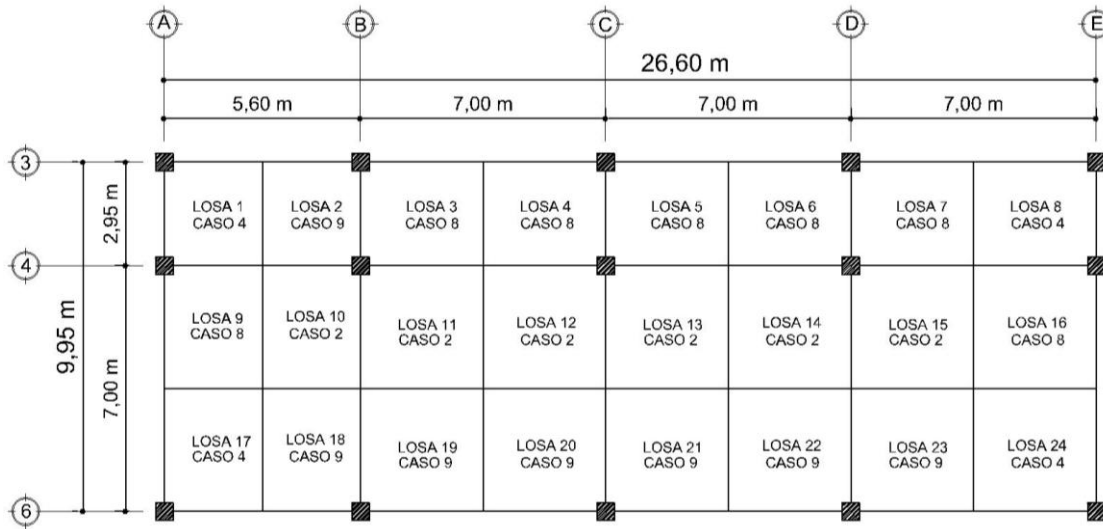
El diseño de los elementos estructurales será con base en el código ACI 318S-11 y los materiales contarán con las siguientes propiedades: resistencia a la compresión del concreto $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ (4 000 *psi*), resistencia a la fluencia del acero $f_y = 4\,200 \text{ kg/cm}^2$ (Grado 60), peso específico del concreto $\gamma_c = 2\,400 \text{ kg/m}$.

2.1.3.1. Diseño de losas

Una losa es un elemento estructural que posee las características necesarias para ser empleada como cubierta que protege de la intemperie como entrepiso siendo capaz de transmitir cargas verticales o como diafragmas para transmitir cargas horizontales.

Para el diseño de las losas de ambos módulos se utilizó el método 3 del ACI de 1986, el método de coeficientes. Este método simplifica el cálculo de diseño de losas, ya que está basado en la continuidad de sus bordes. Como ejemplo, se analizarán y diseñarán las losas que componen el entrepiso del módulo 1.

Figura 56. **Planta típica de distribución de losas ambos niveles, módulo 1**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Figura 57. **Casos de continuidad en losas**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

- Sentido en que trabaja la losa

Para definir la forma en que la losa distribuye las cargas, se hace uso del criterio de la relación entre el lado menor (a) y el lado mayor (b) de la losa.

$$a/b \leq 0,50 \quad ; \quad \text{Losas en un sentido}$$

$$a/b > 0,50 \quad ; \quad \text{Losas en dos sentidos}$$

Para ejemplificar lo anterior, se analizará la losa 1:

$$a = 2,80 \text{ m} \quad b = 2,95 \text{ m}$$

$$a/b = 2,80/2,95 = 0,95 \quad ; \quad 0,95 > 0,50 \quad \text{losa en dos sentidos}$$

- Espesor de la losa

El espesor de losa se presentó en el predimensionamiento de losa en la sección 2.1.2.1.2 tabla VI.

$$t_{losa} = 10,00 \text{ cm}$$

- Carga última de diseño según uso de la losa

Las cargas que serán aplicadas en la losa dependerán del uso ocupacional que se le dé al elemento estructural.

$$C_{U losa} = 1,4 * C_{m losa} + 1,7 * C_{v losa}$$

Donde:

- $C_{U losa}$ = carga última de diseño para la losa.
- $C_{m losa}$ = carga muerta para la losa $C_{m losa} = P_{p losa} + P_{sobrecarga} + P_{acabados}$
- $C_{v losa}$ = carga viva para la losa según el uso ocupacional.

Tabla LXVI. **Valores para la integración de cargas para losas**

C_m losa		C_v losa		
$P_{p\ losa}$	240 kg/m ²	200 kg/m ²	Aulas-baños	AGIES NSE 2-10 sección 3.4
$P_{sobrecarga}$	150 kg/m ²	500 kg/m ²	Pasillos	
$P_{acabados}$	100 kg/m ²	200 kg/m ²	Azotea	

Fuente: elaboración propia.

- Carga ultima de losas para azotea

La totalidad de las losas del segundo nivel comprenden esta clasificación.

$$C_v\ azotea = 200\ kg/m^2$$

$$C_m\ azotea = 240\ kg/m^2 + 150\ kg/m^2 + 100\ kg/m^2$$

$$C_m\ azotea = 490\ kg/m^2$$

$$C_U\ azotea = 1,4 * 490\ kg/m^2 + 1,7 * 200\ kg/m^2$$

$$C_U\ azotea = 1\ 026,00\ kg/m^2$$

- Carga ultima de losas para aulas

Las losas que están en esta clasificación son: las losas de la 11 a la 16 y las losas de la 19 a la 24.

$$C_v\ aulas = 200\ kg/m^2$$

$$C_m\ aulas = 240\ kg/m^2 + 150\ kg/m^2 + 100\ kg/m^2$$

$$C_m\ aulas = 490\ kg/m^2$$

$$C_U\ aulas = 1,4 * 490\ kg/m^2 + 1,7 * 200\ kg/m^2$$

$$C_U\ aulas = 1\ 026,00\ kg/m^2$$

- Carga última de losas para pasillos

Las losas que están en esta clasificación son: las losas de la 1 a la 8.

$$C_v \text{ pasillos} = 500 \text{ kg/m}^2$$

$$C_m \text{ pasillos} = 240 \text{ kg/m}^2 + 150 \text{ kg/m}^2 + 100 \text{ kg/m}^2$$

$$C_m \text{ pasillos} = 490 \text{ kg/m}^2$$

$$C_U \text{ pasillos} = 1,4 * 490 \text{ kg/m}^2 + 1,7 * 500 \text{ kg/m}^2$$

$$C_U \text{ pasillos} = 1 536,00 \text{ kg/m}^2$$

- Carga última de losas para baños

Las losas que están en esta clasificación son: las losas 9 y 10, además de las losas 17 y 18.

$$C_v \text{ baños} = 200 \text{ kg/m}^2$$

$$C_m \text{ baños} = 240 \text{ kg/m}^2 + 150 \text{ kg/m}^2 + 100 \text{ kg/m}^2$$

$$C_m \text{ baños} = 490 \text{ kg/m}^2$$

$$C_U \text{ baños} = 1,4 * 490 \text{ kg/m}^2 + 1,7 * 200 \text{ kg/m}^2$$

$$C_U \text{ baños} = 1 026,00 \text{ kg/m}^2$$

- Momentos actuantes

Para la determinación de los momentos actuante se consideran franjas unitarias de un metro de ancho. Para la franja serán calculados los momentos negativos y el momento positivo de acuerdo al caso que corresponda a cada losa mediante el método 3 del ACI. Lo anterior será calculado de la siguiente manera:

Momento negativo

borde continuo

$$M_a^- = C_{-a} * C_{U losa} * a^2$$

$$M_b^- = C_{-b} * C_{U losa} * b^2$$

Momento negativo

borde discontinuo

$$M_a^- = 1/3 * M_a^+$$

$$M_b^- = 1/3 * M_b^+$$

Momento positivo

$$M_a^+ = C_{Cm a} * C_{m U} * a^2 + C_{Cv a} * C_{v U} * a^2$$

$$M_b^+ = C_{Cm b} * C_{m U} * b^2 + C_{Cv b} * C_{v U} * b^2$$

Donde:

- M_a^- = momento negativo lado corto
- M_b^- = momento negativo lado largo
- M_a^+ = momento positivo lado corto
- M_b^+ = momento positivo lado largo
- C_{-a} = coeficiente para momento negativo de carga última lado corto
- C_{-b} = coeficiente para momento negativo de carga última lado largo
- $C_{Cm a}$ = coeficiente para carga muerta lado corto
- $C_{Cm b}$ = coeficiente para carga muerta lado largo
- $C_{Cv a}$ = coeficiente para carga viva lado corto
- $C_{Cv b}$ = coeficiente para carga viva lado largo
- $C_{U losa}$ = carga última de diseño para la losa
- $C_{m U}$ = carga muerta última de diseño $C_{m U} = 1,4 * C_m$
- $C_{v U}$ = carga viva última de diseño $C_{v U} = 1,4 * C_v$
- a = longitud del lado corto de la losa
- b = longitud del lado largo de la losa

Para determinar los coeficientes de carga, es necesario la utilización de las tablas publicadas por el ACI, las cuales describen los valores para distintos casos en los que se puede estar sometido una losa de acuerdo a la continuidad de sus lados. En las tablas LXVII y LXVIII se observan los resultados del análisis de momentos positivos y negativos para las losas del primer y segundo nivel del Módulo 1.

- Momentos positivos y negativos en las losas del segundo nivel (azotea), módulo 1.

Tabla LXVII. Momentos positivo y negativos para las losas del segundo nivel, módulo 1

Losas del segundo nivel (azotea), módulo 1							CU (Cm u + Cv)		Cm		Cv		Momentos negativos		Momentos positivos	
Losa	a	b	Cm U azotea (kg/m)	Cv U azotea (kg/m)	CU azotea (kg/m)	CO	C - a	C - b	C cm a	C cm b	C cv a	C cv b	Ma - (kg/m)	Mb - (kg/m)	Ma + (kg/m)	Mb + (kg/m)
1	2,80	2,95	686	340	1 026	4	0,055	0,045	0,030	0,024	0,035	0,029	442,41	401,79	254,64	229,08
2	2,80	2,95	686	340	1 026	9	0,065	0,029	0,024	0,017	0,032	0,025	522,85	258,93	214,38	175,46
3	2,95	3,50	686	340	1 026	8	0,049	0,046	0,029	0,017	0,040	0,022	437,51	578,15	291,48	234,49
4	2,95	3,50	686	340	1 026	8	0,049	0,046	0,029	0,017	0,040	0,022	437,51	578,15	291,48	234,49
5	2,95	3,50	686	340	1 026	8	0,049	0,046	0,029	0,017	0,040	0,022	437,51	578,15	291,48	234,49
6	2,95	3,50	686	340	1 026	8	0,049	0,046	0,029	0,017	0,040	0,022	437,51	578,15	291,48	234,49
7	2,95	3,50	686	340	1 026	8	0,049	0,046	0,029	0,017	0,040	0,022	437,51	578,15	291,48	234,49
8	2,95	3,50	686	340	1 026	4	0,066	0,034	0,036	0,019	0,043	0,023	589,30	427,33	342,15	255,46
9	2,80	3,50	686	340	1 026	8	0,055	0,041	0,032	0,015	0,044	0,019	442,41	515,31	289,39	205,19
10	2,80	3,50	686	340	1 026	2	0,065	0,027	0,026	0,011	0,041	0,017	522,85	339,35	249,12	163,24
11	3,50	3,50	686	340	1 026	2	0,045	0,045	0,018	0,018	0,027	0,027	565,58	565,58	263,72	263,72
12	3,50	3,50	686	340	1 026	2	0,045	0,045	0,018	0,018	0,027	0,027	565,58	565,58	263,72	263,72
13	3,50	3,50	686	340	1 026	2	0,045	0,045	0,018	0,018	0,027	0,027	565,58	565,58	263,72	263,72
14	3,50	3,50	686	340	1 026	2	0,045	0,045	0,018	0,018	0,027	0,027	565,58	565,58	263,72	263,72
15	3,50	3,50	686	340	1 026	2	0,045	0,045	0,018	0,018	0,027	0,027	565,58	565,58	263,72	263,72
16	3,50	3,50	686	340	1 026	8	0,033	0,061	0,020	0,023	0,028	0,030	414,76	766,68	284,69	318,23
17	2,80	3,50	686	340	1 026	4	0,071	0,029	0,039	0,016	0,048	0,020	571,11	364,49	337,70	217,76
18	2,80	3,50	686	340	1 026	9	0,075	0,017	0,029	0,010	0,042	0,017	603,29	213,66	267,92	154,84
19	3,50	3,50	686	340	1 026	9	0,061	0,033	0,023	0,020	0,030	0,028	766,68	414,76	318,23	284,69
20	3,50	3,50	686	340	1 026	9	0,061	0,033	0,023	0,020	0,030	0,028	766,68	414,76	318,23	284,69
21	3,50	3,50	686	340	1 026	9	0,061	0,033	0,023	0,020	0,030	0,028	766,68	414,76	318,23	284,69
22	3,50	3,50	686	340	1 026	9	0,061	0,033	0,023	0,020	0,030	0,028	766,68	414,76	318,23	284,69
23	3,50	3,50	686	340	1 026	9	0,061	0,033	0,023	0,020	0,030	0,028	766,68	414,76	318,23	284,69
24	3,50	3,50	686	340	1 026	4	0,050	0,050	0,027	0,027	0,032	0,032	628,43	628,43	360,17	360,17

Fuente: elaboración propia.

- Momentos positivos negativos en las losas del primer nivel (entrepiso), módulo 1.

Tabla LXVIII. Momentos positivo y negativos para las losas del primer nivel, módulo 1

Losas del primer nivel (entrepiso), módulo 1							CU (C _{mu} + C _v)		C _m		C _v		Momentos negativos		Momentos positivos	
Losa	a	b	C _m U entrepiso (kg/m)	C _v U entrepiso (kg/m)	CU entrepiso (kg/m)	C _{SO}	C - a	C - b	C _{cm a}	C _{cm b}	C _{cv a}	C _{cv b}	M a - (kg/m)	M b - (kg/m)	M a + (kg/m)	M b + (kg/m)
1	2,80	2,95	686	850	1 536	4	0,055	0,045	0,030	0,024	0,035	0,029	662,32	601,52	394,59	357,79
2	2,80	2,95	686	850	1 536	9	0,065	0,029	0,024	0,017	0,032	0,025	782,75	387,64	342,33	286,42
3	2,95	3,50	686	850	1 536	8	0,049	0,046	0,029	0,017	0,040	0,022	654,98	865,54	469,01	371,93
4	2,95	3,50	686	850	1 536	8	0,049	0,046	0,029	0,017	0,040	0,022	654,98	865,54	469,01	371,93
5	2,95	3,50	686	850	1 536	8	0,049	0,046	0,029	0,017	0,040	0,022	654,98	865,54	469,01	371,93
6	2,95	3,50	686	850	1 536	8	0,049	0,046	0,029	0,017	0,040	0,022	654,98	865,54	469,01	371,93
7	2,95	3,50	686	850	1 536	8	0,049	0,046	0,029	0,017	0,040	0,022	654,98	865,54	469,01	371,93
8	2,95	3,50	686	850	1 536	4	0,066	0,034	0,036	0,019	0,043	0,023	882,22	639,74	532,99	399,15
9	2,80	3,50	686	340	1 026	8	0,055	0,041	0,032	0,015	0,044	0,019	442,41	515,31	289,39	205,19
10	2,80	3,50	686	340	1 026	2	0,065	0,027	0,026	0,011	0,041	0,017	522,85	339,35	249,12	163,24
11	3,50	3,50	686	340	1 026	2	0,045	0,045	0,018	0,018	0,027	0,027	565,58	565,58	263,72	263,72
12	3,50	3,50	686	340	1 026	2	0,045	0,045	0,018	0,018	0,027	0,027	565,58	565,58	263,72	263,72
13	3,50	3,50	686	340	1 026	2	0,045	0,045	0,018	0,018	0,027	0,027	565,58	565,58	263,72	263,72
14	3,50	3,50	686	340	1 026	2	0,045	0,045	0,018	0,018	0,027	0,027	565,58	565,58	263,72	263,72
15	3,50	3,50	686	340	1 026	2	0,045	0,045	0,018	0,018	0,027	0,027	565,58	565,58	263,72	263,72
16	3,50	3,50	686	340	1 026	8	0,033	0,061	0,020	0,023	0,028	0,030	414,76	766,68	284,69	318,23
17	2,80	3,50	686	340	1 026	4	0,071	0,029	0,039	0,016	0,048	0,020	571,11	364,49	337,70	217,76
18	2,80	3,50	686	340	1 026	9	0,075	0,017	0,029	0,010	0,042	0,017	603,29	213,66	267,92	154,84
19	3,50	3,50	686	340	1 026	9	0,061	0,033	0,023	0,020	0,030	0,028	766,68	414,76	318,23	284,69
20	3,50	3,50	686	340	1 026	9	0,061	0,033	0,023	0,020	0,030	0,028	766,68	414,76	318,23	284,69
21	3,50	3,50	686	340	1 026	9	0,061	0,033	0,023	0,020	0,030	0,028	766,68	414,76	318,23	284,69
22	3,50	3,50	686	340	1 026	9	0,061	0,033	0,023	0,020	0,030	0,028	766,68	414,76	318,23	284,69
23	3,50	3,50	686	340	1 026	9	0,061	0,033	0,023	0,020	0,030	0,028	766,68	414,76	318,23	284,69
24	3,50	3,50	686	340	1 026	4	0,050	0,050	0,027	0,027	0,032	0,032	628,43	628,43	360,17	360,17

Fuente: elaboración propia.

- Balance de momentos en losas

Cuando existen losas continuas, el momento negativo de las losas adyacentes se presentan con valores diferentes entre sí, por lo tanto, los momentos actuantes deben balancearse, de acuerdo al siguiente criterio:

$$Si \ 0,80 * M_2(mayor) \leq M_1(menor) \ ; \ M_{bal} = (M_2 + M_1)/2$$

$$Si \ 0,80 * M_2(mayor) > M_1(menor) \ ; \ M_{bal} = \text{proporcional a su rigidez}$$

Quando el balance de momentos sea proporcional a la rigidez de las losas, se utilizarán las siguientes ecuaciones:

$$M_{bal\ 1} = M_{menor} + [(M_{mayor} - M_{menor}) * D_1]$$

$$M_{bal\ 2} = M_{mayor} - [(M_{mayor} - M_{menor}) * D_2]$$

$$D_1 = D_2 = \frac{K_{1-2}}{K_1 + K_2} \quad ; \quad D_{1-2} = \text{factor de distribución de losa 1 y 2}$$

$$K_1 = K_2 = \frac{1}{L_{1-2}} \quad ; \quad K_{1-2} = \text{rigidez de losa 1 y 2}$$

- Balance de momentos en sentido Y
 - Balance de momentos en las losas del segundo nivel (azotea) sentido Y, módulo 1.

Tabla LXIX. **Balance de momentos en las losas del segundo nivel sentido Y, módulo 1**

Balance de momentos en losas del segundo nivel						No balanceo	Balanceo promedio	Balanceo por rigidez				
Losas	$M_{losa\ 1}$ (kg-m)	$M_{losa\ 2}$ (kg-m)	L_1 (m)	L_2 (m)	Condición	$M_1 = M_2$ (kg-m)	$M_1 = M_2$ (kg-m)	K_1	K_2	D_1	D_2	$M_1 = M_2$ (kg-m)
Losa 1 - 2	442,41	522,85	2,80	2,80	Balance promedio		482,63					
Losa 2 - 3	522,85	578,15	2,80	3,50	Balance promedio		550,50					
Losa 3 - 4	578,15	578,15	3,50	3,50	No balance	578,15						
Losa 4 - 5	578,15	578,15	3,50	3,50	No balance	578,15						
Losa 5 - 6	578,15	578,15	3,50	3,50	No balance	578,15						
Losa 6 - 7	578,15	578,15	3,50	3,50	No balance	578,15						
Losa 7 - 8	578,15	427,33	3,50	3,50	Balance por rigideces			0,29	0,29	0,50	0,50	502,74
Losa 9 - 10	442,41	522,85	2,80	2,80	Balance promedio		482,63					
Losa 10 - 11	522,85	565,58	2,80	3,50	Balance promedio		544,22					
Losa 11 - 12	565,58	565,58	3,50	3,50	No balance	565,58						
Losa 12 - 13	565,58	565,58	3,50	3,50	No balance	565,58						
Losa 13 - 14	565,58	565,58	3,50	3,50	No balance	565,58						
Losa 14 - 15	565,58	565,58	3,50	3,50	No balance	565,58						

Continuación de la tabla LXIX.

Losa 15 - 16	565,58	766,68	3,50	3,50	Balance por rigideces			0,29	0,29	0,50	0,50	666,13
Losa 17 - 18	571,11	603,29	2,80	2,80	Balance promedio		587,20					
Losa 18 - 19	603,29	766,68	2,80	3,50	Balance por rigideces			0,36	0,29	0,56	0,44	694,06
Losa 19 - 20	766,68	766,68	3,50	3,50	No balance	766,68						
Losa 20 - 21	766,68	766,68	3,50	3,50	No balance	766,68						
Losa 21 - 22	766,68	766,68	3,50	3,50	No balance	766,68						
Losa 22 - 23	766,68	766,68	3,50	3,50	No balance	766,68						
Losa 23 - 24	766,68	628,43	3,50	3,50	Balance promedio		697,55					

Fuente: elaboración propia.

- Balance de momentos en las losas del primer nivel (entrepiso) sentido Y, módulo 1.

Tabla LXX. **Balance de momentos en las losas del primer nivel sentido Y, módulo 1**

Balance de momentos en losas del primer nivel						No balanceo	Balanceo promedio	Balanceo por rigidez				
Losas	$M_{losa 1}$ (kg - m)	$M_{losa 2}$ (kg - m)	L_1 (m)	L_2 (m)	Condición	$M_1 = M_2$ (kg - m)	$M_1 = M_2$ (kg - m)	K_1	K_2	D_1	D_2	$M_1 = M_2$ (kg - m)
Losa 1 - 2	662,32	782,75	2,80	2,80	Balance promedio		722,53					
Losa 2 - 3	782,75	865,54	2,80	3,50	Balance promedio		824,14					
Losa 3 - 4	865,54	865,54	3,50	3,50	No balance	865,54						
Losa 4 - 5	865,54	865,54	3,50	3,50	No balance	865,54						
Losa 5 - 6	865,54	865,54	3,50	3,50	No balance	865,54						
Losa 6 - 7	865,54	865,54	3,50	3,50	No balance	865,54						
Losa 7 - 8	865,54	639,74	3,50	3,50	Balance por rigideces			0,29	0,29	0,50	0,50	752,64
Losa 9 - 10	442,41	522,85	2,80	2,80	Balance promedio		482,63					
Losa 10 - 11	522,85	565,58	2,80	3,50	Balance promedio		544,22					
Losa 11 - 12	565,58	565,58	3,50	3,50	No balance	565,58						
Losa 12 - 13	565,58	565,58	3,50	3,50	No balance	565,58						
Losa 13 - 14	565,58	565,58	3,50	3,50	No balance	565,58						
Losa 14 - 15	565,58	565,58	3,50	3,50	No balance	565,58						
Losa 15 - 16	565,58	766,68	3,50	3,50	Balance por rigideces			0,29	0,29	0,50	0,50	666,13
Losa 17 - 18	571,11	603,29	2,80	2,80	Balance promedio		587,20					

Continuación de la tabla LXX.

Losa 18 - 19	603,29	766,68	2,80	3,50	Balance por rigideces			0,36	0,29	0,56	0,44	694,06
Losa 19 - 20	766,68	766,68	3,50	3,50	No balance	766,68						
Losa 20 - 21	766,68	766,68	3,50	3,50	No balance	766,68						
Losa 21 - 22	766,68	766,68	3,50	3,50	No balance	766,68						
Losa 22 - 23	766,68	766,68	3,50	3,50	No balance	766,68						
Losa 23 - 24	766,68	628,43	3,50	3,50	Balance promedio		697,55					

Fuente: elaboración propia.

- Balance de momentos en sentido X
 - Balance de momentos en las losas del segundo nivel (azotea) sentido X, módulo 1.

Tabla LXXI. **Balance de momentos en las losas del segundo nivel sentido X, módulo 1**

Balance de momentos en losas del segundo nivel						Balanceo por rigidez				
Losas	$M_{losa 1}$ (kg - m)	$M_{losa 2}$ (kg - m)	L_1 (m)	L_2 (m)	Condición	K_1	K_2	D_1	D_2	$M_1 = M_2$ (kg - m)
Losa 1 - 9	401,79	515,31	2,95	3,50	Balance por rigideces	0,34	0,29	0,54	0,46	463,39
Losa 9 - 17	515,31	364,49	3,50	3,50	Balance por rigideces	0,29	0,29	0,50	0,50	439,90
Losa 2 - 10	258,93	339,35	2,95	3,50	Balance por rigideces	0,34	0,29	0,54	0,46	302,57
Losa 10 - 18	339,35	213,66	3,50	3,50	Balance por rigideces	0,29	0,29	0,50	0,50	276,51
Losa 3 - 11	437,51	565,58	2,95	3,50	Balance por rigideces	0,34	0,29	0,54	0,46	507,01
Losa 11 - 19	565,58	414,76	3,50	3,50	Balance por rigideces	0,29	0,29	0,50	0,50	490,17
Losa 4 - 12	437,51	565,58	2,95	3,50	Balance por rigideces	0,34	0,29	0,54	0,46	507,01
Losa 12 - 20	565,58	414,76	3,50	3,50	Balance por rigideces	0,29	0,29	0,50	0,50	490,17
Losa 5 - 13	437,51	565,58	2,95	3,50	Balance por rigideces	0,34	0,29	0,54	0,46	507,01
Losa 13 - 21	565,58	414,76	3,50	3,50	Balance por rigideces	0,29	0,29	0,50	0,50	490,17
Losa 6 - 14	437,51	565,58	2,95	3,50	Balance por rigideces	0,34	0,29	0,54	0,46	507,01
Losa 14 - 22	565,58	414,76	3,50	3,50	Balance por rigideces	0,29	0,29	0,50	0,50	490,17

Continuación de la tabla LXXI.

Losa 7 - 15	437,51	565,58	2,95	3,50	Balance por rigideces	0,34	0,29	0,54	0,46	507,01
Losa 15 - 23	565,58	414,76	3,50	3,50	Balance por rigideces	0,29	0,29	0,50	0,50	490,17
Losa 8 - 16	589,30	414,76	2,95	3,50	Balance por rigideces	0,34	0,29	0,54	0,46	509,47
Losa 16 - 24	414,76	628,43	3,50	3,50	Balance por rigideces	0,29	0,29	0,50	0,50	521,59

Fuente: elaboración propia.

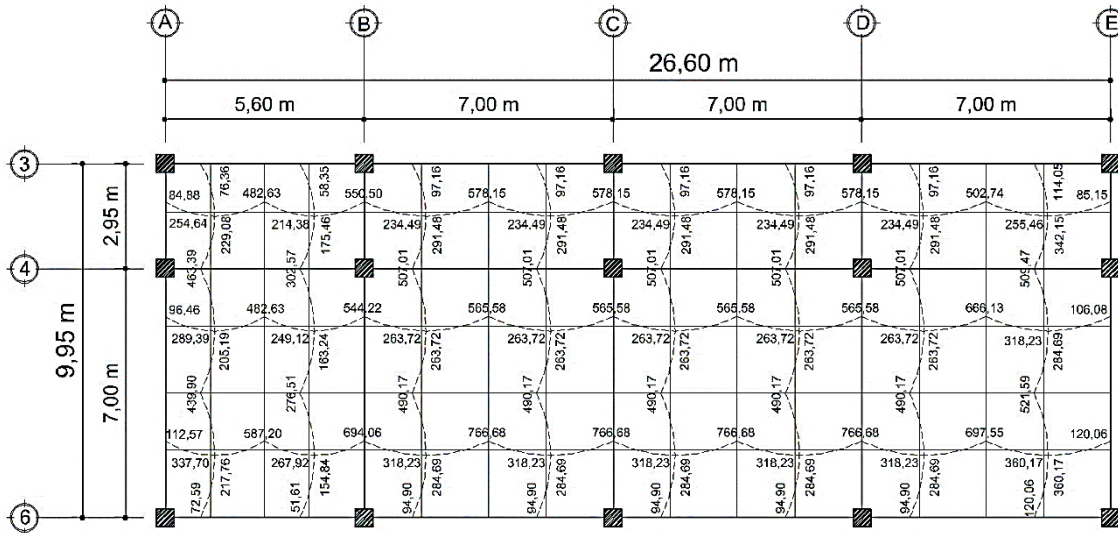
- Balance de momentos en las losas del primer nivel (entrepiso) sentido X, módulo 1

Tabla LXXII. **Balance de momentos en las losas del primer nivel sentido X, módulo 1**

Balance de momentos en losas del primer nivel						Balanceo promedio	Balanceo por rigidez				
Losas	$M_{losa 1}$ (kg - m)	$M_{losa 2}$ (kg - m)	L_1 (m)	L_2 (m)	Condición	$M_1 = M_2$ (kg - m)	K_1	K_2	D_1	D_2	$M_1 = M_2$ (kg - m)
Losa 1 - 9	601,52	515,31	2,95	3,50	Balance promedio	558,41					
Losa 9 - 17	515,31	364,49	3,50	3,50	Balance por rigideces		0,29	0,29	0,50	0,50	439,90
Losa 2 - 10	387,64	339,35	2,95	3,50	Balance promedio	363,50					
Losa 10 - 18	339,35	213,66	3,50	3,50	Balance por rigideces		0,29	0,29	0,50	0,50	276,51
Losa 3 - 11	654,98	565,58	2,95	3,50	Balance promedio	610,28					
Losa 11 - 19	565,58	414,76	3,50	3,50	Balance por rigideces		0,29	0,29	0,50	0,50	490,17
Losa 4 - 12	654,98	565,58	2,95	3,50	Balance promedio	610,28					
Losa 12 - 20	565,58	414,76	3,50	3,50	Balance por rigideces		0,29	0,29	0,50	0,50	490,17
Losa 5 - 13	654,98	565,58	2,95	3,50	Balance promedio	610,28					
Losa 13 - 21	565,58	414,76	3,50	3,50	Balance por rigideces		0,29	0,29	0,50	0,50	490,17
Losa 6 - 14	654,98	565,58	2,95	3,50	Balance promedio	610,28					
Losa 14 - 22	565,58	414,76	3,50	3,50	Balance por rigideces		0,29	0,29	0,50	0,50	490,17
Losa 7 - 15	654,98	565,58	2,95	3,50	Balance promedio	610,28					
Losa 15 - 23	565,58	414,76	3,50	3,50	Balance por rigideces		0,29	0,29	0,50	0,50	490,17
Losa 8 - 16	882,22	414,76	2,95	3,50	Balance por rigideces		0,34	0,29	0,54	0,46	668,42
Losa 16 - 24	414,76	628,43	3,50	3,50	Balance por rigideces		0,29	0,29	0,50	0,50	521,59

Fuente: elaboración propia.

Figura 59. **Momentos actuantes balanceados para las losas del primer nivel, módulo 1**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

- **Diseño de armado de losa**

Para el diseño del refuerzo de las losas, se considera como el diseño de una viga, con un ancho unitario que forma una franja de 1 metro ($b_w = 100 \text{ cm}$). Para el edificio escolar, se utilizarán los siguientes parámetros para el diseño del armado de losas, ejemplificando los cálculos con las losas del módulo 1:

- **Peralte efectivo de la losa**

Para el cálculo del peralte efectivo de la losa se toma en cuenta que el recubrimiento mínimo para una losa de concreto no expuesta a la intemperie ni en contacto con el suelo es de 2,00 cm, según ACI 318S-11 sección 7.7.1. El acero a utilizar se propone de varilla \emptyset No. 3.

$$d_{losa} = t_{losa} - \text{recubrimiento} - \frac{\phi \text{ varilla}}{2}$$

$$d_{losa} = 10,00 \text{ cm} - 2,00 \text{ cm} - \frac{\phi \text{ No.3}}{2} \quad ; \quad d_{losa} = 7,52 \text{ cm}$$

- Área de acero mínima

El área de acero mínima para la franja unitaria de una losa corresponde al resultado de evaluar las ecuaciones dispuestas en la sección 10.5.1 del ACI 318S-11; dicha sección estipula que, para elementos sometidos a flexión, el área de acero mínima $As_{mín}$ no debe ser menor que $As_{mín \text{ límite}}$:

$$As_{mín} = \frac{0,80 * \sqrt{f'c}}{fy} * b_w * d_{losa} \quad ; \quad As_{mín \text{ límite}} = \frac{14 * b_w * d_{losa}}{fy}$$

$$As_{mín} \geq As_{mín \text{ límite}}$$

$$As_{mín} = \frac{0,80 * \sqrt{280 \text{ kg/cm}^2}}{4 \text{ 200 kg/cm}^2} * 100 \text{ cm} * 7,52 \text{ cm} \quad ; \quad As_{mín} = 2,40 \text{ cm}^2$$

$$As_{mín \text{ límite}} = \frac{14 * 100 \text{ cm} * 7,52 \text{ cm}}{4 \text{ 200 kg/cm}^2} \quad ; \quad As_{mín \text{ límite}} = 2,51 \text{ cm}^2$$

Debido a las restricciones que indica el ACI respecto a los límites del área de refuerzo, el acero mínimo se tomará como: $As_{mín} = 2,51 \text{ cm}^2$.

- Espaciamiento para $As_{mín}$

Con el área de acero mínimo, se calcula un espaciamiento ($S_{As \text{ mín}}$), usando una varilla de acero $\phi \text{ No.3}$ que tiene un área en su sección transversal de $0,71 \text{ cm}^2$.

El espaciamiento se calcula por medio de la siguiente expresión:

$$S_{As \text{ mín}} = \frac{A_{s \text{ ref}} * b_w}{A_{s \text{ mín}}}$$

$$S_{As \text{ mín}} = \frac{0,71 \text{ cm}^2 * 100 \text{ cm}}{2,51 \text{ cm}^2} \quad ; \quad S_{As \text{ mín}} = 28,31 \text{ cm}$$

Se toma en consideración lo que el código ACI 318S-11 en la sección 7.6.5., estipula: en muros y losas, exceptuando las losas nervadas, la separación del refuerzo principal por flexión no debe ser mayor de 3 veces el espesor del muro o de la losa, ni de 450 mm; por lo tanto:

$$S_{\text{máx}} = 3 * t_{\text{losa}} \quad ; \quad S_{\text{máx}} = 3 * 10 \text{ cm} \quad ; \quad S_{\text{máx}} = 30 \text{ cm}$$

El espaciamiento encontrado con el área de acero mínima no es mayor que el máximo espaciamiento de 3 veces el espesor de losa (30 cm) y de 450 mm. Permitidos; por lo tanto, se propone un espaciamiento para el área de acero mínima de $S = 25,00 \text{ cm}$.

- Momento soportado por $A_{s \text{ mín}}$

$$M_{As \text{ mín}} = 0,9 * \left[fy * A_{s \text{ mín}} * \left(d_{\text{losa}} - \frac{A_{s \text{ mín}} * fy}{1,7 * f'c * b_w} \right) \right]$$

$$M_{As \text{ mín}} = 0,9 * \left[4 200 * 2,51 * \left(7,52 - \frac{2,51 * 4 200}{1,7 * 280 * 100} \right) \right]$$

$$M_{As \text{ mín}} = 69 222,20 \text{ kg} - \text{cm} \quad ; \quad M_{As} = 692,22 \text{ kg} - \text{m}$$

- Refuerzo para momentos que excedan al momento cubierto por $A_{s \text{ mín}}$

Para todos los momentos menores al $M_{As \text{ mín}}$ se utilizará el refuerzo mínimo; para los momentos que lo excedan deberá calcularse el área de acero y espaciamiento requerido de la siguiente forma:

$$A_{s req} = \left[(b_w * d_{losa}) - \sqrt{(b_w * d_{losa})^2 - \left(\frac{M_u * b_w}{0,003825 * f'c} \right)} \right] * \frac{0,85 * f'c}{f_y}$$

Tabla LXXIII. **Áreas de acero y espaciamiento para cada momento en losas, módulo 1**

Áreas de acero y espaciamiento para todos los momentos					Espaciamiento calculado (m)	Espaciamiento a usar (m)
Mu (Kg-m)	As req (cm²)	As mín (cm²)	As a usar (cm²)	No. Varilla		
≤ 692,22	2,51	2,51	As mín	No. 3	0,28	0,25
694,06	2,51	2,51	As requerido	No. 3	0,28	0,25
697,55	2,53	2,51	As requerido	No. 3	0,28	0,25
722,53	2,62	2,51	As requerido	No. 3	0,27	0,25
752,64	2,73	2,51	As requerido	No. 3	0,26	0,25
766,68	2,79	2,51	As requerido	No. 3	0,25	0,25
824,14	3,00	2,51	As requerido	No. 3	0,24	0,20
865,54	3,16	2,51	As requerido	No. 3	0,22	0,20

Fuente: elaboración propia.

- Chequeo por corte

Las losas están sometidas a esfuerzo de corte, el cual debe ser resistido únicamente por el concreto; por tal razón, se debe verificar si el espesor de la losa es el adecuado. El procedimiento es el siguiente:

$$V_{m\acute{a}x res} \geq V_{m\acute{a}x act} \quad ; \quad \text{Espesor de losa adecuado}$$

$$V_{m\acute{a}x res} < V_{m\acute{a}x act} \quad ; \quad \text{Aumentar espesor de losa}$$

$$V_{m\acute{a}x act} = \frac{C_u * a}{2} \quad \quad V_{m\acute{a}x res} = \phi * 0,53 * \sqrt[2]{f'c} * b_w * d_{losa}$$

Donde:

- $V_{m\acute{a}x\ act}$ = cortante máximo actuante.
- $V_{m\acute{a}x\ res}$ = cortante máximo resistente.
- ϕ = factor de modificación para concreto liviano de peso normal, ACI 318S-11 sección 8.6.1. $\phi = 0,85$
- a = lado corto de la losa, tomando el mayor de los lados cortos.

- Cortante máximo resistente

$$V_{m\acute{a}x\ res} = 0,85 * 0,53 * \sqrt{280\ kg/cm^2 * 100_{cm} * 7,52_{cm}}$$

$$V_{m\acute{a}x\ res} = 5\ 671,45\ kg$$

- Cortante máximo actuante

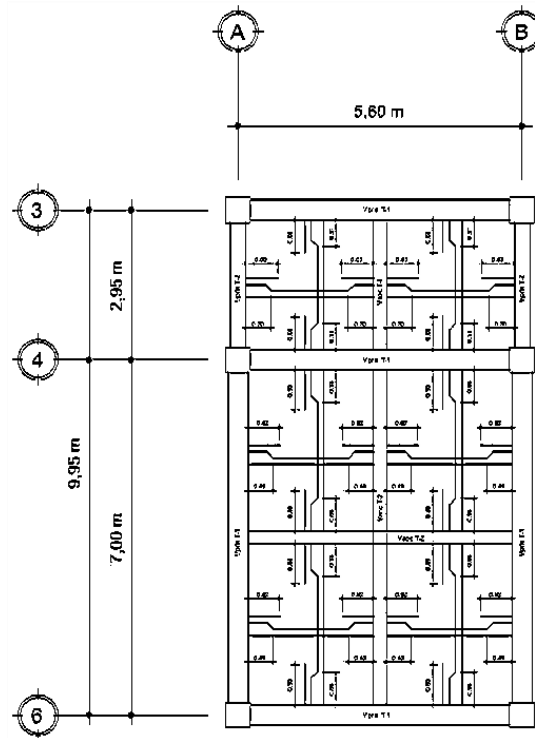
$$V_{m\acute{a}x\ act} = \frac{1\ 536,00 * 2,80}{2} \quad ; \quad V_{m\acute{a}x\ act} = 2\ 150,40\ kg$$

- Comparación $V_{m\acute{a}x\ res} - V_{m\acute{a}x\ act}$

$$V_{m\acute{a}x\ res} \geq V_{m\acute{a}x\ act} \quad ; \quad 5\ 671,45\ kg \geq 2\ 150,40\ kg$$

Como el cortante en la sección considera es menor a la resistencia por corte del concreto, se concluye que el espesor de $t_{losa} = 10\ cm$ es el adecuado.

Figura 60. **Detalle de armado de losa típica**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Para el diseño de todas las losas se siguió el procedimiento descrito anteriormente; los resultados finales de ambos módulos se presentan en los planos de armado de losas, en la sección de anexos.

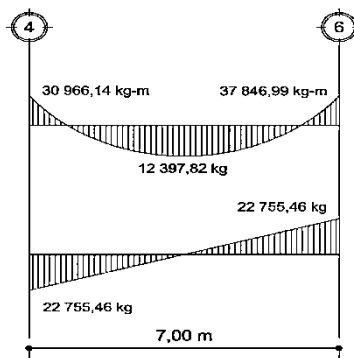
2.1.3.2. **Diseño de vigas**

Las vigas son elementos estructurales sometidos a esfuerzo de corte, compresión y tensión. En una viga de concreto armado, el acero de refuerzo resiste la tensión causada por los momentos flectores, mientras que el concreto resiste los esfuerzos de compresión.

Los datos necesarios para el diseño de la viga son los momentos y cortes actuantes últimos que son tomados del análisis estructural, específicamente, de la sección 2.1.2.8, momentos últimos por envolvente de momentos y de la sección 2.1.2.9, cortante en marcos dúctiles.

Para ejemplificar este procedimiento, se diseñará la viga del tramo 4-6 del primer nivel del marco C, sentido X, del módulo 1; esta viga será denominada como viga principal T-1-D. En la figura 61 se encuentran los momentos últimos y cortes últimos que afectan a dicha viga.

Figura 61. **Diagrama de momentos y cortes últimos de la viga principal T-1-D**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Las dimensiones de la sección transversal de la viga son de 40 cm x 60 cm.

- Peralte efectivo de la viga

Para el cálculo del peralte efectivo de la viga se toma en cuenta que el recubrimiento mínimo para una viga de concreto no expuesta a la intemperie ni

en contacto con el suelo es de 4,00 cm; según ACI 318S-11 sección 7.7.1, la varilla de acero longitudinal a utilizar se propone de \emptyset No.7 con un refuerzo transversal de varilla \emptyset No.3.

$$d_v = h_v - (\text{recubrimiento} + \frac{\emptyset \text{ varilla long}}{2} + \emptyset \text{ varilla trans})$$

$$d_v = 60_{cm} - \left(4_{cm} + \frac{2,22_{cm}}{2} + 0,953_{cm} \right) ; \quad d_v = 53,94_{cm}$$

Según ACI 318S-11 sección 7.10.5, para el confinamiento de varillas de acero longitudinales por medio de estribos transversales, se deben emplear varillas \emptyset No.3 como mínimo para varillas longitudinales menores o iguales a \emptyset No.10.

- Diseño por flexión
 - Límites del área de acero

Antes de realizar el cálculo del acero longitudinal de la viga, se deben conocer los límites entre los que se debe encontrar este valor, mediante los siguientes criterios:

- Área de acero mínima

Según la sección 10.5.1 del ACI 318S-11, el refuerzo mínimo para elementos sometidos a flexión, no debe ser menor que $AS_{mín\ límite}$:

$$AS_{mín} = \frac{0,80 * \sqrt{f'c}}{fy} * b_v * d_v \quad ; \quad AS_{mín\ límite} = \frac{14 * b_v * d_v}{fy}$$

$$AS_{mín} \geq AS_{mín\ límite}$$

$$A_{s_{\min}} = \frac{0,80 * \sqrt{280 \text{ kg/cm}^2}}{4 * 200 \text{ kg/cm}^2} * 40 \text{ cm} * 53,94 \text{ cm} \quad ; \quad A_{s_{\min}} = 6,88 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{\min \text{ límite}}} = \frac{14 * 40 \text{ cm} * 53,94 \text{ cm}}{4 * 200 \text{ kg/cm}^2} \quad ; \quad A_{s_{\min \text{ límite}}} = 7,24 \text{ cm}^2$$

Debido a las restricciones que indica el ACI respecto a los límites del área de refuerzo, el acero mínimo se tomará como: $A_{s_{\min}} = 7,24 \text{ cm}^2$.

- Área de acero máxima

$$A_{s_{\max}} = \rho_{\max} * b_v * d_v$$

$$\rho_{\max} = 0,75 * \rho_{bal} \text{ zona no sísmica} \quad ; \quad \rho_{\max} = 0,50 * \rho_{bal} \text{ zona sísmica}$$

$$\rho_{bal} = \left(\frac{0,85 * \beta_1 * f'c}{f_y} \right) * \left(\frac{6\ 090}{f_y + 6\ 090} \right) \quad ; \quad \beta_1 = 0,85 \text{ para } f'c \leq 280 \text{ kg/cm}^2$$

Entonces:

$$\rho_{bal} = \left(\frac{0,85 * 0,85 * 280}{4 * 200} \right) * \left(\frac{6\ 090}{4 * 200 + 6\ 090} \right) \quad ; \quad \rho_{bal} = 0,0285$$

$$\rho_{\max} = 0,50 * 0,0285 \quad ; \quad \rho_{\max} = 0,0143$$

$$A_{s_{\max}} = 0,0143 * 40 \text{ cm} * 53,94 \text{ cm} \quad ; \quad A_{s_{\max}} = 30,75 \text{ cm}^2$$

El área de acero para la viga principal T-1-D debe estar entre los siguientes límites: $7,24 \text{ cm}^2 \leq A_{s_{\text{viga}}} \leq 30,75 \text{ cm}^2$

- Refuerzo longitudinal requerido

Conociendo los valores límites para el refuerzo, se procede a encontrar el área de acero requerido por los momentos actuantes, por medio de la siguiente expresión:

$$A_{s\ req} = \left[(b_v * d_v) - \sqrt{(b_v * d_v)^2 - \left(\frac{M_u * b_v}{0,003825 * f'c} \right)} \right] * \frac{0,85 * f'c}{f_y}$$

Tabla LXXIV. **Áreas de acero para los momentos actuantes en la viga del tramo 4-6 del primer nivel del marco C**

Área de acero para momentos actuantes					
Viga 4-6	M_u (kg - m)	$A_{s\ req}$ (cm ²)	$A_{s\ min}$ (cm ²)	$A_{s\ max}$ (cm ²)	$A_{s\ usar}$ (cm ²)
$M_{u(-)} Izq$	30 966,14	16,27	7,24	30,75	16,27
$M_{u(+)}$	12 397,82	6,24	7,24	30,75	7,24
$M_{u(-)} Der$	37 846,99	20,24	7,24	30,75	20,24

Fuente: elaboración propia.

Para calcular las áreas finales del refuerzo a flexión en cada sección de la viga, se toman en consideración los requerimientos sísmicos del capítulo 21 del ACI 318S-11. El código establece parámetros tanto para la cama superior como inferior, descritos de la siguiente manera:

- Cama superior

Colocar dos varillas longitudinales corridas como mínimo (ACI 318S-11 sección 21.2.1), con el mayor de los siguientes valores.

- $A_{s\ min} = 7,24\ cm^2$ (ACI 318S-11 sección 10.5.1)
- $1/4 * A_{s\ (-)\ mayor} = 1/4 * 20,24\ cm^2 = 5,06\ cm^2$ (ACI 318S-11, 21.5.2.2)

Para el armado se usarán 2 varillas corridas $\emptyset No.8$ más 2 bastones $\emptyset No.8$ ($A_s = 20,28\ cm^2$), refuerzo necesario para cumplir con los requisitos sísmicos y del momento actuante.

- Cama inferior

Colocar dos varillas longitudinales corridas como mínimo (ACI 318S-11 sección 21.2.1), con el mayor de los siguientes valores.

- $A_{s\text{mín}} = 7,24 \text{ cm}^2$ (ACI 318S-11, 10.5.1)
- $1/4 * A_{s(-)\text{mayor}} = 1/4 * 20,24 \text{ cm}^2 = 5,06 \text{ cm}^2$ (ACI 318S-11, 21.5.2.2)
- $1/2 * A_{s(-)\text{nodo}} = 1/4 * 20,24 \text{ cm}^2 = 10,12 \text{ cm}^2$ (ACI 318S-11, 21.5.2.2)

Para el armado se usarán, 2 varillas corridas \emptyset No.8 ($A_s = 10,14 \text{ cm}^2$), refuerzo necesario para cumplir con los requisitos sísmicos y del momento actuante.

- Revisión por corte

El objetivo del refuerzo a corte (estribos) es asegurar que el elemento estructural sea capaz de resistir los esfuerzos cortantes a los que estará sometido si la sección de concreto no es capaz de contrarrestar los efectos; además, contribuye a que el refuerzo longitudinal permanezca en su posición y confinar el concreto.

La revisión por corte corresponde a:

Si $V_c \geq V_u$; La viga necesita estribos solo por armado

Si $V_c < V_u$; Diseñar estribos por corte, calcular S y Lo

- Cortante máximo que resiste el concreto

$$V_c = \phi * 0,53 * \sqrt[2]{f'_c} * b_v * d_v$$

$$V_c = 0,85 * 0,53 * \sqrt[2]{280 \text{ kg/cm}^2} * 40_{\text{cm}} * 53,94_{\text{cm}} \quad ; \quad V_c = 16 \, 263,29 \text{ kg}$$

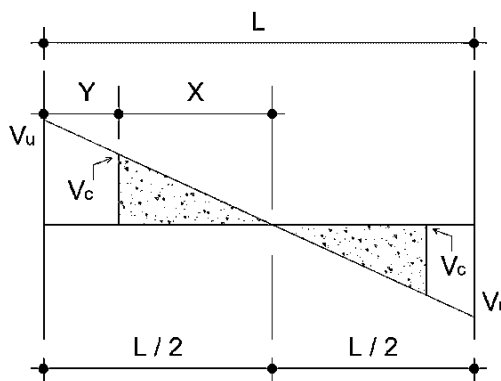
- Cortante máximo actuante

El cortante máximo actuante es obtenido del análisis estructural en la sección de corte en marcos dúctiles. $V_u = 22 \, 755,46 \text{ kg}$

$$V_c < V_u \quad ; \quad \text{diseñar estribos por corte} \quad ; \quad 16 \, 263,29 \text{ kg} < 22 \, 755,46 \text{ kg}$$

Debido a que el cortante que resiste la sección de concreto es menor que el cortante máximo actuante, se procederá con el diseño del refuerzo transversal por corte calculando la longitud de confinamiento y el espaciamiento respectivo.

Figura 62. **Diagrama de corte actuante y resiste por el concreto**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Con base en la figura 62, se debe determinar la distancia a la que se debe confinar el refuerzo por corte, siendo esta igual a la variable Y, de la siguiente manera:

$$Y = L/2 - X \quad ; \quad X = \frac{V_c * (L/2)}{V_u}$$

$$X = \frac{16\,263,29 \text{ kg} * \left(7,00\text{m}/2\right)}{22\,755,46 \text{ kg}} \quad ; \quad X = 2,50 \text{ m}$$

$$Y = 7,00\text{m}/2 - 2,50 \text{ m} \quad ; \quad Y = 1,00 \text{ m}$$

La distancia a confinar es de 1,00 m.

Para el cálculo del espaciamiento del refuerzo dentro del área de confinamiento, empleando las ecuaciones siguientes:

$$S = \frac{2 * A_s \text{ varilla} * f_y * d_v}{V_u}$$

$$S = \frac{2 * 0,71 * 4\,200 * 53,94}{22\,755,46} \quad ; \quad S = 14,14 \text{ cm}$$

- Longitud de confinamiento por requerimiento sísmico

Para confinar efectivamente la longitud de desarrollo de una viga, el ACI en la sección 21.5.3 estipula requerimientos sísmicos que sugieren confinar los estribos en ambos extremos de la viga, con el objetivo de darle mayor ductilidad a los nudos; la zona de confinamiento mínima se calcula de la forma siguiente:

$$L_o = \text{longitud de confinamiento} = 2 * d_v$$

$$L_o = 2 * 53,94 \text{ cm} \quad ; \quad L_o = 107,87 \text{ cm}$$

La longitud de confinamiento será de $L_o = 110 \text{ cm}$, en ambos extremos de la viga, medida desde la cara interior del apoyo de la viga.

- Espaciamiento de estribos por confinamiento

El ACI en la sección 21.5.3 dicta las recomendaciones sobre colocación y espaciamiento del confinamiento, siendo los siguientes:

- El primer estribo cerrado de confinamiento debe estar situado a no más de 50 mm de la cara del elemento de apoyo.

Además, el espaciamiento de los estribos de confinamiento no debe exceder el menor de:

- $d_v/4$; $53,94 \text{ cm}/4 = 13,48 \text{ cm}$.
- Seis veces el diámetro de la varilla longitudinal principal más pequeña.
 $6 * \text{No. 8}$; $6 * 2,54 \text{ cm} = 15,24 \text{ cm}$.
- 150 mm.

El espaciamiento de los estribos en la zona de confinamiento será de 0,12 m con varilla $\emptyset \text{ No. 3}$ para una longitud de confinamiento igual a 1,10 m.

- Espaciamiento máximo

Después de la longitud de confinamiento, se deben colocar los estribos según los lineamientos del ACI en la sección 21.3.4.3, siendo el siguiente:

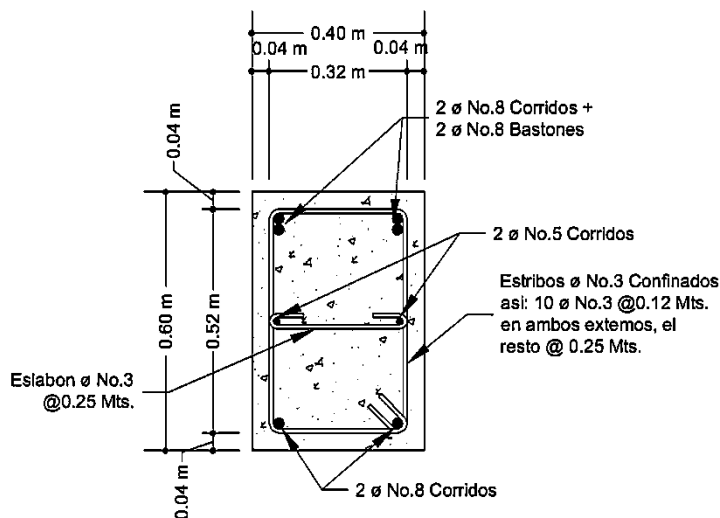
$$S_{m\acute{a}x} = \frac{d_v}{2} \quad ; \quad S_{m\acute{a}x} = \frac{53,94 \text{ cm}}{2} \quad ; \quad S_{m\acute{a}x} = 26,97 \text{ cm}$$

Por facilidad en campo al momento de realizar el armado, el espaciamiento máximo será de $S_{m\acute{a}x} = 25,00 \text{ cm}$.

Debido a que la separación entre varillas de la cama superior e inferior es mayor que 35 cm (ACI 318S-11 sección 21.5.3.3), es necesario colocar una varilla en medio como refuerzo adicional, con el objetivo de absorber los esfuerzos internos de corte del concreto y estabilizar el armado en la viga en ambos sentidos.

Para el armado del resto de las vigas de ambos módulos, se siguió el procedimiento descrito anteriormente; los resultados pueden observarse en los planos constructivos.

Figura 63. **Detalle de armado de viga principal T-1-D**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

2.1.3.3. Diseño de columna

Las columnas son elementos estructurales cuya función principal es resistir las cargas axiales y los momentos flexionantes. El refuerzo principal en las columnas es longitudinal, paralelo a la dirección de la carga; dependiendo la forma de la sección transversal de la columna, el refuerzo transversal tendrá forma cuadrada, rectangular o circular.

Los momentos flexionantes y el corte actuante serán obtenidos del análisis estructural, sección 2.1.2.8 y 2.1.2.9.

En la tabla LXXV se encontrarán los datos necesarios para el diseño de la columna del primer nivel del módulo 1, ubicada entre los eje C y 4, mostrada en la figura 13.

Tabla LXXV. Datos para el diseño de columna

Datos para el diseño de columna		
Columna entre ejes C - 4	N2	N1
Área tributaria	34,86 m ²	
Columna	0,50 x 0,50 m	
Longitud columna	3,00 m	4,50 m
Longitud Viga princ T-1	10,50 m	
Longitud Viga princ T-2	1,48 m	
Momento máximo en X	19 519,69 kg - m	24 789,90 kg - m
Momento máximo en Y	19 049,13 kg - m	23 606,70 kg - m
Corte máximo	10 634,79 kg	8 688,16 kg

Fuente: elaboración propia.

- Carga axial

$$C_{U\ 2-1} = 1,4 * C_{m\ 2-1} + 1,7 * C_{v\ 2-1}$$

Donde:

- $C_{U\ 2-1}$ = carga axial del nivel indicado
- $C_{m\ 2-1}$ = carga muerta del nivel indicado (losa + sobrecarga)
- $C_{v\ 2-1}$ = carga viva del nivel indicado (azotea y aulas respectivamente)

○ Segundo nivel

$$C_{U\ 2} = 1,4 * ((0,10_m * 2\ 400_{kg/m^3}) + 150_{kg/m^2}) + (1,7 * 200_{kg/m^2})$$

$$C_{U\ 2} = 886,00_{kg/m^2}$$

○ Primer nivel

$$C_{U\ 1} = 1,4 * ((0,10_m * 2\ 400_{kg/m^3}) + 150_{kg/m^2}) + (1,7 * 200_{kg/m^2})$$

$$C_{U\ 1} = 886,00_{kg/m^2}$$

○ Factor de carga última

$$F_{CU\ 2-1} = \frac{C_{U\ 2-1}}{C_{m\ 2-1} + C_{v\ 2-1}}$$

$$F_{CU\ 2} = F_{CU\ 1} = \frac{886,00_{kg/m^2}}{390_{kg/m^2} + 200_{kg/m^2}} \quad ; \quad F_{CU\ 2} = F_{CU\ 1} = 1,50$$

- Carga axial última

La carga axial última se determina por medio de áreas tributarias, incluye el peso de las vigas que se localicen dentro del área en cuestión. Cuando la columna soporta otros niveles, se considera que la carga axial de los niveles superiores sea acumulada para su diseño.

$$P_{u\ Total} = P_{u\ 2N} + P_{u\ 1N}$$

$$P_{u\ 2N} = (\text{Área}_{trib} * C_{U\ 2}) + (P_{vigas} * F_{CU\ 2})$$

$$P_{u\ 1N} = (\text{Área}_{trib} * C_{U\ 1}) + (P_{vigas} * F_{CU\ 1}) + (P_{col\ N2} * F_{CU\ 2})$$

$$P_{vigas} = \left(\frac{b_{v\ T-1} * h_{v\ T-1} * L_{v\ T-1} * Y_c}{2} \right) + \left(\frac{b_{v\ T-2} * h_{v\ T-2} * L_{v\ T-2} * Y_c}{2} \right)$$

$$P_{col\ N2} = (b_{col} * h_{col} * L_{col\ N2} * Y_c)$$

Evaluando los datos de la tabla LXXV en las ecuaciones anteriores, se obtiene:

- Segundo nivel

$$P_{col\ N2} = (0,50 * 0,50 * 3,00 * 2\ 400) \ ; \ P_{col\ N2} = 1\ 800\ kg$$

$$P_{vigas} = \left(\frac{0,40 * 0,60 * 10,50 * 2\ 400}{2} \right) + \left(\frac{0,30 * 0,30 * 1,48 * 2\ 400}{2} \right)$$

$$P_{vigas} = 3\ 183,84\ kg$$

$$P_{u\ 2N} = (34,86 * 886) + (3\ 183,84 * 1,50)$$

$$P_{u\ 2N} = 35\ 667,12\ kg$$

- Primer nivel

$$P_{u\ 1N} = (34,86 * 886) + (3\ 183,84 * 1,50) + (1\ 800 * 1,50)$$

$$P_{u\ 1N} = 38\ 370,17\ kg$$

$$P_{u\ Total} = 35\ 667,12\ kg + 38\ 370,17\ kg \ ; \ P_{u\ Total} = 74\ 037,29\ kg$$

- Efecto de esbeltez

Una columna es considerada esbelta cuando los lados de su sección transversal son pequeños en relación con su longitud. Una columna esbelta es clasificada entre tres categorías, con el objetivo de determinar su comportamiento bajo la acción de cargas y definir su diseño.

- Columna corta ($E < 22$): el diseño de esta columna se realiza con los datos obtenidos del análisis estructural.
- Columna intermedia ($22 < E < 100$): para el diseño de la columna se deben de magnificar los momentos actuantes.
- Columna larga ($E > 100$): no se recomienda la construcción, debido a que la columna fallará por pandeo.

La esbeltez para columnas será obtenida por medio de la ecuación:

$$E = \frac{k_p * L_u}{\sigma}$$

Donde:

- E = esbeltez.
- k_p = factor de longitud efectiva de pandeo (ecuaciones de Furlong).
- L_u = longitud libre de la columna.

- σ = radio de giro; 0,3*lado menor, cuando es una columna de sección rectangular y 0,25*diámetro de columna, cuando es una columna de sección circular.
 - Factor de longitud efectiva de pandeo

Para encontrar el factor de longitud efectiva de pandeo (k_p), se recurre a los monogramas de Jackson y Moreland, o bien se puede obtener mediante las ecuaciones de Furlong, las cuales trabajan bajo ciertos rangos, presentados a continuación:

$$k_p = \frac{20 - \Psi_p}{20} * \sqrt{1 + \Psi_p} \quad ; \quad \text{para } \Psi_p < 2$$

$$k_p = 0,9 * \sqrt{1 + \Psi_p} \quad ; \quad \text{para } \Psi_p \geq 2$$

$$\Psi_p = \frac{\Psi_A + \Psi_B}{2}$$

Donde:

- Ψ_p = coeficiente promedio del grado de empotramiento
 - Coeficiente promedio del grado de empotramiento

El cálculo del coeficiente que determina el grado de empotramiento a la rotación en las columnas (Ψ) en ambos extremos, se calcula por medio de las siguientes ecuaciones:

$$\Psi_A = \frac{\sum K_{col}}{\sum K_{viga}} \quad ; \quad \Psi_B = 0,00 \text{ (empotramiento en la base)}$$

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

Donde:

- K = rigidez del elemento
- I = inercia del elemento que llega al nodo considerado
- L = longitud del elemento que llega al nodo

En la sección 10.10.4.1 del código ACI 318S-11, se estipula que se permite el uso de las siguientes propiedades para los elementos en la estructura respecto a los momentos de inercia:

- Elementos en compresión: columnas, 0,70 de la inercia de la sección bruta del elemento.
- Elementos a flexión: vigas, 0,35 de la inercia de la sección bruta del elemento.

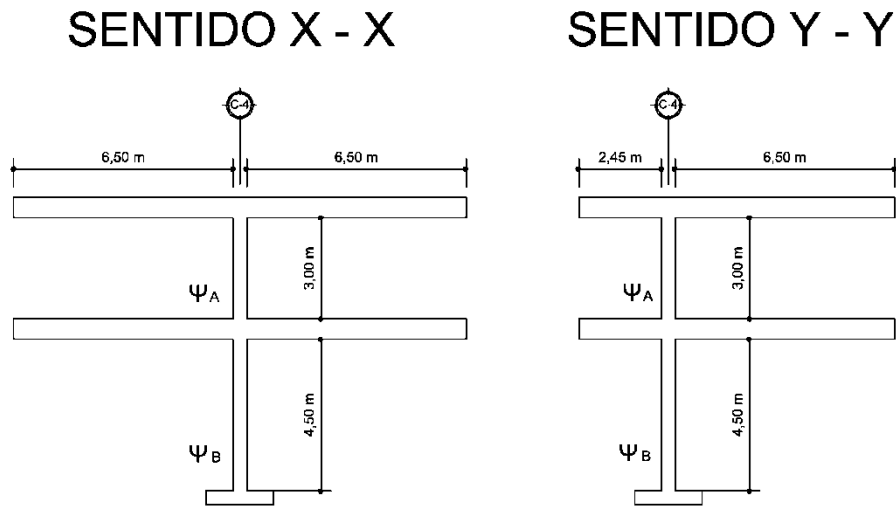
Por lo tanto, las ecuaciones para encontrar el coeficiente del grado de empotramiento quedan de la siguiente manera:

$$\Psi_A = \frac{0,70 * \sum K_{col}}{0,35 * \sum K_{viga}} \quad ; \quad \Psi_B = 0,00 \text{ (empotramiento en la base)}$$

Tomando en consideración la definición de las ecuaciones anteriores, se procede a realizar el cálculo de la esbeltez de la columna y su respectiva clasificación.

- Esbeltez de columna sentido X-X y Y-Y

Figura 64. Diagrama sentido X-X y Y-Y para cálculo de esbeltez en columna



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Tabla LXXVI. Cálculo de esbeltez de la columna sentido X-X y Y-Y

N2	Sentido X-X	Sentido Y-Y
$L_{u\ col}$	300 cm	300 cm
Sección col	(50 cm x 50 cm)	(50 cm x 50 cm)
I_{col}	520 833,33 cm ⁴	520 833,33 cm ⁴
0,7*K col	1 215,28 cm ³	1 215,28 cm ³
N1	Sentido X-X	Sentido Y-Y
Tipo Viga Izq.	Tipo 1 (40 cm x 60 cm)	Tipo 2 (30 cm x 30 cm)
I_{viga}	720 000 cm ⁴	67 500 cm ⁴
$L_{u\ viga\ Izq}$	660 cm	255 cm
0.35*K Viga Izq.	381,82 cm ³	92,65 cm ³
Tipo Viga Der.	Tipo 1 (40 cm x 60 cm)	Tipo 1 (40 cm x 60 cm)
I_{viga}	720 000 cm ⁴	720 000 cm ⁴
$L_{u\ viga\ Der}$	660 cm	660 cm
0.35*K Viga Der.	381,82 cm ³	381,82 cm ³
$\Sigma K\ viga\ 1N$	763,64 cm ³	474,47 cm ³
$L_{u\ col}$	450 cm	450 cm
Sección col	(50 cm x 50 cm)	(50 cm x 50 cm)
I_{col}	520 833,33 cm ⁴	520 833,33 cm ⁴
0,7*K col	810,19 cm ³	810,19 cm ³

Continuación de la tabla LXXVI.

$\Sigma K \text{ col N2+N1}$	2 025,46 cm ³	2 025,46 cm ³
ψ_A	2,65	4,27
ψ_B	0,00	0,00
ψ_p	1,33	2,13
$\psi_p < 2$	$k_p = \frac{20 - \psi_p}{20} * \sqrt{1 + \psi_p}$	----
$\psi_p \geq 2$	----	$k_p = 0,9 * \sqrt{1 + \psi_p}$
k_p	1,42	1,59
E	42,72	47,80
Clasificación de columna	Col. Intermedia: se deben de magnificar los momentos actuantes.	

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo a los valores de esbeltez obtenidos en la tabla LXXVI, tanto en el sentido X como en el sentido Y, la columna se clasifica como una columna intermedia y se procede a magnificar los momentos utilizados para su diseño.

- Magnificación de momentos

La magnificación de momentos para estructuras con desplazamiento lateral se realizará de acuerdo a lo descrito en el código ACI 318S-11, sección 10.10.7, mediante el siguiente procedimiento:

- Factor de flujo plástico del concreto en el primer nivel

El factor de flujo plástico del concreto es un factor que relaciona la máxima carga axial sostenida mayorada dentro de un piso y la máxima carga axial mayorada asociada con la misma combinación de carga ($0 \leq \beta_a \leq 1$).

$$\beta_a = \frac{1,4 * C_{m N1}}{C_{U N1}}$$

Donde:

- β_d = factor de flujo plástico del concreto
- C_{mN1} = carga muerta del primer nivel
- C_{UN1} = carga axial del primer nivel

$$\beta_d = \frac{1,4 * 390_{kg/m^2}}{886_{kg/m^2}} ; \quad \beta_d = 0,62$$

- EI total, del material

Según la sección 10.10.6.1 del ACI, el cálculo de EI debe tomarse como:

$$EI = \frac{E_c * I_g}{2,5 * (1 + \beta_d)}$$

Donde:

- EI = rigidez a la flexión de un elemento en compresión
- E_c = módulo de elasticidad del concreto $E_c = 252\ 671,33$
- I_g = inercia centroidal de la sección de la columna $I_g = 520\ 833,33\ cm^4$
- β_d = factor de flujo plástico del concreto

$$EI = \frac{252\ 671,33 * 520\ 833,33}{2,5 * (1 + 0,62)} ; \quad EI = 3,257 * 10^{10}\ kg-cm^2$$

- Carga crítica de pandeo de Euler

$$P_{cr\ x-y} = \frac{\pi^2 * EI}{(k_{p\ x-y} + L_u)^2}$$

$$P_{cr x} = \frac{\pi^2 * 3,257 * 10^{10}}{(1,42 + 450)^2} \quad ; \quad P_{cr x} = 782\,759,31 \text{ kg}$$

$$P_{cr y} = \frac{\pi^2 * 3,257 * 10^{10}}{(1,59 + 450)^2} \quad ; \quad P_{cr y} = 625\,217,48 \text{ kg}$$

- Magnificador de momentos

El magnificador de momentos (δ_s) es un factor de seguridad por el cual se deben multiplicar los momentos últimos de las columnas para evitar el pandeo. El código ACI en la sección 10.10.7.4 permite calcular el magnificador como:

$$\delta_{s x-y} = \frac{1}{1 - \frac{P_{u Total}}{\phi * P_{cr x-y}}} \geq 1$$

$$\phi = 0,75 \text{ (para zunchos)} \quad ; \quad \phi = 0,70 \text{ (para estribos)}$$

$$\delta_{s x} = \frac{1}{1 - \frac{74\,037,29 \text{ kg}}{0,70 * 782\,759,31 \text{ kg}}} \quad ; \quad \delta_{s x} = 1,16 \geq 1$$

$$\delta_{s y} = \frac{1}{1 - \frac{74\,037,29 \text{ kg}}{0,70 * 625\,217,48 \text{ kg}}} \quad ; \quad \delta_{s y} = 1,20 \geq 1$$

- Momentos de diseño magnificados

Es el momento que sirve de dato para el diseño, se toma como el mayor de los dos momentos que actúan en los extremos de la columna, como se define en la tabla LXXV.

$$M_{d x-y} = \delta_{s x-y} * M_{u x-y}$$

$$M_{d x} = 1,16 * 24\,789,90 \text{ kg-m} \quad ; \quad M_{d x} = 28\,662,87 \text{ kg-m}$$

$$M_{d y} = 1,20 * 23\,606,70 \text{ kg-m} \quad ; \quad M_{d y} = 28\,413,37 \text{ kg-m}$$

- Refuerzo longitudinal

- Límites de acero

El ACI en la sección 21.6.3.1 establece el mínimo y máximo de área de acero longitudinal que debe poseer una columna perteneciente a un pórtico especial resistente a momentos.

$$1\% * A_g \leq A_s \leq 6\% * A_g$$

- Área de acero mínima

$$A_{s\text{ mín}} = 1\% * A_g \quad ; \quad A_{\text{mín}} = 1\% * (50\text{ cm} * 50\text{ cm}) \quad ; \quad A_{s\text{ mín}} = 25\text{ cm}^2$$

- Área de acero máxima

$$A_{s\text{ máx}} = 6\% * A_g \quad ; \quad A_{s\text{ máx}} = 6\% * (50\text{ cm} * 50\text{ cm}) \quad ; \quad A_{s\text{ máx}} = 150\text{ cm}^2$$

- Acero longitudinal propuesto

El armado propuesto será de 8 varillas corridas No.9 equivalentes a $51,60\text{ cm}^2$ de acero, que representan el 2,06 % respecto al área gruesa de la columna. Con un recubrimiento de $4,00\text{ cm}$, tomando como base el recubrimiento mínimo para una columna según ACI 318S-11 sección 7.7.1.

- Método de cargas inversas (método de Bresler)

El método de cargas inversas o método de la carga recíproca es un método simple y aproximado que determina el valor de $1/P'u$ dentro de la

gráfica de interacción para diseño de columnas; dicho punto es determinado por la carga axial pura (P'_{o}), carga de falla con excentricidad en el sentido X (P'_{u_x}) y carga de falla con excentricidad en el sentido Y (P'_{u_y}). Este método comprueba si el armado propuesto es el adecuado para la columna en cuestión.

Este método funciona a base del cálculo de valores independientes, los cuales son:

- Excentricidades

$$e_{x-y} = \frac{M_{d\ x-y}}{P_{u\ Total}}$$

Donde:

- e_{x-y} = excentricidad provocada por la relación entre el momento magnificado y la carga axial última.
- $M_{d\ x-y}$ = momento de diseño magnificado en el sentido indicado.
- $P_{u\ Total}$ = carga axial última.

$$e_x = \frac{28\ 662,87\ kg-m}{74\ 037,29\ kg} \quad ; \quad e_x = 0,387\ m$$

$$e_y = \frac{28\ 413,37\ kg-m}{74\ 037,29\ kg} \quad ; \quad e_y = 0,384\ m$$

- Valor de la gráfica

$$\gamma = \frac{b_{col} - (2 * recubrimiento)}{h_{col}}$$

$$\gamma = \frac{50_{cm} - (2 * 4,00_{cm})}{50_{cm}} \quad ; \quad \gamma = 0,85$$

- Valor de la curva

$$\rho_{\mu} = \frac{A_s}{A_g} * \left(\frac{fy}{0,85 * f'c} \right)$$

$$\rho_{\mu} = \frac{51,60}{2\,500} * \left(\frac{2\,400}{0,85 * 280} \right) \quad ; \quad \rho_{\mu} = 0,36$$

- Valor de las diagonales

Conociendo las excentricidades en ambos sentidos, se procede a calcular el valor de las diagonales.

$$\frac{e_x}{h_x} = \frac{0,387\,m}{0,50\,m} = 0,774 \quad ; \quad \frac{e_y}{h_y} = \frac{0,384\,m}{0,50\,m} = 0,768$$

- Valor de las variables de Bresler

Con los datos obtenidos se procede a determinar los valores de las variables de Bresler ($k'x$ y $k'y$) a través de las gráficas de interacción.

$$k'x = 0,45$$

$$k'y = 0,47$$

- Carga de falla

La carga de falla de la columna será:

$$P'_{uf} = \frac{P_{u\ Total}}{0,70}$$

$$P'_{uf} = \frac{74\ 037,28_{kg}}{0,70} \quad ; \quad P'_{uf} = 105\ 767,55_{kg}$$

- Carga resistente de la columna con excentricidad e_x

Se produce P'_x cuando solamente existe excentricidad en e_x , ($e_y = 0$).

$$P'_x = k'_x * f'c * A_g$$

$$P'_x = 0,45 * 280 * 2\ 500 \quad ; \quad P'_x = 315\ 000_{kg}$$

- Carga resistente de la columna con excentricidad e_y

Se produce P'_y cuando solamente existe excentricidad en e_y , ($e_x = 0$).

$$P'_y = k'_y * f'c * A_g$$

$$P'_y = 0,47 * 280 * 2\ 500 \quad ; \quad P'_y = 329\ 000_{kg}$$

- Carga última que resiste la columna sin excentricidad

Por último, se debe calcular la carga última que resiste la columna sin excentricidad, esto es carga axial pura, de la siguiente forma:

$$P'_o = 0,7 * [(0,85 * f'c * (A_g - A_s),) + (A_s * fy)]$$

$$P'_o = 0,7 * [(0,85 * 280 * (2 500 - 51,60)) + (51,60 * 4 200)]$$

$$P'_o = 559 607,44 \text{ kg}$$

- Carga última que resiste de la columna

Aplicando la fórmula de Bresler, según ACI 318S-11 sección R10.3.6 y R10.3.7

$$P'_u = \frac{1}{\frac{1}{P'_x} + \frac{1}{P'_y} + \frac{1}{P'_o}}$$

$$P'_u = \frac{1}{\frac{1}{315 000 \text{ kg}} + \frac{1}{329 000 \text{ kg}} + \frac{1}{559 607,44 \text{ kg}}} \quad ; \quad P'_u = 124 983,07 \text{ kg}$$

El valor de P'_u debe ser mayor o igual que el valor de P'_{uf} para que la propuesta de acero sea la indicada; si esto no fuera así, se debe aumentar el área de acero o en su caso cambiar la sección de la columna.

$$P'_u > P'_{uf} \quad ; \quad 124 983,07 \text{ kg} > 105 767,55 \text{ kg}$$

Dado que $P'_u > P'_{uf}$, el armado propuesto para la columna es el adecuado.

- Refuerzo transversal

El cálculo del refuerzo transversal se realiza con el objetivo de que la columna resista los esfuerzos de corte, o en algunos casos, solo por armado. El confinamiento de la columna se realizará según indica el código ACI 318S-11, mediante estribos núm. 3, el cual consiste en confrontar el valor del cortante

máximo que resiste el concreto de la columna (V_c) con el valor del cortante máximo actuante al que está sometido la columna (V_u), de acuerdo con el parámetro siguiente:

Si $V_c \geq V_u$; *Estribos solo por armado*
 (como mínimo usar varilla No. 3, ACI 318 – 11 sección 7.10.5)
 Si $V_c < V_u$; *Diseñar estribos por corte, calcular S y Lo*

- Cortante máximo que resiste el concreto

$$V_c = \phi * 0,53 * \sqrt{f'c} * b_{col} * d_{col} \quad ; \quad d_{col} = h_{col} - \text{recubrimiento}$$

$$V_c = 0,85 * 0,53 * \sqrt{280 \text{ kg/cm}^2} * 50_{cm} * 46_{cm}$$

$$V_c = 17\,338,11 \text{ kg}$$

- Cortante máximo actuante

El cortante máximo actuante es obtenido del análisis estructural en la sección de corte en marcos dúctiles.

$$V_u = 10\,634,79 \text{ kg}$$

- Comparación $V_c - V_u$

$$V_c \geq V_u \text{ Estribos solo por armado} \quad ; \quad 17\,338,11 \text{ kg} \geq 10\,634,79 \text{ kg}$$

Como la sección del concreto resiste a la perfección el cortante máximo actuante en la columna, los estribos en el área no confinada pueden separarse

de acuerdo a los lineamientos del código ACI 318S-11 sección 21.3.4.3, dictando la separación máxima entre estos.

$$S_{max} = \frac{d_{col}}{2} \quad ; \quad S_{max} = \frac{46_{cm}}{2} \quad ; \quad S_{max} = 23_{cm}$$

- Longitud de confinamiento

Considerando a Guatemala como un país altamente sísmico, es necesario confinar la columna de acuerdo a las sollicitaciones sísmicas. Para elementos sometidos a flexión y carga axial pertenecientes a pórticos especiales resistentes a momentos, el código ACI en la sección 21.6.4.1, especifica que para el cálculo de la longitud de confinamiento medida desde la cara interna del nodo en ambos extremos de la columna, se debe tomar el mayor de:

- La altura del elemento en la cara del nudo o en la sección donde pueda ocurrir fluencia por flexión ($0,50_m$).
- Un sexto de la luz libre del elemento ($4,50_m/6 = 0,75_m$).
- $0,40_m$

Por lo anterior, la longitud de confinamiento para la columna del segundo nivel será de $L_{oN2} = 0,75_m$ y para la columna del primer nivel de $L_{oN1} = 1,00_m$, longitudes medidas en ambos extremos de cada columna.

- Refuerzo en la zona de confinamiento

El código ACI en la sección 21.6.4.4, inciso b, requiere que el área total de la sección transversal del refuerzo de estribos cerrados de confinamiento (A_{sh}), no debe ser menor que la requerida por las ecuaciones:

$$A_{sh} = 0,3 * \frac{S * b_c * f'c}{f_y} * \left[\left(\frac{A_g}{A_{ch}} \right) - 1 \right]$$

$$A_{sh} = 0,09 * \left(\frac{S * b_c * f'c}{f_y} \right)$$

Donde:

- A_{sh} = área total del refuerzo transversal, colocados dentro del espaciamiento y perpendicular la base de la columna.
- S = espaciamiento medido de centro a centro de los estribos.
- b_c = dimensión transversal del núcleo medida de centro a centro de las ramas exteriores del refuerzo transversal con área A_{sh} .
- A_g = área bruta de la sección transversal de la columna.
- A_{ch} = área de la sección transversal de un elemento, medida desde los bordes exteriores del refuerzo trasversal.

$$A_{sh} = 0,3 * \frac{S * 41,05_{cm} * 280_{kg/cm^2}}{4 * 200_{kg/cm^2}} * \left[\left(\frac{2 * 500_{cm^2}}{1 * 764_{cm^2}} \right) - 1 \right] ; A_{sh} = 0,3425 * S$$

$$A_{sh} = 0,09 * \left(\frac{S * 41,05_{cm} * 280_{kg/cm^2}}{4 * 200_{kg/cm^2}} \right) ; A_{sh} = 0,2463 * S$$

Proponiendo el refuerzo transversal: 1 varilla No.3, equivalente a $0,71_{cm^2}$.

$$A_{sh} = 2 * 0,71_{cm^2} ; A_{sh} = 1,42_{cm^2}$$

Entonces:

$$1,42_{cm^2} = 0,3425 * S \quad ; \quad S = 4,15_{cm}$$

$$1,42_{cm^2} = 0,2463 * S \quad ; \quad S = 5,77_{cm}$$

Por modulación, la separación de estribos cerrados de confinamiento medidos de centro a centro será de $S = 5,00_{cm}$.

- Refuerzo fuera de la zona de confinamiento

El ACI 318S-11, en la sección 21.6.4.3, determina que la separación del refuerzo transversal a lo largo del eje longitudinal del elemento no debe exceder la menor de:

- La cuarta parte de la dimensión mínima del elemento ($50_m/4 = 12,50_m$)
- Seis veces el diámetro del refuerzo longitudinal menor ($No. 9 * 6 = 17,19_{cm}$)
- S_o según lo definido en la siguiente ecuación:

$$S_o = 10 + \left(\frac{35 - h_x}{3} \right)$$

Donde:

- S_o = espaciamiento medido de centro a centro de los estribos.
- h_x = separación máxima entre ramas de los estribos cerrados de confinamiento y ganchos suplementarios en toda la cara de la columna.

$$S_o = 10 + \left(\frac{35 - 41,05_{cm}}{3} \right) ; \quad S_o = 7,98_{cm}$$

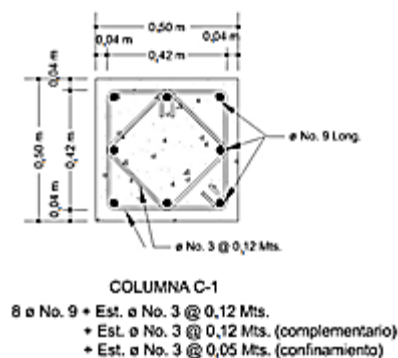
El valor de S_o no debe ser mayor a 15_{cm} y no es necesario tomarlo menor a 10_{cm} .

El ACI, en la sección 21.6.4.5, establece que más allá de la longitud L_o , el resto de la columna debe contener refuerzo en forma de estribo cerrado de confinamiento, con un espaciamiento S , medido de centro a centro que no exceda al menor de:

- Seis veces el diámetro del refuerzo longitudinal menor ($No.9 * 6 = 17,19_{cm}$)
- $15,00_{cm}$

Entonces, en zonas donde no se requiera estribos cerrados de confinamiento, se deberá colocar estribos cerrados espaciados a cada 12_{cm} , medidos de centro a centro.

Figura 65. **Detalle de armado de columna típica C-1**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

El armado final de la columna en cuestión será aplicado a las demás columnas, debido a que esta columna está sometida a las condiciones más críticas para el diseño.

2.1.3.4. Diseño de cimentación

Los cimientos son elementos de la estructura destinados a recibir las cargas propias y sus aplicadas exteriormente; estos a su vez, transmiten la acción de las cargas sobre el suelo. Para elegir el tipo de cimentación a utilizar se deben considerar, principalmente, el tipo de superestructura, la naturaleza de las cargas que se aplicarán, las condiciones del suelo y su costo.

En este proyecto se utilizarán zapatas aisladas concéntricas y excéntricas, para cargar las columnas y cimiento corrido para soportar los muros tipo tabique de mampostería.

A continuación, se detalla el procedimiento para el cálculo de la zapata aislada concéntrica.

2.1.3.4.1. Zapata aislada concéntrica Z-1

Basados en los datos obtenidos del ensayo de corte directo y aplicados en el predimensionamiento de zapatas, se tiene una zapata cuadrada de $2,00\text{ m} \times 2,00\text{ m}$ en planta y $0,25\text{ m}$ de espesor, considerando para esta estimación solo la carga axial transmitida de la columna al cimiento y no los momentos últimos que también interactúan en este.

Por consiguiente, se propone aumentar las dimensiones de la zapata con el objetivo de que sea capaz de soportar las cargas y momentos a las que estará expuesta, quedando los datos para el diseño de zapata de la siguiente manera:

Tabla LXXVII. **Datos para el diseño de zapata aislada concéntrica Z-1**

Datos para el diseño de zapata Z-1	
b_z	2,75 m
A_z	7,56 m ²
t_z	0,50 m
recubrimiento	7,50 cm (ACI 318S-11 sección 7.7)
$M_{u\ x}$	24 789,90 kg – m
$M_{u\ y}$	23 606,70 kg – m
$P_{u\ Total}$	74 037,28 kg
F_{CU}	1,50
V_s	29 052,04 kg/m ²
γ_s	1 333,69 kg/m ³
D_f	1,50 m
γ_c	2 400 kg/m ³

Fuente: elaboración propia.

- Carga y momentos de trabajo

Se deben pasar la carga última y los momentos últimos a carga y momentos de trabajo, por medio del factor de carga última, que se describe a continuación:

$$P'_t = \frac{P_{u\ Total}}{F_{CU}} \quad M'_{t\ x-y} = \frac{M_{u\ x-y}}{F_{CU}}$$

Donde:

- P'_t = carga axial de trabajo sobre la zapata
- $M'_{t\ x-y}$ = momentos de trabajo en el sentido indicado
- $P_{u\ Total}$ = carga axial última

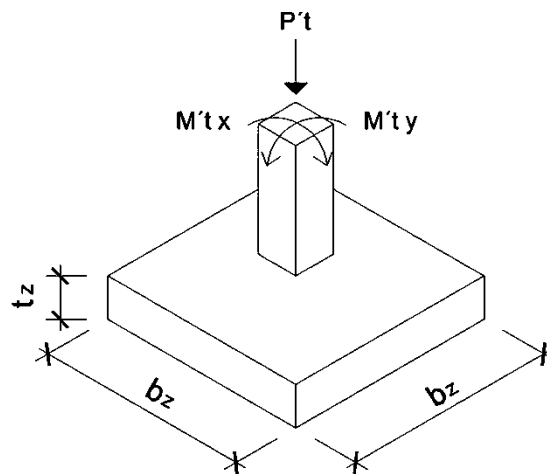
- $M_{u\ x-y}$ = momentos últimos en el sentido indicado
- F_{CU} = factor de carga última

$$P'_t = \frac{74\ 037,28\ kg}{1,50} \quad ; \quad P'_t = 49\ 302,48\ kg$$

$$M'_{tx} = \frac{24\ 789,90\ kg - m}{1,50} \quad ; \quad M'_{tx} = 16\ 507,95\ kg - m$$

$$M'_{ty} = \frac{23\ 606,70\ kg - m}{1,50} \quad ; \quad M'_{ty} = 15\ 720,04\ kg - m$$

Figura 66. **Carga y momentos de trabajo sobre la zapata**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

- Chequeo por presión sobre el suelo

Luego de la determinación de las dimensiones de la zapata, la carga y los momentos de trabajo, se debe calcular la carga máxima admisible ($q_{m\acute{a}x}$), la cual debe de ser menor que el valor soporte del suelo (V_s) y mayor que cero ($q_{m\acute{í}n}$). Si se supone que las presiones están linealmente distribuidas siempre

que la excentricidad $e = M/P$ no supere el núcleo de la zapata, es decir, $e < K = b_z/6$.

- Carga sobre la zapata

$$P_{total} = P'_t + W_s + W_z + W_{col}$$

Donde:

- P_{total} = presión total sobre el suelo.
- P'_t = carga axial de trabajo sobre la zapata.
- W_s = peso del suelo $W_s = \gamma_s * A_z * D_f$.
- W_z = peso de la zapata $W_z = \gamma_c * A_z * t_z$.
- W_z = peso de la columna tomando en consideración su longitud desde el desplante de cimentación hasta el extremo superior, $W_{col} = \gamma_c * b_{col} * h_{col} * L_{col}$.

$$W_s = (1\,333,69 \text{ kg/m}^3 * 7,56 \text{ m}^2 * 1,50 \text{ m}) \quad ; \quad W_s = 15\,129,05 \text{ kg}$$

$$W_z = (2\,400 \text{ kg/m}^3 * 7,56 \text{ m}^2 * 0,50 \text{ m}) \quad ; \quad W_z = 9\,075 \text{ kg}$$

$$W_{col} = (2\,400 \text{ kg/m}^3 * 0,50 \text{ m}^2 * 0,50 \text{ m} * 8,70 \text{ m}) \quad ; \quad W_z = 5\,220 \text{ kg}$$

$$P_{total} = 49\,302,48 \text{ kg} + 15\,129,05 \text{ kg} + 9\,075 \text{ kg} + 5\,220 \text{ kg} \quad ; \quad P_{total} = 78\,726,53 \text{ kg}$$

- Comprobación $e < K$

$$K = \frac{b_z}{6} \quad e_{x-y} = \frac{M'_{t\ x-y}}{P_{total}}$$

$$K = \frac{2,75 \text{ m}}{6} \quad ; \quad K = 0,46 \text{ m}$$

$$e_x = \frac{16\,507,95_{kg-m}}{78\,726,53_{kg}} \quad ; \quad e_x = 0,21_m < K \quad ; \quad \text{Cumple}$$

$$e_y = \frac{15\,720,04_{kg-m}}{78\,726,53_{kg}} \quad ; \quad e_y = 0,20_m < K \quad ; \quad \text{Cumple}$$

- Cargas admisibles $q_{m\acute{a}x}$ y $q_{m\acute{i}n}$

Los valores de $q_{m\acute{a}x}$ y $q_{m\acute{i}n}$ se definen mediante el cálculo del módulo inercial de la sección de la zapata en cada sentido (S_{x-y}), empleando las siguientes expresiones:

$$S_{x-y} = \frac{1}{6} * (b_z)^3 \quad ; \quad \text{Zapata cuadrada}$$

$$q_{m\acute{a}x-m\acute{i}n} = \frac{P_{total}}{A_z} \pm \frac{M'_{tx}}{S_x} \pm \frac{M'_{ty}}{S_y}$$

Entonces:

$$S_{x-y} = \frac{1}{6} * (2,75_m)^3 \quad ; \quad S_{x-y} = 3,47_{m^3}$$

$$q_{m\acute{a}x} = \frac{78\,726,53_{kg}}{7,56_{m^2}} + \frac{16\,507,95_{kg-m}}{3,47_{m^3}} + \frac{15\,720,04_{kg-m}}{3,47_{m^3}}$$

$$q_{m\acute{a}x} = 19\,708,05_{kg/m^2}$$

$$q_{m\acute{i}n} = \frac{78\,726,53_{kg}}{7,56_{m^2}} - \frac{16\,507,95_{kg-m}}{3,47_{m^3}} - \frac{15\,720,04_{kg-m}}{3,47_{m^3}}$$

$$q_{m\acute{i}n} = 1\,112,19_{kg/m^2}$$

Para realizar la comprobación se debe cumplir la condición de:

- $q_{m\acute{a}x} < V_s$, de lo contrario se debe aumentar el \u00e1rea de la zapata para absorber estas presiones.
- $q_{m\u00edn} > 0,00$, no existen presiones de tensi\u00f3n, de lo contrario, existir\u00edan esfuerzos de tensi\u00f3n.

Evaluando las condiciones anteriores:

$$q_{m\acute{a}x} < V_s \quad ; \quad 19\,708,05 \text{ kg/m}^2 < 29\,052,04 \text{ kg/m}^2 \quad ; \quad \text{Si cumple, no se excede a } V_s$$

$$q_{m\u00edn} > 0,00 \quad ; \quad 1\,112,19 \text{ kg/m}^2 > 0,00 \quad ; \quad \text{Si cumple, no existen esfuerzos de tensi\u00f3n}$$

- Presi\u00f3n \u00faltima de dise\u00f1o $q_{dise\u00f1o}$

Considerando los c\u00e1lculos anteriores, la presi\u00f3n del suelo en cualquier punto de la zapata es \u00fanico, existiendo diferentes presiones en distintas ubicaciones; es decir, la presi\u00f3n est\u00e1 distribuida de forma variable. Por lo anterior, para efectos del dise\u00f1o estructural se toma una presi\u00f3n \u00faltima usando el criterio:

$$q_{dise\u00f1o} = q_{m\acute{a}x} * F_{CU}$$

$$q_{dise\u00f1o} = 19\,708,05 \text{ kg/m}^2 * 1,50 \quad ; \quad q_{dise\u00f1o} = 29\,595,48 \text{ kg/m}^2$$

- o Peralte efectivo de la zapata

Se propone el uso de varillas No. 6, con di\u00e1metro de $1,91_{cm}$, por lo tanto, el peralte efectivo se tomar\u00e1 como:

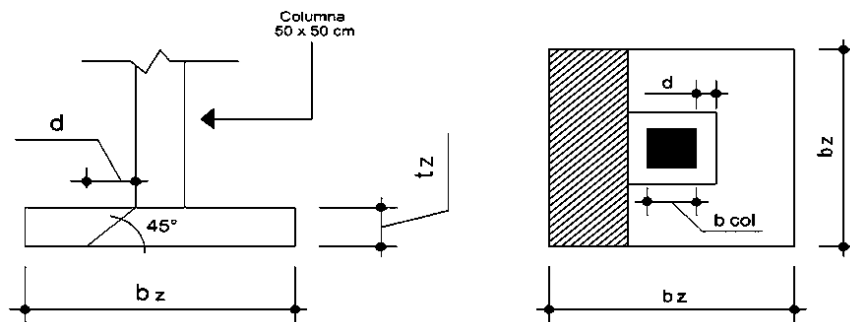
$$d_z = t_z - \text{recubrimiento} - \frac{\phi \text{ varilla}}{2}$$

$$d_z = 50_{cm} - 7,50_{cm} - \frac{1,91_{cm}}{2} \quad ; \quad d_z = 41,55_{cm}$$

- Chequeo por corte simple

Cuando una zapata falla por esfuerzo cortante, la falla suele ocurrir en forma de diagonal a 45° medidos a partir del borde de la columna, por lo tanto, la influencia del esfuerzo cortante ocurre a una distancia horizontal igual al peralte efectivo d_z de la zapata.

Figura 67. Corte simple en la zapata



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

- Área donde actúa el cortante simple en la zapata

$$A_{cs} = b_z * \left(\frac{b_z - b_{col}}{2} - d_z \right)$$

$$A_{cs} = 2,75_m * \left(\frac{2,75_m - 0,50_m}{2} - 0,42_m \right) \quad ; \quad A_{cs} = 1,95_m^2$$

- Cortante actuante simple

$$V_{act} = A_{cs} * q_{diseño}$$

$$V_{act} = 1,95_{m^2} * 29\,595,48_{kg/m^2} \quad ; \quad V_{act} = 57\,746,51_{kg}$$

- Cortante resistente

Para el cálculo del cortante resistente el código ACI en la sección 8.6.1, requiere que se debe tomar un factor de reducción Φ , por corte igual a 0,85. También, especifica la ecuación a utilizar para el cortante simple en la sección 11.2.1.1.

$$V_{res} = \Phi * 0,53 * \sqrt{f'c} * b_z * d_z$$

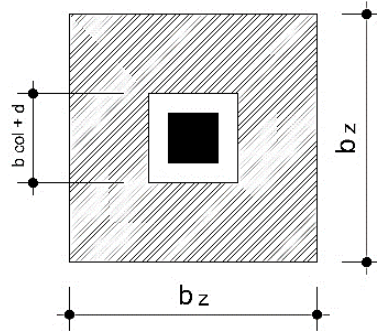
$$V_{res} = 0,85 * 0,53 * \sqrt{280_{kg/cm^2} * 275_{cm} * 41,55_{cm}}; \quad V_{res} = 86\,129,40_{kg}$$

$V_{res} > V_{act}$; $86\,129,40_{kg} > 57\,746,51_{kg}$, el espesor propuesto de la zapata, resiste el corte simple.

- Chequeo por corte punzonante

El corte por punzonamiento se produce a una distancia de $d_z/2$ del perímetro de la columna como consecuencia de los esfuerzos de corte que la columna transmite a la zapata.

Figura 68. Corte punzonante en la zapata concéntrica



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

- Área donde actúa el cortante punzonante en la zapata.

$$A_{cp} = A_z - (b_{col} + d_z)^2$$

$$A_{cp} = 7,56_{m^2} - (0,50_m + 0,42_m)^2 \quad ; \quad A_{cp} = 6,72_{m^2}$$

- Perímetro interno del área donde actúa el cortante punzonante en la zapata.

$$b_o = 4 * (b_{col} + d_z) \quad ; \quad b_o = 4 * (50_{cm} + 41,55_{cm}) \quad ; \quad b_o = 366,19_{cm}$$

- Cortante actuante por punzonamiento.

$$V_{act} = A_{cp} * q_{diseño}$$

$$V_{act} = 6,72_{m^2} * 29\,595,48_{kg/m^2} \quad ; \quad V_{act} = 199\,012_{kg}$$

- Cortante resistente por punzonamiento.

Según el código ACI 318S-11 en la sección 11.11.2.1, el cortante resistente por punzonamiento para losas no preesforzadas y zapatas se calcula de acuerdo con:

$$V_{res} = \Phi * 0,53 * \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) * \sqrt[2]{f'c} * b_o * d_z$$

Donde β es el factor que relaciona el lado largo con el lado corto de la columna y es igual a $\beta = 1,00$.

$$V_{res} = 0,85 * 0,53 * \left(1 + \frac{2}{1,00}\right) * \sqrt[2]{280_{kg/cm^2}} * 366,19_{cm} * 41,55_{cm}$$

$$V_{res} = 324\ 594,07_{kg}$$

$V_{res} > V_{act}$; $324\ 594,07_{kg} > 199\ 012_{kg}$, el espesor propuesto de la zapata resiste el corte punzonante, por lo tanto, las dimensiones son adecuadas.

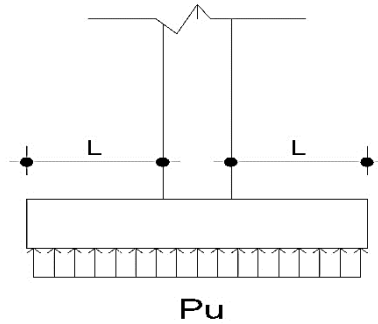
- Diseño del refuerzo por flexión

Cuando la zapata transmite los esfuerzos al suelo, este produce una reacción, un empuje hacia arriba provocando momentos flectores. Para soportar los esfuerzos inducidos sobre la zapata, se calcula el momento flector último en cada sentido, para encontrar las áreas de acero de refuerzo necesarias.

- Momento flector último M_{fu}

El momento flector último se define tomando la losa en voladizo como se muestra e la figura siguiente:

Figura 69. **Momento flector último sobre la zapata**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

$$M_{fu} = \frac{q_{diseño} * L^2}{2} \quad ; \quad L = \frac{b_z - b_{col}}{2}$$

$$L = \frac{2,75m - 0,50m}{2} \quad ; \quad L = 1,13m$$

$$M_{fu} = \frac{29\,595,48 \text{ kg/m}^2 * 1,13m^2}{2} \quad ; \quad M_{fu} = 18\,728,39 \text{ kg-m}$$

- Área de acero requerida por el momento flector último

El área de acero necesaria para cubrir dicho momento, se encuentra mediante la fórmula siguiente:

$$A_{S_{M_{fu}}} = \left((b_z * d_z) - \sqrt{(b_z * d_z)^2 - \frac{M_{fu} * b_z}{0,003825 * f'c}} \right) * \left(\frac{0,85 * f'c}{f_y} \right)$$

$$A_{S_{M_{fu}}} = \left((275cm * 41,55cm) - \sqrt{(275cm * 41,55cm)^2 - \frac{18\,728,39 \text{ kg-m} * 275cm}{0,003825 * 280 \text{ kg/cm}^2}} \right) * \left(\frac{0,85 * 280 \text{ kg/cm}^2}{4\,200 \text{ kg/cm}^2} \right)$$

$$A_{S_{M_{fu}}} = 12,04 \text{ cm}^2$$

- Área de acero mínima

El área de acero necesaria para cubrir dicho momento, se encuentra mediante la fórmula siguiente:

$$A_s \text{ mín} = \frac{14}{f_y} * b_z * d_z$$

$$A_s \text{ mín} = \frac{14}{4 \cdot 200_{\text{kg/cm}^2}} * 275_{\text{cm}} * 41,55_{\text{cm}} \quad ; \quad A_s \text{ mín} = 38,09_{\text{cm}^2}$$

Como el A_{sMfu} es menor que el $A_{s \text{ mín}}$, entonces se usará el $A_{s \text{ mín}}$.

- Espaciamiento del refuerzo en la cama inferior

De acuerdo a los lineamientos del código ACI, en su sección 15.10.4, el espaciamiento máximo no debe de exceder de 450 mm. Se procede a calcular el espaciamiento del refuerzo con varilla No.6 como propuesta de armado.

$$S_{z \text{ inf}} = \frac{A_s \text{ varilla} * b_z}{A_s} \quad ; \quad S_{z \text{ inf}} = \frac{2,85_{\text{cm}^2} * 275_{\text{cm}}}{38,09_{\text{cm}^2}} \quad ; \quad S_{z \text{ inf}} = 20,58_{\text{cm}}$$

Para la cama inferior, se colocarán varillas No.6 a cada 0,20_m, en ambos sentidos.

- Área de acero por temperatura

Debe de calcularse para la parte superior de la zapata. Según el código ACI 318S-11, en la sección 7.12.2.1, la cuantía de refuerzo de retracción y temperatura debe ser al menos igual a 0,0018 cuando se empleen barras corrugadas grado 60.

$$A_{s \text{ temp}} = 0,0018 * b_z * d_z$$

$$A_{s \text{ temp}} = 0,0018 * 275_{cm} * 41,55_{cm} \quad ; \quad A_{s \text{ temp}} = 20,57_{cm^2}$$

- Espaciamiento del refuerzo en cama superior

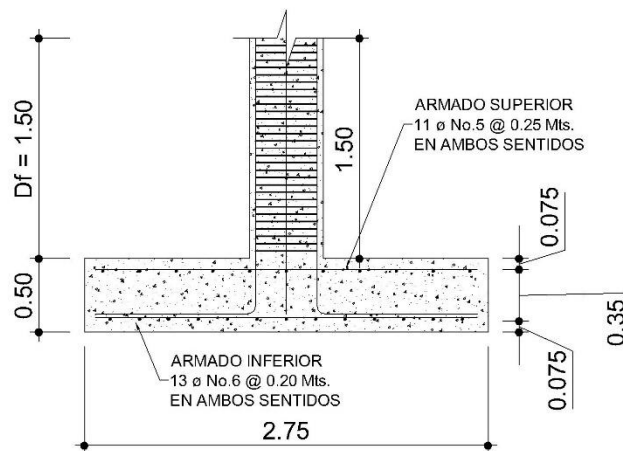
Basándose en la sección 7.12.2.2 del código ACI, el refuerzo de retracción y temperatura no debe colocarse con una separación mayor de 5 veces el espesor de la losa ni de 450 mm. Se propone un armado con varilla No. 5.

$$S_{z \text{ sup}} = \frac{A_{s \text{ varilla}} * b_z}{A_s}$$

$$S_{z \text{ sup}} = \frac{1,98_{cm^2} * 275_{cm}}{20,57_{cm^2}} \quad ; \quad S_{z \text{ sup}} = 26,48_{cm}$$

Se colocarán barras No. 5 a cada $0,25_m$ en ambos sentidos, en la cama superior como refuerzo por temperatura.

Figura 70. **Detalle de armado de zapata concéntrica Z-1**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

2.1.3.4.2. Zapata aislada excéntrica Z-2

Las zapatas excéntricas se deben diseñar para contrarrestar el momento de volteo que se produce debido a que las cargas que actúan sobre esta no accionan en su centro de masa. La solución que se plantea para este proyecto, es una zapata de base cuadrada con un diamante sobre esta.

A continuación, se presenta el cálculo del diamante.

- Predimensionamiento de zapata excéntrica

Los datos obtenidos del predimensionamiento de cimientos de la sección 2.1.2.1.4 de este trabajo no pueden ser tomadas en cuenta para este cálculo, debido a que para los cálculos realizados en esa sección fue considerada únicamente la carga axial concéntrica y no fueron tomados en cuenta los momentos que actúan sobre la zapata.

Por lo tanto, el dimensionamiento del área de esta zapata, por la excentricidad de la carga que provoca flexión, los datos para el diseño de la zapata aislada excéntrica serán los siguientes:

Tabla LXXVIII. **Datos para el diseño de zapata aislada excéntrica Z-2**

Datos para el diseño de zapata Z-2	
b_z	2,70 m
A_z	7,29 m ²
t_z	0,50 m
recubrimiento	7,50 cm (ACI 318S-11 sección 7.7)
M_{u_x}	24 789,90 kg – m
M_{u_y}	23 606,70 kg – m
$P_{u\ Total}$	74 037,28 kg
F_{CU}	1,50
V_s	29 052,04 kg/m ²
γ_s	1 333,69 kg/m ³
D_f	1,50 m
γ_c	2 400 kg/m ³

Fuente: elaboración propia.

- Carga y momentos de trabajo

$$P'_t = \frac{P_{u\ Total}}{F_{CU}} \quad M'_{t\ x-y} = \frac{M_{u-x-y}}{F_{CU}}$$

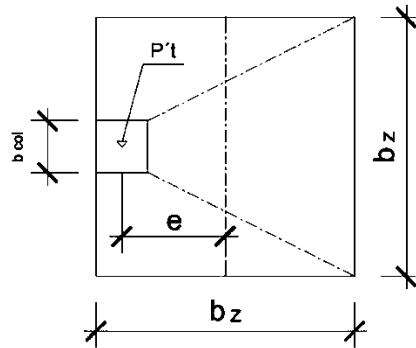
$$P'_t = \frac{74\ 037,28\ kg}{1,50} \quad ; \quad P'_t = 49\ 302,48\ kg$$

$$M'_{t\ x} = \frac{24\ 789,90\ kg - m}{1,50} \quad ; \quad M'_{t\ x} = 16\ 507,95\ kg - m$$

$$M'_{t\ y} = \frac{23\ 606,70\ kg - m}{1,50} \quad ; \quad M'_{t\ y} = 15\ 720,04\ kg - m$$

- Excentricidad de la carga que provoca la flexión

Figura 71. Carga y momentos de trabajo sobre la zapata excéntrica



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

La carga P'_t , centrada en la columna se encuentra a una distancia del centro de:

$$e = \frac{b_z - b_{col}}{2} ; \quad e = \frac{2,70_m - 0,5_m}{2} ; \quad e = 1,10_m$$

- Esfuerzos en el suelo

Los esfuerzos siguientes son el resultado de aplicar 2 fuerzas iguales a P'_t ; de sentido contrario, en el centro de gravedad de la base, combinadas con la P'_t de la columna.

- Esfuerzo de compresión máxima

$$\sigma_c = \frac{P'_t}{A_z} * \left(1 + \frac{6 * e}{b_z} \right)$$

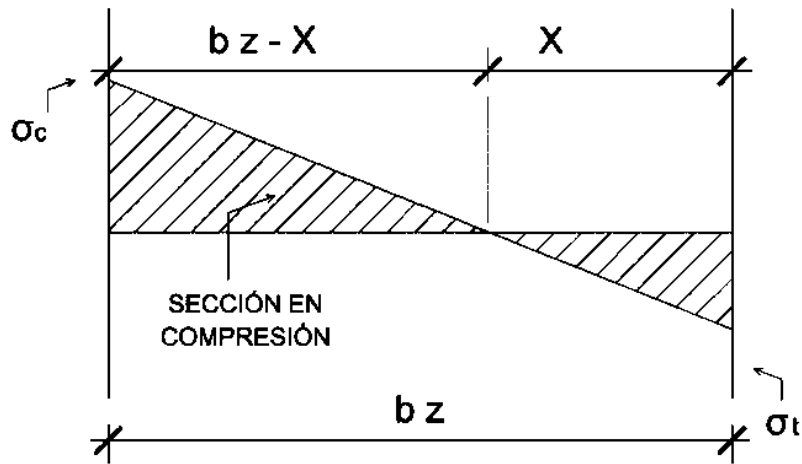
$$\sigma_c = \frac{49\,302,48\,kg}{72\,900\,cm^2} * \left(1 + \frac{6 * 110\,cm}{270\,cm} \right) ; \quad \sigma_c = 2,33\,kg/cm^2$$

- Esfuerzo de tensión máxima

$$\sigma_t = \frac{P'_t}{A_z} * \left(1 - \frac{6 * e}{b_z}\right)$$

$$\sigma_t = \frac{49\,302,48\text{ kg}}{72\,900\text{ cm}^2} * \left(1 - \frac{6 * 110\text{ cm}}{270\text{ cm}}\right) \quad ; \quad \sigma_t = -0,98\text{ kg/cm}^2$$

Figura 72. **Esfuerzos en el suelo debido a una columna excéntrica**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

- Punto de cambio de esfuerzo

El punto de cambio de esfuerzos es el punto donde cambia el esfuerzo de compresión al esfuerzo de tensión, el cual se encuentra a una distancia X ; el resultado de dicha distancia se obtiene mediante la aplicación de triángulos semejantes.

$$X = \frac{\sigma_t * b_z}{\sigma_t + \sigma_c} \quad ; \quad X = \frac{0,98\text{ kg/cm}^2 * 2,70\text{ m}}{0,98\text{ kg/cm}^2 + 2,33\text{ kg/cm}^2} \quad ; \quad X = 0,80\text{ m}$$

- Esfuerzo en el eje neutro

Para efectuar el cálculo de la zapata, se tendrá que considerar la parte del diagrama que se encuentra a compresión.

$$\sigma_{neutro} = \frac{\sigma_c * \left(\frac{b_z}{2} - X\right)}{b_z - X}$$

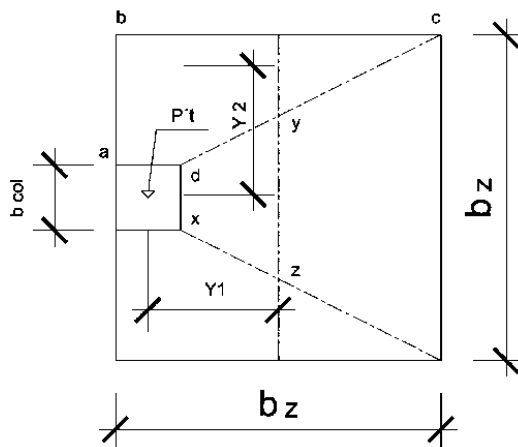
$$\sigma_{neutro} = \frac{2,33_{kg/cm^2} * \left(\frac{2,70_m}{2} - 0,80_m\right)}{2,70_m - 0,80_m} ; \quad \sigma_{neutro} = 0,68_{kg/cm^2}$$

- Altura del diamante

Para la altura del diamante, se asume una inclinación de $\phi = 25^\circ$.

$$H = \tan(\phi) * (b_z - b_{col}) ; \quad H = \tan(25^\circ) * (2,70_m - 0,50_m) ; \quad H = 1,03_m$$

Figura 73. **Diagrama de zapata excéntrica**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

- Fuerza resultante en el trapecio $x - d - y - z$

$$P_1 = \sigma_{neutro} * \left(\frac{b_{col} + D_{y-z}}{2} \right) * H$$

Donde:

- $P_1 =$ fuerza resultante en trapecio que forman los puntos $x - d - y - z$
- $\sigma_{neutro} =$ esfuerzo en el eje neutro
- $D_{y-z} =$ distancia del punto "y" al punto "z", $D_{y-z} = 135_{cm}$

$$P_1 = 0,68_{kg/cm^2} * \left(\frac{50_{cm} + 135_{cm}}{2} \right) * 102,59_{cm} \quad ; \quad P_1 = 6\,417,68_{kg}$$

P_1 es aplicada al centro de gravedad del trapecio que forman los puntos $x - d - y - z$, cuya distancia a la sección $x - d$ es:

$$Y_1 = \frac{H}{3} * \left[\frac{(2 * D_{y-z}) + b_{col}}{D_{y-z} + b_{col}} \right]$$

$$Y_1 = \frac{1,03_m}{3} * \left[\frac{(2 * 1,35_m) + 0,50_m}{1,35_m + 0,50_m} \right] \quad ; \quad Y_1 = 0,59_m$$

- Momento M_1 provocado por P_1

$$M_1 = P_1 * Y_1 \quad ; \quad M_1 = 6\,417,68_{kg} * 0,59_m \quad ; \quad M_1 = 3\,796,04_{kg}$$

- Esfuerzo en dirección perpendicular a Y_1

$$\sigma_{\perp Y_1} = \frac{\sigma_c}{2} \quad ; \quad \sigma_{\perp Y_1} = \frac{2,33 \text{ kg/cm}^2}{2} \quad ; \quad \sigma_{\perp Y_1} = 1,16 \text{ kg/cm}^2$$

- Área de la superficie $a - b - c - d$

$$A_{abcd} = \left[b_{col} * \left(\frac{b_z - b_{col}}{2} \right) \right] + \left[\frac{(b_z - b_{col}) + (b_z - D_{y-z})}{4} * H \right]$$

$$A_{abcd} = \left[50 * \left(\frac{270 - 50}{2} \right) \right] + \left[\frac{(270 - 50) + (270 - 135)}{4} * 102,59 \right]$$

$$A_{abcd} = 14\,604,66 \text{ cm}^2$$

- Fuerza resultante en el centro de gravedad de $a - b - c - d$

La fuerza resultante P_2 se aplica sobre el centro de gravedad de la superficie formada por los puntos $a - b - c - d$.

$$P_2 = \sigma_{\perp Y_1} * A_{abcd} \quad ; \quad P_2 = 1,16 \text{ kg/cm}^2 * 14\,604,66 \text{ cm}^2 \quad ; \quad P_2 = 17\,010,68 \text{ kg}$$

P_2 es aplicada al centro de gravedad del trapecio que forman los puntos $a - b - c - d$, cuya distancia a la sección $x - d$ es:

$$Y_2 = \frac{D_{a-b}}{3} * \left[\frac{(2*b_z) + b_{col}}{b_z + b_{col}} \right] \quad D_{a-b} = \frac{b_z - b_{col}}{2}$$

Entonces:

$$D_{a-b} = \frac{2,50 \text{ m} - 0,50 \text{ m}}{2} \quad ; \quad D_{a-b} = 1,10 \text{ m}$$

$$Y_2 = \frac{1,10_m}{3} * \left[\frac{(2 * 2,70_m) + 0,50_m}{2,70_m + 0,50_m} \right] ; \quad Y_2 = 0,68_m$$

- Momento M_2 provocado por P_2

$$M_2 = P_2 * Y_2 \quad ; \quad M_1 = 17\,010,68_{kg} * 0,68_m \quad ; \quad M_2 = 11\,499,93_{kg}$$

- Diseño del refuerzo

El refuerzo de acero en la base de la zapata con diamante se calcula con la diferencia que existe entre los momentos del análisis estructural y los momentos obtenidos en el diamante.

- Momentos para el diseño del refuerzo

$$M_{Dx} = M_x - M_1 \quad M_{Dy} = M_y - M_2$$

$$M_{Dx} = 24\,789,90_{kg-m} - 3\,796,04_{kg} \quad ; \quad M_{Dx} = 20\,993,86_{kg-m}$$

$$M_{Dy} = 23\,606,70_{kg-m} - 11\,499,93_{kg} \quad ; \quad M_{Dy} = 12\,106,77_{kg-m}$$

- Carga sobre la zapata

$$P_{total} = P'_t + W_s + W_z + W_{col}$$

$$W_s = (1\,333,69_{kg/m^3} * 7,29_{m^2} * 1,50_m) \quad ; \quad W_s = 14\,583,90_{kg}$$

$$W_z = (2\,400_{kg/m^3} * 7,29_{m^2} * 0,50_m) \quad ; \quad W_z = 8\,748_{kg}$$

$$W_{col} = (2\,400_{kg/m^3} * 0,50_{m^2} * 0,50_m * 8,70_m) \quad ; \quad W_z = 5\,220_{kg}$$

$$P_{total} = 49\,302,48_{kg} + 14\,583,90_{kg} + 8\,748_{kg} + 5\,220_{kg}$$

$$P_{total} = 77\,854,38 \text{ kg}$$

- Comprobación $e < K$

$$K = \frac{b_z}{6} \quad e_{x-y} = \frac{M_{D\ x-y}}{P_{total}}$$

$$K = \frac{2,70_m}{6} \quad ; \quad K = 0,45_m$$

$$e_x = \frac{20\,993,86_{kg-m}}{77\,854,38_{kg}} \quad ; \quad e_x = 0,27_m < K \quad ; \quad \text{Cumple}$$

$$e_y = \frac{12\,106,77_{kg-m}}{77\,854,38_{kg}} \quad ; \quad e_y = 0,16_m < K \quad ; \quad \text{Cumple}$$

- Cargas admisibles $q_{m\acute{a}x}$ y $q_{m\acute{i}n}$

Los valores de $q_{m\acute{a}x}$ y $q_{m\acute{i}n}$ se definen mediante la siguiente expresi3n:

$$S_{x-y} = \frac{1}{6} * (b_z)^3 \quad ; \quad \text{zapata cuadrada}$$

$$q_{m\acute{a}x-m\acute{i}n} = \frac{P_{total}}{A_z} \pm \frac{M_{D\ x}}{S_x} \pm \frac{M_{D\ y}}{S_y}$$

Entonces:

$$S_{x-y} = \frac{1}{6} * (2,70_m)^3 \quad ; \quad S_{x-y} = 3,28_{m^3}$$

$$q_{m\acute{a}x} = \frac{77\,854,38_{kg}}{7,29_{m^2}} + \frac{20\,993,86_{kg-m}}{3,28_{m^3}} + \frac{12\,106,77_{kg-m}}{3,28_{m^3}} \quad ; \quad q_{m\acute{a}x} = 20\,769,73_{kg/m^2}$$

$$q_{\text{mín}} = \frac{77\,854,38 \text{ kg}}{7,29 \text{ m}^2} - \frac{20\,993,86 \text{ kg-m}}{3,28 \text{ m}^3} - \frac{12\,106,77 \text{ kg-m}}{3,28 \text{ m}^3} ; \quad q_{\text{mín}} = 589,50 \text{ kg/m}^2$$

Evaluando las condiciones $q_{\text{máx}} < V_s$ y $q_{\text{mín}} > 0,00$:

$$q_{\text{máx}} < V_s \quad ; \quad 20\,769,73 \text{ kg/m}^2 < 29\,052,04 \text{ kg/m}^2 \quad ; \quad \text{Si cumple, no se excede a } V_s$$

$$q_{\text{mín}} > 0,00 \quad ; \quad 589,50 \text{ kg/m}^2 > 0,00 \quad ; \quad \text{Si cumple, no existen esfuerzos de tensión}$$

- Presión última de diseño $q_{\text{diseño}}$

$$q_{\text{diseño}} = q_{\text{máx}} * F_{CU}$$

$$q_{\text{diseño}} = 20\,769,73 \text{ kg/m}^2 * 1,50 \quad ; \quad q_{\text{diseño}} = 31\,189,80 \text{ kg/m}^2$$

- Peralte efectivo de la zapata

Se propone el uso de varillas No. 6 con diámetro de $1,91 \text{ cm}$, por lo tanto, el peralte efectivo se tomará como:

$$d_z = t_z - \text{recubrimiento} - \phi \text{ varilla}/2$$

$$d_z = 50 \text{ cm} - 7,50 \text{ cm} - 1,91 \text{ cm}/2 \quad ; \quad d_z = 41,55 \text{ cm}$$

- Chequeo por corte simple
- Área donde actúa el cortante simple en la zapata

$$A_{cs} = b_z * \left(\frac{b_z - b_{col}}{2} - d_z \right)$$

$$A_{cs} = 2,70 \text{ m} * \left(\frac{2,70 \text{ m} - 0,50 \text{ m}}{2} - 0,42 \text{ m} \right) \quad ; \quad A_{cs} = 1,85 \text{ m}^2$$

- Cortante actuante simple

$$V_{act} = A_{cs} * q_{diseño} ; V_{act} = 1,85 m^2 * 31\ 189,80 \text{ kg/m}^2 ; V_{act} = 57\ 645,53 \text{ kg}$$

- Cortante resistente

$$V_{res} = \Phi * 0,53 * \sqrt{f'c} * b_z * d_z$$

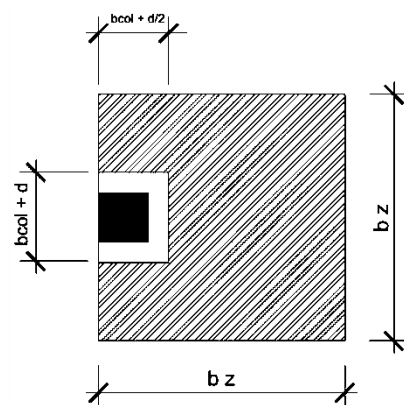
$$V_{res} = 0,85 * 0,53 * \sqrt{280 \text{ kg/cm}^2} * 270 \text{ cm} * 41,55 \text{ cm}; V_{res} = 84\ 563,41 \text{ kg}$$

$V_{res} > V_{act}$; $84\ 563,41 \text{ kg} > 57\ 645,53 \text{ kg}$, el espesor propuesto de la zapata, resiste el corte simple.

- Chequeo por corte punzonante

El corte por punzonamiento se produce a una distancia de $d_z/2$ del perímetro de la columna.

Figura 74. Corte punzonante en la zapata excéntrica



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

- Área donde actúa el cortante punzonante en la zapata.

$$A_{cp} = A_z - \left[(b_{col} + d_z) * \left(b_{col} + \frac{d_z}{2} \right) \right]$$

$$A_{cp} = 7,29_{m^2} - \left[(0,50_m + 0,42_m) * \left(0,50_m + \frac{0,42_m}{2} \right) \right] \quad ; \quad A_{cp} = 6,64_{m^2}$$

- Perímetro interno del área donde actúa el cortante punzonante en la zapata.

$$b_o = \left[2 * \left(b_{col} + \frac{d_z}{2} \right) \right] + (b_{col} + d_z)$$

$$b_o = \left[2 * \left(50_{cm} + \frac{41,55_{cm}}{2} \right) \right] + (50_{cm} + 41,55_{cm}) \quad ; \quad b_o = 233,10_{cm}$$

- Cortante actuante por punzonamiento.

$$V_{act} = A_{cp} * q_{diseño} \quad ; \quad V_{act} = 6,64_{m^2} * 31\,189,80_{kg/m^2} \quad ; \quad V_{act} = 207\,165,27_{kg}$$

- Cortante resistente por punzonamiento.

Según el código ACI 318S-11 en la sección 11.11.2.1, el cortante resistente por punzonamiento será de:

$$V_{res} = \Phi * 0,53 * \left(1 + \frac{2}{\beta} \right) * \sqrt{f'_c} * b_o * d_z$$

$$V_{res} = 0,85 * 0,53 * \left(1 + \frac{2}{1,00} \right) * \sqrt{280_{kg/cm^2}} * 233,10_{cm} * 41,55_{cm}$$

$$V_{res} = 219\,014,53_{kg}$$

$V_{res} > V_{act}$; $219\,014,53\text{ kg} > 207\,165,27\text{ kg}$, el espesor propuesto de la zapata resiste el corte punzonante, por lo tanto, las dimensiones son adecuadas.

- Diseño del refuerzo por flexión
- Momento flector último M_{fu}

$$M_{fu} = \frac{q_{diseño} * L_{x-y}^2}{2} \quad L_x = b_z - b_{col} \quad L_y = \frac{b_z - b_{col}}{2}$$

Entonces:

$$L_x = 2,70\text{m} - 0,50\text{m} \quad ; \quad L_x = 2,20\text{m}$$

$$L_y = \frac{2,70\text{m} - 0,50\text{m}}{2} \quad ; \quad L_y = 1,10\text{m}$$

$$M_{fux} = \frac{31\,189,80\text{ kg/m}^2 * 2,20\text{m}^2}{2} \quad ; \quad M_{fu} = 75\,479,32\text{ kg-m}$$

$$M_{fuy} = \frac{31\,189,80\text{ kg/m}^2 * 1,10\text{m}^2}{2} \quad ; \quad M_{fu} = 18\,869,83\text{ kg-m}$$

- Área de acero requerida por el momento flector último

$$A_{SM\ fux-y} = \left((b_z * d_z) - \sqrt{(b_z * d_z)^2 - \frac{M_{fux-y} * b_z}{0,003825 * f'c}} \right) * \left(\frac{0,85 * f'c}{f_y} \right)$$

$$A_{SM\ fux} = \left((270\text{cm} * 41,55\text{cm}) - \sqrt{(270\text{cm} * 41,55\text{cm})^2 - \frac{75\,479,32\text{ kg-m} * 270\text{cm}}{0,003825 * 280\text{kg/cm}^2}} \right) * \left(\frac{0,85 * 280\text{kg/cm}^2}{4\,200\text{kg/cm}^2} \right)$$

$$A_{SM\ fux} = 50,03\text{cm}^2$$

$$A_{S_{M f u y}} = \left((270_{cm} * 41,55_{cm}) - \sqrt{(270_{cm} * 41,55_{cm})^2 - \frac{18\,869,83_{kg-m} * 270_{cm}}{0,003825 * 280_{kg/cm^2}}} \right) * \left(\frac{0,85 * 280_{kg/cm^2}}{4\,200_{kg/cm^2}} \right)$$

$$A_{S_{M f u y}} = 12,13_{cm^2}$$

- Área de acero mínima

$$A_{S_{mín}} = \frac{14}{f_y} * b_z * d_z ; A_{S_{mín}} = \frac{14}{4\,200_{kg/cm^2}} * 270_{cm} * 41,55_{cm} ; A_{S_{mín}} = 37,39_{cm^2}$$

Como el $A_{S_{M f u y}}$ es menor que el $A_{S_{mín}}$, entonces se usará el $A_{S_{mín}}$.

- Espaciamiento del refuerzo sentido X en la cama inferior

De acuerdo a los lineamientos del código ACI en su sección 15.10.4, el espaciamiento máximo no debe de exceder de 450 mm.

$$S_{z\ inf X} = \frac{A_{S\ varilla} * b_z}{A_S} ; S_{z\ inf X} = \frac{2,85_{cm^2} * 270_{cm}}{50,03_{cm^2}} ; S_{z\ inf X} = 15,38_{cm}$$

Para la cama inferior, se colocarán varillas No.6 a cada 0,15_m, en el sentido X del armado.

- Espaciamiento del refuerzo sentido Y en la cama inferior

De acuerdo a los lineamientos del código ACI en su sección 15.10.4, el espaciamiento máximo no debe de exceder de 450 mm.

$$S_{z\ inf Y} = \frac{A_{S\ varilla} * b_z}{A_S} ; S_{z\ inf Y} = \frac{2,85_{cm^2} * 270_{cm}}{37,39_{cm^2}} ; S_{z\ inf Y} = 20,58_{cm}$$

Para la cama inferior, se colocarán varillas No.6 a cada $0,20_m$, en el sentido Y del armado.

- Área de acero por temperatura

Debe de calcularse para la parte superior de la zapata, según el código ACI 318S-11 en la sección 7.12.2.1.

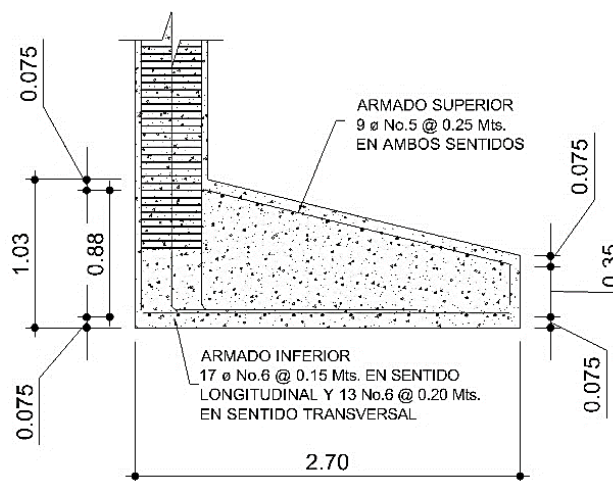
$$A_{s \text{ temp}} = 0,0018 * b_z * d_z ; A_{s \text{ temp}} = 0,0018 * 270_{cm} * 41,55_{cm} ; A_{s \text{ temp}} = 20,19_{cm^2}$$

- Espaciamiento del refuerzo en cama superior

$$S_{z \text{ sup}} = \frac{A_{s \text{ varilla}} * b_z}{A_s} ; S_{z \text{ sup}} = \frac{1,98_{cm^2} * 270_{cm}}{20,19_{cm^2}} ; S_{z \text{ sup}} = 26,48_{cm}$$

Se colocarán barras No. 5 a cada $0,25_m$ en ambos sentidos, en la cama superior como refuerzo por temperatura.

Figura 75. **Detalle de armado de zapata excéntrica Z-2**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

2.1.3.4.3. Cimiento corrido

Es el cimiento que se le coloca a los muros, este se calcula como una franja unitaria. Se diseñará para soportar las cargas superpuestas, dando una distribución adecuada a las mismas, de acuerdo con la resistencia del terreno, debiendo ser continuos para proveer un amarre adecuado entre estos. Tomando en cuenta que los muros de la estructura son únicamente para dividir los ambientes, se propone el diseño del cimiento corrido de acuerdo a lo establecido en las normas del AGIES NSE 4-10 capítulo 5 correspondiente a las especificaciones para la cimentación. Detallando los siguientes lineamientos:

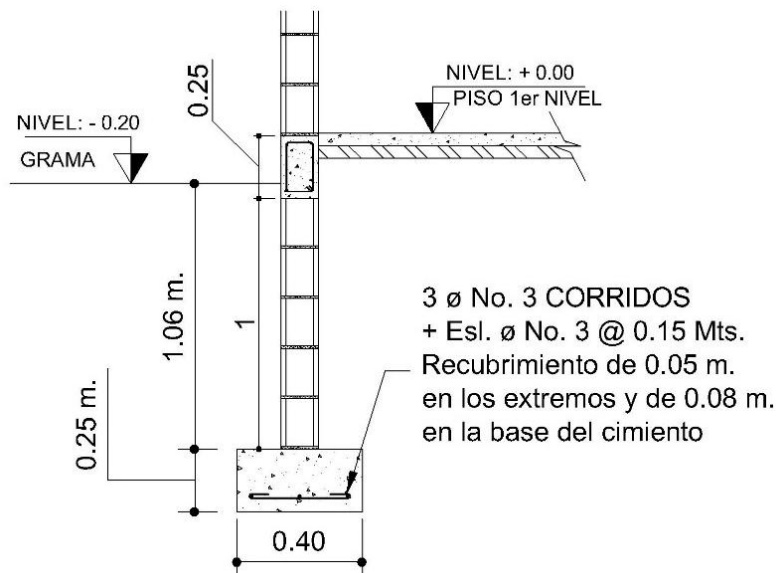
- Las viviendas deben cimentarse siempre en terreno estable y deben empotrarse por lo menos 400 mm dentro del terreno para viviendas de 1 nivel de bloque o ladrillo y para viviendas de 2 niveles se deberán empotrar 600 mm, AGIES NSE 4-10 sección 5.1.3.
- Los muros deben cimentarse sobre un cimiento corrido de acuerdo al tipo de material de las paredes, el tipo de techo y número de niveles. En todo caso los cimientos o vigas de cimentación deberán estar dispuestas en cuadros cerrados cuyo lado mayor no sobrepase los 7,00_m. Todo muro tendrá un cimiento corrido convencional cuyo ancho será de por lo menos dos veces el espesor del muro que soporta, AGIES NSE 4-10 sección 5.3.
- Para viviendas de 1 nivel con techo de losa, su cimentación puede consistir en un cimiento corrido de concreto reforzado con un ancho de 400 mm por 250 mm de peralte; luego, levantado de block o ladrillo y en seguida, una solera de humedad fundida de 150 mm de peralte; sumando una profundidad mínima de 600 mm medido desde la parte

inferior del cimiento. El refuerzo del cimiento corrido consiste en 3 varillas No.3 corridas, más eslabón No.3 a cada 200 mm. Mientras que para la solera de humedad consiste de 4 varillas No.3 corridas, más estribo No.2 a cada 150 mm.

Considerando lo anterior y que la presión del suelo es pequeña, la cimentación para los muros queda de la siguiente manera:

- Cimiento corrido de 40 cm de ancho y 25 cm de peralte, con refuerzo de 3 varillas No.3 corridas, más eslabón No.3 a cada 15 cm, con un recubrimiento en la base del cimiento de 8 cm y en los laterales un recubrimiento de 5 cm, seguido de 5 hilas de block pómez de 14 x 19 x 39 cm, más una solera hidrófuga de 15 cm de ancho y 25 cm de peralte con refuerzo de 4 varillas No.3 corridas con estribos No.2 a cada 15 cm.

Figura 76. **Detalle de cimiento corrido**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

2.1.3.4.4. Muros

Los muros que se utilizarán en este proyecto son muros tipo tabique; es decir, muros no estructurales ya que no resisten las cargas verticales ni horizontales que afectan a la edificación y pueden ser removidos sin comprometer la seguridad estructural del conjunto. Este tipo de muro servirá para delimitar y cerrar ambiente, y serán constituidos por unidades de block pómez, columnas y soleras, con la característica que deberán separarse de las columnas y vigas de los marcos estructurales una distancia de 2,50 cm.

Los elementos del muro que resisten el volteo debido a las cargas laterales son las columnas, por lo tanto, para los muros del primer nivel se deberán anclar a la solera de humedad del cimiento y para los del segundo nivel a la viga inferior del marco.

2.1.3.5. Módulo de gradas

Las gradas son elementos estructurales cuya función principal es comunicar dos ambientes separados por una distancia vertical. El módulo de gradas debe proporcionar un recorrido amplio, seguro y de rápido acceso, la ubicación debe ser funcional de acuerdo a la ocupación del edificio.

Esta estructura está compuesta por una serie de escalones, integrados por elementos horizontales denominados como huella (H) y elementos verticales denominados contrahuella (C). Los escalones están apoyados en una losa continua como elemento inclinado con capacidad resistente a la flexión. Para el diseño de las gradas se aplicó los criterios que indican las especificaciones mínimas establecidas en el *Manual de criterios normativos*

para el diseño arquitectónico de centros educativos oficiales del Mineduc, en la sección 6.1.

Con base en el manual del Mineduc y tomando en consideración la relación entre la huella y contrahuella, se deberá cumplir con las siguientes condiciones de comodidad:

- $C_{m\acute{a}x} = 15_{cm}$; para nivel de educación primario
- $H_{m\acute{a}x} = 25_{cm}$; para nivel de educación primario
- $C \leq 20_{cm}$
- $H > C$
- $(2 * C) + H \leq 64_{cm}$; valor cercano
- $C + H = 45_{cm}$ a 48_{cm}
- $C * H = 480_{cm^2}$ a 500_{cm^2}

- Relaciones de comodidad

Se propone una huella de $H = 25_{cm}$ y una contrahuella igual a $C = 15_{cm}$, para una diferencia de niveles de $h = 3,75_m$.

$$No. Escalones = \frac{h}{C} \quad ; \quad No. Escalones = \frac{3,75_m}{0,15_m} = 25 \text{ escalones}$$

Se tomarán 12 contrahuellas antes del descanso, por lo tanto:

$$No. Huellas = No. Contrahuellas - 1 \quad ; \quad No. Huellas = 12 - 1 = 11$$

Se procede a evaluar las condiciones de comodidad.

- $C \leq 20_{cm}$; $15_{cm} \leq 20_{cm}$
- $H > C$; $25_{cm} > 15_{cm}$
- $(2 * C) + H \leq 64_{cm}$; $55_{cm} \leq 64_{cm}$
- $C + H = 40_{cm}$
- $C * H = 375_{cm^2}$

La mayoría de las relaciones analizadas chequean, por lo tanto, las dimensiones consideradas son correctas.

- Análisis estructural del módulo de gradas

Para fines de análisis estructural el módulo de gradas se analizó por tramos, siendo el primer tramo desde el primer escalón hasta el descanso a $1,80_m$ de altura y el segundo tramo del descanso hasta el último escalón.

- Integración de cargas
- Longitud de losa

L como una longitud inclinada.

$$L = \sqrt{(11 * 0,25_m)^2 + (12 * 0,15_m)^2} ; \quad L = 3,29_m$$

- Espesor de losa

Para losas macizas en una dirección, el código ACI 318S-11, en la sección 9.5.2.1, estipula el espesor mínimo para una losa de acuerdo a los apoyos de la misma. Siendo este caso una losa en una dirección con un extremo continuo.

$$t_{losa\ gradas} = \frac{L}{24} \quad ; \quad t_{losa\ gradas} = \frac{3,29_m}{24} \quad ; \quad t_{losa\ gradas} = 0,14_m$$

- Carga muerta

$$Cm_{gradas} = Pp_{gradas} + acabados_{gradas}$$

$$Cm_{gradas} = \left[\gamma_c * \left(t_{losa\ gradas} + \frac{C}{2} \right) \right] + acabados_{gradas}$$

$$Cm_{gradas} = \left[2\,400 * \left(0,14 + \frac{0,15}{2} \right) \right] + 100 \quad ; \quad Cm_{gradas} = 608,67_{kg/m^2}$$

- Carga viva

$$Cv_{gradas} = 500_{kg/m^2} \quad ; \quad \text{pasillos y escaleras}$$

- Carga última

$$C_U\ gradas = 1,4 * Cm_{gradas} + 1,7 * Cv_{gradas}$$

$$C_U\ gradas = 1,4 * 608,67_{kg/m^2} + 1,7 * 500_{kg/m^2} \quad ; \quad C_U\ gradas = 1\,702,14_{kg/m^2}$$

- Diseño del refuerzo para gradas

Se analiza una franja con ancho unitario de 1 m, con el objetivo de analizar la losa con una carga uniformemente distribuida igual a $W_{U\ gradas} = 1\,702,14_{kg/m}$.

- Momentos actuantes

Se calculan los momentos actuantes en la losa considerando el diseño de una losa unidireccional sobre dos apoyos, según la sección 8.3.3 del ACI:

$$M_{(-)} = \frac{W_{U \text{ gradas}} * L^2}{9} = \frac{1\,702,14_{kg/m} * (3,29_m)^2}{9} = 2\,043,04_{kg-m}$$

$$M_{(+)} = \frac{W_{U \text{ gradas}} * L^2}{14} = \frac{1\,702,14_{kg/m} * (3,29_m)^2}{14} = 1\,313,38_{kg-m}$$

- Peralte efectivo

$$d_{\text{losa gradas}} = t_{\text{losa gradas}} - \text{recubrimiento} - \frac{\phi \text{ varilla (No. 3)}}{2}$$

$$d_{\text{losa gradas}} = 14_{cm} - 2,50_{cm} - \frac{1,27_{cm}}{2} \quad ; \quad d_{\text{losa gradas}} = 11,02_{cm}$$

- Área de acero mínima

$$A_{S_{\text{mín}}} = \frac{14 * b_{\text{losa gradas (100 cm)}} * d_{\text{losa gradas}}}{f_y}$$

$$A_{S_{\text{mín}}} = \frac{14 * 100_{cm} * 11,02_{cm}}{4\,200_{kg/cm^2}} \quad ; \quad A_{S_{\text{mín}}} = 3,67_{cm^2}$$

- Área de acero máxima

$$A_{S_{\text{máx}}} = \rho_{\text{máx}} * b_{\text{losa gradas (100 cm)}} * d_{\text{losa gradas}}$$

$$\rho_{\text{máx}} = 0,50 * \rho_{\text{bal}} \quad ; \quad \text{Zona sísmica}$$

$$\rho_{\text{bal}} = \left(\frac{0,85 * \beta_1 * f'c}{f_y} \right) * \left(\frac{6\,090}{f_y + 6\,090} \right) \quad ; \quad \beta_1 = 0,85 \text{ para } f'c \leq 280 \text{ kg/cm}^2$$

Entonces:

$$\rho_{\text{bal}} = \left(\frac{0,85 * 0,85 * 280}{4\,200} \right) * \left(\frac{6\,090}{4\,200 + 6\,090} \right) \quad ; \quad \rho_{\text{bal}} = 0,0285$$

$$\rho_{\text{máx}} = 0,50 * 0,0285 \quad ; \quad \rho_{\text{máx}} = 0,0143$$

$$A_{s_{m\acute{a}x}} = 0,0143 * 100_{cm} * 11,02_{cm} \quad ; \quad A_{s_{m\acute{a}x}} = 15,71_{cm^2}$$

- Límites del espaciamiento

Según ACI 318S-11 seccion 7.6.5, el espaciamiento maximo corresponde a los límites siguientes:

$$S_{max} < 3 * t_{losa} \quad ; \quad 42_{cm}$$

$$S_{max} < 45_{cm}$$

- Área de acero para los momentos actuantes $M_{(-)}$ y $M_{(+)}$

El área de acero requerida se calcula con la misma ecuación utilizada para el refuerzo de una losa:

$$A_{s_{M(\pm)}} = \left[(b_{losa} * d_{losa}) - \sqrt{(b_{losa} * d_{losa})^2 - \left(\frac{M_u * b_{losa}}{0,003825 * f'c} \right)} \right] * \frac{0,85 * f'c}{f_y}$$

- Área de acero para el momento actuante $M_{(-)}$

$$A_{s_{M(-)}} = \left[(100 * 11,02) - \sqrt{(100 * 11,02)^2 - \left(\frac{2\,043,04 * 100}{0,003825 * 280} \right)} \right] * \frac{0,85 * 280}{4\,200}$$

$$A_{s_{M(-)}} = 5,11_{cm^2}$$

- Área de acero para el momento actuante $M_{(+)}$

$$A_{s_{M(+)}} = \left[(100 * 11,02) - \sqrt{(100 * 11,02)^2 - \left(\frac{1\,313,38 * 100}{0,003825 * 280} \right)} \right] * \frac{0,85 * 280}{4\,200}$$

$$A_{s M(+)} = 3,24_{cm^2}$$

Debido a que el acero requerido por el momento negativo es mayor al requerido por el momento positivo y que al acero mínimo, el armado se diseñará para resistir al momento negativo $A_{s M(-)} = 5,11_{cm^2}$.

- Espaciamiento

$$S_{As M(-)} = \frac{1,27_{cm^2} * 100_{cm}}{5,11_{cm^2}} \quad ; \quad S_{As M(-)} = 24,84_{cm}$$

Para la cama inferior, se proponen varillas No.4 a cada 20_{cm} , en ambos sentidos.

- Área de acero por temperatura

Este como todos los sistemas, deberá poseer un armado de acero para resistir aquellos esfuerzos provocados por los cambios de temperatura y contracción del concreto; dicha área se determina siguiendo el procedimiento que se muestra a continuación:

$$A_{s temp} = 0,0018 * b_{losa gradas (100 cm)} * d_{losa gradas}$$

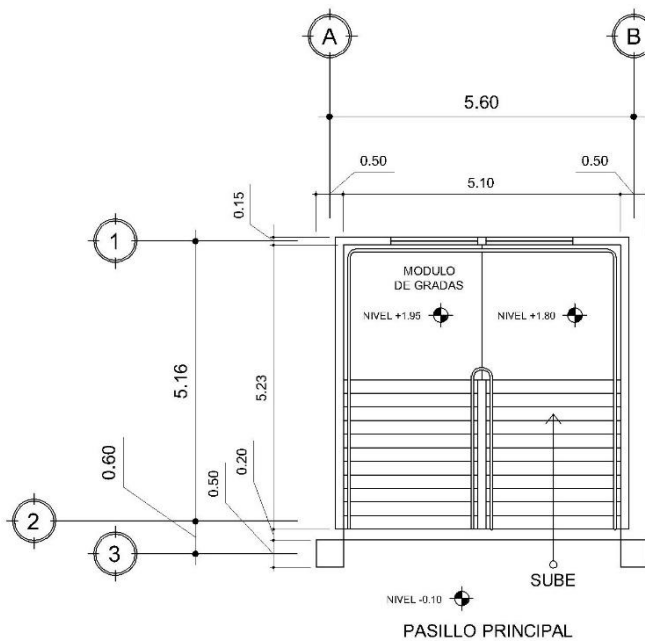
$$A_{s temp} = 0,0018 * 100_{cm} * 11,02_{cm} \quad ; \quad A_{s temp} = 1,98_{cm^2}$$

- Espaciamiento

$$S_{As temp} = \frac{1,27_{cm^2} * 100_{cm}}{1,98_{cm^2}} \quad ; \quad S_{As temp} = 64,00_{cm}$$

El espaciamiento calculado supera al límite máximo de distancia entre varillas, por lo tanto, el acero por temperatura será colocado con dobleces para formar los escalones con varillas No.4 a cada 20_{cm}.

Figura 77. **Módulo de gradas**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

2.1.3.6. Rampa

Una rampa es la solución alternativa o complementaria a la escalera para personas con dificultades motoras, especialmente para quienes usan silla de ruedas. Deben ser de fácil acceso y no pueden presentar cambios de dirección en pendiente. El porcentaje de pendiente indica la relación entre la altura y la longitud de la rampa (6 % - 10 % de pendiente equivale a salvar 10 cm de altura en 100 cm de longitud).

El ancho mínimo de la rampa será de 1 m. Si la rampa cambia de dirección (entre 90° y 180°), este cambio se debe realizar sobre una superficie plana y horizontal. Toda rampa debe tener bordes de protección laterales de 10 cm para evitar la caída accidental de las ruedas delanteras de una silla de ruedas, además el pasamanos debe sobrepasar en 30 cm los puntos de entrada y salida.

El análisis y diseño de la rampa, se describe a continuación:

- Sentido de la losa

$$a = 1,20 \text{ m.} \quad b = 10,00 \text{ m.}$$

$$a/b = 1,20/10,00 = 0,12 \quad ; \quad 0,12 < 0,50 \quad \text{Losa en un sentido.}$$

- Espesor la losa

$$t_{losa \text{ rampa}} = \frac{L}{24} \quad ; \quad t_{losa \text{ rampa}} = \frac{1,20_m}{24} \quad ; \quad t_{losa \text{ rampa}} = 0,05_m$$

De acuerdo a los lineamientos de espesores mínimos para losas que dicta el código ACI sección 9.5.2.1, se propone un espesor de losa de $t_{losa} = 10,00 \text{ cm}$.

- Análisis estructural de la rampa
 - Integración de cargas

$$Cm_{rampa} = Pp_{rampa} + Acabados_{rampa}$$

$$Cm_{rampa} = [\gamma_c * t_{losa\ rampa}] + Acabados_{rampa}$$

$$Cm_{rampa} = [2\ 400 * 0,10] + 100 \quad ; \quad Cm_{rampa} = 340_{kg/m^2}$$

$$Cv_{rampa} = 500_{kg/m^2}$$

- Carga última

$$C_{U\ rampa} = 1,4 * Cm_{rampa} + 1,7 * Cv_{rampa}$$

$$C_{U\ rampa} = 1,4 * 340_{kg/m^2} + 1,7 * 500_{kg/m^2} \quad ; \quad C_{U\ rampa} = 1\ 326_{kg/m^2}$$

- Diseño del refuerzo para gradas

Se analiza una franja con ancho unitario de 1 m, por lo tanto la carga distribuida sera de $W_{U\ rampa} = 1\ 326_{kg/m}$.

- Momentos actuantes

$$M_{(-)} = \frac{W_{U\ rampa} * L^2}{9} = \frac{1\ 326_{kg/m} * (4m)^2}{9} = 2\ 357,33_{kg-m}$$

$$M_{(+)} = \frac{W_{U\ rampa} * L^2}{14} = \frac{1\ 326_{kg/m} * (4m)^2}{14} = 1\ 515,43_{kg-m}$$

$$M_{(-)} = \frac{W_{U\ rampa} * L^2}{11} = \frac{1\ 326_{kg/m} * (4m)^2}{11} = 1\ 928,73_{kg-m}$$

- Peralte efectivo

$$d_{losa\ rampa} = t_{losa\ rampa} - recubrimiento - \frac{\phi\ varilla\ (No.3)}{2}$$

$$d_{losa\ rampa} = 10_{cm} - 2,50_{cm} - \frac{0,95_{cm}}{2} \quad ; \quad d_{losa\ rampa} = 7,02_{cm}$$

- Área de acero mínima

$$A_{S_{\min}} = \frac{14 * b_{losa\ rampa\ (100\ cm)} * d_{losa\ rampa}}{f_y}$$

$$A_{S_{\min}} = \frac{14 * 100_{cm} * 7,02_{cm}}{4\ 200_{kg/cm^2}} \quad ; \quad A_{S_{\min}} = 2,34_{cm^2}$$

- Área de acero máxima

$$A_{S_{\max}} = \rho_{\max} * b_{losa\ rampa\ (100\ cm)} * d_{losa\ rampa}$$

$$\rho_{\max} = 0,50 * \rho_{bal} \quad ; \quad \text{Zona sísmica}$$

$$\rho_{bal} = \left(\frac{0,85 * \beta_1 * f'c}{f_y} \right) * \left(\frac{6\ 090}{f_y + 6\ 090} \right) \quad ; \quad \beta_1 = 0,85 \text{ para } f'c \leq 280\ kg/cm^2$$

Entonces:

$$\rho_{bal} = \left(\frac{0,85 * 0,85 * 280}{4\ 200} \right) * \left(\frac{6\ 090}{4\ 200 + 6\ 090} \right) \quad ; \quad \rho_{bal} = 0,0285$$

$$\rho_{\max} = 0,50 * 0,0285 \quad ; \quad \rho_{\max} = 0,0143$$

$$A_{S_{\max}} = 0,0143 * 100_{cm} * 7,02_{cm} \quad ; \quad A_{S_{\max}} = 10,21_{cm^2}$$

- Límites del espaciamiento

Según ACI 318S-11 seccion 7.6.5, el espaciamiento máximo corresponde a los límites siguientes:

$$S_{max} < 3 * t_{losa} \quad ; \quad 30_{cm}$$

$$S_{max} < 45_{cm}$$

- Área de acero para los momentos actuantes $M_{(-)}$ y $M_{(+)}$

$$A_{s M(\pm)} = \left[(b_{losa} * d_{losa}) - \sqrt{(b_{losa} * d_{losa})^2 - \left(\frac{M_u * b_{losa}}{0,003825 * f'c} \right)} \right] * \frac{0,85 * f'c}{f_y}$$

$$A_{s M(-)} = 10,18_{cm^2} \quad ; \quad A_{s M(+)} = 6,19_{cm^2} \quad ; \quad A_{s M(-)} = 8,09_{cm^2}$$

- Espaciamiento

$$S_{As} = \frac{1,98_{cm^2} * 100_{cm}}{10,18_{cm^2}} \quad ; \quad S_{As} = 19,45_{cm}$$

Para la cama inferior, se proponen varillas No.5 a cada 15_{cm} , para el sentido longitudinal.

- Área de acero por temperatura

$$A_{s temp} = 0,0020 * b_{losa rampa (100 cm)} * d_{losa rampa}$$

$$A_{s temp} = 0,0020 * 100_{cm} * 7,02_{cm} \quad ; \quad A_{s temp} = 1,40_{cm^2}$$

- Espaciamiento

$$S_{As temp} = \frac{0,71_{cm^2} * 100_{cm}}{1,40_{cm^2}} \quad ; \quad S_{As temp} = 50,54_{cm}$$

El espaciamiento calculado supera al límite máximo de distancia entre varillas; por lo tanto, el acero por temperatura será con varillas No.3 a cada 30_{cm} , en el sentido transversal.

2.1.4. Instalaciones

Las instalaciones en el edificio escolar son indispensables para un óptimo funcionamiento del plantel educativo; estas son parte de una red pública de suministros y se distribuyen mediante una red interna a los puntos donde se desea disponer de estos.

Las instalaciones deben ser capaces de suplir los requerimientos al que son expuestas; es por ello que en el diseño de estas debe considerarse la cantidad de personas que harán uso de los servicios.

2.1.4.1. Instalaciones eléctricas

El diseño de las instalaciones eléctricas para el edificio escolar está basado en el *Manual de normas para acometidas del servicio eléctrico de la empresa eléctrica de Guatemala (EEGSA)*, tal y como lo indica el *Manual de criterios normativos para el diseño arquitectónico de centros educativos oficiales*.

El procedimiento de cálculo para las instalaciones eléctricas considera un estudio inicial de requerimientos de carga para alumbrado y contactos de salida, como segunda etapa se debe indicar la capacidad en watts de cada uno de los circuitos basados en disposiciones reglamentarias, aspectos de estética y características de operación de las unidades receptoras. El sistema eléctrico está constituido por 21 circuitos de iluminación y 24 de fuerza, con un máximo de 8 unidades por circuito de iluminación y 5 unidades para el circuito de fuerza (ver planos en anexos).

El amperaje de cada elemento del sistema está dado por la siguiente expresión:

$$I = \frac{P}{V}$$

Donde:

- I = corriente, medida en amperios
- P = potencia, medida en watts
- V = voltaje, medido en voltios

El circuito de iluminación se basó en lámparas fluorescentes de 2 x 40 watts para las aulas, servicios sanitarios, las oficinas y áreas administrativas, y reflectores de 150 watts para los pasillos exteriores. El cableado estará protegido por ducto metálico de ¾”, 1” y 1 ¼”, según sea el caso; además, el límite de carga para cada circuito se basó en 1,000 watts.

Tabla LXXIX. **Niveles de iluminación para un edificio escolar**

Tipo de ambiente	Niveles de iluminación recomendados según tipo de local (luxes)
Aulas multigrado	400 – 500
Aulas del nivel preprimario y primario	200 – 400
Aula de proyecciones	200 – 400
Circulación peatonal y patios	150
Salón de usos múltiples	300
Bibliotecas	300 – 400
Dirección, subdirección y sala para educadores	300
Servicios sanitarios, vestidores, bodegas, sala de espera y guardianía	150
Área de dibujo técnico, música danza, teatro y artes plásticas	400 – 800

Fuente: Ministerio de Educación. *Manual de criterios normativos para el diseño arquitectónico de centros educativos oficiales*. p. 67.

Para el circuito de fuerza, los tomacorrientes de 240 voltios deben considerarse una unidad por circuito. Además, la sección transversal de los conductores se determina en función de la corriente que deben canalizar cuando están sometidos a la carga máxima.

Tabla LXXX. **Intensidad en amperios para los conductores, según calibre**

Amperios	15	20	30	40	55	70	80	95	110	125	145	165	195
Calibre (AWG)	14	12	10	8	6	4	3	2	1	0	00	000	0000

Fuente: Ministerio de Educación. *Manual de criterios normativos para el diseño arquitectónico de centros educativos oficiales*. p. 83.

2.1.4.2. Instalaciones sanitarias (drenajes)

Cuando existe un sistema de agua potable, es necesaria la implementación de instalaciones sanitarias. Las instalaciones sanitarias tienen por objeto retirar de la edificación de forma segura e higiénica las aguas residuales y conducir las a través de tuberías al colector general perteneciente a la red municipal.

Las tuberías enterradas para el drenaje sanitario tendrán una pendiente mínima del 2 % y una pendiente máxima del 6 %. Para evitar que las tuberías que conducen el agua potable coincidan con estas instalaciones, la tubería del drenaje sanitario siempre se localizará por debajo de las tuberías de agua potable.

Las tuberías del sistema serán de policloruro de vinilo (PVC) con diámetros de 2", 4", 6" y 8" dependiendo del caudal que conduzcan y las tuberías que van hacia el colector general tendrán un diámetro de 10". Todos

los detalles de la instalación, diámetros y tipos de artefactos serán incluidos en los planos de instalaciones sanitarias.

2.1.4.3. Instalaciones pluviales (BAP)

Este sistema de tuberías se encontrará expuesta a la intemperie debido a que el sistema estructural de la edificación corresponde a marcos estructurales y no sería conveniente atravesar los elementos estructurales con esta tubería por lo que se utilizará tubería de tipo Hg y será anclada a las columnas por medio de abrazaderas metálicas. El agua será encauzada por medio de los pañuelos en la parte superior de la losa de la azotea.

2.1.4.4. Instalaciones hidráulicas

El sistema de las instalaciones hidráulicas se diseñó por medio de circuitos cerrados, con el objetivo de conservar una presión uniforme del fluido en todos los puntos de salida del sistema.

Las tuberías empleadas para configurar las instalaciones hidráulicas serán de policloruro de vinilo (PVC) color blanco, con diámetros de 1" en los circuitos cerrados, 3/4" en las derivaciones y de 1/2" para la acometida final al artefacto. La presión nominal que soporta este tipo de tubería es de 315 Psi para la tubería de 1/2", 250 Psi para la tubería de 3/4" y de 1".

Se utilizaron llaves de paso para cerrar o permitir el paso del fluido, según convenga. La dotación será abastecida con la red municipal existente en el municipio de Villa Nueva, todos los detalles de la instalación serán incluidos en los planos de distribución de agua potable correspondientes.

2.1.4.5. Instalaciones especiales

Se refiere a aquellos sistemas, dispositivos y equipos que se instalan en un ambiente para complementar y mejorar su funcionamiento, según sea el correspondiente propósito. Entre estos, cabe mencionar los siguientes:

- Instalación de gas
- Telefonía e internet
- Cableado para señal de televisión
- Circuito cerrado de televisión (CCTV), intercomunicaciones y sonido
- Sistema de aire acondicionado
- Ascensores y Montacargas
- Instalaciones de aire a presión
- Subestaciones y plantas de emergencia
- Sistema de agua y aire caliente (calderas)

2.1.5. Planos constructivos

Concluida la fase arquitectónica, de análisis y diseño estructural, se procede a interpretar de forma gráfica los detalles de cada elemento estructural que formará parte del edificio escolar, colocando especificaciones de diseño y de los materiales que serán utilizados.

Entre los planos establecidos para la ejecución del proyecto se tiene:

- Planta amueblada
- Planta acotada
- Planta de acabados
- Planta de electricidad



- Planta de drenajes
- Planta de instalaciones hidráulicas
- Planta de cimientos y distribución de columnas
- Planta de losas y vigas
- Detalles generales

Estos planos se encontrarán en los apéndices.

2.1.6. Presupuesto del proyecto

El presupuesto para el proyecto fé realizado con base en los precios unitarios; integración de costos directos: materiales de construcción y mano de obra; integración de costos indirectos: impuestos, imprevisto, financiamiento, utilidad y administración.

Tabla LXXXI. **Presupuesto del edificio escolar de dos niveles para la escuela primaria No. 595 en la colonia Villalobos I**

		MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA CONSTRUCCIÓN EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA LA ESCUELA PRIMARIA No. 595 EN LA COLONIA VILLALOBOS I, ZONA 12 DE VILLA NUEVA, GUATEMALA					
No.	REGLÓN DE TRABAJO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	SUBTOTAL	TOTAL REGLÓN	
PRELIMINARES						Q34,084.08	
A	PRELIMINARES						
a.1	Estudio topográfico (terreno disponible)	global	1	Q4,970.00	Q4,970.00		
a.2	Nivelación de área para bodega y guardiana	m ²	50	Q28.10	Q1,404.91		
a.3	Construcción de bodega y guardiana	global	1	Q27,709.17	Q27,709.17		
LIMPIA, CHAPEO Y DESTRONQUE						Q5,772.88	
B	LIMPIA, CHAPEO Y DESTRONQUE						
b.1	Limpia	m ²	900	Q1.98	Q1,782.24		
b.2	Chapeo	m ²	900	Q3.57	Q3,209.49		
b.3	Destronque	unidad	5	Q156.23	Q781.15		
TRAZO						Q5,141.03	
C	TRAZO						
c.1	Nivelación	global	1	Q838.20	Q838.20		
c.2	Puenteo	Unidad	27	Q98.09	Q2,648.52		
c.3	Trazo	ml	365.77	Q4.52	Q1,654.31		

Continuación de la tabla LXXXI.

D		CIMENTACIÓN				Q660,268.52
d.1	Excavación y compactación					
d.1.1	Excavación de zapata	m³	494.23	Q86.19	Q42,600.00	
d.1.2	Excavación de cimienta corrido	m³	231	Q82.99	Q19,170.00	
d.1.3	Compactación para base de zapata	m²	246	Q18.67	Q4,591.85	
d.2	Armado y colocación de concreto					
d.2.1	Zapata Z-1	Unidad	20	Q9,553.78	Q191,075.61	
d.2.2	Zapata Z-2	Unidad	6	Q13,082.66	Q78,495.96	
d.2.3	Zapata Z-3	Unidad	1	Q14,479.78	Q14,479.78	
d.2.4	Zapata Z-4	Unidad	6	Q13,765.65	Q82,593.88	
d.2.5	Cimiento corrido	ml	385	Q258.51	Q99,524.50	
d.3	Levantado de muro de cimentación	m²	245.30	Q321.44	Q78,849.03	
d.4	Armado y colocación de concreto en solera Hidrofuga	ml	245.30	Q140.29	Q34,413.09	
d.5	Relleno y compactación de zanjeo	ml	245.30	Q59.01	Q14,474.83	
E		COLUMNAS				Q664,821.79
e.1	Columna C-1 0.50m x 0.50m	ml	293.7	Q1,885.19	Q553,679.53	
e.2	Columna C-2 0.15m x 0.15m	ml	458.70	Q161.51	Q74,083.30	
e.3	Columna C-3 0.10m x 0.15m	ml	485.10	Q69.09	Q33,514.46	
e.4	Columna C-4 0.15m x 0.20m	ml	36.30	Q97.64	Q3,544.50	
F		SOLERAS				Q97,377.43
f.1	Solera intermedia en block U	ml	317.95	Q52.69	Q16,754.11	
f.2	Solera de tipo sillar	ml	155.70	Q87.50	Q13,624.33	
f.3	Solera de tipo dintel	ml	490.60	Q102.42	Q50,247.75	
f.4	Solera final	ml	490.60	Q34.14	Q16,751.25	
G		MUROS				Q294,757.23
g.1	Levantado de muro tipo tabique de Block Clase C 0.14m x 0.19m x 0.39m (incluye levantado de muro y armado, colocación de concreto, encofrado y desechofrado de columnas y soleras)	m²	1286.54	Q214.63	Q276,127.40	
g.2	Tabiques de tablayeso	m²	27.00	Q198.80	Q5,367.60	
g.3	Levantado de muro bajo Block Clase C 0.14m x 0.19m x 0.39m (incluye levantado de muro y armado, colocación de concreto, encofrado y desechofrado de columnas y soleras)	m²	60.00	Q221.04	Q13,262.23	
H		LOSAS				Q1,432,574.55
h.1	Encofrado, armado y colocación de concreto en losas	m²	1473.51	Q972.22	Q1,432,574.55	
I		VIGAS				Q870,669.44
i.1	Viga principal tipo T-1-A	ml	73.80	Q982.75	Q72,526.75	
i.2	Viga principal tipo T-1-B	ml	32.50	Q1,026.90	Q33,374.15	
i.3	Viga principal tipo T-1-C	ml	73.80	Q1,079.12	Q79,638.73	
i.4	Viga principal tipo T-1-D	ml	32.50	Q1,174.28	Q38,164.08	
i.5	Viga principal tipo T-2-A	ml	12.25	Q728.09	Q8,919.14	
i.6	Viga principal tipo T-2-B	ml	12.25	Q805.65	Q9,869.18	
i.7	Viga principal tipo T-3-A	ml	23.22	Q1,386.64	Q32,197.68	
i.8	Viga principal tipo T-3-B	ml	45.60	Q1,276.31	Q58,199.95	
i.9	Viga principal tipo T-3-C	ml	23.22	Q1,448.30	Q33,629.53	
i.10	Viga principal tipo T-3-D	ml	45.60	Q1,442.18	Q65,763.39	
i.11	Viga principal tipo T-4-A	ml	81.60	Q1,003.00	Q81,844.76	
i.12	Viga principal tipo T-4-B	ml	81.60	Q1,101.24	Q89,861.40	
i.13	Viga principal tipo T-5-A	ml	20.70	Q742.43	Q15,368.29	
i.14	Viga principal tipo T-5-B	ml	20.70	Q888.98	Q18,401.81	
i.15	Viga secundaria tipo T-1	ml	20.40	Q578.38	Q11,799.05	
i.16	Viga secundaria tipo T-2	ml	105.60	Q603.04	Q63,681.20	
i.17	Viga secundaria tipo T-3	ml	184.80	Q736.61	Q136,125.55	
i.18	Viga secundaria tipo T-4	ml	35.50	Q600.14	Q21,304.81	
J		INSTALACIONES				Q447,052.93
j.1	Instalaciones electricas					
j.1.1	Iluminación	Global	1.00	Q121,074.07	Q121,074.07	
j.1.2	Fuerza	Global	1.00	Q62,036.90	Q62,036.90	
j.2	Instalaciones hidráulicas	Global	1.00	Q93,062.93	Q93,062.93	
j.3	Instalaciones sanitarias	Global	1.00	Q69,870.01	Q69,870.01	
j.4	Instalaciones pluviales	Global	1.00	Q101,009.03	Q101,009.03	
K		ACABADOS				Q980,936.99
k.1	Suministro e instalación de puertas					
k.1.1	Puerta tipo P-1	Unidad	1.00	Q6,532.00	Q6,532.00	
k.1.2	Puerta tipo P-2	Unidad	19.00	Q1,846.00	Q35,074.00	
k.1.3	Puerta tipo P-3	Unidad	2.00	Q1,562.00	Q3,124.00	
k.1.4	Puerta tipo P-4	Unidad	4.00	Q1,420.00	Q5,680.00	
k.1.5	Puerta tipo P-5	Unidad	4.00	Q1,278.00	Q5,112.00	
k.1.6	Puerta tipo P-6	Unidad	1.00	Q1,526.50	Q1,526.50	
k.1.7	Puerta tipo P-7	Unidad	1.00	Q2,272.00	Q2,272.00	
k.1.8	Puerta tipo P-8	Unidad	23.00	Q994.00	Q22,862.00	
k.1.9	Puerta tipo P-9	Unidad	1.00	Q1,704.00	Q1,704.00	
k.2	Suministro e instalación de ventanas					
k.2.1	Ventana tipo V-1	Unidad	4.00	Q1,420.71	Q5,682.84	
k.2.2	Ventana tipo V-2	Unidad	6.00	Q1,080.98	Q6,485.85	
k.2.3	Ventana tipo V-3	Unidad	30.00	Q2,161.95	Q64,858.50	
k.2.4	Ventana tipo V-4	Unidad	2.00	Q1,976.64	Q3,953.28	
k.2.5	Ventana tipo V-5	Unidad	20.00	Q3,088.50	Q61,770.00	

Continuación de la tabla LXXXI.

k.2.6	Ventana tipo V-6	Unidad	4.00	Q1,976.64	Q7,906.56	
k.2.7	Ventana tipo V-7	Unidad	6.00	Q1,482.48	Q8,894.88	
k.2.8	Ventana tipo V-8	Unidad	4.00	Q1,482.48	Q5,929.92	
k.2.9	Ventana tipo V-9	Unidad	5.00	Q679.47	Q3,397.35	
k.2.10	Ventana tipo V-10	Unidad	8.00	Q494.16	Q3,953.28	
k.3	Suministro e instalación de piso ceramico antideslizante mate semitexturizado 0.43m x 0.43m color beige	m ²	1367.80	Q136.52	Q186,728.25	
k.4	Suministro e instalación de azulejo ceramico brillante 0.20m x 0.30m color beige	m ²	238.56	Q131.97	Q31,482.53	
k.5	Suministro e instalación de piso ceramico antideslizante mate texturizado 0.43m x 0.43m color beige	m ²	125.68	Q131.00	Q16,464.18	
k.6	Suministro e instalación de cielo suspendido tipo losa con tablayeso	m ²	1367.80	Q199.96	Q273,509.04	
k.7	Repello+Cernido+Pintura	m ²	2693.08	Q80.22	Q216,034.03	
L	GRADAS Y RAMPA					Q123,461.33
I.1	Modulo de gradas	Unidad	2.00	Q37,587.30	Q75,174.61	
I.2	Modulo de rampa	Unidad	1.00	Q40,135.64	Q40,135.64	
M	LIMPIEZA GENERAL					Q8,151.08
m.1	Limpieza general	Global	1.00	Q8,151.08	Q8,151.08	
COSTO TOTAL DEL PROYECTO						Q5,625,069.28

Fuente: elaboración propia.

2.1.7. Cronograma de ejecución

Tabla LXXXII. **Cronograma físico-financiero del edificio escolar de dos niveles para la escuela primaria No. 595 en la colonia Villalobos I**

		MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA											
		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA											
		FACULTAD DE INGENIERIA											
		CONSTRUCCIÓN EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA LA ESCUELA PRIMARIA No. 595 EN LA COLONIA VILLALOBOS I, ZONA 12 DE VILLA NUEVA, GUATEMALA											
CRONOGRAMA FISICO-FINANCIERO													
No.	RENGLON	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7	MES 8	MES 9	MES 10	TOTAL POR RENGLO	
A	PRELIMINARES	■										Q34,084.08	
B	LIMPIA, CHAPEO Y DESTRONQUE	■	■									Q5,772.88	
C	TRAZO		■	■								Q5,141.03	
D	CIMENTACIÓN		■	■	■	■	■	■	■	■	■	Q660,268.52	
E	COLUMNAS			■	■	■	■	■	■	■	■	Q664,821.79	
F	SOLERAS					■	■	■	■	■	■	Q97,377.43	
G	MUROS					■	■	■	■	■	■	Q294,757.23	
H	LOSAS						■	■	■	■	■	Q1,432,574.55	
I	VIGAS						■	■	■	■	■	Q870,669.44	
J	INSTALACIONES								■	■	■	Q447,052.93	
K	ACABADOS									■	■	Q980,936.99	
L	GRADAS Y RAMPA										■	Q123,461.33	
M	LIMPIEZA GENERAL										■	Q8,151.08	
TOTAL COSTO DEL PROYECTO												Q5,625,069.28	

Fuente: elaboración propia.

2.1.8. Evaluación de impacto ambiental

La evaluación de impacto ambiental es un proceso de análisis que pronostica los futuros impactos ambientales negativos y positivos de acciones humanas, permitiendo seleccionar las alternativas que maximicen los beneficios y minimicen los impactos no deseados. De acuerdo a la *Ley de protección y mejoramiento del medio ambiente*, Decreto No. 68-86, artículo No. 4; el Estado de Guatemala velará porque la planificación del desarrollo nacional sea compatible con la necesidad de proteger, conservar y mejorar el medio ambiente.

Con el Acuerdo Ministerial Núm. 199-2016, se creó el *Reglamento de evaluación, control y seguimiento ambiental*, que contiene el listado taxativo de proyectos, obras, industrias o actividades, mediante el cual es posible la clasificación de un proyecto de acuerdo a su finalidad.

Tomando en consideración lo anterior, un edificio escolar es un proyecto de categoría C - de bajo impacto ambiental potencial, según la sección F, numeral 640, el cual abarcando el diseño, construcción y ampliación de centros educativos (escuelas o institutos).

Por lo tanto, una evaluación ambiental inicial (EAI) se considera acorde al estudio de impacto ambiental para dicho proyecto. Cabe mencionar que, al realizar esta evaluación, el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN) determinará la necesidad de presentar otro instrumento ambiental o emitirá la resolución que corresponda al caso concreto.

En la evaluación ambiental inicial se incluyen los siguientes aspectos:

- Suelo: erosión, deposición, sedimentación, contaminación por residuos, alteración de la cubierta vegetal, empobrecimiento del suelo, áreas de inundación.
- Aguas: superficiales y subterráneas.
- Aire: contaminación, efectos de la contaminación sobre la vegetación, patrimonio histórico, artístico y los diferentes materiales; alteración del microclima.
- Contaminación térmica.
- Ruido.
- Olores molestos o pestilencias.
- Radiaciones ionizantes.
- Visual.
- Social.
- Productos químicos tóxicos.
- Protección de la naturaleza: áreas protegidas (parques, reservas, áreas de interés especial, otras); fauna y flora especies en peligro de extinción o escasa; incendios forestales; repoblaciones forestales, otros aspectos de la conservación de la naturaleza.

2.1.9. Evaluación socioeconómica

El objetivo de una evaluación socioeconómica es identificar y valorar los costos y los beneficios de un proyecto o programa para compararlos y decidir la conveniencia de su ejecución, mediante indicadores de costo-beneficio: valor presente neto y tasa interna de retorno.

2.1.9.1. Valor presente neto (VPN)

El valor presente neto es un instrumento de evaluación financiera de proyectos. Se define como la sumatoria de los flujos netos de caja anuales actualizados menos la inversión inicial; con este indicador se conoce el valor del dinero actual que va a recibir el proyecto en el futuro, a una tasa de interés y un periodo determinado, a fin de comprar este valor con la inversión inicial.

Regularmente, los proyectos de inversión municipal no son rentables, debido a que el objetivo de estas obras es beneficiar a la comunidad. Por lo tanto, la inversión para el proyecto de un edificio escolar no es rentable ya que el valor presente neto da como resultado un valor menor a cero.

2.1.9.2. Tasa interna de retorno (TIR)

Es la tasa que iguala la suma de los ingresos actualizados con la suma de los egresos actualizados. La tasa interna de retorno es la tasa de interés que hace que el valor presente neto del proyecto sea igual a cero; esta tasa es un criterio de rentabilidad y no de ingreso monetario neto como el VPN.

La tasa interna de retorno ayuda a medir en términos relativos la rentabilidad de una inversión.

CONCLUSIONES

1. Mediante el desarrollo del ejercicio profesional supervisado (EPS), se le permite al estudiante universitario emplear directamente los conocimientos y métodos adquiridos durante la formación académica en la solución de problemas reales que se presentan frecuentemente en el planteamiento y ejecución de un proyecto, otorgando así experiencia, madurez y criterio.
2. La construcción del edificio escolar de dos niveles para la colonia Villalobos I, zona 12, del municipio de Villa Nueva, mejorará las condiciones de infraestructura física para los alumnos que asistan a este centro educativo; de esta manera se contribuye con el desarrollo académico- social de los estudiantes.
3. El proyecto desarrollado en este trabajo de graduación es factible económicamente, ya que es una obra de primera necesidad en beneficio de la comunidad del lugar. Por lo tanto, la inversión que se requiere, puede ser financiada tanto por entidades de carácter gubernamental como privadas, con el objeto primordial de mejorar el desarrollo educacional de la niñez de Villa Nueva.
4. El diseño estructural del edificio escolar se realizó bajo condiciones de carga de acuerdo a su uso ocupacional según, efectos de sismo y las características del suelo. Cuenta con los ambientes necesario, la iluminación, ventilación y módulos de gradas y rampa para complementar la estructura y hacerla funcional para todo el estudiantado.

RECOMENDACIONES

A la Municipalidad de Villa Nueva, Guatemala:

1. Proveer el mantenimiento periódico al proyecto para evitar el deterioro de la edificación; de tal manera se garantice el buen funcionamiento de las instalaciones durante su vida útil.
2. Utilizar los materiales de construcción con las calidades y especificaciones establecidas en este trabajo y en los planos finales; además, que el ejecutor del proyecto sea un profesional calificado para realizar un trabajo de calidad óptima.
3. Actualizar los precios contenidos en el presupuesto del proyecto para evitar incongruencias al momento de la contratación para su ejecución del mismo, debido a la variación de los precios en función de la economía.
4. No realizar cambios a los planos ni diseño del proyecto sin previa consulta y aprobación por parte un profesional capacitado.

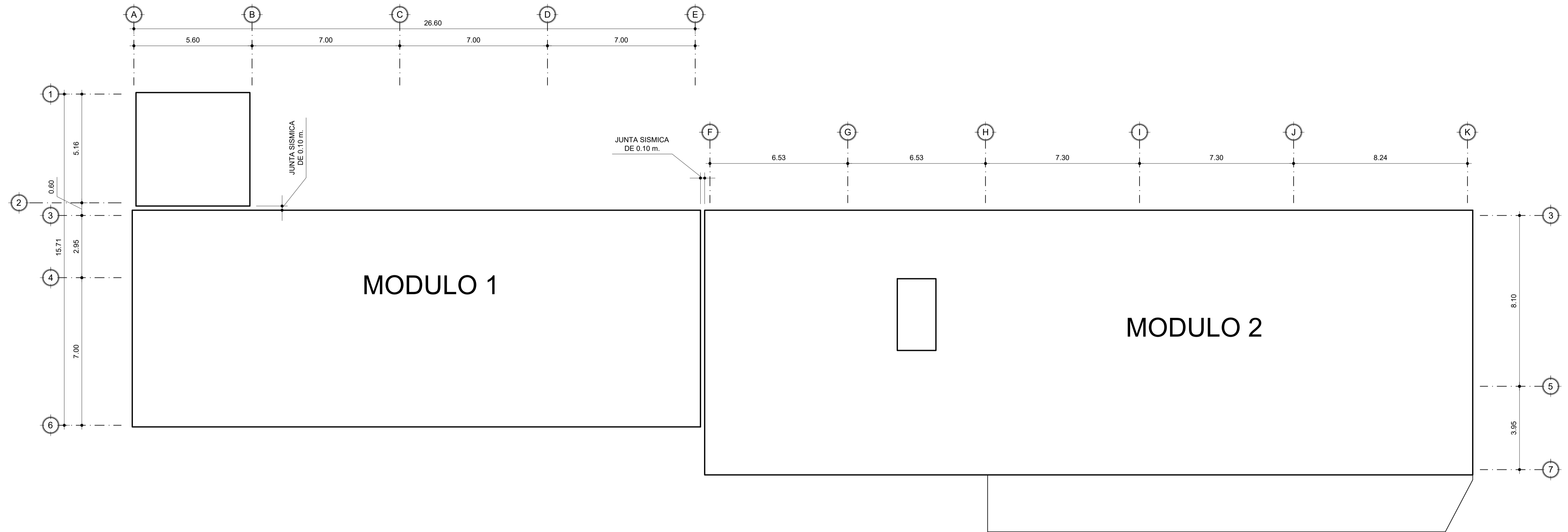
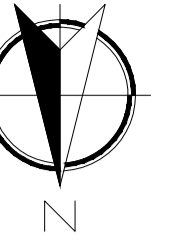
BIBLIOGRAFÍA

1. Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica. *Normas de seguridad estructural de edificios y obras de infraestructura para la República de Guatemala*. Guatemala: AGIES, 2010. 45 p.
2. DAS, Braja M. *Principios de ingeniería de cimentaciones*. 4ª ed. México: International Thomson, 2001. 862 p.
3. GONZÁLEZ CUEVAS, Oscar. *Análisis estructural*. México: Limusa, 2002. 200 p.
4. H. NILSON, Arthur. *Diseño de estructuras de concreto*. 12ª ed. Bogotá, Colombia: McGraw-Hill Interamericana, 2001. 722 p.
5. Instituto Americano del Concreto, Comité 318. *Requisitos de reglamento para concreto estructural (ACI 318S-11)*. Estados Unidos: ACI, 2011. 548 p.
6. Ministerio de Educación. *Manual de criterios normativos para el diseño arquitectónico de centros educativos oficiales*. Guatemala: Mineduc, 2016. 168 p.
7. PAREDES RUIZ, Paola Anaitee. *Guía teórica y práctica del curso de diseño estructural*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1996. 160 p.

APÉNDICES

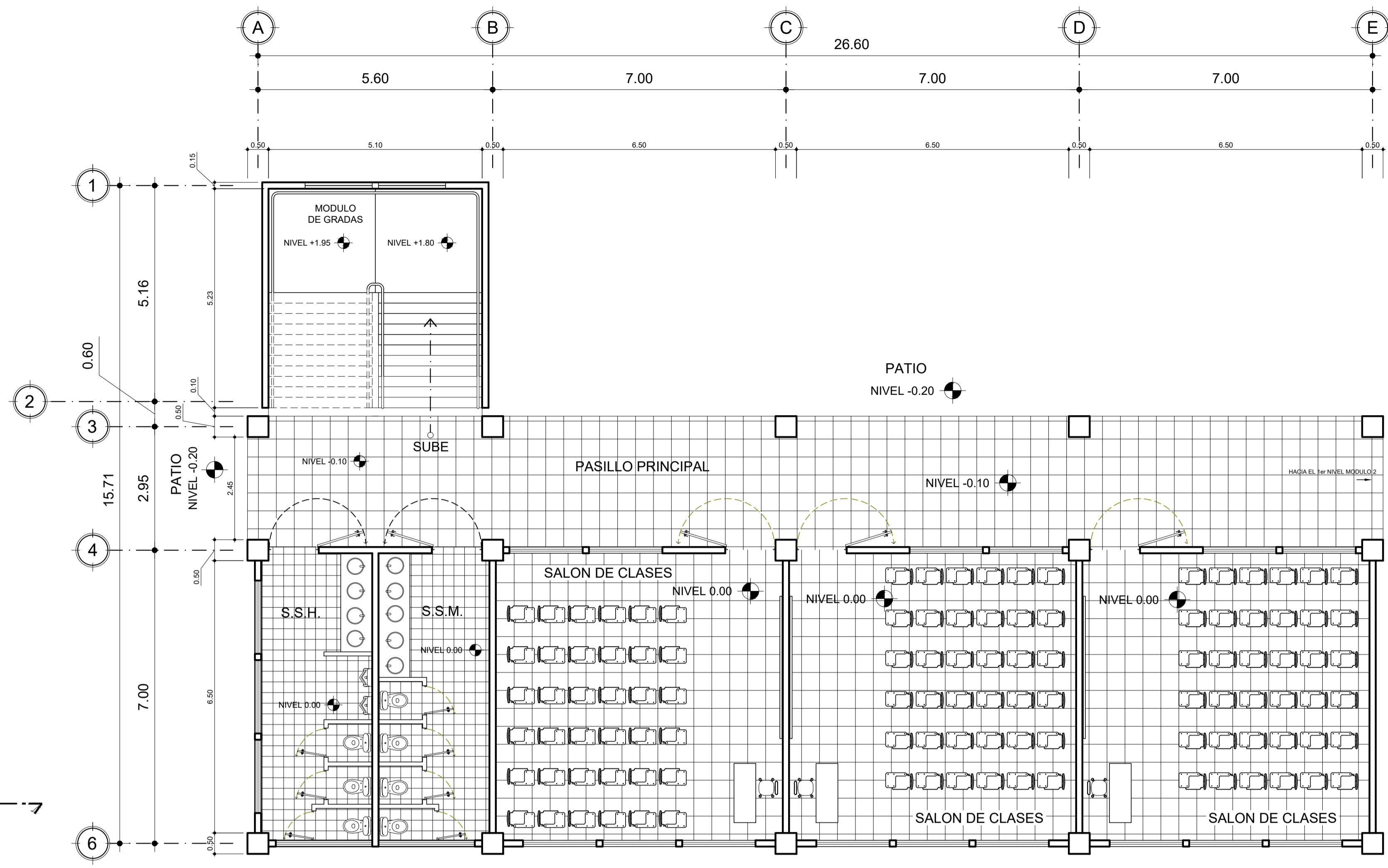
Apéndice 1. **Planos constructivos edificio escolar**

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

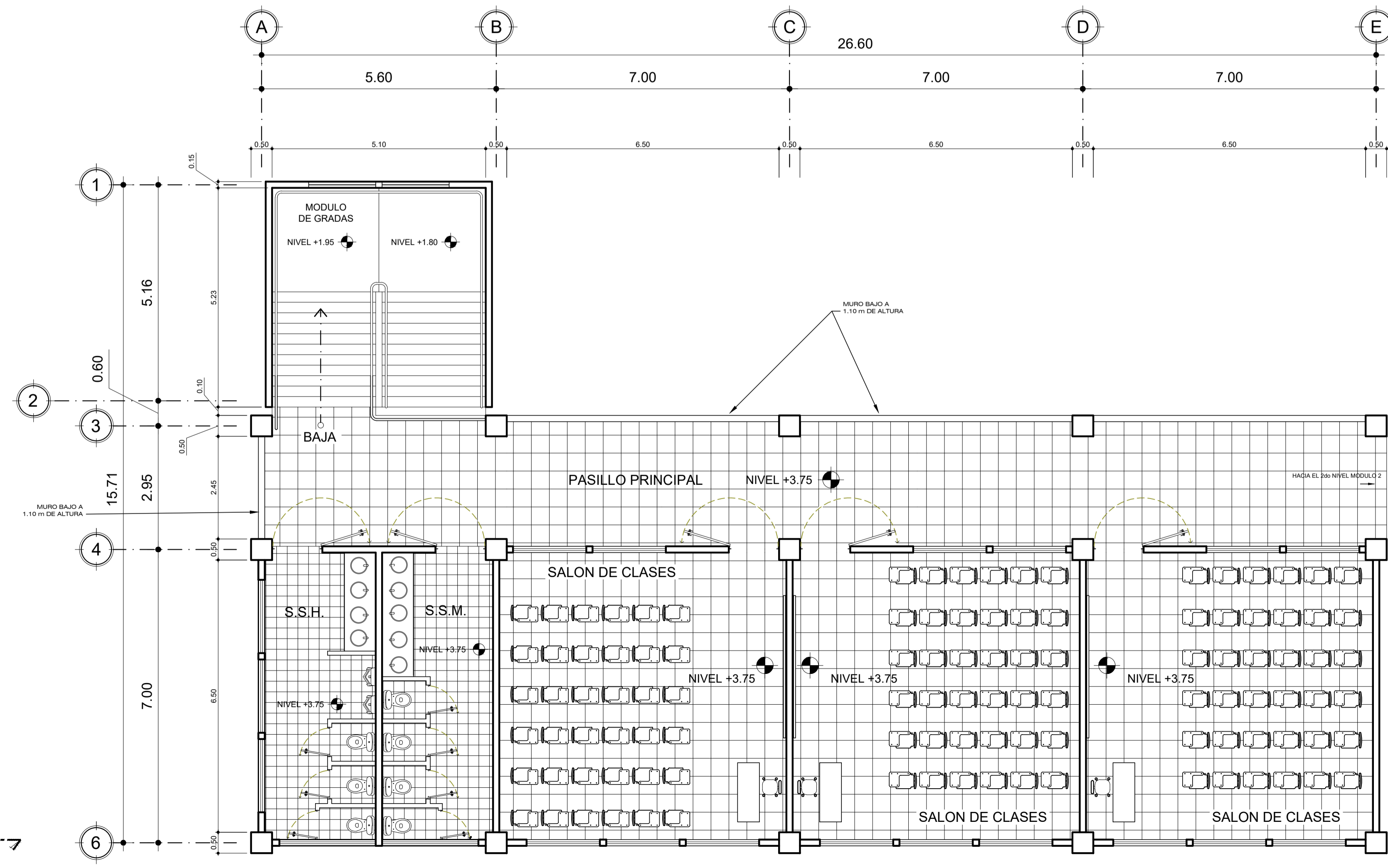


PLANTA DE CONJUNTO
MODULO 1 y 2
SIN ESCALA

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA
	EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA
CONTENIDO: PLANTA DE CONJUNTO	
PROYECTO: DISEÑO DE UN EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA LA ESCUELA PRIMARIA No. 595 EN LA COLONIA VILLALOBOS I, ZONA 12 DE VILLA NUEVA, GUATEMALA	
FECHA: OCTUBRE 2017	ESCALA HRZ.: SIN ESCALA
ESCALA VERT.: SIN ESCALA	
DISEÑO: BARBARA MALDONADO	Vs. No. ASESORA EPS:
CÁLULO: BARBARA MALDONADO	INGA. CRISTINA DEL ROSARIO CLASION DE PINTO

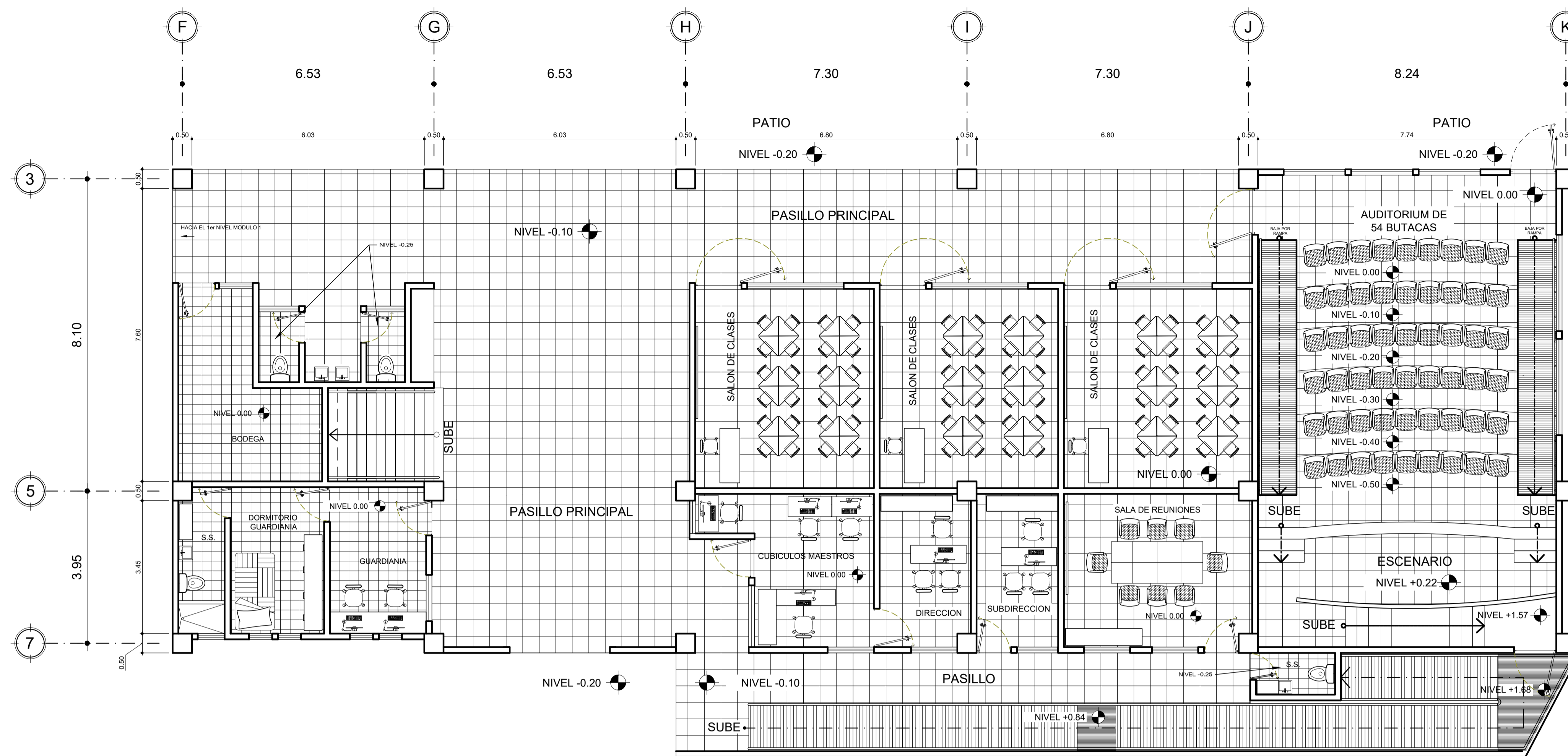
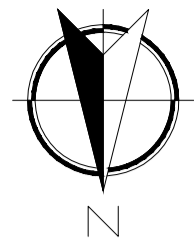


PLANTA AMUEBLADA - PRIMER NIVEL
MODULO 1 ESCALA: 1/75

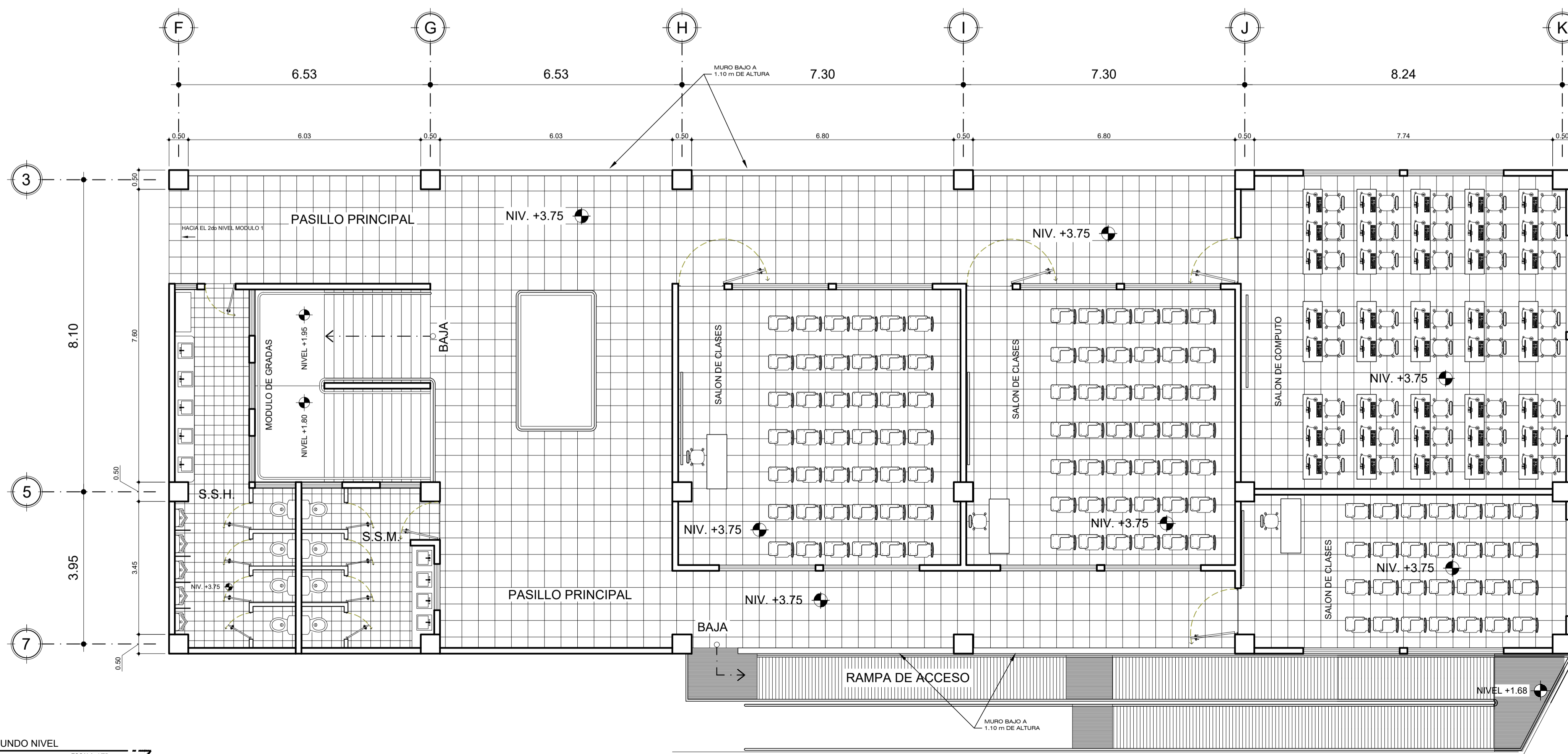


PLANTA AMUEBLADA - SEGUNDO NIVEL
MODULO 1 ESCALA: 1/75

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA		
	EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA		
CONTENIDO: PLANTA AMUEBLADA			
PROYECTO: DISEÑO DE UN EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA LA ESCUELA PRIMARIA No. 595 EN LA COLONIA VILLALOBOS I, ZONA 12 DE VILLA NUEVA, GUATEMALA			
FECHA:	OCTUBRE 2017	ESCALA HRZ.:	1 / 75
		ESCALA VERT.:	1 / 75
DISEÑO:	BARBARA MALDONADO	Vs. No. ASESORA EPS:	
CÁLULO:	BARBARA MALDONADO	INGA. CRISTINA DEL ROSARIO CLAYSON DE PINTO	

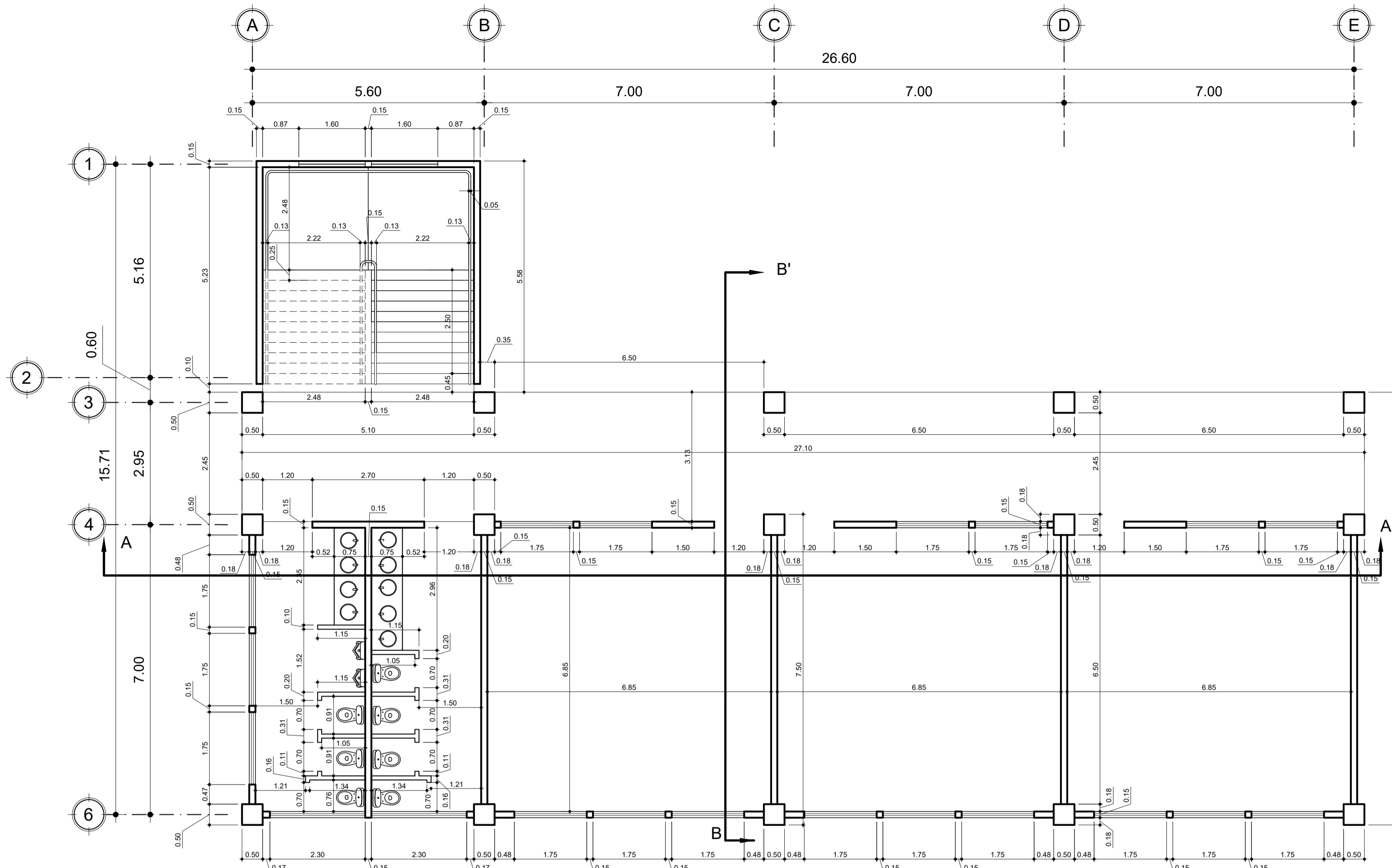


PLANTA AMUEBLADA - PRIMER NIVEL
MODULO 2 ESCALA: 1/75

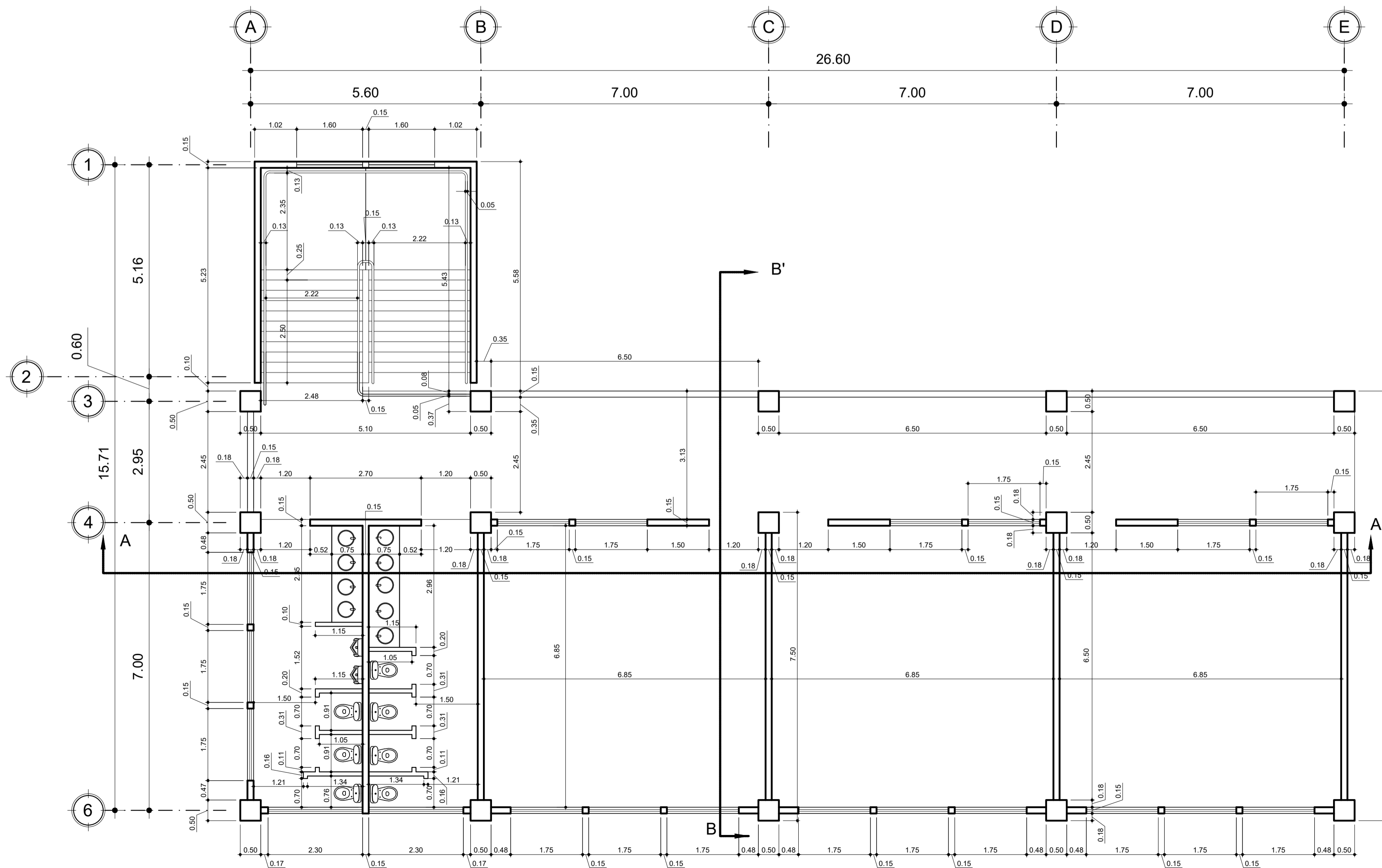


PLANTA AMUEBLADA - SEGUNDO NIVEL
MODULO 2 ESCALA: 1/75

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA		
	EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA		
CONTENIDO: PLANTA AMUEBLADA			
PROYECTO: DISEÑO DE UN EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA LA ESCUELA PRIMARIA No. 595 EN LA COLONIA VILLALOBOS I, ZONA 12 DE VILLA NUEVA, GUATEMALA			
FECHA: OCTUBRE 2017	ESCALA HRZ.: 1 / 75	ESCALA VERT.: 1 / 75	
DISEÑO: BARBARA MALDONADO	Vb. IN. ASESORA EPS:		
CÁLULO: BARBARA MALDONADO	ING. CRISTINA DEL ROSARIO CLAYSON DE PINTO		

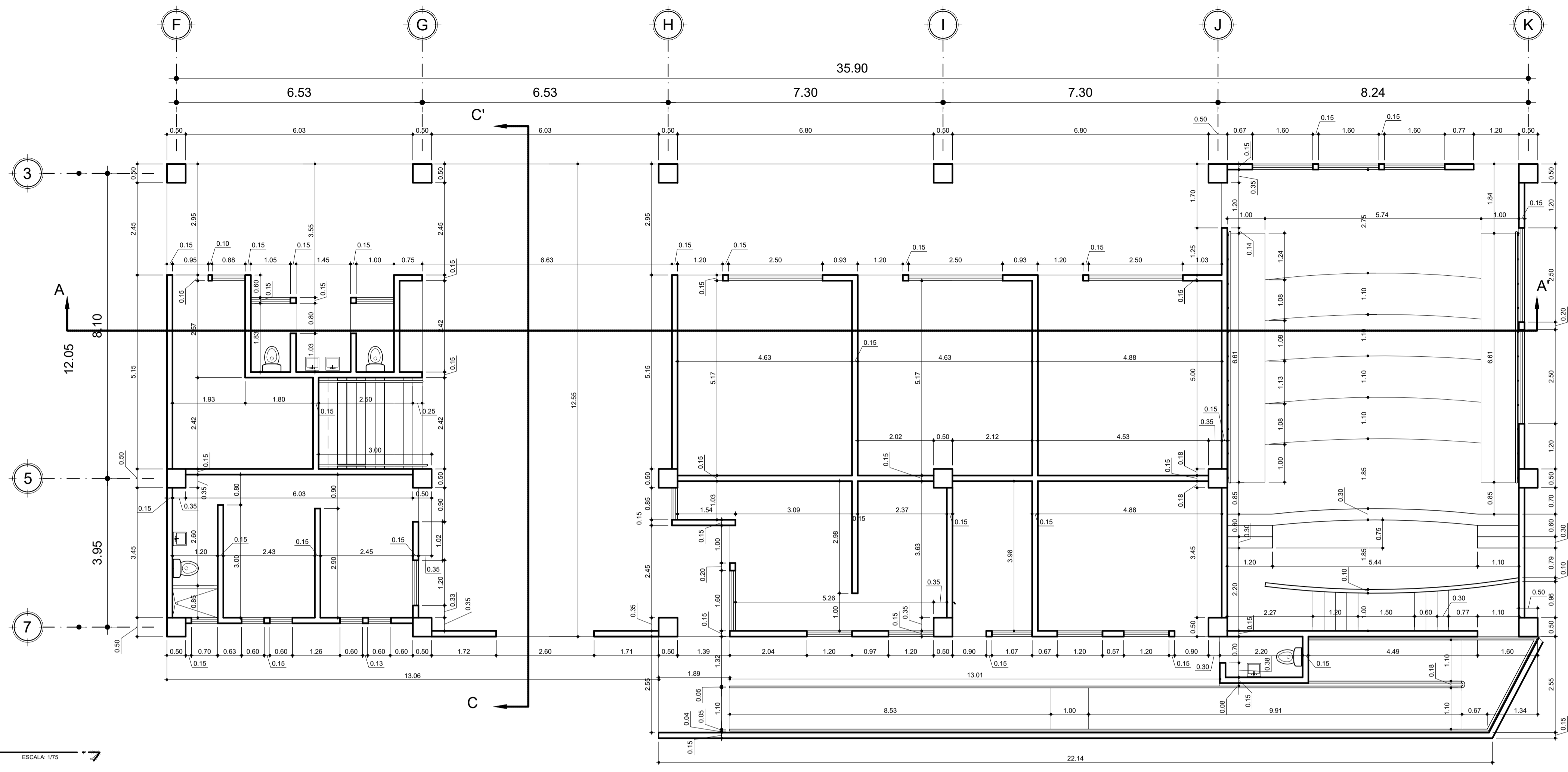
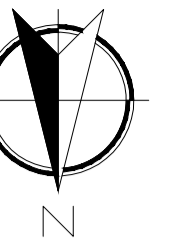


PLANTA ACOTADA - PRIMER NIVEL
MÓDULO 1
ESCALA: 1/75

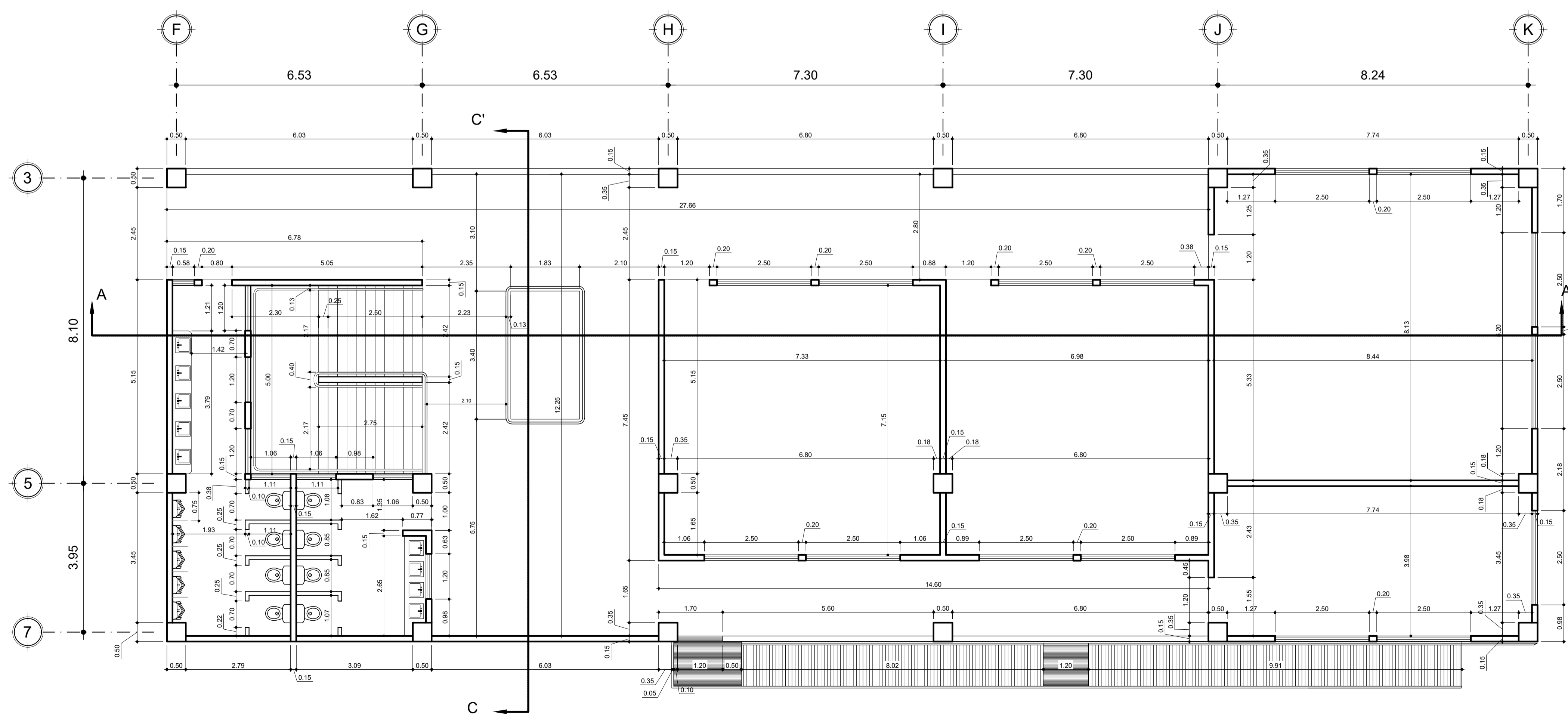


PLANTA ACOTADA - SEGUNDO NIVEL
MÓDULO 1
ESCALA: 1/75

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA	
	ERJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA	
CONTENIDO: PLANTA ACOTADA		
PROYECTO: DISEÑO DE UN EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA LA ESCUELA PRIMARIA No. 595 EN LA COLONIA VILLALOBOS I, ZONA 12 DE VILLA NUEVA, GUATEMALA		
FECHA: OCTUBRE 2017	ESCALA HRZ.: 1 / 75	ESCALA VERT.: 1 / 75
DISEÑO: BARBARA MALDONADO	Vb. In: ASESORA EPS:	
CÁLULO: BARBARA MALDONADO	INGA. CRISTINA DEL ROSARIO CLAYSON DE FINO	

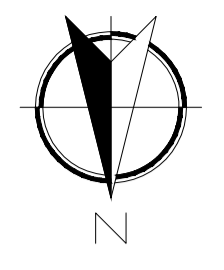


PLANTA ACOTADA - PRIMER NIVEL
MODULO 2
ESCALA: 1/75



PLANTA ACOTADA - SEGUNDO NIVEL
MODULO 2
ESCALA: 1/75

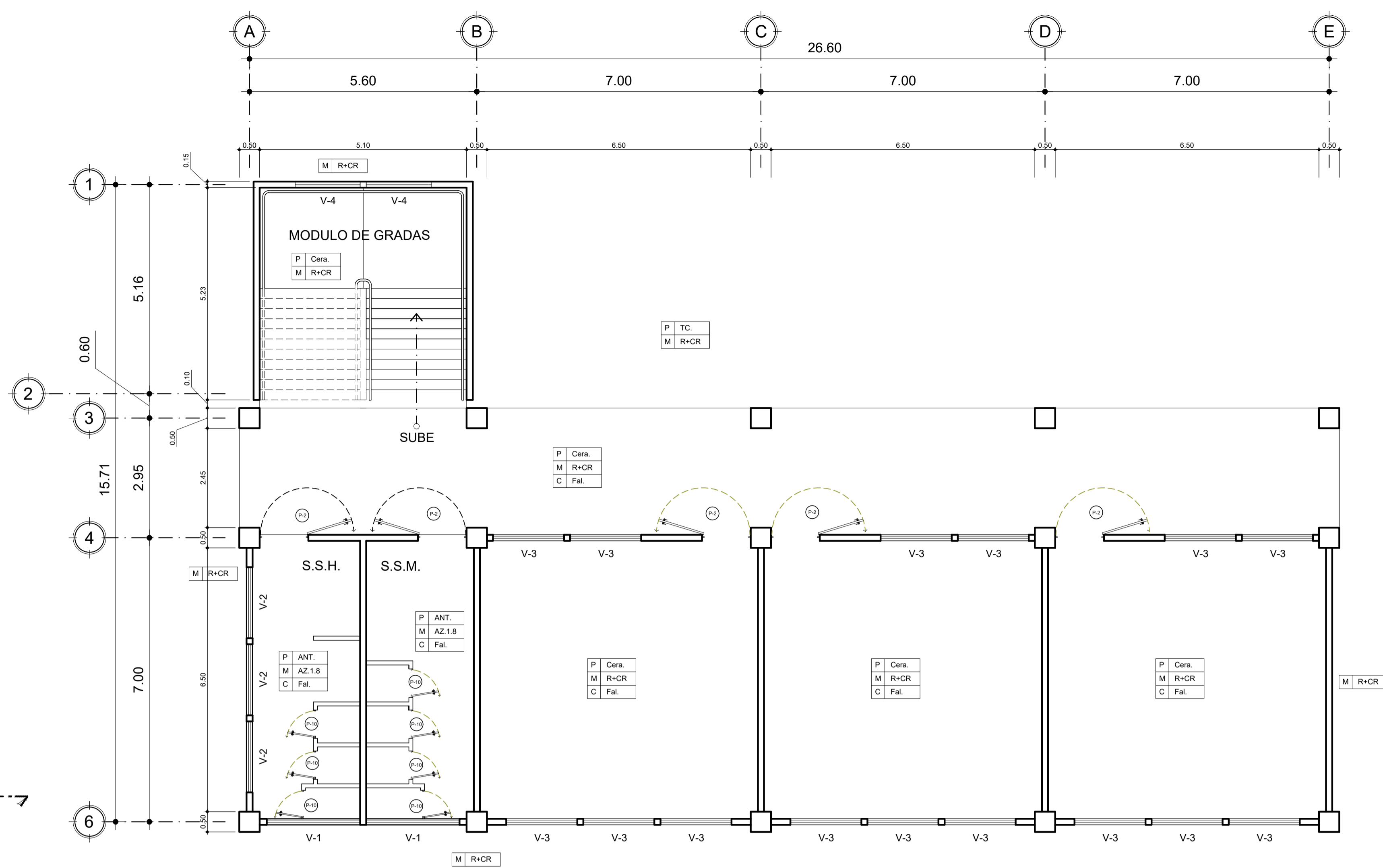
	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA		
	EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA		
CONTENIDO: PLANTA ACOTADA			
PROYECTO: DISEÑO DE UN EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA LA ESCUELA PRIMARIA No. 595 EN LA COLONIA VILLALOBOS I, ZONA 12 DE VILLA NUEVA, GUATEMALA			
FECHA:	OCTUBRE 2017	ESCALA HRZ.:	1 / 75
		ESCALA VERT.:	1 / 75
DISEÑO:	BARBARA MALDONADO	Vs. No. ASESORA EPS:	
CÁLULO:	BARBARA MALDONADO	INGA. CRISTINA DEL ROSARIO CLAYSON DE PINTO	



LISTADO DE PUERTAS			
TIPO	ANCHO (m)	ALTO (m)	MATERIAL
PUERTA TIPO P-1	2.60	2.10	Metal
PUERTA TIPO P-2	1.20	2.40	Metal
PUERTA TIPO P-3	1.00	2.40	Metal
PUERTA TIPO P-4	0.90	2.40	Metal
PUERTA TIPO P-5	0.80	2.40	Metal
PUERTA TIPO P-6	0.95	2.40	Metal
PUERTA TIPO P-7	1.00	2.40	Aluminio-Vidrio
PUERTA TIPO P-8	0.70	2.40	Metal
PUERTA TIPO P-9	1.10	2.40	Metal
PUERTA TIPO P-10	0.70	1.60	Metal

LISTADO DE VENTANAS			
TIPO	ANCHO (m)	ALTO (m)	MATERIAL
VENTANA TIPO V-1	2.30	0.60	Metal tipo sifon
VENTANA TIPO V-2	1.75	0.60	Metal tipo sifon
VENTANA TIPO V-3	1.75	1.20	Metal
VENTANA TIPO V-4	1.60	1.20	Metal
VENTANA TIPO V-5	2.50	1.20	Metal
VENTANA TIPO V-6	1.60	1.20	Metal
VENTANA TIPO V-7	1.20	1.20	Metal
VENTANA TIPO V-8	1.20	0.60	Metal
VENTANA TIPO V-9	1.10	0.60	Metal
VENTANA TIPO V-10	0.80	0.60	Metal

PLANTA DE ACABADOS - PRIMER NIVEL
MODULO 1
ESCALA: 1/75

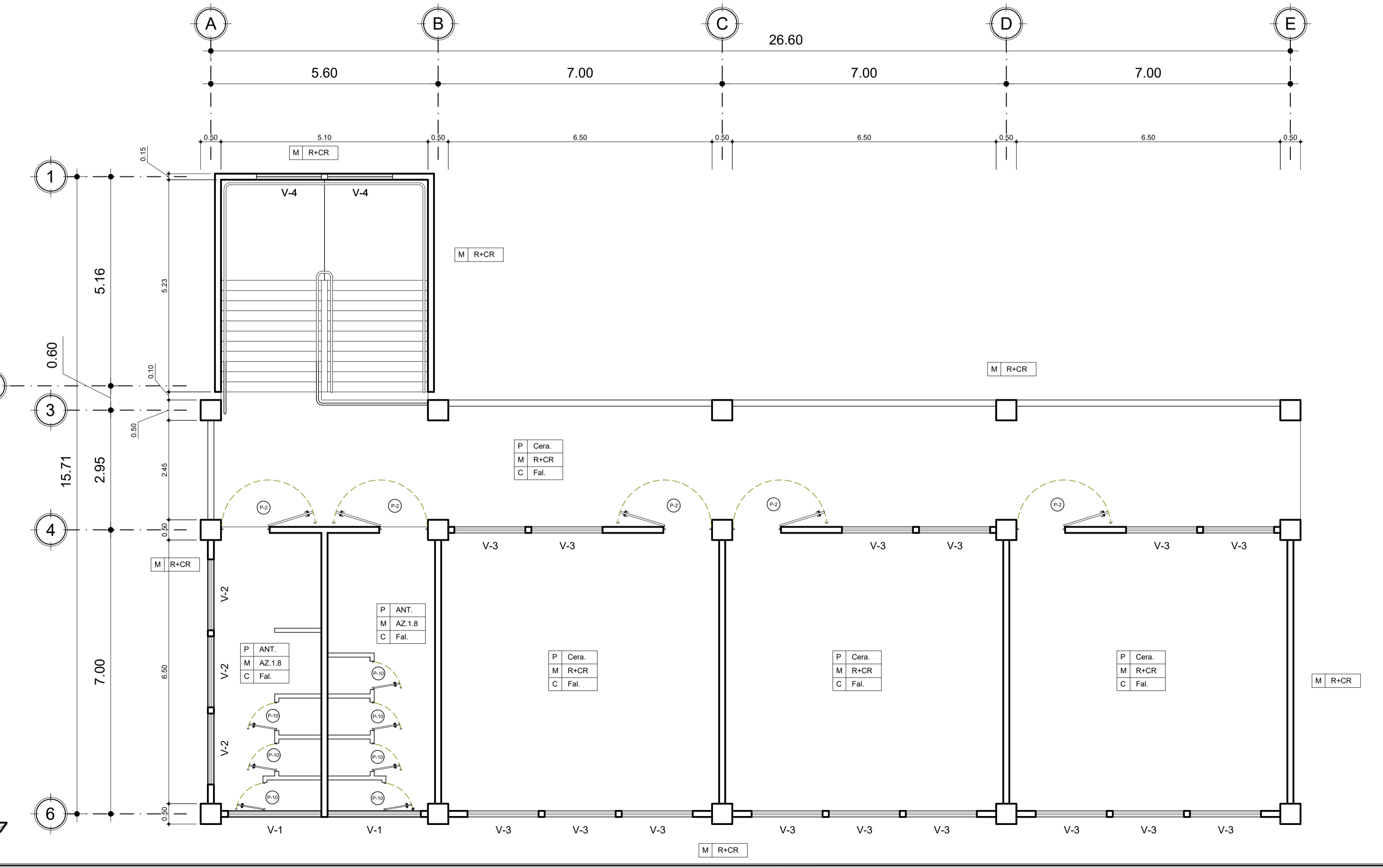


P Cera. PISO = CERAMICO ANTIDSLIZANTE MATE SEMITEXTURIZADO DE 0.43x0.43 mts.
M R+CR MURO = REPELLO + CERNIDO REMOLINEADO
C Fal. CIELO = FALSO TIPO LOSA DE TABLAYESO

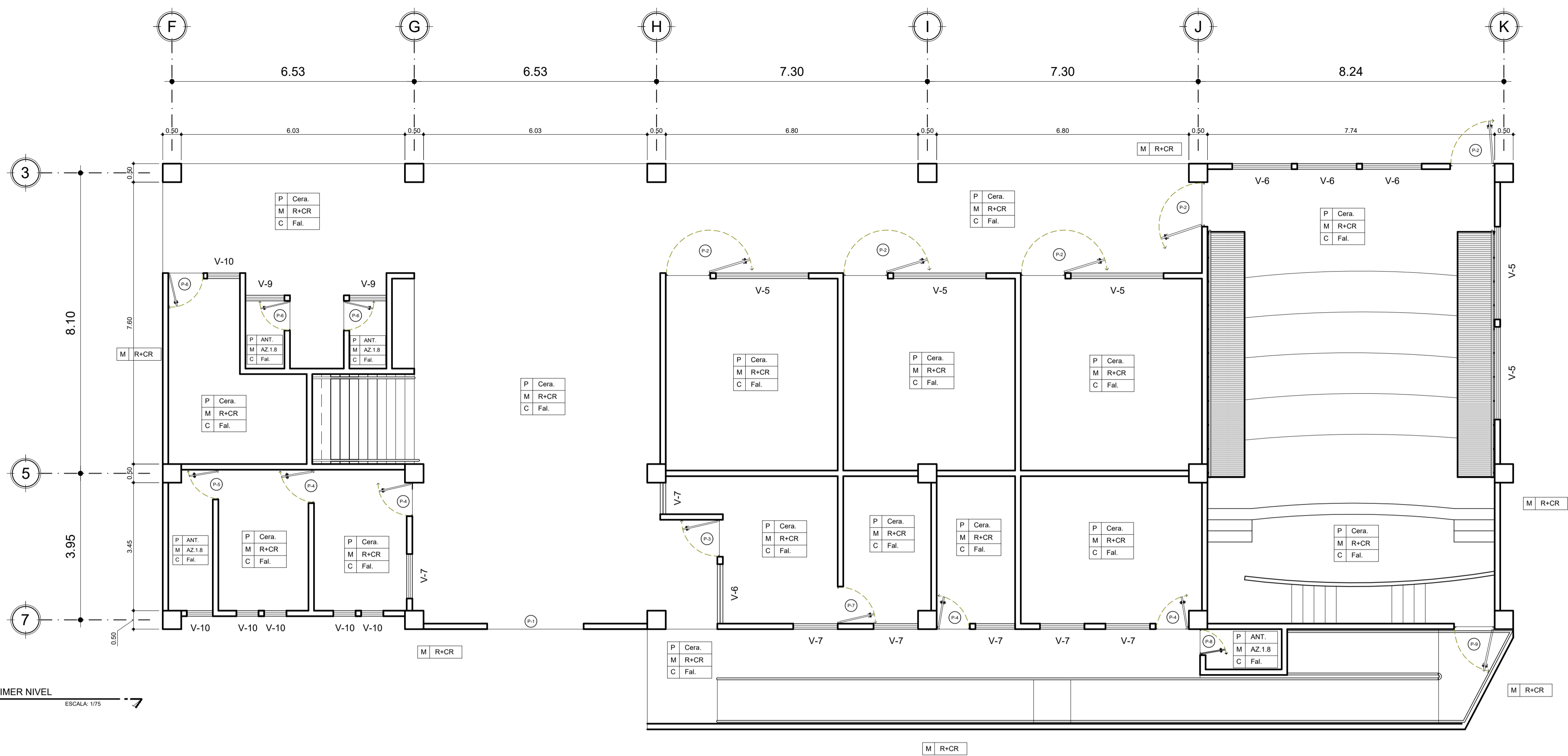
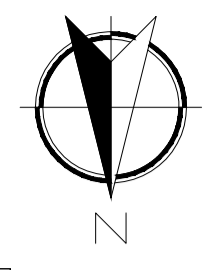
P TC. PISO = TORTA DE CONCRETO
M R+CR MURO = REPELLO + CERNIDO REMOLINEADO

P ANT. PISO = CERAMICO ANTIDSLIZANTE MATE TEXTURIZADO DE 0.43x0.43 mts.
M AZ.1.8 MURO = AZULEJO CERAMICO BRILANTE DE 0.20x0.30 m. HASTA 1.8 Mts. EL RESTO REPELLO + CERNIDO REMOLINEADO
C Fal. CIELO = FALSO TIPO LOSA DE TABLAYESO

PLANTA DE ACABADOS - SEGUNDO NIVEL
MODULO 1
ESCALA: 1/75



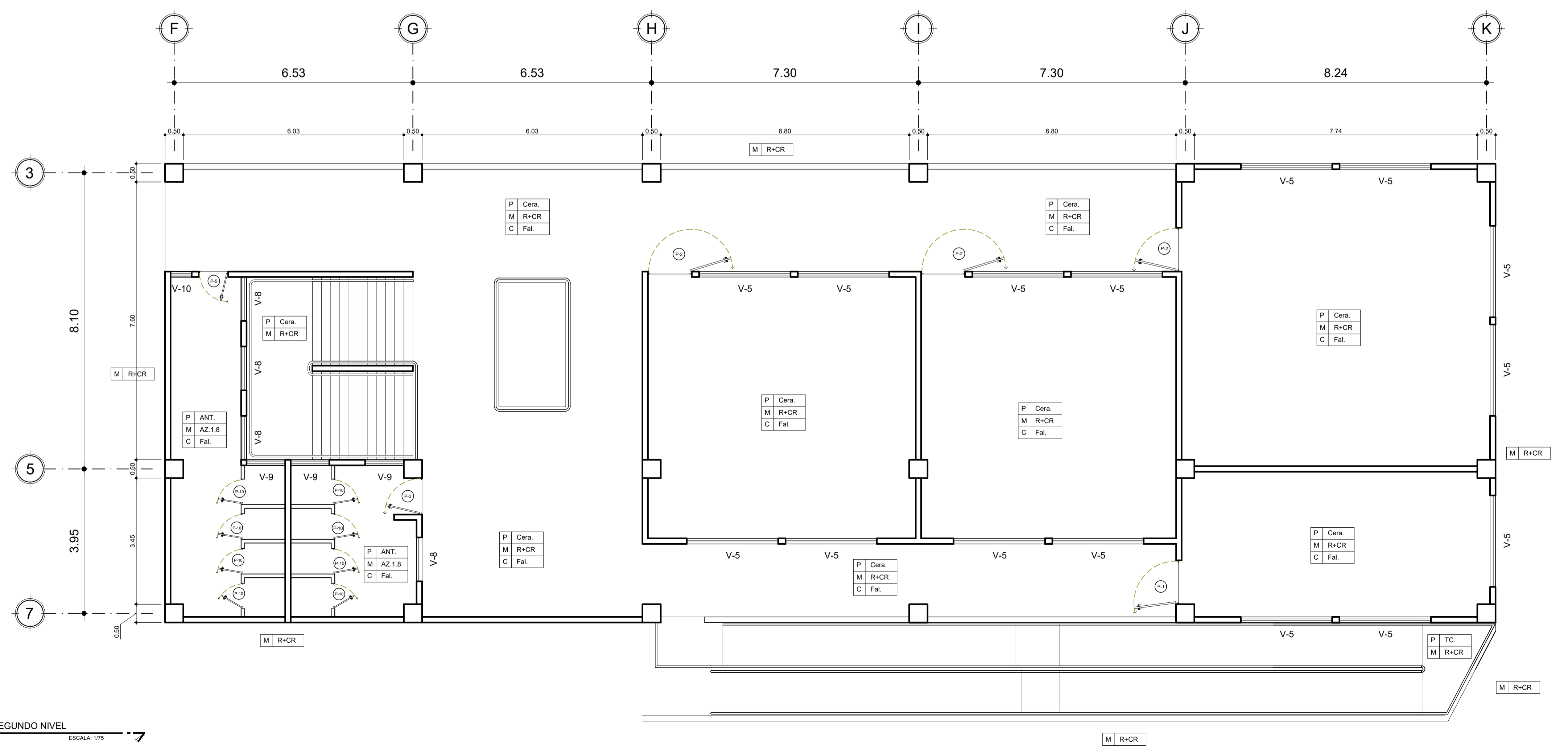
	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA
	ERJICICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA
CONTENIDO: PLANTA DE ACABADOS	
PROYECTO: DISEÑO DE UN EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA LA ESCUELA PRIMARIA No. 595 EN LA COLONIA VILLALOBOS I, ZONA 12 DE VILLA NUEVA, GUATEMALA	
FECHA: OCTUBRE 2017	ESCALA HRZ.: 1 / 75 ESCALA VERT.: 1 / 75
DISEÑO: BARBARA MALDONADO	Vs. Ito. ASESORA EPS:
CÁLULO: BARBARA MALDONADO	INGA. CRISTINA DEL ROSARIO CLAYSON DE PINTO



PLANTA DE ACABADOS - PRIMER NIVEL
MODULO 2
ESCALA: 1/75

LISTADO DE PUERTAS			
TIPO	ANCHO (m)	ALTO (m)	MATERIAL
PUERTA TIPO P-1	2.60	2.10	Metal
PUERTA TIPO P-2	1.20	2.40	Metal
PUERTA TIPO P-3	1.00	2.40	Metal
PUERTA TIPO P-4	0.90	2.40	Metal
PUERTA TIPO P-5	0.80	2.40	Metal
PUERTA TIPO P-6	0.95	2.40	Metal
PUERTA TIPO P-7	1.00	2.40	Aluminio-Vidrio
PUERTA TIPO P-8	0.70	2.40	Metal
PUERTA TIPO P-9	1.10	2.40	Metal
PUERTA TIPO P-10	0.70	1.60	Metal

LISTADO DE VENTANAS			
TIPO	ANCHO (m)	ALTO (m)	MATERIAL
VENTANA TIPO V-1	2.30	0.60	Metal tipo sifon
VENTANA TIPO V-2	1.75	0.60	Metal tipo sifon
VENTANA TIPO V-3	1.75	1.20	Metal
VENTANA TIPO V-4	1.60	1.20	Metal
VENTANA TIPO V-5	2.50	1.20	Metal
VENTANA TIPO V-6	1.60	1.20	Metal
VENTANA TIPO V-7	1.20	1.20	Metal
VENTANA TIPO V-8	1.20	0.60	Metal
VENTANA TIPO V-9	1.10	0.60	Metal
VENTANA TIPO V-10	0.80	0.60	Metal



PLANTA DE ACABADOS - SEGUNDO NIVEL
MODULO 2
ESCALA: 1/75

- P. Cera. PISO = CERAMICO ANTIDESLIZANTE MATE SEMITEXTURIZADO DE 0.43x0.43 mts.
- M. R+CR MURO = REPELLO + CERNIDO REMOLINEADO
- C. Fal. CIELO = FALSO TIPO LOSA DE TABLAYESOS

- P. TC. PISO = TORTA DE CONCRETO
- M. R+CR MURO = REPELLO + CERNIDO REMOLINEADO

- P. ANT. PISO = CERAMICO ANTIDESLIZANTE MATE TEXTURIZADO DE 0.43x0.43 mts.
- M. AZ.1.8 MURO = AZULEJO CERAMICO BRILLANTE DE 0.20x0.20 m. HASTA 1.8 Mts. EL RESTO REPELLO + CERNIDO REMOLINEADO
- C. Fal. CIELO = FALSO TIPO LOSA DE TABLAYESOS

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA

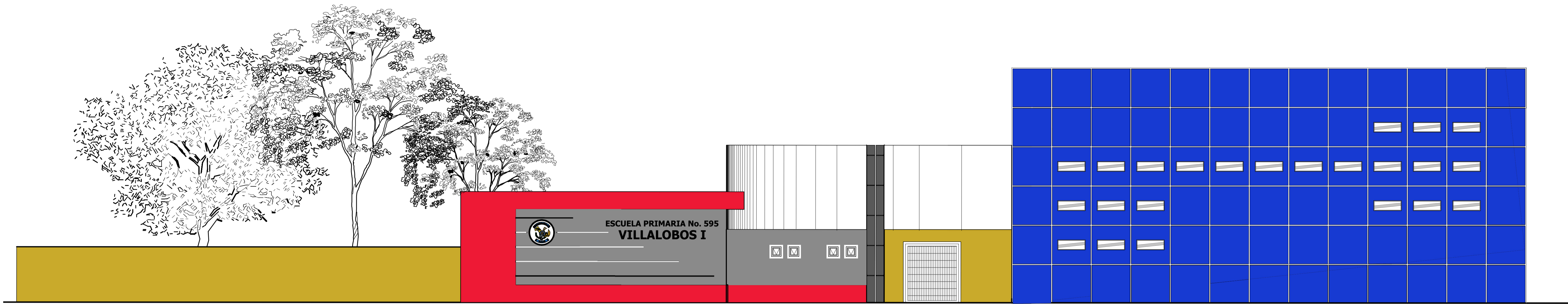
ERJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA

CONTENIDO: PLANTA DE ACABADOS

PROYECTO: DISEÑO DE UN EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA LA ESCUELA PRIMARIA No. 595 EN LA COLONIA VILLALOBOS I, ZONA 12 DE VILLA NUEVA, GUATEMALA

FECHA: OCTUBRE 2017	ESCALA HRZ.: 1 / 75	ESCALA VERT.: 1 / 75
---------------------	---------------------	----------------------

DISEÑO: BARBARA MALDONADO	Vs. No. ASESORA EPS:	7 31
CÁLULO: BARBARA MALDONADO	INGA. CRISTINA DEL ROSARIO CLASSON DE PINTO	

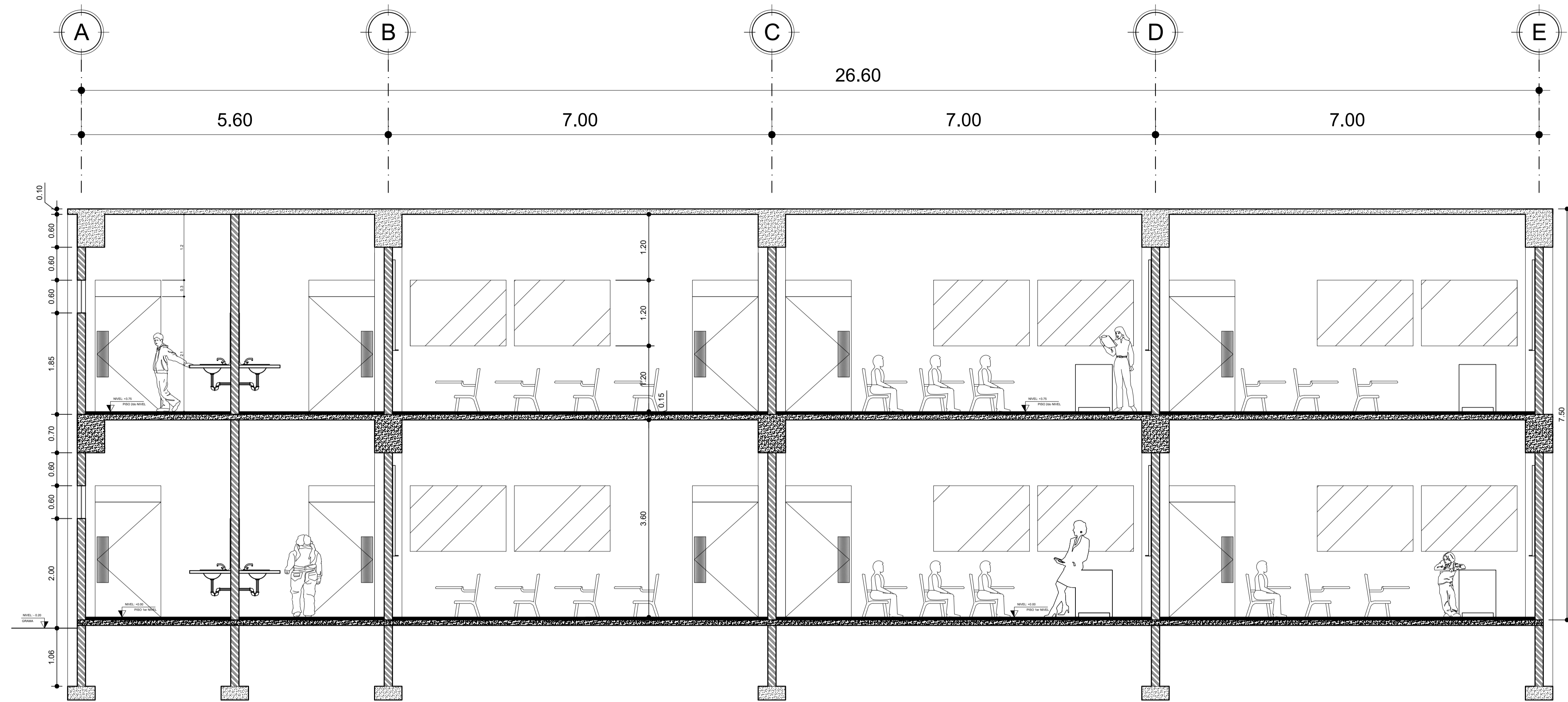


ELEVACION FRONTAL
 MODULO 1 y 2
 ESCALA HRZ.: 1/100
 ESCALA VERT.: 1/100

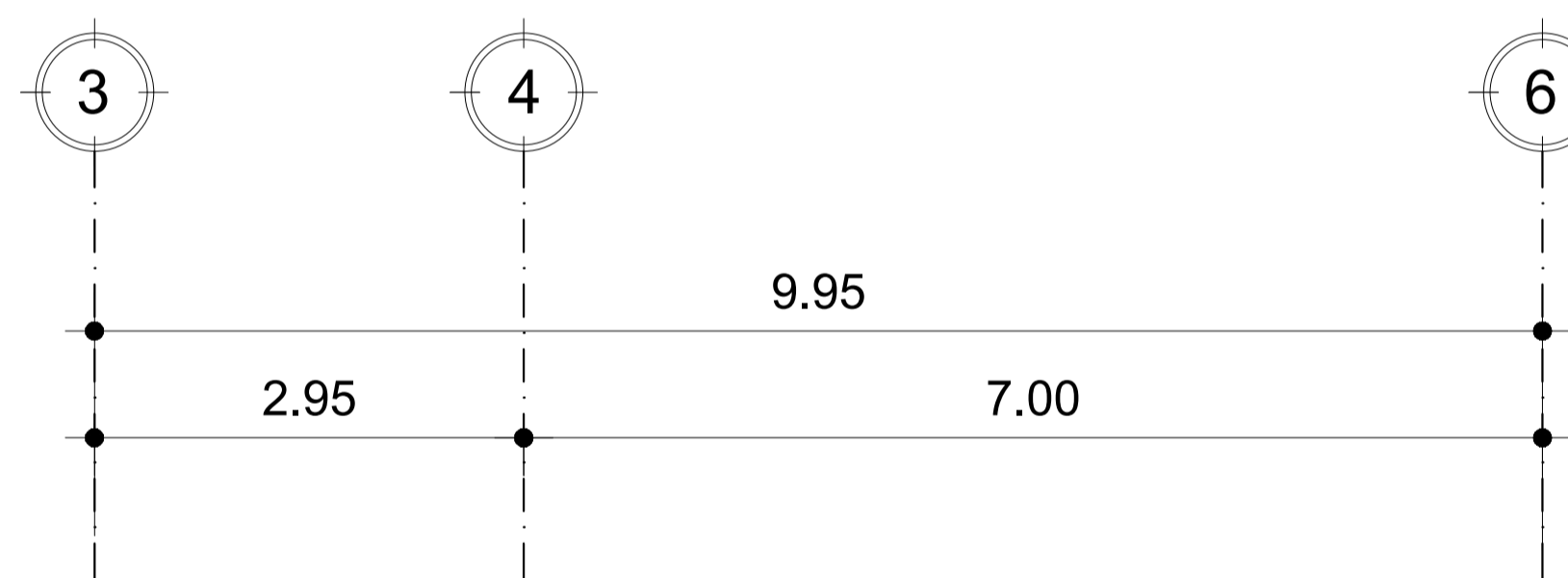


ELEVACION LATERAL
 MODULO 1 y 2
 ESCALA HRZ.: 1/50
 ESCALA VERT.: 1/50

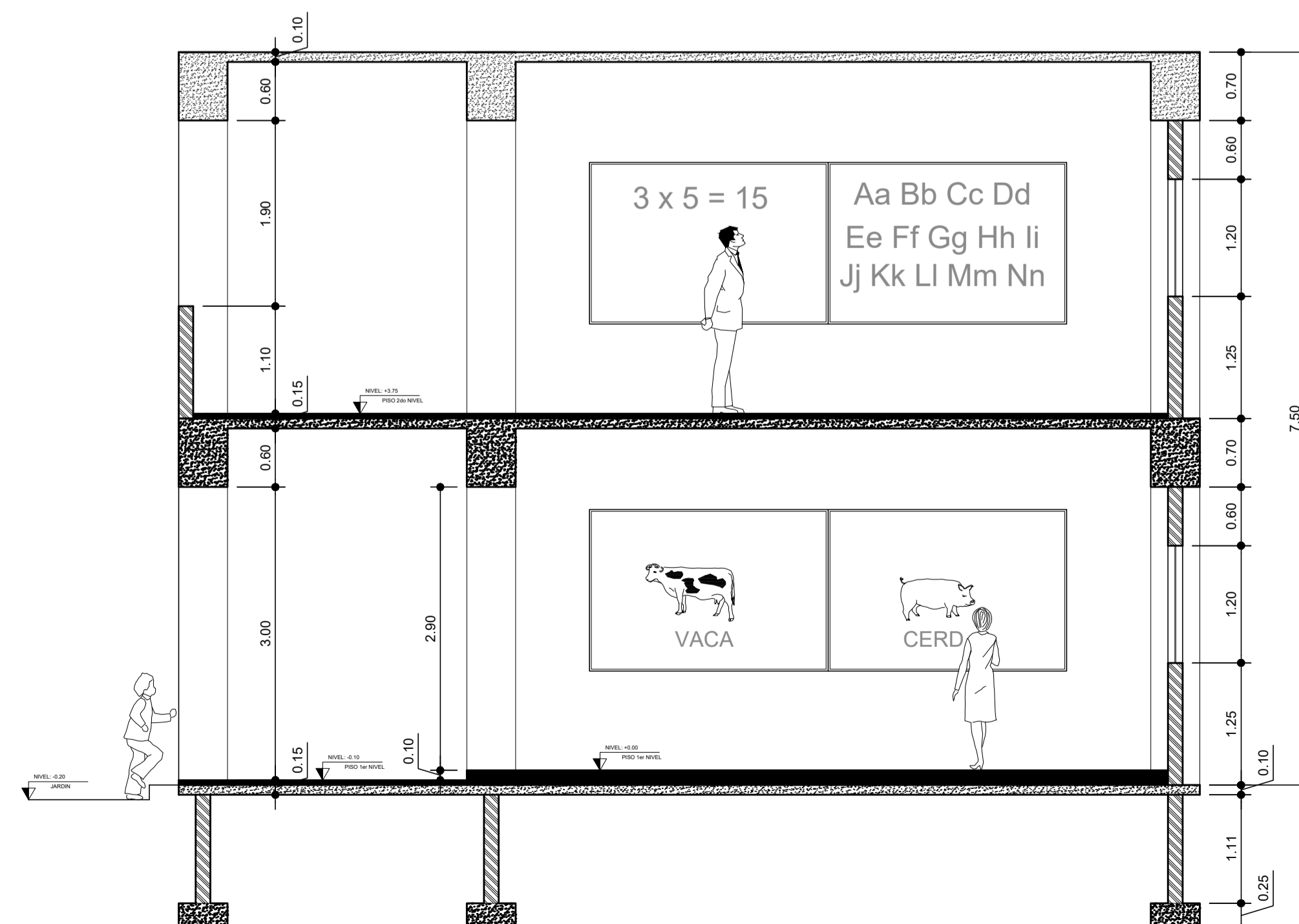
	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA		
	EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA		
CONTENIDO: ELEVACIONES			
PROYECTO: DISEÑO DE UN EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA LA ESCUELA PRIMARIA No. 595 EN LA COLONIA VILLALOBOS I, ZONA 12 DE VILLA NUEVA, GUATEMALA			
FECHA:	OCTUBRE 2017	ESCALA HRZ.:	INDICADA
		ESCALA VERT.:	INDICADA
DISEÑO:	BARBARA MALDONADO	Vs. No. ASESORA EPS:	
CÁLULO:	BARBARA MALDONADO	INGA. CRISTA DEL ROSARIO CLASSON DE PINTO	



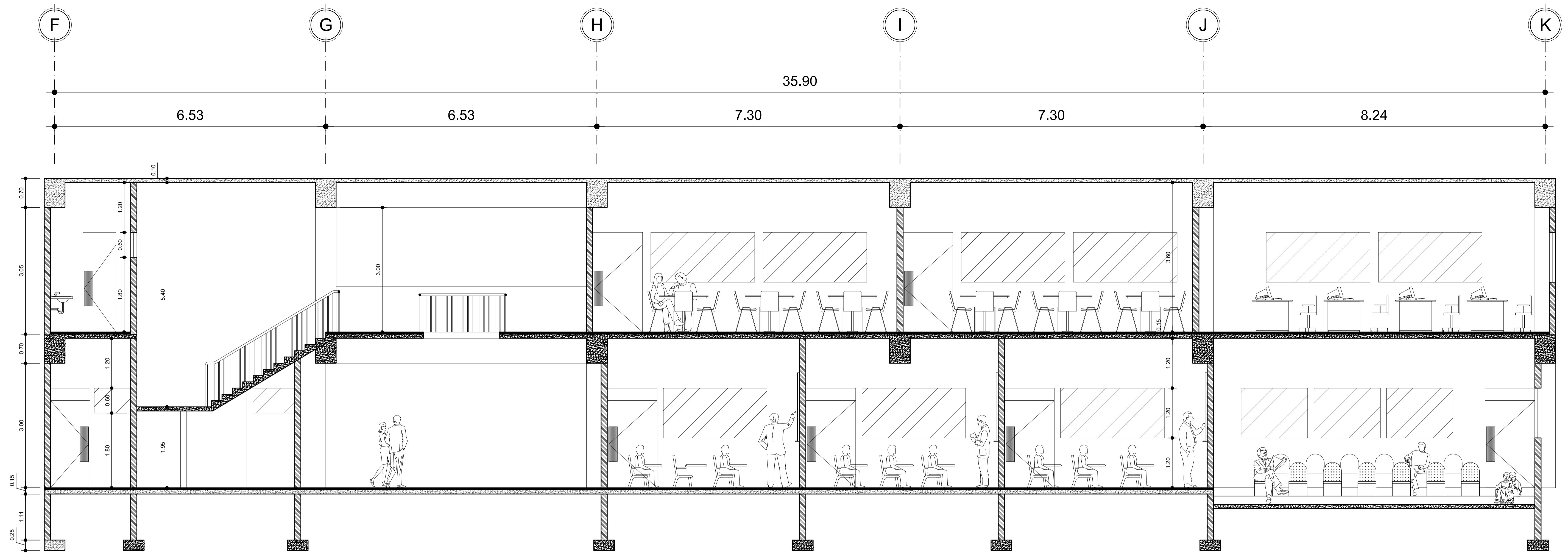
SECCION A-A
MODULO 1
ESCALA HRZ.: 1/50
ESCALA VERT.: 1/50



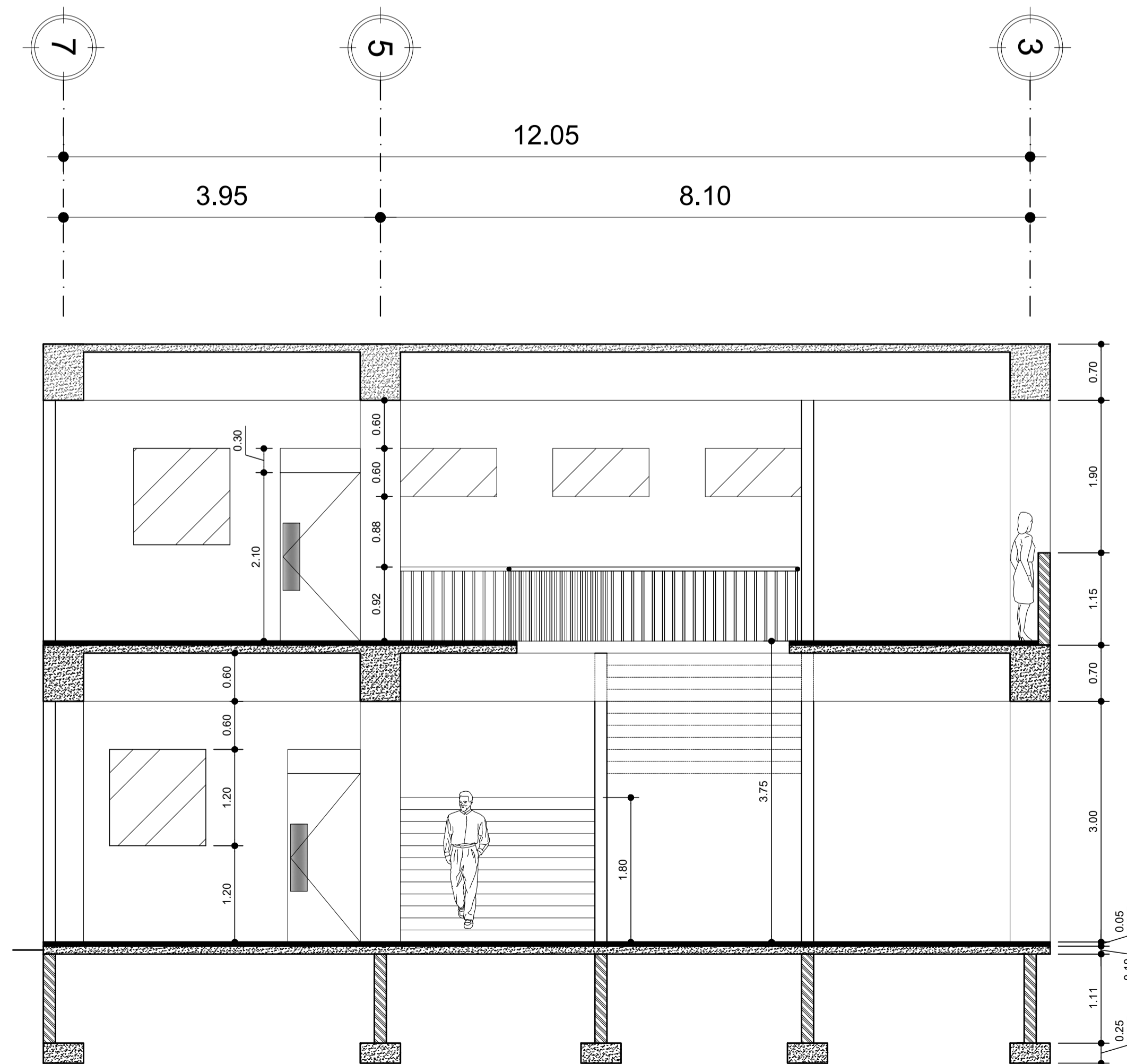
SECCION B-B
MODULO 1
ESCALA HRZ.: 1/50
ESCALA VERT.: 1/50



	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA		
	EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA		
CONTENIDO: SECCIONES MODULO 1			
PROYECTO: DISEÑO DE UN EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA LA ESCUELA PRIMARIA No. 595 EN LA COLONIA VILLALOBOS I, ZONA 12 DE VILLA NUEVA, GUATEMALA			
FECHA:	OCTUBRE 2017	ESCALA HRZ.:	INDICADA
		ESCALA VERT.:	INDICADA
DISEÑO:	BARBARA MALDONADO	Vb. No. ASESORA EPS:	
CÁLULO:	BARBARA MALDONADO	INGA. CRISTINA DEL ROSARIO CLAYSON DE PINO	

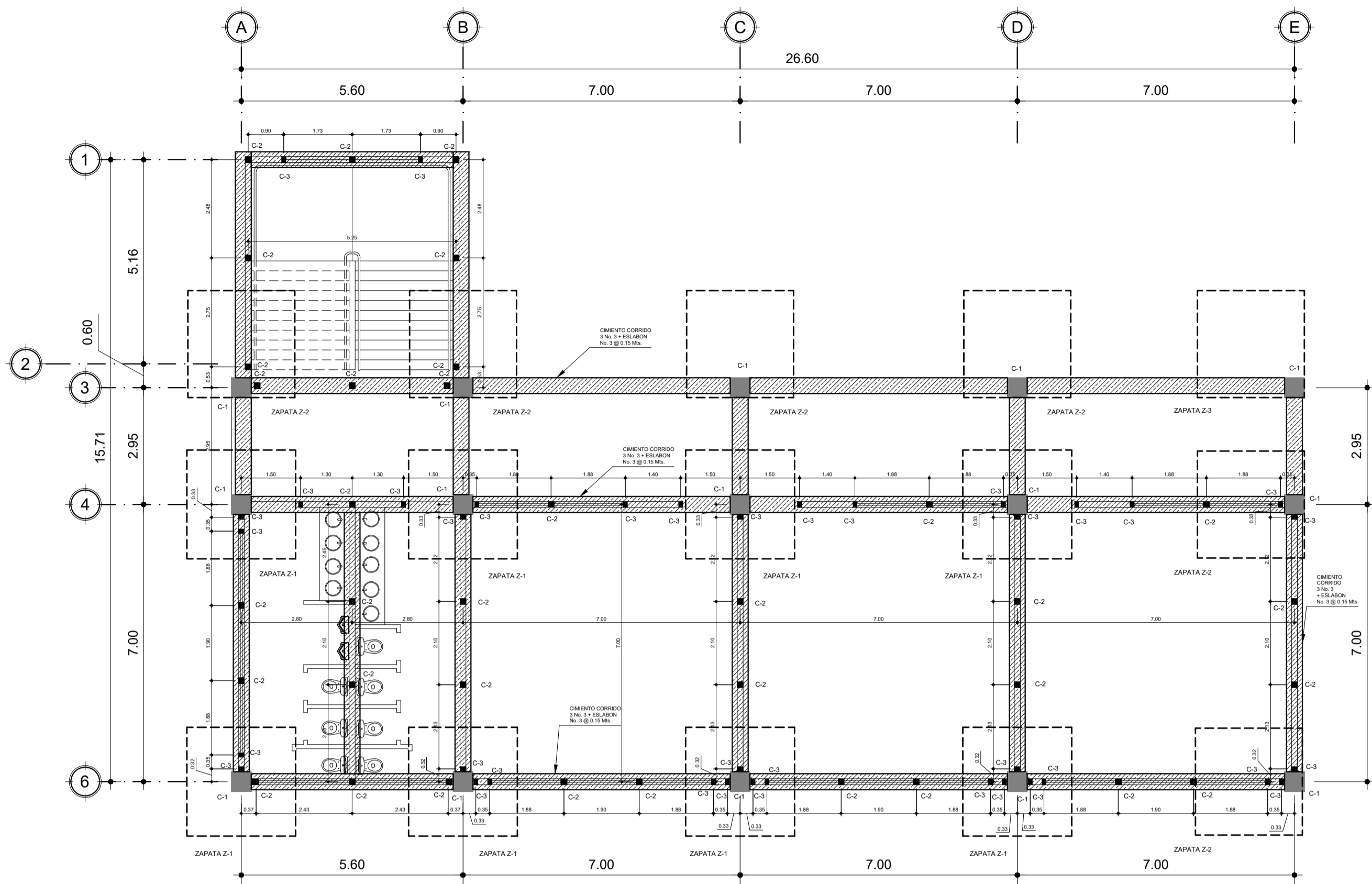
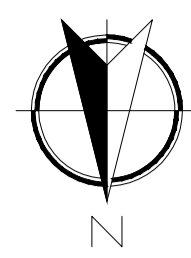


SECCION C-C
MODULO 2
ESCALA HRZ.: 1/50
ESCALA VERT.: 1/50

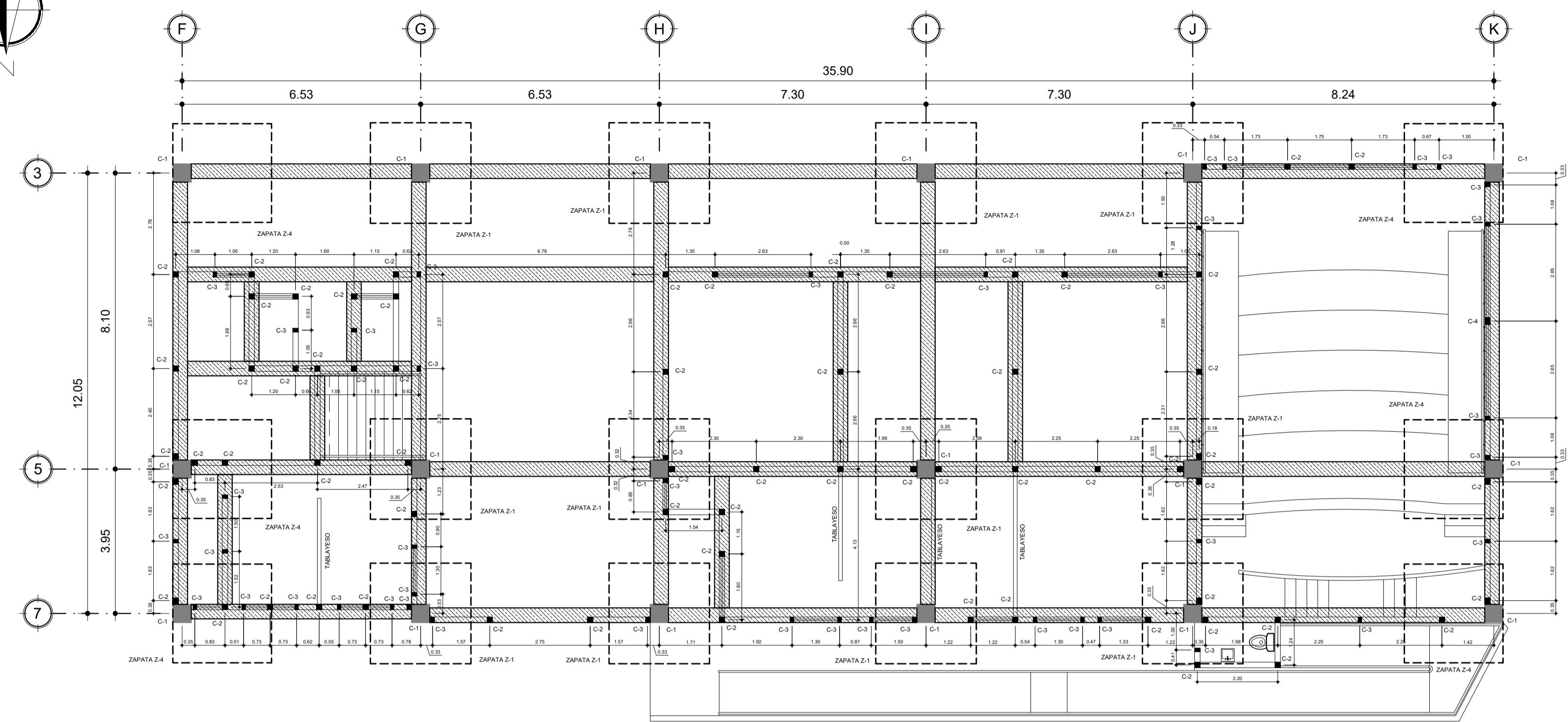


SECCION D-D
MODULO 2
ESCALA HRZ.: 1/50
ESCALA VERT.: 1/50

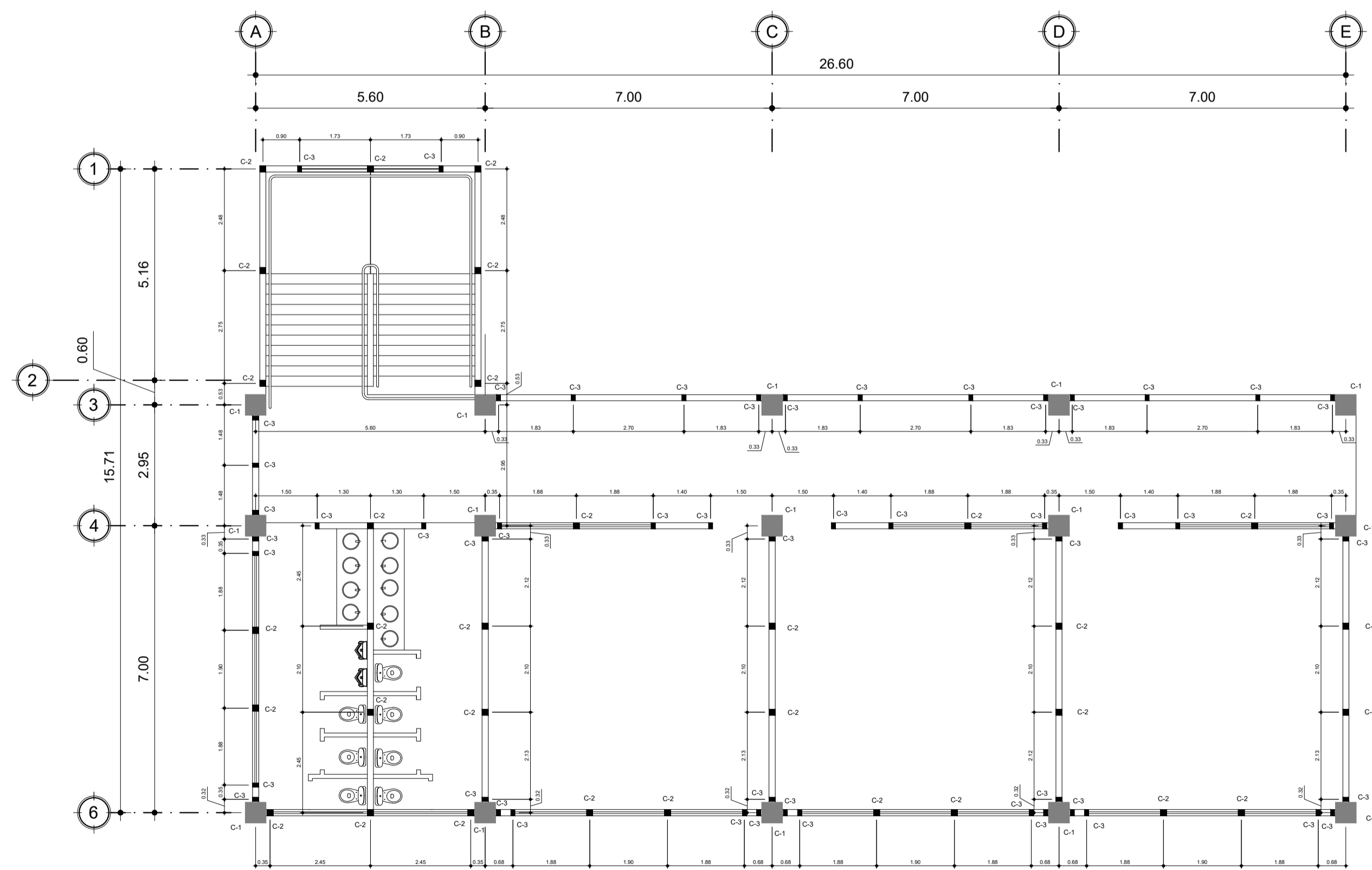
	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA		
	EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA		
CONTENIDO: SECCIONES MODULO 2			
PROYECTO: DISEÑO DE UN EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA LA ESCUELA PRIMARIA No. 595 EN LA COLONIA VILLALOBOS I, ZONA 12 DE VILLA NUEVA, GUATEMALA			
FECHA:	OCTUBRE 2017	ESCALA HRZ.:	INDICADA
		ESCALA VERT.:	INDICADA
DISEÑO:	BARBARA MALDONADO	Vs. No. ASESORA EPS:	
CÁLULO:	BARBARA MALDONADO	INGA. CRISTA DEL ROSARIO CLAYSON DE PINTO	



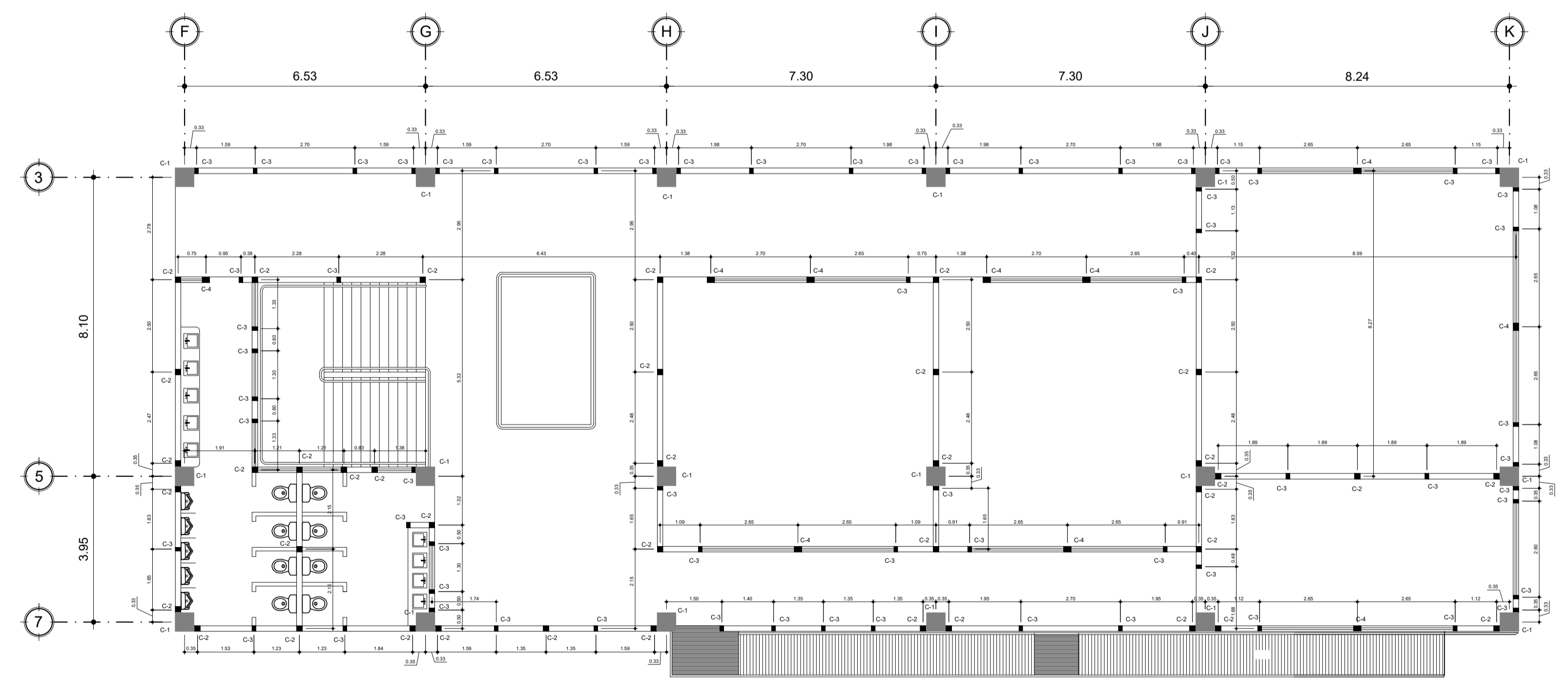
PLANTA CIMENTACION Y COLUMNAS - PRIMER NIVEL
MODULO 1 ESCALA: 1/100



PLANTA CIMENTACION Y COLUMNAS - PRIMER NIVEL
MODULO 2 ESCALA: 1/100

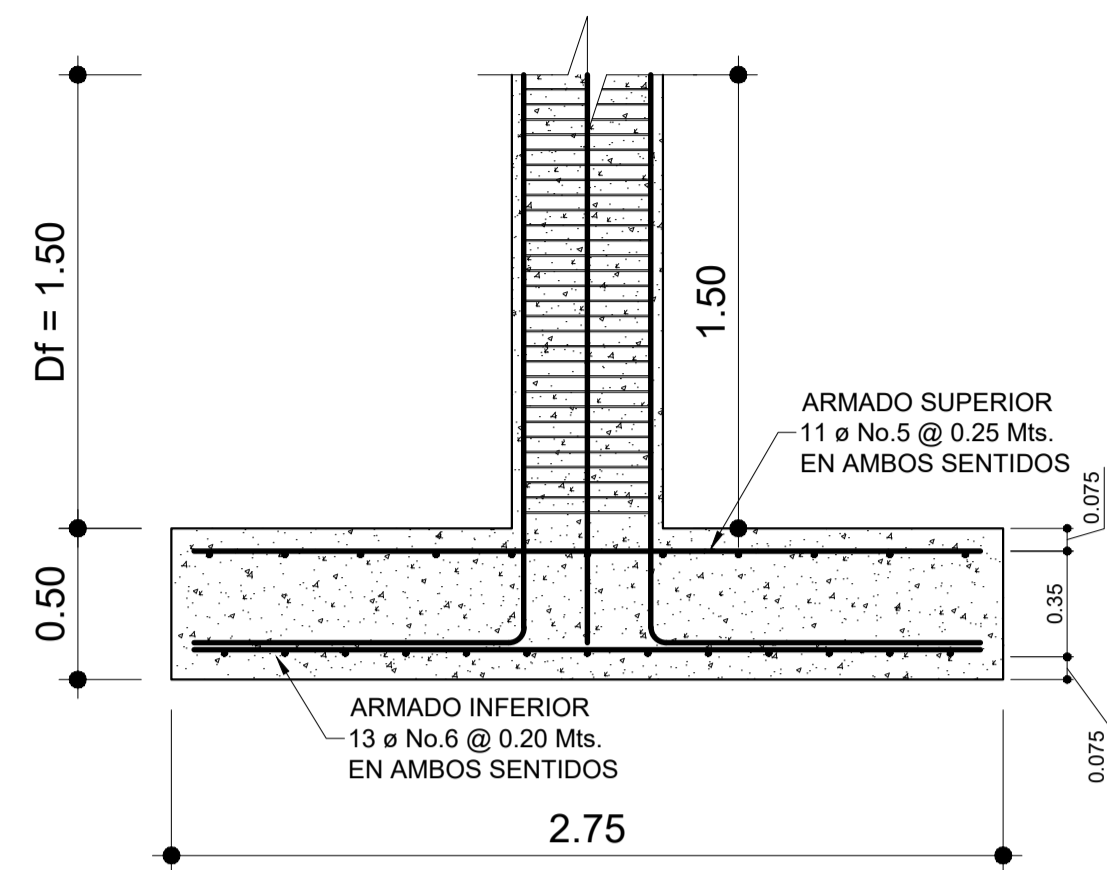


PLANTA CIMENTACION Y COLUMNAS - SEGUNDO NIVEL
MODULO 1 ESCALA: 1/100

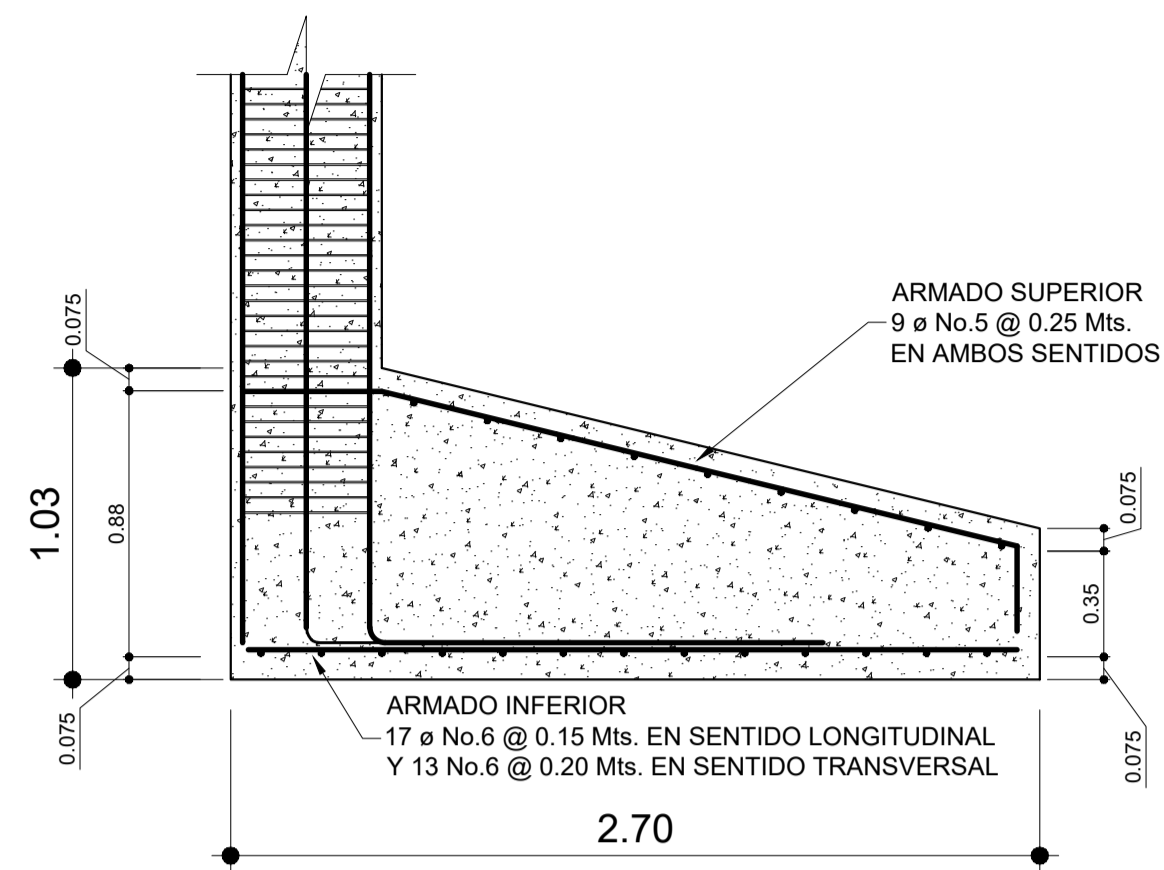


PLANTA CIMENTACION Y COLUMNAS - SEGUNDO NIVEL
MODULO 2 ESCALA: 1/100

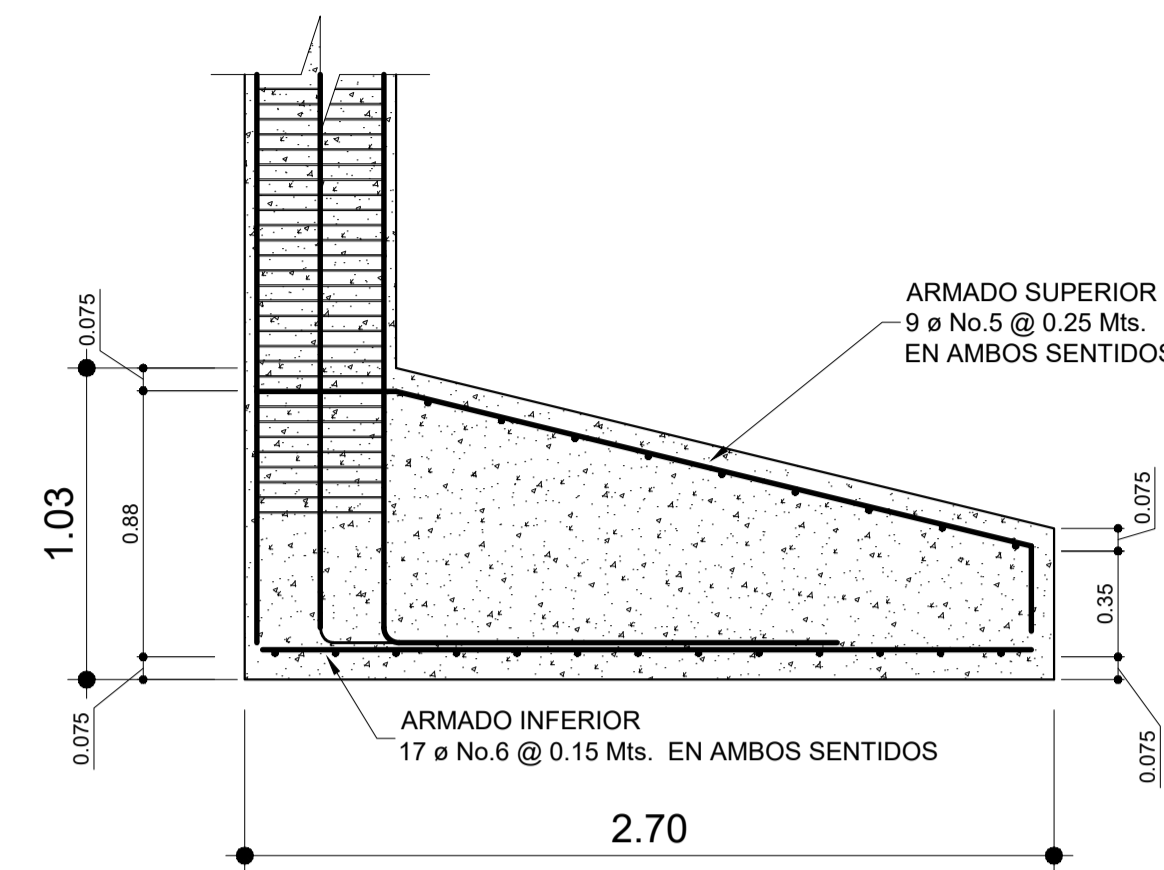
	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA		
	EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA		
CONTENIDO: CIMENTACION Y COLUMNAS			
PROYECTO: DISEÑO DE UN EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA LA ESCUELA PRIMARIA No. 595 EN LA COLONIA VILLALOBOS I, ZONA 12 DE VILLA NUEVA, GUATEMALA			
FECHA:	OCTUBRE 2017	ESCALA HRZ.:	1 / 100
		ESCALA VERT.:	1 / 100
DISEÑO:	BARBARA MALDONADO	Vb. No. ASESORA EPS:	
CÁLULO:	BARBARA MALDONADO	INGA. CRISTINA DEL ROSARIO CLAYSON DE PINO	



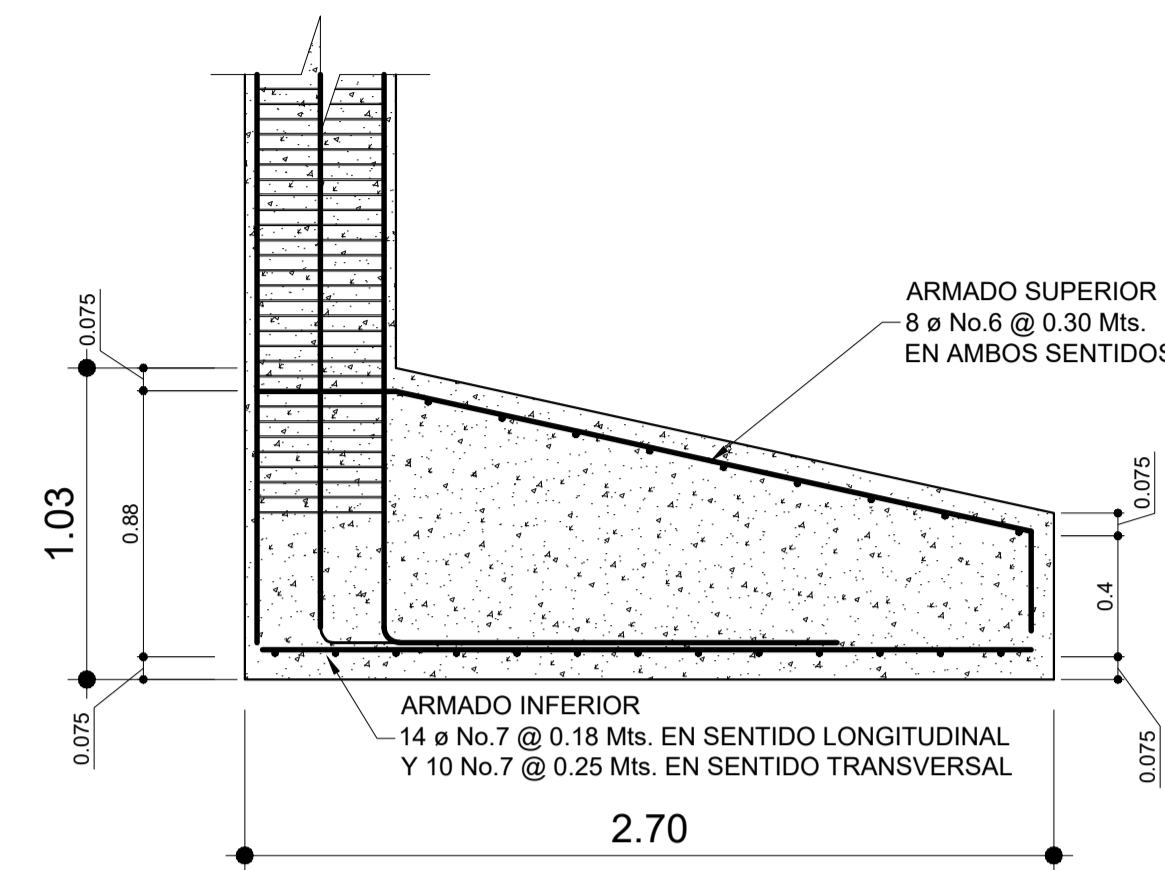
ARMADO DE ZAPATA TIPO Z-1
MODULO 1 y 2 ESCALA: 1/25



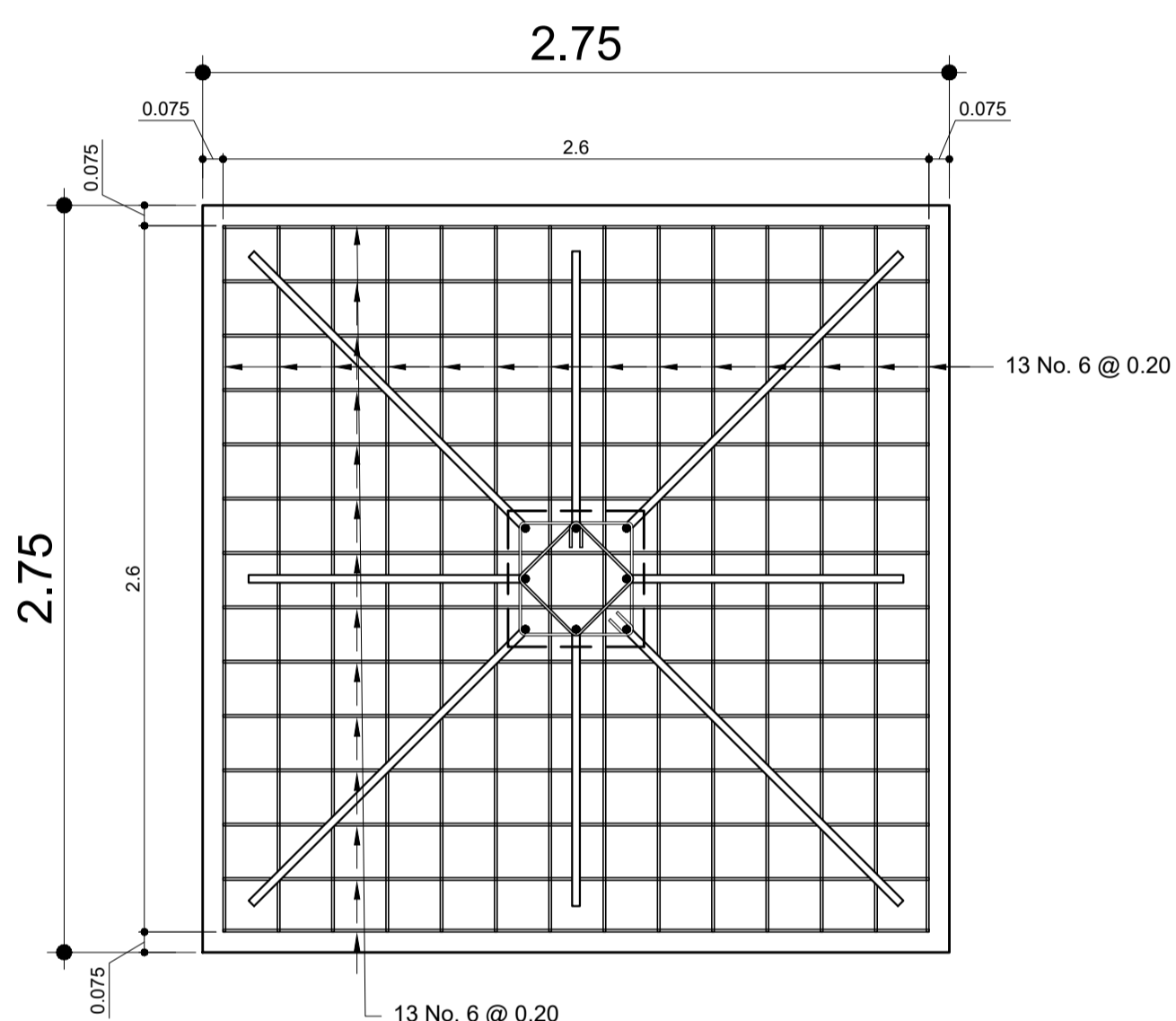
ARMADO DE ZAPATA TIPO Z-2
MODULO 1 ESCALA: 1/25



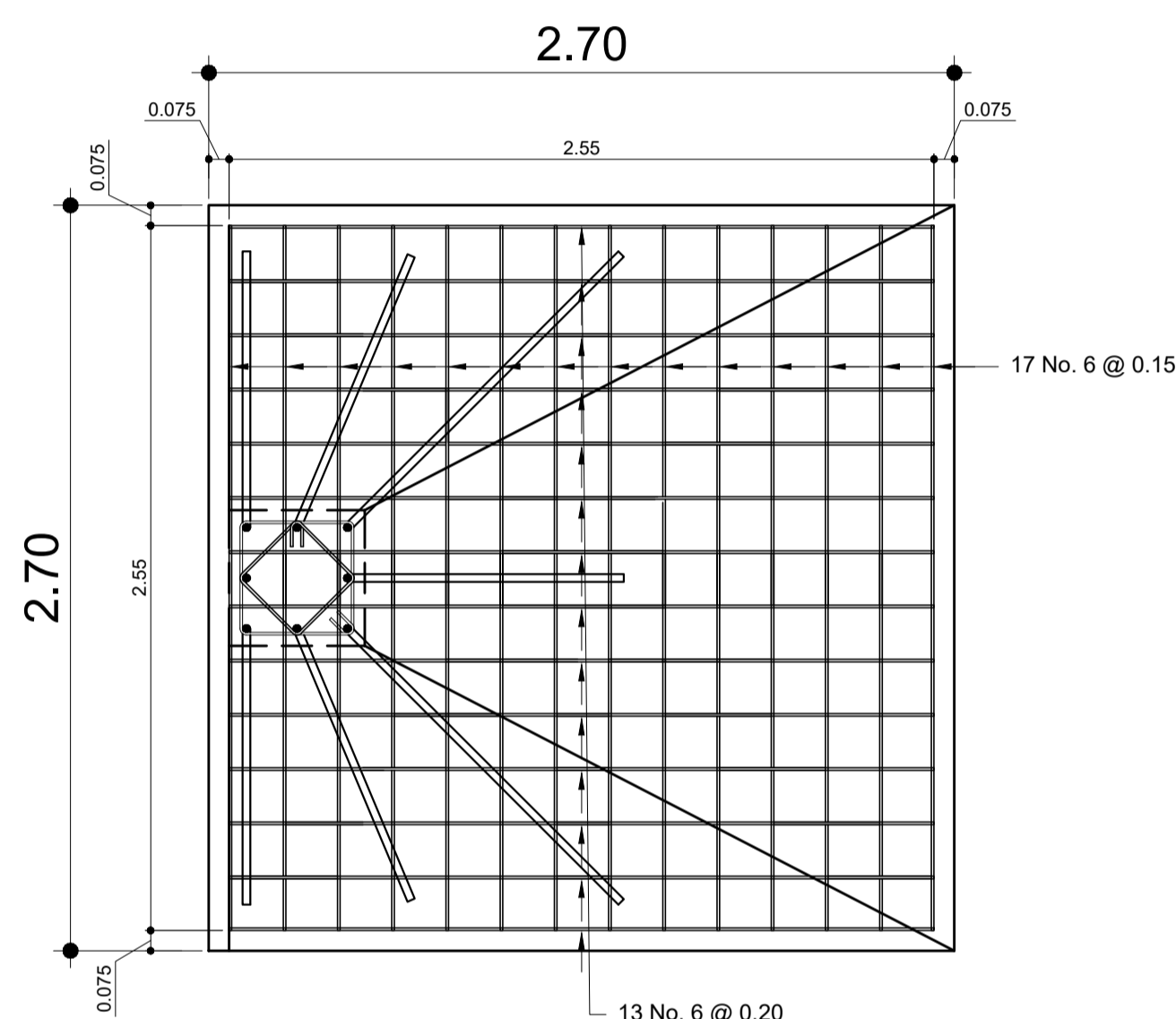
ARMADO DE ZAPATA TIPO Z-3
MODULO 1 ESCALA: 1/25



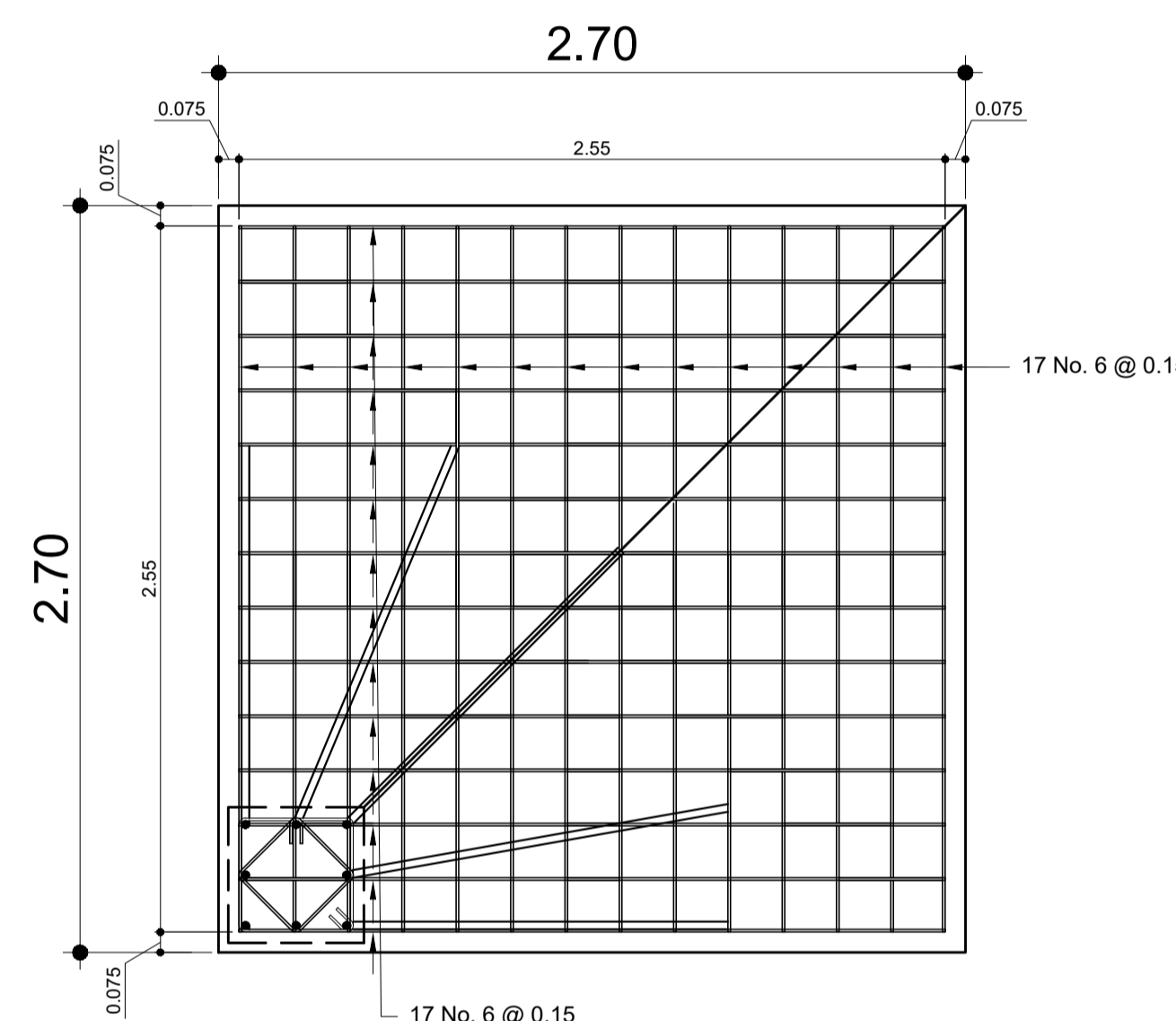
ARMADO DE ZAPATA TIPO Z-4
MODULO 2 ESCALA: 1/25



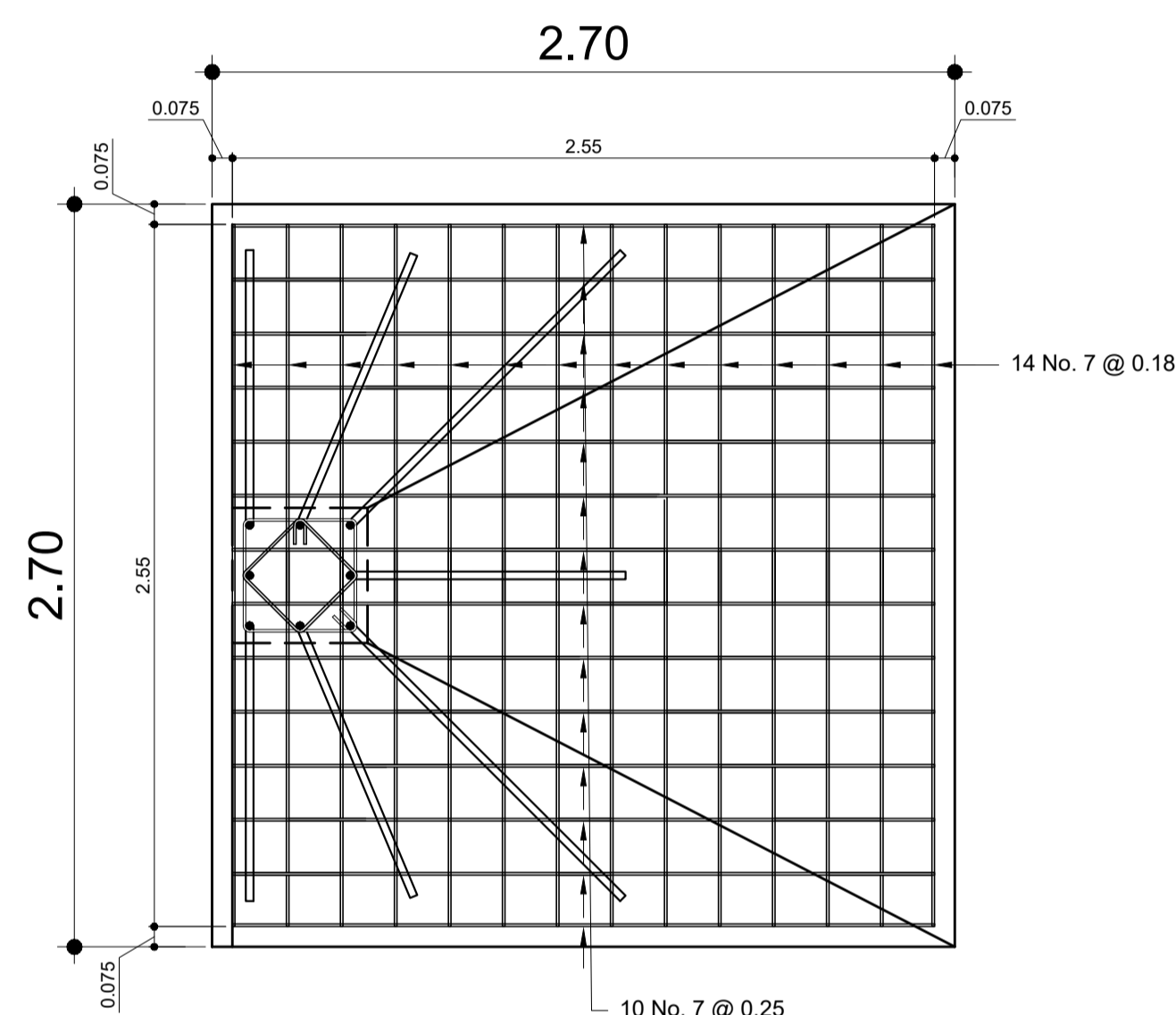
ARMADO DE ZAPATA TIPO Z-1
MODULO 1 y 2 ESCALA: 1/25



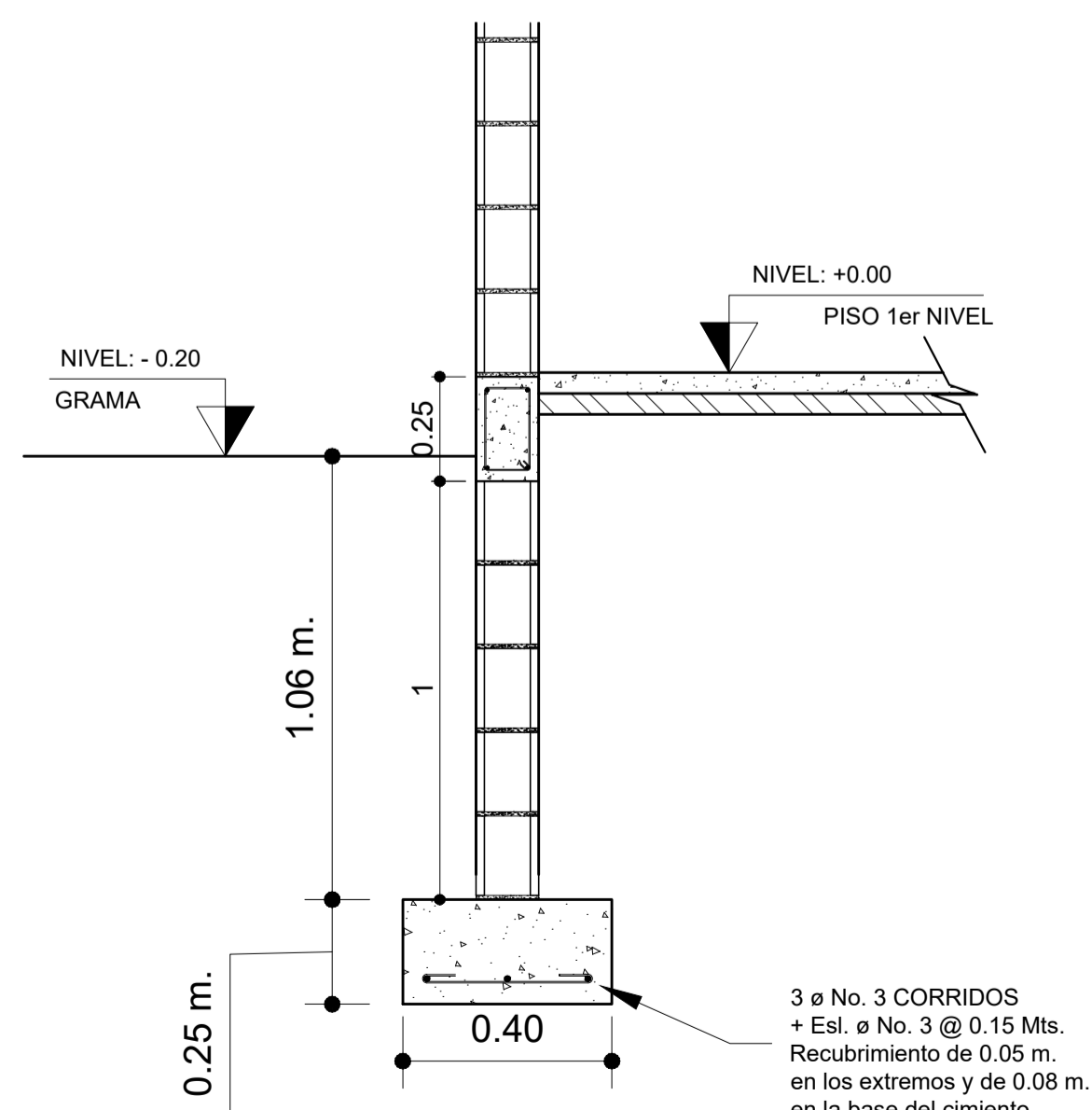
ARMADO DE ZAPATA TIPO Z-2
MODULO 1 ESCALA: 1/25



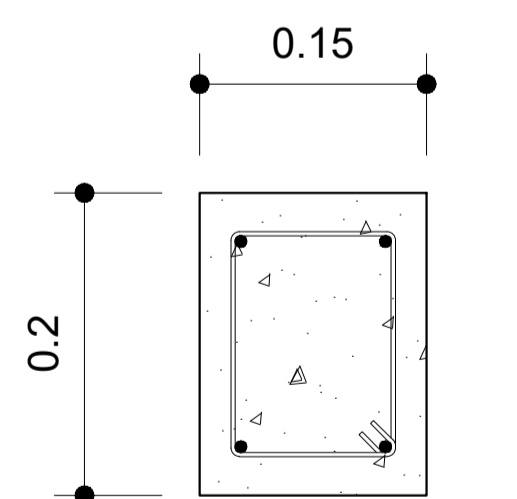
ARMADO DE ZAPATA TIPO Z-3
MODULO 1 ESCALA: 1/25



ARMADO DE ZAPATA TIPO Z-4
MODULO 2 ESCALA: 1/25

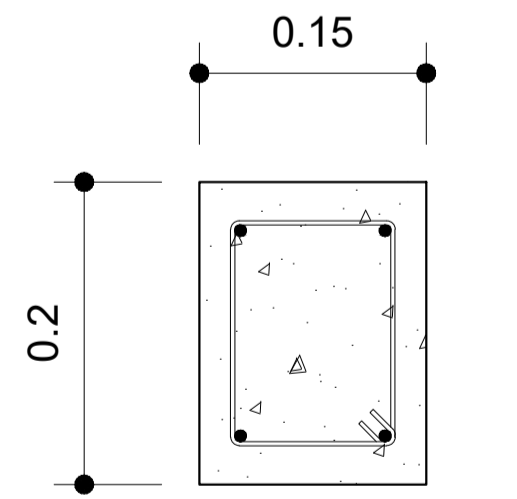


ARMADO DE CIMENTO CORRIDO
MODULO 1 y 2 SIN ESCALA



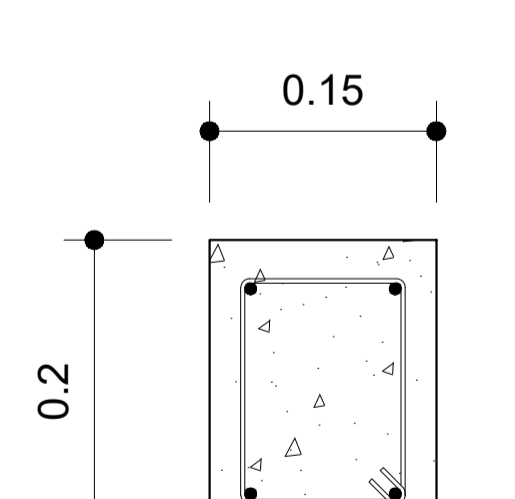
Solera de Humedad
4 ø 3/8" + Est. ø 1/4" @ 0.20 Mts.

ARMADO DE SOLERA DE HUMEDAD
MODULO 1 y 2 ESCALA: 1/5



Solera Intermedia
4 ø 3/8" + Est. ø 1/4" @ 0.20 Mts.

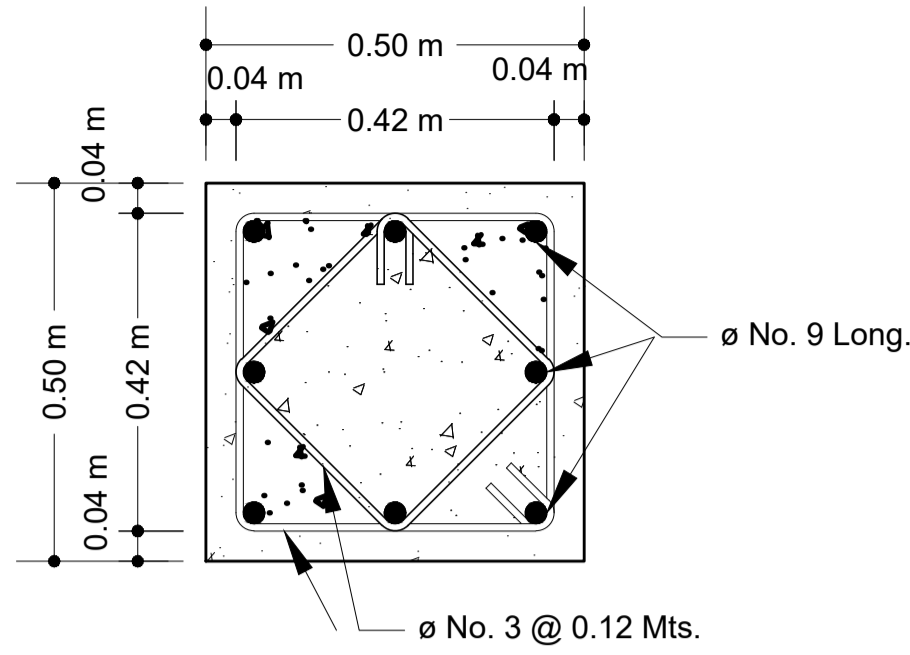
ARMADO DE SOLERA INTERMEDIA
MODULO 1 y 2 ESCALA: 1/5



Solera de Corona
4 ø 3/8" + Est. ø 1/4" @ 0.20 Mts.

ARMADO DE SOLERA DE CORONA
MODULO 1 y 2 ESCALA: 1/5

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA		
	EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA		
CONTENIDO: DETALLE DE ARMADO DE CIMENTACIONES			
PROYECTO: DISEÑO DE UN EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA LA ESCUELA PRIMARIA No. 595 EN LA COLONIA VILLALOBOS I, ZONA 12 DE VILLA NUEVA, GUATEMALA			
FECHA:	OCTUBRE 2017	ESCALA HRZ.:	INDICADA
		ESCALA VERT.:	INDICADA
DISEÑO:	BARBARA MALDONADO	Vs. No. ASESORA EPS:	
CÁLULO:	BARBARA MALDONADO	INGA. CRISTINA DEL ROSARIO CLAYSON DE PINO	

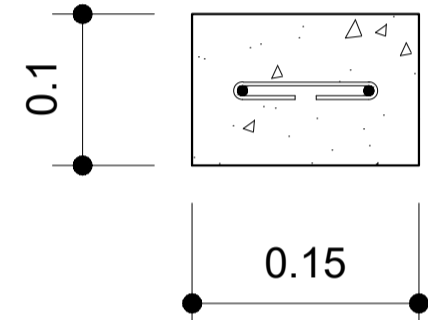


COLUMNA C-1

8 ø No. 9 + Est. ø No. 3 @ 0.12 Mts.
 + Est. ø No. 3 @ 0.12 Mts. (complementario)
 + Est. ø No. 3 @ 0.05 Mts. (confinamiento)



ARMADO DE COLUMNA TIPO C-1
 MÓDULO 1 y 2 ESCALA: 1/10

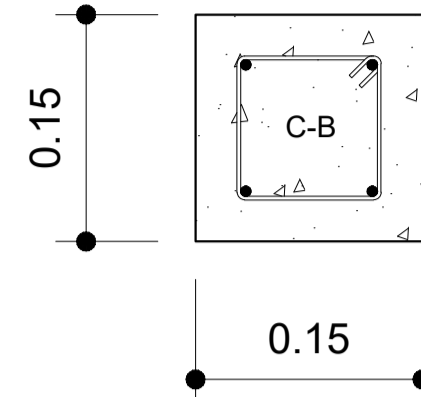


Columna Tipo C-3

2 ø 3/8" + Est. ø 1/4" @ 0.15 Mts.



ARMADO DE COLUMNA TIPO C-3
 MÓDULO 1 y 2 ESCALA: 1/5

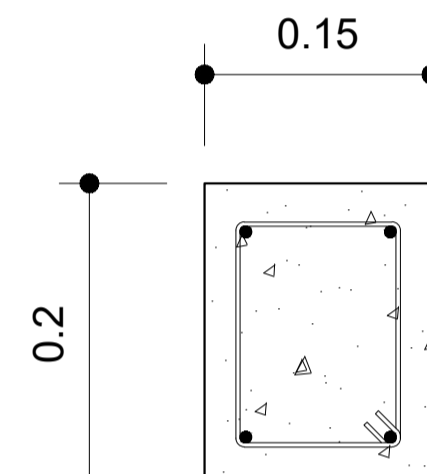


Columna Tipo C-2

4 ø 3/8" + Est. ø 1/4" @ 0.15 Mts.



ARMADO DE COLUMNA TIPO C-2
 MÓDULO 1 y 2 ESCALA: 1/5

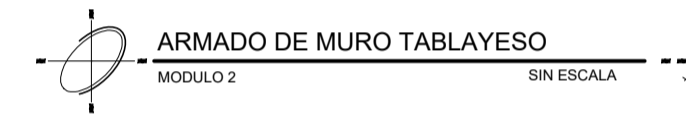
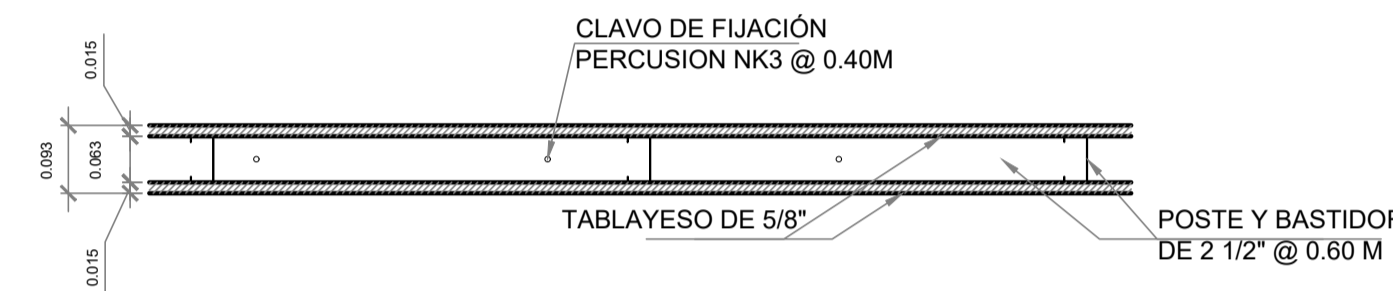
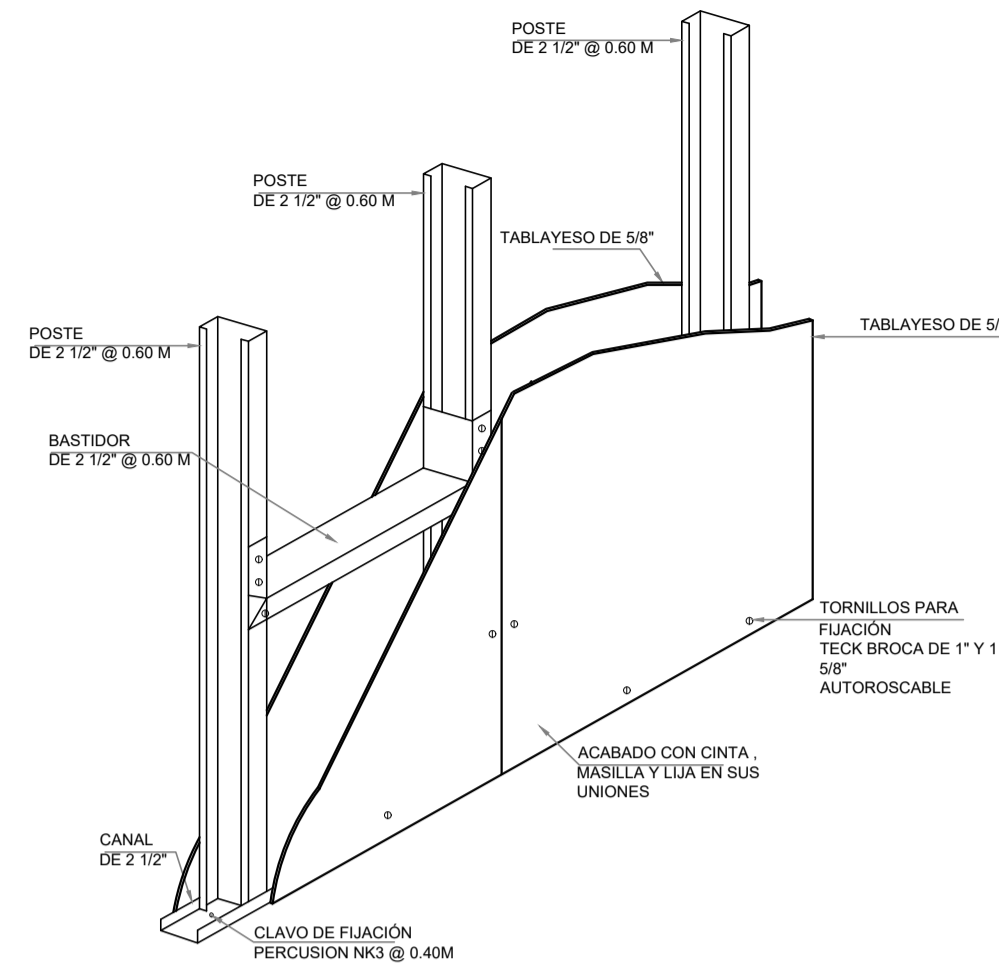


Columna Tipo C-4

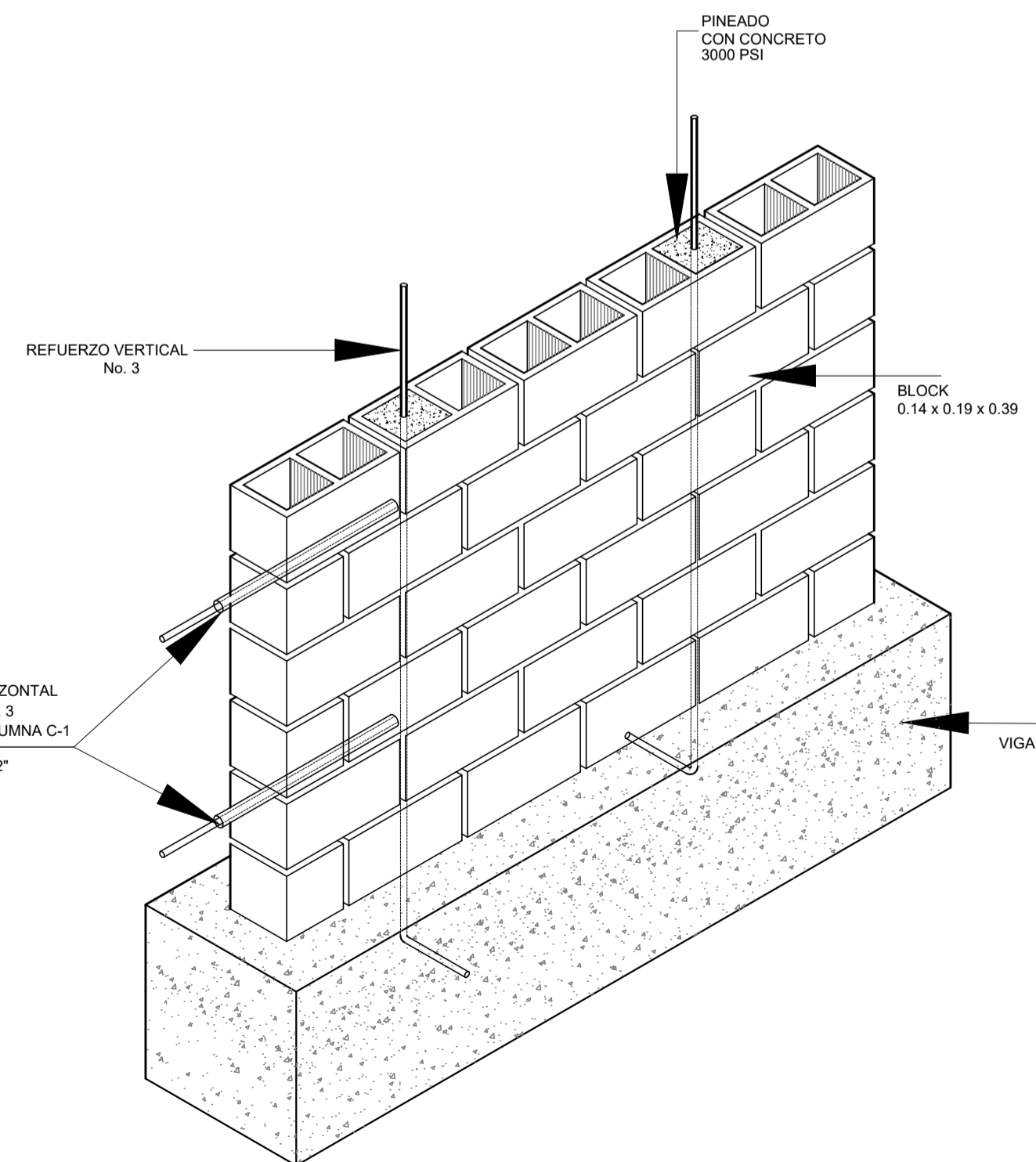
4 ø 3/8" + Est. ø 1/4" @ 0.15 Mts.



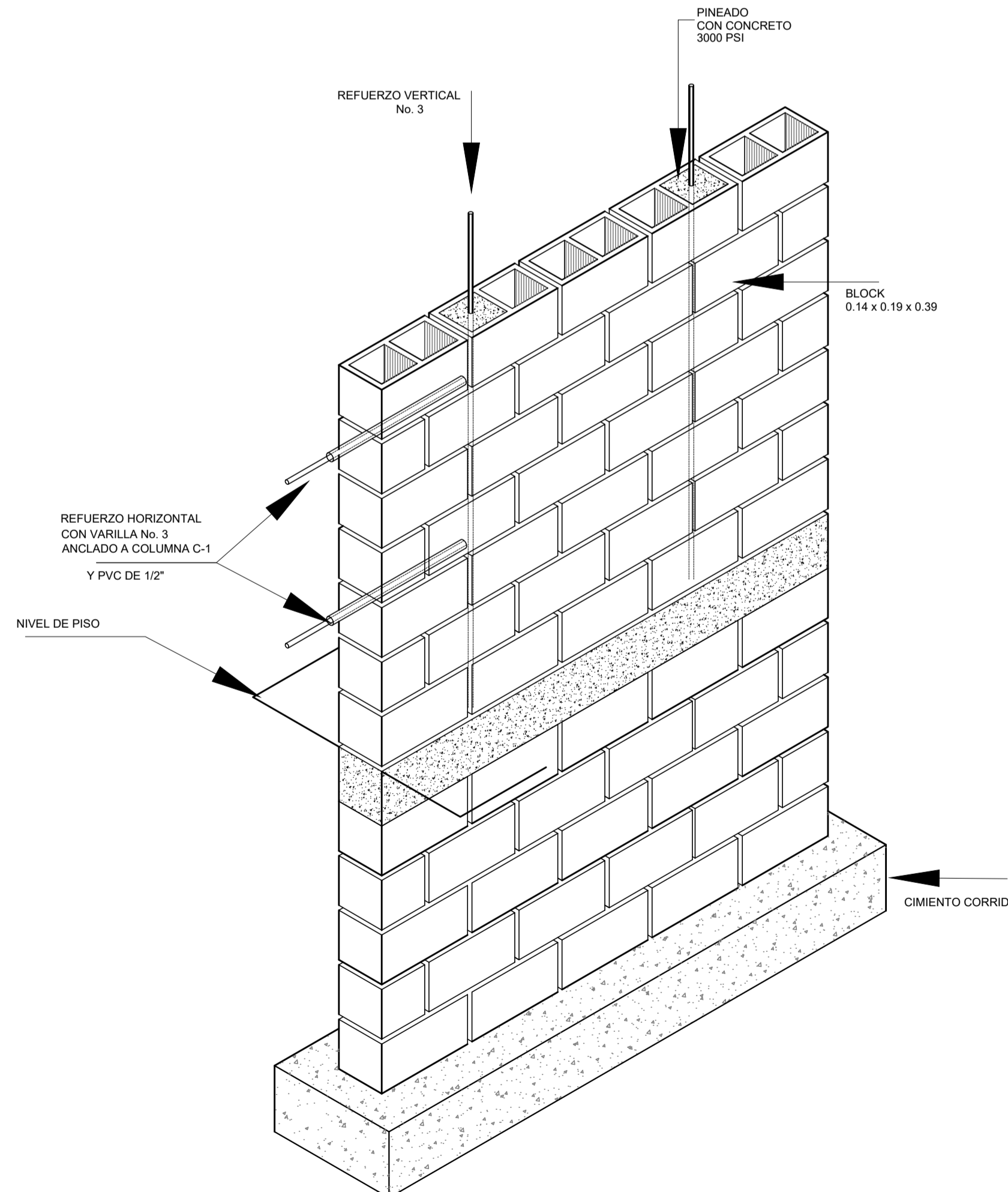
ARMADO DE COLUMNA TIPO C-4
 MÓDULO 2 ESCALA: 1/5



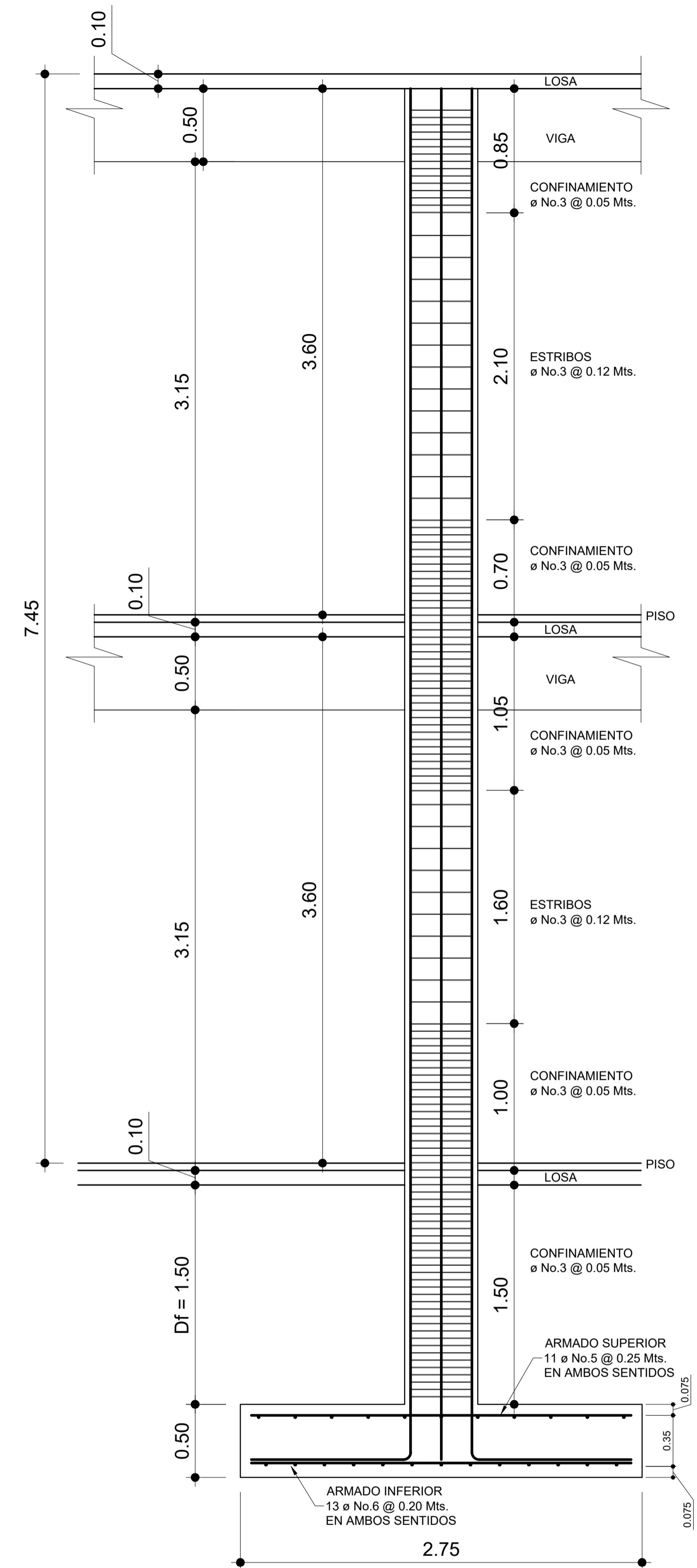
ARMADO DE MURO TABLAYESO
 MÓDULO 2 SIN ESCALA



ARMADO DE MURO DE BLOCK 2do NIVEL
 MÓDULO 1 y 2 SIN ESCALA

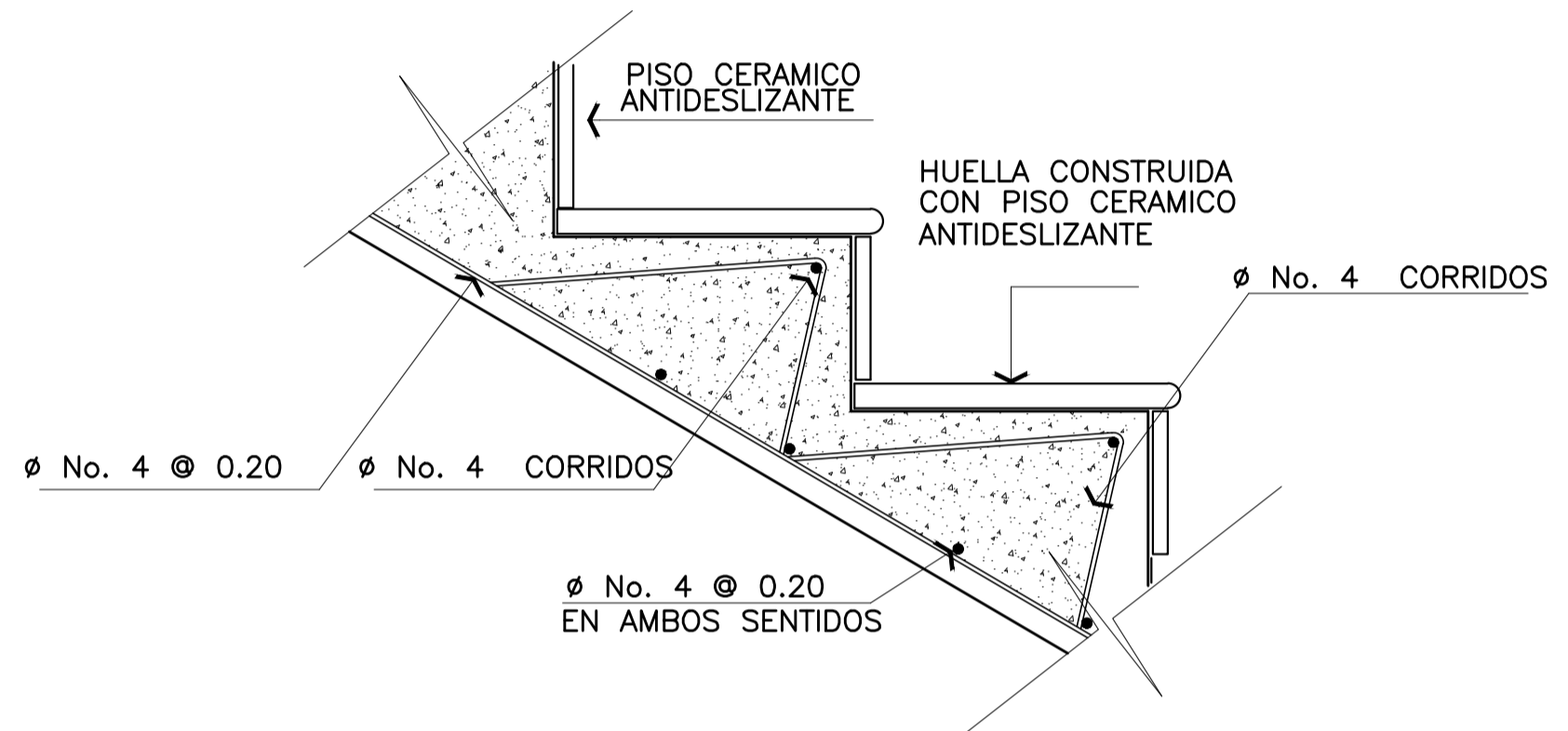
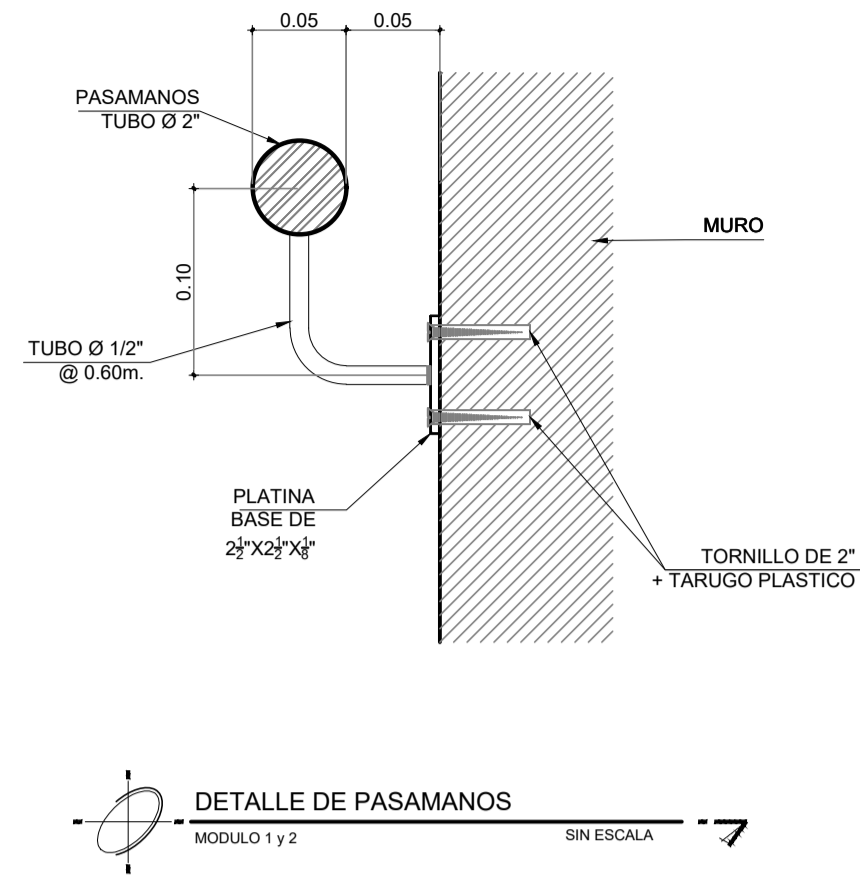
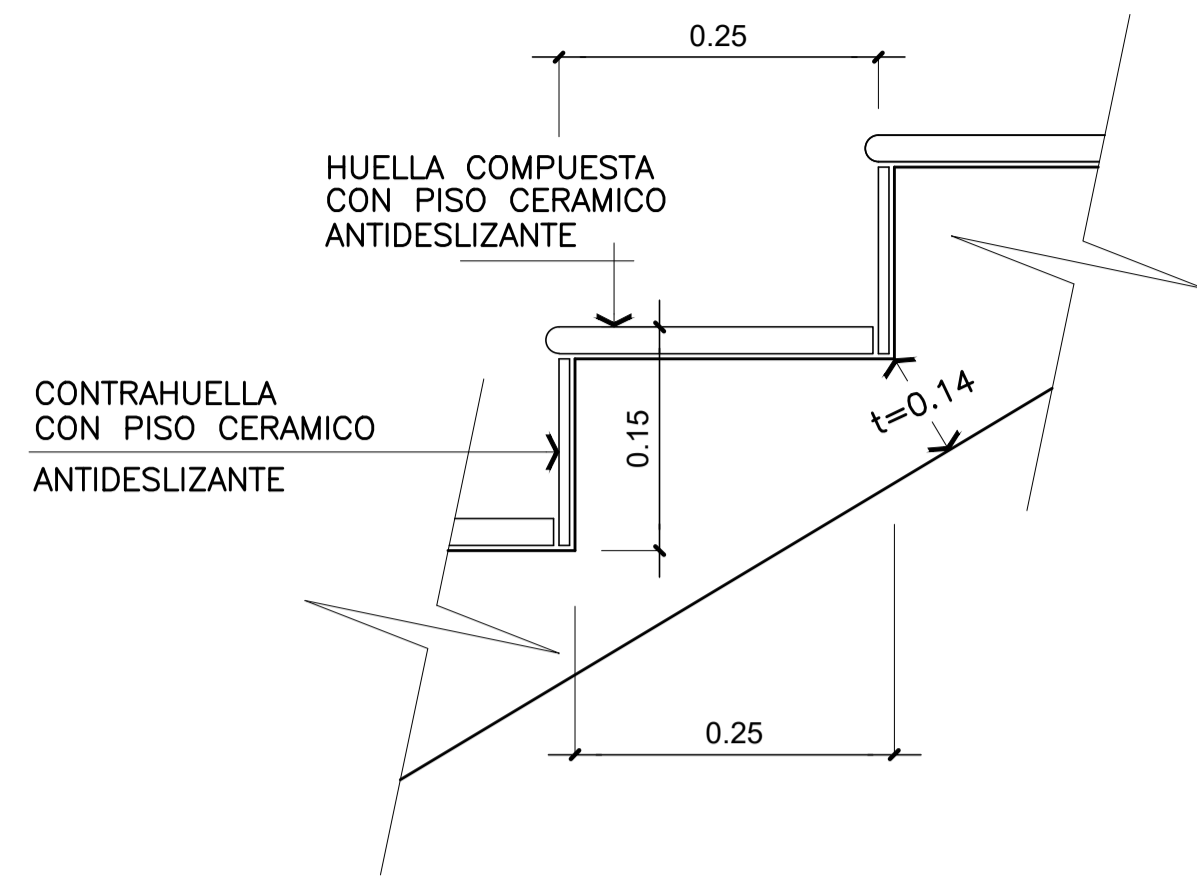


ARMADO DE MURO DE BLOCK 1er NIVEL
 MÓDULO 1 y 2 SIN ESCALA

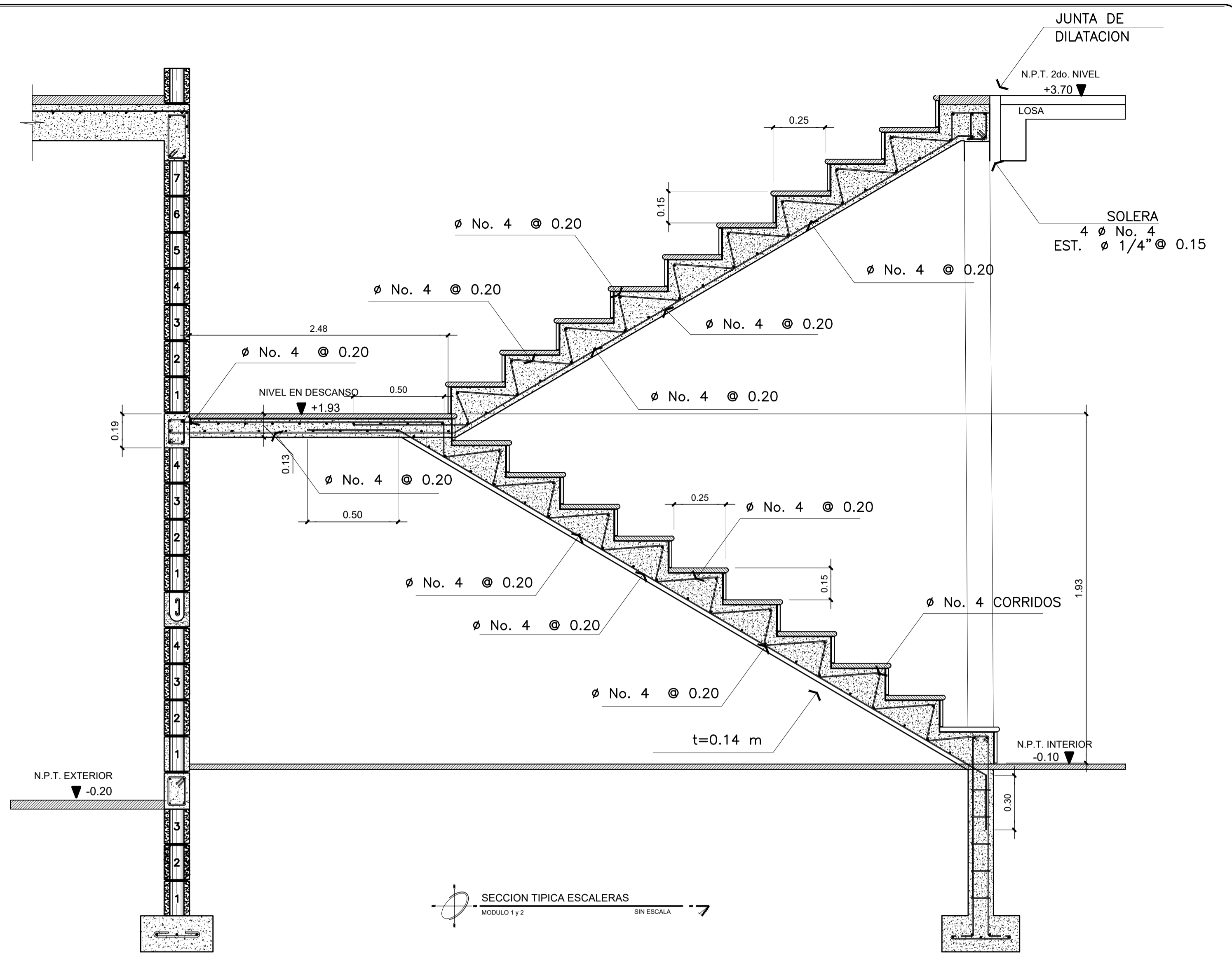


ARMADO DE COLUMNA TIPO C-1
 MÓDULO 1 y 2 ESCALA: 1/10

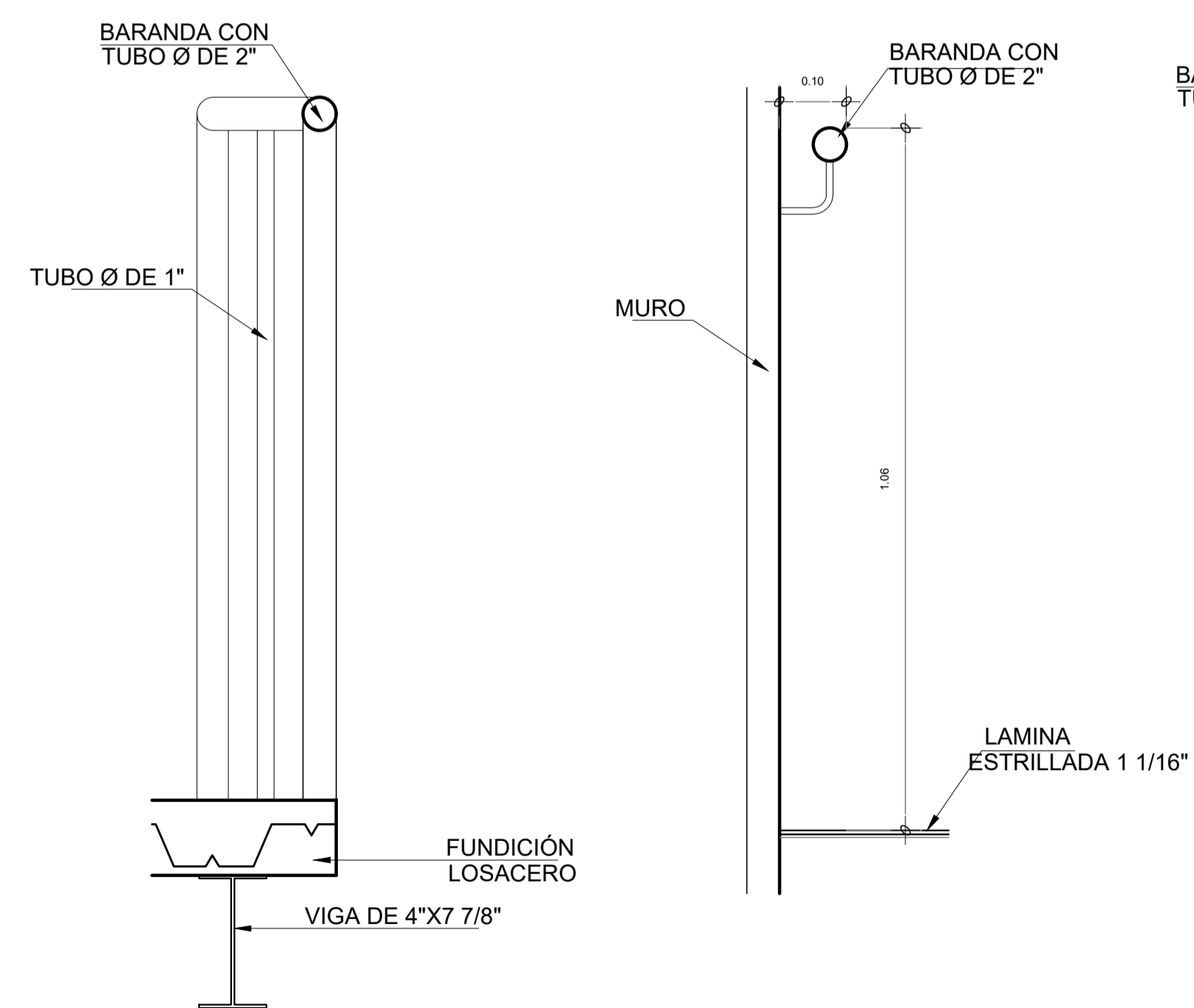
	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA		
	EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA		
CONTENIDO: DETALLE DE ARMADO DE COLUMNAS Y MUROS			
PROYECTO: DISEÑO DE UN EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA LA ESCUELA PRIMARIA No. 595 EN LA COLONIA VILLALOBOS I, ZONA 12 DE VILLA NUEVA, GUATEMALA			
FECHA:	OCTUBRE 2017	ESCALA HRZ.:	INDICADA
		ESCALA VERT.:	INDICADA
DISEÑO:	BARBARA MALDONADO	Vs. No. ASESORA EPS:	
CÁLULO:	BARBARA MALDONADO	INGA. CRISTINA DEL ROSARIO CLASION DE PINTO	



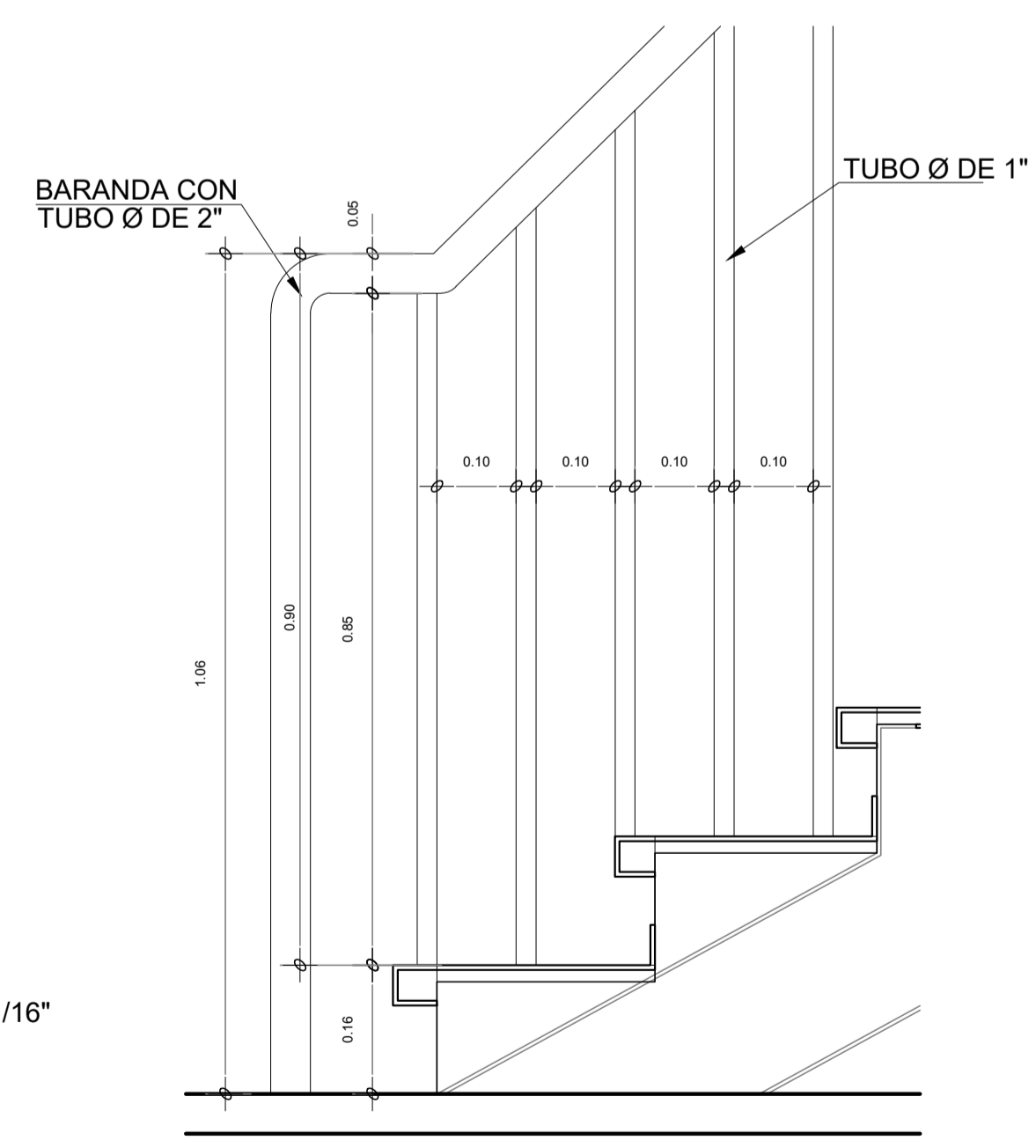
ARMADO DE GRADAS
MODULO 1 y 2
SIN ESCALA



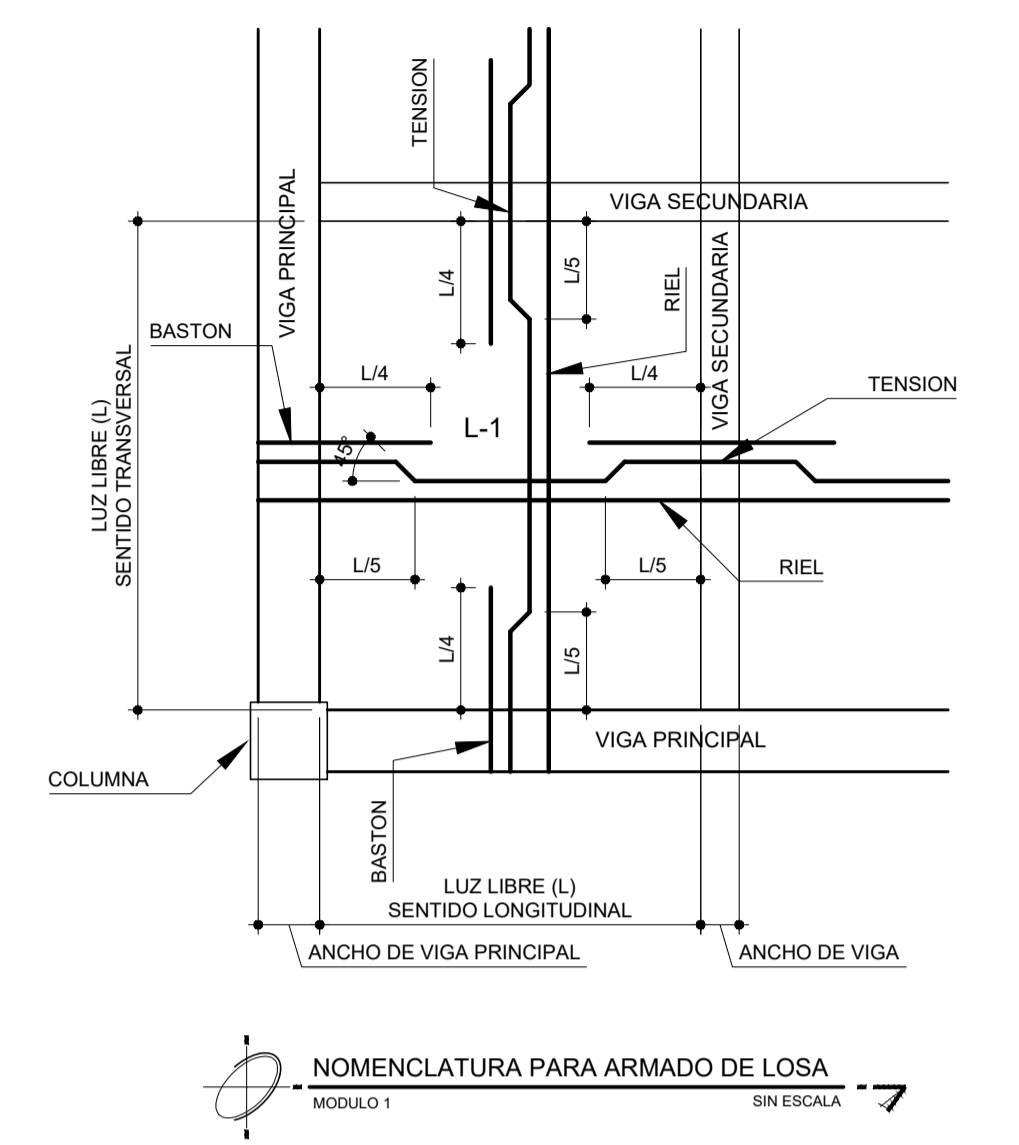
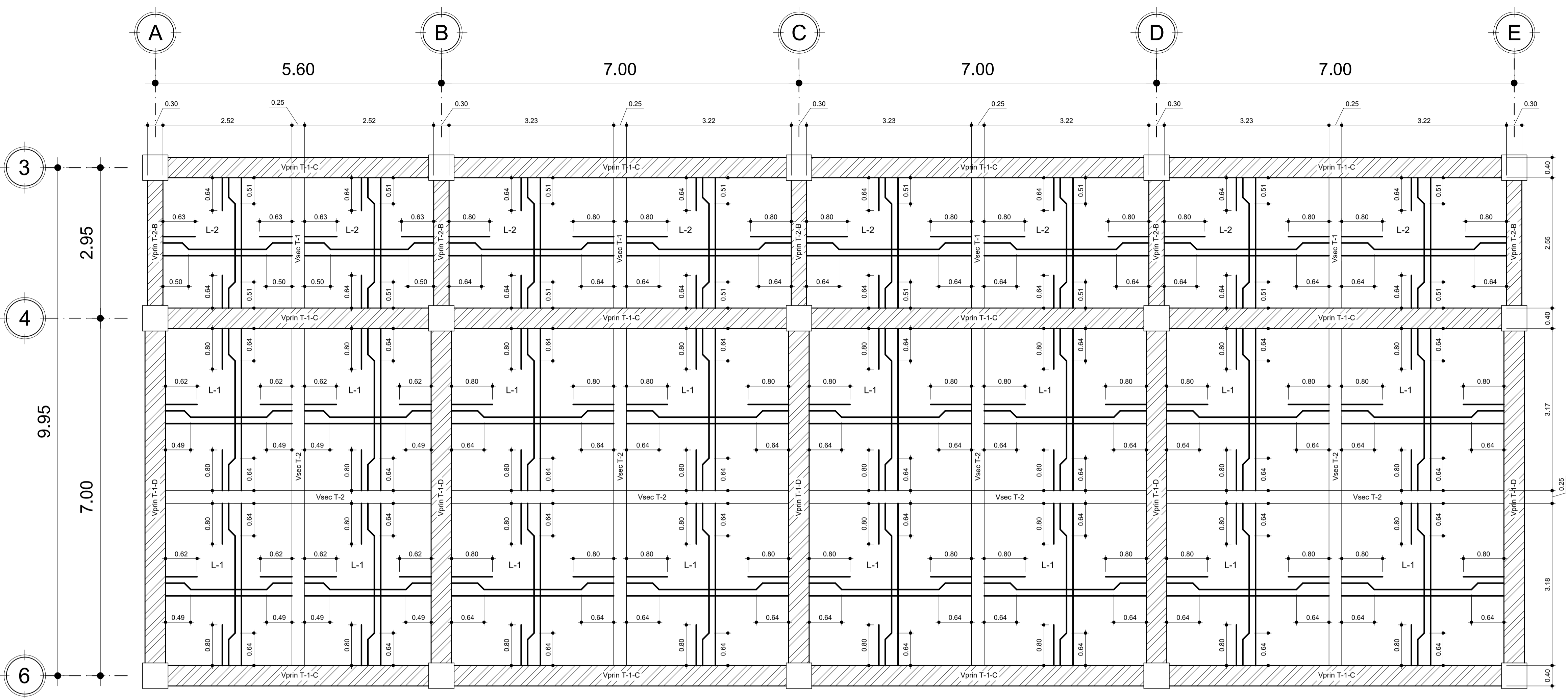
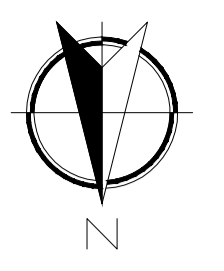
SECCION TIPICA ESCALERAS
MODULO 1 y 2
SIN ESCALA



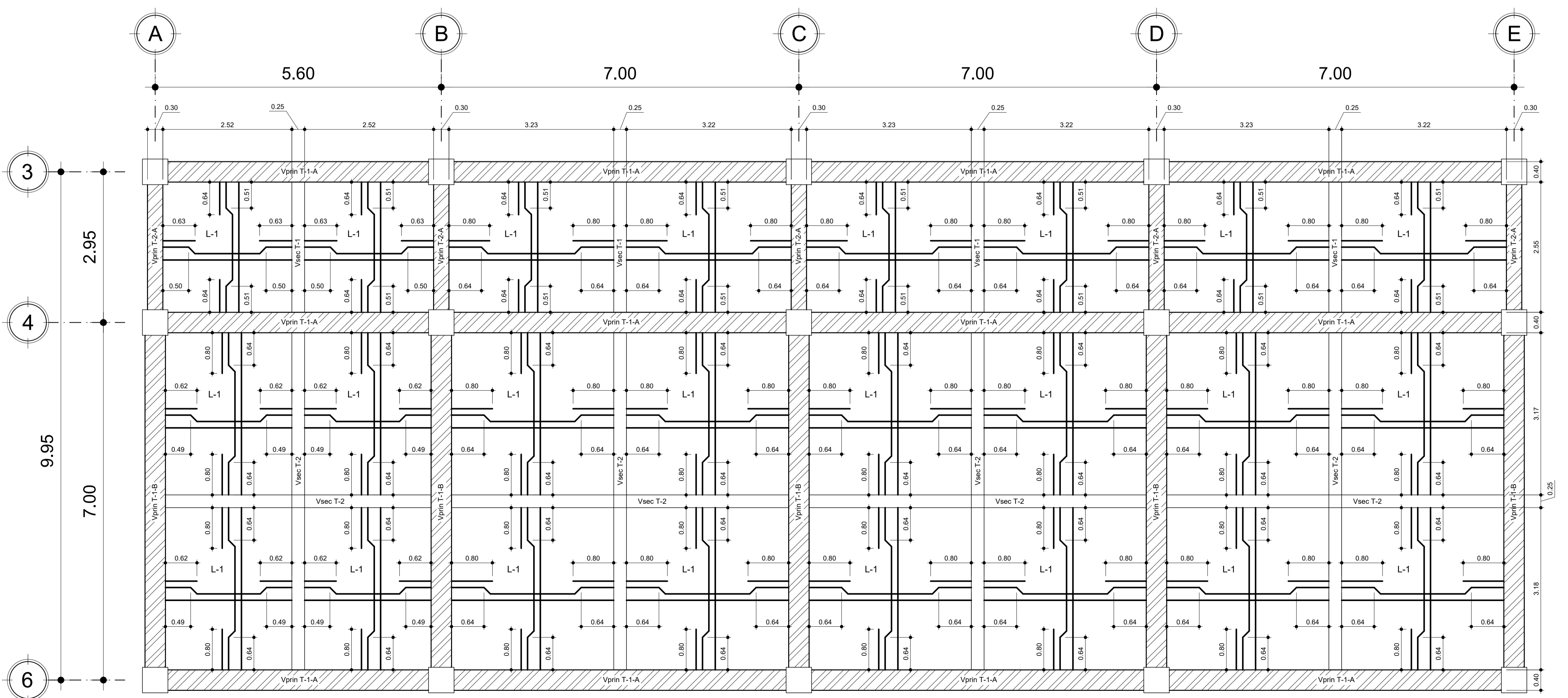
DETALLES PARA BARANDAS
MODULO 1 y 2
SIN ESCALA



	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA		
	EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA		
CONTENIDO: DETALLE DE GRADAS			
PROYECTO: DISEÑO DE UN EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA LA ESCUELA PRIMARIA No. 595 EN LA COLONIA VILLALOBOS I, ZONA 12 DE VILLA NUEVA, GUATEMALA			
FECHA: OCTUBRE 2017	ESCALA HRZ.: INDICADA	ESCALA VERT.: INDICADA	
DISEÑO: BARBARA MALDONADO	Vb. Bb. ASESORA EPS:		
CÁLULO: BARBARA MALDONADO	INGA. CRISTINA DEL ROSARIO CLAYSON DE PINTO		



PLANTA LOSAS Y VIGAS - PRIMER NIVEL
 MODULO 1 ESCALA: 1/50



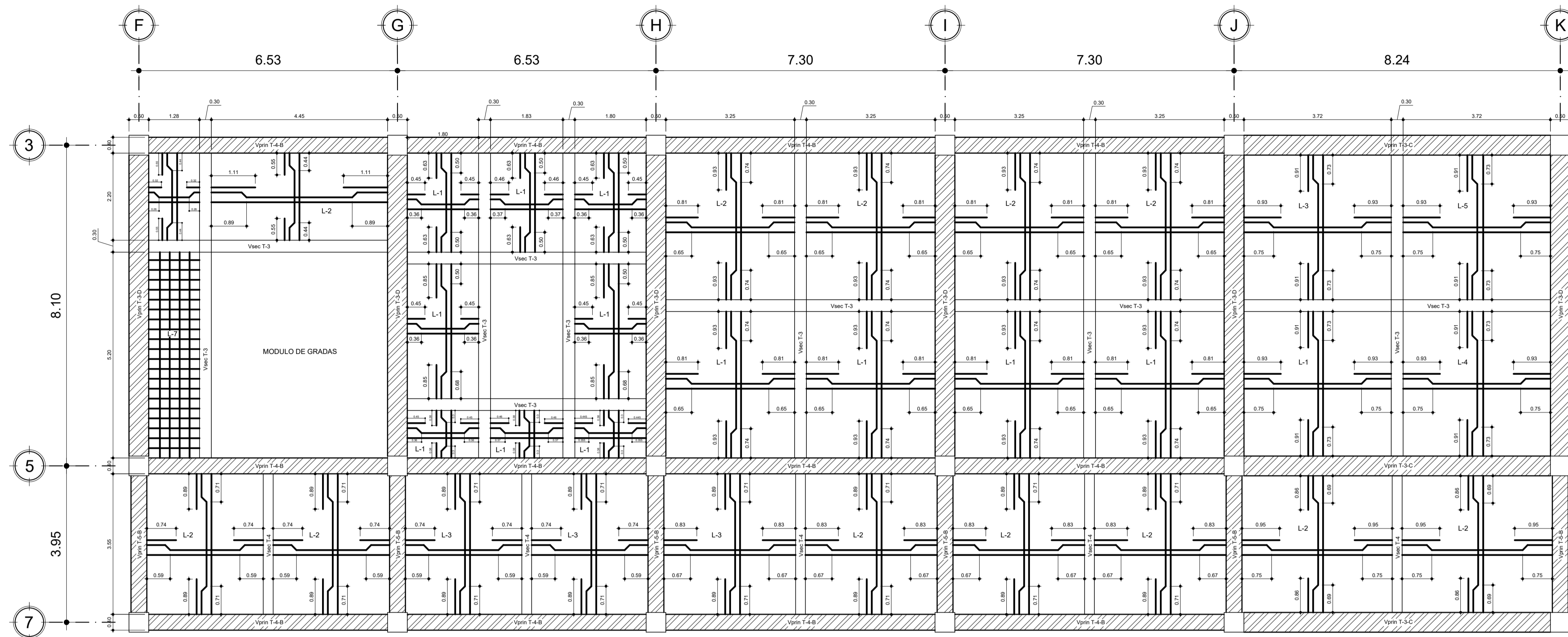
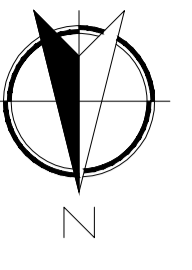
PLANTA LOSAS Y VIGAS - SEGUNDO NIVEL
 MODULO 1 ESCALA: 1/50

- ASPECTOS GENERALES:**
- EL CONCRETO DEBERA TENER UNA f_c DE 280 kg/cm² (4,000 PSI)
 - EL ACERO DEBERA TENER UN f_y DE 4,200 kg/cm² (GRADO 60)
 - EL PESO ESPECIFICO DEL CONCRETO DEBERA SER DE 2,400 kg/m³
 - EL TAMAÑO NOMINAL DEL AGREGADO GRUESO DEBERA SER DE 3/4"
 - EL TRASLAPE PARA UNA VARILLA No. 3 DEBERA SER DE 0.30 m.
 - Y UNA LONG. DE DESARROLLO DE 0.15m. PARA EL GANCHO A 90°
 - EL TRASLAPE PARA UNA VARILLA No. 4 DEBERA SER DE 0.40 m.
 - Y UNA LONG. DE DESARROLLO DE 0.20m. PARA EL GANCHO A 90°
 - EL TRASLAPE PARA UNA VARILLA No. 5 DEBERA SER DE 0.50 m.
 - Y UNA LONG. DE DESARROLLO DE 0.25m. PARA EL GANCHO A 90°
 - EL TRASLAPE PARA UNA VARILLA No. 6 DEBERA SER DE 0.60 m.
 - Y UNA LONG. DE DESARROLLO DE 0.30m. PARA EL GANCHO A 90°
 - EL TRASLAPE PARA UNA VARILLA No. 7 DEBERA SER DE 0.70 m.
 - Y UNA LONG. DE DESARROLLO DE 0.35m. PARA EL GANCHO A 90°
 - EL TRASLAPE PARA UNA VARILLA No. 8 DEBERA SER DE 0.80 m.
 - Y UNA LONG. DE DESARROLLO DE 0.40m. PARA EL GANCHO A 90°
 - EL TRASLAPE PARA UNA VARILLA No. 9 DEBERA SER DE 0.90 m.
 - Y UNA LONG. DE DESARROLLO DE 0.45m. PARA EL GANCHO A 90°
 - EL ESPOSR DE LA LOSA ES DE 0.10 m.

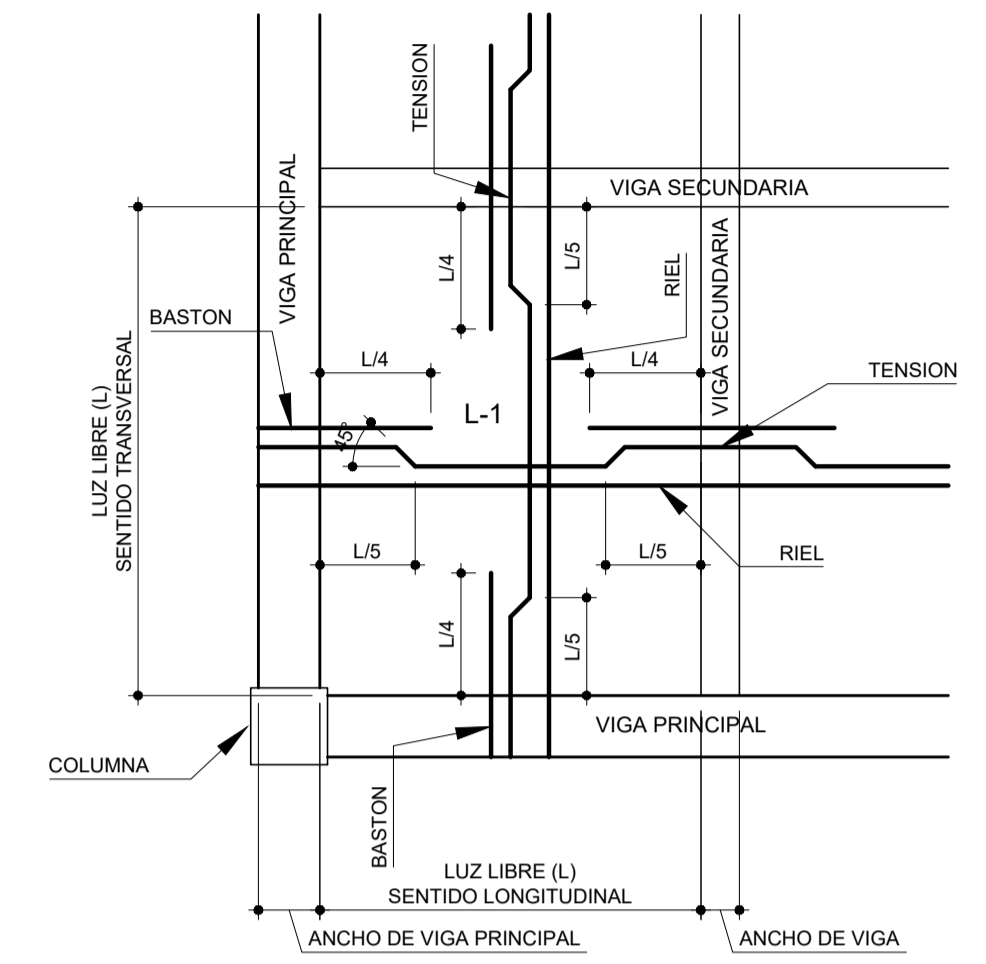
	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA
	ERJICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA
	CONTENIDO: ARMADO DE LOSAS Y VIGAS
PROYECTO: DISEÑO DE UN EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA LA ESCUELA PRIMARIA No. 595 EN LA COLONIA VILLALOBOS I, ZONA 12 DE VILLA NUEVA, GUATEMALA	

FECHA: OCTUBRE 2017	ESCALA HRZ.: 1 / 50	ESCALA VERT.: 1 / 50
---------------------	---------------------	----------------------

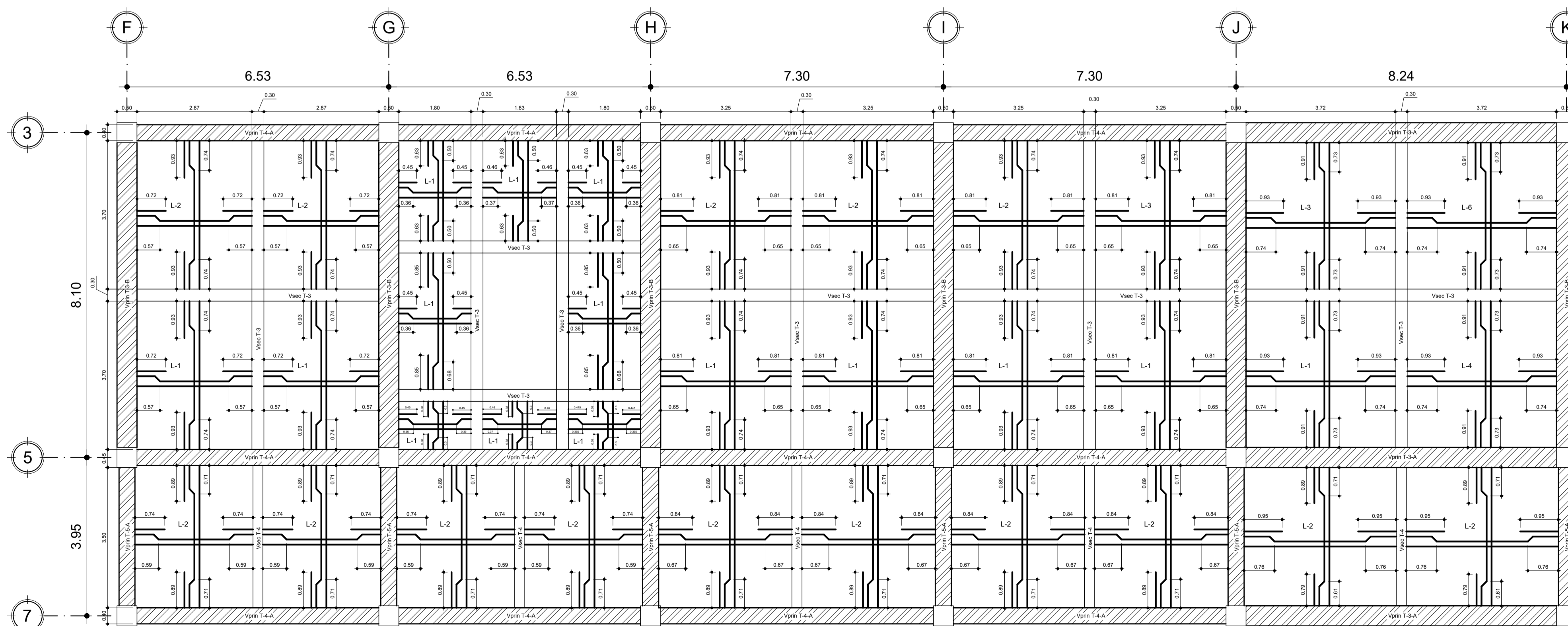
DISEÑO: BARBARA MALDONADO	Vs. Bb. ASESORA EPS:	15 / 31
CÁLULO: BARBARA MALDONADO	INGA. CRISTINA DEL ROSARIO CLAYSON DE PINTO	



PLANTA LOSAS Y VIGAS - PRIMER NIVEL
MODULO 2 ESCALA: 1/75



NOMENCLATURA PARA ARMADO DE LOSA
MODULO 2 SIN ESCALA



PLANTA LOSAS Y VIGAS - SEGUNDO NIVEL
MODULO 2 ESCALA: 1/75

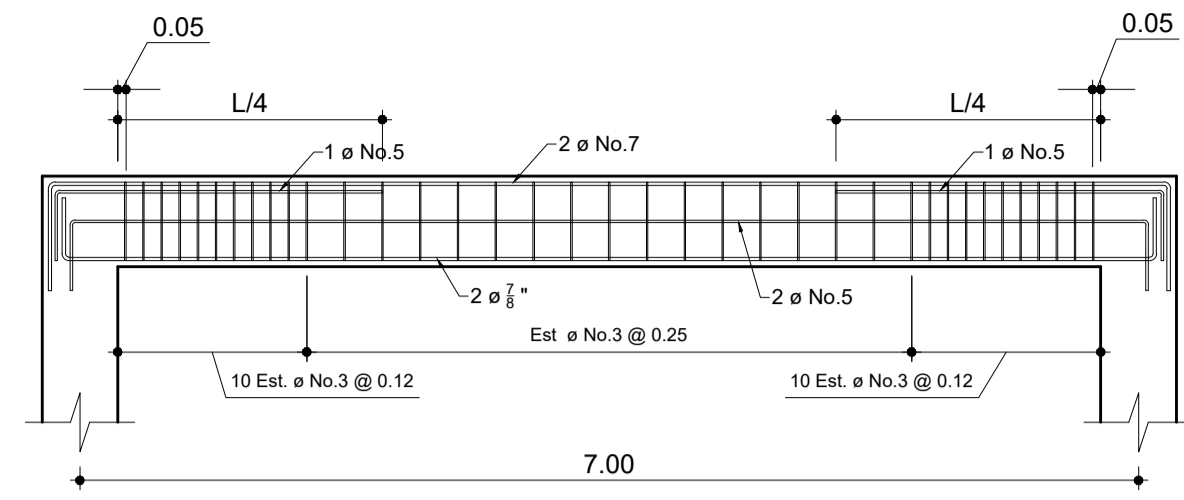
ASPECTOS GENERALES:

- EL CONCRETO DEBERA TENER UNA f_c DE 280 kg/cm² (4,000 PSI)
- EL ACERO DEBERA TENER UN f_y DE 4,200 kg/cm² (GRADO 60)
- EL PESO ESPECIFICO DEL CONCRETO DEBERA SER DE 2,400 kg/m³
- EL TAMAÑO NOMINAL DEL AGREGADO GRUESO DEBERA SER DE 3/4"
- EL TRASLAPE PARA UNA VARILLA No. 3 DEBERA SER DE 0.30 m. Y UNA LONG. DE DESARROLLO DE 0.15m. PARA EL GANCHO A 90°
- EL TRASLAPE PARA UNA VARILLA No. 4 DEBERA SER DE 0.40 m. Y UNA LONG. DE DESARROLLO DE 0.20m. PARA EL GANCHO A 90°
- EL TRASLAPE PARA UNA VARILLA No. 5 DEBERA SER DE 0.50 m. Y UNA LONG. DE DESARROLLO DE 0.25m. PARA EL GANCHO A 90°
- EL TRASLAPE PARA UNA VARILLA No. 6 DEBERA SER DE 0.60 m. Y UNA LONG. DE DESARROLLO DE 0.30m. PARA EL GANCHO A 90°
- EL TRASLAPE PARA UNA VARILLA No. 7 DEBERA SER DE 0.70 m. Y UNA LONG. DE DESARROLLO DE 0.35m. PARA EL GANCHO A 90°
- EL TRASLAPE PARA UNA VARILLA No. 8 DEBERA SER DE 0.80 m. Y UNA LONG. DE DESARROLLO DE 0.40m. PARA EL GANCHO A 90°
- EL TRASLAPE PARA UNA VARILLA No. 9 DEBERA SER DE 0.90 m. Y UNA LONG. DE DESARROLLO DE 0.45m. PARA EL GANCHO A 90°
- EL ESPESOR DE LA LOSA ES DE 0.10 m.

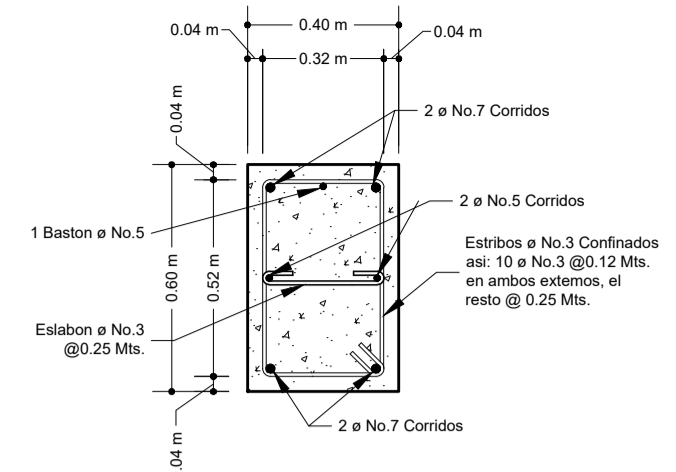
	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA
	ERERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA
CONTENIDO: ARMADO DE LOSAS Y VIGAS	
PROYECTO: DISEÑO DE UN EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA LA ESCUELA PRIMARIA No. 595 EN LA COLONIA VILLALOBOS I, ZONA 12 DE VILLA NUEVA, GUATEMALA	

FECHA: OCTUBRE 2017	ESCALA HRZ.: 1 / 75	ESCALA VERT.: 1 / 75
---------------------	---------------------	----------------------

DISEÑO: BARBARA MALDONADO	Vs. No. ASESORA EPS:	16 31
CÁLULO: BARBARA MALDONADO	ING. CRISTINA DEL ROSARIO CLASSON DE PINTO	

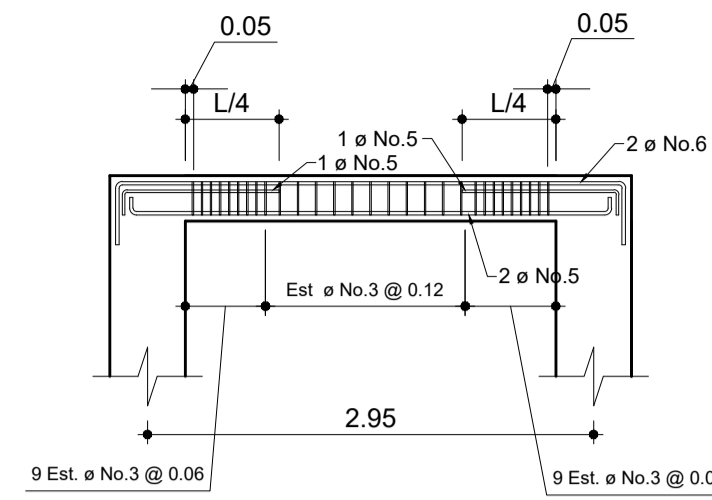


SECCION LONG. VIGA T-1-A
MODULO 1 ESCALA: 1/50

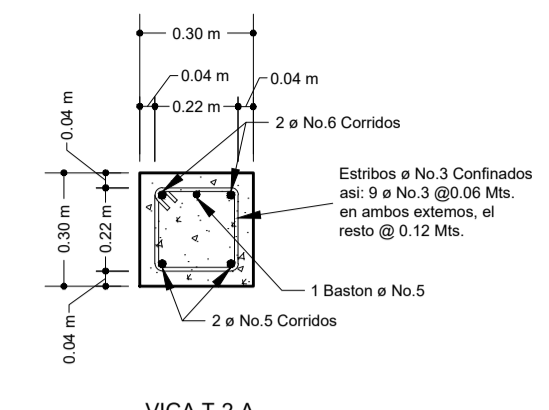


VIGA T-1-A
4 e No. 7 + 2 e No. 5 corridos + Baston e No. 5
+ 1 Est. e No. 3 a 0.05 Mts. del rostro de la columna en ambos extremos
+ 10 Est. e No. 3 @ 0.12 Mts. (confinamiento en los extremos)
+ 10 Est. e No. 3 @ 0.25 Mts.
+ Est. e No. 3 @ 0.25 Mts. (complementario)

SECCION TRANS. VIGA T-1-A
MODULO 1 ESCALA: 1/20

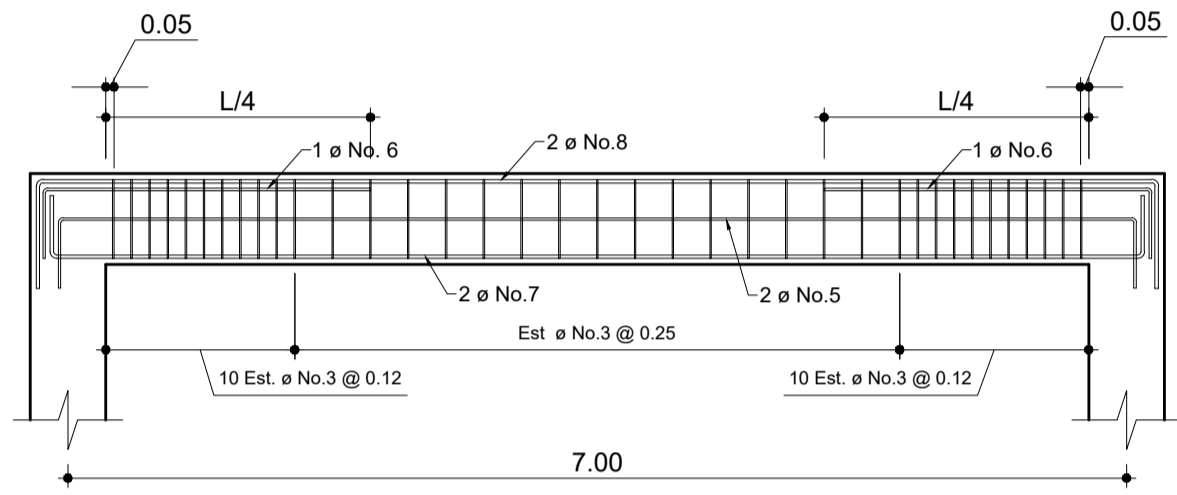


SECCION LONG. VIGA T-2-A
MODULO 1 ESCALA: 1/50

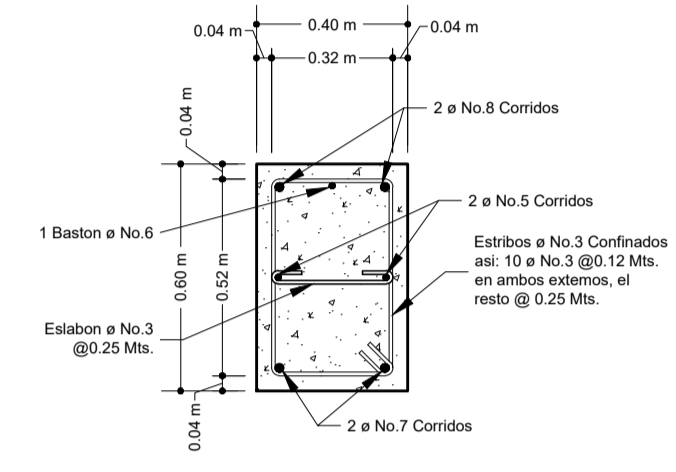


VIGA T-2-A
2 e No. 6 + 2 e No. 5 corridos + Baston e No. 5
+ 1 Est. e No. 3 a 0.05 Mts. del rostro de la columna en ambos extremos
+ 9 Est. e No. 3 @ 0.06 Mts. (confinamiento en los extremos)
+ 11 Est. e No. 3 @ 0.12 Mts.

SECCION TRANS. VIGA T-2-A
MODULO 1 ESCALA: 1/20

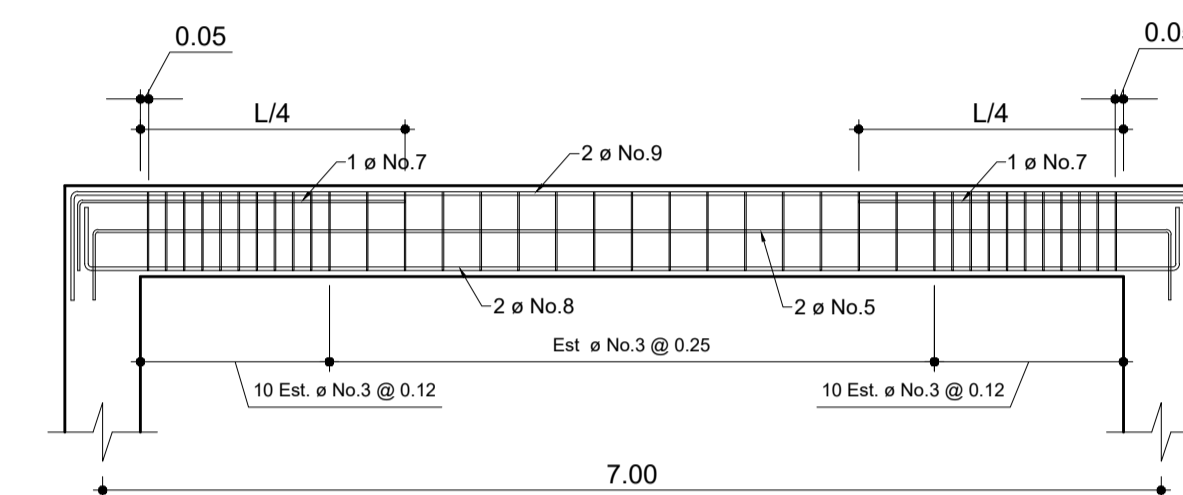


SECCION LONG. VIGA T-1-B
MODULO 1 ESCALA: 1/50

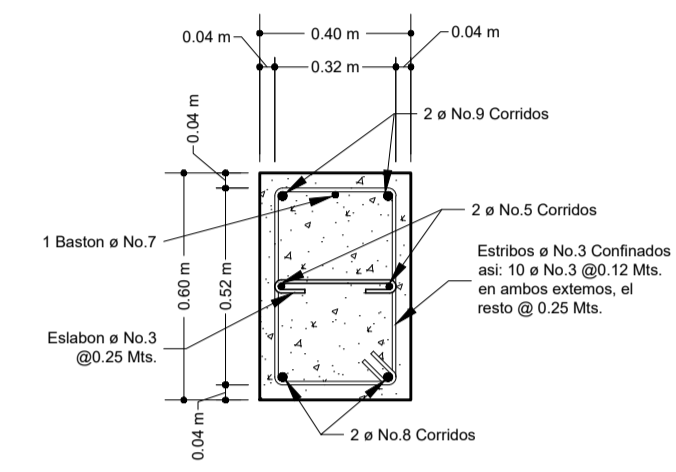


VIGA T-1-B
2 e No. 8 + 2 e No. 5 corridos + 2 e No. 7 corridos + Baston e No. 6
+ 1 Est. e No. 3 a 0.05 Mts. del rostro de la columna en ambos extremos
+ 10 Est. e No. 3 @ 0.12 Mts. (confinamiento en los extremos)
+ 16 Est. e No. 3 @ 0.25 Mts.
+ Est. e No. 3 @ 0.25 Mts. (complementario)

SECCION TRANS. VIGA T-1-B
MODULO 1 ESCALA: 1/20

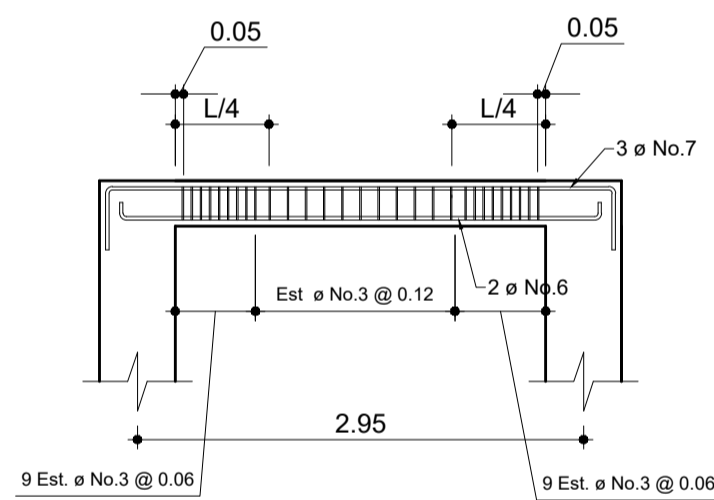


SECCION LONG. VIGA T-1-C
MODULO 1 ESCALA: 1/50

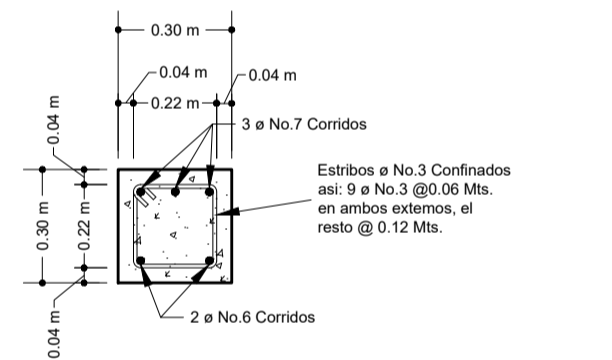


VIGA T-1-C
2 e No. 9 + 2 e No. 5 corridos + 2 e No. 8 + Baston e No. 7
+ 1 Est. e No. 3 a 0.05 Mts. del rostro de la columna en ambos extremos
+ 10 Est. e No. 3 @ 0.12 Mts. (confinamiento en los extremos)
+ 10 Est. e No. 3 @ 0.25 Mts.
+ Est. e No. 3 @ 0.25 Mts. (complementario)

SECCION TRANS. VIGA T-1-C
MODULO 1 ESCALA: 1/20

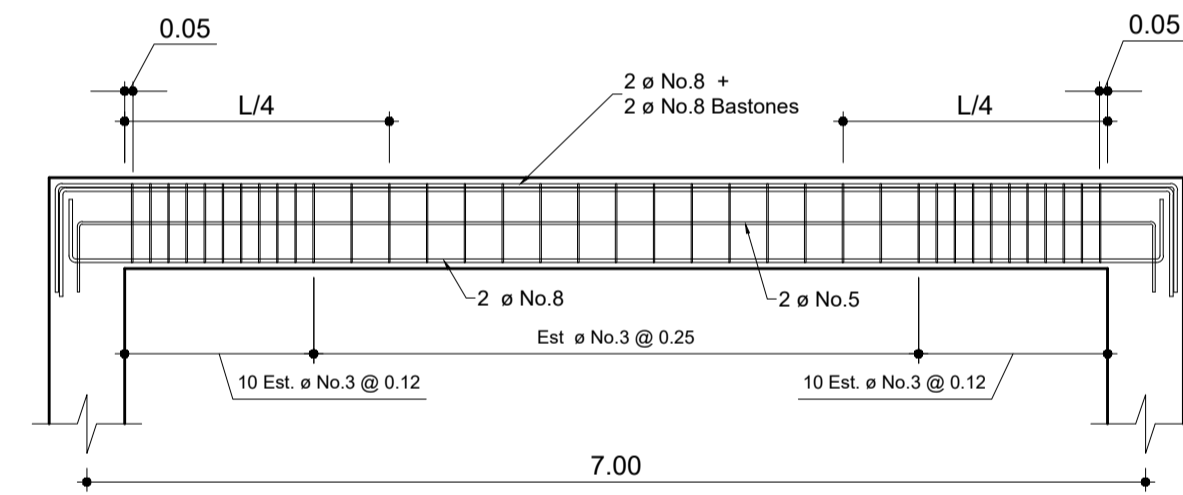


SECCION LONG. VIGA T-2-B
MODULO 1 ESCALA: 1/50

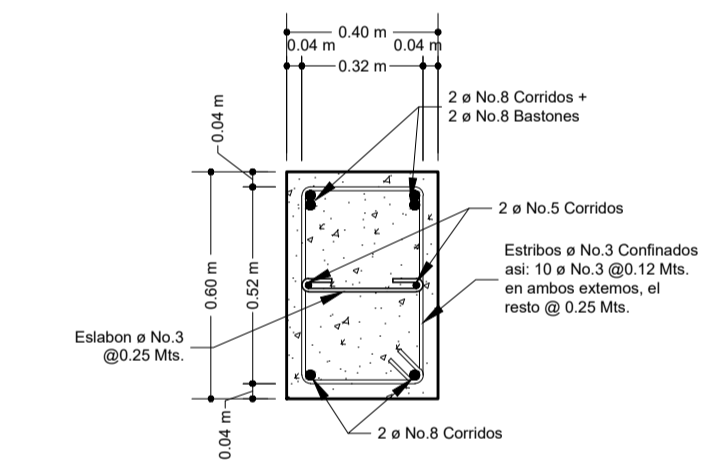


VIGA T-2-B
3 e No. 7 + 2 e No. 6 corridos
+ 1 Est. e No. 3 a 0.05 Mts. del rostro de la columna en ambos extremos
+ 9 Est. e No. 3 @ 0.06 Mts. (confinamiento en los extremos)
+ 11 Est. e No. 3 @ 0.12 Mts.

SECCION TRANS. VIGA T-2-B
MODULO 1 ESCALA: 1/20

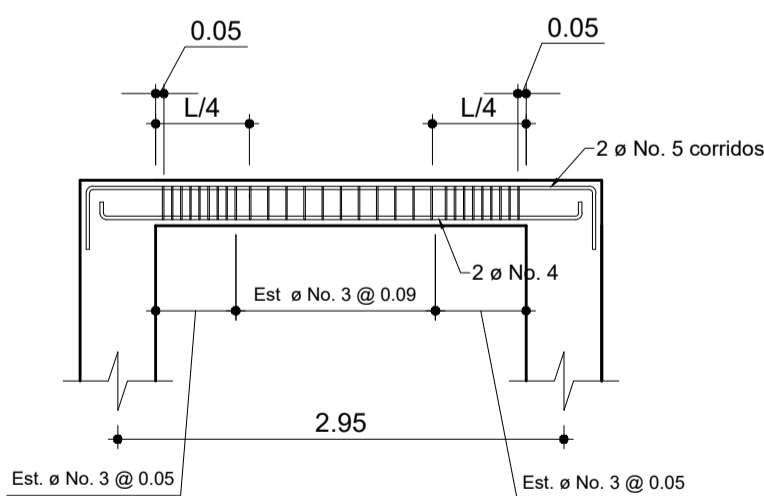


SECCION LONG. VIGA T-1-D
MODULO 1 ESCALA: 1/50

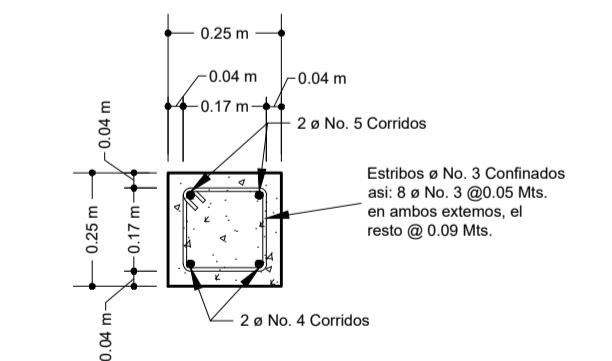


VIGA T-1-D
4 e No. 8 Corridos + 2 e No. 8 corridos + 2 e No. 5 corridos
+ 1 Est. e No. 3 a 0.05 Mts. del rostro de la columna en ambos extremos
+ 10 Est. e No. 3 @ 0.12 Mts. (confinamiento en los extremos)
+ 16 Est. e No. 3 @ 0.25 Mts.
+ Est. e No. 3 @ 0.25 Mts. (complementario)

SECCION TRANS. VIGA T-1-D
MODULO 1 ESCALA: 1/20

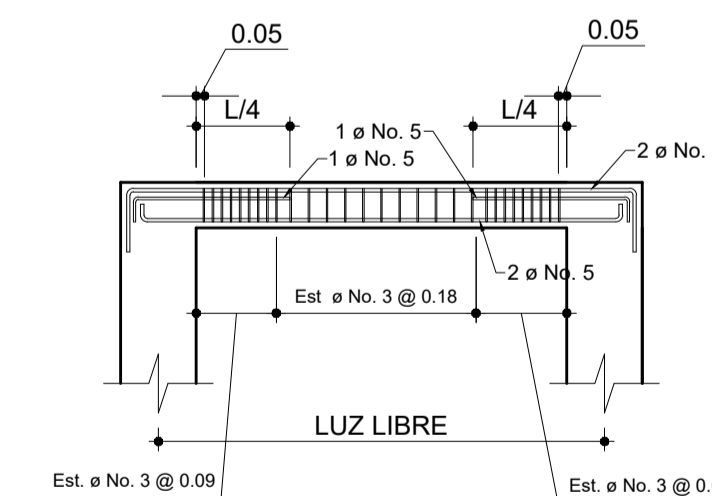


SECCION LONG. VIGA SECUNDARIA T-1
MODULO 1 ESCALA: 1/50

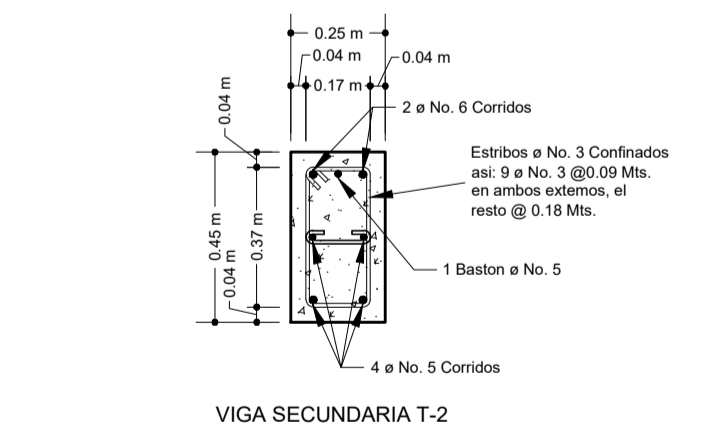


VIGA SECUNDARIA T-1
2 e No. 3 + 2 e No. 5 corridos + Baston e No. 5
+ 1 Est. e No. 3 a 0.05 Mts. del rostro de la columna en ambos extremos
+ 9 Est. e No. 3 @ 0.05 Mts. (confinamiento en los extremos)
+ 11 Est. e No. 3 @ 0.09 Mts.

SECCION TRANS. VIGA SECUNDARIA T-1
MODULO 1 ESCALA: 1/20



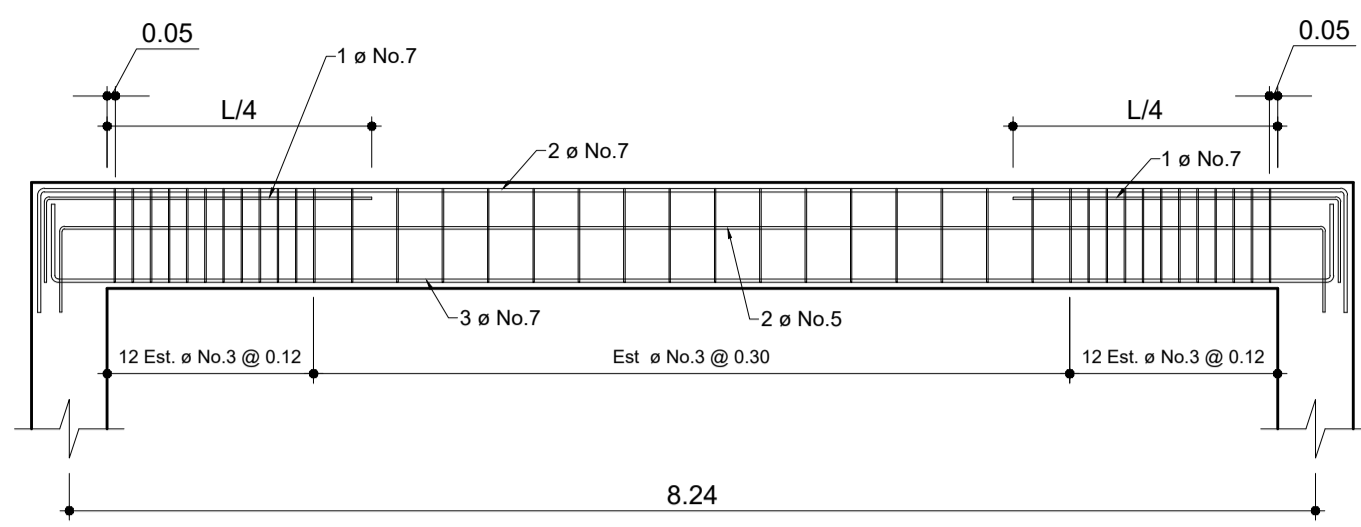
SECCION LONG. VIGA SECUNDARIA T-2
MODULO 1 ESCALA: 1/50



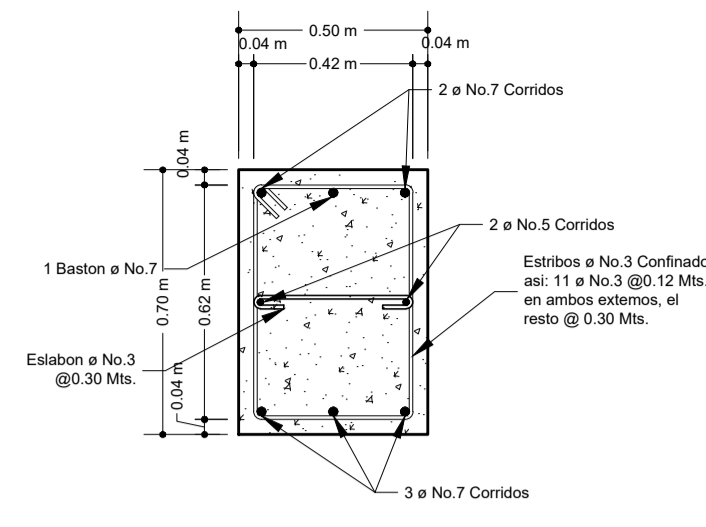
VIGA SECUNDARIA T-2
2 e No. 3 + 2 e No. 5 corridos + Baston e No. 5
+ 1 Est. e No. 3 a 0.05 Mts. del rostro de la columna en ambos extremos
+ 9 Est. e No. 3 @ 0.09 Mts. (confinamiento en los extremos)
+ 11 Est. e No. 3 @ 0.18 Mts.

SECCION TRANS. VIGA SECUNDARIA T-2
MODULO 1 ESCALA: 1/20

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA	
	EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA	
CONTENIDO: DETALLE DE ARMADO DE VIGAS #1		
PROYECTO: DISEÑO DE UN EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA LA ESCUELA PRIMARIA No. 595 EN LA COLONIA VILLALOBOS I, ZONA 12 DE VILLA NUEVA, GUATEMALA		
FECHA: OCTUBRE 2017	ESCALA HRZ.: INDICADA	ESCALA VERT.: INDICADA
DISEÑO: BARBARA MALDONADO	Vb. Ito. ASESORA EPS: INGA. CHRISTA DEL ROSARIO CLASSON DE FINO	
CÁLCULO: BARBARA MALDONADO	17 31	



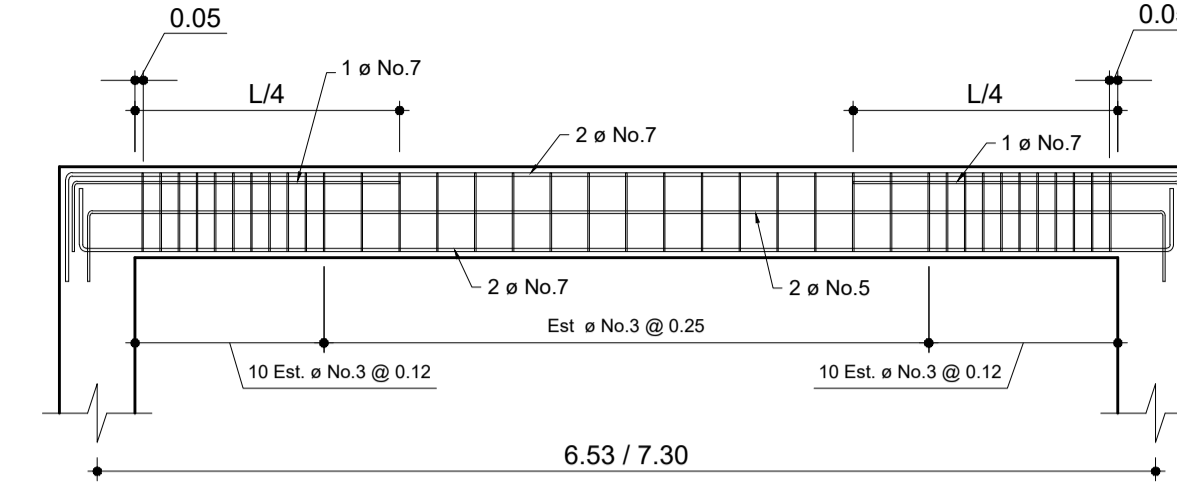
SECCION LONG. VIGA T-3-A
MODULO 1 ESCALA: 1/50



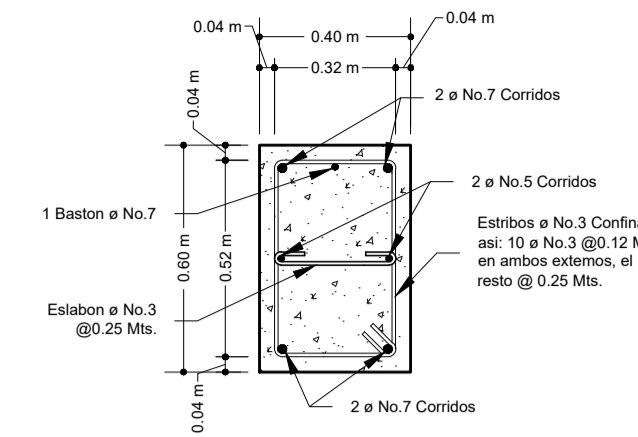
VIGA T-3-A

4 \varnothing No. 7 + 2 \varnothing No. 5 corchos + 2 Bastones \varnothing No. 7
 + 1 Est. \varnothing No. 3 a 0.05 Mts. del rostro de la columna en ambos extremos
 + 11 Est. \varnothing No. 3 @ 0.12 Mts. (confinamiento en los extremos)
 + 16 Est. \varnothing No. 3 @ 0.30 Mts.
 + Est. \varnothing No. 3 @ 0.25 Mts. (complementario)

SECCION TRANS. VIGA T-3-A
MODULO 1 ESCALA: 1/20



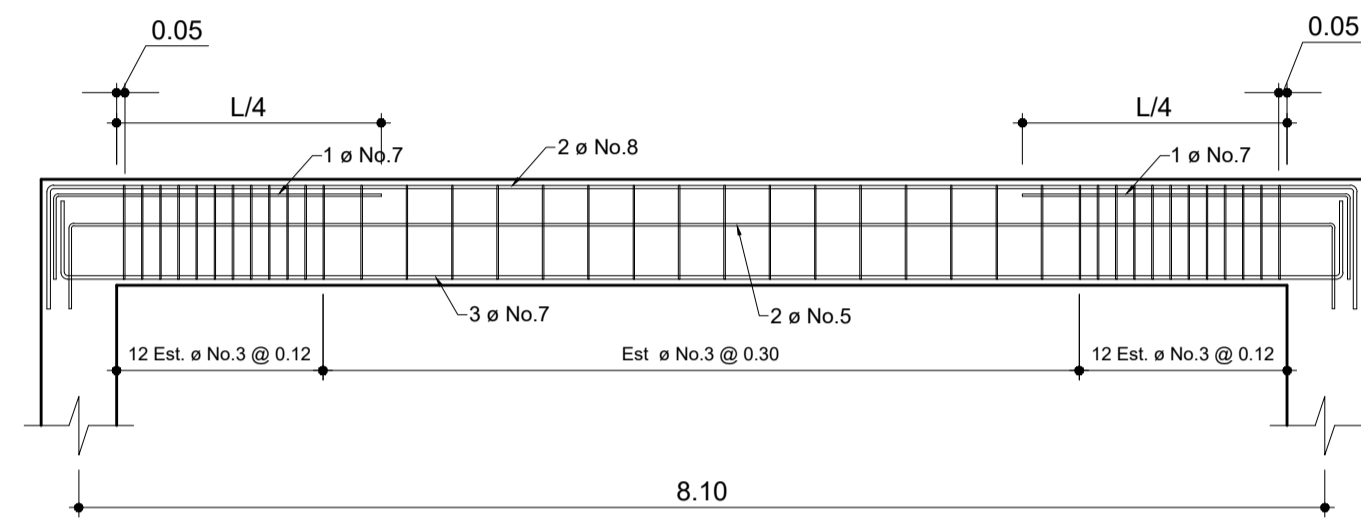
SECCION LONG. VIGA T-4-A
MODULO 1 ESCALA: 1/50



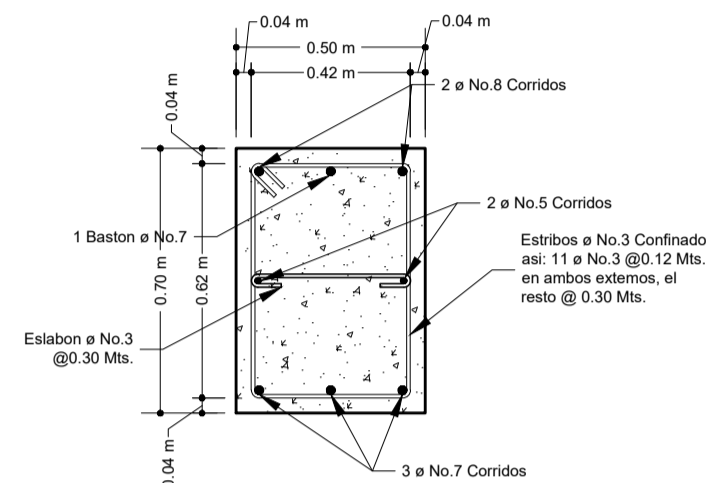
VIGA T-4-A

2 \varnothing No. 7 + 2 \varnothing No. 7 corchos + 2 \varnothing No. 5 corchos + Baston \varnothing No. 7 en ambos extremos
 + 1 Est. \varnothing No. 3 a 0.05 Mts. del rostro de la columna en ambos extremos
 + 10 Est. \varnothing No. 3 @ 0.12 Mts. (confinamiento en los extremos)
 + 16 Est. \varnothing No. 3 @ 0.25 Mts.
 + Est. \varnothing No. 3 @ 0.25 Mts. (complementario)

SECCION TRANS. VIGA T-4-A
MODULO 1 ESCALA: 1/20



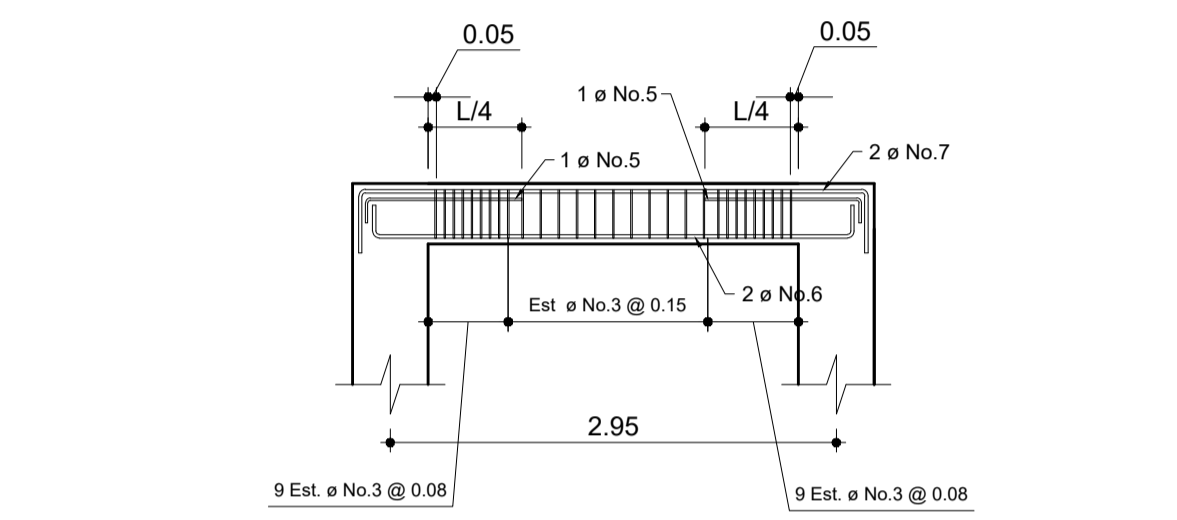
SECCION LONG. VIGA T-3-B
MODULO 1 ESCALA: 1/50



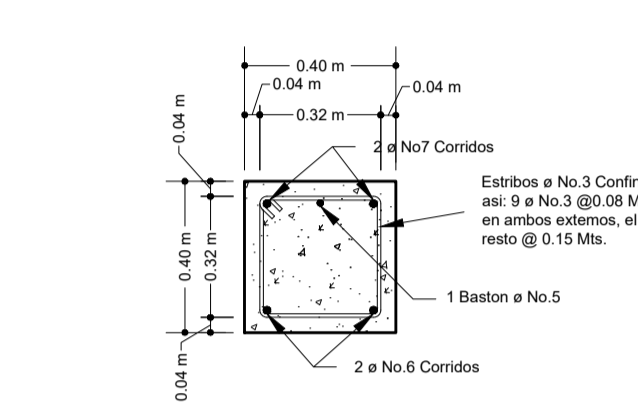
VIGA T-3-B

2 \varnothing No. 8 + 3 \varnothing No. 7 corchos + 2 \varnothing No. 5 corchos + Baston \varnothing No. 7 en ambos extremos
 + 1 Est. \varnothing No. 3 a 0.05 Mts. del rostro de la columna en ambos extremos
 + 11 Est. \varnothing No. 3 @ 0.12 Mts. (confinamiento en los extremos)
 + 16 Est. \varnothing No. 3 @ 0.30 Mts.
 + Est. \varnothing No. 3 @ 0.30 Mts. (complementario)

SECCION TRANS. VIGA T-3-B
MODULO 1 ESCALA: 1/20



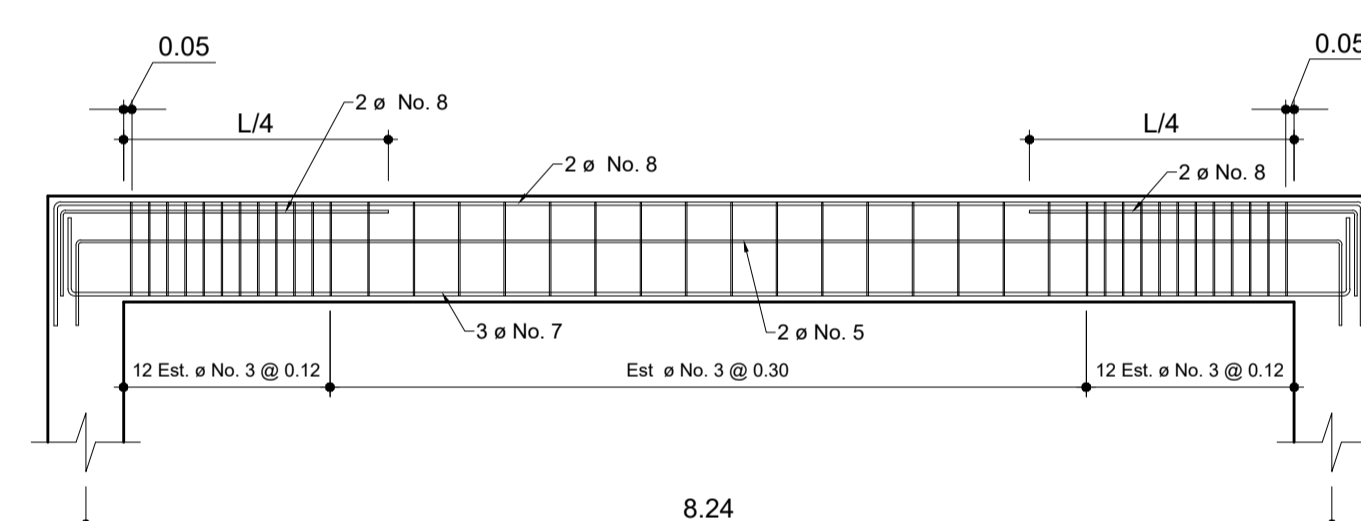
SECCION LONG. VIGA T-5-A
MODULO 1 ESCALA: 1/50



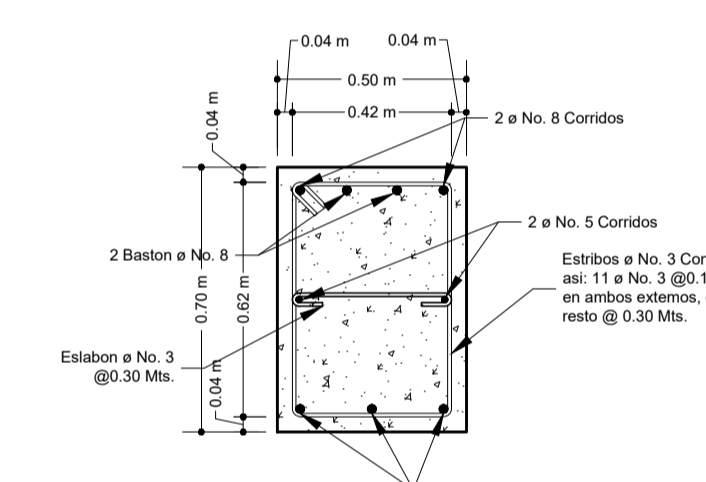
VIGA T-5-A

2 \varnothing No. 7 + 2 \varnothing No. 6 corchos + 1 Baston \varnothing No. 5 en ambos extremos
 + 1 Est. \varnothing No. 3 a 0.05 Mts. del rostro de la columna en ambos extremos
 + 9 Est. \varnothing No. 3 @ 0.08 Mts. (confinamiento en los extremos)
 + 11 Est. \varnothing No. 3 @ 0.15 Mts.

SECCION TRANS. VIGA T-5-A
MODULO 1 ESCALA: 1/20



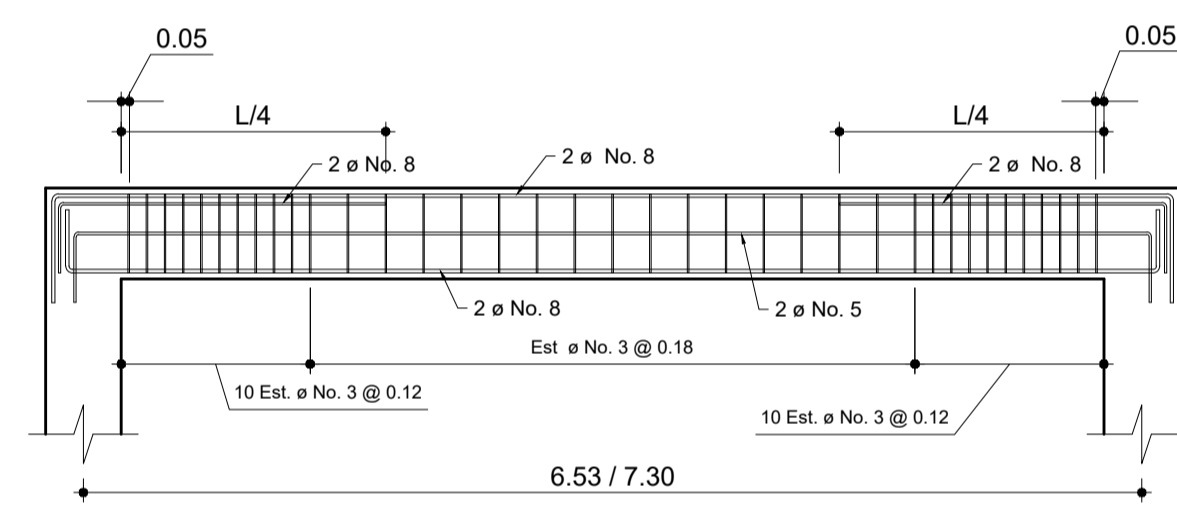
SECCION LONG. VIGA T-3-C
MODULO 1 ESCALA: 1/50



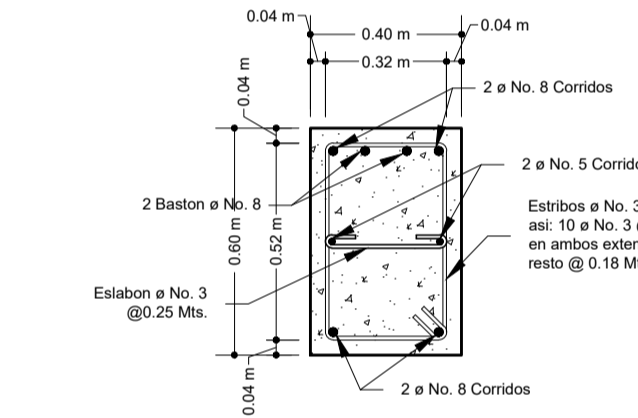
Vprin T-3-C

2 \varnothing No. 7 + 2 \varnothing No. 5 corchos + 2 Bastones \varnothing No. 5 + 1 Est. \varnothing No. 3 a 0.05 Mts. del rostro de la columna en ambos extremos
 + 11 Est. \varnothing No. 3 @ 0.12 Mts. (confinamiento en los extremos)
 + 16 Est. \varnothing No. 3 @ 0.30 Mts.
 + Est. \varnothing No. 3 @ 0.25 Mts. (complementario)

SECCION TRANS. VIGA T-3-C
MODULO 1 ESCALA: 1/20



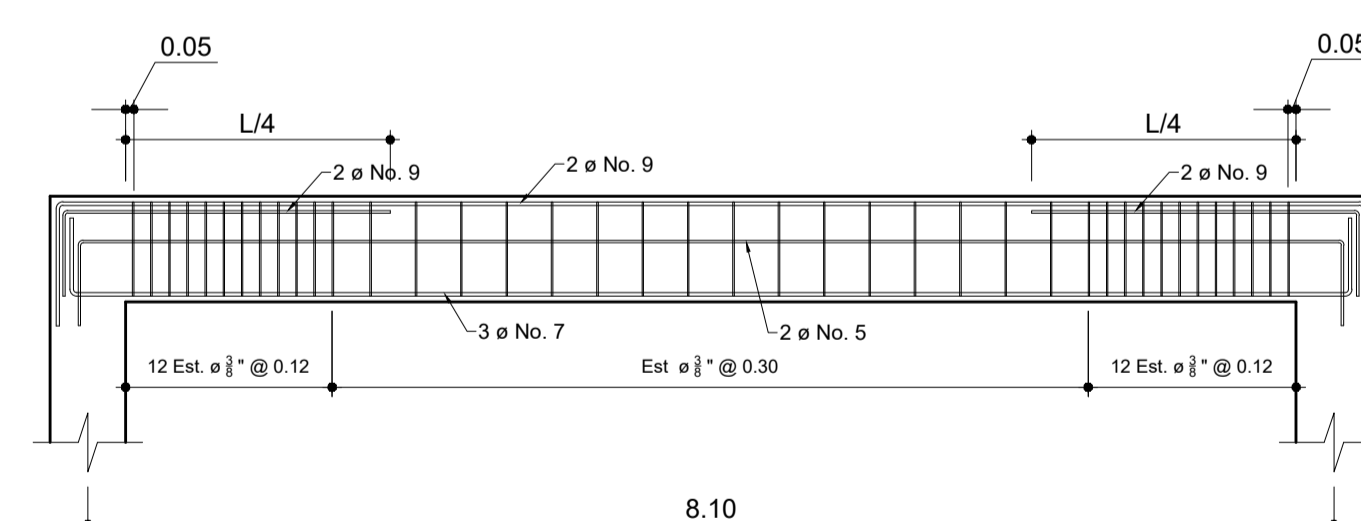
SECCION LONG. VIGA T-4-B
MODULO 1 ESCALA: 1/50



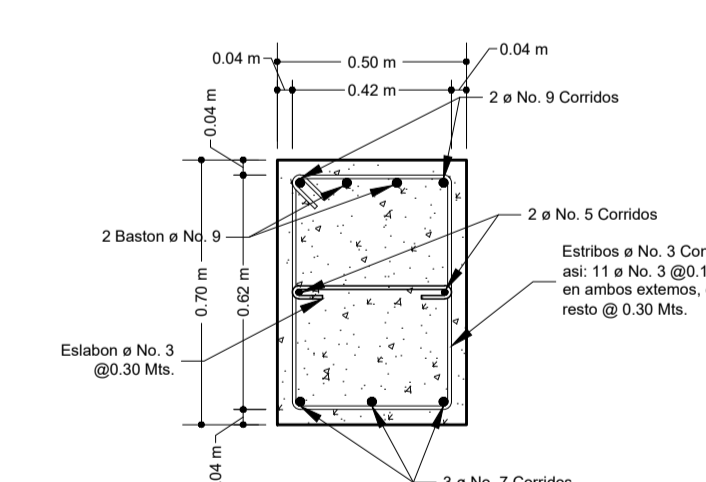
VIGA T-4-B

2 \varnothing No. 7 + 2 \varnothing No. 7 corchos + 2 \varnothing No. 5 corchos + Baston \varnothing No. 7 en ambos extremos
 + 1 Est. \varnothing No. 3 a 0.05 Mts. del rostro de la columna en ambos extremos
 + 10 Est. \varnothing No. 3 @ 0.12 Mts. (confinamiento en los extremos)
 + 16 Est. \varnothing No. 3 @ 0.18 Mts.
 + Est. \varnothing No. 3 @ 0.18 Mts. (complementario)

SECCION TRANS. VIGA T-4-B
MODULO 1 ESCALA: 1/20



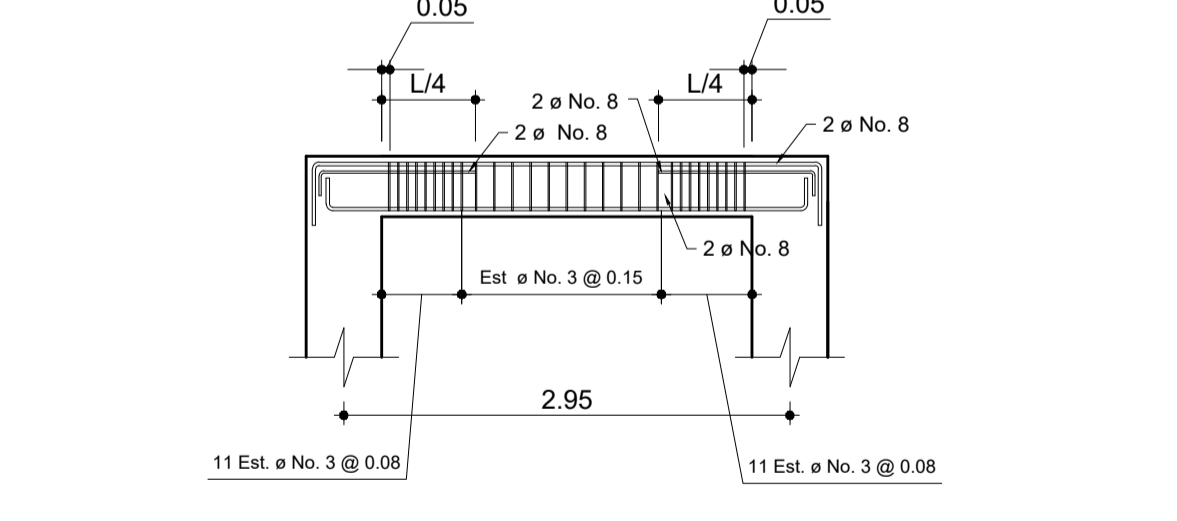
SECCION LONG. VIGA T-3-D
MODULO 1 ESCALA: 1/50



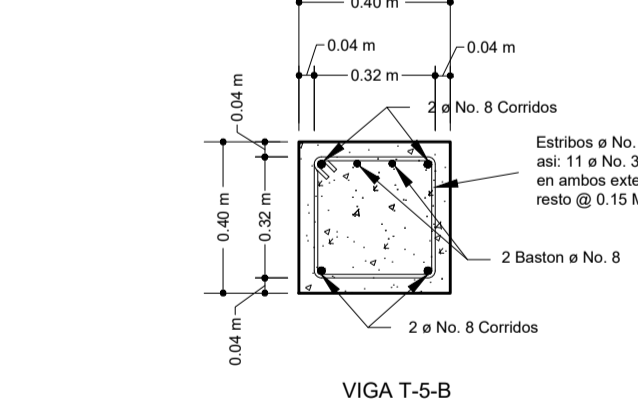
Vprin T-3-D

3 \varnothing No. 7 + 2 \varnothing No. 9 + 2 \varnothing No. 5 corchos + 2 Bastones \varnothing No. 9 + 1 Est. \varnothing No. 3 a 0.05 Mts. del rostro de la columna en ambos extremos
 + 11 Est. \varnothing No. 3 @ 0.12 Mts. (confinamiento en los extremos)
 + 16 Est. \varnothing No. 3 @ 0.30 Mts.
 + Est. \varnothing No. 3 @ 0.30 Mts. (complementario)

SECCION TRANS. VIGA T-3-D
MODULO 1 ESCALA: 1/20



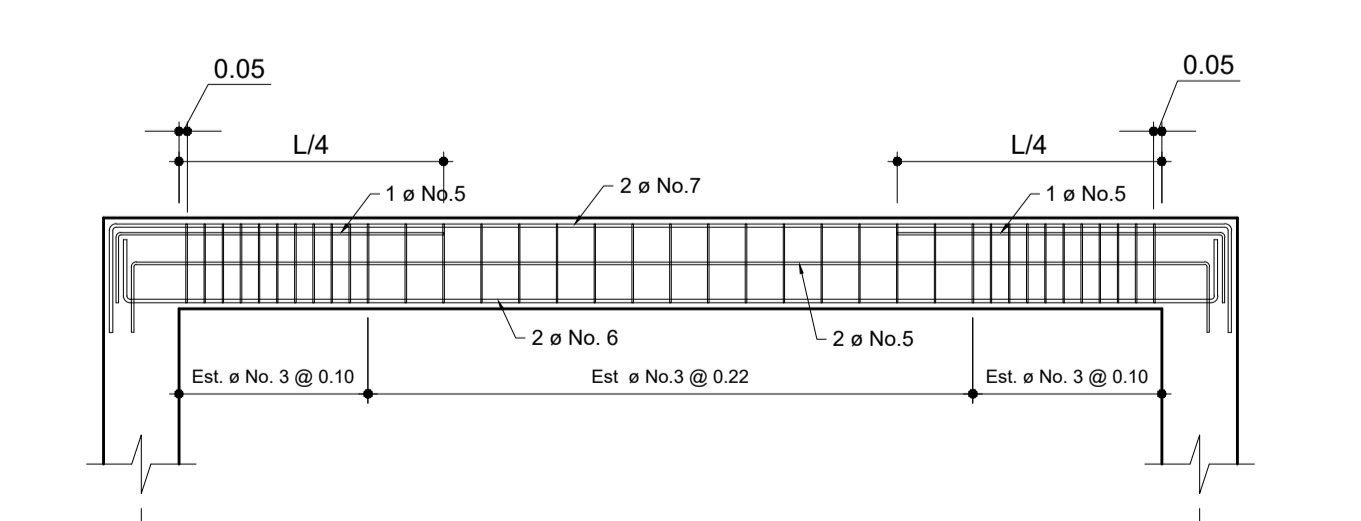
SECCION LONG. VIGA T-5-B
MODULO 1 ESCALA: 1/50



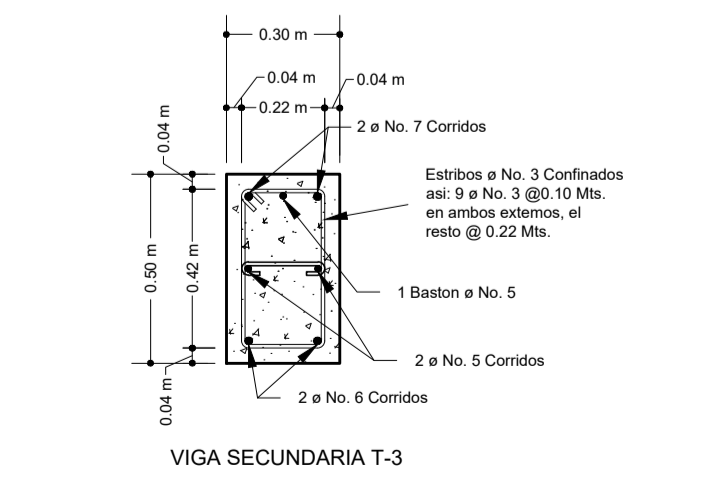
VIGA T-5-B

2 \varnothing No. 8 + 2 \varnothing No. 8 corchos + Baston \varnothing No. 8 + 1 Est. \varnothing No. 3 a 0.05 Mts. del rostro de la columna en ambos extremos
 + 11 Est. \varnothing No. 3 @ 0.08 Mts. (confinamiento en los extremos)
 + 11 Est. \varnothing No. 3 @ 0.15 Mts.

SECCION TRANS. VIGA T-5-B
MODULO 1 ESCALA: 1/20



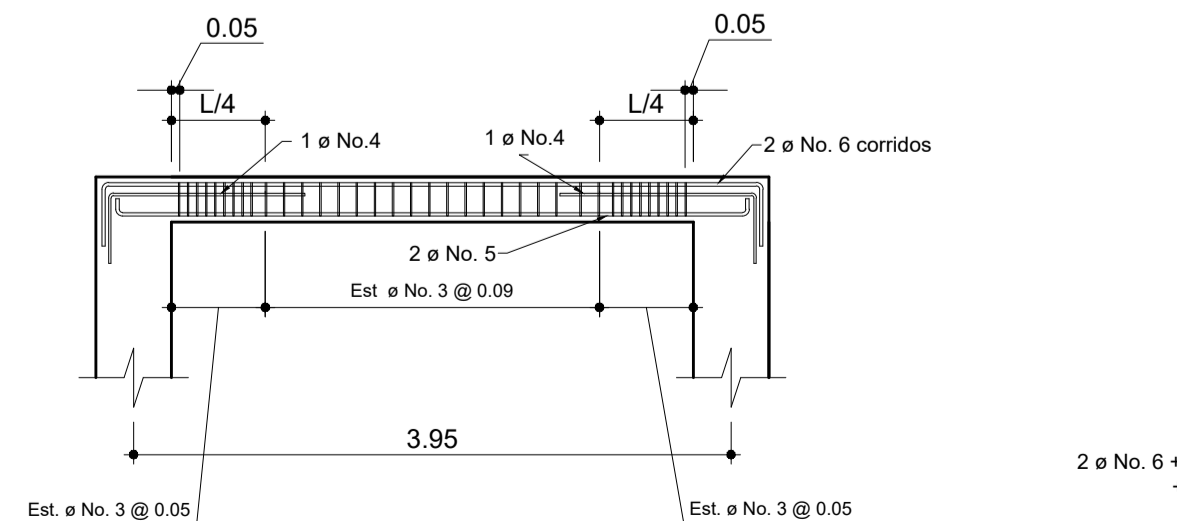
SECCION LONG. VIGA SECUNDARIA T-3
MODULO 1 ESCALA: 1/50



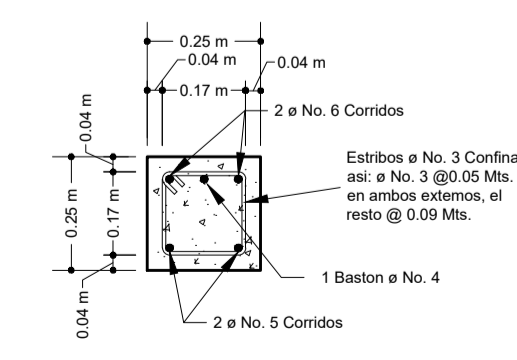
VIGA SECUNDARIA T-3

2 \varnothing No. 7 + 2 \varnothing No. 6 + 2 \varnothing No. 5 corchos + Baston \varnothing No. 5 + 1 Est. \varnothing No. 3 a 0.05 Mts. del rostro de la columna en ambos extremos
 + 9 Est. \varnothing No. 3 @ 0.10 Mts. (confinamiento en los extremos)
 + 26 Est. \varnothing No. 3 @ 0.22 Mts.

SECCION TRANS. VIGA SECUNDARIA T-3
MODULO 1 ESCALA: 1/20



SECCION LONG. VIGA SECUNDARIA T-4
MODULO 1 ESCALA: 1/50

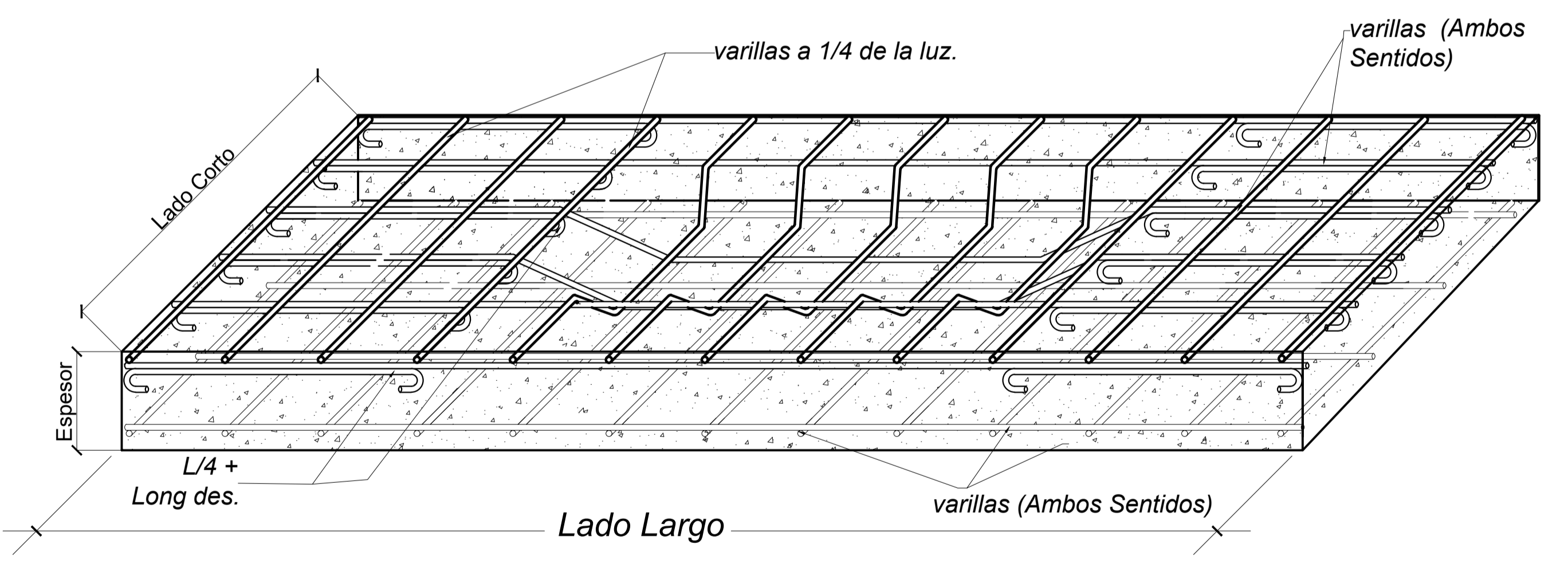
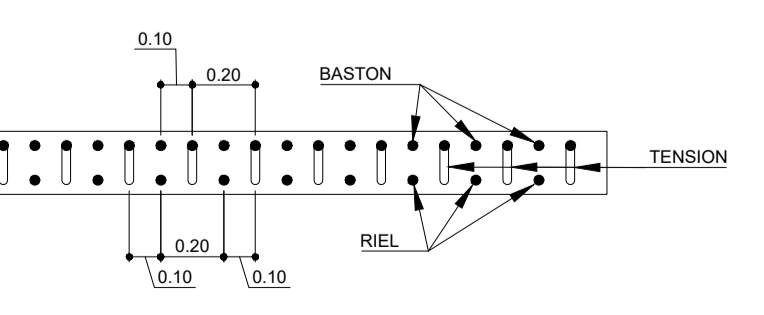
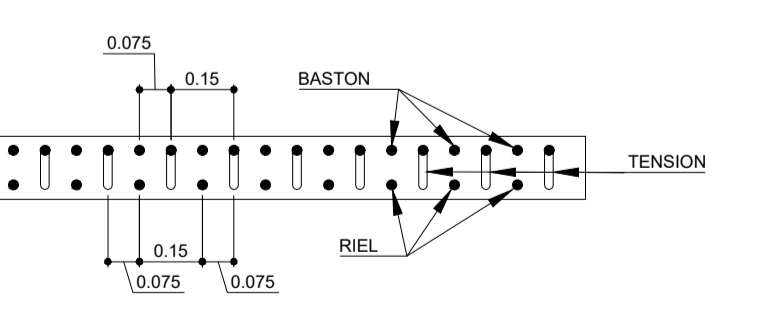
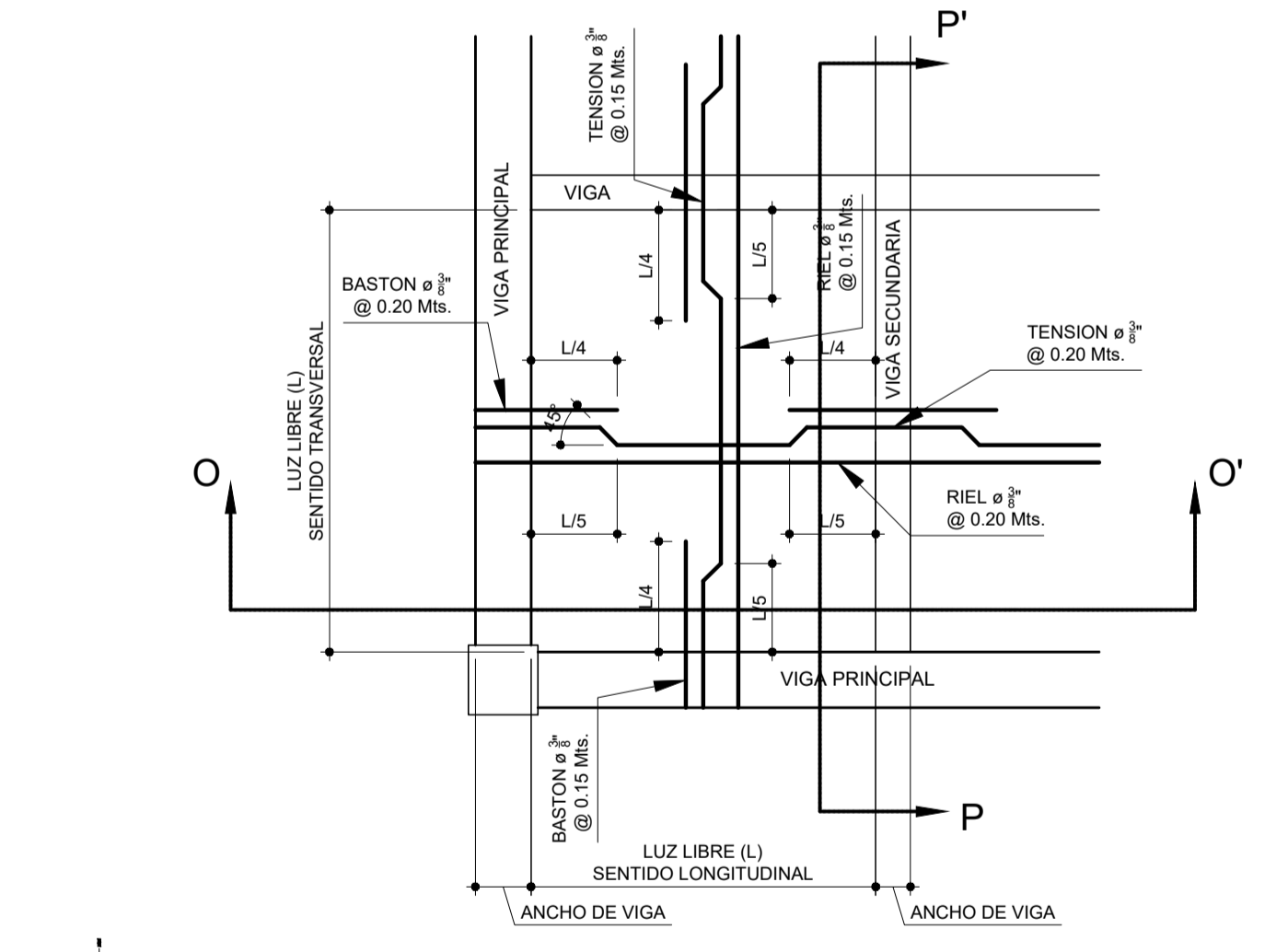
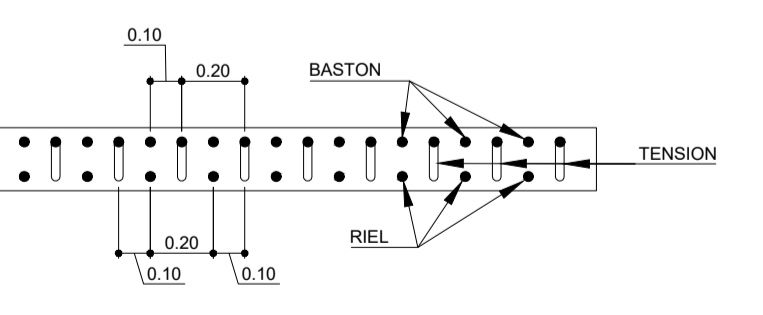
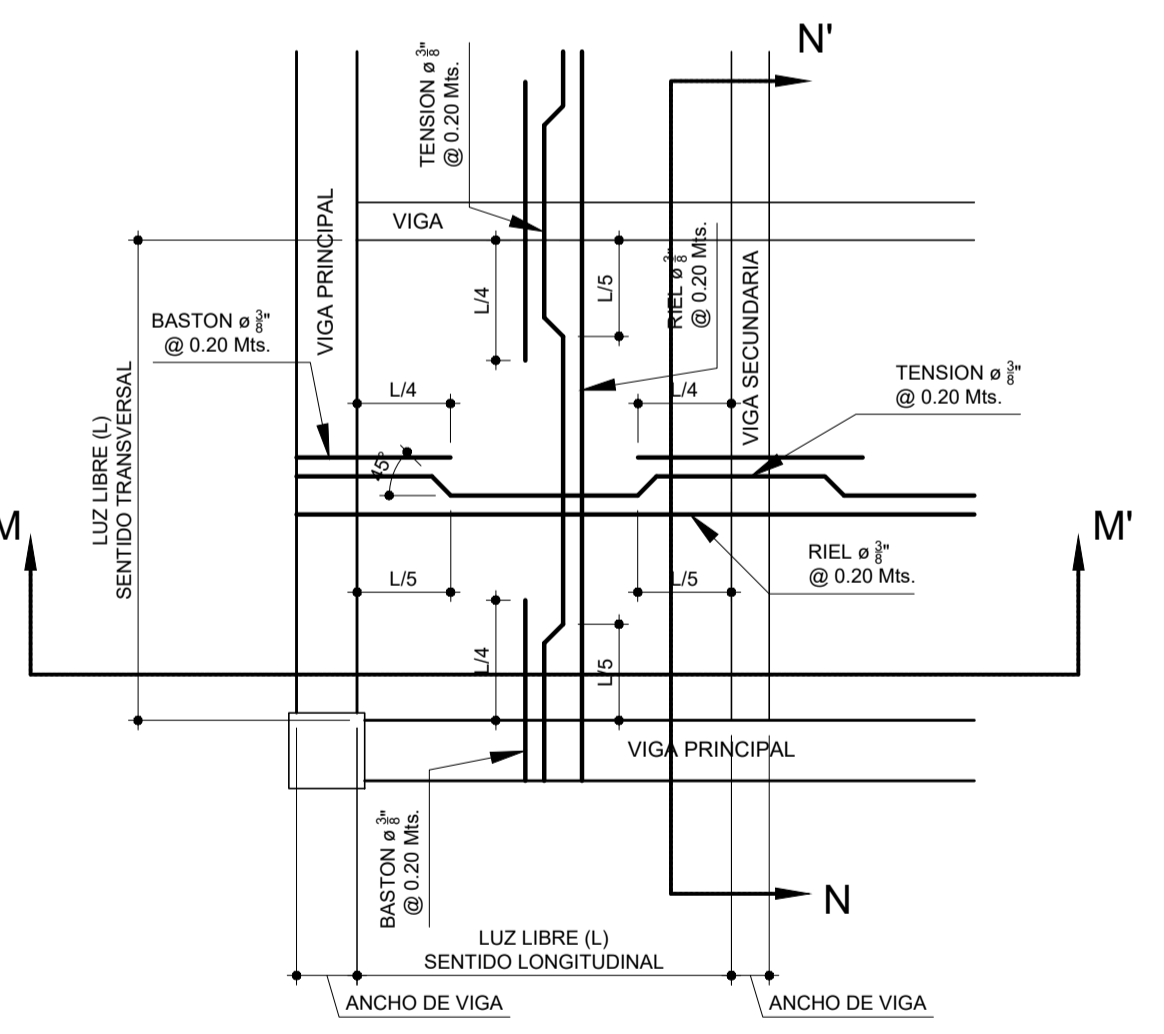
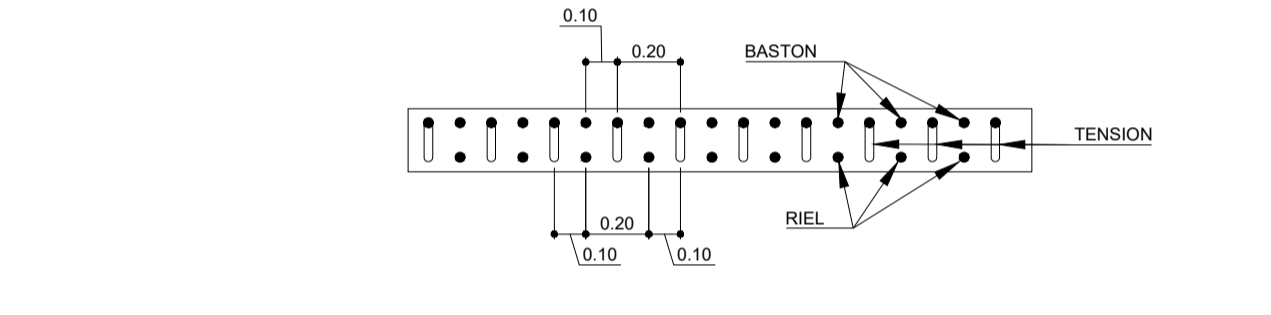
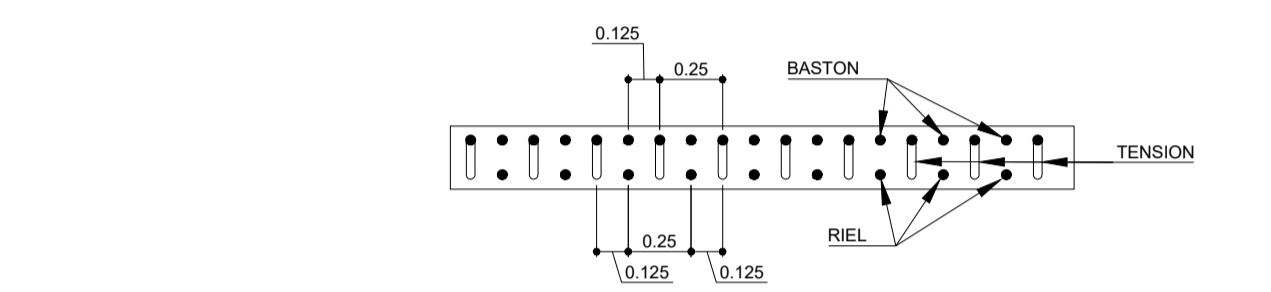
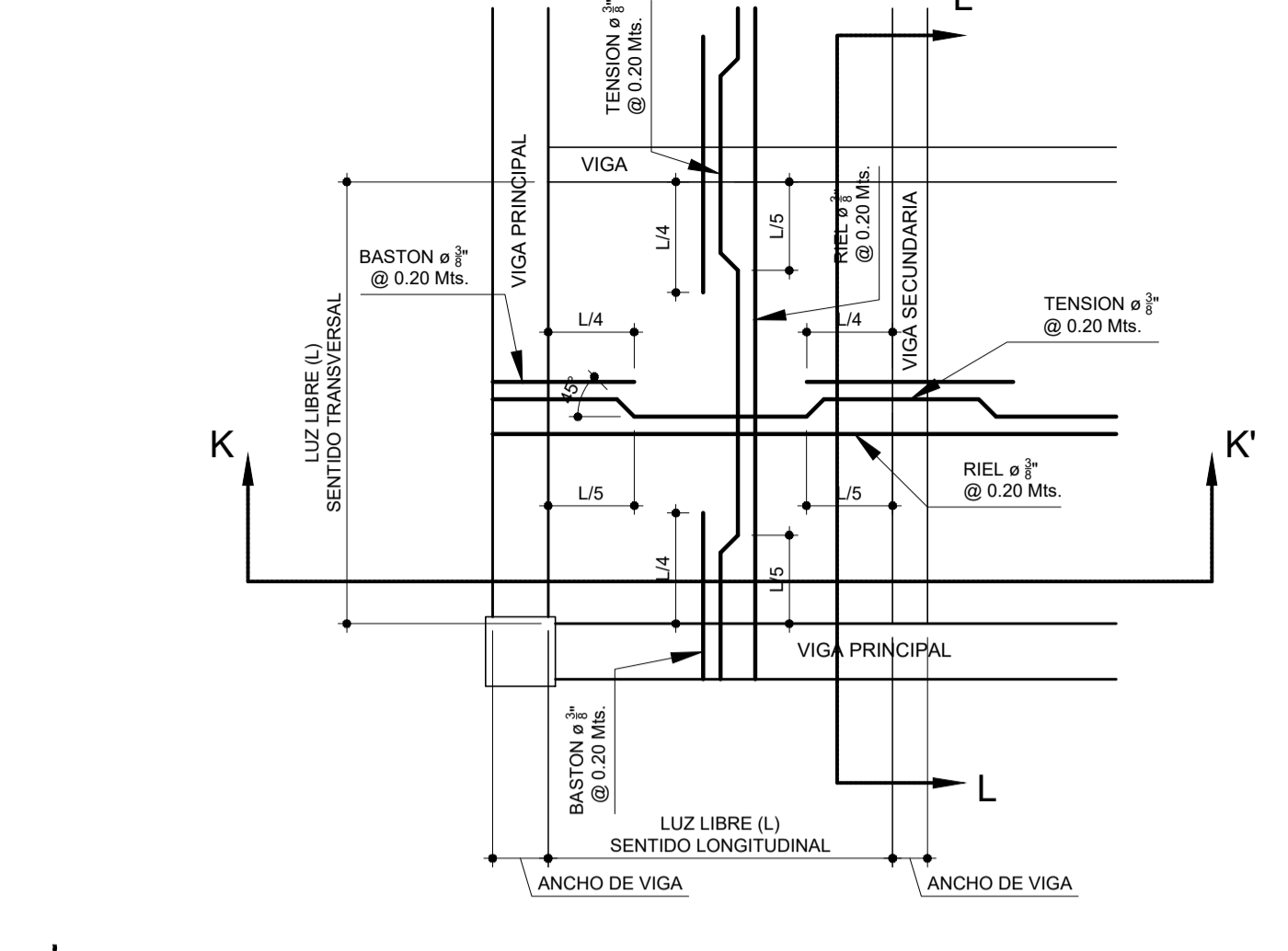
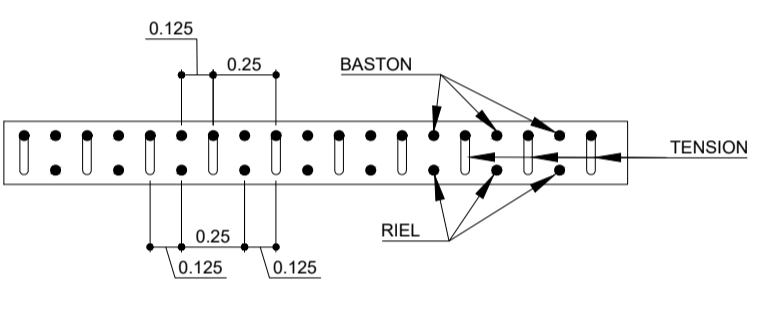
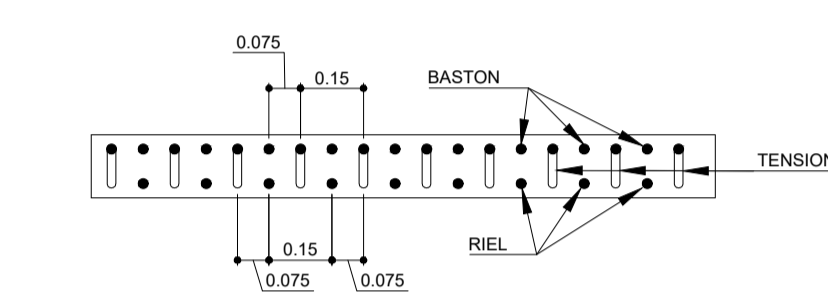
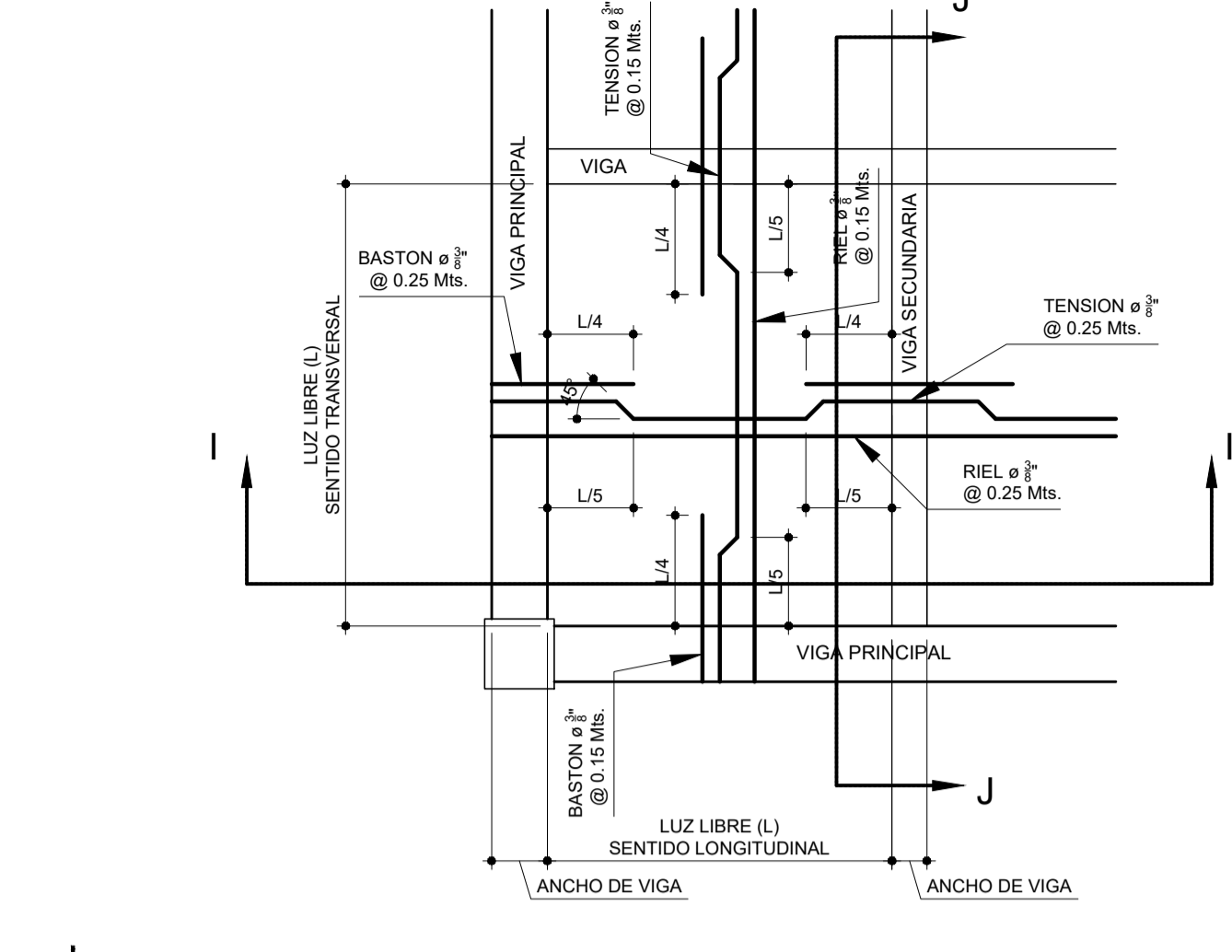
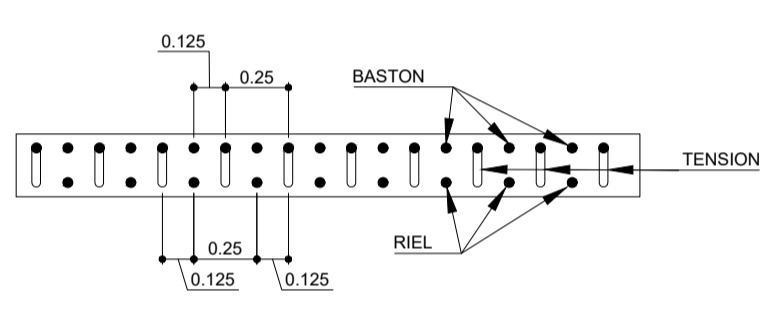
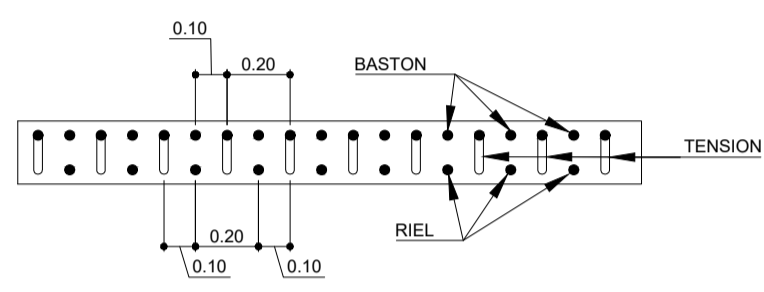
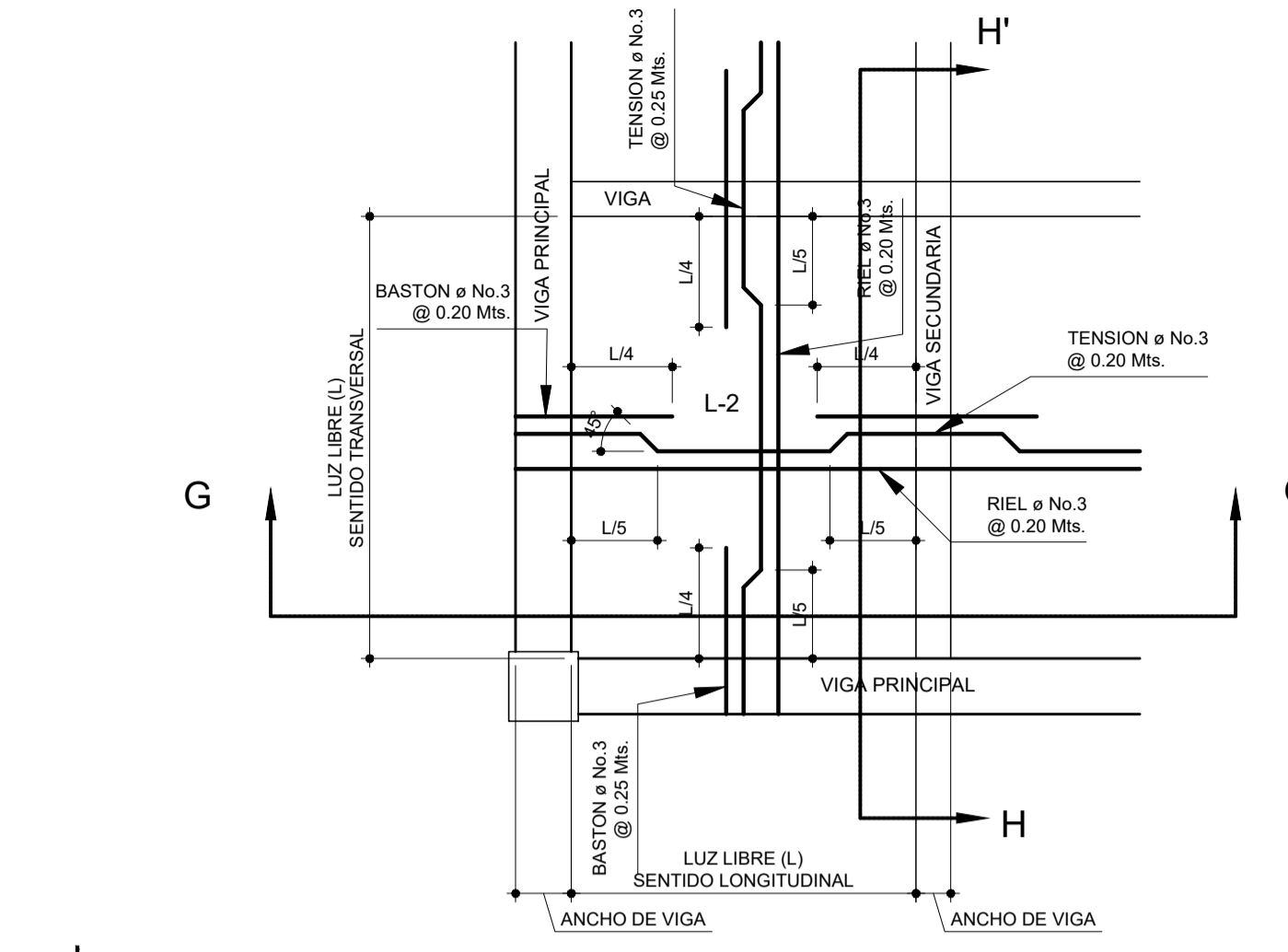
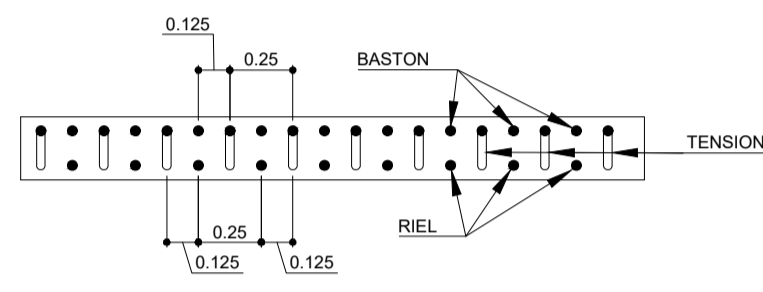
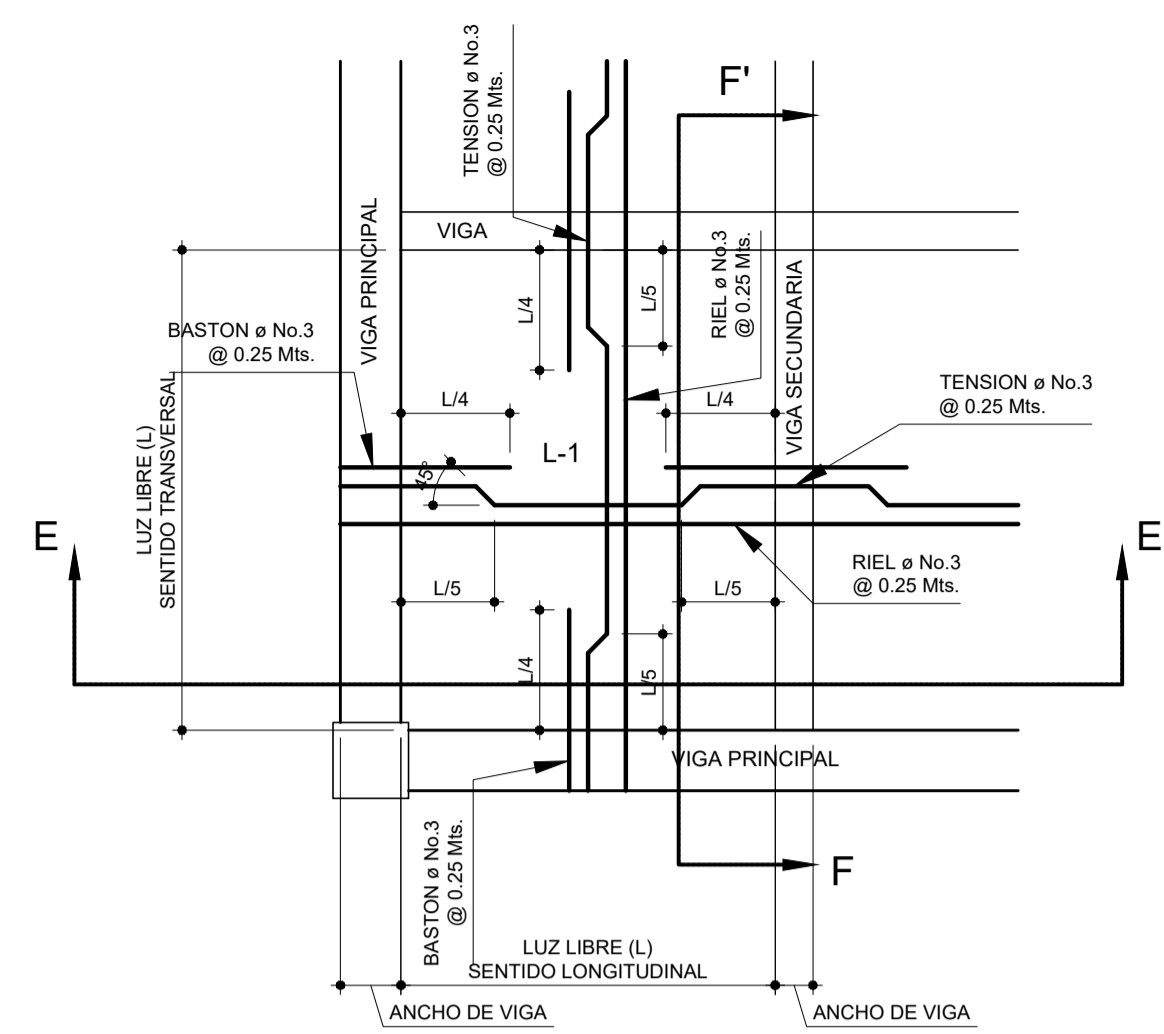


VIGA SECUNDARIA T-4

2 \varnothing No. 6 + 2 \varnothing No. 5 corchos + Baston \varnothing No. 4 + 1 Est. \varnothing No. 3 a 0.05 Mts. del rostro de la columna en ambos extremos
 + 18 Est. \varnothing No. 3 @ 0.05 Mts. (confinamiento en los extremos)
 + 18 Est. \varnothing No. 3 @ 0.09 Mts.

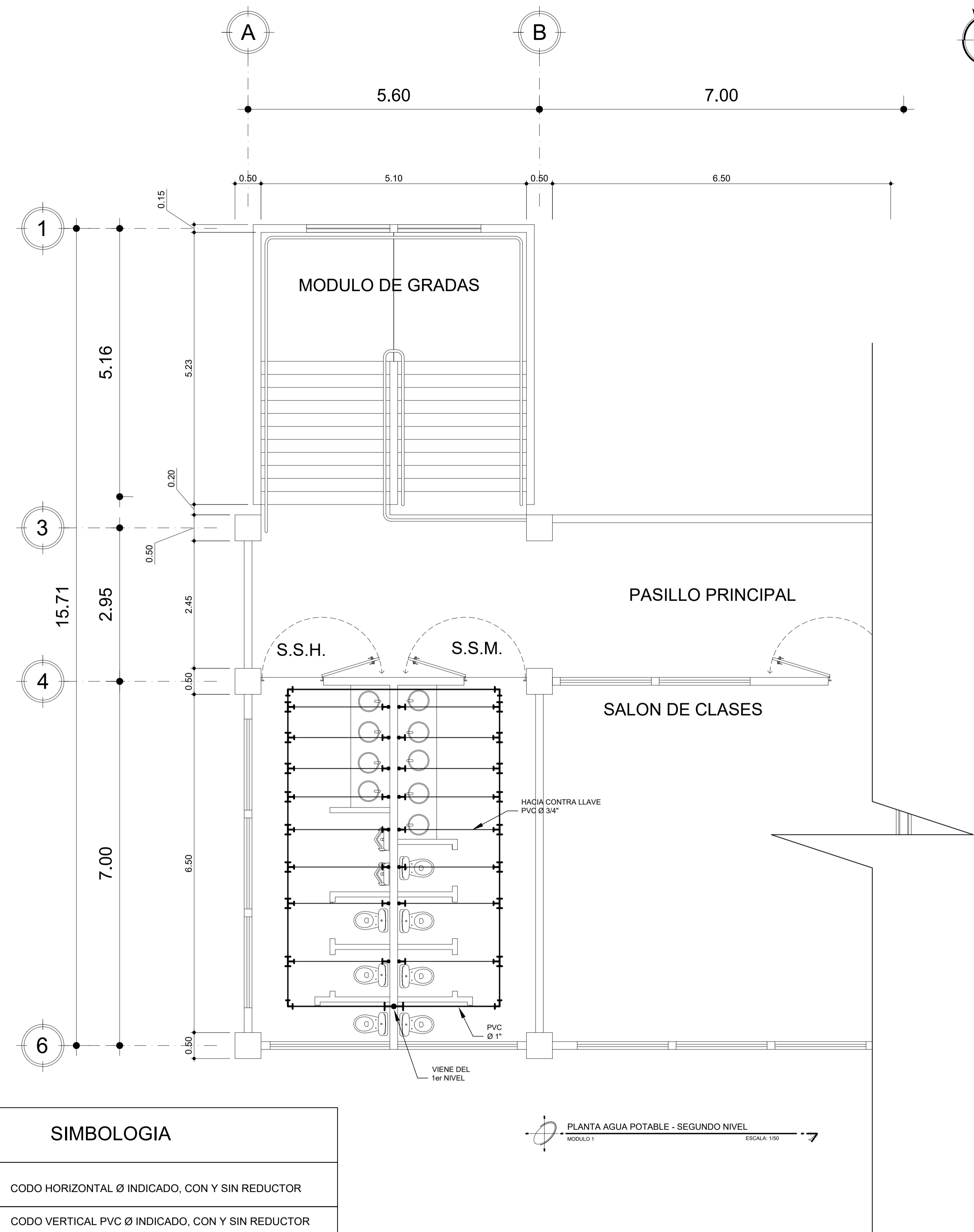
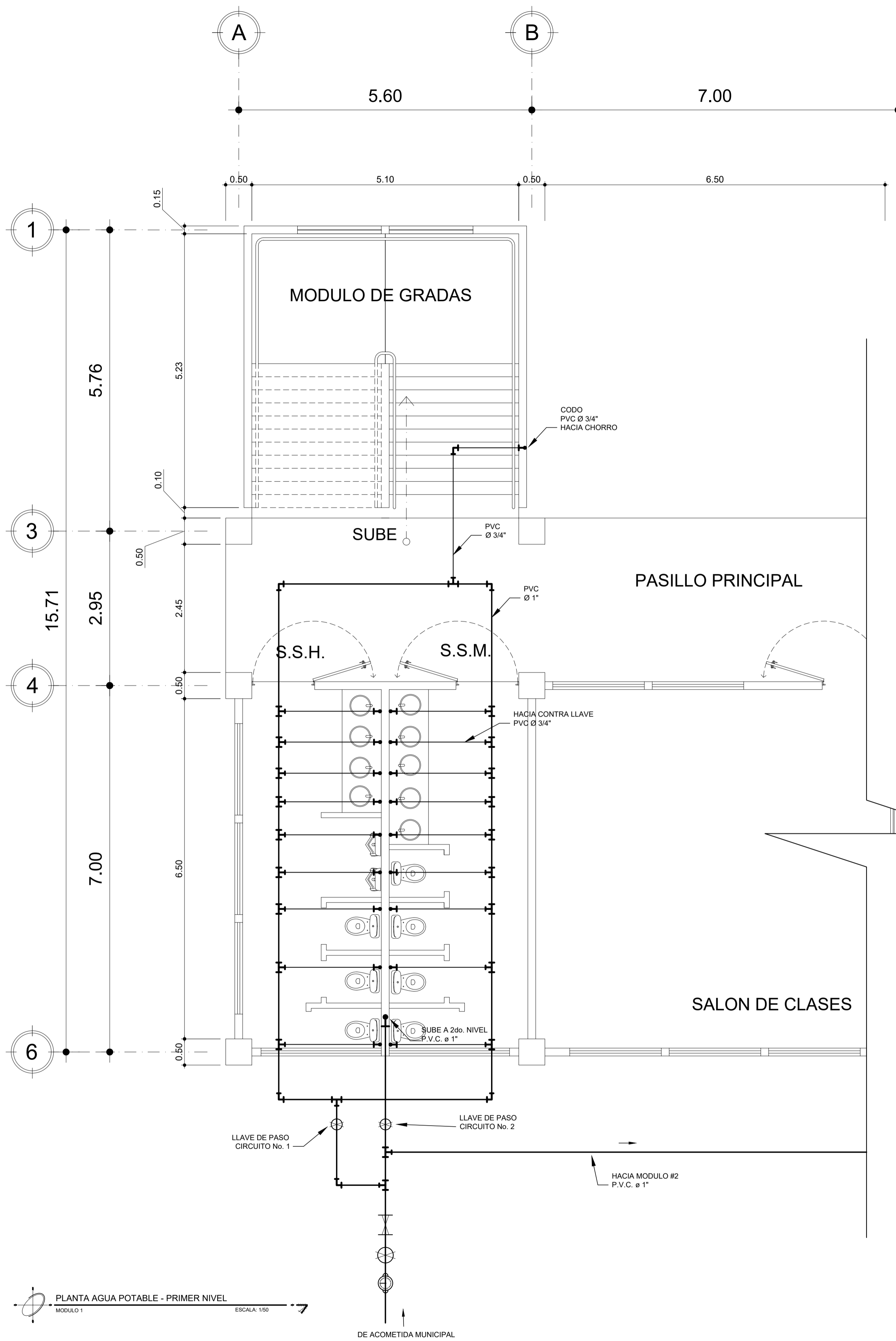
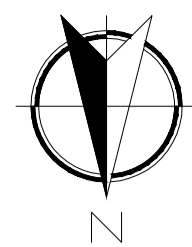
SECCION TRANS. VIGA SECUNDARIA T-4
MODULO 1 ESCALA: 1/20

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA	
	ERJICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA	
CONTENIDO: DETALLE DE ARMADO DE VIGAS #2		
PROYECTO: DISEÑO DE UN EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA LA ESCUELA PRIMARIA No. 595 EN LA COLONIA VILLALOBOS I, ZONA 12 DE VILLA NUEVA, GUATEMALA		
FECHA:	OCTUBRE 2017	ESCALA HRZ.: INDICADA
ESCALA VERT.:	INDICADA	
DISEÑO:	BARBARA MALDONADO	Vto. No. ASESORA EPS:
CÁLCULO:	BARBARA MALDONADO	INGA. CRISTINA DEL ROSARIO CLAYSON DE FINO



NOTAS:
-TODAS LAS MEDIDAS ESTAN DADAS EN METROS
-EL ACERO A UTILIZAR EN LAS LOSAS No. 3 CORRUGADO, GRADO 60
-EL ESPESOR DE TODAS LAS LOSAS ES DE 0.10 m.
-EL RECUBRIMIENTO EN TODAS LAS LOSAS ES DE 0.02 m.

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA	
	EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA	
CONTENIDO: DETALLE DE ARMADO DE LOSAS		
PROYECTO: DISEÑO DE UN EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA LA ESCUELA PRIMARIA No. 595 EN LA COLONIA VILLALOBOS I, ZONA 12 DE VILLA NUEVA, GUATEMALA		
FECHA: OCTUBRE 2017	ESCALA HRZ.: INDICADA	ESCALA VERT.: INDICADA
DISEÑO: BARBARA MALDONADO	Vb. Ib. ASESORA EPS:	
CÁLCULO: BARBARA MALDONADO	ING. CRISTINA DEL ROSARIO CLAYSON DE PINTO	



SIMBOLOGIA	
	CODO HORIZONTAL Ø INDICADO, CON Y SIN REDUCTOR
	CODO VERTICAL PVC Ø INDICADO, CON Y SIN REDUCTOR
	"T" HORIZONTAL PVC Ø INDICADO, CON Y SIN REDUCTOR
	TUBERIA HORIZONTAL PVC Ø 3/4"
	TUBERIA HORIZONTAL PVC Ø 1/2"
	TUBERIA HORIZONTAL CPVC Ø 1/2"
	CONTADOR DE AGUA AUTORIZADO
	LLAVE DE PASO
	CHEQUE

PLANTA AGUA POTABLE - PRIMER NIVEL
MODULO 1 ESCALA: 1:50

PLANTA AGUA POTABLE - SEGUNDO NIVEL
MODULO 1 ESCALA: 1:50



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA

EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA

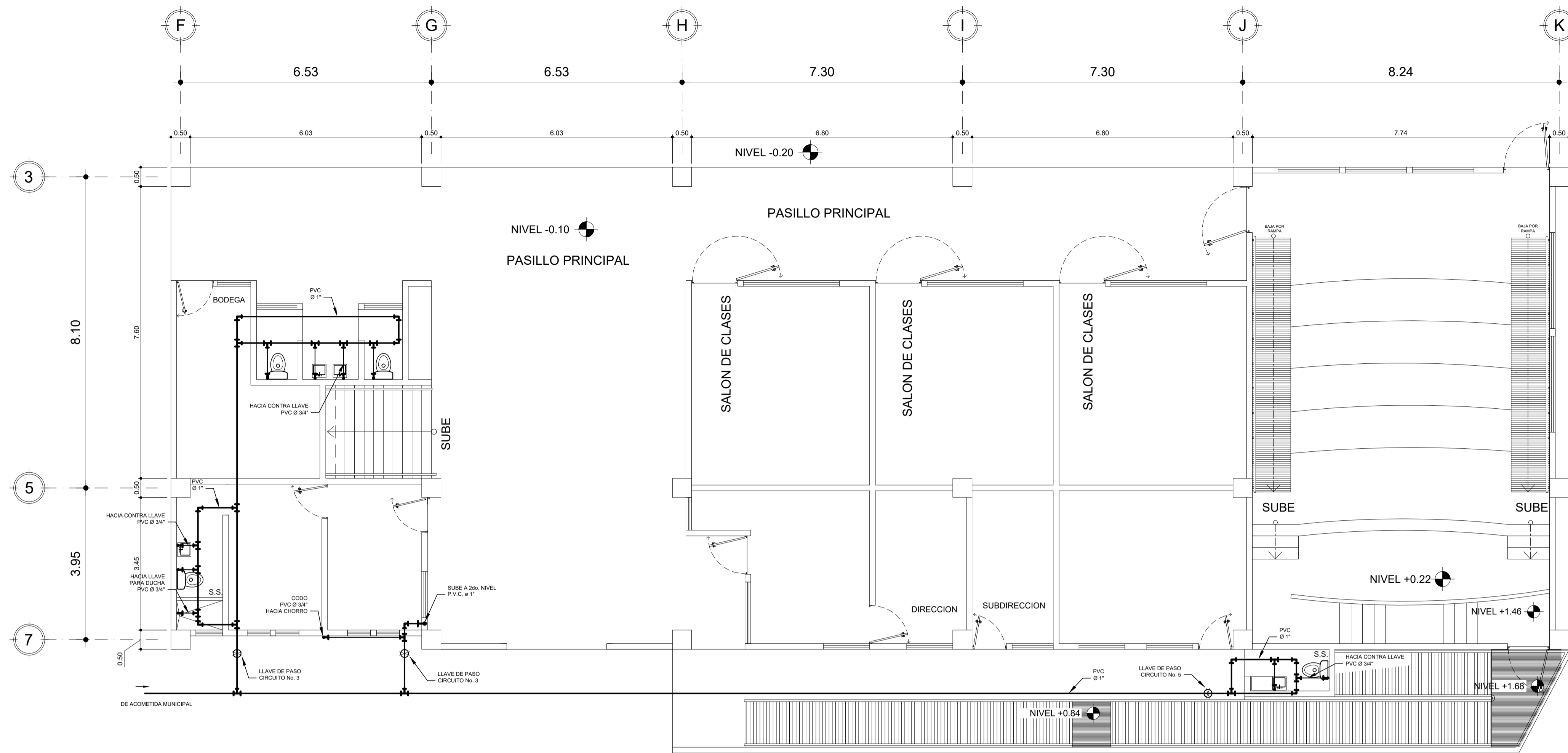
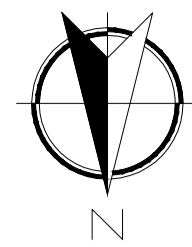
CONTENIDO: PLANTA INSTALACIONES HIDRAULICAS

PROYECTO:
DISEÑO DE UN EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA LA
ESCUELA PRIMARIA No. 595 EN LA COLONIA VILLALOBOS I,
ZONA 12 DE VILLA NUEVA, GUATEMALA

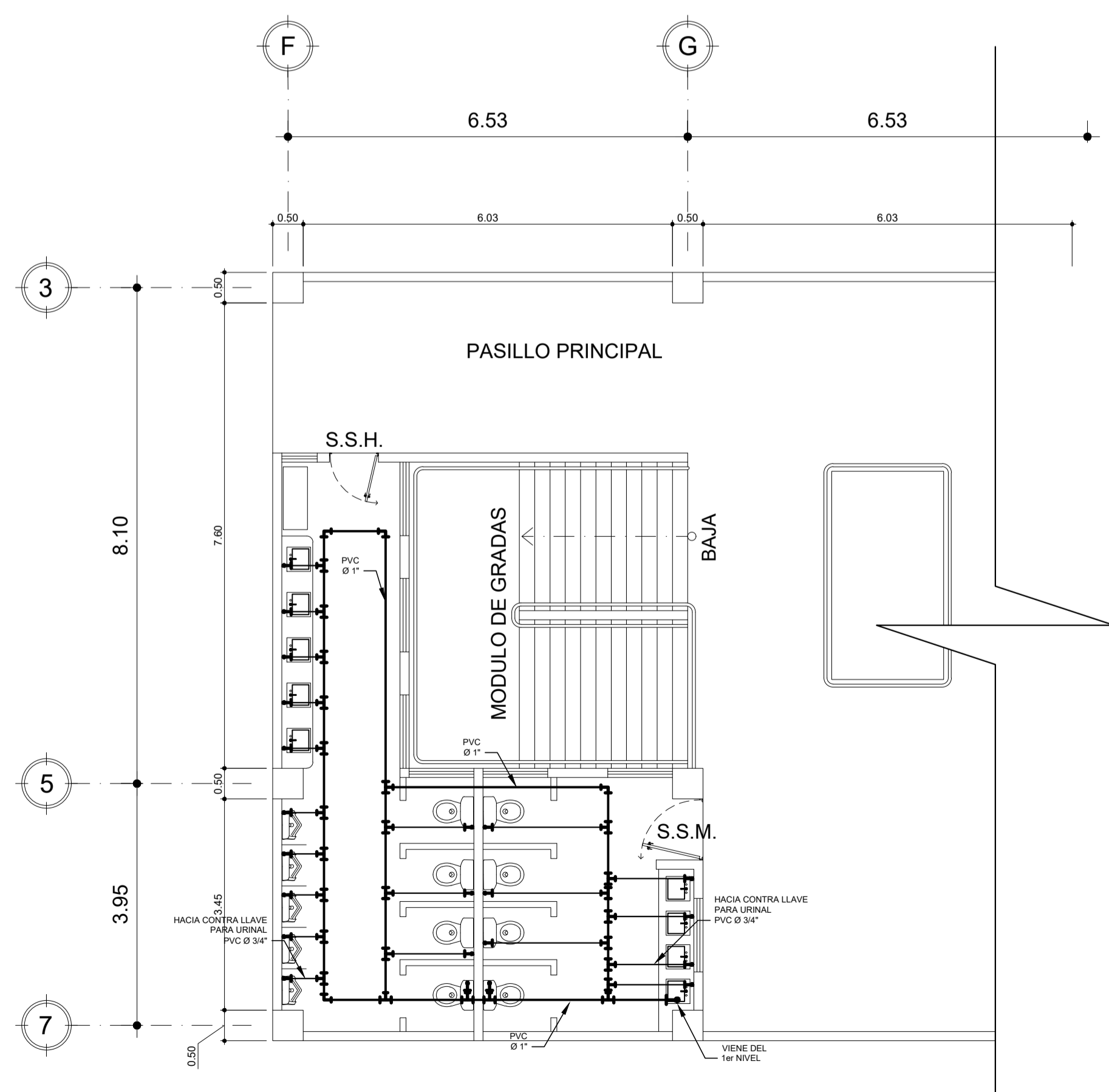
FECHA: OCTUBRE 2017 ESCALA HRZ.: 1 / 50 ESCALA VERT.: 1 / 50

DISEÑO: BARBARA MALDONADO Vb. Bb. ASESORA EPS: 

CALCULO: BARBARA MALDONADO INGA. CRISTINA DEL ROSARIO CLAYSON DE PINTO



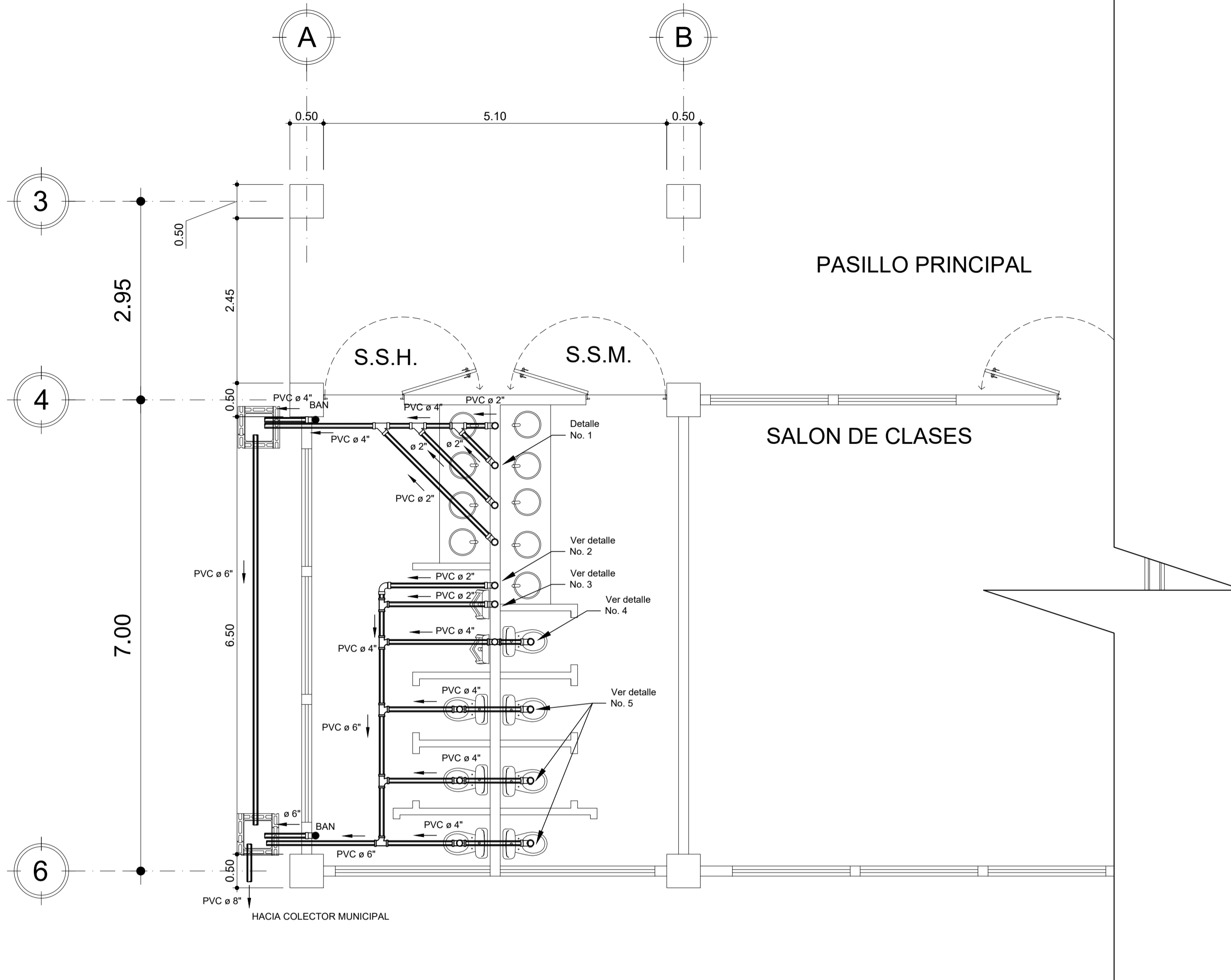
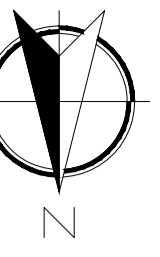
PLANTA AGUA POTABLE - PRIMER NIVEL
 MÓDULO 2 ESCALA: 1/75



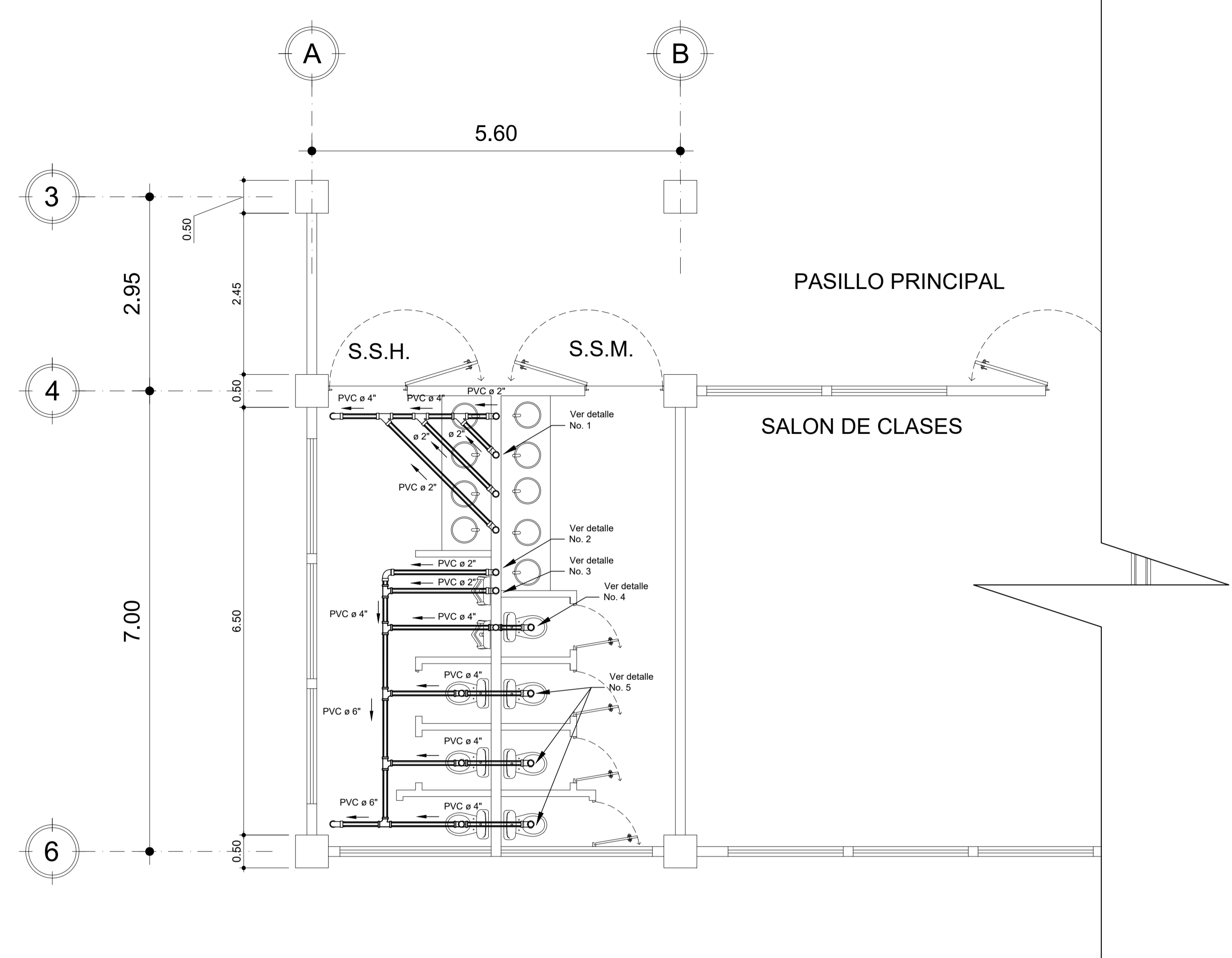
PLANTA AGUA POTABLE - SEGUNDO NIVEL
 MÓDULO 2 ESCALA: 1/75

SIMBOLOGIA	
	CODO HORIZONTAL Ø INDICADO, CON Y SIN REDUCTOR
	CODO VERTICAL PVC Ø INDICADO, CON Y SIN REDUCTOR
	"T" HORIZONTAL PVC Ø INDICADO, CON Y SIN REDUCTOR
	TUBERIA HORIZONTAL PVC Ø 3/4"
	TUBERIA HORIZONTAL PVC Ø 1/2"
	TUBERIA HORIZONTAL CPVC Ø 1/2"
	CONTADOR DE AGUA AUTORIZADO
	LLAVE DE PASO
	CHEQUE

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA	
	EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA	
CONTENIDO: PLANTA INSTALACIONES HIDRAULICAS		
PROYECTO: DISEÑO DE UN EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA LA ESCUELA PRIMARIA No. 595 EN LA COLONIA VILLALOBOS I, ZONA 12 DE VILLA NUEVA, GUATEMALA		
FECHA: OCTUBRE 2017	ESCALA HRZ.: 1 / 75	ESCALA VERT.: 1 / 75
DISEÑO: BARBARA MALDONADO	Vr. In. ASESORA EPS:	
CÁLULO: BARBARA MALDONADO	ING. CRISTINA DEL ROSARIO CLAYSON DE PINTO	



PLANTA DRENAJES - PRIMER NIVEL
MODULO 1 ESCALA: 1:50



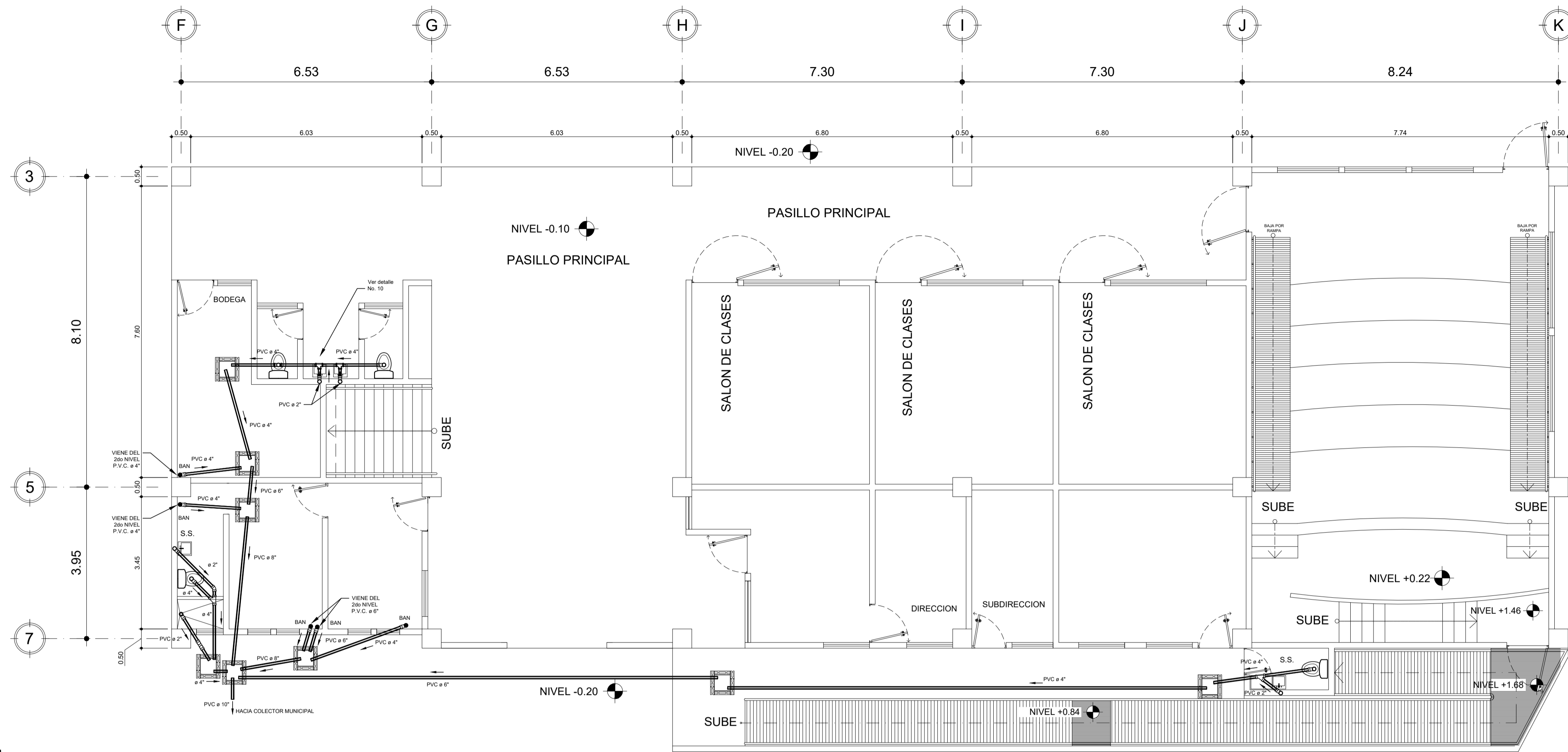
PLANTA DRENAJES - SEGUNDO NIVEL
MODULO 1 ESCALA: 1:50

SIMBOLOGIA DE DRENAJES	
	CAJA DE REGISTRO PRINCIPAL
	TUBERIA DE Ø INDICADO
	YT PVC DE Ø 4" HORIZONTAL (CON REDUCTOR SI LO REQUIERE)
	CODO PVC DE Ø 4" PLANTA 90 VERTICAL (viene) (con sifon si lo indica)
	CODO PVC DE Ø 4" PLANTA 90 VERTICAL (baja)
	YT PVC DE Ø 4" PLANTA (CON REDUCTOR SI LO REQUIERE)
	CODO PVC Ø 4" 45 HORIZONTAL (CON REDUCTOR SI LO REQUIERE)
	Ye PVC DE Ø 4" 45 HORIZONTAL (CON REDUCTOR SI LO REQUIERE)
	INDICA SENTIDO DE PENDIENTE
	REDUCTOR DE DIAMETRO
	BAJADA DE AGUAS NEGRAS
	INDICA SIFÓN TERMINAL EN PLANTA Y PERFIL

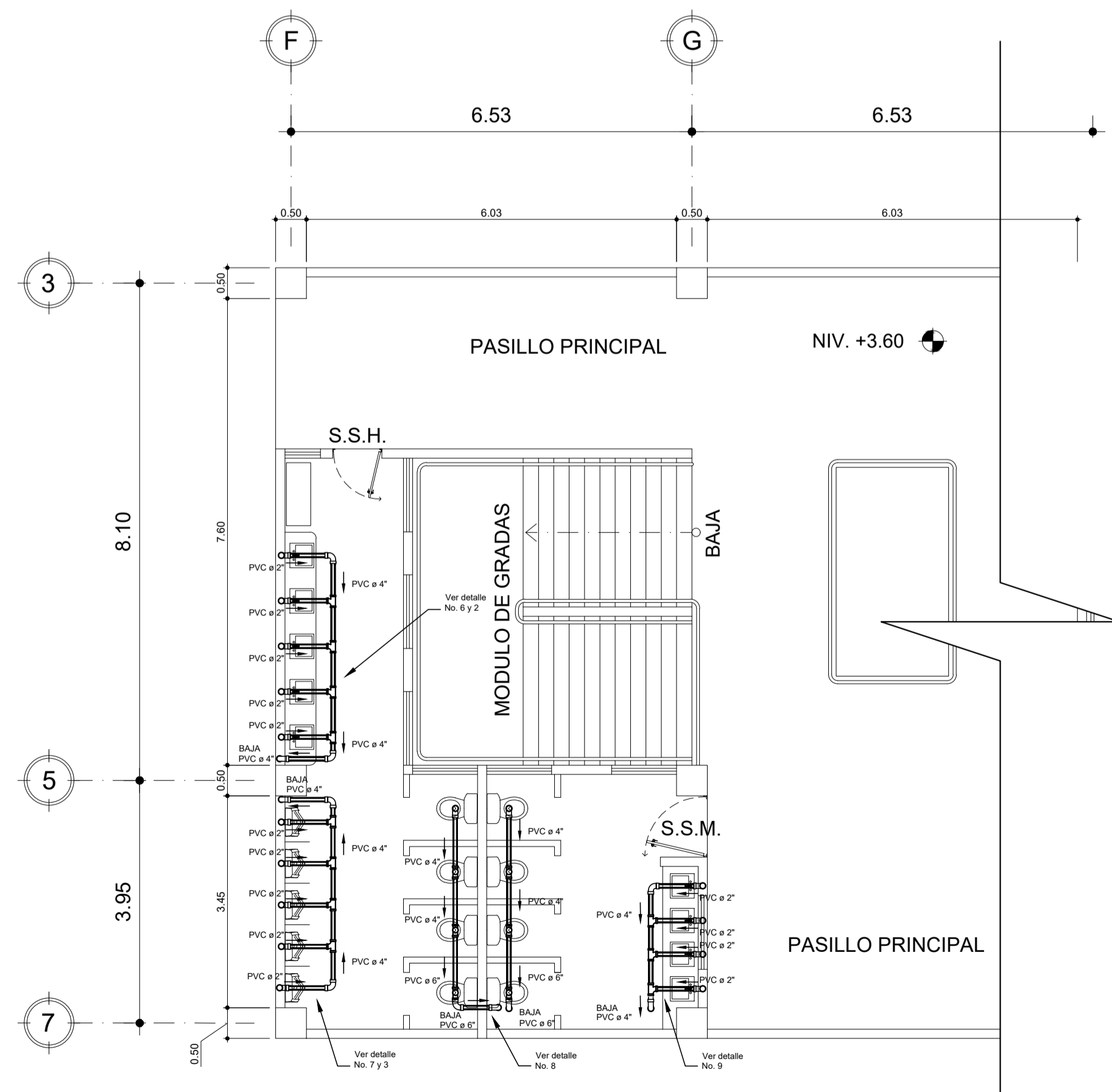
ASPECTOS GENERALES:

- TODA LA TUBERIA SERA DE CLORURO DE POLIVINILO (P.V.C.)
- TODA LA TUBERIA DEBERA INSTALARSE CON UNA PENDIENTE MINIMA DEL 2%
- LA INSTALACION SANITARIA DEBE SER COLOCADA DEBAJO DE LA INSTALACION HIDRAULICA PARA EVITAR LA CONTAMINACION POR FILTRACION
- DE 1 A 4 TUBOS LA CAJA SERA DE 0.59 x 0.59 Mts. MINIMO
- DE 5 A 7 TUBOS LA CAJA SERA DE 0.79 x 0.89 Mts. MINIMO
- LA PROFUNDIDAD DE LAS CAJAS DEPENDERA DE LOS NIVELES FINALES DEL TERRENO

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA
	EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA
CONTENIDO: PLANTA INSTALACIONES SANITARIAS	
PROYECTO: DISEÑO DE UN EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA LA ESCUELA PRIMARIA No. 595 EN LA COLONIA VILLALOBOS I, ZONA 12 DE VILLA NUEVA, GUATEMALA	
FECHA: OCTUBRE 2017	ESCALA HRZ.: 1 / 50
ESCALA VERT.: 1 / 50	
DISEÑO: BARBARA MALDONADO	Vs. No. ASESORA EPS:
CÁLULO: BARBARA MALDONADO	INGA. CRISTINA DEL ROSARIO CLAYSON DE PINO



PLANTA DRENAJES - PRIMER NIVEL
MÓDULO 2 ESCALA: 1/75



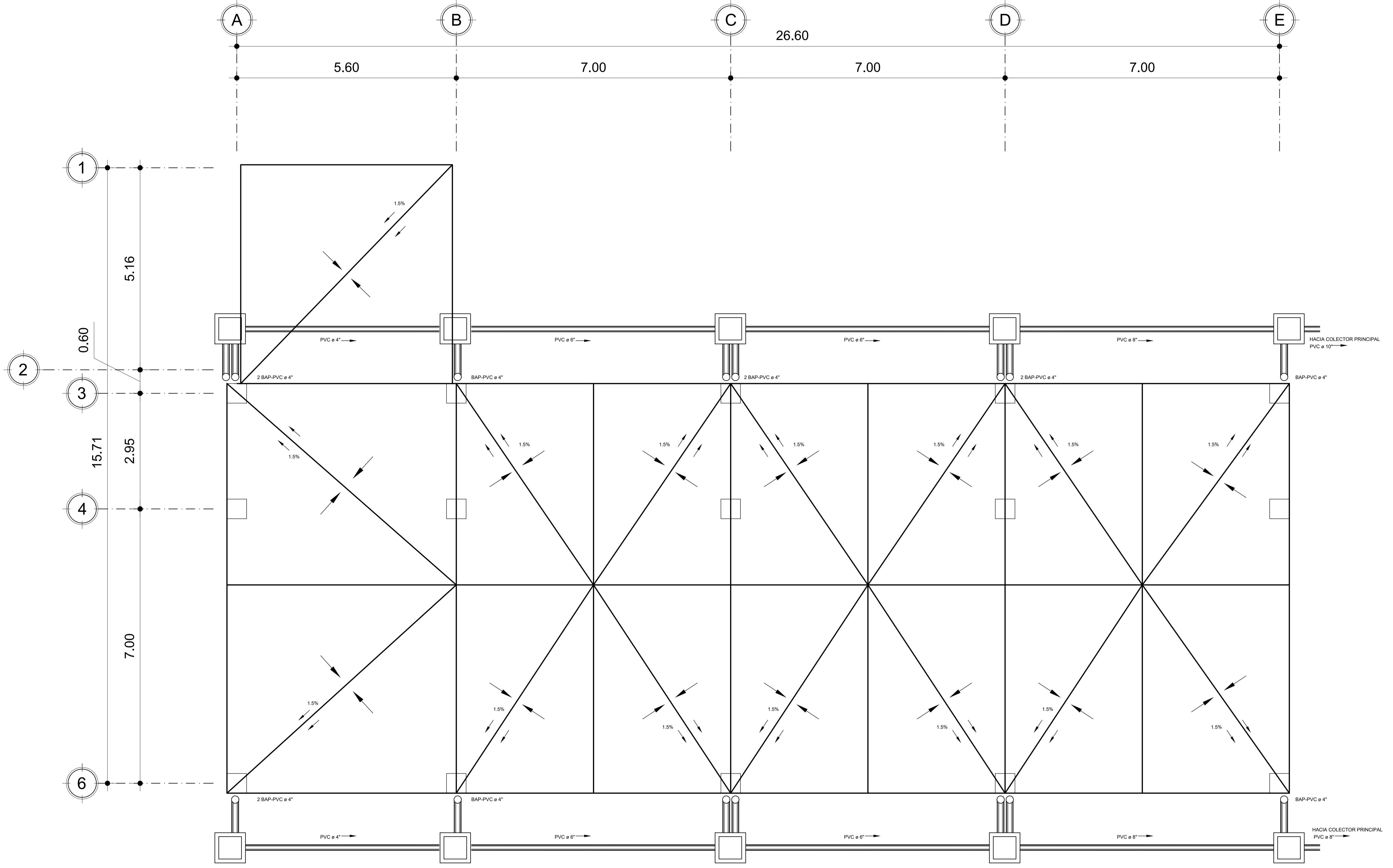
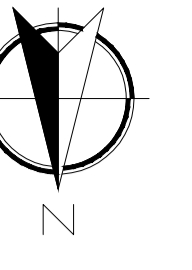
PLANTA DRENAJES - SEGUNDO NIVEL
MÓDULO 2 ESCALA: 1/75

SIMBOLOGIA DE DRENAJES	
	CAJA DE REGISTRO PRINCIPAL
	TUBERIA DE Ø INDICADO
	YT PVC DE Ø 4\"/>
	CODO PVC DE Ø 4\"/>
	CODO PVC DE Ø 4\"/>
	YT PVC DE Ø 4\"/>
	CODO PVC Ø 4\"/>
	Ye PVC DE Ø 4\"/>
	INDICA SENTIDO DE PENDIENTE
	REDUCTOR DE DIAMETRO
	BAJADA DE AGUAS NEGRAS
	INDICA SIFÓN TERMINAL EN PLANTA Y PERFIL

ASPECTOS GENERALES:

- TODA LA TUBERIA SERA DE CLORURO DE POLIVINILO (P.V.C.)
- TODA LA TUBERIA DEBERA INSTALARSE CON UNA PENDIENTE MINIMA DEL 2%
- LA INSTALACION SANITARIA DEBE SER COLOCADA DEBAJO DE LA INSTALACION HIDRAULICA PARA EVITAR LA CONTAMINACION POR FILTRACION
- DE 1 A 4 TUBOS LA CAJA SERA DE 0.59 x 0.59 Mts. MINIMO
- DE 5 A 7 TUBOS LA CAJA SERA DE 0.79 x 0.89 Mts. MINIMO
- LA PROFUNDIDAD DE LAS CAJAS DEPENDERA DE LOS NIVELES FINALES DEL TERRENO

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA
	ERJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA
CONTENIDO: PLANTA INSTALACIONES SANITARIAS	
PROYECTO: DISEÑO DE UN EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA LA ESCUELA PRIMARIA No. 595 EN LA COLONIA VILLALOBOS I, ZONA 12 DE VILLA NUEVA, GUATEMALA	
FECHA: OCTUBRE 2017	ESCALA HRZ.: 1 / 75
ESCALA VERT.: 1 / 75	
DISEÑO: BARBARA MALDONADO	Vs. No. ASESORA EPS:
CÁLULO: BARBARA MALDONADO	INGA. CRISTINA DEL ROSARIO CLAYSON DE PINTO



SIMBOLOGIA	
	LIMITE DEL PAÑUELO
	CAJA DE REGISTRO PRINCIPAL (union)
	BAP
	TUBERIA PVC DE Ø INDICADO
	BAJADA DE AGUA PLUVIAL

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA

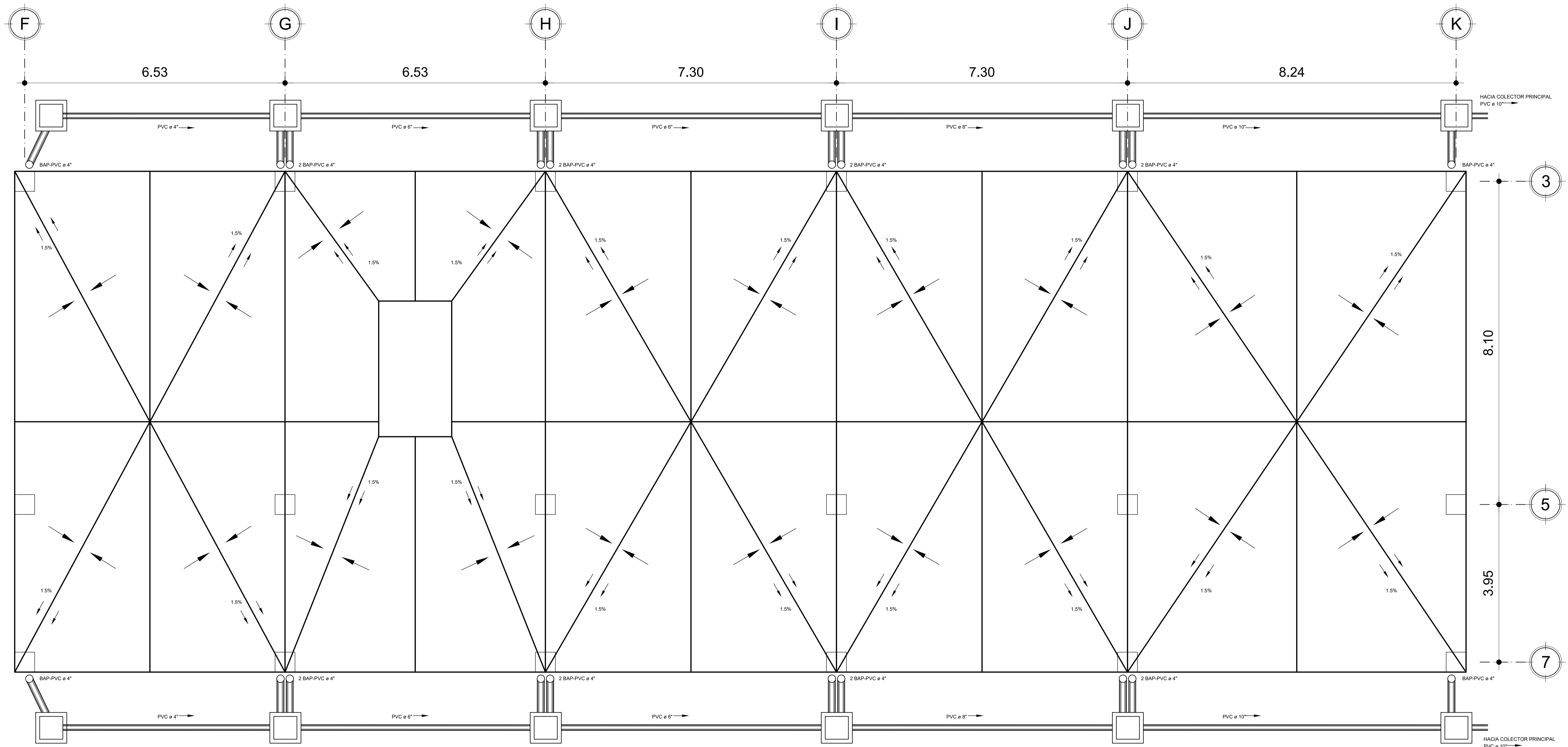
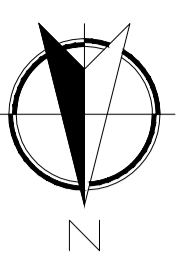
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA

CONTENIDO: PLANTA INSTALACIONES PLUVIALES



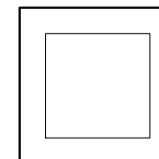

PROYECTO:
DISEÑO DE UN EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA LA
ESCUELA PRIMARIA No. 595 EN LA COLONIA VILLALOBOS I,
ZONA 12 DE VILLA NUEVA, GUATEMALA

FECHA: OCTUBRE 2017	ESCALA HRZ.: 1 / 50	ESCALA VERT.: 1 / 50
---------------------	---------------------	----------------------

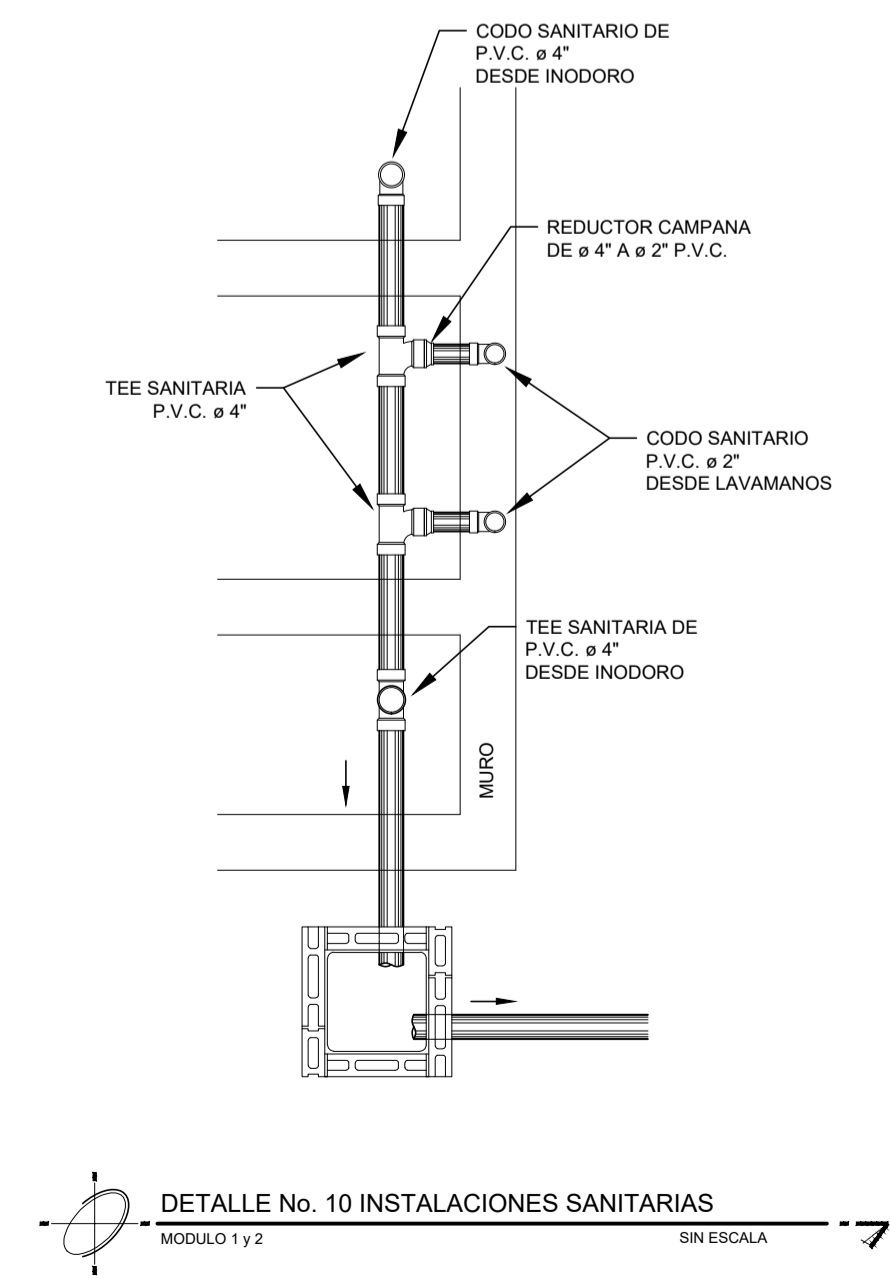
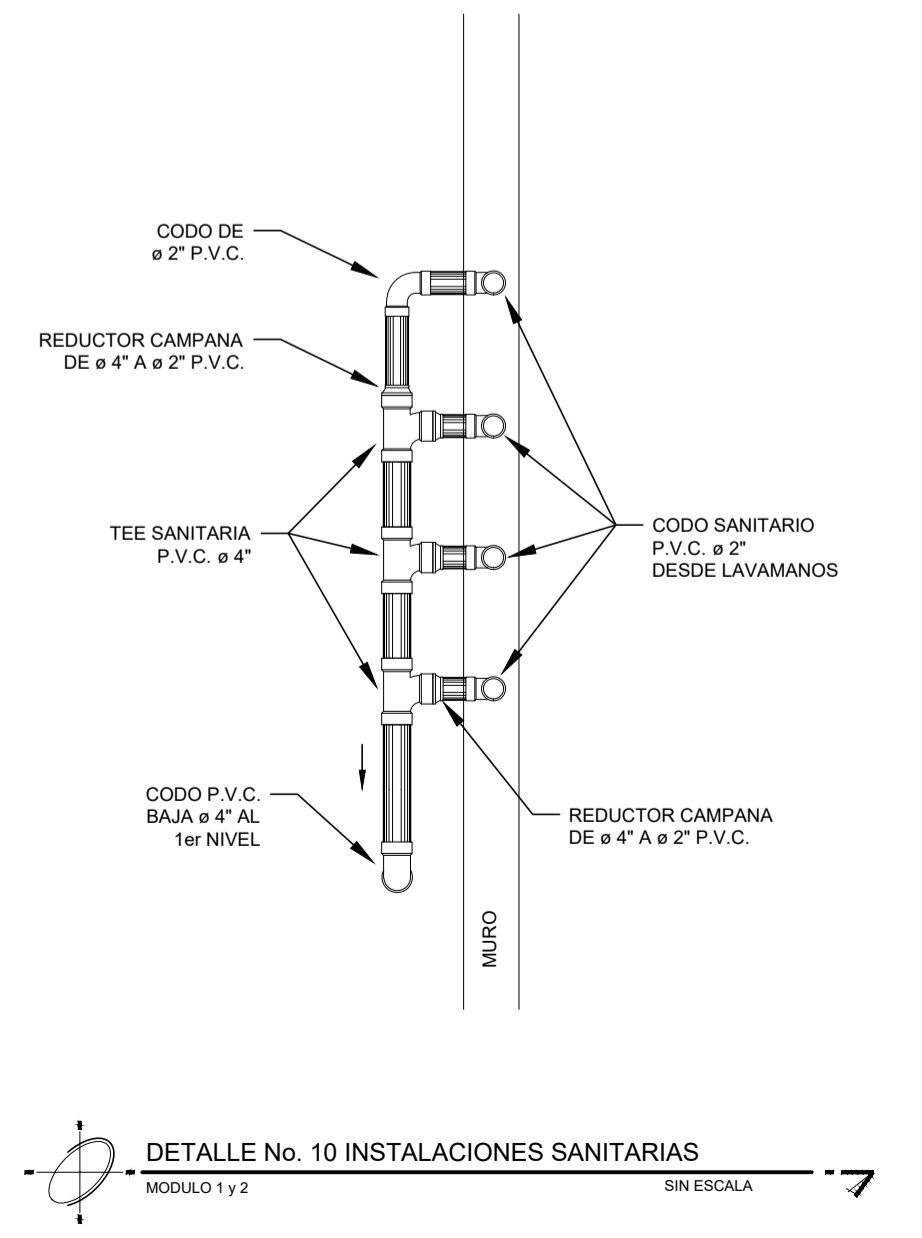
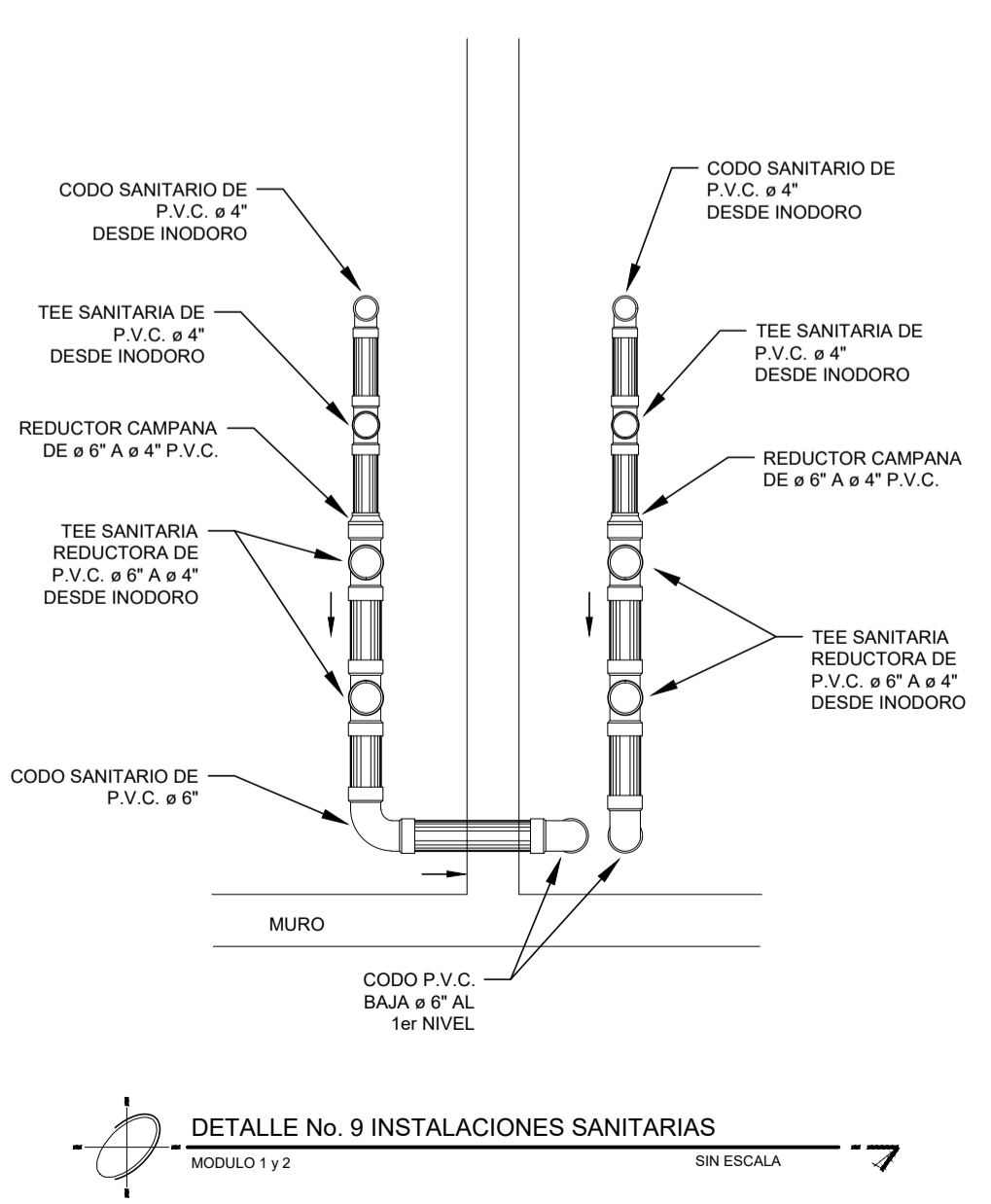
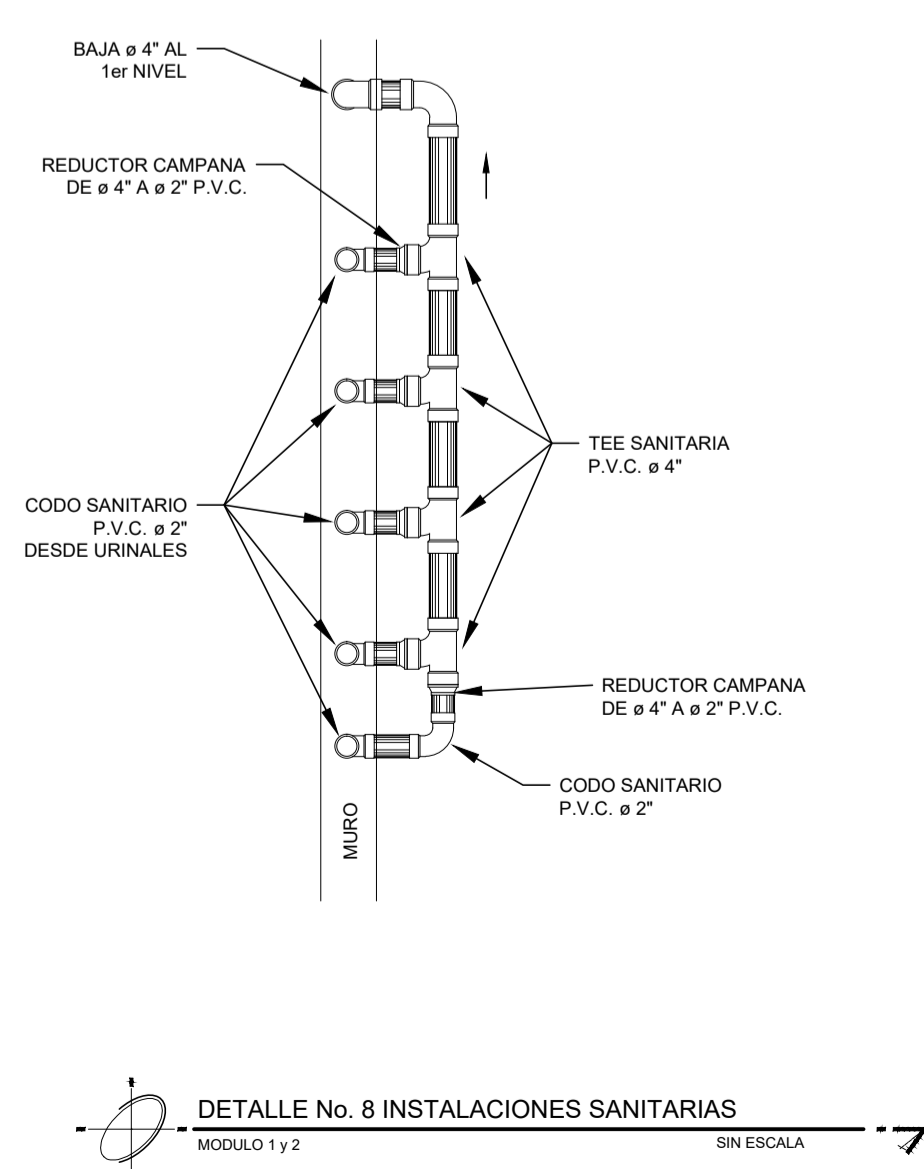
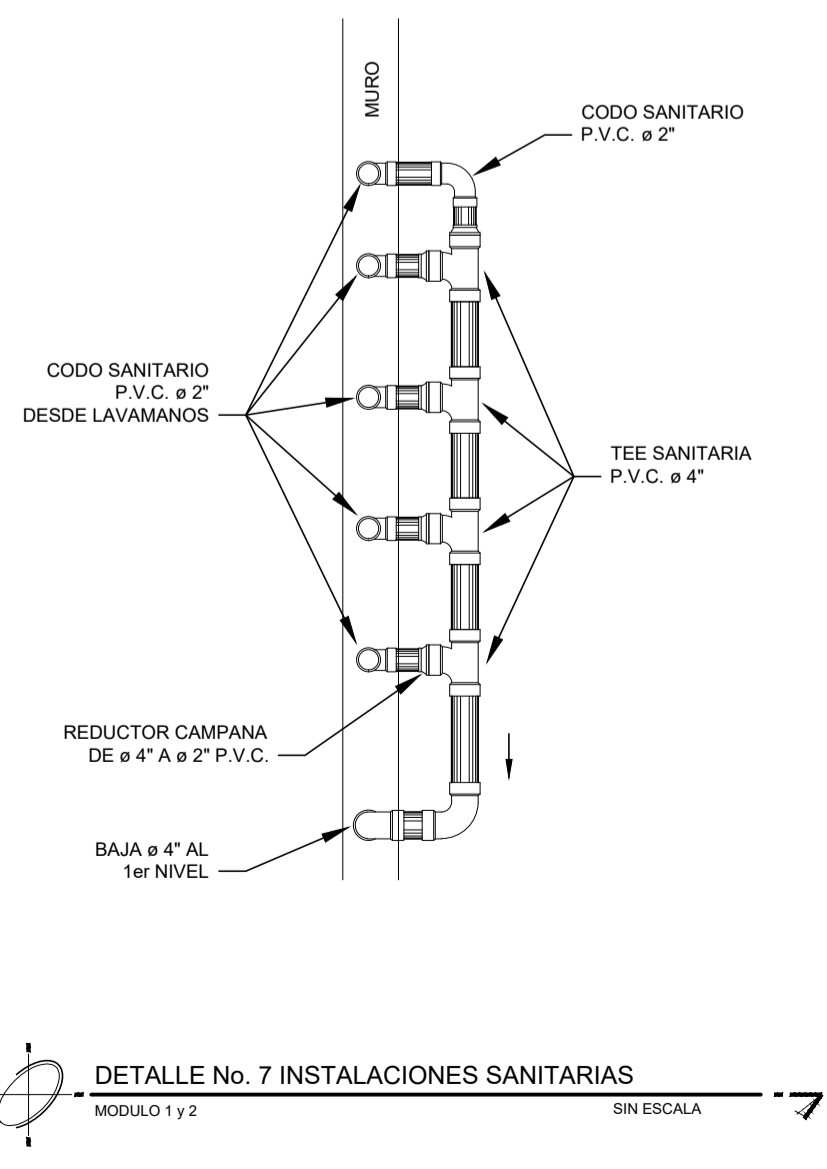
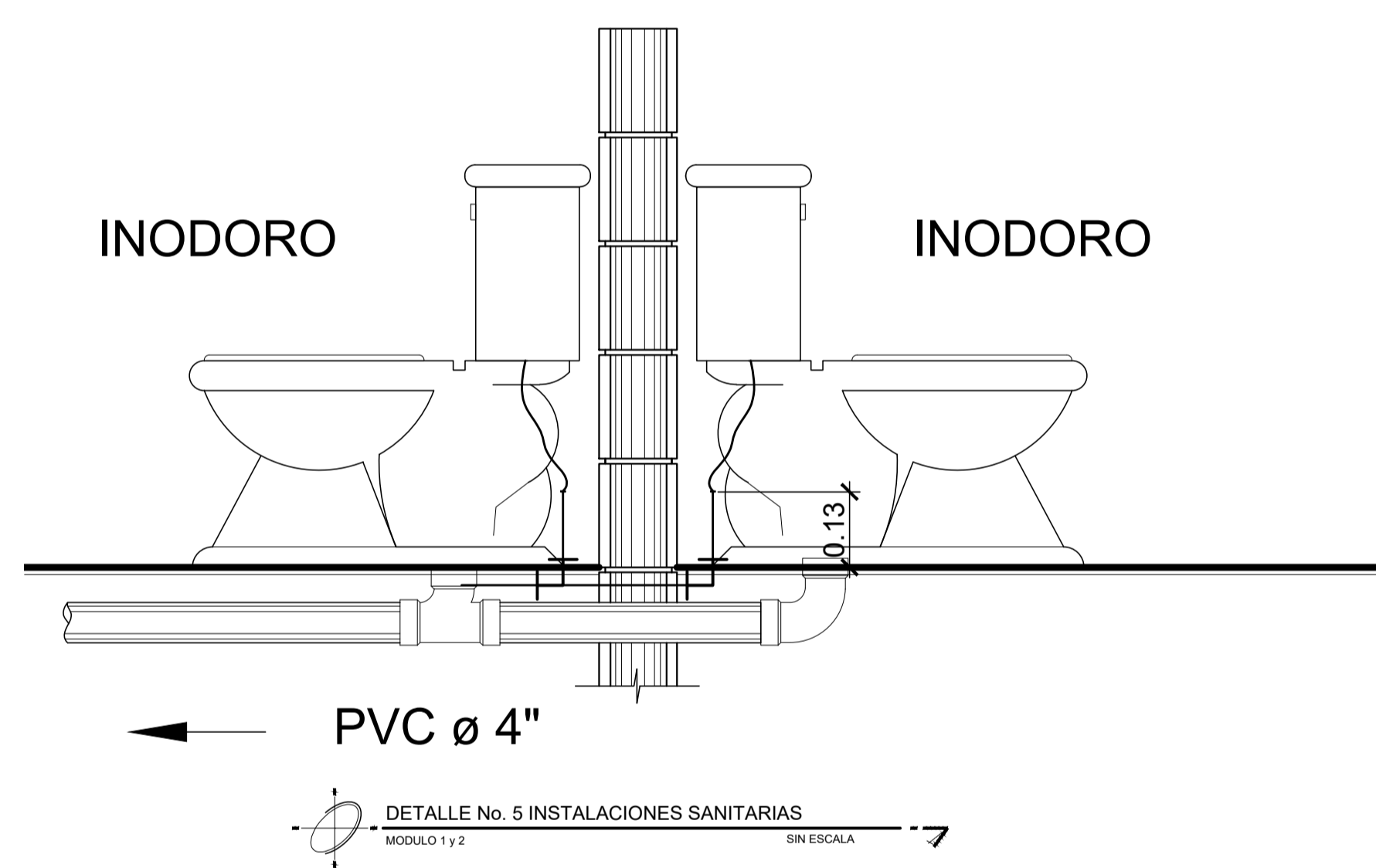
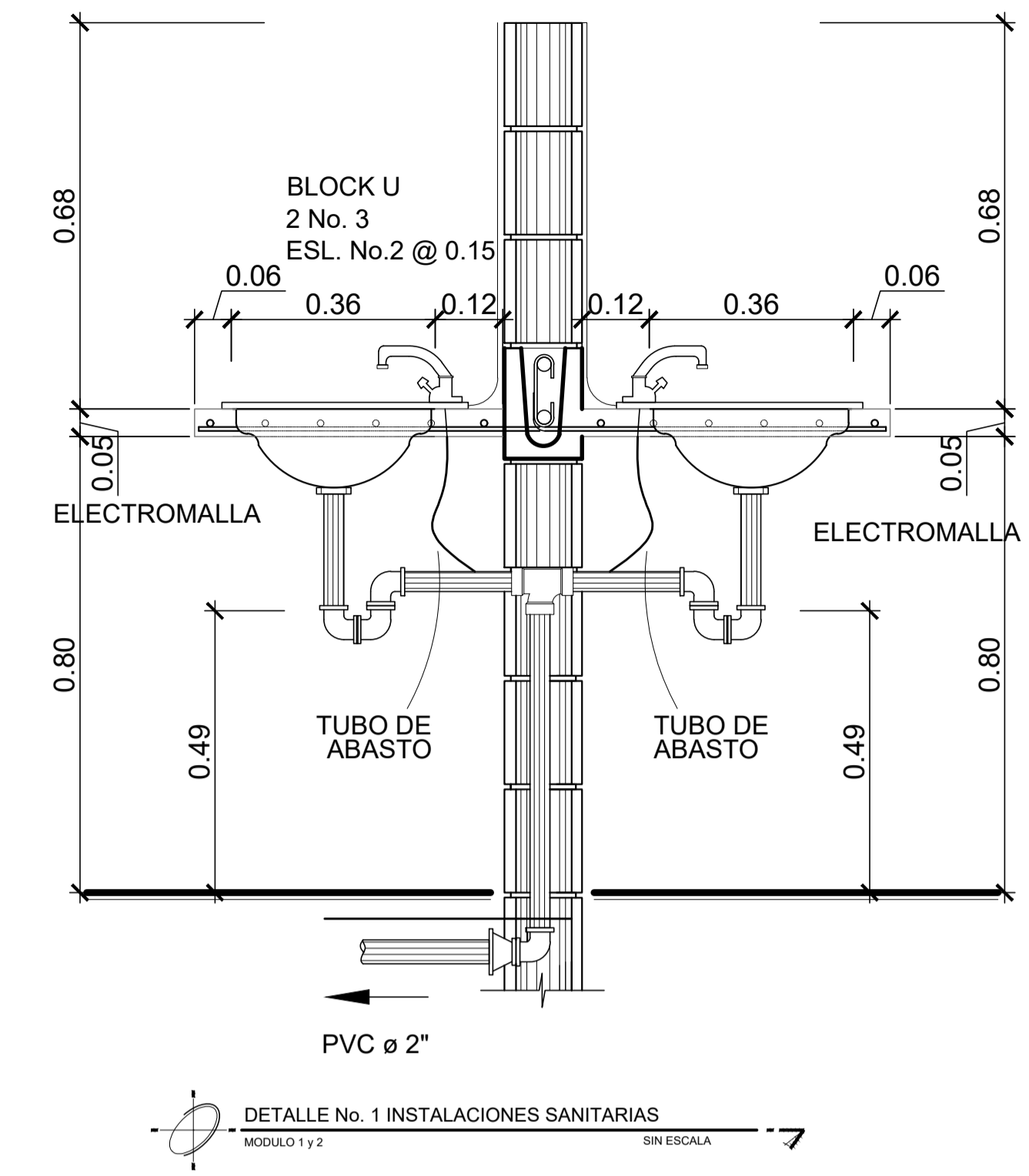
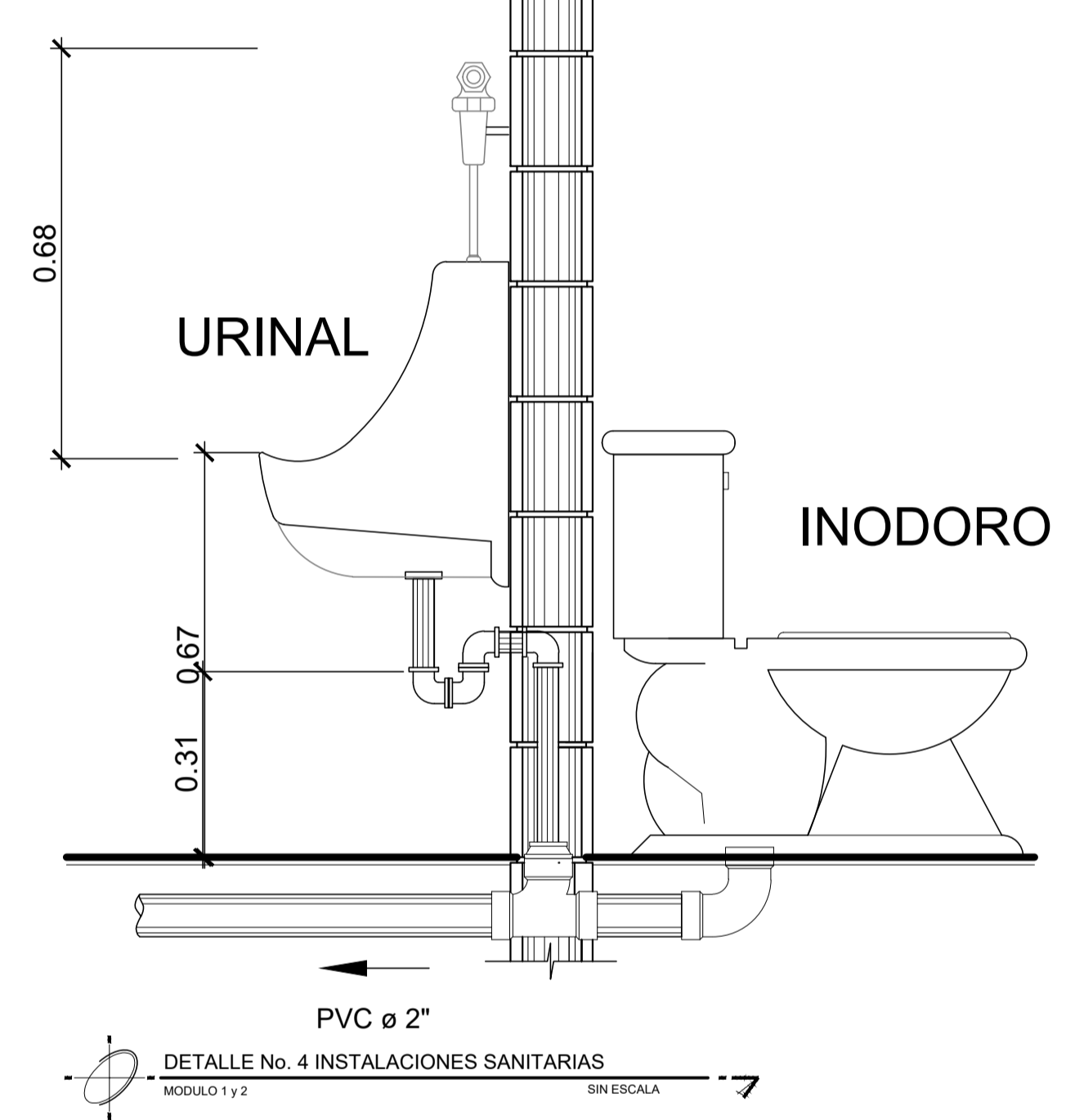
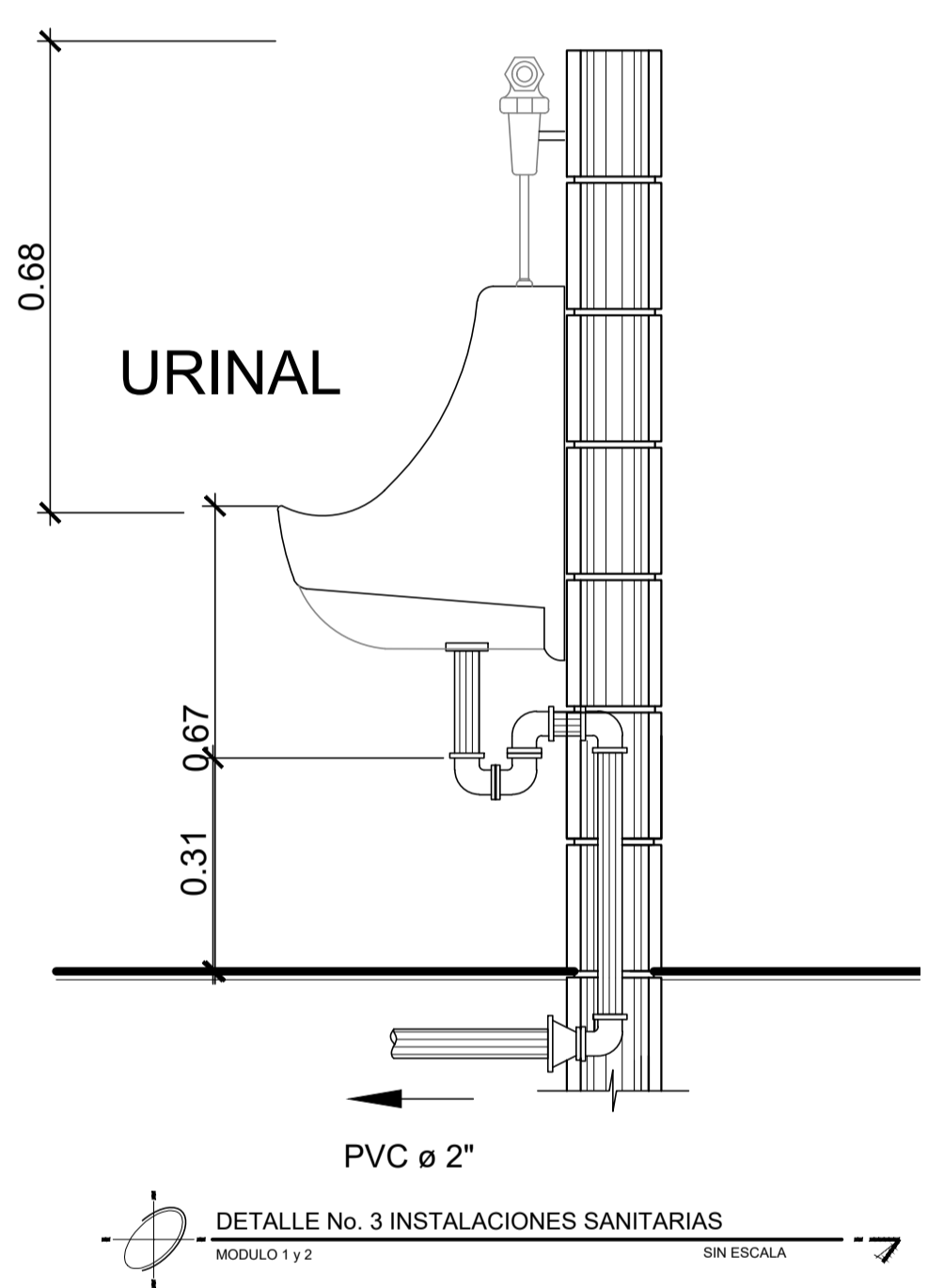
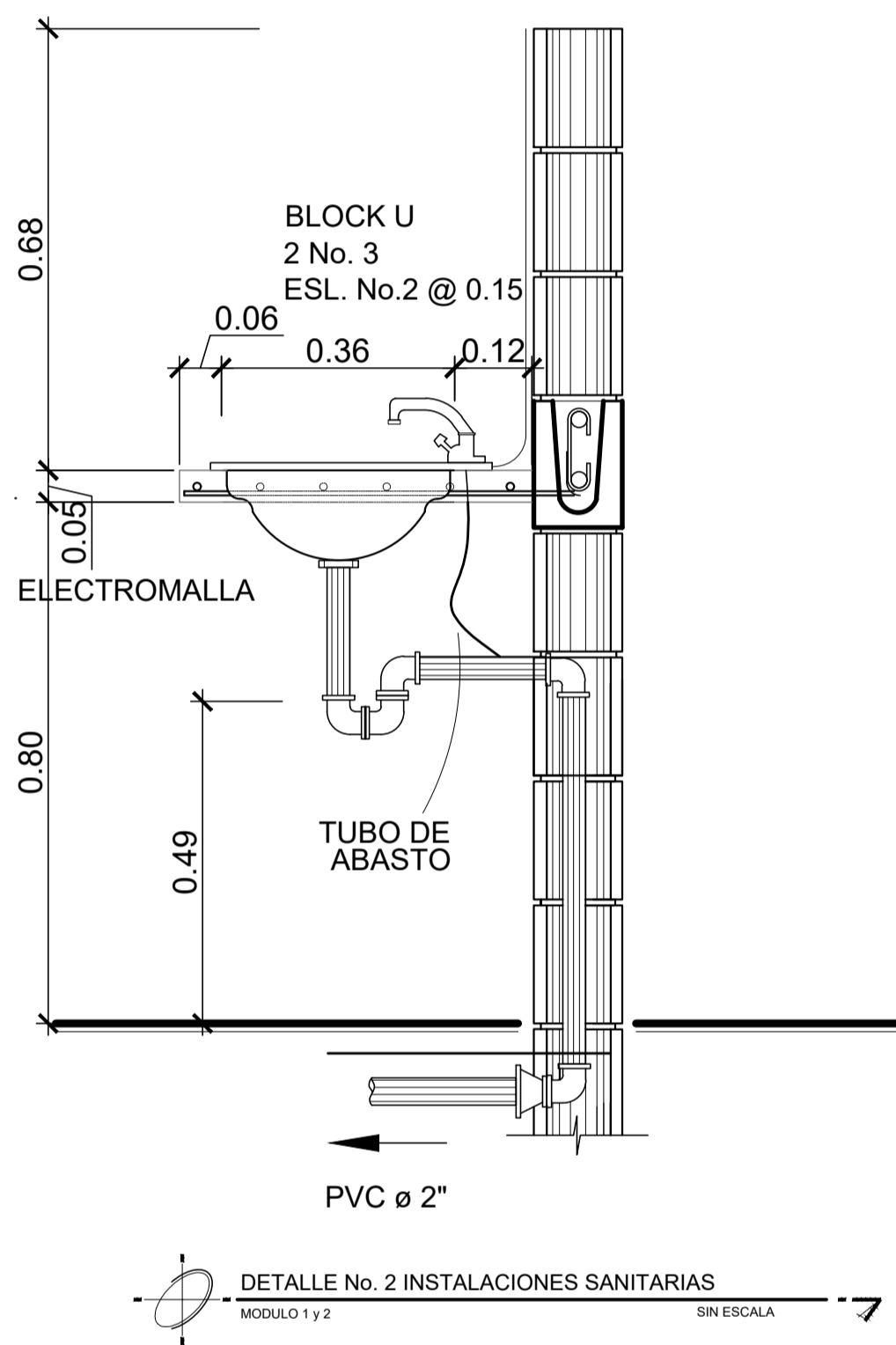
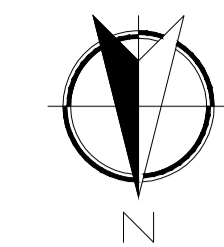
DISEÑO: BARBARA MALDONADO	Vs. to. ASESORA EPS:	24 31
CÁLULO: BARBARA MALDONADO	INGA. CRISTA DEL ROSARIO CLASION DE PINTO	



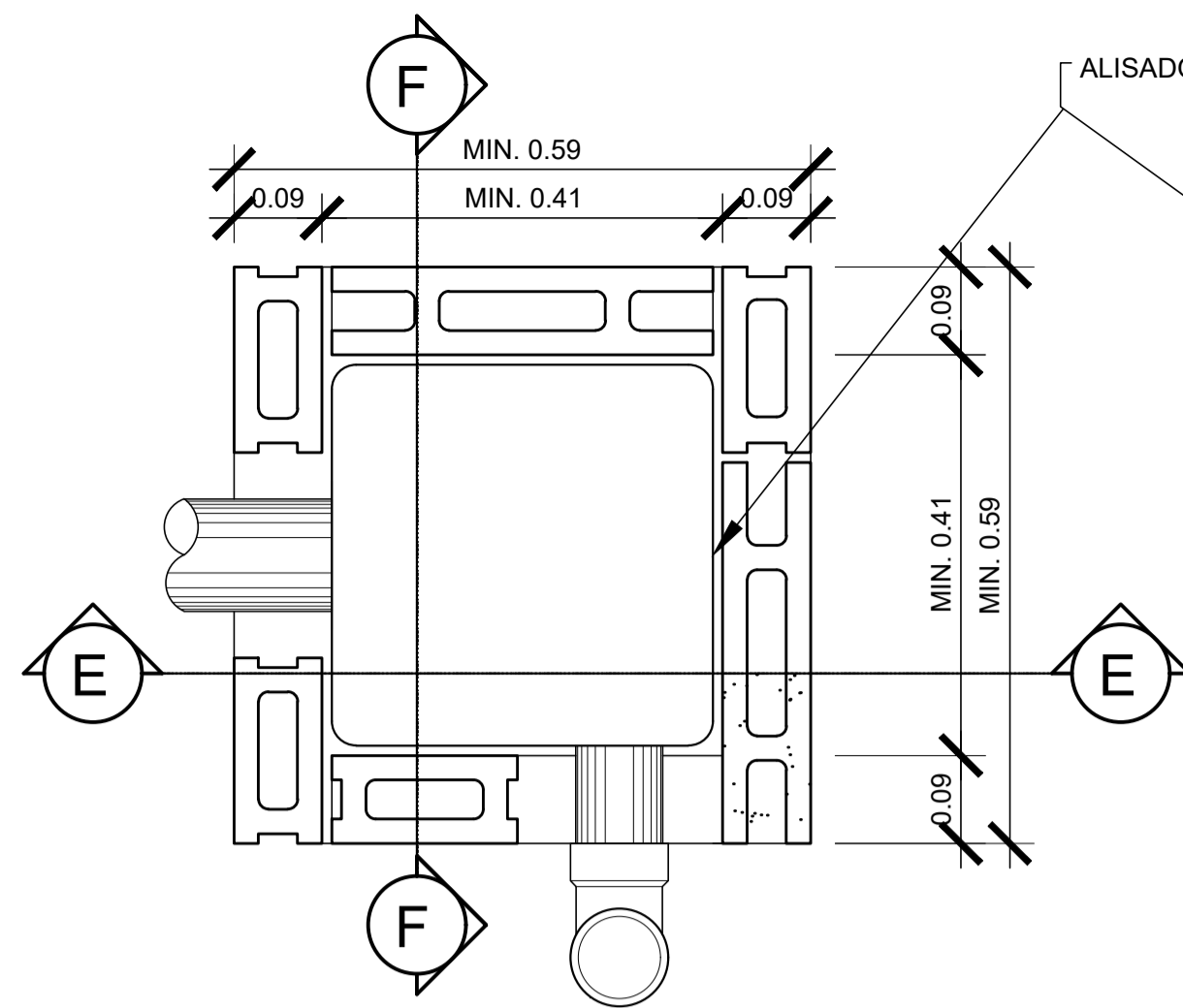
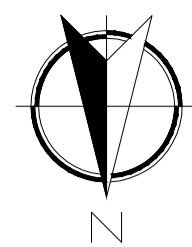
SIMBOLOGIA

	LIMITE DEL PAÑUELO		BAJADA DE AGUA PLUVIAL
	CAJA DE REGISTRO PRINCIPAL (union)		TUBERIA PVC DE Ø INDICADO

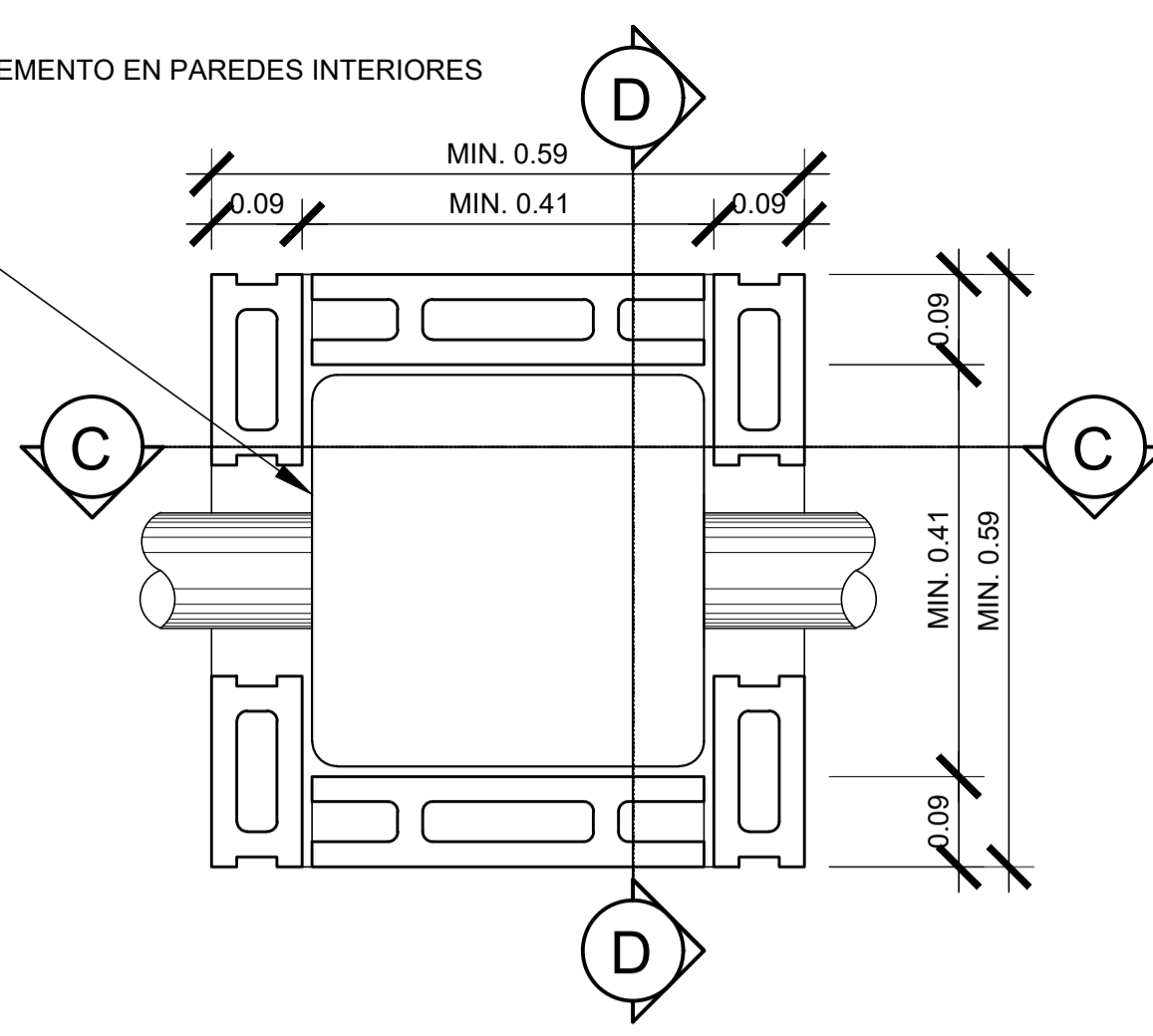
	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA	
	EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA	
	CONTENIDO: PLANTA INSTALACIONES PLUVIALES	
PROYECTO: DISEÑO DE UN EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA LA ESCUELA PRIMARIA No. 595 EN LA COLONIA VILLALOBOS I, ZONA 12 DE VILLA NUEVA, GUATEMALA		
FECHA: OCTUBRE 2017	ESCALA HRZ.: 1 / 50	ESCALA VERT.: 1 / 50
DISEÑO: BARBARA MALDONADO	Vb. Ito. ASESORA EPS: INGA. CRISTINA DEL ROSARIO CLAYSON DE PINTO	
CÁLULO: BARBARA MALDONADO	25 / 31	



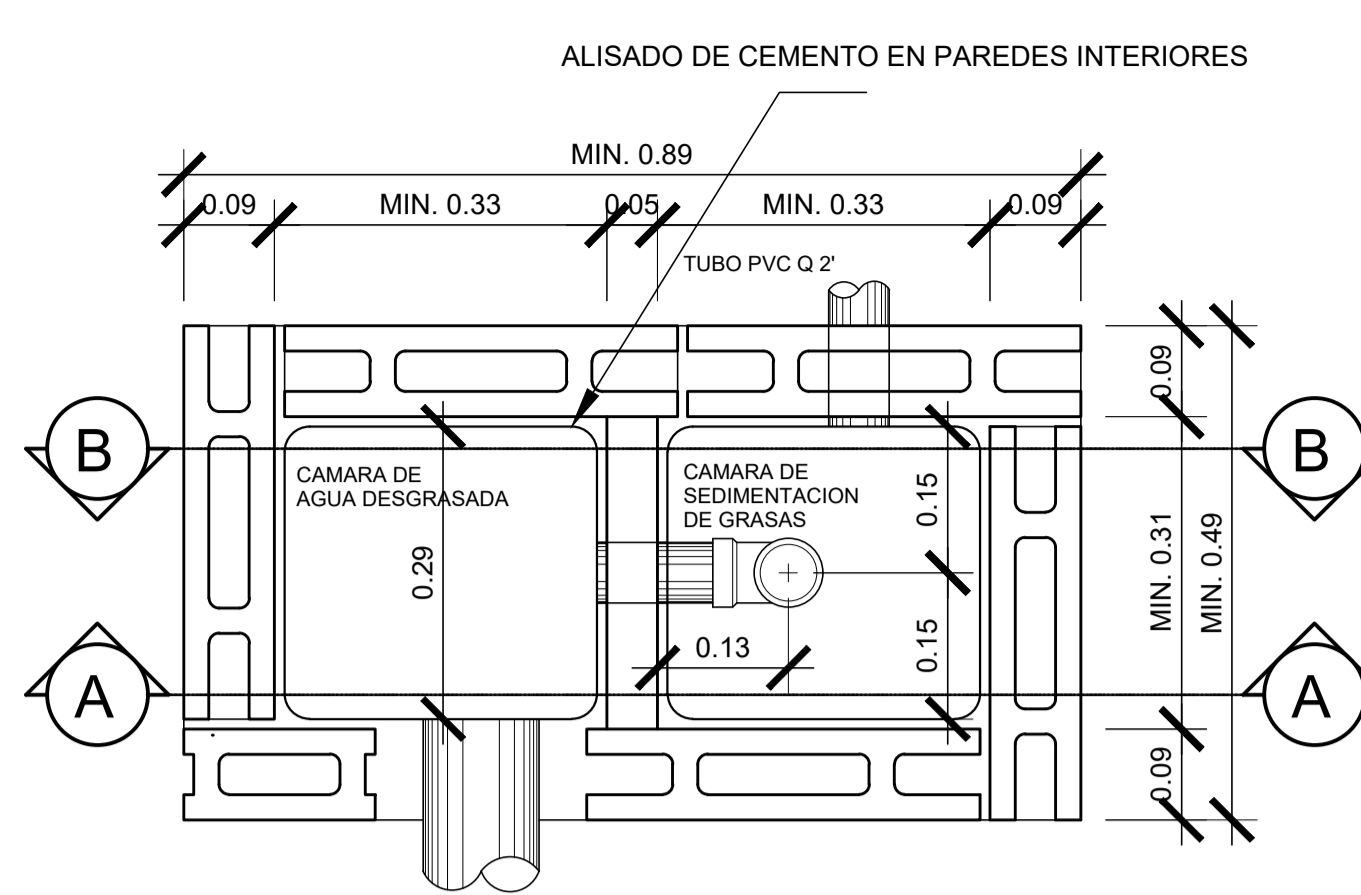
	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA		
	EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA		
CONTENIDO: DETALLES PARA INSTALACIONES SANITARIAS			
PROYECTO: DISEÑO DE UN EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA LA ESCUELA PRIMARIA No. 595 EN LA COLONIA VILLALOBOS I, ZONA 12 DE VILLA NUEVA, GUATEMALA			
FECHA:	OCTUBRE 2017	ESCALA HRZ.:	SIN ESCALA
		ESCALA VERT.:	SIN ESCALA
DISEÑO:	BARBARA MALDONADO	Vs. To. ASESORA EPS:	
CÁLULO:	BARBARA MALDONADO	INGA. CRISTINA DEL ROSARIO CLASSON DE PINTO	



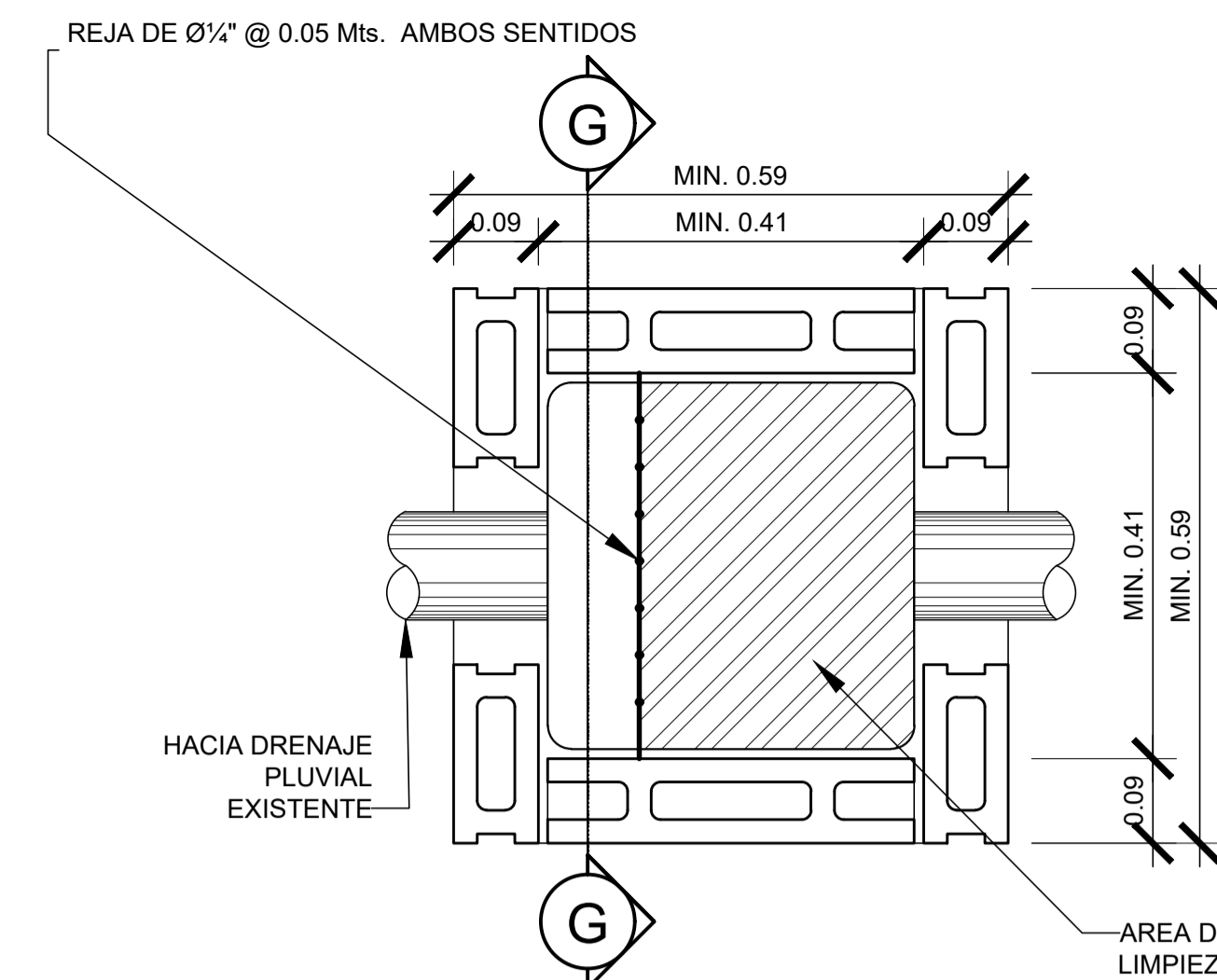
PLANTA CAJA DE REGISTRO PRINCIPAL



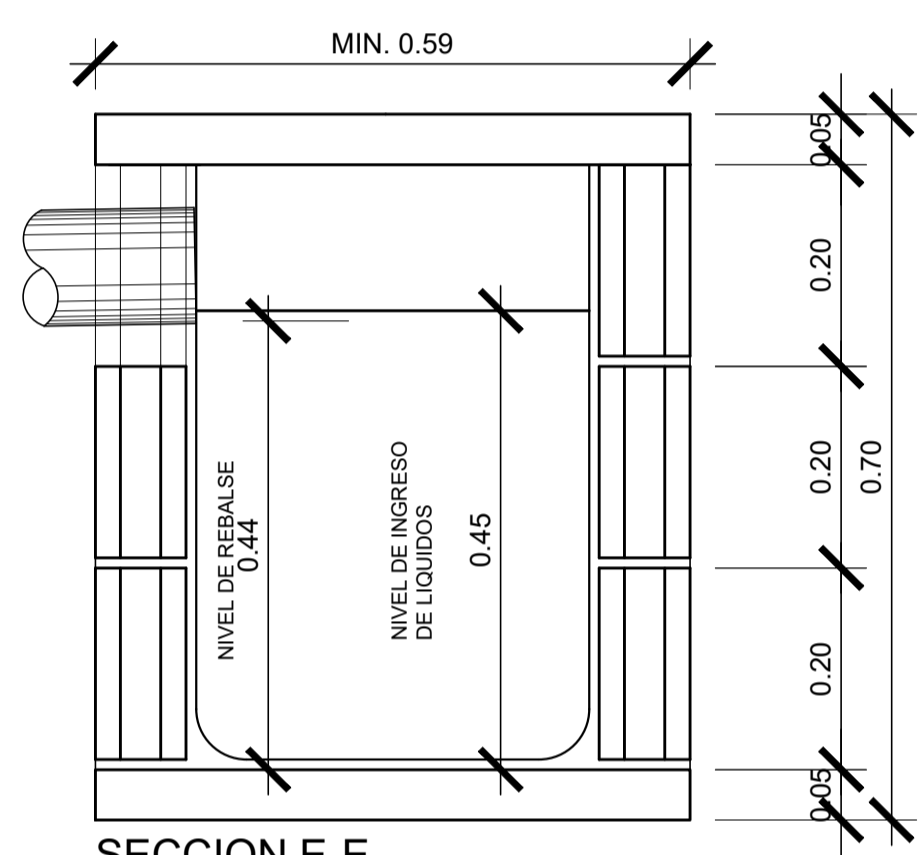
PLANTA CAJA DE REGISTRO SECUNDARIA
(AGUA PLUVIAL/REPOSADERA)



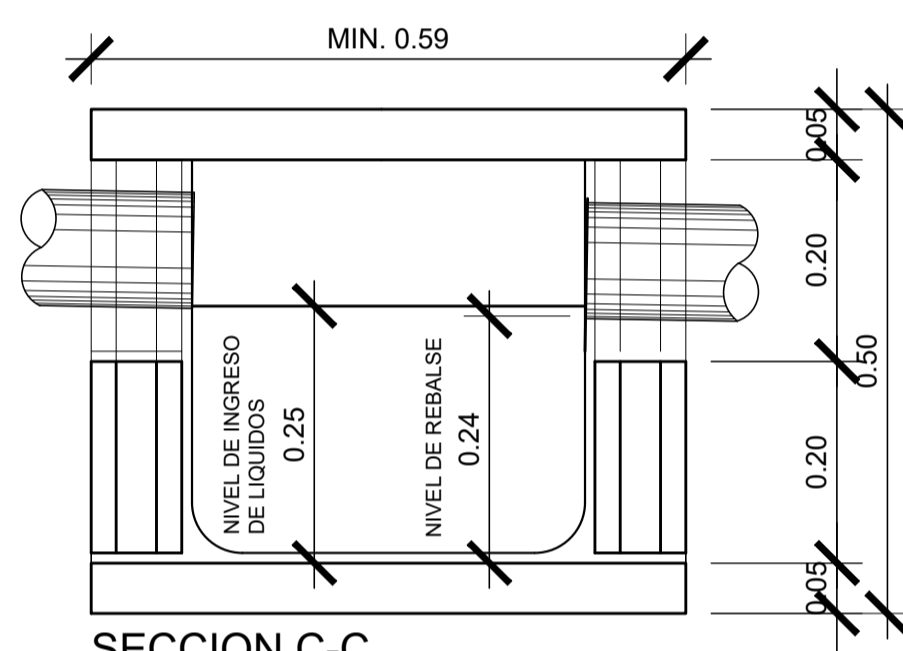
PLANTA CAJA ATRAPAGRASA



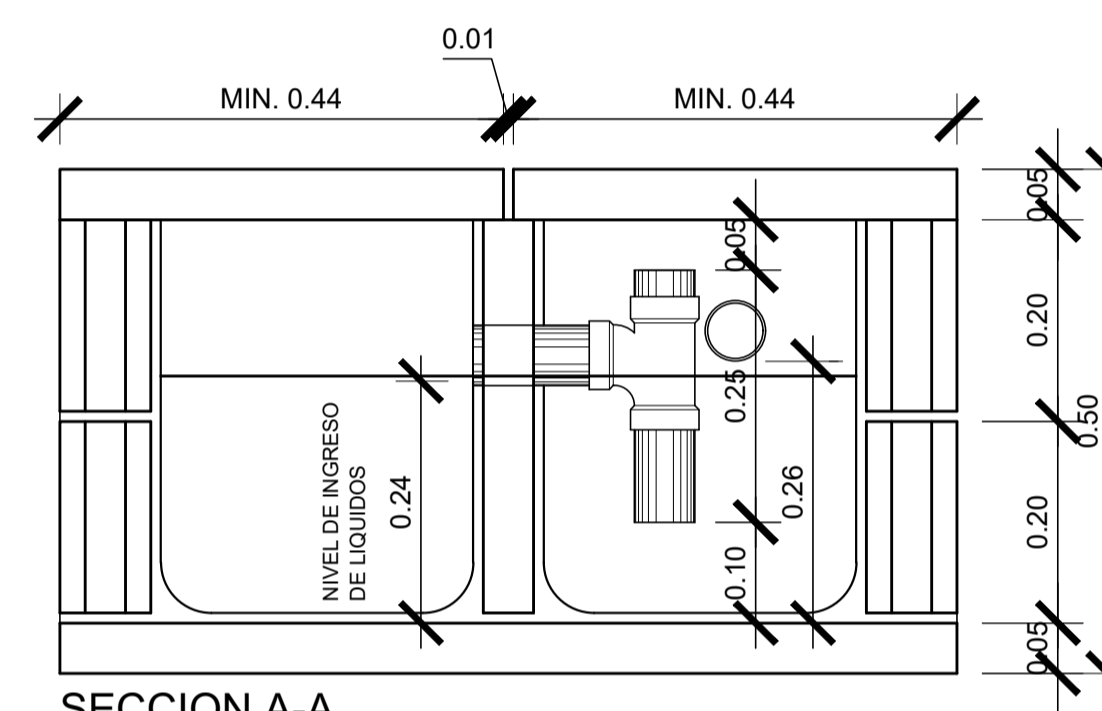
PLANTA CAJA DE CONEXION
(AGUA PLUVIAL/CONEXION)



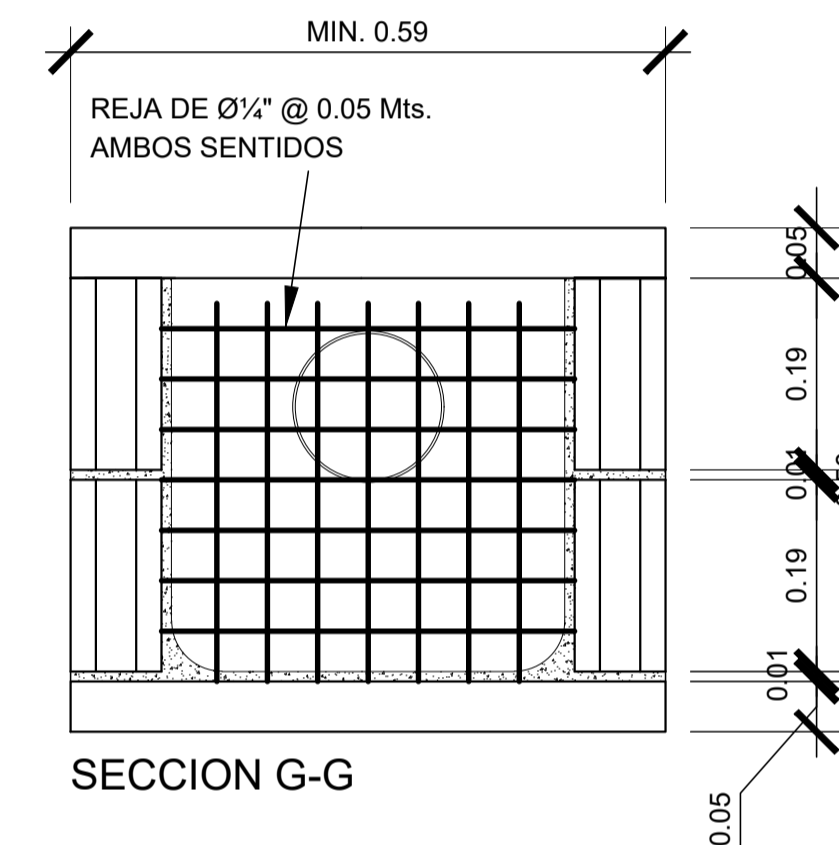
SECCION E-E



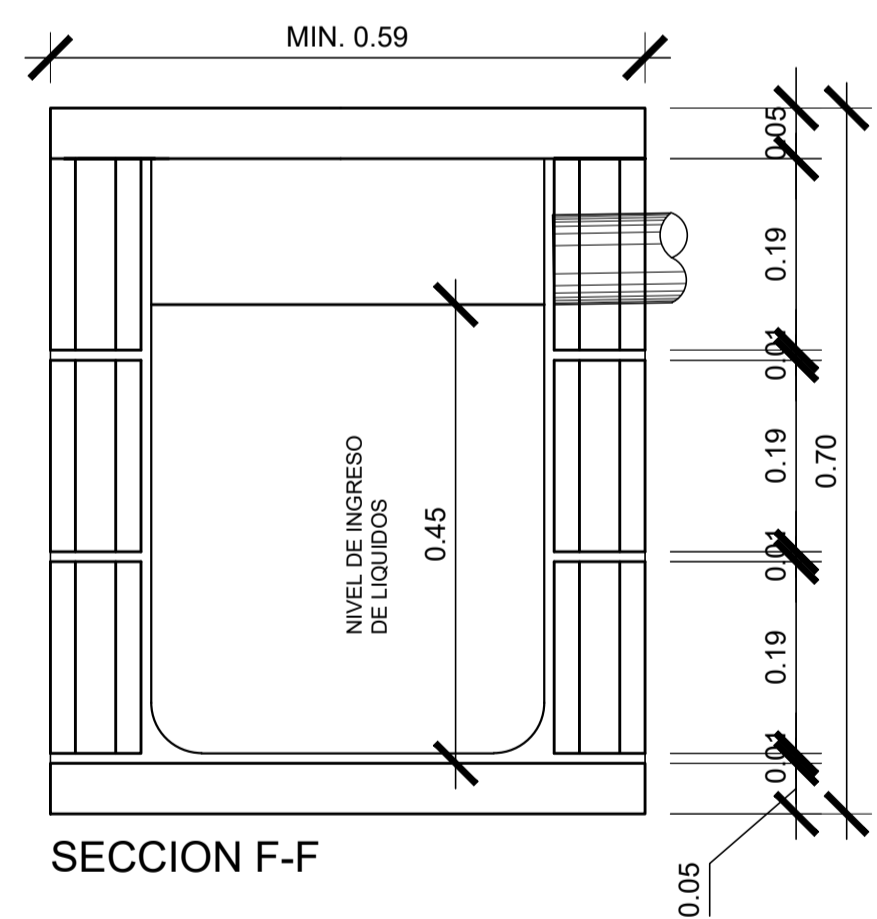
SECCION C-C



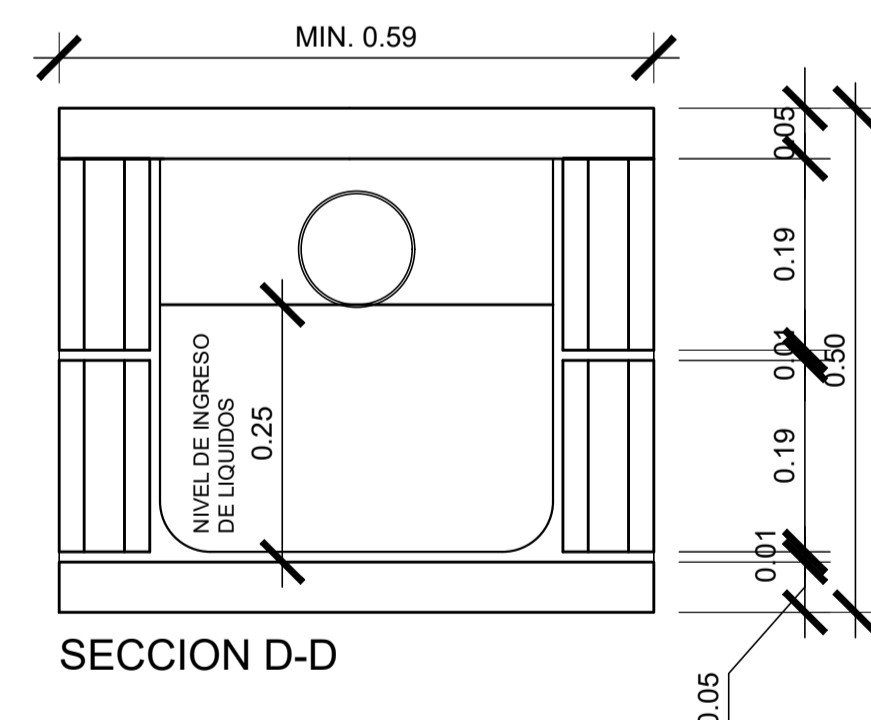
SECCION A-A



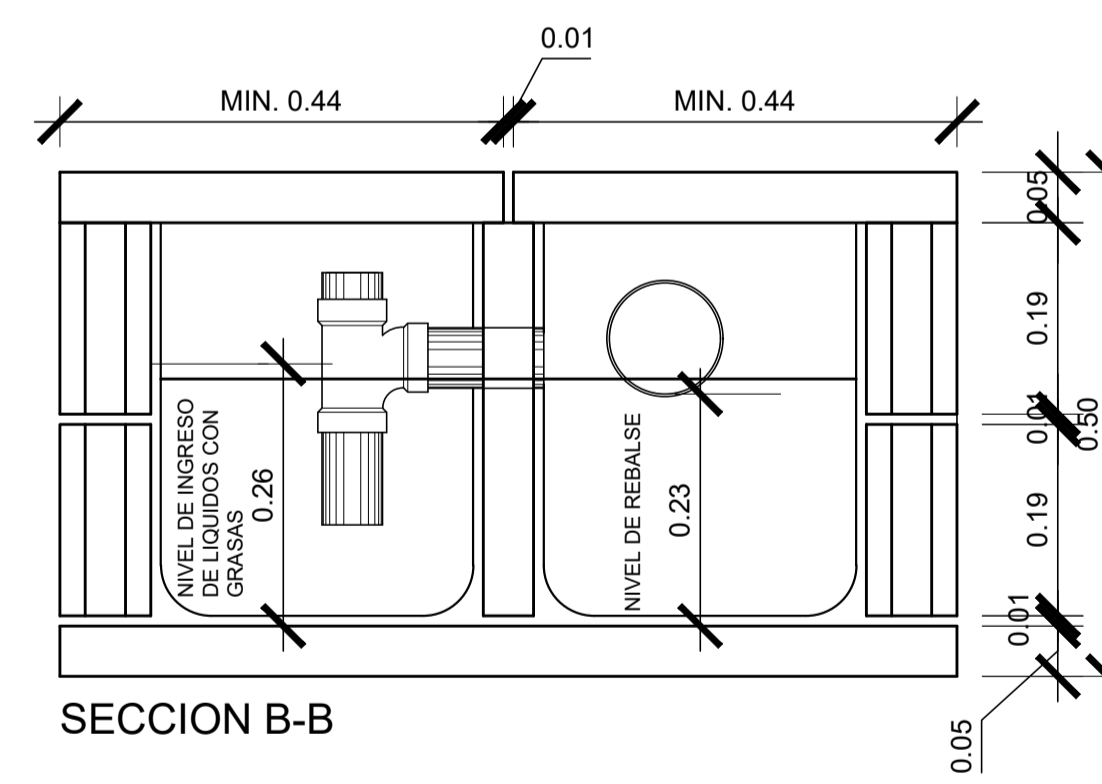
SECCION G-G



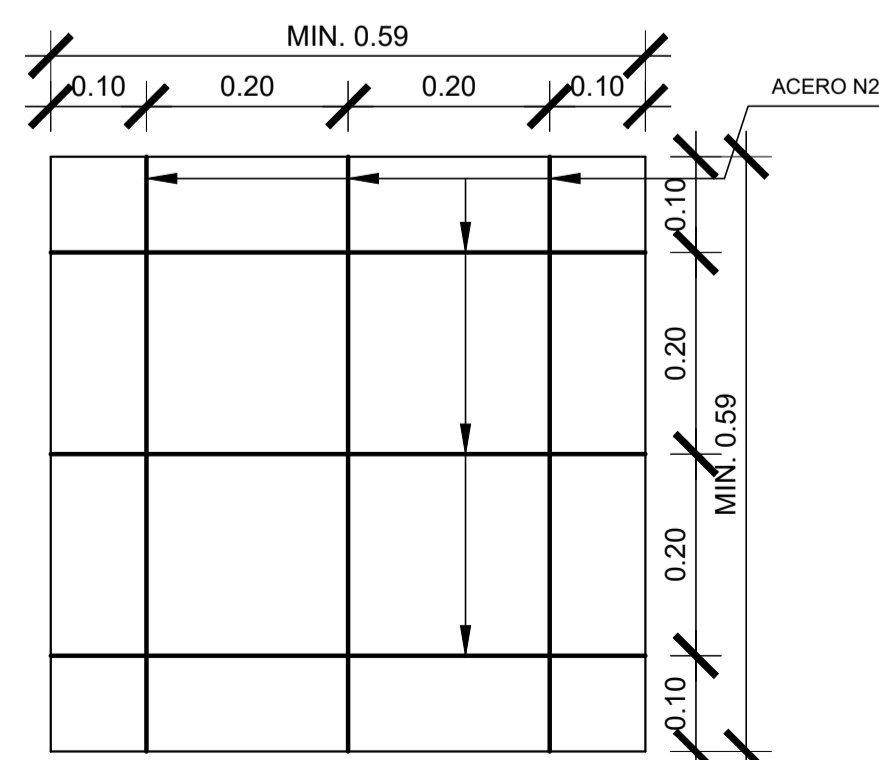
SECCION F-F



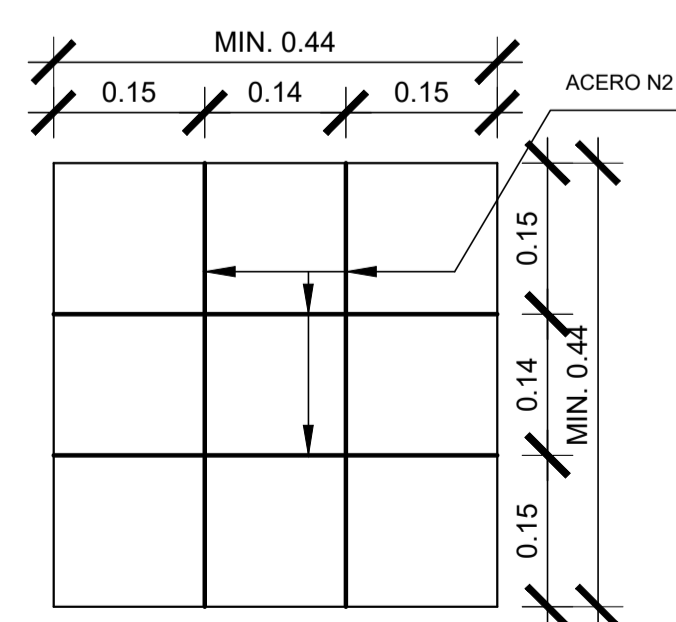
SECCION D-D



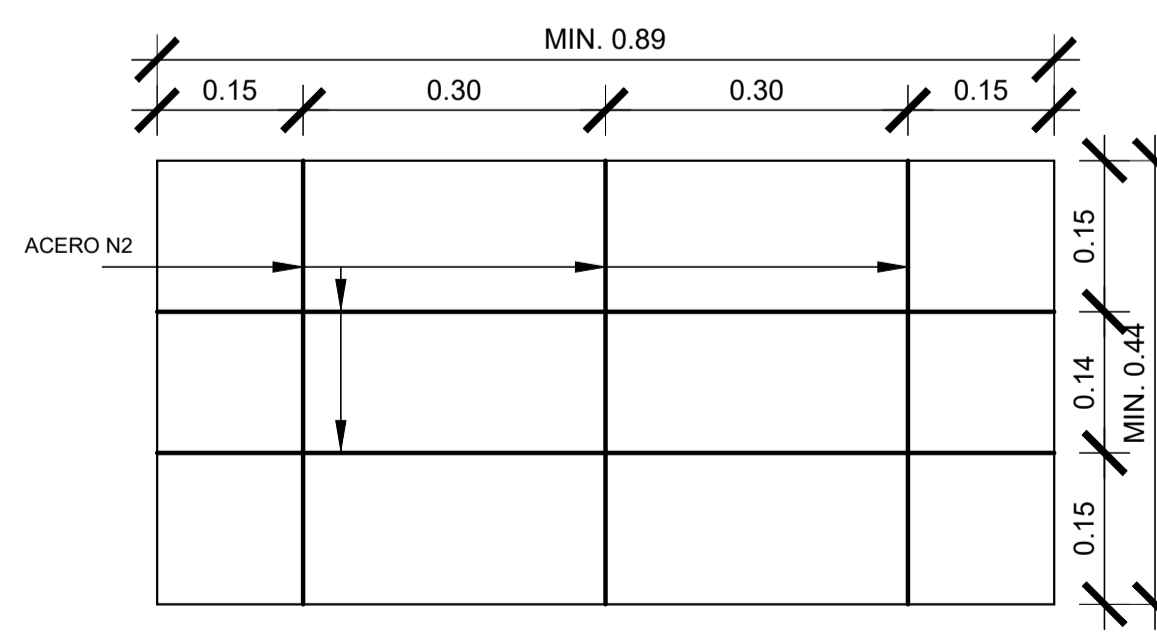
SECCION B-B



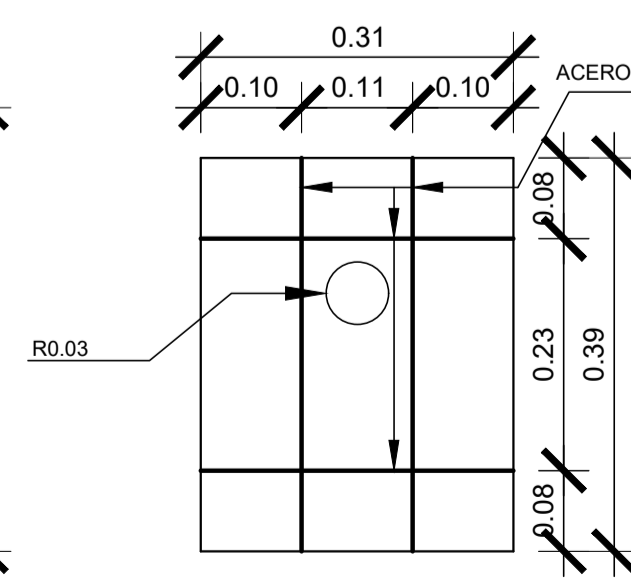
PLANTA DE TAPADERA Y BASE DE CONCRETO PARA CAJAS DE REGISTRO



PLANTA DE TAPADERAS DE CONCRETO PARA CAJA ATRAPAGRASA



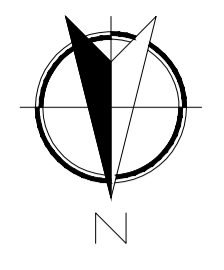
PLANTA DE LA BASE DE CONCRETO PARA CAJA ATRAPAGRASA



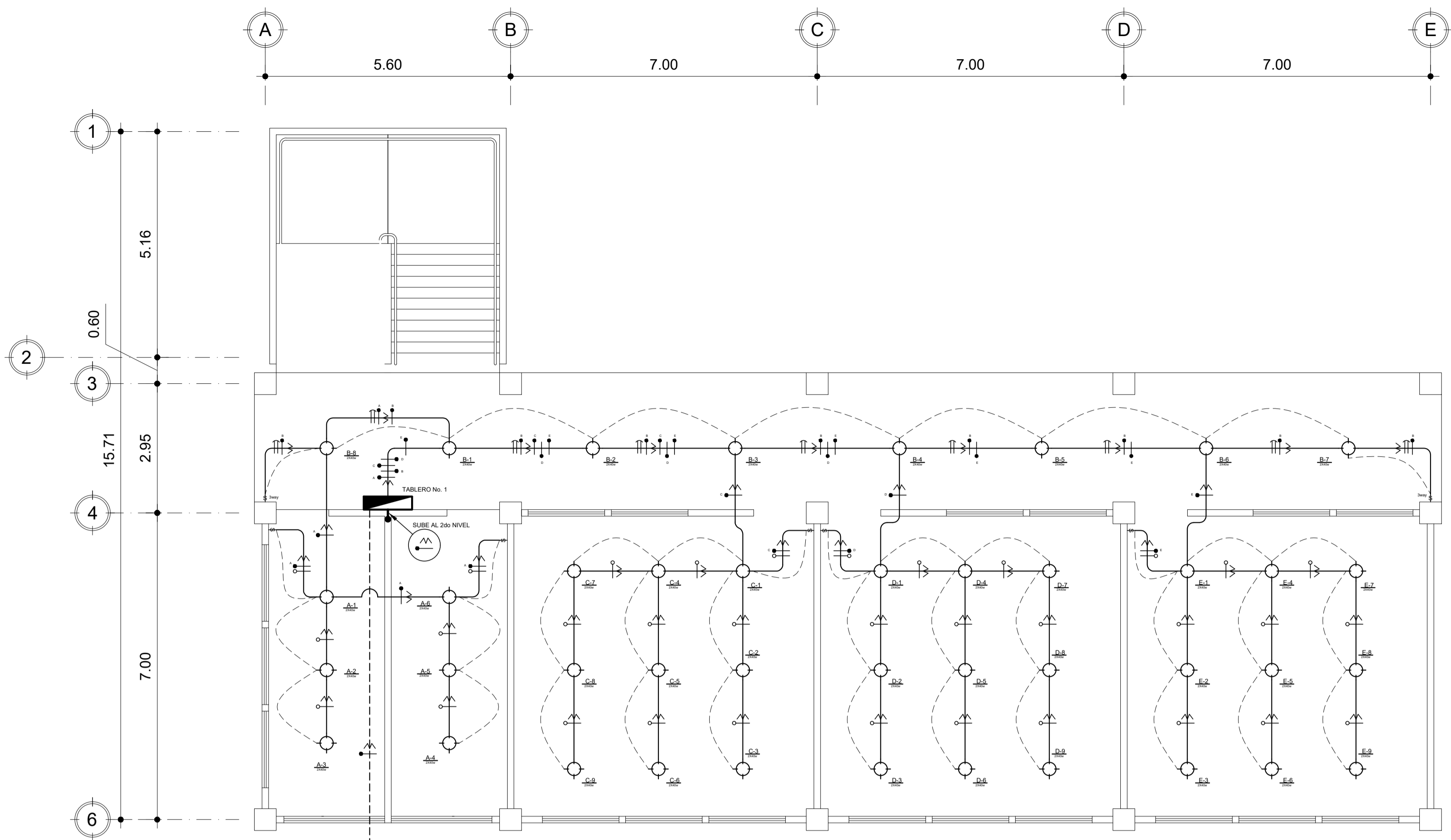
DETALLE DE CORTINA DE CONCRETO PARA CAJA ATRAPAGRASA

DETALLES TÍPICOS DE INSTALACIONES SANITARIAS Y PLUVIALES
MÓDULO 1 y 2 ESCALA: 1/75

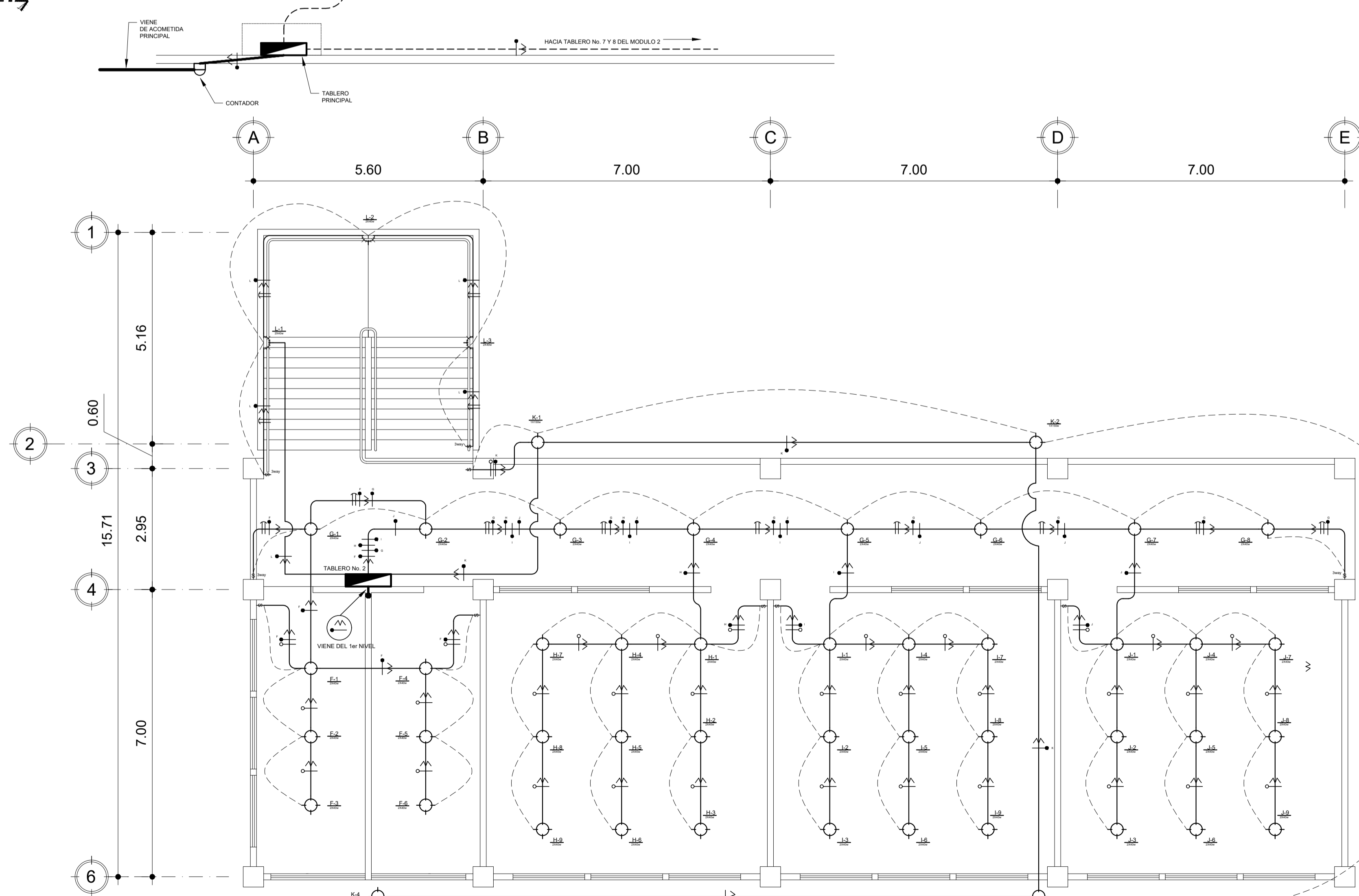
	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA		
	EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA		
CONTENIDO: DETALLES PARA INSTALACIONES SANITARIAS Y PLUVIALES			
PROYECTO: DISEÑO DE UN EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA LA ESCUELA PRIMARIA No. 595 EN LA COLONIA VILLALOBOS I, ZONA 12 DE VILLA NUEVA, GUATEMALA			
FECHA:	OCTUBRE 2017	ESCALA HRZ.:	1/75
		ESCALA VERT.:	1/75
DISEÑO:	BARBARA MALDONADO	Vs. No. ASESORA EPS:	
CÁLULO:	BARBARA MALDONADO	INGA. CRISTINA DEL ROSARIO CLASION DE PINTO	



SIMBOLOGIA	
	TUBERIA EN PARED O EN LOSA
	FOCO + PLAFONERA (en cielo)
	REFLECTOR DOBLE (en pared)
	FOCO + PLAFONERA TIPO CORONA (en cielo)
	FOCO + PLAFONERA (en pared)
	TABLERO DE DISTRIBUCION TIPO 102
	LINEA VIVA CALIBRE 12 twg (awg thw)
	LINEA NEUTRA CALIBRE 12 twg (awg thw)
	PUENTE CALIBRE 12 twg (awg thw)
	RETORNO CALIBRE 12 twg (awg thw)
	VIENE DE ACOMETIDA PRINCIPAL
	VIENE DEL CONTADOR (cal. 8)
	VIENE DE ACOMETIDA PRINCIPAL (cal. 8)
	LINEA DE CONDUCCION
	CIRCUITO - UNIDAD
	INTERRUPTOR DOBLE
	INTERRUPTOR SIMPLE
	INTERRUPTOR 3way

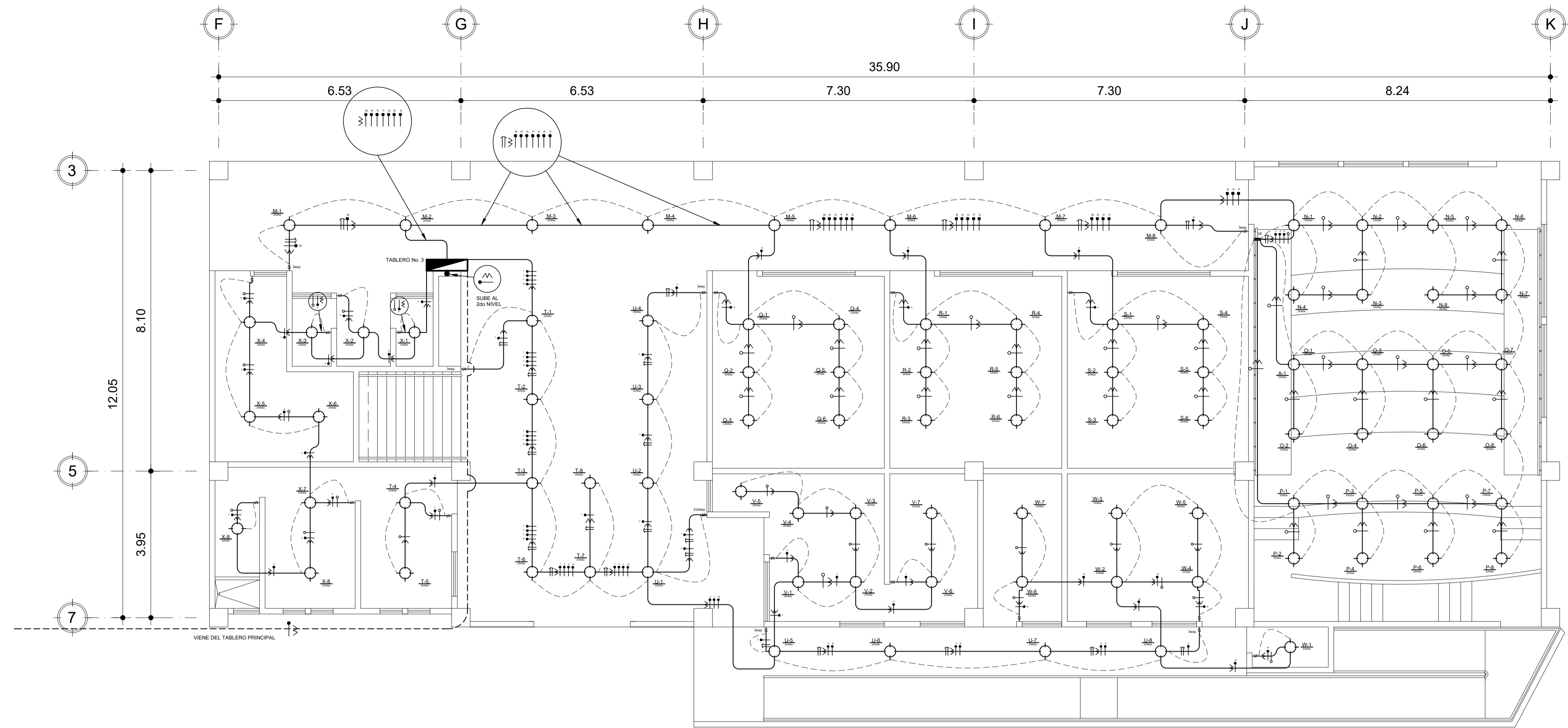
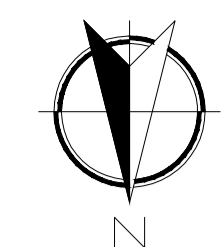


PLANTA DE ILUMINACION - PRIMER NIVEL
MODULO 1
ESCALA: 1/75



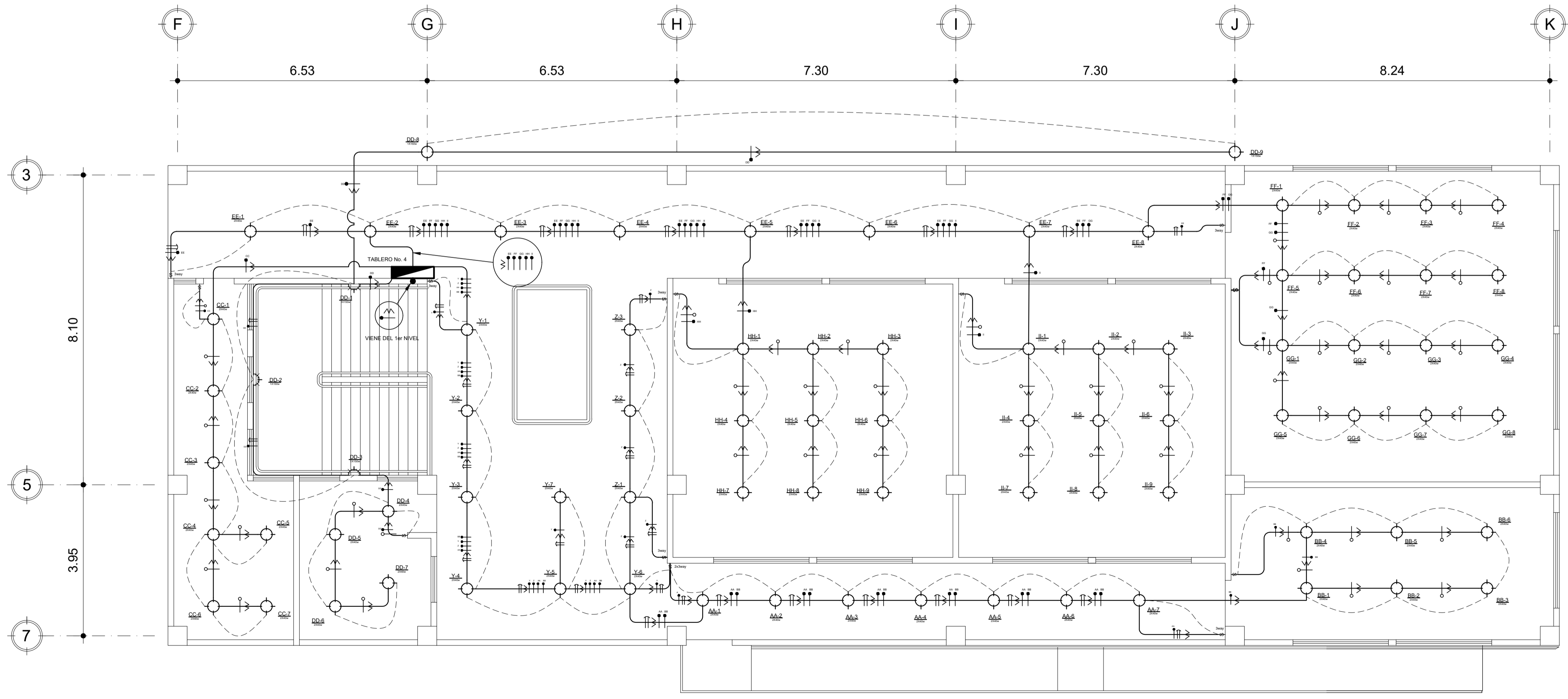
PLANTA DE ILUMINACION - SEGUNDO NIVEL
MODULO 1
ESCALA: 1/75

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA
	EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA
CONTENIDO: PLANTA DE ILUMINACION	PROYECTO: DISEÑO DE UN EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA LA ESCUELA PRIMARIA No. 595 EN LA COLONIA VILLALOBOS I, ZONA 12 DE VILLA NUEVA, GUATEMALA
FECHA: OCTUBRE 2017	ESCALA HRZ.: 1 / 75 ESCALA VERT.: 1 / 75
DISEÑO: BARBARA MALDONADO CALCULO: BARBARA MALDONADO	Vb. No. ASESORA EPS: INGA. CRISTINA DEL ROSARIO CLAYSON DE PINTO



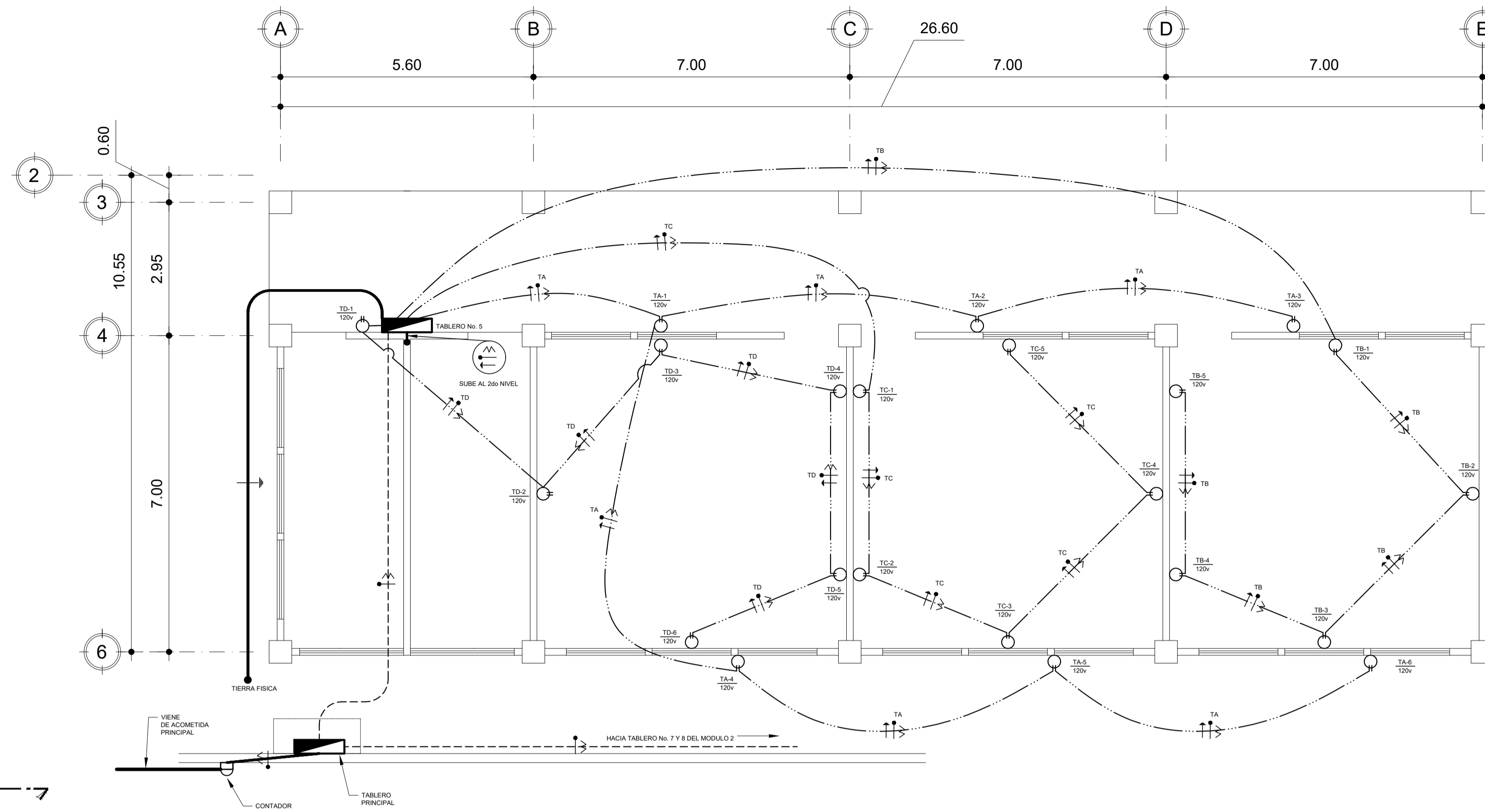
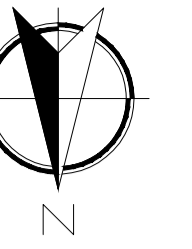
SIMBOLOGIA	
	TUBERIA EN PARED O EN LOSA
	FOCO + PLAFONERA (en cielo)
	REFLECTOR DOBLE (en pared)
	FOCO + PLAFONERA TIPO CORONA (en cielo)
	FOCO + PLAFONERA (en pared)
	TABLERO DE DISTRIBUCION TIPO 102
	LINEA VIVA CALIBRE 12 twg (avg thw)
	LINEA NEUTRA CALIBRE 12 twg (avg thw)
	PUENTE CALIBRE 12 twg (avg thw)
	RETORNO CALIBRE 12 twg (avg thw)
	VIENE DE ACOMETIDA PRINCIPAL
	VIENE DEL CONTADOR (cal. 8)
	VIENE DE ACOMETIDA PRINCIPAL (cal. 8)
	LINEA DE CONDUCCION
	M-5 CIRCUITO - UNIDAD
	INTERRUPTOR DOBLE
	INTERRUPTOR SIMPLE
	INTERRUPTOR 3way

PLANTA ACOTADA - PRIMER NIVEL
MODULO 2 ESCALA: 1/75

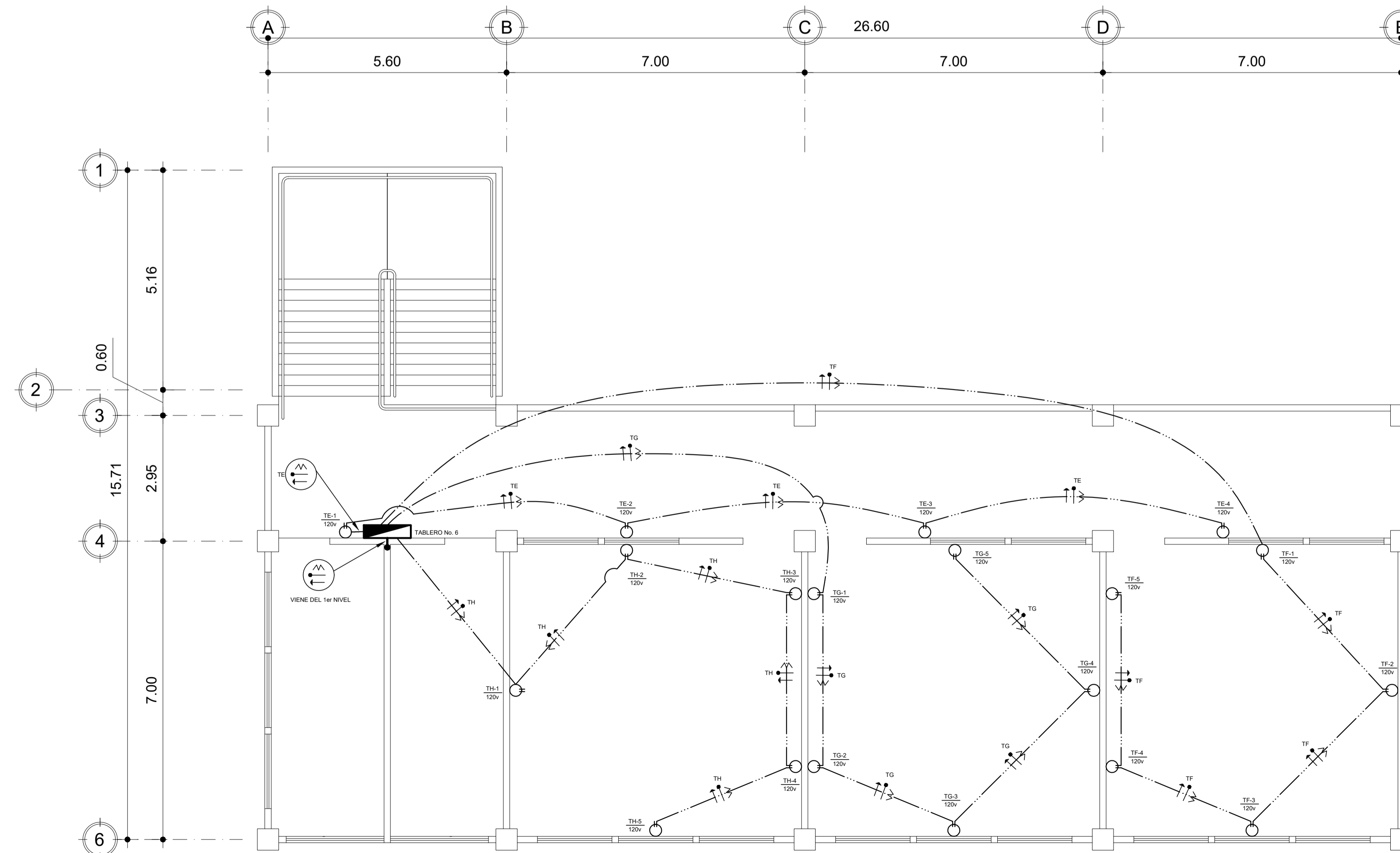


PLANTA ACOTADA - SEGUNDO NIVEL
MODULO 2 ESCALA: 1/75

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA	
	ERJICICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA	
CONTENIDO: PLANTA DE ILUMINACION		
PROYECTO: DISEÑO DE UN EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA LA ESCUELA PRIMARIA No. 595 EN LA COLONIA VILLALOBOS I, ZONA 12 DE VILLA NUEVA, GUATEMALA		
FECHA: OCTUBRE 2017	ESCALA HRZ.: 1 / 75	ESCALA VERT.: 1 / 75
DISEÑO: BARBARA MALDONADO	Vb. No. ASESORA EPS:	
CÁLULO: BARBARA MALDONADO	INGA. CRISTINA DEL ROSARIO CLAYSON DE PINTO	



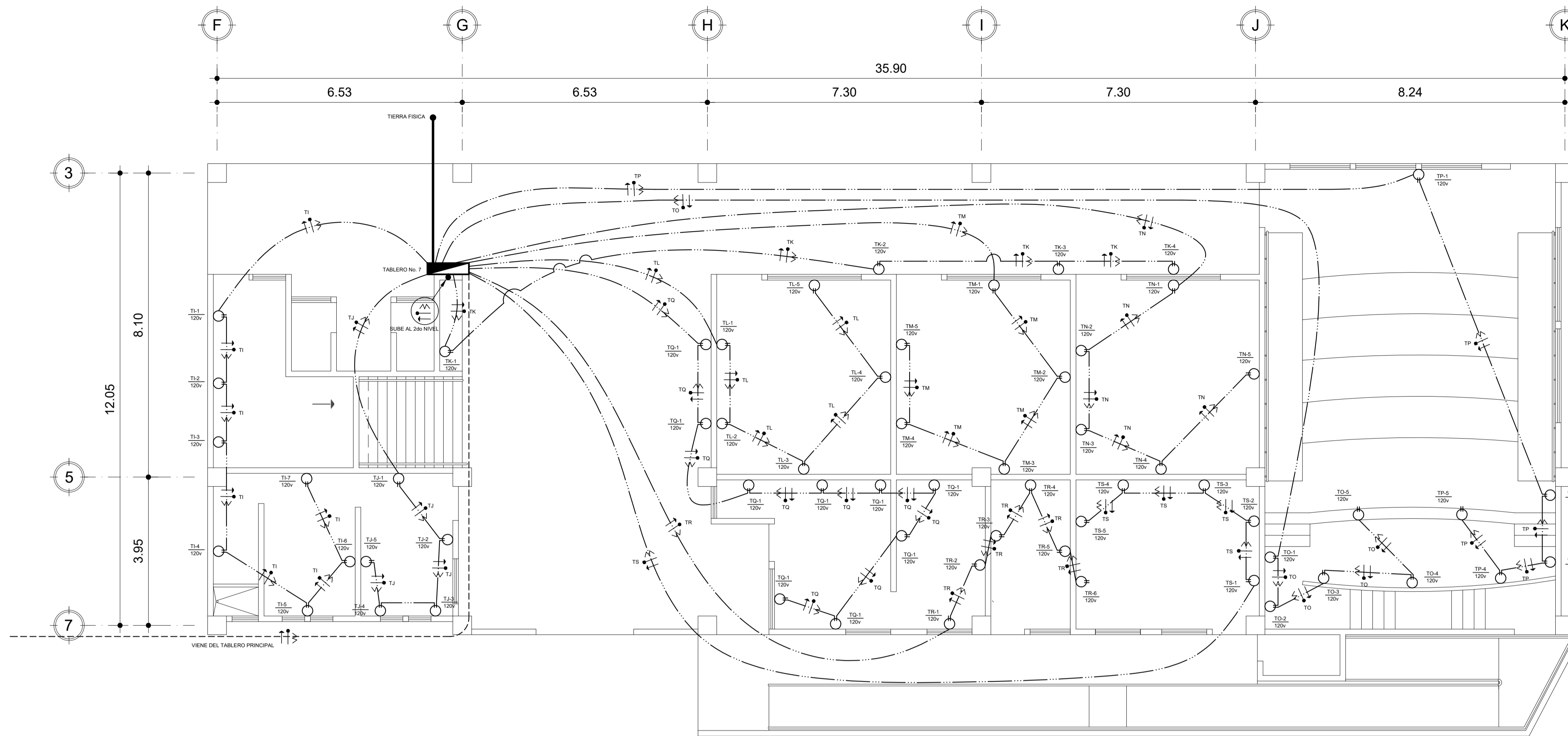
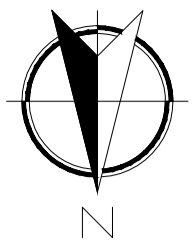
PLANTA DE FUERZA - PRIMER NIVEL
MODULO 1 ESCALA: 1/75



PLANTA DE FUERZA - SEGUNDO NIVEL
MODULO 1 ESCALA: 1/75

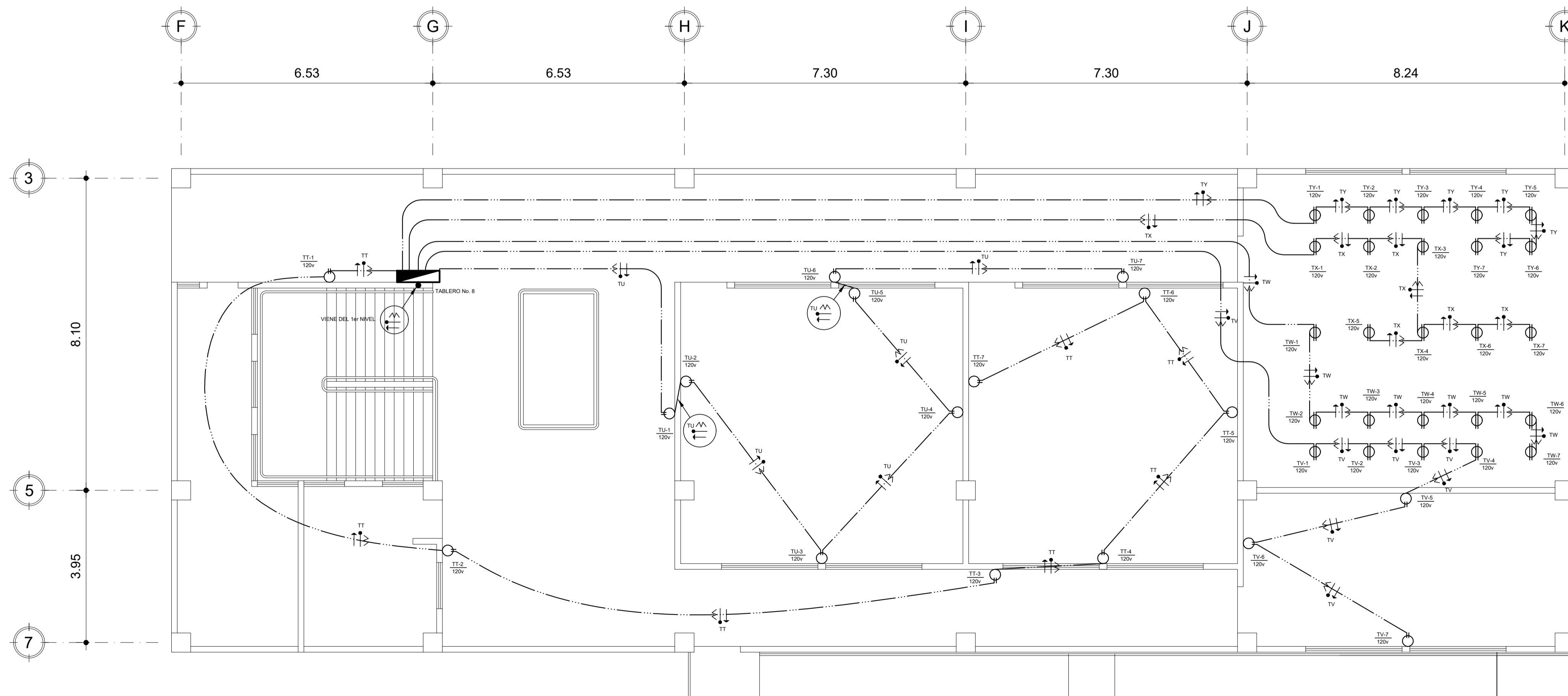
SIMBOLOGIA	
	TUBERIA EN PARED O EN PISO
	TOMACORRIENTE DOBLE POLARIZADO (en pared)
	CONEXION PARA TELEFONO (en pared)
	CONEXION PARA TELEVISION POR CABLE (en pared)
	TOMACORRIENTE SIMPLE POLARIZADO (en pared)
	TABLERO DE DISTRIBUCION TIPO 102
	LINEA VIVA CALIBRE 12 twg (awg thw)
	LINEA NEUTRA CALIBRE 12 twg (awg thw)
	LINEA TIERRA CALIBRE 12 twg (awg thw)
	VIENE DE ACOMETIDA PRINCIPAL
	VIENE DEL CONTADOR (cal. 8)
	VIENE DE ACOMETIDA PRINCIPAL (cal. 8)
TP-#	TOMACORRIENTE / CIRCUITO - UNIDAD NUMERO

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA
	EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA
CONTENIDO: PLANTA DE FUERZA	
PROYECTO: DISEÑO DE UN EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA LA ESCUELA PRIMARIA No. 595 EN LA COLONIA VILLALOBOS I, ZONA 12 DE VILLA NUEVA, GUATEMALA	
FECHA: OCTUBRE 2017	ESCALA HRZ.: 1 / 75
ESCALA VERT.: 1 / 75	
DISEÑO: BARBARA MALDONADO	Vs. No. ASESORA EPS:
CÁLULO: BARBARA MALDONADO	INGA. CRISTINA DEL ROSARIO CLAYSON DE PINTO



PLANTA ACOTADA - PRIMER NIVEL
MODULO 2 ESCALA: 1/75

SIMBOLOGIA	
	TUBERIA EN PARED O EN PISO
	TOMACORRIENTE DOBLE POLARIZADO (en pared)
	CONEXION PARA TELEFONO (en pared)
	CONEXION PARA TELEVISION POR CABLE (en pared)
	TOMACORRIENTE SIMPLE POLARIZADO (en pared)
	TABLERO DE DISTRIBUCION TIPO 102
	LINEA VIVA CALIBRE 12 twg (awg thw)
	LINEA NEUTRA CALIBRE 12 twg (awg thw)
	LINEA TIERRA CALIBRE 12 twg (awg thw)
	VIENE DE ACOMETIDA PRINCIPAL
	VIENE DEL CONTADOR (cal. 8)
	VIENE DE ACOMETIDA PRINCIPAL (cal. 8)
TP-#	TOMACORRIENTE / CIRCUITO - UNIDAD NUMERO



PLANTA ACOTADA - SEGUNDO NIVEL
MODULO 2 ESCALA: 1/75

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA	
	ERJICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA	
CONTENIDO: PLANTA DE FUERZA		
PROYECTO: DISEÑO DE UN EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA LA ESCUELA PRIMARIA No. 595 EN LA COLONIA VILLALOBOS I, ZONA 12 DE VILLA NUEVA, GUATEMALA		
FECHA: OCTUBRE 2017	ESCALA HRZ.: 1 / 75	ESCALA VERT.: 1 / 75
DISEÑO: BARBARA MALDONADO	Vb. No. ASESORA EPS:	
CALCULO: BARBARA MALDONADO	INGA. CRISTINA DEL ROSARIO CLAYSON DE PINTO	

ANEXOS

Anexo 1. Estudio geotécnico

construtecnic
Ingeniería, Geotecnia y Construcción

ESTUDIO GEOTECNICO
ESCUELA PRIMARIA VILLALOBOS I,
VILLA NUEVA, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA,
GUATEMALA.

Aff. Municipalidad de Villa Nueva

Guatemala Julio de 2016.

4 av. 3-83 z.2, Residenciales Valles de Maria, Villa Nueva, Guatemala.
Email: construtecnic.gt@gmail.com Tel. 23320654

Continuación del anexo 1.

Introducción

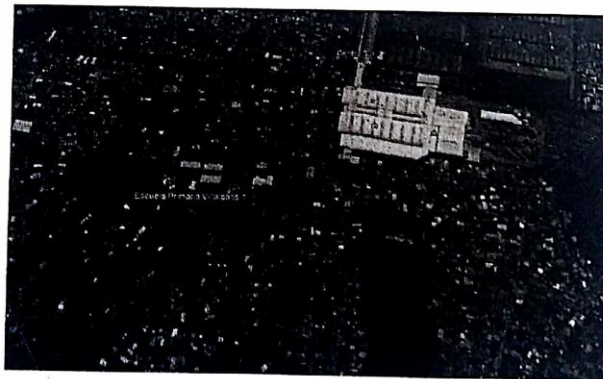
En este Informe se presentan los resultados de la investigación de suelos efectuada para el diseño de la cimentación del edificio que albergará aulas para los alumnos asistentes a la Escuela Primaria Villalobos I, ubicada en la zona 12 del Municipio de Villa Nueva.

El alcance de la ejecución de la Investigación de Suelos es el de analizar la naturaleza y características del subsuelo con el objeto de calcular la capacidad soporte permisible del mismo.

Información de la obra

El área donde que corresponde al proyecto en mención es de 800 metros cuadrados y se tiene estimado construir un edificio de 2 niveles sobre la cota de la calle el cual albergará salones para aulas, está ubicado en la zona 12 del Municipio de Villa Nueva. El área no presenta amenazas de licuefacción o inundaciones.

A continuación se muestra la ubicación la cual fue tomada de la aplicación Google Earth:



Ubicación del proyecto, zona 12 Municipio de Villa Nueva, Departamento de Guatemala, Guatemala.

4 av. 3-83 z.2, Residenciales Valles de Maria, Villa Nueva, Guatemala.
Email: construtecnic.gt@gmail.com Tel. 23320654

Continuación del anexo 1.

El sistema constructivo de la obra será de marcos estructurales de concreto reforzado. De acuerdo con lo indicado en el capítulo 3 de la norma NSE 1 "Clasificación de Obra" y en el Capítulo 4 de la norma NSE 2 "Aspectos Sísmicos" de las Normas de Seguridad Estructural de Edificaciones y Obras de Infraestructura para la República de Guatemala, edición 2010 (de la Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica AGIES), la obra clasifica como Categoría II (Ordinaria), con un nivel de protección sísmica D y debe ser diseñada para una probabilidad de excedencia de sismo de diseño de 10% en 50 años.

Información del entorno

El sitio bajo investigación, se encuentra en la meseta central del país y, de acuerdo con las estadísticas del INSIVUMEH, A pesar de su ubicación en la región trópic, la Ciudad de Guatemala goza de un clima subtropical de tierras altas, debido a su elevación sobre el nivel del mar.

El área del municipio es de 114 kilómetros cuadrados. En lo que se refiere a condiciones geológicas del municipio puede decirse que su cabecera se encuentra dentro del llamado "Graben de Guatemala", que define la depresión del Valle de Las Vacas o de La Virgen. En el mismo se encuentra un relleno de espesor variable, pero considerable, de cenizas y pómez recientes. Esos materiales piroclásticos fueron depositados originalmente ya sea por lluvias o en parte por avalanchas de cenizas, produciendo mantos superpuestos. La precipitación y las aguas fluviales depositaron estas cenizas en las partes más bajas del valle: Las mencionadas cenizas pómez recientes, son el producto de erupciones volcánicas explosivas y se conocen en la industria de construcción como arena blanca. Su granulometría puede variar entre polvo volcánico, de fracciones de milímetro, hasta componentes individuales de 20cm de diámetro. En el cauce y banco del río Villalobos, que corre al este de la cabecera, se encuentran gravas y arenas que son explotadas comercialmente.

Se hallan las montañas Cruz Grande, El Chifle, El Sillón, El Ventarrón, La Peña y Pueblo Viejo; y como accidentes orográficos menores están los cerros Loma de Trigo, Monte Rico y San Rafael. Entre los cuerpos hidrográficos están Mashul, Parrameño, Platanitos, Villalobos y San Lucas, todos altamente afectados por la contaminación proveniente de la Ciudad de Guatemala. En especial, el mayor recurso hídrico es el lago de Amatitlán, espejo de agua cercano a la ciudad, que se encuentra cercano a la colonia Etema Primavera la cual se encuentra en las afueras del municipio; esta colonia es una de las más famosas en medida de inseguridad ya que a diario se reporta incidentes como robos o asaltos a las personas que transitan por el sector o que se encuentran peatonando por áreas aledañas.

4 av. 3-83 z.2, Residenciales Valles de María, Villa Nueva, Guatemala.
Email: construtecnic.gt@gmail.com Tel. 23320654

Continuación del anexo 1.



La temporada de lluvias se extiende de mayo a octubre mientras que la estación seca abarca el resto del año. En Villa Nueva también tiende a soplar mucho el viento, lo que puede reducir la sensación térmica. Su temperatura media anual es de 26 °C.

Cabe mencionar que el clima se ve influenciado también por ciclones tropicales que afectan a esta región desde finales de la primavera hasta mediados del otoño (entre los meses de mayo y noviembre) que se caracteriza por días con lluvia intermitente.

Información Geológica

Geológicamente el subsuelo donde se encuentra la mayor parte del Departamento de Guatemala, incluyendo el área del predio donde se realizó el estudio de suelos, está formado por depósitos recientes piroclásticos de gran espesor, de 200 a 400 metros. De acuerdo con el documento "Síntesis Geológica de Guatemala" del Centro de Estudios Superiores de Energía y Minas (CESEM) de la USAC, la ciudad de Guatemala se ubica en la provincia fisiográfica denominada Cinturón Volcánico. Los depósitos piroclásticos de este cinturón provienen de erupciones volcánicas que han formado estratos bien definidos con diferentes grados de intemperización. Algunos estratos también se han formado por la deposición eólica de cenizas expulsadas por los volcanes. El manto de rocas volcánicas sin dividir de este cinturón se encuentra a una gran profundidad (a más de 50 metros).

La profundidad de exploración del subsuelo alcanzó los 5.00 metros. Coincidiendo con la descripción de los párrafos anteriores, se encontraron capas de limos arenosos y arenas pómez.

Información geotécnica del lugar

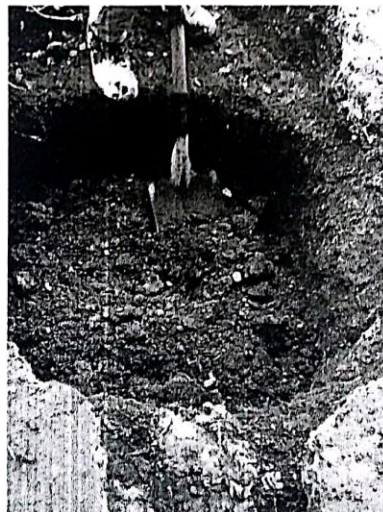
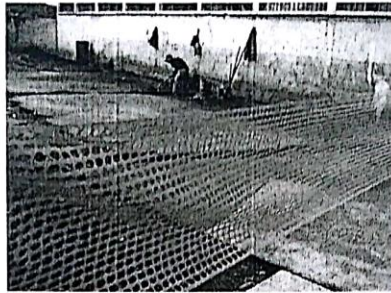
Plan de exploración

Para determinar las características del suelo en el área del lote en mención, se realizó 1 perforación o pozo a cielo abierto con una profundidad de 5.00 metros y diámetro de 0.80 metros. Fotografías que se muestran a continuación,

4 av. 3-83 z.2, Residenciales Valles de Maria, Villa Nueva, Guatemala.

Email: construtecnic.gt@gmail.com Tel. 23320654

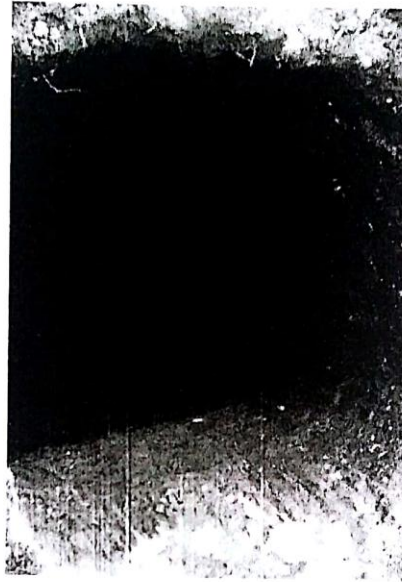
Continuación del anexo 1.



4 av. 3-83 z.2, Residenciales Valles de Maria, Villa Nueva, Guatemala.
Email: construtecnic.gt@gmail.com Tel. 23320654

Continuación del anexo 1.

construtecnic
Ingeniería, Geotecnia y Construcción



4 av. 3-83 z.2, Residenciales Valles de Maria, Villa Nueva, Guatemala.
Email: construtecnic.gt@gmail.com Tel. 23320654

Continuación del anexo 1.

Interpretación geotécnica del terreno

A la profundidad investigada, se identificaron los siguientes estratos:

Estrato No. 1 – Relleno misceláneo, con limo arcilloso orgánico, con trazas de arena fina a media, negro, con trazas de piedra pómez y grava fina a media, con pocas raíces pequeñas, blando, medio plástico a plástico.

Estrato No. 2 – Arcilla limosa, café, con trazas de piedra pómez pequeña, medio compacto, poco plástica, con poca presencia de humedad.

Estrato No. 3 - Arena fina limosa con trazas de piedra pómez pequeña, beige, medio compacto, no plástico (Selecto).

El nivel freático no se encontró a la profundidad investigada y se estima que, si existe, está a una profundidad tal que no afectará la cimentación del proyecto. Cabe mencionar que si hubo presencia de agua, que se debe derivar de alguna bolsa acumulada de agua, o bien de humedad del suelo, más no es un nivel freático como tal.

Estratigrafía del terreno

Se extrajo una muestra inalterada de la pared de la perforación a cielo abierto y también se extrajeron varias muestras alteradas para identificar visualmente los suelos que componen los distintos estratos. Las muestras inalteradas fueron recubiertas con parafina y enviadas al laboratorio para efectuar ensayos de corte directo no drenado y no consolidado.

Ensayos de laboratorio

Para fines de clasificación de los estratos de cimentación, se hicieron ensayos de Corte directo, de estos ensayos se obtuvo el peso unitario húmedo, el contenido natural de humedad, la cohesión y el ángulo de fricción interna.

Análisis de la cimentación

Todos los estratos factibles de ser utilizados para cimentar el proyecto fueron analizados independientemente. Dentro de este análisis se consideró la posibilidad de que el fondo de la cimentación se apoye 1.50 metros bajo el nivel de piso terminado de la estructura, bajo la cota -1.50 tomando 0.00 el nivel existente. **No se debe apoyar cimentación sobre la capa vegetal o relleno misceláneo (Estrato No. 1).**

La cimentación debe ser apoyada sobre los Estratos Nos. 2 e inferiores.

Según las características de los suelos encontrados y según la magnitud estimada de las cargas a transmitirse al subsuelo, el fondo de la cimentación se debe colocar a una profundidad mínima de 1.50 metros debajo del terreno natural, sobre los Estratos No. 2 e inferiores. Esta profundidad es la mínima y por lo tanto, el fondo de la cimentación puede profundizarse más a juicio del Ingeniero Estructural.

La capacidad soporte no es más que la capacidad de un suelo para soportar una carga sin que se produzcan fallas dentro de su masa y varía no sólo con la resistencia del suelo, sino también con la magnitud y distribución de la carga aplicada. Para estimar el valor de esta carga soporte permisible se utilizaron las fórmulas de Karl Terzaghi y los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio de corte directo rápido efectuados en las muestras inalteradas extraídas de las perforaciones.

También debe considerarse el hecho de que cuando una carga, como lo es el peso de una estructura, se coloca sobre una masa de suelo, éste último se deforma produciéndose un asentamiento de la estructura.

Se define como asentamiento máximo para cargas verticales que podrían producir asentamientos totales menores de 1.5 cm (0.60 pulgadas).

Continuación del anexo 1.

Todos los estratos factibles de ser utilizados para cimentar las estructuras están ubicados inferior a 1.50 metros de la superficie del terreno, para el análisis de la cimentación de los mismos se contempló la posibilidad de que los cimientos se apoyaran sobre un solo estrato o sobre suelos de diferentes estratos.

La capacidad soporte permisible del suelo viene dada por dos factores, la falla por cortante del suelo, que en estructuras con cimientos muy grandes no suele ser crítica, y la curva de asentamiento permisible para un ancho de cimiento dado.

El peso del suelo sobre los cimientos puede considerarse de 1,500.00 kg/m³.

La capacidad soporte permisible del suelo de fundación para el dimensionamiento de tabiques y paredes no estructurales, no debe exceder de 31.0 Ton/m².

Especificaciones para rellenos estructurales

Para elevar algunos niveles dentro de la construcción de la vivienda, se tendrán que construir rellenos estructurales. Estos rellenos estructurales deben ser confinados por medio de muros cabezales. Antes de iniciar su construcción, se deberá remover en su totalidad la capa vegetal.

Los materiales utilizados para la construcción de los rellenos estructurales deben tener un CBR no menor de 40 a 95% de compactación y no deben contener partículas de más de 10.0 centímetros. El fondo de la excavación sobre el cual se apoyará el relleno estructural deberá ser preparado adecuadamente antes de la colocación del mismo.

Para ello la superficie del fondo deberá escarificarse en un espesor de 15 centímetros y el suelo resultante deberá ser homogeneizado, humedecido, fendido, conformado y compactado hasta alcanzar un grado de compactación no menor que 95%, según el Método AASHTO T-180 (AASHTO Modificado).

Continuación del anexo 1.



El relleno estructural deberá construirse en capas de espesor uniforme compactado no mayor de 30 centímetros, con materiales homogeneizados y humedecidos previamente. Estos deberán esparcirse, conformarse y compactarse hasta alcanzar cada capa un grado de compactación no menor de 95% según el Método AASHTO T-180 (AASHTO Modificado).

Recomendaciones Finales

Se recomendaría que al iniciar la construcción, movimiento de tierras, terraplenes, etc. Se comuniquen con el suscrito para verificar que las condiciones indicadas en el presente estudio son las existentes en campo y de no ser así se pueda realizar la corrección respectiva para asegurar la estabilidad y seguridad del proyecto en su conjunto.

Se recomienda la implementación de un sistema de drenaje de aguas provenientes de los terrenos vecinos, ya que por la antigüedad de las construcciones puede haber filtraciones de agua, que puedan incomodar al proyecto.


Oscar Bernardo Hidalgo Chávez
INGENIERO CIVIL
C.O. 7,035

Ing. Oscar Bernardo Hidalgo Chávez

Colegiado No. 7,035

Guatemala 19 de junio de 2016.

4 av. 3-83 z.2, Residenciales Valles de Maria, Villa Nueva, Guatemala.
Email: construtecnic.gt@gmail.com Tel. 23320654

Continuación del anexo 1.

Proyecto: Escuela Primaria,
Villalobos I

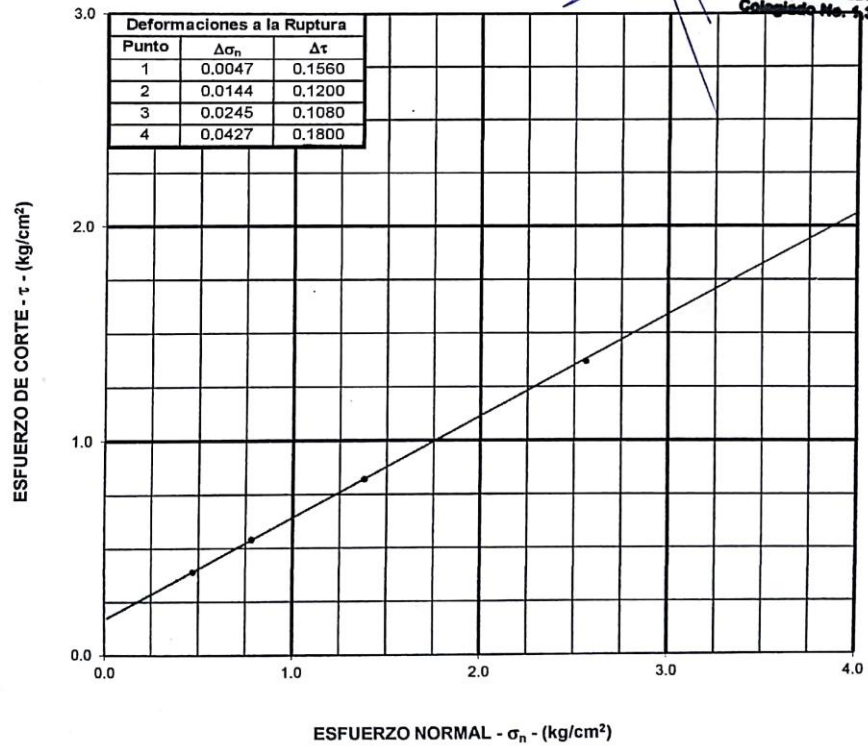
Dirección: Zona 12, Municipio de Villa
Nueva

PRUEBA DE CORTE DIRECTO NO DRENADO Y NO CONSOLIDADO

No.	Fecha	Pozo No.	Muestra No.	Profundidad (en m)	Contenido de humedad (en %)	Densidad húmeda (lb/p ³)	Cohesión (T/p ²)	ϕ (en grados)
1	17/06/2016	1	M-1	4.00	35.2	83.3	0.16	30° 00'

Descripción de la muestra: De Estrato No. 3, ver Informe.

[Handwritten signature]
Arq. Rudy A. Alvarado Lemus
Colegiado No. 1357



Fuente: Municipalidad de Villa Nueva. Consulta: 26 de agosto de 2017.

Anexo 2. Tablas de coeficientes para momentos de losas en dos sentidos

Coeficientes para momentos negativos en losas^a

$$M_{a,neg} = C_{a,neg} w l_a^2$$

donde w = carga muerta más viva uniforme total

$$M_{b,neg} = C_{b,neg} w l_b^2$$

Relación $m = \frac{l_a}{l_b}$	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5	Caso 6	Caso 7	Caso 8	Caso 9
1.00									
$C_{a,neg}$ $C_{b,neg}$		0.045 0.045	0.076	0.050 0.050	0.075	0.071	0.071	0.033 0.061	0.061 0.033
0.95		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		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		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		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		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		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		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		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		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		0.086 0.006	0.022	0.094 0.006	0.090	0.097	0.014	0.089 0.010	0.088 0.003

^a Un borde achurado indica que la losa continúa a través o se encuentra empotrada en el apoyo; un borde sin marcas indica un apoyo donde la resistencia torsional es despreciable.

Continuación del anexo 2.

Coefficientes para momentos positivos debidos a carga muerta en losas"

$$M_{a, pos, dl} = C_{a, dl} w l_a^2$$

donde w = carga muerta uniforme total

$$M_{b, pos, dl} = C_{b, dl} w l_b^2$$

Relación	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5	Caso 6	Caso 7	Caso 8	Caso 9
l_b									
1.00	$C_{a, dl}$ 0.036	0.018	0.018	0.027	0.027	0.033	0.027	0.020	0.023
	$C_{b, dl}$ 0.036	0.018	0.027	0.027	0.018	0.027	0.033	0.023	0.020
0.95	$C_{a, dl}$ 0.040	0.020	0.021	0.030	0.028	0.036	0.031	0.022	0.024
	$C_{b, dl}$ 0.033	0.016	0.025	0.024	0.015	0.024	0.031	0.021	0.017
0.90	$C_{a, dl}$ 0.045	0.022	0.025	0.033	0.029	0.039	0.035	0.025	0.026
	$C_{b, dl}$ 0.029	0.014	0.024	0.022	0.013	0.021	0.028	0.019	0.015
0.85	$C_{a, dl}$ 0.050	0.024	0.029	0.036	0.031	0.042	0.040	0.029	0.028
	$C_{b, dl}$ 0.026	0.012	0.022	0.019	0.011	0.017	0.025	0.017	0.013
0.80	$C_{a, dl}$ 0.056	0.026	0.034	0.039	0.032	0.045	0.045	0.032	0.029
	$C_{b, dl}$ 0.023	0.011	0.020	0.016	0.009	0.015	0.022	0.015	0.010
0.75	$C_{a, dl}$ 0.061	0.028	0.040	0.043	0.033	0.048	0.051	0.036	0.031
	$C_{b, dl}$ 0.019	0.009	0.018	0.013	0.007	0.012	0.020	0.013	0.007
0.70	$C_{a, dl}$ 0.068	0.030	0.046	0.046	0.035	0.051	0.058	0.040	0.033
	$C_{b, dl}$ 0.016	0.007	0.016	0.011	0.005	0.009	0.017	0.011	0.006
0.65	$C_{a, dl}$ 0.074	0.032	0.054	0.050	0.036	0.054	0.065	0.044	0.034
	$C_{b, dl}$ 0.013	0.006	0.014	0.009	0.004	0.007	0.014	0.009	0.005
0.60	$C_{a, dl}$ 0.081	0.034	0.062	0.053	0.037	0.056	0.073	0.048	0.036
	$C_{b, dl}$ 0.010	0.004	0.011	0.007	0.003	0.006	0.012	0.007	0.004
0.55	$C_{a, dl}$ 0.088	0.035	0.071	0.056	0.038	0.058	0.081	0.052	0.037
	$C_{b, dl}$ 0.008	0.003	0.009	0.005	0.002	0.004	0.009	0.005	0.003
0.50	$C_{a, dl}$ 0.095	0.037	0.080	0.059	0.039	0.061	0.089	0.056	0.038
	$C_{b, dl}$ 0.006	0.002	0.007	0.004	0.001	0.003	0.007	0.004	0.002

* Un borde **achurado** indica que la losa continúa a través o se encuentra empotrada en el apoyo; un borde sin marcas indica un apoyo donde la resistencia torsional es despreciable.

Continuación del anexo 2.

Coefficientes para momentos positivos debidos a carga viva en losas^a

$$M_{a, pos, ll} = C_{a, ll} w l_a^2$$

donde w = carga viva uniforme total

$$M_{b, pos, ll} = C_{b, ll} w l_b^2$$

Relación $m = \frac{l_a}{l_b}$	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5	Caso 6	Caso 7	Caso 8	Caso 9
1.00	$C_{a, ll}$ 0.036 $C_{b, ll}$ 0.036	$C_{a, ll}$ 0.027 $C_{b, ll}$ 0.027	$C_{a, ll}$ 0.027 $C_{b, ll}$ 0.032	$C_{a, ll}$ 0.032 $C_{b, ll}$ 0.032	$C_{a, ll}$ 0.032 $C_{b, ll}$ 0.027	$C_{a, ll}$ 0.035 $C_{b, ll}$ 0.032	$C_{a, ll}$ 0.032 $C_{b, ll}$ 0.035	$C_{a, ll}$ 0.028 $C_{b, ll}$ 0.030	$C_{a, ll}$ 0.030 $C_{b, ll}$ 0.028
0.95	$C_{a, ll}$ 0.040 $C_{b, ll}$ 0.033	$C_{a, ll}$ 0.030 $C_{b, ll}$ 0.025	$C_{a, ll}$ 0.031 $C_{b, ll}$ 0.029	$C_{a, ll}$ 0.035 $C_{b, ll}$ 0.029	$C_{a, ll}$ 0.034 $C_{b, ll}$ 0.024	$C_{a, ll}$ 0.038 $C_{b, ll}$ 0.029	$C_{a, ll}$ 0.036 $C_{b, ll}$ 0.032	$C_{a, ll}$ 0.031 $C_{b, ll}$ 0.027	$C_{a, ll}$ 0.032 $C_{b, ll}$ 0.025
0.90	$C_{a, ll}$ 0.045 $C_{b, ll}$ 0.029	$C_{a, ll}$ 0.034 $C_{b, ll}$ 0.022	$C_{a, ll}$ 0.035 $C_{b, ll}$ 0.027	$C_{a, ll}$ 0.039 $C_{b, ll}$ 0.026	$C_{a, ll}$ 0.037 $C_{b, ll}$ 0.021	$C_{a, ll}$ 0.042 $C_{b, ll}$ 0.025	$C_{a, ll}$ 0.040 $C_{b, ll}$ 0.029	$C_{a, ll}$ 0.035 $C_{b, ll}$ 0.024	$C_{a, ll}$ 0.036 $C_{b, ll}$ 0.022
0.85	$C_{a, ll}$ 0.050 $C_{b, ll}$ 0.026	$C_{a, ll}$ 0.037 $C_{b, ll}$ 0.019	$C_{a, ll}$ 0.040 $C_{b, ll}$ 0.024	$C_{a, ll}$ 0.043 $C_{b, ll}$ 0.023	$C_{a, ll}$ 0.041 $C_{b, ll}$ 0.019	$C_{a, ll}$ 0.046 $C_{b, ll}$ 0.022	$C_{a, ll}$ 0.045 $C_{b, ll}$ 0.026	$C_{a, ll}$ 0.040 $C_{b, ll}$ 0.022	$C_{a, ll}$ 0.039 $C_{b, ll}$ 0.020
0.80	$C_{a, ll}$ 0.056 $C_{b, ll}$ 0.023	$C_{a, ll}$ 0.041 $C_{b, ll}$ 0.017	$C_{a, ll}$ 0.045 $C_{b, ll}$ 0.022	$C_{a, ll}$ 0.048 $C_{b, ll}$ 0.020	$C_{a, ll}$ 0.044 $C_{b, ll}$ 0.016	$C_{a, ll}$ 0.051 $C_{b, ll}$ 0.019	$C_{a, ll}$ 0.051 $C_{b, ll}$ 0.023	$C_{a, ll}$ 0.044 $C_{b, ll}$ 0.019	$C_{a, ll}$ 0.042 $C_{b, ll}$ 0.017
0.75	$C_{a, ll}$ 0.061 $C_{b, ll}$ 0.019	$C_{a, ll}$ 0.045 $C_{b, ll}$ 0.014	$C_{a, ll}$ 0.051 $C_{b, ll}$ 0.019	$C_{a, ll}$ 0.052 $C_{b, ll}$ 0.016	$C_{a, ll}$ 0.047 $C_{b, ll}$ 0.013	$C_{a, ll}$ 0.055 $C_{b, ll}$ 0.016	$C_{a, ll}$ 0.056 $C_{b, ll}$ 0.020	$C_{a, ll}$ 0.049 $C_{b, ll}$ 0.016	$C_{a, ll}$ 0.046 $C_{b, ll}$ 0.013
0.70	$C_{a, ll}$ 0.068 $C_{b, ll}$ 0.016	$C_{a, ll}$ 0.049 $C_{b, ll}$ 0.012	$C_{a, ll}$ 0.057 $C_{b, ll}$ 0.016	$C_{a, ll}$ 0.057 $C_{b, ll}$ 0.014	$C_{a, ll}$ 0.051 $C_{b, ll}$ 0.011	$C_{a, ll}$ 0.060 $C_{b, ll}$ 0.013	$C_{a, ll}$ 0.063 $C_{b, ll}$ 0.017	$C_{a, ll}$ 0.054 $C_{b, ll}$ 0.014	$C_{a, ll}$ 0.050 $C_{b, ll}$ 0.011
0.65	$C_{a, ll}$ 0.074 $C_{b, ll}$ 0.013	$C_{a, ll}$ 0.053 $C_{b, ll}$ 0.010	$C_{a, ll}$ 0.064 $C_{b, ll}$ 0.014	$C_{a, ll}$ 0.062 $C_{b, ll}$ 0.011	$C_{a, ll}$ 0.055 $C_{b, ll}$ 0.009	$C_{a, ll}$ 0.064 $C_{b, ll}$ 0.010	$C_{a, ll}$ 0.070 $C_{b, ll}$ 0.014	$C_{a, ll}$ 0.059 $C_{b, ll}$ 0.011	$C_{a, ll}$ 0.054 $C_{b, ll}$ 0.009
0.60	$C_{a, ll}$ 0.081 $C_{b, ll}$ 0.010	$C_{a, ll}$ 0.058 $C_{b, ll}$ 0.007	$C_{a, ll}$ 0.071 $C_{b, ll}$ 0.011	$C_{a, ll}$ 0.067 $C_{b, ll}$ 0.009	$C_{a, ll}$ 0.059 $C_{b, ll}$ 0.007	$C_{a, ll}$ 0.068 $C_{b, ll}$ 0.008	$C_{a, ll}$ 0.077 $C_{b, ll}$ 0.011	$C_{a, ll}$ 0.065 $C_{b, ll}$ 0.009	$C_{a, ll}$ 0.059 $C_{b, ll}$ 0.007
0.55	$C_{a, ll}$ 0.088 $C_{b, ll}$ 0.008	$C_{a, ll}$ 0.062 $C_{b, ll}$ 0.006	$C_{a, ll}$ 0.080 $C_{b, ll}$ 0.009	$C_{a, ll}$ 0.072 $C_{b, ll}$ 0.007	$C_{a, ll}$ 0.063 $C_{b, ll}$ 0.005	$C_{a, ll}$ 0.073 $C_{b, ll}$ 0.006	$C_{a, ll}$ 0.085 $C_{b, ll}$ 0.009	$C_{a, ll}$ 0.070 $C_{b, ll}$ 0.007	$C_{a, ll}$ 0.063 $C_{b, ll}$ 0.006
0.50	$C_{a, ll}$ 0.095 $C_{b, ll}$ 0.006	$C_{a, ll}$ 0.066 $C_{b, ll}$ 0.004	$C_{a, ll}$ 0.088 $C_{b, ll}$ 0.007	$C_{a, ll}$ 0.077 $C_{b, ll}$ 0.005	$C_{a, ll}$ 0.067 $C_{b, ll}$ 0.004	$C_{a, ll}$ 0.078 $C_{b, ll}$ 0.005	$C_{a, ll}$ 0.092 $C_{b, ll}$ 0.007	$C_{a, ll}$ 0.076 $C_{b, ll}$ 0.005	$C_{a, ll}$ 0.067 $C_{b, ll}$ 0.004

^a Un borde **achurado** indica que la losa continúa a través o **se** encuentra empotrada en el apoyo; un borde sin marcas **indica** un apoyo donde la resistencia torsional es despreciable.

Fuente: NILSON, Arthur. *Diseño de estructuras de concreto*. p. 380.