



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

DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO EN LA ZONA 2 DE LA CABECERA MUNICIPAL Y DEL EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA EL INSTITUTO NACIONAL DE EDUCACIÓN BÁSICA EN LA ALDEA EL PAJÓN, SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA

Leandro Jossimar Franco Barahona
Asesorado por el Ing. Ángel Roberto Sic García

Guatemala, julio de 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO EN LA ZONA 2 DE LA CABECERA MUNICIPAL Y DEL EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA EL INSTITUTO NACIONAL DE EDUCACIÓN BÁSICA EN LA ALDEA EL PAJÓN, SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

LEANDRO JOSSIMAR FRANCO BARAHONA
ASESORADO POR EL ING. ÁNGEL ROBERTO SIC GARCÍA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, JULIO DE 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

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

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
EXAMINADOR	Ing. Juan Merck Cos
EXAMINADORA	Inga. Mayra Rebeca García Soria
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO EN LA ZONA 2 DE LA CABECERA MUNICIPAL Y DEL EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA EL INSTITUTO NACIONAL DE EDUCACIÓN BÁSICA EN LA ALDEA EL PAJÓN, SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, el 25 de febrero de 2013.



Leandro Jossimar Franco Barahona

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA
UNIDAD DE EPS

Guatemala, 11 de marzo de 2014
Ref.EPS.DOC.356.03.14

Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
Director
Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Rodríguez Serrano.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Leandro Jossimar Franco Barahona** con carné No. **200722268**, de la Carrera de Ingeniería Civil, , procedí a revisar el informe final, cuyo título es **DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO EN LA ZONA 2 DE LA CABECERA MUNICIPAL Y DEL EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA EL INSTITUTO NACIONAL DE EDUCACIÓN BÁSICA EN LA ALDEA EL PAJÓN, SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA.**

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

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



c.c. Archivo



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

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

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



Guatemala,
27 de marzo de 2014

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

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO EN LA ZONA 2 DE LA CABECERA MUNICIPAL Y DEL EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA EL INSTITUTO NACIONAL DE EDUCACIÓN BÁSICA EN LA ALDEA EL PAJÓN, SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Leandro Jossimar Franco Barahona, con Carnet No. 200722268, quien contó con la asesoría del Ing. Ángel Roberto Sic García.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Rafael Enrique Morales Ochoa
Revisor por el Departamento de Hidráulica



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
HIDRAULICA
USAC

134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua





USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

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

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



Guatemala,
28 de mayo de 2014

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

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO EN LA ZONA 2 DE LA CABECERA MUNICIPAL Y DEL EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA EL INSTITUTO NACIONAL DE EDUCACIÓN BÁSICA EN LA ALDEA EL PAJÓN, SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA,** desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Leandro Jossimar Franco Barahona, con Carnet No. 200722268, quien contó con la asesoría del Ing. Ángel Roberto Sic García.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. Ronald Estuardo Galindo Cabrera
Jefe del Departamento de Estructuras



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
ESTRUCTURAS
USAC

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua
/bbdeb.





Guatemala, 30 de mayo de 2014
Ref.EPS.D.314.05.14

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

Estimado Ingeniero Montenegro Franco.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO EN LA ZONA 2 DE LA CABECERA MUNICIPAL Y DEL EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA EL INSTITUTO NACIONAL DE EDUCACIÓN BÁSICA EN LA ALDEA EL PAJÓN, SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA**, que fue desarrollado por los estudiantes universitarios **Leandro Jossimar Franco Barahona, carné 200722268**, quienes fueron debidamente asesorados y supervisados por el Ing. Ángel Roberto Sic García.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Silvio José Rodríguez Serrano



SJRS/ra



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

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

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



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Ángel Roberto Sic García y del Coordinador de E.P.S. Ing. Silvio José Rodríguez Serrano, al trabajo de graduación del estudiante Leandro Jossimar Franco Barahona, titulado **DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO EN LA ZONA 2 DE LA CABECERA MUNICIPAL Y DEL EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA EL INSTITUTO NACIONAL DE EDUCACIÓN BÁSICA EN LA ALDEA EL PAJÓN, SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA**, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.


Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, junio 2014

/bbdeb.

Mas de 134 años de Trabajo Académico 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 DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO EN LA ZONA 2 DE LA CABECERA MUNICIPAL Y DEL EDDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA EL INSTITUTO NACIONAL DE EDUCACIÓN BÁSICA EN LA ALDEA EL PAJÓN, SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario: **Leandro Jossimar Franco Barahona** y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano



Guatemala, julio de 2014

/cc

ACTO QUE DEDICO A:

Dios todo poderoso	Por darme la vida, su amor incondicional, fuerza y la provisión.
Mis padres	Oscar Franco Aguirre y Emma Barahona Ponce, por su amor y constante apoyo espiritual y moral.
Mis hermanos	Michelle y Paolo Franco Barahona, por su apoyo incondicional y para que no desmayen en su afán de lograr sus metas.
Mis amigos	Quienes me brindaron su apoyo y amistad.
Mi casa de estudios	Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, por ser fuente de conocimientos.
A mi país	Guatemala, por permitirme habitar en ella.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Por ser la fuente de sabiduría y provisión, y por permitirme alcanzar una de mis metas.
Mis padres	Por haberme dado la vida, su apoyo espiritual y económico, por ser ejemplos a seguir y sus buenos consejos.
Mis hermanos	Por el apoyo brindado durante el período de estudios.
Mis amigos	Quienes me brindaron su amistad y su confianza.
Catedráticos	Quienes compartieron sus conocimientos en los diferentes cursos profesionales.
Facultad de Ingeniería	Por permitirme estudiar y utilizar sus laboratorios durante la formación académica.
Ing. Ángel Roberto Sic García	Por permitirme ser su estudiante, su amigo y de compartir sus conocimientos. Además, del apoyo en la elaboración de mi trabajo de graduación.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS.....	XIII
GLOSARIO.....	XIX
RESUMEN.....	XXIII
OBJETIVOS.....	XXV
INTRODUCCIÓN.....	XXVII
1. FASE DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.1. Monografía del municipio de Santa Catarina Pínula.....	1
1.1.1. Ubicación geográfica.....	2
1.1.1.1. Departamento de Guatemala.....	2
1.1.1.2. Municipio de Santa Catarina Pínula.....	5
1.2. Demografía.....	11
1.2.1. Etnia.....	11
1.2.2. Lengua.....	12
1.2.3. Religión.....	12
1.2.4. Tradiciones costumbres y folclor del municipio.....	12
1.2.5. Marco sociopolítico.....	13
1.3. Población total.....	14
1.3.1. Población económicamente activa y no activa.....	16
1.3.2. Instituciones sociales.....	17
1.4. Aspectos económicos globales y actividades productivas.....	18
1.4.1. Marco económico.....	18
1.4.1.1. Sector primario.....	19
1.4.1.2. Sector secundario.....	19

1.4.1.3.	Sector terciario o de servicios	20
1.5.	Investigación diagnóstica sobre necesidades de servicios básicos e infraestructura del municipio de Santa Catarina Pínula, Guatemala	21
1.5.1.	Descripción de las necesidades	21
1.5.2.	Priorización de las necesidades	22
2.	FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFECIONAL	23
2.1.	Diseño del sistema de alcantarillado sanitario para la zona 2 de la cabecera municipal.....	23
2.1.1.	Descripción del proyecto	23
2.1.2.	Levantamiento topográfico	23
2.1.2.1.	Planimetría	24
2.1.2.2.	Altimetría	24
2.1.3.	Condiciones generales	25
2.1.4.	Partes de un alcantarillado sanitario	25
2.1.4.1.	Colector	25
2.1.4.2.	Pozo de visita	26
2.1.4.3.	Conexiones domiciliarias	26
2.1.5.	Período de diseño	27
2.1.6.	Población futura	28
2.1.7.	Determinación de caudales	29
2.1.7.1.	Población tributaria	29
2.1.7.2.	Dotación	29
2.1.7.3.	Factor de retorno al sistema	30
2.1.7.4.	Caudal domiciliar	30
2.1.7.5.	Caudal comercial	31
2.1.7.6.	Caudal industrial.....	31
2.1.7.7.	Caudal de conexiones ilícitas.....	31

2.1.7.8.	Caudal de infiltración.....	32
2.1.7.9.	Caudal medio	33
2.1.7.10.	Factor de caudal medio.....	33
2.1.7.11.	Factor de Harmond	34
2.1.7.12.	Caudal de diseño	34
2.1.8.	Fundamento hidráulico.....	35
2.1.8.1.	Ecuación de Manning para flujo de canales.....	35
2.1.8.2.	Relaciones hidráulicas	36
2.1.9.	Parámetros de diseño hidráulico	37
2.1.9.1.	Coefficiente de rugosidad.....	37
2.1.9.2.	Sección llena y parcialmente llena	38
2.1.9.3.	Velocidades máximas y mínimas	38
2.1.9.4.	Diámetro del colector	39
2.1.9.5.	Profundidad del colector.....	40
2.1.9.6.	Ancho de la zanja.....	41
2.1.9.7.	Volumen de excavación	41
2.1.9.8.	Cotas Invert.....	42
2.1.9.9.	Ubicación de pozos de visita	43
2.1.9.10.	Profundidad pozos de visita	44
2.1.9.11.	Características de las conexiones domiciliarias	45
2.1.9.12.	Diseño hidráulico.....	46
2.1.10.	Desfogue	51
2.1.11.	Ubicación	52
2.1.12.	Elaboración de planos.....	52
2.1.13.	Presupuesto.....	53
2.1.14.	Cronograma de ejecución	55
2.1.15.	Evaluación inicial de Impacto Ambiental	55

2.1.16.	Evaluación socioeconómica	57
2.1.16.1.	Valor Presente Neto (VPN)	57
2.1.16.2.	Tasa Interna de Retorno (TIR)	59
2.2.	Diseño del edificio escolar de dos niveles, para el Instituto Nacional de Educación Básica de la aldea El Pajón.....	62
2.2.1.	Descripción del proyecto	62
2.2.2.	Investigación preliminar	62
2.2.2.1.	Capacidad del edificio a diseñar	62
2.2.2.2.	Terreno disponible	63
2.2.2.3.	Estudio de suelos por el método de ensayo de compresión triaxial.....	64
2.2.2.3.1.	Determinación del valor soporte del suelo.....	66
2.2.3.	Normas para el diseño de edificios	69
2.2.4.	Diseño arquitectónico	70
2.2.4.1.	Normas para el diseño de edificios educativos	70
2.2.4.1.1.	Criterios generales.....	71
2.2.4.1.2.	Criterios de conjunto	72
2.2.4.1.3.	Criterios de iluminación.....	73
2.2.4.1.4.	Instalaciones.....	74
2.2.4.1.5.	Otros criterios	75
2.2.4.2.	Ubicación del edificio en el terreno	76
2.2.4.3.	Distribución de ambientes.....	77
2.2.4.4.	Altura del edificio	77

2.2.4.5.	Selección del sistema estructural a utilizar.....	77
2.2.4.6.	Normas de seguridad para la reducción de desastres	78
2.2.5.	Análisis estructural	86
2.2.5.1.	Predimensionamiento estructural	87
2.2.5.2.	Modelos matemáticos de marcos dúctiles.....	93
2.2.5.3.	Cargas verticales o gravitacionales	94
2.2.5.4.	Cargas horizontales	99
2.2.5.4.1.	Fuerzas sísmicas	100
2.2.5.5.	Análisis de marcos dúctiles por el Método de Kanni	114
2.2.5.5.1.	Análisis de carga muerta.....	115
2.2.5.5.2.	Análisis de carga viva..	127
2.2.5.5.3.	Análisis con carga de sismo.....	132
2.2.5.6.	Comparación de resultados del Método de Kanni con ETABS.....	144
2.2.5.7.	Envolvente de momentos	147
2.2.5.8.	Diagrama de corte y momento	154
2.2.6.	Diseño estructural	157
2.2.6.1.	Diseño de losas.....	158
2.2.6.2.	Diseño de vigas.....	160
2.2.6.3.	Diseño de columnas.....	171
2.2.6.4.	Diseño de gradas	184
2.2.6.5.	Diseño de cimientos	188
2.2.7.	Instalaciones	226

2.2.7.1.	Agua potable	226
2.2.7.2.	Drenajes	231
2.2.7.3.	Electricidad	233
2.2.8.	Elaboración de planos	236
2.2.9.	Presupuesto	237
2.2.10.	Cronograma de ejecución.....	241
2.2.11.	Evaluación de Impacto Ambiental.....	242
CONCLUSIONES		245
RECOMENDACIONES		247
BIBLIOGRAFÍA		249
APÉNDICES		251
ANEXOS		253

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Mapa de la región Metropolitana, de Guatemala	4
2.	Analogía en el comportamiento de un canal abierto y una tubería trabajando a sección llena.....	35
3.	Sección parcialmente llena	38
4.	Gráfica de representación del Valor Presente Neto del drenaje sanitario	58
5.	Gráfica de representación 1 del valor Tasa Interna de Retorno.....	59
6.	Gráfica de representación 2 del valor Tasa Interna de Retorno.....	60
7.	Terreno disponible	63
8.	Ubicación del edificio en el terreno.....	76
9.	Dimensiones de viga propuesta	89
10.	Área tributaria de columna crítica.....	90
11.	Marcos típicos dúctiles unidos con nudos rígidos, sentido X	93
12.	Marcos típicos dúctiles unidos con nudos rígidos, sentido Y	94
13.	Planta típica, modulo de aulas	95
14.	Planta típica, modulo de aulas	95
15.	Cargas distribuidas muerta y viva marco eje 2 (sentido X, kg/m)	99
16.	Cargas distribuidas muerta y viva marco eje D (sentido Y, kg/m)	99
17.	Corte basal módulo de aulas sentido X.....	106
18.	Corte basal módulo de aulas sentido Y	106
19.	Distribución del corte basal por nivel, módulo de aulas sentido X	108
20.	Distribución del corte basal por nivel, modulo de aulas sentido Y	109
21.	Fuerza por nivel del marco 2, módulo de aulas sentido X	113

22.	Fuerza por nivel del marco D, módulo de aulas sentido Y	113
23.	Marco D, análisis con carga muerta.....	115
24.	Esquema de iteración de Kanni con carga muerta.....	123
25.	Marco D, análisis con carga viva	127
26.	Esquema de iteración de Kanni con carga viva	129
27.	Marco D, análisis con carga de sismo.....	132
28.	Diagrama de cargas laterales	133
29.	Esquema de iteración de Kanni con carga de sismo.....	135
30.	Momentos flexionantes de carga viva en vigas, marco crítico (D), sentido Y (kg-m)	138
31.	Momentos flexionantes de carga viva en vigas, marco crítico (2), sentido X (kg-m)	139
32.	Momentos flexionantes de carga viva en columnas, marco crítico (D), sentido Y (kg-m)	139
33.	Momentos flexionantes de carga viva en columnas, marco crítico (2), sentido X (kg-m)	140
34.	Momentos flexionantes de carga muerta en vigas, marco crítico (D), sentido Y (kg-m)	140
35.	Momentos flexionantes de carga muerta en vigas, marco crítico (2), sentido X (kg-m)	141
36.	Momentos flexionantes de carga muerta en columnas, marco crítico (D), sentido Y (kg-m)	141
37.	Momentos flexionantes de carga muerta en columnas, marco crítico (2), sentido X (kg-m)	142
38.	Momentos flexionantes de carga sísmica en vigas, marco crítico (D), sentido Y (kg-m)	142
39.	Momentos flexionantes de carga sísmica en vigas, marco crítico (2), sentido X (kg-m)	143

40.	Momentos flexionantes de carga sísmica en columnas, marco crítico (D), sentido Y (kg-m).....	143
41.	Momentos flexionantes de carga sísmica en columnas, marco crítico (2), sentido X (kg-m)	144
42.	Diagrama de momentos últimos (kg-m) marco D	145
43.	Diagrama de momentos últimos (kg-m) marco 2	146
44.	Isométrico de deformaciones en marcos rígidos	146
45.	Envolvente de momentos en vigas eje D, sentido Y (kg-m).....	152
46.	Envolvente de momentos en vigas eje 2, sentido X (kg-m)	152
47.	Envolvente de momentos en columnas eje D, sentido Y (kg-m).....	153
48.	Envolvente de momentos en columnas eje 2, sentido X (kg-m)	153
49.	Diagrama de corte en vigas eje D, sentido Y (kg).....	155
50.	Diagrama de corte de vigas eje 2, sentido X (kg)	155
51.	Diagrama de corte en columnas eje D, sentido Y (kg).....	156
52.	Diagrama de corte en columnas eje 2, sentido X (kg)	156
53.	Isométrico de armado de losa prefabricada.....	159
54.	Detalle de inicio de modulación para losa prefabricada.....	159
55.	Envolvente de momento y corte en viga G-H primer nivel, eje 2, sentido X (kg-m).....	161
56.	Diagrama de corte en viga G-H primer nivel, eje 2, sentido X (kg)	165
57.	Diagrama de corte último y corte resistente en viga primer nivel, eje 2, sentido X (kg)	167
58.	Diagrama de corte por resistir en viga G-H primer nivel, eje 2, sentido X (kg).....	168
59.	Armado viga G-H eje 2, primer nivel.....	170
60.	Detalle de armado y secciones de columna típica C-1 y C-2.....	183
61.	Detalle de gradas primer nivel, módulo de baños.....	188
62.	Dimensiones, carga y momentos sobre zapata concéntrica Z1, modulo de aulas	190

63.	Falla por corte simple	194
64.	Falla de corte por punzonamiento.....	195
65.	Detalle de armado de zapata concéntrica Z1	197
66.	Dimensiones de zapata excéntrica	199
67.	Esfuerzo en el terreno	200
68.	Análisis de zapata excéntrica	201
69.	Detalle de zapata excéntrica.....	208
70.	Sección y fuerzas sobre zapata combinada, sentido y.....	209
71.	Planta de zapata combinada	210
72.	Diagrama de cuerpo libre para cimiento combinado	212
73.	Presiones sobre el suelo.....	213
74.	Presiones sobre el cimiento.....	214
75.	Presión última sobre el cimiento	215
76.	Presión última por metro lineal.....	216
77.	Diagrama de corte y momento en zapata combinada	218
78.	Planta de vigas transversales en zapata combinada	221
79.	Corte simple en viga trasversal de zapata combinada	222
80.	Detalle de armado zapata combinada Z3	224
81.	Detalle armado cimiento corrido	226
82.	Ábaco para el cálculo de tuberías de agua fría	230

TABLAS

I.	Población estimada para el 2002 (INE).....	14
II.	Actividad económica	16
III.	Coeficiente de rugosidad n de diversos materiales.....	37
IV.	Profundidad mínima de colector, tubería de concreto	40
V.	Ancho libre de zanja según su profundidad (en metros) y el diámetro nominal en pulgadas de la tubería a instalar	41

VI.	Profundidad de la cota Invert de salida	44
VII.	Presupuesto del drenaje sanitario para la zona 2 de Santa Catarina Pinula, Guatemala.....	54
VIII.	Cronograma de ejecución del drenaje sanitario	55
IX.	Costos de operación del proyecto del drenaje sanitario	57
X.	Datos de ensayo triaxial no consolidado y no drenado.....	67
XI.	Valor soporte permisible, según tipo de suelo	69
XII.	Factor de carga de ocupación	80
XIII.	Peralte mínimo de vigas	88
XIV.	Valores del coeficiente Z, según zona sísmica	101
XV.	Valores coeficiente I	102
XVI.	Valor coeficiente K	102
XVII.	Distribución de corte basal por nivel sentido X	108
XVIII.	Distribución de corte basal por nivel sentido Y	108
XIX.	Centro de rigidez.....	110
XX.	Fuerza del marco por torsión.....	111
XXI.	Centro de rigidez.....	111
XXII.	Fuerza del marco por torsión.....	112
XXIII.	Inercia y rigidez de elementos	117
XXIV.	Factores de giro	118
XXV.	Marco D, envolvente de momentos	148
XXVI.	Marco 2, envolvente de momentos.....	149
XXVII.	Demanda de accesorios para método de Hunter	228
XXVIII.	Demanda de accesorios edificio escolar	229
XXIX.	Dimensiones de ramales para drenaje	233
XXX.	Tablero principal de circuitos.....	235
XXXI.	Presupuesto edificio escolar del Instituto Nacional de Educación Básica en aldea El Pajón, Santa Catarina Pínula Guatemala.....	237
XXXII.	Cronograma proyecto edificio escolar	241

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
H	Altura del elemento
H_{pi}	Altura del pozo inicial
H_{pf}	Altura del pozo final
A_{st}	Área de acero longitudinal en la columna
A_{smáx}	Área de acero máxima
A_{smín}	Área de acero mínima
A_s	Área de acero requerida por el momento
A_c	Área de corte
A_p	Área de punzonamiento
A_z	Área de la zapata
A_g	Área gruesa
A_{sec}	Área sección llena
A_t	Área tributaria
A	Área de sección transversal
B	Base de la viga
q_h	Capacidad soporte del suelo
W	Carga
P'_t	Carga axial de trabajo
P_n	Carga axial nominal
P_u'	Carga axial última de columna
P_{cr}	Carga crítica de pandeo de Euler
P'_t	Carga de trabajo actuando en la columna
P'_u	Carga de resistencia de la columna

P'o	Carga axial de resistencia de la columna
CM	Carga muerta
Wm	Carga muerta distribuida
Pcg	Carga sobre zapata
CV	Carga viva
Wv	Carga viva distribuida
Q	Caudal a sección llena
qd	Caudal de diseño
qdom	Caudal domiciliar
qind	Caudal industrial
qinf	Caudal de infiltración
qilic	Caudal de conexiones ilícitas
qsec	Caudal de sección llena
qmedio	Caudal medio
cm²	Centímetro cuadrado
CG	Centro de gravedad
Cm	Centro de masa
CR	Centro de rigidez
c	Cohesión
ψA	Coeficiente que mide el grado de empotramiento a la rotación de una columna, en su extremo superior
ψB	Coeficiente que mide el grado de empotramiento a la rotación de una columna, en su extremo inferior
ψP	Coeficiente promedio que mide el grado de empotramiento a la rotación
∅	Coeficiente de reducción de resistencia
n	Coeficiente de rugosidad
Vact	Corte actuante
Vr	Corte máximo resistente

Vu	Corte último
CIE	Cota Invert de entrada
CIS	Cota Invert de salida
CISi	Cota Invert de salida inicial
Er	Deformación en rotura
z	Desplante
q	Desviador de rotura
DH	Distancia horizontal
DHep	Distancia horizontal entre pozos
fy	Esfuerzo de fluencia del acero
e	Excentricidad
ed	Excentricidad de diseño
F.H.	Factor de Harmond
fqm	Factor de caudal medio
FCU	Factor de carga última
FR	Factor de retorno
βd	Factor de flujo plástico del concreto
Fn	Fuerza por nivel
Fm	Fuerza por marco
Fni	Fuerza por nivel, en el nivel i
FCU	Factor de carga última
Sc	Factor de forma
K	Factor de longitud efectiva
Nq, Nc, Ng	Factores de carga adimensionales
Fi	Fuerza sísmica en el nivel “i”
Ha	Hectáreas
Q	Índice de estabilidad de piso
Qp	Índice de estabilidad de piso
I o Ig	Inercia de la sección total del concreto respecto al

	eje centroidal, sin tomar en cuenta el acero de refuerzo
kg	Kilogramo
σ	Lado menor para columnas rectangulares (radio de giro)
l/s	Litros sobre segundo
lu	Luz libre
m	Metro
m²	Metro cuadrado
m³	Metro cúbico
G	Módulo de elasticidad a corte del concreto
Ec	Módulo de elasticidad del concreto
M't	Momento de trabajo
MF	Momento fijo
M1	Momento mayor en extremo de columna
M2	Momento menor en extremo de columna
M-	Momento negativo (kg-m)
M+	Momento positivo (kg-m)
To	Momento torsional
Mu	Momento último (kg-m)
NR	Norma recomendada
S	Pendiente
St	Pendiente del terreno
Stb	Pendiente del tubo
Pcol	Peso de la columna
Pp	Peso propio
Ps	Peso del suelo
t	Peralte
d	Peralte efectivo

n	Período de diseño (años)
W_{acabados}	Peso acabados
W_{cv}	Peso carga viva
Y_c	Peso específico del concreto
ρ_s	Peso específico del suelo
W_{Losa}	Peso losa
Pf	Población futura
Po	Población inicial
p_{bal}	Porcentaje de acero en la falla balanceada
p_{máx}	Porcentaje de acero máximo permitido en un elemento
p_{mín}	Porcentaje de acero mínimo permitido en un elemento
q_{dis}	Presión de diseño uniforme
q_{máx}	Presión máxima sobre el suelo
q_{mín}	Presión mínima sobre el suelo
Ht	Profundidad mínima del colector
Rh	Radio hidráulico
rec	Recubrimiento
f'c	Resistencia última del concreto
fy	Resistencia del acero
k	Rigidez
s	Separación de estribos
Smáx	Separación máxima entre estribos
L_x	Sumatoria de longitud de ejes en sentido X
L_y	Sumatoria de longitud de ejes en sentido Y
r	Tasa de crecimiento de la población
T	Tonelada
k'x, k'y	Variables de Bressler

V	Velocidad
Vdis	Velocidad de diseño
Vsec	Velocidad sección llena

GLOSARIO

ACI	Instituto Americano del Concreto (American Concrete Institute).
AGIES	Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica.
Análisis estructural	Consiste en determinar los efectos máximos producidos por las cargas mayoradas sobre los elementos estructurales.
Área de acero mínima	Cantidad de acero, determinada para la sección límite de fluencia.
ASTM	Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (American Society for Testing and Materials).
Carga muerta	Peso muerto soportado por un elemento estructural, incluyendo el propio.
Carga viva	Peso variable dado por el personal, maquinaria móvil, etc., soportado por un elemento estructural.
Caudal	Volumen por unidad de tiempo.

Centro de masa	El Centro de masa es el punto en el cual se puede considerar concentrada toda la masa de un objeto o de un sistema.
Centro de rigidez	Se define como el punto a través del cual la resultante de la fuerza resistente de la edificación actúa.
Cimiento corrido	Es el que se construye para soportar un muro.
Columna	Elemento estructural que se usa principalmente para resistir carga axial de compresión.
Concreto reforzado	Concreto que contiene refuerzo por medio de barras de acero.
Cota Invert de entrada	Cota de la parte inferior interna de una tubería que entra a un pozo de visita hasta la rasante del terreno.
Envolvente momentos	Representa el efecto de la superposición de las cargas muerta, viva, sismo y más si existieran.
Esfuerzo	Fuerza por unidad de área.
Estribo	Elemento de una estructura que resiste el esfuerzo de corte.

Etabs	Software para el análisis de diseño de edificios y naves industriales. Puede realizar análisis de las estructuras complejas, pero tiene muchísimas opciones extras que simplifican el diseño de edificaciones.
Excentricidad	Sucede cuando el centroide de rigidez no coincide con el centroide de masa, se produce excentricidad, esto es debido a que existe una distribución desigual y asimétrica de las masas y las rigideces en la estructura.
Factor de carga última	Factor de seguridad que incrementa el valor de la carga para cubrir cualquier posible error de análisis, construcción o de los materiales.
Fluencia	Sobrepasando el límite de elasticidad, todo aumento de carga produce deformaciones plásticas o permanentes que ya no son proporcionales al aumento de carga sino que adoptan valores crecientes para incrementos de cargas iguales.
INFOM	Instituto de Fomento Municipal.
Mampostería	Obra hecha con elementos sobrepuestos.
Momento resistente	Es el momento que puede resistir una estructura con cierta cantidad de refuerzo.

Momento	Esfuerzo al que se somete un cuerpo, debido a la aplicación de una fuerza a cierta distancia del centro de masa.
Peralte efectivo	Distancia desde la fibra extrema en compresión al centroide del refuerzo longitudinal.
Peso específico	Relación entre el peso de una sustancia y el volumen.
Predimensionar	Es dar medidas preliminares a los elementos que componen una estructura, y que serán utilizados para soportar las cargas aplicadas.
Rigidez	Es la capacidad de un objeto sólido o elemento estructural para soportar esfuerzos sin adquirir grandes deformaciones o desplazamientos.
SEAOC	Asociación de Ingenieros Estructurales de California (Structural Engineers Association of California).
Zapata	Tiene por objeto transmitir la carga al subsuelo a una presión adecuada a las propiedades del suelo.
Zapata aislada	Es un tipo de cimentación superficial que sirve de base de elementos estructurales puntuales como son las columnas.

RESUMEN

El municipio de Santa Catarina Pínula, del departamento de Guatemala es uno de los municipios con mayor índice de crecimiento poblacional, el cual carece de algunos servicios de infraestructura civil en algunas áreas. Por esta razón, se realizó una investigación sobre los proyectos de planificación más importantes para este municipio, con la finalidad de analizar e interpretar la realidad y determinar la problemática existente.

Tomando en cuenta las necesidades prioritarias del municipio se optó por realizar el diseño del sistema de alcantarillado sanitario para la zona 2 de la cabecera municipal.

El sistema será separativo y conducirá las aguas negras por gravedad a lo largo de 4 422 m aproximados de línea central de drenaje, hacia un punto de descarga cercano a la zona, en donde se plantea la construcción de una planta de tratamiento para colaborar con el medio ambiente.

El otro proyecto es un diseño del edificio escolar de dos niveles para el Instituto Nacional de Educación Básica de la aldea El Pajón, el cual tendrá un diseño para atender a más estudiantes, espacios más adecuados para las necesidades actuales del mismo e instalaciones cómodas, con un nivel de seguridad contra desastres.

OBJETIVOS

General

Diseñar el sistema de alcantarillado sanitario en la zona 2 de la cabecera municipal y el edificio escolar de dos niveles para el Instituto Nacional de Educación Básica en la aldea El Pajón, Santa Catarina Pínula.

Específicos

1. Realizar una investigación monográfica y diagnóstica, del municipio de Santa Catarina Pínula.
2. Transmitir los conocimientos de diseño y planificación de estos proyectos a la Dirección Municipal de Planificación (DMP).
3. Capacitar a la población para la operación y mantenimiento del sistema de alcantarillado sanitario.

INTRODUCCIÓN

El municipio de Santa Catarina Pínula del departamento de Guatemala está ubicado 15 km al sur de la ciudad capital con un área de 51 km². Este municipio está localizado a 14° 34' 13" latitud norte y 90° 29' 45" longitud oeste, con una altitud de 1 550 msnm. Colinda al norte con la ciudad de Guatemala, al este con los municipios de San José Pínula y Fraijanes, al sur con los municipios de Fraijanes y Villa Canales y al oeste con Villa Canales y la ciudad de Guatemala.

A través del EPS, la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, promueve la ayuda técnica en las distintas Oficinas Municipales de Planificación.

En la investigación realizada con las autoridades municipales y los vecinos del lugar se determinaron los proyectos prioritarios para la municipalidad, los cuales consisten en: Diseño del sistema de alcantarillado sanitario para la zona 2 de la cabecera municipal de aproximadamente 4 422 m de longitud y diseño del edificio escolar de dos niveles para el Instituto Nacional de Educación Básica de la Aldea El Pajón en un terreno de 1 073,87 m².

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1. Monografía del municipio de Santa Catarina Pínula

La República de Guatemala de conformidad con Artículo. 224, Capítulo. II, Título. V de la Constitución Política de la República de Guatemala 1985 está dividida en departamentos y estos en municipios.

Para el estudio los departamentos se agrupan en regiones en conformidad con artículo 3, capítulo, único Decreto Legislativo No. 70-86 del 9 de diciembre de 1986, quedando conformadas las regiones de la manera siguiente:

- I. Región Metropolitana: departamento de Guatemala
- II. Región Norte: departamentos de Alta y Baja Verapaz
- III. Región Nororiente: departamento de Izabal, Chiquimula, Zacapa y el Progreso
- IV. Región Sur-oriente: departamentos de Jutiapa, Jalapa y Santa Rosa
- V. Región Central: departamento de Chimaltenango, Sacatepéquez y Escuintla

- VI. Región Sur-occidente: departamentos de San Marcos, Quetzaltenango, Totonicapán, Sololá, Retalhuleu y Suchitepéquez
- VII. Región Nor-occidente departamentos de Huehuetenango y Quiche
- VIII. Región Petén: departamento de Petén

1.1.1. Ubicación geográfica

Lugar en el que se encuentran coordenadas de longitud y latitud; en este caso se dará la ubicación del municipio de Santa Catarina Pínula y específicamente de la aldea El Pajón.

1.1.1.1. Departamento de Guatemala

Único departamento de la Región Metropolitana, la extensión territorial es de 2 126 kilómetros cuadrados límita:

Al norte con Baja Verapaz y El Progreso

Al sur con Escuintla y Santa Rosa

Al oeste con Sacatepéquez y Chimaltenango

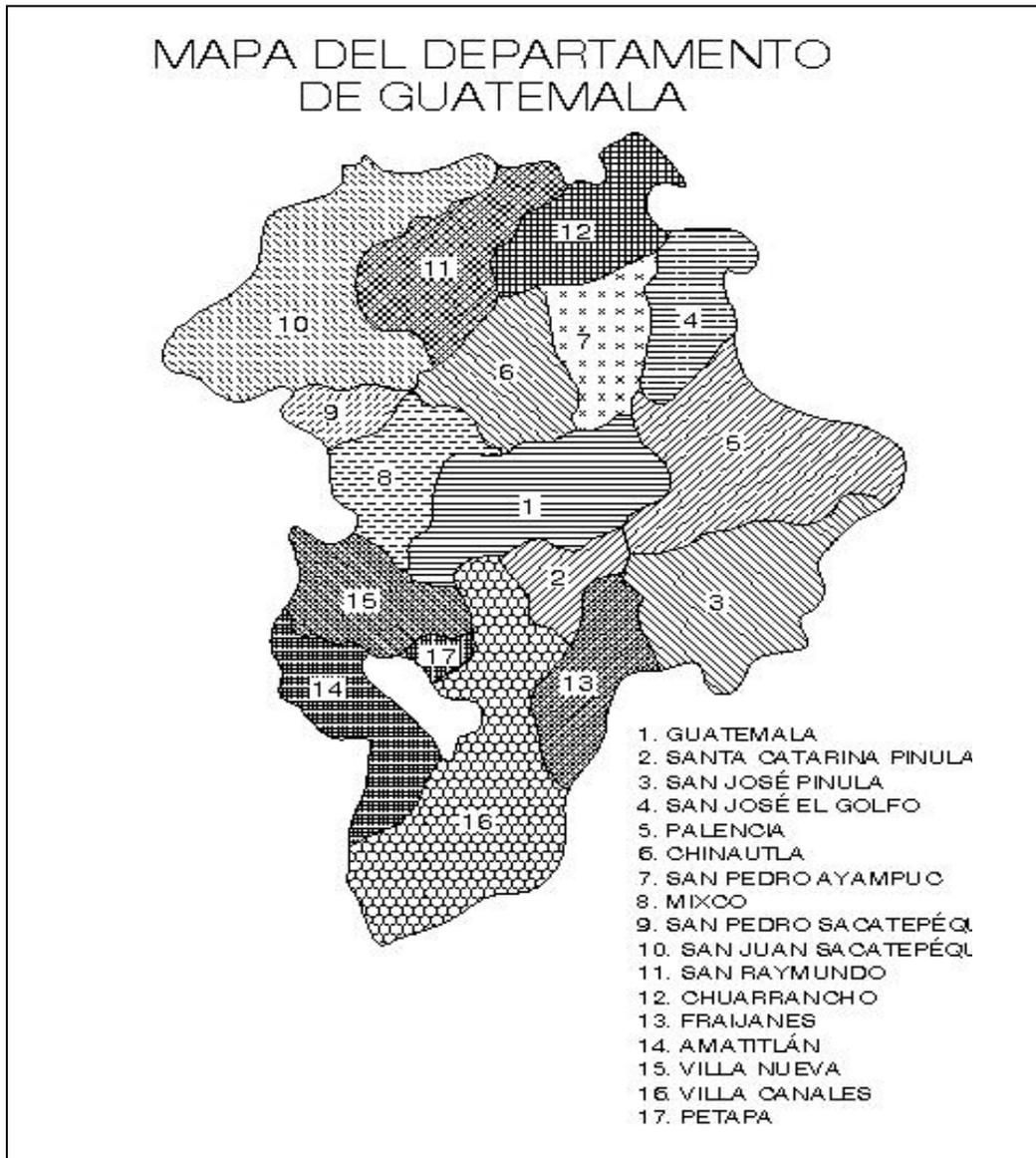
Al este con Progreso, Jutiapa y Santa Rosa

El departamento de Guatemala se divide en 17 municipios, siendo éstos:

- San Juan Sacatepéquez
- San Raymundo

- Chuarrancho
- San Pedro Sacatepéquez
- Chinautla
- San Pedro Ayampuc
- San José del Golfo
- Mixco
- Palencia
- Villa Nueva
- Santa Catarina Pinula
- Petapa
- San José Pinula
- Amatitlán
- Fraijanes
- Villa Canales
- Guatemala

Figura 1. **Mapa de la región Metropolitana, de Guatemala**



Fuente: <http://www.deguate.com/cgibin/fotos/imageFolio.cgi?direct = Mapas/Mapas_departamentos_de_Guatemala>Consulta: en mayo de 2013.

1.1.1.2. Municipio de Santa Catarina Pínula

Anidado en la Sierra de Canales, descansa hoy plácida y mansamente Santa Catarina Pínula.

El nombre del municipio se debe según Fuentes y Guzmán en la *Recordación Florida* a:

- Santa Catarina Pinula: en honor a la patrona titular Santa Catarina de Alejandría.
- Pinula: cuya etimología pipil corresponde a “agua de harina”. *Pinul*: harina de pinole y *Ha* : agua

Según Diccionario Geográfico de Guatemala del Instituto Geográfico Militar tomo III (1980), Santa Catarina Pinula, es uno de los 17 municipios del departamento de Guatemala.

El área aproximadamente según estimación de IGM en abril de 1973 es de 48 kilómetros cuadrados.

El nombre oficial es Santa Catarina Pinula, la altura de la cabecera municipal es de (1 550 metros sobre nivel de mar, latitud 14° 34' 13" y la longitud de 90° 29' 45").

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

El municipio cuenta con un pueblo que es la cabecera, Santa Catarina Pinula, 10 aldeas y 7 caseríos.

Las aldeas son:

- Cristo Rey: con los caseríos:
 - Laguna Bermeja
 - Piedra Parada El Rosario
- Canchón
- Don Justo
- El Carmen: con los caseríos:
 - El Zarzal
 - La Cuchilla del Carmen
 - Trapichito
- El Manzano
- El Pajón: con los caseríos:
 - Pepe Nance
 - El Manzano La Libertad
- El Pueblito
- La Salvadora
- Los Cipreses
- Puerta Parada: con el caserío
 - La Nueva Concepción
- Cristo Rey

(Antes Piedra Parada). Aldea de Santa Catarina Pínula. Al este de la cabecera de la carretera CA-1 en Puerta Parada se toma un camino asfaltado de unos 4 kilómetros rumbo noreste conduce a Cristo Rey, Iglesia 1 850 metros sobre el nivel del mar, latitud 14° 34' 20", longitud 90° 36' 39".

Para evitar confusiones con un caserío a solicitud de la Municipalidad de Santa Catarina Pinula, se cambió el nombre de la aldea Piedra Parada a Cristo Rey. El nombre geográfico es Cristo Rey. Por Acuerdo Gubernativo del 24 de agosto de 1929 se autorizó, el cementerio. En abril de 1974 se terminó la escuela y en el 2001 se construyeron nuevos proyectos como escuelas, puentes tanque elevado, para dotación de agua potable carreteras asfaltadas, introducción de drenajes, alumbrado eléctrico, etcétera.

- Canchón

Aldea de Santa Catarina Pínula ubicada en el cruce de la carretera CA-1 y la ruta Nacional 2, unos 300 metros, al este del sitio arqueológico Canchón y 10 kilómetros sobre la CA-1 al sureste de la cabecera municipal 1 915 metros sobre el nivel del mar, latitud. 14° 31' 40", longitud. 90° 28' 15" Canchón pasó por Acuerdo Gubernamental del 3 de junio de 1912 de la jurisdicción de Santa Catarina Pínula a la del municipio Pueblo Viejo, (hoy Villa Canales); con posterioridad volvió a reincorporarse a Santa Catarina Pínula.

- Don Justo

Aldea del municipio de Santa Catarina Pínula de la cabecera rumbo este por ruta 2 hay 6 kilómetros, a la aldea Puerta Parada. De allí por la carretera asfaltada CA-1 al sur son 3 kilómetros. Don Justo, se encuentra con la ruta asfaltada nacional 18 a San José Pínula y la ruta departamental Guatemala 13 que conduce a Santa Rosa de Lima. La Escuela de la aldea está a 1 015 metros sobre el nivel del mar, su latitud 14° 32' 30", longitud, 90° 27' 15".

- El Carmen

Aldea del municipio de Santa Catarina Pínula, rodea hacia el noreste a 1 kilómetro, al entronque con el camino de revestimiento suelto que al noreste tiene 4 kilómetros con la cabecera municipal. Se encuentra la escuela a 1 430 metros sobre el nivel del mar, su latitud 14° 33' 57", longitud 90° 30' 40". Por Acuerdo Gubernativo del 29 de mayo de 1922 se dispuso la construcción de una escuela pública en la aldea.

El Carmen tiene los caseríos El Zarzal, Cuchilla del Carmen y Trapichito.

- Caserío el Zarzal

Caserío de la aldea el Carmen, municipio de Santa Catarina Pinula, al este de la quebrada El Chorro, 2 kilómetros por camino de revestimiento suelto al sureste de la aldea, 1 370 metros sobre el nivel del mar, latitud 14° 32' 38", longitud 90° 31' 00".

- Caserío la Cuchilla del Carmen

Caserío de la aldea El Carmen, municipio de Santa Catarina Pinula. Por rodera hacia el noreste a 1 kilómetro al entronque con el camino de revestimiento suelto. Por el mismo en dirección noreste son 5 kilómetros al este del río Pínula.

- Caserío Tapichito

Caserío de la aldea El Carmen, municipio de Santa Catarina Pínula, aproximadamente 1 kilómetro por camino oeste de la aldea, 700 metros

sobre el nivel del mar, latitud 14° 18' 25", longitud 90° 17' 00".

- El Manzano

Antes caserío de la aldea Cristo Rey, en la actualidad aldea, del municipio de Santa Catarina Pínula. Al oeste del río los Ocotes. Por camino de revestimiento suelto al sur son 2,5 kilómetros a la aldea Cristo Rey, de allí 8 kilómetros en dirección oeste a la cabecera. La escuela está a 1 690 metros sobre el nivel del mar, latitud 14° 35' 30", longitud 90° 26' 13".

- El Pajón

Aldea del municipio de Santa Catarina Pinula, de la cabecera por la ruta Nacional 2, hay aproximadamente 6 kilómetros al entronque con la carretera Interamericana CA-1 en la aldea Puerta Parada y de allí por rodera 4 kilómetros a la aldea. La escuela está a 1 900 metros sobre el nivel del mar, latitud 14° 33' 10", longitud 90° 26' 18". Tiene el caserío Pepe Nance. Por Acuerdo Gubernativo del 11 de agosto de 1970 se nominó la Arturo Taracena Flores.

- Pepe Nance

Caserío de la aldea El Pajón, municipio de Santa Catarina Pínula 0,5 kilómetros por camino de revestimiento suelto al norte de la aldea, 1 910 metros sobre el nivel del mar, latitud 14° 33' 35", longitud 90° 26' 15".

- El Pueblito

Aldea de Santa Catarina Pinula. Entre el río Pinula y el riachuelo Panasequeque, 2 kilómetros por camino de asfalto al sur de la cabecera. La escuela se encuentra a 1 670 metros sobre el nivel del mar, latitud 14° 33' 38",

longitud 90° 29' 22".

En 1913 se conocía como aldea el Pueblito.

En 1974 se entregó el nuevo edificio escolar, de parte del Comité Nacional Proconstrucción de escuelas, en la administración del Lic. Antonio Coro se desarrollaron proyectos de infraestructura, como la ampliación de la escuela No. 817 y el asfalto que conduce hacia la Cuchilla del Carmen, como muchas obras más.

- La Salvadora

Aldea del municipio de Santa Catarina Pinula, al sur de la cabecera, entre riachuelo Panasequeque y el río Las Minas, 6 kilómetros por vereda al sur de la cabecera. La escuela a 1 800 metros sobre el nivel del mar, latitud 14° 32' 26", longitud 90° 29' 22". Por Acuerdo Gubernativo del 20 de mayo de 1974 se autorizó el cementerio.

- Los Cipreses

Aldea dentro de la finca Los Cipreses. Al sur del casco de la finca San José, al oeste de la quebrada La Esperanza y al este del casco de la finca Muxbal, 5 kilómetros por camino asfaltado al sureste de la cabecera municipal 1 920 metros sobre el nivel del mar, latitud 14° 32' 52", longitud 90° 28' 08".

- Puerta Parada

Aldea del municipio de Santa Catarina Pínula, a un lado de la carretera CA-1, al este de la cabecera municipal. La escuela está a 1 870 metros sobre el nivel del mar, latitud 14° 33' 27", longitud 90° 27' 40". Tiene

el caserío Nueva Concepción.

- Nueva Concepción

Al Oeste de la aldea y al sureste de la cabecera, entre los ríos Pinula y el Sauce; a 3 kilómetros de la ruta Nacional 2 de Puerta Parada. La escuela se encuentra a 1 740 metros sobre el nivel del mar, latitud 14° 33' 45", longitud 90° 28' 46". El edificio escolar se inauguró en enero de 1973.

1.2. Demografía

Estudia estadísticamente la estructura y la dinámica de las poblaciones, así como los procesos concretos que determinan la formación, la conservación y la desaparición de las poblaciones.

1.2.1. Etnia

Si bien es cierto, la historia de Santa Catarina Pinula señala que este municipio fue fundado por indígenas de habla pokomán y tuvo influencia pipil y mejicana, en la actualidad, cuenta con pocos indígenas, tal como se puede visualizar en los censos.

Censo de 1950	total	5 187
	ladinos	4 942
	indígenas	245
Censo de 1984	total	17 387
	No indígenas	17 100
	Indígenas	264

	Ignorado	23
Censo de 2000	total	120 018

Por lo que se deduce que Santa Catarina Pínula no hay una cantidad considerada de indígenas.

La población de este municipio es en mayoría ladina-mestiza.

1.2.2. Lengua

El idioma que se habla actualmente en Santa Catarina Pinula es español en un 100 % de la población.

1.2.3. Religión

En el municipio se practican varias religiones (evangélica, presbiteriana, pentecostal, mormona, etcétera) pero la católica es la mayoritaria, con gran arraigo y tradición.

1.2.4. Tradiciones costumbres y folclor del municipio

Como todo territorio guatemalteco, Santa Catarina Pinula, tiene tradiciones, costumbres y folclor, los cuales están ligados a la religión y a la familia.

Existen también creencias malélicas de algunos animales como el tecolote, la lechuza, las mariposas negras, los cuales anuncian la muerte de alguno de los habitantes.

Las festividades tienen connotación religiosa, se realizan en honor a un santoral católico.

1.2.5. Marco sociopolítico

Según la Constitución de la República de Guatemala (1985) título V, capítulo VII, artículo 254 (Gobierno Municipal) " El gobierno Municipal será ejercido por una corporación, la cual se integra por el alcalde, por síndicos y concejales, todos electos directamente en cada municipio, en la forma y por el período que establezcan las leyes de la materia".

Cumpliendo con lo antes citado, Santa Catrina Pínula conforma la Corporación Municipal así:

Alcalde

- 2 síndicos titulares
- 4 concejales titulares
- 1 síndico suplente
- 1 concejal suplente

Además, cada aldea cuenta con un alcalde auxiliar y con regidores.

Por otro lado, la Constitución Política de la República de Guatemala (1985) título V, capítulo VII, artículo 256 (clasificación de las municipalidades). La ley clasifica las municipalidades en categorías atendiendo a la realidad demográfica del municipio, a la capacidad económica, a la importancia políticoadministrativa, a el desarrollo cultural y otras circunstancias de interés para el municipio.

Según el Instituto de Fomento Municipal (INFOM) Santa Catarina Pinula, cuenta con una municipalidad de tercera categoría. El período de Gobierno municipal era de dos años y medio, pero a partir de 1996 el período de gobierno se estableció a cuatro años.

1.3. Población total

Según censo de 1950 Instituto Nacional de Estadística (INE), la población de Santa Catarina Pínula en total era de 5 187 habitantes, de los cuales 4 942 eran ladinos y 245 indígenas. La población urbana de 1 160 y la rural de 4 027 habitantes.

La población estimada por el INE para el 2002 es de 63 767 habitantes, el cual en grupos etarios se distribuirá así:

Tabla I. **Población estimada para el 2002 (INE)**

Edades habitantes (años)	%	Cantidad
0-4	16	10 203
5-9	14	8 928
10-14	13	8 290
15-19	11	7 015
20 a más	46	29 331

Fuente: elaboración propia.

Según actualización cartográfica de 1992 del municipio de Santa Catarina Pínula, la población total es de 35 856: hombres 17 528, mujeres 18 328.

Con los datos anteriores citados se puede determinar que el crecimiento poblacional se ha dado así:

De 1950	a	1981	=	crecimiento del 23 %
De 1981	a	1990	=	crecimiento del 51 %
De 1990	a	1992	=	crecimiento del 36 %

Con los datos anteriores se observa que la población del municipio se ha elevado, una de las causas es el desarrollo de la urbanización de Santa Catarina Pínula.

Tomando en cuenta que la estimación poblacional de 1992, establecida por INE, la cual era de 35 856 habitantes y la extensión territorial de Santa Catarina Pínula según el Diccionario Geográfico de Guatemala del Instituto Geográfico Militar es de 48 km², se deduce que la densidad de población es de 747 habitantes por kilómetro cuadrado.

La densidad teórica es de 747 habitantes por kilómetro cuadrado, pero la densidad real no igual a la teórica en este municipio, ya que, cuenta con fincas grandes que pertenecen a pocas familias, la población de escasos recursos, vive en territorios de una densidad poblacional más grande que la indicada teóricamente.

1.3.1. Población económicamente activa y no activa

Elemento fundamental en cada territorio, es la población económicamente activa y no económicamente activa, ya que es a través de la comparación de ambas donde se visualiza la fuerza de trabajo actual y futuro.

Santa Catarina Pinula, de acuerdo al IX Censo Poblacional de 1981, la población en cuanto a actividad económica se encontraba distribuida de la siguiente manera:

Tabla II. **Actividad económica**

Actividad económica	Total	Hombres	Mujeres
Económicamente activa	4 999	4 095	956
Ocupada	4 844	3 904	940
Buscando trabajo, trabajó antes	118	111	7
Buscando trabajo por primera vez	37	28	9
Desocupada	155	139	16
No económicamente activa	7 045	1 820	5 225

Fuente: elaboración propia.

Según datos de estimación de población elaborados por el INE, para el año 1990, la población económicamente activa estaría en el 29 %.

La mayoría de la población en esos dos estados de datos, es no económicamente activa, de donde se puede deducir que la fuerza de trabajo se

encuentra dentro de los jóvenes y niños, dado a que la mayoría de la población según grupos etarios, se encuentra ubicada entre 0-14 años.

1.3.2. Instituciones sociales

Santa Catarina Pínula cuenta con las siguientes instituciones sociales:

- Salud
 - Centro de salud en cabecera municipal
 - Puesto de salud Piedra Parada Cristo Rey

- Seguridad
 - Subestación de Policía Nacional en cabecera municipal
 - Garita de Policía Nacional en Puerta Parada
 - Un juzgado de paz en Santa Catarina Pínula

- Comunicación
 - Correos en cabecera municipal y en Puerta Parada
 - Teléfonos públicos y privados en sus aldeas y en la cabecera municipal.

- Religiosas
 - Monte San Francisco de la orden Franciscana
 - Las Clarisas
 - Nuestra Señora la Luz Casa del peregrino en Puerta Parada

- Educación
 - Escuelas oficiales en cada una de las aldeas y algunos caseríos y cabeceras municipales.
 - Colegios en Piedra Parada Cristo Rey, Puerta Parada, Pajón, Don Justo, Laguna Bermeja, Piedra Parada el Rosario, Cabecera municipal.
 - Academias de mecanografía en cabecera municipal, Puerta Parada Cristo Rey, Puerta Parada, El Carmen, Don Justo y Pajón.

1.4. Aspectos económicos globales y actividades productivas

El ámbito del desarrollo sostenible puede dividirse conceptualmente en tres partes: ecológico, económico y social. Se considera el aspecto social por la relación entre el bienestar social con el ambiente y la bonanza económica.

1.4.1. Marco económico

Este marco se divide en tres grandes grupos y estos en subgrupos.

- Sector primario:
 - Producción agrícola
 - Producción pecuaria

- Sector secundario:
 - Industria
 - Artesanías

- Comercio
- Sector terciario:
 - Comunicaciones
 - Salud
 - Seguridad
 - Educación

1.4.1.1. Sector primario

Santa Catarina Pínula, en el sector primario cuenta con, una agricultura en la que los principales cultivos son: maíz, frijol, café, hortalizas, aunque en pequeña escala, pues la producción agrícola ha disminuido, en la medida que avanza la construcción de viviendas en su territorio, el cual se viene convirtiendo en área residencial aledaña a la metrópoli.

En cuanto a la ganadería, se encuentran solo pequeñas crías de bovinos y equinos, en tanto que los porcinos, han sido siempre muy productivos, pues abastece diariamente algunos mercados de la capital, cuyos productos (carne, chicharrones y embutidos) gozan de merecida fama.

La avicultura, ha experimentado últimamente sensible desarrollo y se conserva aún en este tiempo crianza de aves para consumo familiar.

1.4.1.2. Sector secundario

La industria puede decirse que es uno de los principales factores

económicos del municipio, pues funcionan importantes empresas industriales de diverso género, (tejidos, productos alimenticios, textiles, vidrio, etcétera), que constituyen una fuente de trabajo para un grueso sector de la población y generan otros beneficios económicos a favor del municipio.

El comercio se ha ido incrementando a través de tiendas, librerías, centros comerciales, supermercados, restaurantes, cafeterías. En Puerta Parada inclusive se cuenta con varias subagencias de bancos del sistema.

1.4.1.3. Sector terciario o de servicios

- Servicios de comunicación

Los medios de comunicación de Santa Catarina Pínula se han incrementado y mejorado considerablemente, prueba de ello es que el municipio cuenta con:

- Comunicación vial

Con otros municipios y entre las aldeas y caseríos que conforman Santa Catarina Pínula, se cuenta con:

- Carretera CA-1
- Ruta Nacional 2
- Roderas o Veredas
- Revestimiento suelto ligero 1 vía
- Revestimiento suelto (seco)

Comunicación a través de vía telefónica pública y privada.

Transporte comunitario a través de servicio extraurbano y línea preferencial.

1.5. Investigación diagnóstica sobre necesidades de servicios básicos e infraestructura del municipio de Santa Catarina Pínula, Guatemala

Los servicios básicos para la zona 2 de la cabecera municipal y la aldea El Pajon, son de suma importancia para evitar enfermedades en el sector, tener un desarrollo y nivel de vida mejor para todos los habitantes.

1.5.1. Descripción de las necesidades

El municipio de Santa Catarina Pínula, a pesar de encontrarse en un desarrollo constante, carece de servicios básicos como de infraestructura, tales como:

Infraestructura:

- Establecimientos educativos
- Mejoramiento de caminos
- Salón para reuniones político-sociales
- Sistemas de disposición de aguas residuales
- Mejoramiento de la calidad del agua de consumo
- Creación de espacios destinados para estacionamiento

Sociales

Ayuda a las comunidades para el refortalecimiento de los Consejo

Comunitario de Desarrollo (COCODE), ayuda profesional a los agricultores de la localidad para mejorar la calidad de sus productos.

1.5.2. Priorización de las necesidades

La razón por la cual se priorizaron dichos proyectos es la siguiente:

Proyecto edificio escolar para Instituto Nacional de Educación Básica de la aldea El Pajón:

- Deterioro de las instalaciones actuales.
- El crecimiento demográfico hace inoperante el actual edificio con el que cuentan para impartir las clases.
- Con la ampliación del edificio escolar se tendrá mayor espacio para la actividad educativa y mejores condiciones para la misma.

Proyecto diseño de alcantarillado sanitario para la zona 2 de la cabecera municipal de Santa Catarina Pínula:

- Colapso de tuberías y pozos.
- El alcantarillado a llegado a cumplir su tiempo de vida útil.
- Con el nuevo diseño se tendrá un sistema con una vida útil para los próximos 30 años y se utilizará una tubería de PVC que sustituirá a la de concreto.

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFECIONAL

2.1. Diseño del sistema de alcantarillado sanitario para la zona 2 de la cabecera municipal

El diseño de un sistema de alcantarillado sanitario tiene la finalidad de determinar los elementos necesarios para un desempeño óptimo del mismo, recogiendo y encausando las aguas servidas para así evitar contaminación y enfermedades.

2.1.1. Descripción del proyecto

El proyecto consiste en el diseño de la red para el alcantarillado sanitario, que servirá como colector y conductor de las aguas negras, con una longitud de 4 422 metros lineales y 68 pozos de visita, para el diseño se utilizaron las especificaciones del Instituto de Fomento Municipal (INFOM), la tubería a utilizar será PVC Novafort Norma ASTM-F949, con diámetro de 6, 8 y 10 pulgadas. El flujo del caudal será por gravedad, por lo cual se utilizaron las pendientes que proporciona el terreno, para que estas no excedan las velocidades mínimas y máximas dentro de la tubería.

El tratamiento que se le dará a las aguas negras residuales será por medio de una planta de tratamiento ubicada en el desfogue del sistema.

2.1.2. Levantamiento topográfico

El levantamiento topográfico en los proyectos donde se involucra la

conducción de agua residual por gravedad, es de suma importancia, por lo que fue de segundo orden, ya que este debe de contener las áreas a drenar y áreas dispuestas para el desarrollo futuro, que pueda contribuir al sistema. Este tipo de levantamiento, fue de los más completos, en donde se especifique la ubicación de las casas, calles, edificios, escuelas, carreteras, tipos de pavimentos, parques públicos, quebradas, ríos, zanjones, cursos de agua, elevaciones, depresiones y todas aquellas estructuras que tengan relación con el problema a resolver y que puedan influir en la toma de decisiones para el diseño del proyecto.

2.1.2.1. Planimetría

Para realizar este estudio se utilizó el método de conservación de azimut con vuelta de campana, el equipo utilizado fue:

- Teodolito Wild T-2
- Trípode
- Estadal
- Cinta métrica de 30 y 100 metros de longitud
- Plomada
- Estacas, pintura y clavos

2.1.2.2. Altimetría

Para la altimetría de este proyecto, se utilizó el método taquimétrico, partiendo de un banco de marca sobre el eje de las calles.

Para la nivelación se utilizó el siguiente equipo:

- Teodolito Wild T-2

- Trípode
- Estadal

2.1.3. Condiciones generales

El sistema de alcantarillado por diseñar es sanitario, es decir que los flujos por conducir son de aguas residuales domesticas. En la zona existen comercios pequeños ubicados dentro de las casas, no existen industrias por lo que los caudales industriales y comercial no se tomaron en cuenta.

2.1.4. Partes de un alcantarillado sanitario

Para el buen funcionamiento de un alcantarillado sanitario, se necesita que aparte de la tubería central, también existan las llamadas obras de arte, para poder verificar que el sistema esté trabajando de manera correcta. Estas obras de arte no son más que pequeñas instalaciones que sirven para acumular caudales; cada una de ellas tiene diferente función. A continuación, se hace una breve descripción de cada una.

2.1.4.1. Colector

Es el medio que se utiliza para reunir, transportar y evacuar las aguas residuales y los desechos generados por la población, hacia un lugar donde se le dé un tratamiento adecuado. Estos deben de funcionar hidráulicamente como canales abiertos. El diámetro mínimo de diseño, depende del tipo de material a utilizar, para tubería de concreto será de 8 pulgadas de diámetro y para tubería de PVC será de 6 pulgadas de diámetro.

2.1.4.2. Pozo de visita

Son estructuras construidas con el objeto de proporcionar acceso, tanto a los ramales como a los colectores, con el propósito de inspeccionar y darles mantenimiento.

Están contruidos de mampostería de ladrillo tayuyo de punta, concreto armado, de forma cilíndrica que remata generalmente en la parte superior, en forma de cono truncado con tapadera removible, la cual se construye con el objeto de permitir el acceso y darle mantenimiento al pozo y al colector. Las paredes del pozo deben estar impermeabilizadas con repello y cernido liso, el fondo puede estar conformado de concreto armado y concreto ciclópeo para darle la dirección del flujo; también es necesaria la incorporación de escalones, los cuales serán de acero generalmente de 3/8 de pulgada que están empotrados en las paredes del pozo. La profundidad que poseen estos pozos, es variable (ver planos constructivos apéndice 3).

2.1.4.3. Conexiones domiciliarias

La conexión domiciliar tiene la finalidad de llevar las aguas servidas, desde la vivienda o edificio hacia el colector principal.

En el transcurso de la construcción del sistema de alcantarillado, se dejan prevista las conexiones en Y o T en cada casa o edificación. Las conexiones deben taparse para impedir que entren objetos que puedan obstruir la tubería e impermeabilizarse para evitar la salida de las aguas residuales, malos olores, cabe destacar que se recomienda que la conexión sea de tipo Y, para que el flujo entre en el sistema de una manera menos violenta, evitando así el deterioro acelerado; sin embargo, las conexiones en T

son más fáciles de instalar.

La instalación de empotramiento con el colector principal, debe hacerse en la parte superior de la tubería, para impedir que las aguas negras retornen a la conexión domiciliar cuando el colector este funcionando en toda la capacidad, o bien con un caudal alto o una velocidad alta.

La conexión domiciliar consta de 2 partes que son:

- La caja o candela, se recomienda utilizar tubo de concreto de 12 pulgadas de diámetro, previamente curado para facilitar la construcción, en la parte inferior debe contar con una base de concreto armado y en la parte superior con una tapadera para poder inspeccionar y darle mantenimiento.
- Tubería secundaria, se considera que para sistemas de tubería de PVC, el diámetro mínimo será de 4 pulgadas con una pendiente mínima de 2 por ciento y una máxima de 6 por ciento, que forme un ángulo horizontal con respecto a la línea central de 45 grados y en sentido de la corriente del mismo. Se recomienda utilizar PVC mínimo de 125 libra por pulgada cuadrada, dado que soporta más la carga vertical producida por el suelo.

2.1.5. Período de diseño

Es el período en el cual el sistema debe de transportar el 100 por ciento del caudal, para la población futura de diseño en un tiempo n, y que el INFOM recomienda de 20 a 30 años. Este período de diseño debe tomar en cuenta diversos factores, como:

- Tendencia de crecimiento poblacional
- Calidad de los materiales a utilizar
- Durabilidad de las instalaciones
- Facilidad de construcción y posibilidad de ampliación
- Posibilidades para la obtención del financiamiento y tasas de interés

Para este proyecto se opta por un período de diseño de 30 años.

2.1.6. Población futura

Es la población con la cual se diseña el sistema de alcantarillado, que se calcula como una proyección de población obtenida según el censo realizado en el lugar, para la obtención se utilizó el método geométrico que utiliza la población actual y la tasa de crecimiento, la fórmula de este método se expresa de la siguiente manera:

$$P_f = P_o * \left(1 + \frac{r}{100}\right)^n$$

Donde:

P_f = población futura

P_o = población inicial

r = tasa de crecimiento

n = período de diseño

Datos:

$P_0 = 3\,972$ habitantes

$r = 2,90\%$ dato proporcionado por la municipalidad

$n = 30$ años

$$P_f = 3\,972 * \left(1 + \frac{2,90}{100}\right)^{30} = 9\,364 \text{ habitantes}$$

2.1.7. Determinación de caudales

El caudal es la cantidad de agua que corre por una tubería en cada unidad de tiempo, las dimensionales se dan en (litros por segundo o metro cúbico por segundo), existen varios tipos de ellos los cuales se describen a continuación.

2.1.7.1. Población tributaria

Es la población que aporta el caudal en cada ramal del colector principal, esta población se debe de acumular en cada tramo entre los pozos de visita.

2.1.7.2. Dotación

Es la cantidad de agua que se le debe de asignar a cada unidad consumidora para satisfacer las necesidades, se expresa en litros por habitante al día. La dotación utilizada para la zona 2 de Santa Catarina Pínula, es de 165 litros por habitante por día, según información proporcionada por la municipalidad.

2.1.7.3. Factor de retorno al sistema

Se sabe que no todo el 100 % de agua potable que ingresa a cada vivienda regresará a las alcantarillas, por razones de uso que se le da a la dotación dentro de la vivienda, considerando que pueda perderse un 20 por ciento de la dotación, y tomando en cuenta que el área de influencia del proyecto, cuenta con viviendas que en la mayoría poseen patios de tierra, se consideró un factor de retorno al sistema del 85 %.

2.1.7.4. Caudal domiciliar

Es el agua que resulta de utilizar el agua potable en distintas actividades, como lavado de utensilios de cocina, lavado de ropa, duchas, inodoros, aseo personal, etc. y que tiene que ser desechada y conducida hacia la red del sistema de alcantarillado. Este caudal está relacionado con la dotación y se calcula de la siguiente forma:

$$q_{\text{dom}} = \frac{\text{dot.} * \text{No. hab.} * \text{F. R.}}{86\ 400}$$

Donde:

q_{dom} = caudal domiciliar [l/s]

dot = dotación [l/hab/d]

No. hab = número de habitantes por tramo

F.R. = factor de retorno

Datos:

Dot = 165 l/ha/d

No. hab = 9 364 habitantes

FR= 85%

$$q_{\text{dom}} = \frac{165 * 9\ 364 * 0,85}{86\ 400} = 15,20 \text{ l/s}$$

2.1.7.5. Caudal comercial

Es el que proviene de comercios, tales como comedores, restaurantes, hoteles, etc. y la dotación depende de acuerdo al establecimiento que se encuentre en el lugar. Para este proyecto no se tomó en cuenta este caudal, debido a que no existen comercios a lo largo de toda la línea del alcantarillado.

2.1.7.6. Caudal industrial

Es el que proviene de las industrias, tales como procesadoras de alimentos, fábrica de textiles, licoreras, embotelladoras, etc. y la dotación depende de acuerdo al establecimiento que se encuentre en el lugar. Para este proyecto no se tomó en cuenta este caudal, debido a que no existen industrias a lo largo de toda la línea del alcantarillado.

2.1.7.7. Caudal de conexiones ilícitas

Este tipo de caudal es producido por las viviendas que, por no contar con un sistema de alcantarillado apropiado para las aguas pluviales, las

introducen al sistema de alcantarillado sanitario, el caudal de conexiones ilícitas se calculará por medio de los parámetros regulados por las normas del INFOM y este se puede calcular como un 10 % mínimo del caudal domiciliar y se calcula de la siguiente manera:

$$q_{ilic} = 0,10 * q_{dom}$$

Dato:

$$q_{dom} = 15,20 \text{ l/s}$$

$$q_{ilic} = 0,10 * 15,20 = 1,52 \text{ l/s}$$

2.1.7.8. Caudal de infiltración

El caudal de infiltración es un factor que debe tomarse en cuenta debido a las diferentes filtraciones que pueden darse en el sistema por roturas de estructuras, permeabilidad del terreno y hasta inundaciones.

El caudal de infiltraciones en Guatemala tiene un factor de infiltración que varía de entre 16 000 – 18 000 l/Km/día.

El cálculo del caudal de infiltración será de cualquiera de las siguientes maneras:

$$q_{inf} = \frac{F_{inf} * [m \text{ tubo} + (\# \text{ casas} * 6)]}{86\,400 * 1\,000}$$

Datos:

$$F_{inf} = 17\ 000\ \text{l/km/día}$$

$$\text{Metros de tubo} = 4\ 422\ \text{m}$$

$$\text{No. de casas} = 662$$

$$q_{inf} = \frac{17\ 000 * [4\ 422 + (662 * 6)]}{86\ 400 * 1\ 000} = 1.65\ \text{l/s}$$

2.1.7.9. Caudal medio

Es la suma del caudal domiciliario, comercial, industrial, conexiones ilícitas y de infiltración.

$$q_{medio} = q_{dom} + q_{com} + q_{ind} + q_{ilic} + q_{inf}$$

$$q_{medio} = 15,20 + 0 + 0 + 1,52 + 1,65 = 18,37\ \text{l/s}$$

2.1.7.10. Factor de caudal medio

Este factor es el que se utiliza para regular la aportación del caudal en la tubería. Este valor según el INFOM debe estar entre el rango de 0,002 a 0,005 y se calcula de la siguiente forma:

$$F_{qm} = q_{medio}/\text{No.Hab}$$

Datos:

$$q_{medio} = 18,37\ \text{l/s}$$

No.hab = 9 364 habitantes

$$F_{qm} = 18,37 / 9\ 364 = 0,0019 \text{ se usará } 0,002$$

2.1.7.11. Factor de Harmond

Es un factor que ayuda a determinar el caudal máximo que puede fluir por las tuberías. La fórmula del factor de Harmond, es el resultado de pruebas estadísticas que determina la probabilidad de que múltiples artefactos sanitarios de las viviendas se estén utilizando simultáneamente en un determinado tramo, el valor varía de 1,5 a 4,5 es adimensional y se calcula de la siguiente forma:

$$F. H. = \frac{18 + \sqrt{\frac{P}{1000}}}{4 + \sqrt{\frac{P}{1000}}}$$

Donde:

F.H.= factor de Harmond

P = población acumulada del tramo

2.1.7.12. Caudal de diseño

Es el caudal con que se diseñará cada tramo del sistema de alcantarillado sanitario, de acuerdo con los datos obtenidos e investigados. Este caudal se debe de calcular en cada tramo de la red del colector y se calcula de la siguiente forma:

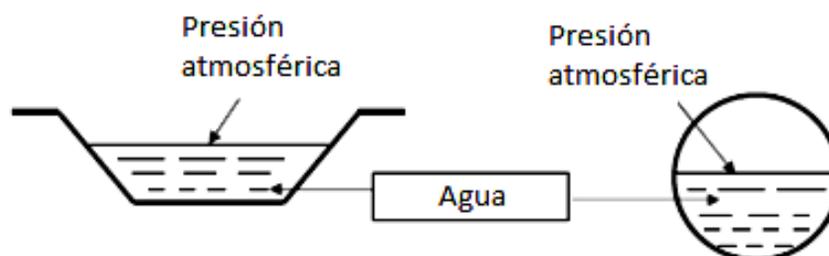
$$q_d = F. H. * F_{qm} * No. Hab$$

2.1.8. Fundamento hidráulico

Para el buen funcionamiento de un sistema de alcantarillado sanitario por gravedad es necesario que el medio de transporte funcione, como un canal abierto y cuyo flujo está determinado por la rugosidad del material y la pendiente del canal.

Por lo general en los sistemas de alcantarillado sanitario, se emplean tuberías circulares cerradas, por lo que la superficie del agua está afectada solamente por la presión atmosférica y por muy pocas presiones provocadas por los gases de la materia en descomposición, que los caudales transporta.

Figura 2. **Analogía en el comportamiento de un canal abierto y una tubería trabajando a sección llena**



Fuente: elaboración propia.

2.1.8.1. Ecuación de Manning para flujo de canales

La ecuación de Manning es una mejora de la fórmula de Chezy para el cálculo de la velocidad del agua en canales abiertos y tuberías. Se basa en

condiciones para el flujo constante pese a que los sistemas de drenaje sanitario funcionan con caudales variables, se calcula de la siguiente forma:

$$V = \frac{1}{n} * (Rh)^{2/3} * (S)^{1/2}$$

Donde:

V = velocidad [m/s]

Rh = radio hidráulico [m]

S = % pendiente del canal [m/m]

n = coeficiente de rugosidad de Manning

2.1.8.2. Relaciones hidráulicas

Las relaciones hidráulicas sirven para agilizar los cálculos de velocidad, área, caudal y radio hidráulico de las tuberías a sección parcialmente llena, esta se realiza mediante la relación de los caudales de sección llena y el caudal de diseño, dando como resultado un valor, luego se busca el mismo valor o uno aproximado en las tablas de elementos hidráulicos de sección transversal circular, posteriormente se verifican las otras relaciones (v/V , d/D y a/A) con las obtenidas de sección llena para obtener las de sección parcialmente llena, por último corroborar si estas están dentro de los límites permitidos.

Las relaciones de diámetros y caudales, que se deben considerar en el diseño del sistema de alcantarillado sanitario son: la relación d/D debe ser mayor o igual a 0,10 y menor o igual a 0,75, y el caudal de diseño tiene que ser menor al caudal a sección llena en el colector, tomando en cuenta que estas relaciones se aplicarán solo para sistemas de alcantarillado sanitario.

Esto es:

- Relación de diámetro: $0,10 \leq d/D \leq 0,75$
- Relación de caudal: $q_{\text{diseño}} < q_{\text{sec}}$

2.1.9. Parámetros de diseño hidráulico

Son los parámetros de diseño del sistema en el cual se determina el tipo de tubería a utilizar, diámetro y velocidades óptimas para el mayor desempeño del sistema.

2.1.9.1. Coeficiente de rugosidad

Este coeficiente depende del tipo de material del cual este hecho la tubería, es determinado por medio de pruebas realizadas por los fabricantes, este factor indica que tan lisa o rugosa es la superficie interna de la tubería.

Es proveído por el fabricante, en la siguiente tabla se muestran varios coeficientes según el material del cual están fabricados.

Tabla III. Coeficiente de rugosidad n de diversos materiales

Material	Coeficiente de rugosidad n
Superficie de mortero de cemento	0,011 – 0,015
Mampostería	0,017 – 0,030
Tubo de concreto $\varnothing < 24''$	0,011 – 0,016
Tubo de concreto $\varnothing > 24''$	0,013 – 0,018
Tubo de asbesto cemento	0,009 – 0,011
Tubería de HG	0,013 – 0,015
Tubería de PVC	0,006 – 0,011
Superficie lisa de concreto	0,010 – 0,013

Continuación de la tabla III.

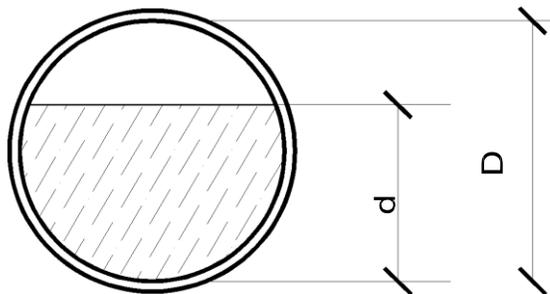
Ladrillo con mortero de cemento	0,012 – 0,017
Tubería de metal corrugado	0,021 – 0,030

Fuente: Amanco-Tubovinil, tuberías PVC para Alcantarillado Sanitario. p. 5.

2.1.9.2. Sección llena y parcialmente llena

Dado que los sistemas de alcantarillado sanitario deben de funcionar como un canal abierto, la relación entre las secciones llenas y parciales nunca deben ser mayor que el caudal a sección llena, para sistemas sanitarios esta debe estar entre el rango de $0,10 \leq d/D \leq 0,75$.

Figura 3. Sección parcialmente llena



Fuente: elaboración propia.

2.1.9.3. Velocidades máximas y mínimas

Según las normas para el diseño de alcantarillados del INFOM, las velocidades deben ser mayores de 0,60 metros sobre segundo, para evitar la sedimentación y el taponamiento dentro de la tubería, y como máximo de 3

metros sobre segundo, para evitar la erosión de las paredes de la tubería a causa de la fricción generada por sobrepasar la velocidad máxima. El fabricante de tuberías PVC Novafort sugiere valores entre el rango de 0,40 y 5 metros sobre segundo.

Para calcular la velocidad del flujo dentro de la tubería, se determinan los factores de tipo de tubería a utilizar, diámetro de la tubería, pendiente de la tubería y utilizar la fórmula de Manning junto con las relaciones hidráulicas. Para facilitar el cálculo de la velocidad por medio de la fórmula de Manning, se realizan equivalencias algebraicas, dando como resultado la fórmula utilizada para en el diseño expresada a continuación:

$$V = \frac{0,03429}{0,01} * D^{2/3} * S^{1/2}$$

Donde:

V = velocidad de flujo a sección llena [m/s]

D = diámetro de la sección circular [pulgadas]

S = % pendiente del canal [m/m]

n = coeficiente de rugosidad de Manning

2.1.9.4. Diámetro del colector

Según el INFOM, el diámetro mínimo a colocar en los alcantarillados sanitarios será de 8 pulgadas para tubos de concreto y de 6 pulgadas para tubos de PVC. Para las conexiones domiciliarias, el diámetro mínimo será de 6 pulgadas en concreto y de 4 pulgadas para PVC, formando un ángulo de

45 grados en el sentido de la corriente del colector principal. Para el diseño de este proyecto se utilizó en tramos iniciales tubería de 6 pulgadas de diámetro, cumpliendo con las especificaciones antes mencionadas.

2.1.9.5. Profundidad del colector

La profundidad del colector principal debe de ser tal que, evite rupturas por el tránsito que circulará sobre el mismo, que permita el 100 por ciento de las conexiones domiciliarias, que ofrezca protección de climas extremos y que no tenga dificultades constructivas.

La profundidad mínima de la tubería, desde la superficie del suelo hasta la parte superior de la misma, en cualquier punto, para tubería de PVC será determinada de la siguiente manera:

- Para tránsito normal (menor a 200 quintales) = 1,00 m
- Para tránsito pesado (mayor a 200 quintales) = 1,20 m

La profundidad mínima de la tubería, desde la superficie del suelo hasta la parte superior de la misma, en cualquier punto, para tubería de concreto será determinada mediante la siguiente tabla:

Tabla IV. **Profundidad mínima de colector, tubería de concreto**

Diámetro	8"	10"	12"	16"	18"	21"	24"	30"	36"	42"	48"	60"
Tránsito normal	1,22	1,28	1,33	1,41	1,50	1,58	1,66	1,84	1,99	2,14	2,25	2,55
Tránsito pesado	1,42	1,48	1,51	1,53	1,70	1,78	1,86	2,04	2,19	2,34	2,45	2,75

Fuente: elaboración propia.

2.1.9.6. Ancho de la zanja

El ancho de la zanja está relacionado por el diámetro de la tubería, la profundidad a la que se debe colocar, esto va en relación directa, es decir, a mayor diámetro, mayor ancho de zanja y a mayor profundidad también mayor ancho de zanja. A continuación se presenta una tabla con anchos de zanjas recomendados para distintos diámetros y profundidades.

Tabla V. **Ancho libre de zanja según su profundidad (en metros) y el diámetro nominal en pulgadas de la tubería a instalar**

Diámetro nominal	6"	8"	10"	12"	15"	18"
Hasta 1,30 m	0,60	0,60	--	--	--	--
De 1,31 a 1,85 m	0,60	0,60	0,70	0,75	0,90	1,10
De 1,86 a 2,35 m	0,65	0,65	0,70	0,75	0,90	1,10
De 2,36 a 2,85 m	0,65	0,65	0,70	0,75	0,90	1,10
De 2,86 a 3,35 m	0,70	0,70	0,70	0,75	0,90	1,10
De 3,36 a 3,85 m	0,70	0,70	0,70	0,75	0,90	1,10
De 3,86 a 4,35 m	0,75	0,75	0,75	0,75	0,90	1,10
De 4,36 a 4,85 m	0,75	0,75	0,75	0,75	0,90	1,10
De 4,86 a 5,35 m	0,75	0,75	0,75	0,75	0,90	1,10
De 5,36 a 5,85 m	0,80	0,80	0,80	0,80	0,90	1,10
De 5,86 a 6,35 m	0,80	0,80	0,80	0,80	0,90	1,10

Fuente: Amanco-Tubovinil. Norma ASTM-3034 tuberías PVC para Alcantarillado Sanitario. p 8.

2.1.9.7. Volumen de excavación

Para poder colocar la tubería del colector, se necesita extraer un volumen de suelo, el cual se calcula a partir de la profundidad de los pozos de visita, el tramo en cuestión y el ancho de la zanja, se calcula con la siguiente expresión:

$$\text{Vol} = \frac{(H_1 + H_2)}{2} * d * A_z$$

Donde:

Vol = volumen de excavación [m³]

H₁ = profundidad del primer pozo de visita [m]

H₂ = profundidad del segundo pozo de visita [m]

d = distancia entre pozos [m]

A_z = ancho de la zanja [m]

2.1.9.8. Cotas Invert

Son las cotas que determinan el nivel de colocación de la tubería que se conectan entre los pozos de visita, desde la parte interna inferior de la tubería hasta la cota del terreno. Estas son las profundidades a las cuales se deben de colocar las tuberías de entrada y salida en los pozos de visita, con relación a las cotas de estos.

Para poder calcular las cotas Invert se tienen las siguientes expresiones:

$$NT_f = NT_i - (D.H. * \% S_t)$$

$$\%S_t = \frac{NT_i - NT_f}{D.H.} * 100$$

$$CIS_i = NT_i - H_t$$

$$CIS_i = CIE - 0,03m$$

$$\text{CIE} = \text{CIS} - (\text{D.H.} * \% S_{tb})$$

$$H_{pi} = \text{CT}_i - \text{CIS}$$

$$H_{pf} = \text{CT}_f - \text{CIS}$$

Donde:

NT_i = cota terreno inicial [m]

NT_f = cota terreno final [m]

CIE = cota Invert de entrada [m]

CIS = cota Invert de salida [m]

H_t = profundidad mínima del colector [m]

D.H. = distancia horizontal entre pozos [m]

$\%S_t$ = pendiente del terreno [m/m], cuando esta no cumple con el rango de velocidad y con las profundidades del colector, se debe aumentar o disminuir y en último caso, cambiar el diámetro de la tubería.

2.1.9.9. Ubicación de pozos de visita

Se recomienda colocar pozos de visita según el INFOM, en los casos siguientes:

- Inicio de cualquier ramal
- Intersección de 2 o más tuberías
- Cambio de diámetro de tubería
- Cambio de material de tubería
- Cambio de pendiente de la tubería

- Cambio de dirección horizontal.
- Tramos no mayores de 100 metros en línea recta en diámetros hasta de 24 pulgadas.
- Tramos no mayores de 300 metros en diámetros superiores a 24 pulgadas.

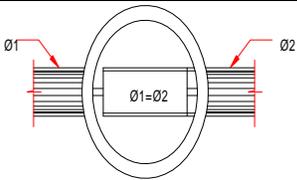
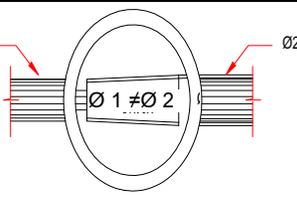
2.1.9.10. Profundidad pozos de visita

La profundidad de los pozos de visita está relacionada con la cota del terreno, cota Invert de salida y espesor de la base del pozo y está determinada por la siguiente expresión:

$$H_{pf} = CT_f - CIS$$

Para poder determinar la cota Invert de salida, se debe de tomar en cuenta la cota Invert de entrada, los diámetros de las tuberías de entrada y de salida, tomando en cuenta los criterios de la siguiente tabla:

Tabla VI. Profundidad de la cota Invert de salida

	<p>Cuando a un pozo de visita llega una tubería y sale otra de igual diámetro, la cota Invert como mínimo va a estar 3 centímetros por debajo de la cota Invert de entrada.</p> $\text{Ø}1 = \text{Ø}2 \quad \text{CIS} = \text{CIE} - 0,03 \text{ m}$
	<p>Cuando a un pozo de visita entra una tubería y sale otra tubería de distinto diámetro, la cota Invert va a ser, como mínimo, la diferencia entre ambos diámetros, por debajo de la cota Invert de entrada:</p> $\text{Ø}1 \neq \text{Ø}2 \quad \text{CIS} = \text{CIE} - \text{dif } \text{Ø}$

Continuación de la tabla VI.

	<p>Quando a un pozo de visita entra más de una tubería y sale una tubería todas de igual diámetro, la cota Invert va a ser como mínimo, 3 centímetros por debajo de la cota Invert de entrada más profunda</p> <p style="text-align: center;">$\text{Ø } 1 = \text{Ø } 2 = \text{Ø } 3 \quad \text{CIE1} > \text{CIE2}$ $\text{CIS} = \text{CIE1} - 0,03 \text{ m}$</p>
	<p>Quando a un pozo de visita llegan 2 o más tuberías y sale una y son de distinto diámetro:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 3 centímetros por debajo de las tuberías que son del mismo diámetro. • La diferencia de diámetros con las tuberías de diferente diámetro. <p>Se toma la que de mayor profundidad.</p>
	<p>Quando a un pozo de visita llega más de una tubería y sale más de una tubería:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Una tubería es de continuidad. • b) La cota Invert de las tuberías de ramales iniciales debe ser como mínimo la que considere la Hmin. • c) La cota Invert de salida del ramal de seguimiento, se calcula de acuerdo a los incisos anteriores.

Fuente: elaboración propia.

2.1.9.11. Características de las conexiones domiciliare

Una conexión domiciliar tiene la finalidad de descargar las aguas servidas provenientes de las casas, llevarlas al alcantarillado central. Constan de las siguientes partes:

Caja o candela: la conexión se realiza por medio de una caja de inspección, construida de mampostería o con tubos de concreto colocados verticalmente; el lado menor de la caja será de 45 centímetros, si fuese circular tendrá un diámetro no menor de 12 pulgadas; deben estar impermeabilizadas por dentro y tener una tapadera para realizar inspecciones.

Tubería secundaria: la conexión de la candela domiciliar con la tubería central, se hará por medio de la tubería secundaria, la cual tiene un diámetro de 6 pulgadas en tubería de concreto y de 4 pulgadas en tubería de PVC; debe tener una pendiente mínima del 2 por ciento para evacuar adecuadamente el agua.

Es conveniente que la conexión con el colector principal se haga en la parte superior, para impedir que las aguas negras retornen por la conexión doméstica, cuando el colector esté funcionando a toda capacidad. La profundidad de la línea central de drenaje incidirá en la manera de conectar la candela domiciliar.

- Profundidad de hasta 2,00 metros: cuando la profundidad del colector no sobrepase los 2,00 metros, se utilizará una silleta Y complementado con un codo a 45 grados.
- Profundidades iguales o mayores a 2,00 metros: cuando la profundidad del colector sobrepase los 2,00 metros, se utilizará una silleta T complementado con un codo a 90 grados.

2.1.9.12. Diseño hidráulico

El diseño de la red de alcantarillado sanitario se realizó de acuerdo a las

normas del INFOM. El proyecto beneficiará al 100 por ciento de la población actual del barrio. El diseño se realizó en el programa Autocad® Civil 3D 2013, a dicho programa se le ingresaron los datos obtenidos del levantamiento topográfico, dando como resultado la planta y perfil de toda la red del proyecto.

Para la realización de la memoria de cálculo se tomaron en cuenta los siguientes datos:

Tipo de sistema	alcantarillado sanitario
Periodo de diseño	30 años
Viviendas actuales	662
Viviendas futuras	1 606
Densidad de vivienda	6 hab /viv
Población actual	3 972 hab
Tasa de crecimiento	2 ,90 %
Población futura	1407 hab
Dotación	165 l/hab/d
Factor de retorno	85%
Velocidad de diseño	$0,60 \text{ m/s} \leq V \leq 3,00 \text{ m/s}$
Fqm	0,002
Evacuación	por gravedad
Colector principal	
Tipo y diámetro de la tubería	PVC novafort norma F-949 Ø 6", n =0,010
Pendiente	según caudal y velocidad
Conexión domiciliar	
Tipo y diámetro de la tubería	PVC novafort norma F-949 Ø 4", n =0,010

Pendiente	2 % a 6 %
Candela	tubo de concreto Ø 12" con base y tapadera de concreto armado

A continuación se desarrolla el diseño hidráulico de un tramo.

Datos generales

Tipo de sistema	Alcantarillado sanitario
Tramo	PV-3 a PV-4
Distancia	79,73 m
Número de casas del tramo:	10 casas
Número de casas acumuladas:	24 casas
Densidad de vivienda:	6 hab / viv
Total de habitantes actuales:	144 hab
Cota terreno inicial:	1 558,66 m
Cota terreno final:	1 554,67 m
Diámetro de la tubería	6"

- Cálculo pendiente del terreno

$$\%S_t = \frac{1\,558,66 - 1\,554,67}{79,73} * 100 = 5 \%$$

- Cálculo población futura

$$P_f = 144 * \left(1 + \frac{2,90}{100}\right)^{30} = 340 \text{ hab}$$

- Cálculo caudal medio

$$q_{\text{dom}} = \frac{165 * 340 * 0,85}{86\ 400} = 0,55 \text{ l/s}$$

$$q_{\text{ilic}} = 0,10 * 0,55 = 0,055 \text{ l/s}$$

$$q_{\text{inf}} = \frac{17\ 000 * [79,73 + (10 * 6)]}{86\ 400 * 1\ 000} = 0,0275 \text{ l/s}$$

$$q_{\text{medio}} = 0,55 + 0,055 + 0,0275 = 0,63 \text{ l/s}$$

- Cálculo factor de Harmond

$$F. H. = \frac{18 + \sqrt[2]{\frac{340}{1\ 000}}}{4 + \sqrt[2]{\frac{340}{1\ 000}}} = 4,05$$

- Cálculo de caudal de diseño

$$q_d = 4,05 * 0,002 * 340 = 2,75 \text{ l/s}$$

- Cálculo velocidad y área a sección llena

$$V = \frac{0,03429}{0,01} * 6^{2/3} * 0,05^{1/2} = 2,54 \text{ m/s}$$

$$A = 5,067 * 10^{-4} * D^2$$

$$A = 5,067 * 10^{-4} * 6^2 = 0,018 \text{ m}^2$$

- Cálculo caudal a sección llena

$$Q = A_{\text{sec}} * V_{\text{sec}} * 1\,000$$

$$Q = 0,018 * 2,54 * 1\,000 = 46,36 \text{ l/s}$$

- Cálculo de relaciones hidráulicas

$$\frac{q_d}{Q} = \frac{2,75}{46,36} = 0,05946$$

$$\frac{v}{V} = 0,560$$

$$v = 0,560 * 2,54 = 1,42 \text{ m/s}$$

$$\frac{d}{D} = 0,17$$

- Revisión de parámetros hidráulicos

Caudales $q_d < q_{\text{sec}}$	$2,75 \text{ l/s} < 46,37 \text{ l/s}$	cumple
Velocidad $0,60 \leq V_{\text{diseño}} \leq 3,00$ en m/s	$0,60 \leq 1,42 \leq 3,00$	cumple
Diámetros $0,10 \leq d/D \leq 0,75$	$0,10 \leq 0,22 \leq 0,75$	cumple

- Cota Invert salida PV-3

$$CIS_{\text{PV-3}} = CIE_{\text{PV-3}} - 0,03$$

$$CIS_{PV-3} = 1\,557,25 - 0,03 = 1\,557,23$$

- Cota Invert entrada PV-4

$$CIE_{PV-4} = CIS_{PV-3} - (DH_{ep} * \%S_t)$$

$$CIE_{PV-4} = 1557,23 - [(79,73-1,20) * 0,05] = 1\,553,27$$

- Profundidad de pozo de visita PV-3

$$H_{PV-3} = CT_{PV-3} - CIS_{PV-3}$$

$$H_{PV-3} = 1\,558,66 - 1\,557,23 = 1.43 \text{ m}$$

- Profundidad de pozo de visita PV-4

$$H_{PV-4} = CT_{PV-4} - CIS_{PV-4}$$

$$H_{PV-4} = 1\,554.67 - 1\,553,27 = 1.40 \text{ m}$$

- Volumen de excavación

$$Vol = \frac{(1,43 + 1,40)}{2} * 79,73 * 0,70 = 78,97 \text{ m}^3$$

2.1.10. Desfogue

Es necesario ubicar el lugar idóneo para el desfogue de las aguas tratadas, esto respetando las normas del Ministerio de Medio Ambiente, para

lograr mitigar daños a la naturaleza. Todas las descargas deben tener un tratamiento adecuado a las condiciones del cuerpo receptor de la descarga.

En este proyecto la descarga se desfogará en una planta de tratamiento que construirá la municipalidad para varios sistemas de alcantarillado de la cabecera municipal.

2.1.11. Ubicación

Por la topografía del terreno y la especificación del lugar del desfogue por parte de la municipalidad, fue necesario diseñar los ramales principales, con una dirección de flujo hacia el pozo de visita pv-desfogue, el cual se encuentra en un zanjón que es terreno municipal (véase en plano # 11 planta y perfil ramal 5 y desfogue).

2.1.12. Elaboración de planos

Los planos elaborados para el alcantarillado sanitario, se presentan en el apéndice 3, y son:

Planta general y densidad de vivienda

Planta – perfil ramal 1

Planta – perfil ramal 2

Planta – perfil ramal 3

Planta – perfil ramal 4

Planta – perfil ramal 5

Detalles constructivos de pozos de visita y conexión domicilia.

2.1.13. Presupuesto

El presupuesto fue realizado a base de precios unitarios, integrando los costos directos e indirectos, a continuación se da un resumen del presupuesto. La cuantificación de materiales y mano de obra, para los trabajos de drenajes sanitarios se realizó con base en lo siguiente:

- La cantidad de arena de río y piedrín se calculó por metro cúbico de fundición por pozo de visita.
- El concreto para la fundición de pozos se calculó por metro cúbico
- La cantidad de refuerzo y alambre de amarre se calculó: quintal por pozo
- La totalidad de materiales será local y será proporcionada por la municipalidad.
- La cuantificación de la mano de obra calificada se realizó en forma unitaria, metro lineal, metro cuadrado y metro cúbico.
- Los salarios de la mano de obra, se tomaron con base en los que se manejan en la comunidad.
- Los precios de los materiales se tomaron en base a los que manejan en el municipio.
- Los costos indirectos: utilidades, administración, supervisión e imprevistos, implican el 42 %.

Tabla VII.



**Presupuesto del drenaje sanitario para la zona 2
de Santa Catarina Pinula, Guatemala**



PRESUPUESTO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ZONA 2 DEL MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA					
N°.	DESCRIPCIÓN DEL RENGLÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO/UNITARIO	COSTO TOTAL
1	TRABAJOS PRELIMINARES				
1,1	CONSTRUCCION DE BODEGA Y GUARDIANIA	1,00	Global	Q 15 867,14	Q 15 867,14
1,2	TRAZO Y PUENTE	6 633,00	m2	Q 10,56	Q 70 040,90
2	DRENAJE SANITARIO				
2,1	DEMOLICIÓN Y EXTRACCIÓN DE CARPETA ASFÁLTICA (PAVIMENTO)	6 633,00	m2	Q 112,35	Q 745 247,89
2,2	EXCAVACIÓN DE DRENAJE	11 821,77	m3	Q 82,40	Q 974 148,05
2,3	BASE DE MATERIAL SELECTO DE 0.10m DE ESPESOR PARA INSTALACIÓN DE TUBERIA PVC Y POZOS DE VISITA.	930,00	m3	Q 477,26	Q 443 852,01
2,4	INSTALACIÓN DE TUBERÍA PVC DE 6" DE DIAMETRO	4 269,38	m	Q 237,02	Q 1 011 939,00
2,5	INSTALACIÓN DE TUBERÍA PVC DE 8" DE DIAMETRO	470,25	m	Q 343,50	Q 161 532,11
2,6	INSTALACIÓN DE TUBERÍA PVC DE 10" DE DIAMETRO	210,59	m	Q 457,37	Q 96 317,06
2,7	CONSTRUCCIÓN DE CONEXIÓN DOMICILIAR CON SU BROCAL Y TAPADERA.	662,00	Unidad	Q 1 786,78	Q 1 182 849,74
2,8	POZO DE VISITA FUNDIDO DE CONCRETO DE 3000PSI Y 1.00m DE DIAMETRO INTERIOR.	68,00	Unidad	Q 6 407,77	Q 435 728,09
2,9	RELLENO Y COMPACTACIÓN CON MATERIAL EXTRAIDO	7 181,62	m3	Q 93,20	Q 669 323,21
2,10	RELLENO Y COMPACTACIÓN CON MATERIAL SELECTO	7 181,62	m3	Q 292,20	Q 2 098 496,42
3	RESANADO DE PAVIMENTO				
3,1	REPOSICIÓN DE LA CARPETA ASFALTICA DE 7 Cm DE ESPESOR	6 633,00	m2	Q 300,12	Q 1 990 670,50
3,2	LIMPIEZA Y RETIRO DE MATERIAL SOBRANTE	1,00	Global	Q 28 818,05	Q 28 818,05
COSTO TOTAL DEL PROYECTO					Q 9 933 736,42
TOTAL EN LETRAS		Nueve millones novecientos treinta tres mil setecientos treinta seis con 42/100			

Fuente: elaboración propia.

2.1.14. Cronograma de ejecución

Es la representación gráfica del tiempo que se lleva la ejecución de cada uno de los renglones de trabajo del proyecto. El cronograma permite una organización y coordinación de los recursos necesarios para la consecución de cualquier proyecto.

Tabla VIII. Cronograma de ejecución del drenaje sanitario

CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN																
CONSTRUCCION DE SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ZONA 2 DEL MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PINULA																
No.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	% INVERSION	% ACUMULADO	mes 1	mes 2	mes 3	mes 4	mes 5	mes 6	Avance Financiero				
						1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4					
1	TRABAJOS PRELIMINARES															
1.1	CONSTRUCCION DE BODEGA Y GUARDIANA	semana Q. 1,00	Global	0,16%	0,16%	15 867,14						Q 15 867,14				
1.2	TRAZO Y PUENTE	semana Q. 6 633,00	m2	0,71%	0,86%	52 530,68	17 510,22					Q 70 040,90				
2	DRENAJE SANITARIO															
2.1	DEMOLICIÓN Y EXTRACCIÓN DE CARPETA ASFÁLTICA (PAVIMENTO)	semana Q. 6 633,00	m2	7,59%	8,46%		754 154,13					Q 754 154,13				
2.2	EXCAVACIÓN DE DRENAJE	semana Q. 11 821,77	m3	9,81%	18,26%		303 934,79	607 869,58				Q 974 148,05				
2.3	BASE DE MATERIAL SELECTO DE 0.10m DE ESPESOR PARA INSTALACIÓN DE TUBERÍA PVC Y	semana Q. 930,00	m3	4,47%	22,73%		25 279,36	101 117,42	25 279,36			Q 443 852,01				
2.4	INSTALACIÓN DE TUBERÍA PVC DE 8" DE DIAMETRO	semana Q. 4 269,38	m	10,19%	32,92%			458 174,05	244 087,02			Q 1 011 939,00				
2.5	INSTALACIÓN DE TUBERÍA PVC DE 8" DE DIAMETRO	semana Q. 470,25	m	1,63%	34,54%			42 836,16	85 672,32			Q 1 161 532,11				
2.6	INSTALACIÓN DE TUBERÍA PVC DE 10" DE DIAMETRO	semana Q. 210,59	m	0,97%	35,51%				96 317,06			Q 96 317,06				
2.7	CONSTRUCCIÓN DE CONEXIÓN DOMICILIAR CON SU BROCAL Y TAPADERA	semana Q. 862,00	Unidad	11,91%	47,42%			591 424,87	591 424,87			Q 1 182 849,74				
2.8	POZO DE VISITA FUNDIDO DE CONCRETO DE 3000PSI Y 1.00m DE DIAMETRO INTERIOR.	semana Q. 68,00	Unidad	4,39%	51,81%			217 864,05	217 864,04			Q 435 728,09				
2.9	RELLENO Y COMPACTACIÓN CON MATERIAL EXTRAIDO	semana Q. 7 181,62	m3	6,74%	58,55%			95 617,60	382 470,41	191 235,20		Q 669 323,21				
2.10	RELLENO Y COMPACTACIÓN CON MATERIAL SELECTO	semana Q. 7 181,62	m3	21,12%	79,67%			201 539,43	806 157,72	403 078,86		Q 2 098 496,42				
3	RESANADO DE PAVIMENTO															
3.1	REPOSICIÓN DE LA CARPETA ASFÁLTICA DE 7 Cm DE ESPESOR	semana Q. 6 633,00	m2	20,04%	99,71%					750 173,63	750 173,63	Q 1 990 670,50				
3.2	LIMPIEZA Y RETIRO DE MATERIAL SOBRENTE	semana Q. 1,00	Global	0,29%	100,00%						28 818,05	Q 28 818,05				
	Q.			100,00%		15 867,14	1 083 368,28	2 346 443,16	2 449 272,80	1 344 487,69	778 991,68	Q 9 933 736,42				
	Q.					15 867,14	1 099 235,42	3 445 678,58	5 894 951,38	7 239 439,07	8 018 430,74					

Fuente: elaboración propia.

2.1.15. Evaluación inicial de Impacto Ambiental

Una definición de impacto ambiental, podría determinarse como la alteración, modificación o cambio en el ambiente, o en alguno de los

componentes, con cierta magnitud y complejidad, originado o producido por los efectos de la acción o actividad humana. Es importante aclarar que el término impacto, no implica negatividad, ya que este puede ser tanto positivo como negativo.

La evaluación de impacto ambiental es el análisis de las posibles consecuencias de un proyecto sobre la salud ambiental, la integridad de los ecosistemas y la calidad de los servicios ambientales, que estos están en condiciones de proporcionar.

Actualmente se ha visto afectada tanto la salud de los pobladores, como el paisaje del lugar, porque hay pozos de visita que colapsan por la antigüedad del sistema y las aguas residuales son expuestas sobre la superficie del suelo, provocando la formación de lodo y con el agua estancada en algunos puntos, la proliferación de zancudos que transmiten enfermedades; por lo que la población está teniendo una participación negativa en el ambiente.

Este proyecto no tendrá impacto ambiental negativo permanente, este solo sucederá durante el período de construcción, donde el suelo sufrirá un leve cambio por ser removido al momento de la excavación, provocando dificultades en el tránsito y posibles problemas de polvo debido al viento.

Como impacto ambiental positivo, se tiene la eliminación de aguas residuales, expuestas sobre la superficie del suelo, eliminando con esto la posibilidad de contaminación de la capa freática. Además la eliminación de fuentes de proliferación de enfermedades, mosquitos y zancudos, y con ello la eliminación de enfermedades que estos puedan transmitir a los habitantes del lugar.

Todo esto, conlleva una notable mejora en la calidad de vida para los pobladores de la zona.

2.1.16. Evaluación socioeconómica

La evaluación socioeconómica de proyectos consiste en identificar, cuantificar y valorar los flujos de costos y beneficios en los que incurre un país al ejecutar o no un determinado proyecto.

2.1.16.1. Valor Presente Neto (VPN)

La Municipalidad de Santa Catarina Pínula pretende invertir Q 9 933 736,42 en la ejecución del proyecto del drenaje sanitario para la zona 2 de la cabecera municipal.

El costo mensual por mantenimiento del sistema es de Q 2 400,00. Se estima tener los siguientes ingresos: la instalación de la acometida corresponde a un pago único de Q 125,00 por vivienda; también se pedirá un ingreso mensual por vivienda de Q 25,00. Suponiendo una tasa del 20 % al final de los 30 años de vida útil, se determinará la factibilidad del proyecto por medio del Valor Presente Neto.

Tabla IX. **Costos de operación del proyecto del drenaje sanitario**

	Operación	Resultado Q
Costo inicial		9 933 736,42
Ingreso inicial	Q 100 / viv *662 viv	66 200,00

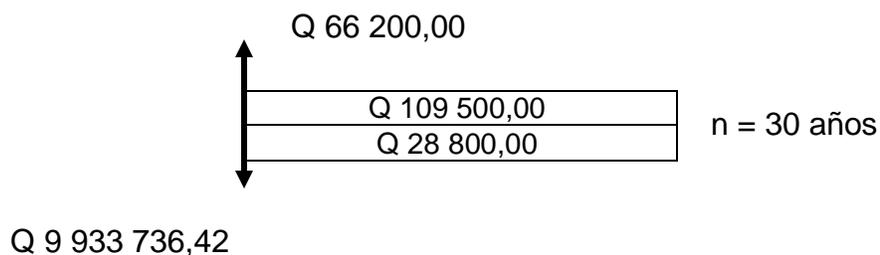
Continuación de la tabla IX.

Costos anuales	Q 2 400 / mes * 12 meses	28 800,00
Ingreso anual	Q 25 / viv * 365 * 12 meses	109 500,00
Vida útil en años		30 años

Fuente: información proporcionada por la OMP de Municipalidad de Santa Catarina Pínula

Una forma de analizar este proyecto es situar en una línea de tiempo los ingresos y egresos y trasladarlos posteriormente al valor presente, utilizando una tasa de interés; debido a que el proyecto es de carácter social, la tasa debe ser lo más baja posible, para este caso se analizó con una tasa de interés $i = 6 \%$.

Figura 4. **Gráfica de representación del Valor Presente Neto del drenaje sanitario**



Fuente: elaboración propia.

Se utilizará el signo negativo para los egresos y el signo positivo para los ingresos:

$$VPN = -9\,933\,736,74 + 66\,200,00 - 28\,800,00 * \frac{1}{(1 + 0,06)^{30}} + 109\,500 * \frac{1}{(1 + 0,06)^{30}}$$

$$VPN = Q - 9\,853\,486,87$$

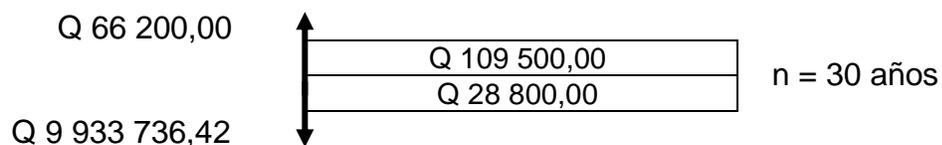
Como se puede observar, el Valor Presente Neto de este proyecto es negativo, es decir, que no produce utilidad alguna; puesto que el proyecto es de carácter social y su objetivo es promover el desarrollo de la zona 2 de la cabecera municipal de Santa Catarina Pínula, municipio del departamento de Guatemala, teniendo como beneficiarios los habitantes de dicha zona, con el saneamiento adecuado y la reducción de enfermedades.

2.1.16.2. Tasa Interna de Retorno (TIR)

La TIR mide la rentabilidad de un proyecto y si es igual o mayor que la TREMA, debe aceptarse, de lo contrario se rechaza, esto garantiza que el proyecto ganará más de su rendimiento esperado.

La empresa ejecutora propondrá a la alcaldía construir el sistema de drenaje para la zona 2 de la cabecera municipal de Santa Catarina Pínula, con un costo inicial aproximado de Q 9 933 736,42. Por otra parte, la alcaldía necesita de Q 28 800,00 al final de cada año, como costo de mantenimiento y Q 109 500,00 por la cuota de amortización; también se tendrá un ingreso inicial por el derecho de cada conexión domiciliar, este será de Q 66 200,00 por el total de 662 viviendas existentes, con lo cual se pretende cubrir los gastos en el período de 30 años, que corresponde a la vida útil del sistema.

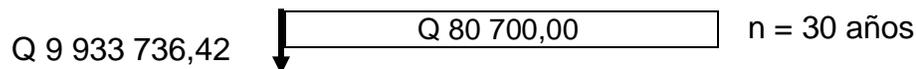
Figura 5. **Gráfica de representación 1 del valor Tasa Interna de Retorno**



Fuente: elaboración propia.

Puesto que los Q 109 500,00 y los Q 28 800,00 se encuentran enfrentados en el mismo período de tiempo, como también Q 9 933 736,42 y los Q 66 200,00 la gráfica podría simplificarse a:

Figura 6. **Gráfica de representación 2 del valor Tasa Interna de Retorno**



Fuente: elaboración propia.

Teniendo claro lo anterior, se plantea y soluciona la ecuación de valor por medio de la metodología de la Tasa Interna de Retorno (TIR).

Si se utiliza una tasa de interés de -13,5 %

$$VPN = - 9 933 736,42 + 80 700,00 * 1 / (1 - 0,135)^{30} = - 3 677 922,46$$

Si se utiliza una tasa de interés de -13,25 %

$$VPN = - 9 933 736,42 + 80 700,00 * 1 / (1 + 0,1325)^{30} = - 9 931 805,66$$

Se utiliza la interpolación matemática para hallar la tasa de interés que se busca:

$$-13,5 \% \rightarrow - 3 677 922,46$$

$$I \% \rightarrow VPN = 0$$

$$-13,25 \% \rightarrow - 9 931 805,66$$

Se utiliza la proporción entre las diferencias que se correspondan:

$$\frac{-13,5 - i}{-13,5 - (-13,25)} = \frac{-3\,677\,922,46}{-3\,677\,922,46 - (-9\,931\,805,66)}$$

Determinamos el valor = - 13,65%

La tasa de interés es de -13,65%, la TIR es negativa y como ya se mencionó antes el proyecto es de carácter social. Es decir, es un proyecto del sector público que tiene como objetivo principal proveer servicios a la ciudadanía buscando el bienestar público y no a las ganancias.

2.2. Diseño del edificio escolar de dos niveles, para el Instituto Nacional de Educación Básica de la aldea El Pajón

La falta de un lugar adecuado para los estudiantes de la aldea y los espacios reducidos para recibir clases, provoca un estudio para realizar un diseño de edificio escolar para el nivel básico.

2.2.1. Descripción del proyecto

El proyecto consiste en el diseño de una edificación escolar de dos niveles, para el Instituto Nacional de Educación Básica de la aldea El Pajón del municipio de Santa Catarina Pínula.

Consistirá de tres módulos, en los cuales la distribución permitirá espacios para 10 aulas con capacidad de 40 estudiantes cada una, sala de maestros, dirección del instituto, baños, bodega, salón de cómputo y cocina.

2.2.2. Investigación preliminar

Es la obtención de conocimientos básicos sobre un tema; requiere determinar las necesidades de investigación con el objeto de evitar errores y encontrar soluciones viables a cualquier problema que se presente.

2.2.2.1. Capacidad del edificio a diseñar

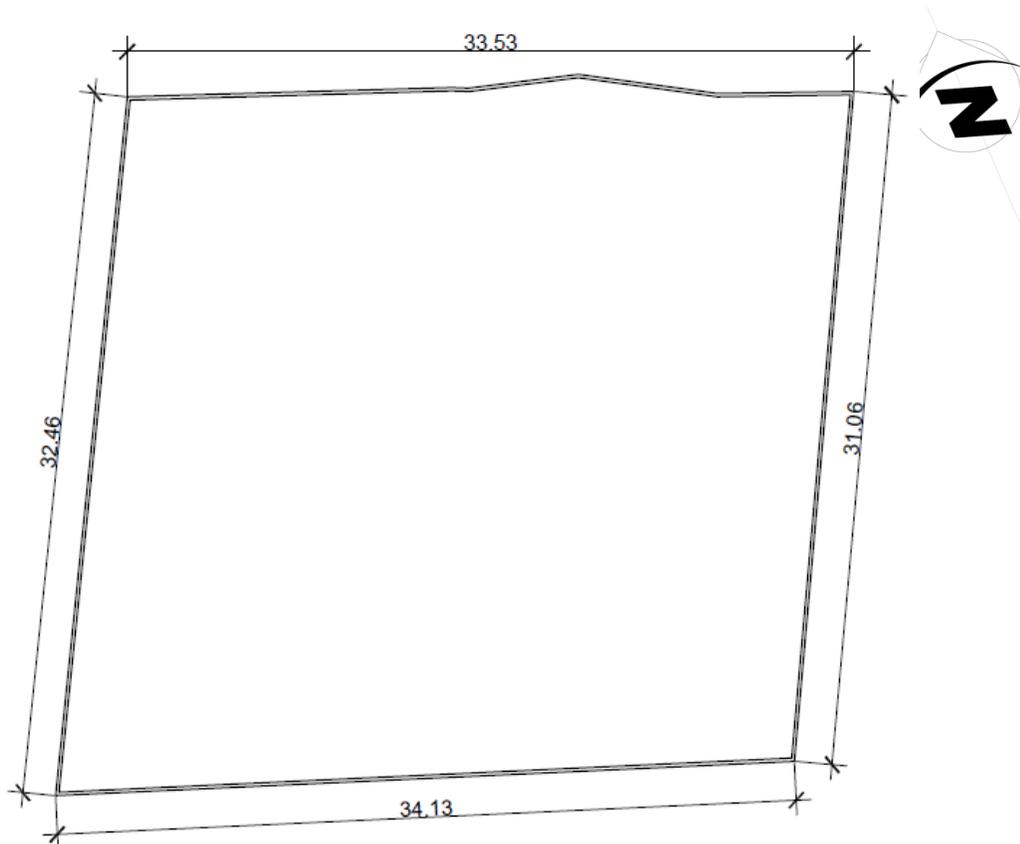
Los espacios educativos son los destinados al ejercicio de la educación, por esa razón, las características de los mismos, varían de acuerdo a las exigencias académicas de las diferentes asignaturas.

El tipo de estructura consiste en marcos dúctiles con nudos rígidos y losas prefabricadas de vigueta y bovedilla, muros de block (tabiques) para la separación de ambientes, piso de granito líquido, fachaleta de ladrillo, puertas y ventanas de hierro.

2.2.2.2. Terreno disponible

El terreno designado para este proyecto cuenta con 1 074 m², en el que se encuentra una construcción de dos niveles en muy malas condiciones y no aptas para las necesidades actuales del instituto, por lo que la municipalidad optó por la demolición de la edificación existente para poder realizar este proyecto.

Figura 7. Terreno disponible



Fuente: elaboración propia, con el programa de AutoCad.

2.2.2.3. Estudio de suelos por el método de ensayo de compresión triaxial

Debido a la magnitud de la obra, se realizó un estudio de suelos en el lugar, para conocer con exactitud todos los factores que componen el diseño de la cimentación. A continuación se da una breve explicación del procedimiento que se realiza en un estudio de suelos:

La mecánica de suelos es una disciplina que tiene por objeto el estudio de una serie de métodos que conducen al conocimiento del suelo.

Algunos términos principales que se utilizan en la ingeniería civil para describir suelos son: grava, arena limo y arcilla. La mayor parte de los suelos se componen de dos o más elementos y en ocasiones se agrega material orgánico.

Otro tema muy importante en este campo es la exploración de los suelos, existe una diversidad de técnicas como por ejemplo:

- Métodos exploratorios de carácter preliminar
 - Pozos a cielo abierto
 - Perforaciones con posteadora, barrenos helicoidales o similares
 - Métodos de lavado
 - Perforaciones en boleos y gravas
 - Métodos de sondeo definitivo

- Pozos a cielo abierto con muestra inalterada
- Métodos con tubo de pared delgada
- Métodos rotatorios para roca
- Métodos geofísicos
- Sísmico
- De resistividad eléctrica
- Magnético y gravimétrico

En este caso se explica el método que se utilizó para realizar el estudio de suelos.

Pozos a cielo abierto: esta es la mejor forma de exploración para conocer las condiciones del subsuelo, consiste en excavar un pozo a calicata de 1,00 metro por 1,50 metros a 2,00 metros, hasta una profundidad de unos 5,00 metros o bien encontrar agua freática.

Esto permite que el técnico pueda bajar y examinar los diferentes estratos de suelo en estado natural, así también las condiciones de humedad en los diferentes estratos.

- Se perforó un pozo a cielo abierto de 4,00 metros de profundidad y de diámetro de 2,00 x 2,00 metros.

- Se descendió al pozo para conocer el suelo y verificar los distintos cambios de estrato.
- Se marca el lugar donde se va sustraer la muestra inalterada.
- Con un cuchillo especial se marca y se empieza a excavar a los lados a la muestra hasta darle la forma de un trozo rectangular.
- Se cortó el trozo de material con el cuchillo y se marcó una de las caras para saber la posición en la que se encontraba.
- Se le aplicó la parafina caliente al trozo de material dándole unas tres capas de parafina.
- Se trasladó al laboratorio en forma cuidadosa y en una formaleta metálica.
- Luego en el laboratorio se realizó el ensayo de compresión triaxial.

Con estos resultados obtenidos en el laboratorio se procede a obtener los valores que se utilizarán en el diseño de la cimentación.

2.2.2.3.1. Determinación del valor soporte del suelo

La capacidad soporte de un suelo, es la capacidad que tiene un suelo de soportar carga, sin que se produzca una falla en la masa. Para calcular dicha capacidad, se utilizó el método de Terzaghi, según la siguiente ecuación:

$$q_u = 1,3 \cdot C \cdot N_c + q_o \cdot N_q + 0,4 \cdot \gamma_s \cdot B \cdot N_\gamma$$

$$q_o = \gamma_s * z$$

Donde:

Q_u = capacidad soporte del suelo

C = cohesión

Q_o = esfuerzo efectivo al nivel del fondo de la cimentación

Z = desplante

Γ_s = peso específico del suelo

B = ancho de la cimentación

Tabla X. **Datos de ensayo triaxial no consolidado y no drenado**

Probeta No.	1	1	1
Presión lateral (T/m ³)	5	1	20
Desviador en rotura q (T/m ³)	19,31	42,45	80,10
Presión intersticial u (T/m ³)	X	X	X
Deformación en rotura Er (%)	1,5	4,00	6,5
Densidad seca (T/m ³)	1,17	1,17	1,17
Densidad húmeda (T/m ³)	1,33	1,33	1,33
Humedad (%)	13,0	13,0	13,0
Descripción del suelo	Arcilla areno limosa color cafe		
Angulo de fricción interna (ϕ)			26,39
Cohesión C_u (T/m ²)			6,19

Fuente: Laboratorio de Mecánica de suelos del CII/USAC, 20 septiembre de 2013.

N'_c , N'_q , N'_w : factores de carga adimensionales que están únicamente en función del ángulo de fricción (ϕ) del suelo

Factores de capacidad de carga:

$$N_q = e^{\pi \cdot \tan \phi} \left(\frac{1 + \sin \phi}{1 - \sin \phi} \right)$$

$$N_c = (N_q - 1) * \cot \phi$$

$$N_\gamma = 1,5 * (N_q + 1) * \tan \phi$$

Donde:

$$N_q = e^{\pi \cdot \tan 26,39} \left(\frac{1 + \sin 26,39}{1 - \sin 26,39} \right) = 12,35$$

$$N_c = (12,35 - 1) * \cot 26,39 = 22,87$$

$$N_\gamma = 1,5 * (12,35 + 1) * \tan 26,39 = 9,94$$

Esfuerzo efectivo a nivel del fondo de la cimentación

$$q_0 = 1,33 * 2 = 2,66 \text{ T/m}^2$$

Calculo de la carga neta última del suelo:

$$q_u = 1,3 * 6,19 * 22,87 + 2,66 * 12,35 + 0,4 * 1,33 * 1 * 9,94$$

$$q_u = 222,17 \text{ T/m}^2$$

Este valor debe dividirse entre un factor de seguridad que puede oscilar en un rango de 3 a 10. En este caso se utilizara 10 ya que el suelo de la región presenta características que no lo califican como bueno. Además, con el factor

aplicado se estarán cubriendo las deficiencias que pudieran haberse cometido tanto en la obtención de la muestra, traslado y la realización del ensayo, dando seguridad a la construcción con un valor mayor al calculado y entrando en el rango de valor soporte para los diferentes tipos de suelo conforme a la tabla X a continuación.

$$q_d = \frac{q_u}{FS} = \frac{222,17}{10} = 22,21 \text{ T/m}^2$$

Tabla XI. **Valor soporte permisible, según tipo de suelo**

Material del suelo	T/m ²	Observaciones
Roca sana no intemperizada	645	No hay estructura de grietas
Roca regular	430	
Roca intermedia	215	
Roca agrietada o porosa	22-86	
Suelos gravillosos	107	Compactados, buena granulometría
Suelos gravillosos	86	Compactados con más del 10% de grava
Suelos gravillosos	64	Flojos, mala granulometría
Suelos gravillosos	43	Flojos con mucha arena
Suelos arenosos	32-64	Densos
Arena fina	22-43	Densa
Suelos arcillosos	53	Duros
Suelos arcillosos	22	Sólidez mediana
Suelos limosos	32	Densos
Suelos limosos	16	Densidad mediana

Fuente: CRESPO, Villalaz. *Mecánica de suelos y cimentaciones*. p. 193

2.2.3. Normas para el diseño de edificios

Para el diseño arquitectónico, se tomaron los criterios del arte de proyectar en arquitectura, para tener en cuenta las dimensiones mínimas que debe de tener cada ambiente y darle la forma adecuada en

conjunto, en la parte concerniente a Ingeniería Civil, se utilizaron los códigos AGIES, SEAOC, ACI.

2.2.4. Diseño arquitectónico

Debido a la naturaleza de la edificación, cuyo fin es el uso de aulas, la arquitectura propuesta será de lo más simple y sencilla, tratando con esto de facilitar el análisis del sistema estructural, tomando en cuenta la funcionalidad del diseño estructural, es decir, que llene los requisitos o necesidades de un edificio escolar.

2.2.4.1. Normas para el diseño de edificios educativos

En el Reglamento de Construcción de Edificios Escolares del Ministerio de Educación, se describen los criterios utilizados para espacios educativos, siendo los de Aula Teórica los que mejor se adaptan al diseño de este tipo de edificios.

Se denominan espacios educativos a la totalidad de espacios destinados al ejercicio de la educación, el cual se desarrolla por medio de diferentes actividades. Por tal razón, las características de los espacios educativos varían de acuerdo a los requerimientos pedagógicos de las distintas asignaturas.

En el reglamento se describen como espacios educativos característicos a los siguientes: aula teórica, aula unitaria, aula de proyecciones y la economía domestica. Los criterios que se describen a continuación son los de aula teórica que son los más adecuados para este tipo de edificaciones y tienen como función proveer a los maestros y alumnos un espacio para desarrollar, en forma

cómoda, las actividades del proceso enseñanza – aprendizaje. Los criterios de aula teórica se detallan de forma general a continuación:

- La capacidad óptima en el área básica es de 30 alumnos, pero se permite un máximo de 40 alumnos.
- El área optima por alumno es de $1,50 \text{ m}^2$, pero si el espacio no lo permite se acepta un mínimo de $1,30 \text{ m}^2$.
- Para la superficie total del aula debe considerarse el caso crítico, es decir, cuando se da la capacidad máxima de alumnos. Pero podrá ser diseñada de acuerdo a los requerimientos existentes.
- La forma del aula podrá ser cuadrada o rectangular, se recomienda que el lado mayor no exceda en 1,5 el lado menor.
- La fuente principal de iluminación natural debe provenir del lado izquierdo del alumno sentado frente al pizarrón.
- La distancia máxima desde la última fila hasta el pizarrón será de 8 metros; y el ángulo horizontal de visión de un alumno sentado, será como máximo de 30° .

2.2.4.1.1. Criterios generales

Son todos los aspectos importantes que se toman para el diseño, se puede mencionar: ubicación del edificio, altura de ventanas, iluminación, color de los acabados, etc.

2.2.4.1.2. Criterios de conjunto

- Conjunto arquitectónico

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

- Emplazamiento

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

- Orientación del edificio

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

- Superficie y altura del edificio

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

2.2.4.1.3. Criterios de iluminación

- Generalidades de la iluminación en el edificio

La iluminación debe ser abundante y uniformemente distribuida, evitando la proyección de sombras y contrastes muy marcados. Para lograr lo anterior, se debe tomar en cuenta los siguientes criterios:

- Es importante el número, tamaño y ubicación de las ventanas y/o lámparas.
- Un local pequeño recibe mejor iluminación que uno grande, pero las dimensiones dependen de los requerimientos de espacio.
- Los acabados más brillantes permiten mayor reflexión de la luz y como resultado, una mejor iluminación.

- Tipos de iluminación

La iluminación puede ser natural y artificial. La iluminación natural, por la ubicación de las ventanas se conoce como unilateral, bilateral y cenital. Estos tipos de iluminación, aceptados para los centros educativos, se describen a continuación:

- Iluminación natural: el diseño de ventanas para iluminación debe proporcionar luz pareja y uniforme en todos los puntos del área sin incidencia de rayos solares, conos de sombra o reflejos.

- Iluminación natural unilateral: el área de ventanas debe ser del 25 % al 30 % del área de piso, el techo y los muros opuestos deben ser de color claro y no debe estar a una distancia de 2,5 veces la altura del muro donde están las ventanas.
- Iluminación natural bilateral: las ventanas en los muros del fondo ayudaran a mejorar las condiciones de iluminación siempre y cuando éstas den al exterior. Este caso se da cuando existen ventanas en las paredes laterales del aula.
- La Iluminación artificial: debe usarse como apoyo a la iluminación natural. Como se requiere iluminación nocturna en algunas áreas se debe considerar iluminar los ambientes de forma idéntica a la natural, con el fin de mantener condiciones generales y deberá ser difusa para que no moleste la vista.

2.2.4.1.4. Instalaciones

Las instalaciones que regularmente se colocan en los edificios educativos son las hidráulicas, sanitarias, eléctricas y de gas. En el diseño y colocación se debe garantizar lo siguiente:

- Seguridad de operación
- Capacidad adecuada para prestar el servicio
- Servicio constante
- Protección contra agentes nocivos, principalmente ambientales

2.2.4.1.5. Otros criterios

- Ventilación

La ventilación debe ser alta, constante, cruzada y sin corrientes de aire. La cantidad disponible de aire en el ambiente tiene gran importancia en el desarrollo de la educación.

- Criterios de color

El color es uno de los elementos que evitan la reverberación y sobre todo ayudan a optimizar la iluminación natural. Se recomienda el uso de colores cálidos en ambientes donde la luz solar es poca. Los colores deben dar un efecto tranquilizante.

- Confort acústico

Es muy importante en un centro de esta categoría, pues los ambientes deben ser tranquilos para que influyan favorablemente en el estado anímico de los estudiantes. Para que exista un confort acústico es necesario que no existan interferencias sonoras entre los distintos ambientes. Los ruidos en un aula pueden provenir del exterior, del centro de ambientes vecinos o del interior; para prevenirlos y así lograr las condiciones acústicas óptimas, se pueden tomar las precauciones siguientes:

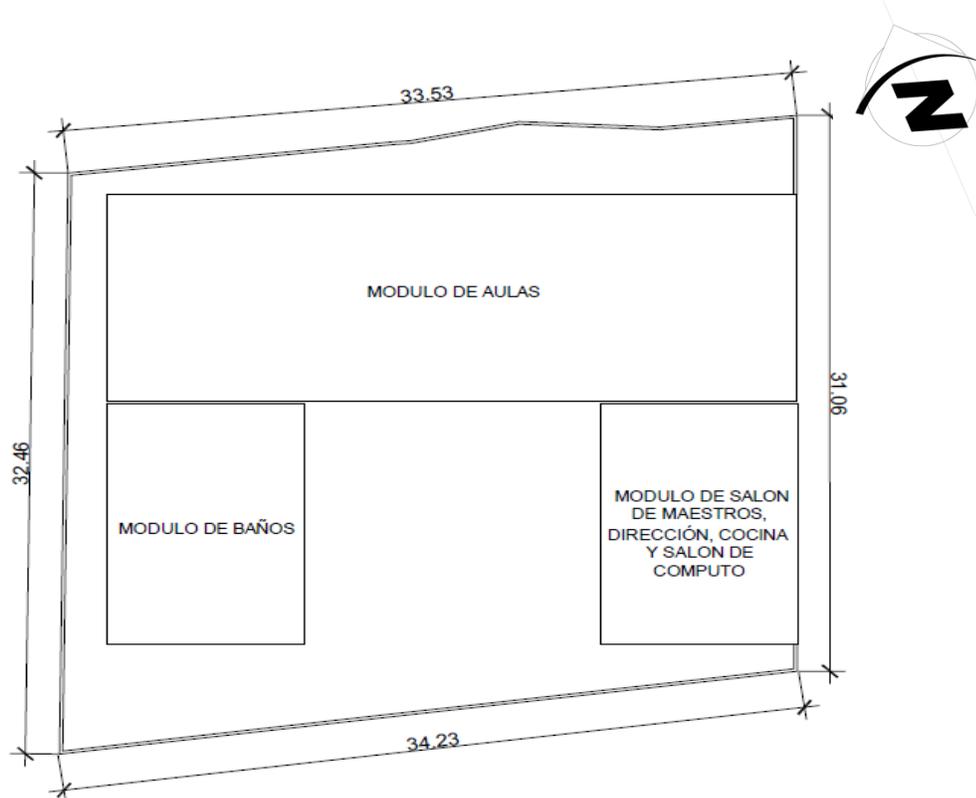
- Para que no interfiera el ruido proveniente del exterior ubicar los establecimientos en zonas tranquilas, pero de no ser posible esto, se debe orientar el edificio de manera que el viento se lleve los ruidos.

- Para disminuir el ruido interno del ambiente construir con materiales porosos, ya que estos absorben el ruido, también las patas del mobiliario y equipo deben tener aislantes acústicos, para disminuir el ruido al moverlos.

2.2.4.2. Ubicación del edificio en el terreno

Para la ubicación del edificio dentro del terreno se deberán tomar en cuenta las relaciones de la edificación con el entorno (contactos visuales y auditivos) y las influencias del ambiente que repercuten alrededor de ella (sol, viento y ruido), en este caso se utilizó el 47 % de todo el terreno, teniendo un área de construcción de 505,64 metros cuadrados por nivel.

Figura 8. Ubicación del edificio en el terreno



Fuente: elaboración propia, con programa de Auto Cad.

2.2.4.3. Distribución de ambientes

La distribución de ambientes se refiere a darle la forma adecuada y distribuir el conjunto de los diferentes ambientes que componen el edificio.

Esto se hace para tener un lugar cómodo y funcional para el uso, tanto en iluminación, como en ventilación y distribución. Para lograrlo, se deben tomar en cuenta los diferentes criterios arquitectónicos del Reglamento de Construcción de Edificios Educativos del Ministerio de Educación.

Los edificios se deben diseñar de acuerdo a las necesidades que se tengan, además, estarán limitados por el espacio disponible, los recursos materiales y las normas de diseño que existan.

2.2.4.4. Altura del edificio

Se definió una altura de 3,00 metros de piso a cielo en el primer nivel y de 2,80 metros de piso a cielo en el segundo nivel para todos los módulos. La longitud del módulo de aulas es de 31,25 metros y un ancho de 8,84, para los módulos de baños y administrativo la longitud es de 13,26 metros y un ancho de 8,65 metros.

2.2.4.5. Selección del sistema estructural a utilizar

En este caso se utilizó un sistema estructural catalogado como marcos dúctiles con nudos rígidos de concreto reforzado, capaces de resistir todas las fuerzas aplicadas a la estructura, tanto verticales (carga viva y carga muerta), como horizontales (fuerzas de sismo), utilizando como diafragmas losas planas de concreto armado.

2.2.4.6. Normas de seguridad para la reducción de desastres

En Guatemala la Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres (CONRED) y la Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural (AGIES) han elaborado una propuesta de normas técnicas, que deben aplicarse en las construcciones, con el objetivo de prevenir que estas colapsen en el caso de un sismo o terremoto.

La Norma de Reducción de Desastres 1 (NRD 1) clasifica a los centros educativos como obras importantes ya que estas albergan o pueden afectar a gran número de personas; donde los ocupantes estén restringidos a desplazarse, donde se prestan servicios importantes.

La Norma de Reducción de Desastres 2 (NRD 2) tiene como objetivo establecer los requisitos mínimos de seguridad que deben observarse en edificaciones e instalaciones de uso público, para resguardar a las personas en caso de eventos de origen natural o provocado que puedan poner en riesgo la integridad física. Las Normas Mínimas de Seguridad constituyen el conjunto de medidas y acciones que deben ser implementadas en las edificaciones e instalaciones de usos público para alcanzar el objetivo descrito.

Artículo 10. Determinación de la Carga de Ocupación

En la determinación de la Carga de Ocupación se debe presumir que todas las partes de un edificio estarán ocupadas al mismo tiempo. La Carga de Ocupación será determinada de la siguiente manera:

- Para áreas que no cuenten con asientos fijos, la carga de ocupación no será menor que el área de pisos (metros cuadrados) asignada a ese uso dividida por el factor indicado en la tabla X. Cuando el uso no esté indicado en dicha

tabla, se debe calcular en base al uso que más se parezca al uso real. Para edificios o partes de edificios con múltiples usos, la Carga de Ocupación será la que resulte en el mayor número de personas.

Artículo 11. Carga de Ocupación Máxima

La Carga de Ocupación Máxima no excederá la capacidad de las Salidas de Emergencia de acuerdo a lo establecido en esta Norma. El incumplimiento de este artículo causará el cierre y la evacuación inmediata del área que haya excedido la Carga de Ocupación Máxima.

Las instalaciones evacuadas podrán ser habilitadas nuevamente si no exceden la Carga de Ocupación Máxima establecida.

El cierre y la evacuación a las que se refiere el presente artículo podrá ser ordenado por la autoridad competente; en el caso particular de los establecimientos educativos, el Director de Infraestructura del Ministerio de Educación, también puede ordenar el cierre y la evacuación de dichos establecimientos educativos.

Tabla XII. Factor de carga de ocupación

Uso	Mínimo de dos salidas de emergencia, sin contar elevadores, se requieren cuando el número de ocupantes es por lo menos	Factor de Carga de Ocupación (metros cuadrados)
Hangares de aviación (sin área para reparaciones)	10	45
Salones para subastas	30	0.65
Auditorios, iglesias, capillas, pistas de baile, estadios, graderios	50	0.65
Salones para reuniones y conferencias, comedores, restaurantes, bares, salones de exhibiciones, gimnasios, escenarios	50	1.39
Orfanatos y hogares de ancianos	6	7.43
Áreas de espera	50	0.30
Aulas	50	1.85
Juzgados	50	3.70
Dormitorios	10	4.5
Complejos habitacionales	10	28
Salones para hacer ejercicios	50	4.5
Estacionamientos	30	18.5
Hospitales, sanatorios, centros de salud	10	7.43
Hoteles y apartamentos	10	18.5
Cocinas comerciales	30	18.5
Salas de lectura de bibliotecas	50	4.5
Fábricas	30	18.5
Centros comerciales	50	2.8
Guarderías	7	3.25
Oficinas	30	9.30
Talleres en colegios e institutos vocacionales	50	4.5
Pistas de patinaje	50	4.5 en la pista y 1.4 en las otras áreas
Salones para almacenar útiles	30	27.88
Tiendas y salas de ventas	50	2.78
Piscinas	50	4.5 para la piscina y 1.4 en las otras áreas
Bodegas	30	45
Todos los demás	50	9.30

Fuente: Norma de Reducción de Desastres 2 (NRD2).

Artículo 13. Número de Salidas de Emergencia requeridas

Cada edificio o parte utilizable del mismo deberá contar con, por lo menos, una salida de emergencia, no menos de dos (2) salidas cuando sea requerido por la tabla X, y salidas adicionales cuando:

- a) Cada nivel o parte del mismo con una carga de ocupación de quinientos uno (501) a un mil (1,000) personas no tendrá menos de tres (3) Salidas de Emergencia.
- b) Cada nivel o parte del mismo con una carga de ocupación de más de un mil (1,000) personas, no tendrá menos de cuatro (4) Salidas de Emergencia.
- c) El número de salidas de emergencia requeridas para cualquier nivel de un edificio deberá ser determinado utilizando su propia carga de ocupación, más los siguientes porcentajes de la carga de ocupación de otros niveles que tengan salida al nivel en consideración:
 - Cincuenta por ciento de la carga de ocupación del primer nivel arriba y cincuenta por ciento de la carga de ocupación del primer nivel abajo, cuando esté último salga a través del nivel en consideración.
 - Veinte y cinco por ciento de la carga de ocupación del nivel inmediatamente arriba.
- d) El número máximo de Salidas de Emergencia requeridas para cualquier nivel deberá ser mantenido hasta que se llegue a la salida del edificio.

Artículo 14. Ancho de las Salidas de Emergencia

El ancho total de las salidas de emergencia, expresado en centímetros, no será menor al de la carga total de ocupación multiplicada por 0.76 para gradas, y por 0.50 para otras salidas, ni menores de 90 centímetros. El ancho total deberá ser dividido en partes aproximadamente iguales entre todas las Salidas de

Emergencia. El ancho máximo para cualquier nivel deberá ser mantenido para todo el edificio.

Artículo 15. Ubicación de las Salidas de Emergencia

En el caso de que únicamente se requieran dos (2) Salidas de Emergencia, estas deberán estar ubicadas con una separación medida por una línea recta entre ambas salidas cuya longitud no será menor a la mitad de la distancia de la diagonal mayor del edificio o área a ser evacuada.

Cuando se requieran tres (3) o más Salidas de Emergencia, por lo menos dos (2) de ellas deberán estar ubicadas con una separación medida por una línea recta entre ambas salidas cuya longitud no será menor a la mitad de la distancia de la diagonal mayor del edificio o área a ser evacuada. Las salidas adicionales deberán tener una separación adecuada entre sí, de manera que si una de ellas quedase bloqueada, las otras sigan estando disponibles para una evacuación.

Artículo 16. Distancia a las Salidas de Emergencia

La distancia máxima a recorrer entre cualquier punto del edificio hasta la salida de emergencia en un edificio que no esté equipado con rociadores contra incendios será de cuarenta cinco (45) metros; y de sesenta (60) metros cuando el edificio esté equipado con rociadores contra incendios.

En edificios de un solo nivel utilizados como bodegas, fábricas o hangares que estén equipados con sistema de rociadores contra incendios y sistema de ventilación de humo y calor, la distancia máxima a la Salida de Emergencia podrá ser aumentada a un máximo de ciento veinte (120) metros.

Artículo 18. Puertas

Las puertas en Salidas de Emergencia deberán ser del tipo de pivote o con bisagras, las cuales deberán abrirse en la dirección del flujo de salida durante la emergencia. El herraje de la puerta deberá abrir cuando se le aplique una fuerza de 6.8 kilogramos fuerza, y la puerta deberá entrar en movimiento cuando esté sujeta a una fuerza de 13.6 kilogramos fuerza. Las fuerzas deberán ser aplicadas

del lado de la puerta en la que esté instalado el herraje. La puerta debe contar con herraje de emergencia.

No se podrán utilizar puertas que se abran en las dos direcciones cuando:

- a) La carga de ocupación sea de cien (100) o más.
- b) La puerta sea parte de un sistema de protección contra incendios.
- c) La puerta sea parte de un sistema de control de humo.

Cuando se utilicen puertas que abren en las dos direcciones, estas deberán tener una ventana no menor a un mil doscientos noventa (1290) centímetros cuadrados.

Las puertas deberán poder ser abiertas desde el interior sin necesitar ningún tipo de llave, conocimiento o esfuerzo especial.

Queda explícitamente prohibido utilizar pasadores manuales montados en la superficie de la puerta. La liberación de cualquier hoja de la puerta no debe requerir más de una sola operación.

Las dimensiones mínimas de las puertas utilizadas en Salidas de Emergencia serán de noventa (90) centímetros de ancho y doscientos tres (203) centímetros de alto.

No se podrán utilizar puertas giratorias o deslizantes en salidas de emergencia.

Las puertas en salidas de emergencia deberán estar rotuladas de conformidad con lo especificado en esta Norma.

Artículo 22. Corredores

El ancho mínimo de los corredores utilizados en rutas de evacuación será el indicado en el Artículo 14, pero no será menor a noventa (90) centímetros para

cargas de ocupación menores a cincuenta (50); o ciento diez (110) centímetros para cargas de ocupación de cincuenta (50) o más. La altura mínima será de doscientos diez (210) centímetros. No podrá haber ninguna obstrucción que reduzca el ancho del corredor.

Artículo 23. Gradadas

Cualquier grupo de dos o más escalones deberá cumplir con lo establecido en esta Norma. El ancho mínimo de las gradadas utilizadas en rutas de evacuación será el indicado en el Artículo 14, pero no será menor a noventa (90) centímetros para cargas de ocupación menores a cincuenta (50); o de ciento diez (110) centímetros para cargas de ocupación de cincuenta (50) o más.

La contrahuella de cada grada no será menor de diez (10) centímetros, ni mayor de dieciocho (18) centímetros. La huella de cada grada no será menor de veintiocho (28) centímetros medidos horizontalmente entre los planos verticales de las proyecciones de huellas adyacentes. Todas las gradadas deberán tener huellas y contrahuellas de iguales longitudes.

Los descansos de las gradadas deberán tener una longitud, medida en la dirección del recorrido, no menor de su ancho o ciento diez (110) centímetros. La distancia vertical máxima entre descansos será de trescientos setenta (370) centímetros.

Las gradadas deberán tener pasamanos en ambos lados y cada grada con un ancho de más de doscientos veinticinco (225) centímetros, deberá tener no menos de unos pasamanos intermedios por cada doscientos veinticinco (225) centímetros de ancho. Los pasamanos intermedios deberán estar ubicados a distancias aproximadamente iguales a lo ancho de las gradadas. La parte superior de los pasamanos estarán ubicados a una altura no menor de ochenta y cinco (85) centímetros, ni mayor de noventa y siete (97) centímetros del vértice de la huella.

Los pasamanos deberán ser continuos a todo lo largo de las gradadas. Los pasamos deberán extenderse por lo menos treinta (30) centímetros en cada extremo de las gradadas y las terminaciones de los pasamanos deberán ser curvos o

terminar en postes. El ancho para las manos de los pasamanos no será menor de tres centímetros ocho décimas (3.8) ni mayor de cinco (5) centímetros; y deberá tener un acabado liso sin esquinas agudas. Los pasamanos que se proyecten de muros o paredes deberán tener un espacio libre no menor de tres centímetros ocho décimas (3.8) entre la pared y el pasamanos.

Cuando las gradas no cuenten con muros o paredes en uno o ambos lados, los pasamanos tendrán una altura no menor de ciento seis (106) centímetros. Los pasamanos abiertos deberán contar con rieles intermedios o un patrón decorativo, tal que no permita que una esfera de diez (10) centímetros pase de un lado al otro.

Artículo 25. Pasillos

Los anchos libres de pasillos en auditorios, teatros, aulas y otros ambientes con asientos fijos dependerán de la carga de ocupación de la parte de asientos fijos que utilicen el pasillo en consideración.

El ancho libre del pasillo expresado en centímetros no será menor de la carga de ocupación que utiliza el pasillo multiplicada por 0.76; para pasillos con pendientes superiores al 12.5 por ciento, o multiplicada por 0.51 para pasillos con pendientes inferiores al 12.5 por ciento.

Cuando dos (2) pasillos convergen en uno solo, el ancho mínimo no será inferior a la suma de los dos (2) anchos originales. Cuando los asientos fijos estén colocados en filas, el ancho libre de los pasillos no será menor de lo indicado arriba ni menor de:

- Ciento veintidós (122) centímetros para pasillos con gradas y con asientos a ambos lados.
- Noventa (90) centímetros para pasillos con gradas y con asientos en un solo lado.
- Cincuenta y ocho (58) centímetros entre los pasamanos y los asientos cuando el pasillo esté subdividido por medio de unos pasamanos.

- Ciento seis (106) centímetros para pasillos planos o con rampa y con asientos a ambos lados.
- Noventa (90) centímetros para pasillos planos o con rampa y con asientos en un solo lado.

Las rampas en pasillos no tendrán una pendiente superior al 12.5 por ciento.

Artículo 28. Rotulación de Salidas de Emergencia y rutas de evacuación

Será obligatorio rotular las Salidas de Emergencia cuando se tengan dos (2) o más Salidas de Emergencia. Esta rotulación deberá contar con una iluminación interna o externa por medio de un mínimo de dos lámparas o focos, o ser de un tipo auto luminiscente. Los rótulos deberán estar iluminados con una intensidad mínima de 53.82 lux de cada foco. La energía de uno de los focos será de la fuente principal de energía y la energía del segundo foco será proporcionada por baterías o por un generador de energía de emergencia.

Las señales que se localizaran en la pared deberán ser construidas de metal o de otro material aprobado que sea no combustible; la señal fijada a la pared exterior de mampostería de hormigón, o piedra, deben estar de forma segura y bien conectados por medio de anclajes metálicos, pernos o tornillos de expansión, No podrán utilizarse paredes de madera, tablayeso o fibrocemento para fijar señales de información de emergencia.

2.2.5. Análisis estructural

El análisis estructural es una ciencia que estudia la resistencia, rigidez, estabilidad, durabilidad y seguridad en las obras. Consiste en la determinación de los efectos originados por las acciones sobre la totalidad o parte de la estructura, con objeto de efectuar comprobaciones en los estados límite últimos y de servicio. Para este proyecto se utilizó el método iterativo de Kanni para

realizar el análisis estructural del edificio y se realizó una comprobación con el programa de computación ETABS versión 9.5.1.

2.2.5.1. Predimensionamiento estructural

El predimensionamiento de los elementos estructurales consiste en: suponer las dimensiones que soportarán los esfuerzos y cargas a los cuales serán sometidos. Es un punto de partida para tomar consideraciones a lo largo del análisis y diseño estructural, pues estas dimensiones pueden sufrir variaciones cuando así se considere necesario, ya sea con objetivos visuales o propiamente de trabajo.

- Predimensionamiento de viga

Para el predimensionamiento de vigas se utilizan los siguientes criterios:

- Por cada metro lineal de luz entre los apoyos de la viga, se incrementará 8 por ciento del peralte y la base puede ser entre 1/2 o 1/3 del peralte. Esto es:

$$t = 0,08 * L$$

Donde:

t = espesor

L = luz libre

- El código ACI 318-08 capítulo 9 tabla 9.5(a). Ver tabla X, en la cual se presentan diferentes condiciones de empotramiento.

Tabla XIII. **Peralte mínimo de vigas**

Peralte mínimo, h				
Elemento	Simplemente Apoyado	Con un extremo continuo	Ambos extremos continuos	En voladizo
Elementos que no soporten, o estén ligados, a divisiones u otro tipo de construcción susceptibles de dañarse por grandes deflexiones.				
Losas macizas en una dirección	L / 20	L / 24	L / 28	L / 10
Vigas	L / 16	L / 18.5	L / 21	L / 8

Fuente: ACI 3-18 99

Estos criterios propuestos por ACI están en función de la luz de la viga y el área o condiciones de la losa, los parámetros están dados para el peralte de los elementos, la base de la viga queda a criterio del diseñador, buscando mantener una uniformidad en las secciones de los elementos, para efectos de diseño se calcularán las dimensiones para el elemento más crítico, estas dimensiones se aplicarán al resto de ellos.

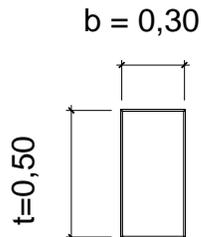
Para este cálculo se tomará la viga crítica, que tiene una longitud de 6,25 metros, y el caso de una viga que tiene continuidad en un extremo.

$$t = 0,08 * 6,25 \text{ m} = 0,50 \text{ m}$$

$$b = \frac{0,50 \text{ m}}{2} = 0,25 \text{ m}$$

Se propone utilizar una sección de 0,30 x 0,50 metros.

Figura 9. **Dimensiones de viga propuesta**



Fuente: elaboración propia, con programa de Auto Cad.

- Predimensionamiento de columna

Columnas: se determinó la sección de la columna, aplicando el área de acero mínima y la carga aplicada al elemento. Según lo que establece el código ACI 318-05, capítulo 10.9.1.

Fórmula:

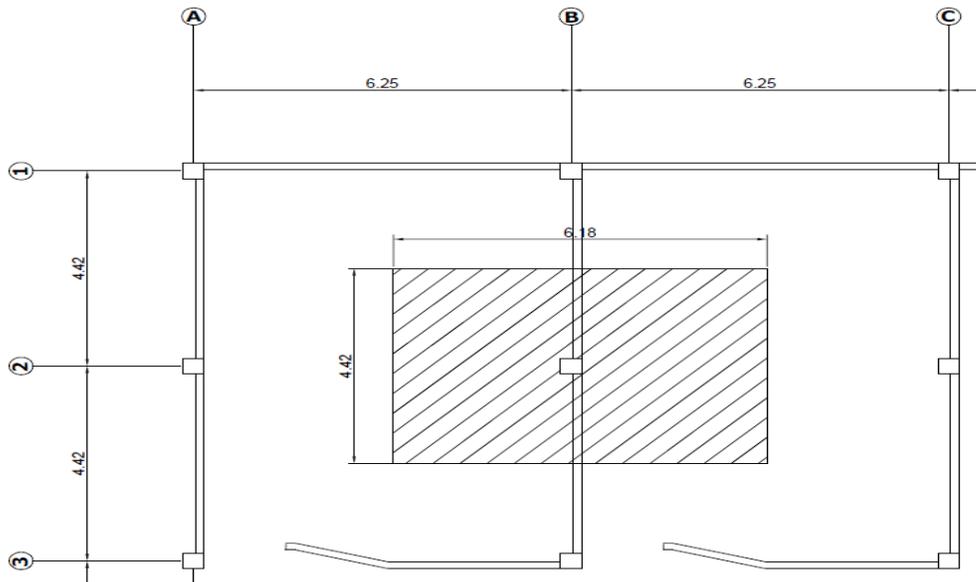
$$\phi P_{n(\text{máx.})} = 0,8 * (0,225 * f'c * A_g) + (f_y * 0,02 * A_g)$$

Donde:

As oscila entre $1\% \leq A_g \leq 6\%$, para zona sísmicas

Solución:

Figura 10. Área tributaria de columna crítica



Fuente: elaboración propia, con programa de Auto Cad.

Carga aplicada sobre el elemento estructural

$$P = 1,4 * CM + 1,7 * CV$$

Carga muerta (CM)

$$\text{Peso del concreto} = 27,32 * 0,12 * 2\ 400 = 7\ 868,16 \text{ kg}$$

$$\text{Peso de acabados} = 27,32 * 90 = 2\ 458,80 \text{ kg}$$

$$\text{Peso de muros} = 27,32 * 190 = 5\ 190,80 \text{ kg}$$

CM = 15 517,76 Kg, para el primer y segundo nivel

$$CM_{\text{total}} = (15\ 517,76 * 2) = 31\ 035,52 \text{ kg}$$

Carga viva (CV)

Carga viva, según especificaciones de AGIES NR-2:2000 cuadro 8.1

Carga viva en salón de clases = 300 kg/m^2

Carga viva en techos = 100 kg/m^2

Peso debido a la carga viva en el primer

$$CV = 27,32 * 300 = 8\,196,00 \text{ kg}$$

Peso debido a la carga viva en el segundo nivel

$$CV = 27,32 * 100 = 2\,732,00 \text{ kg}$$

$$CV_{\text{total}} = 8\,196 + 2\,732 = 10\,928,00 \text{ kg}$$

La carga total será la siguiente:

$$P = 1,7 * (10\,928,00) + 1,4 * (31\,035,52) = 62\,027.32 \text{ kg}$$

Se propone utilizar inicialmente un porcentaje de acero de 1 %.

Datos:

$$f'c = 281 \text{ kg/cm}^2$$

$$At = 27,32 \text{ m}^2$$

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

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

$$t_{\text{losa}} = 0,12 \text{ m}$$

$$\phi P_{n(\text{máx.})} = 0,8 * (0,225 * 281 * A_g) + (4200 * 0,01 * A_g)$$

$$62\ 027,32 = 92,58 A_g \text{ kg/cm}^2$$

Igualando y despejando

$$62\ 027,32 \text{ kg} = 92,58 A_g \text{ kg/cm}^2$$

$$A_g = \frac{62\ 027,32}{92,58} = 670 \text{ cm}^2$$

Lo cual da una columna con secciones de 25 centímetros en ambos lados. El ACI 318S-05, permite dimensiones mínimas de 25 x 25 centímetros para elementos a compresión, en este proyecto serán utilizadas columnas de 40 x 40 centímetros por aspectos de seguridad.

- Predimensionamiento de losa

Las losas son elementos estructurales que sirven como cubiertas que protegen de la intemperie, también para transmitir cargas verticales y horizontales.

Por su espesor, pueden dividirse en:

- Cascarones ($t < 0,09$)
- Planas ($0,09 \leq t \leq 0,12$)
- Nervadas ($t > 0,12$)

Para saber cómo trabaja una losa, es necesario saber la relación a/b, donde a = sentido corto de losa y b = sentido largo de losa.

$m = a / b < 0,5$ losa trabaja en un sentido

$m = a / b > 0,5$ losa trabaja en dos sentidos

$m = 6,4 / 6,4 = 1 > 0,5$; la losa trabajará en dos sentidos

Para losas en 2 direcciones, ACI recomienda:

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

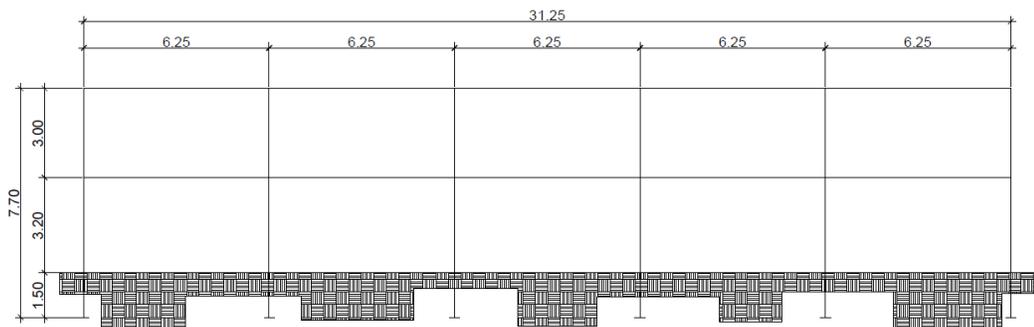
$$t = \frac{6,25 + 6,25 + 4,42 + 4,42}{180} = 0,118 \text{ m} \approx 0,12 \text{ m}$$

Se propone losa prefabricada de vigueta y bovedilla, esto para facilitar el análisis y diseño estructural, además de acortar el tiempo de construcción.

2.2.5.2. Modelos matemáticos de marcos dúctiles

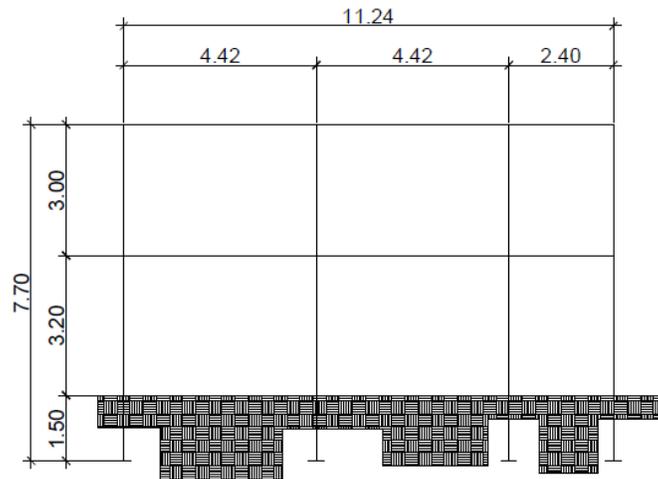
Representa la forma como las cargas que soporta el marco y sirven para hacer el análisis estructural.

Figura 11. Marcos típicos dúctiles unidos con nudos rígidos, sentido X



Fuente: elaboración propia, con programa de Auto Cad.

Figura 12. **Marcos típicos dúctiles unidos con nudos rígidos, sentido Y**



Fuente: elaboración propia, con programa de Auto Cad.

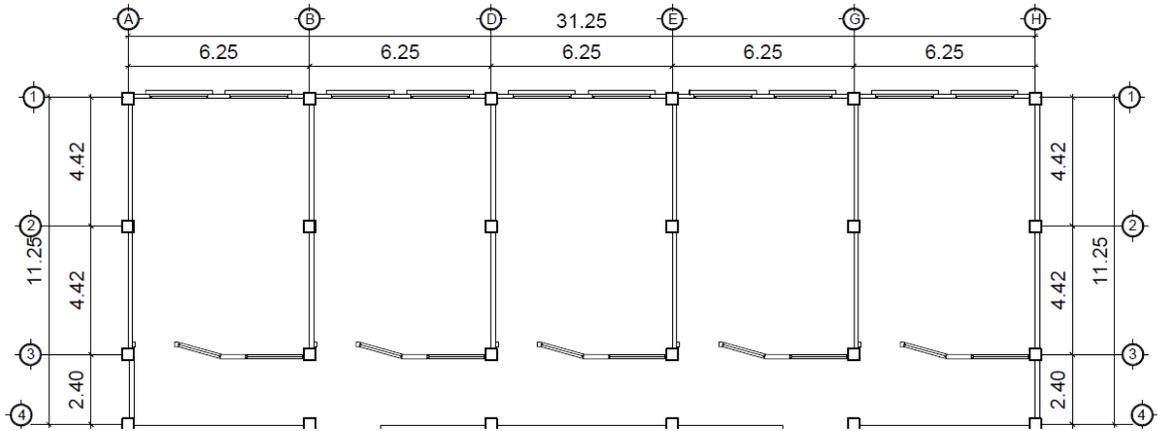
2.2.5.3. **Cargas verticales o gravitacionales**

Estas cargas se dividen en:

Cargas verticales {
Carga viva
Carga muerta

- Cargas vivas (CV): AGIES en la Norma NSE capítulo 3, las define como; aquellas producidas por el uso y la ocupación de la edificación (no debe incluirse cargas de viento y sismo).

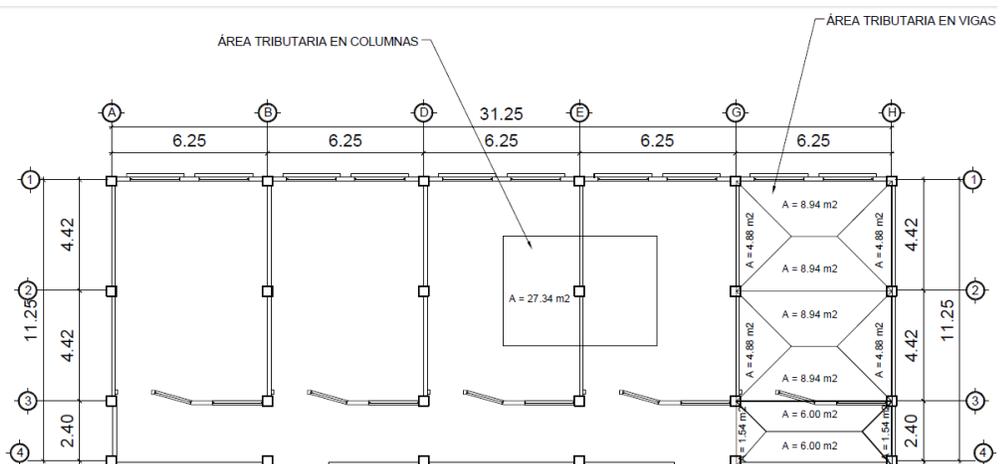
Figura 13. **Planta típica, modulo de aulas**



Fuente: elaboración propia, con programa de Auto Cad.

A continuación se detalla el área y las dimensiones entre apoyos para la integración de cargas para el modulo de aulas, del marco crítico analizado para el sentido X como para el sentido Y.

Figura 14. **Planta típica, modulo de aulas**



Fuente: elaboración propia, con programade Auto Cad.

- Cargas verticales en marcos elásticos unidos con nudos rígidos

Los valores que se usaran, para las cargas verticales, son los siguientes.

Carga muerta (CM)	Carga viva (CV)
Peso del concreto = 2 400 kg/m ³	En techos = 100 kg/m ²
Peso de acabados = 90 kg/m ²	En pasillo = 500 kg/m ²
Peso de muros = 200 kg/m ²	En aulas = 300 kg/m ²

Para poder integrar las cargas distribuidas para los marcos, se utilizaran las siguientes ecuaciones:

$$W_{CM\ LOSA} = W_{losa} * A_t / L$$

$$W_{CM\ VIGA} = \gamma_{concreto} * b_{viga} * t_{viga}$$

$$W_{CM\ ACABADOS} = W_{acabados} * A_t / L$$

$$W_{CV} = W_{cv} * A_t / L$$

- Cargas aplicadas sobre el marco del eje 2

Nivel 2

Para vigas de 6,25 m:

$W_{CM\ LOSA} =$	$(288 \text{ kg/m}^2 * 8,94 \text{ m}^2 * 2) / 6,25 \text{ m}$	$= 823,91 \text{ kg/m}$
$W_{CM\ VIGA} =$	$2\,400 \text{ kg/m}^3 * 0,30\text{m} * 50 \text{ m}$	$= 360,00 \text{ kg/m}$
$W_{CM\ ACAVADOS} =$	$(90 \text{ kg/m}^2 * 8,94 \text{ m}^2 * 2) / 6,25 \text{ m}$	$= 257,47 \text{ kg/m}$
	Total	$= 1\,441,38 \text{ kg/m}$

$W_{CV\ 2do.\ NIVEL} =$	$(100 \text{ kg/m}^3 * 8,94 \text{ m}^2 * 2) / 6,25 \text{ m}$	$= 286,08 \text{ kg/m}$
-------------------------	--	-------------------------

Nivel 1

Para vigas de 6,25 m:

$$\begin{aligned} W_{CM\ LOSA} &= (288\text{ kg/m}^2 * 8,94\text{ m}^2 * 2) / 6,25\text{ m} = 823,91\text{ kg/m} \\ W_{CM\ VIGA} &= 2\ 400\text{ kg/m}^3 * 0,30\text{m} * 50\text{ m} = 360,00\text{ kg/m} \\ W_{CM\ ACAVADOS} &= (90\text{ kg/m}^2 * 8,94\text{ m}^2 * 2) / 6,25\text{ m} = 257,47\text{ kg/m} \\ &\text{Total} = 1\ 441,38\text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$W_{CV\ 1er.\ NIVEL} = (300\text{ kg/m}^3 * 8,94\text{ m}^2 * 2) / 6,25\text{ m} = 858,24\text{ kg/m}$$

- Cargas aplicadas sobre el marco del eje C

Nivel 2

Para vigas de 4,42 m:

$$\begin{aligned} W_{CM\ LOSA} &= (288\text{ kg/m}^2 * 4,88\text{ m}^2 * 2) / 4,42\text{ m} = 635,95\text{ kg/m} \\ W_{CM\ VIGA} &= 2\ 400\text{ kg/m}^3 * 0,25\text{m} * 45\text{ m} = 270,00\text{ kg/m} \\ W_{CM\ ACAVADOS} &= (90\text{ kg/m}^2 * 4,88\text{ m}^2 * 2) / 4,42\text{ m} = 198,73\text{ kg/m} \\ &\text{Total} = 1\ 104,68\text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$W_{CV\ 2do.\ NIVEL} = (100\text{ kg/m}^3 * 4,88\text{ m}^2 * 2) / 4,42\text{ m} = 220,81\text{ kg/m}$$

Para vigas de 2,40 m:

$$\begin{aligned} W_{CM\ LOSA} &= (288\text{ kg/m}^2 * 1,54\text{ m}^2 * 2) / 2,40\text{ m} = 369,60\text{ kg/m} \\ W_{CM\ VIGA} &= 2\ 400\text{ kg/m}^3 * 0,25\text{m} * 45\text{ m} = 270,00\text{ kg/m} \\ W_{CM\ ACAVADOS} &= (90\text{ kg/m}^2 * 1,54\text{ m}^2 * 2) / 2,40\text{ m} = 115,50\text{ kg/m} \\ &\text{Total} = 755,10\text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$W_{CV \text{ 2do. NIVEL}} = (100 \text{ kg/m}^3 * 1,54 \text{ m}^2 * 2) / 2,40 \text{ m} = 128,33 \text{ kg/m}$$

Nivel 1

Para vigas de 4,42 m:

$$W_{CM \text{ LOSA}} = (288 \text{ kg/m}^2 * 4,88 \text{ m}^2 * 2) / 4,42 \text{ m} = 635,95 \text{ kg/m}$$

$$W_{CM \text{ VIGA}} = 2 \text{ 400 kg/m}^3 * 0,25 \text{ m} * 45 \text{ m} = 270,00 \text{ kg/m}$$

$$W_{CM \text{ ACAVADOS}} = (90 \text{ kg/m}^2 * 4,88 \text{ m}^2 * 2) / 4,42 \text{ m} = 198,73 \text{ kg/m}$$

$$W_{CM \text{ MUROS}} = (200 \text{ kg/m}^2 * 4 \text{ m} * 2,5 \text{ m}) / 4,42 \text{ m} = 452,49 \text{ kg/m}$$

$$\text{Total} = 1 \text{ 557.27 kg/m}$$

$$W_{CV \text{ 1er. NIVEL}} = (300 \text{ kg/m}^3 * 4,88 \text{ m}^2 * 2) / 4,42 \text{ m} = 662,44 \text{ kg/m}$$

Para vigas de 2,40 m:

$$W_{CM \text{ LOSA}} = (288 \text{ kg/m}^2 * 1,54 \text{ m}^2 * 2) / 2,40 \text{ m} = 369,60 \text{ kg/m}$$

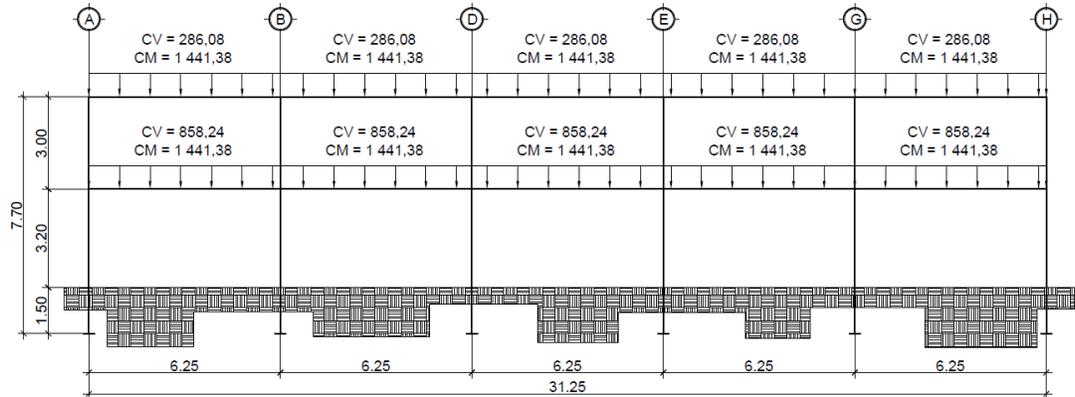
$$W_{CM \text{ VIGA}} = 2 \text{ 400 kg/m}^3 * 0,25 \text{ m} * 45 \text{ m} = 270,00 \text{ kg/m}$$

$$W_{CM \text{ ACAVADOS}} = (90 \text{ kg/m}^2 * 1,54 \text{ m}^2 * 2) / 2,40 \text{ m} = 115,50 \text{ kg/m}$$

$$\text{Total} = 755,10 \text{ kg/m}$$

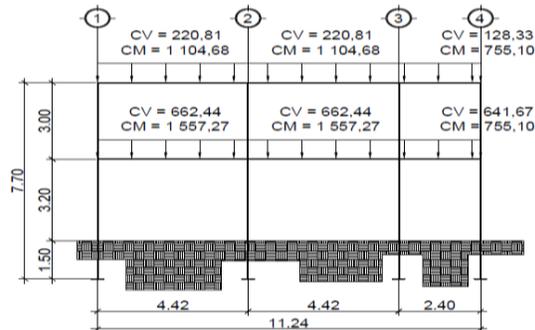
$$W_{CV \text{ 1er. NIVEL}} = (500 \text{ kg/m}^3 * 1,54 \text{ m}^2 * 2) / 2,40 \text{ m} = 641,67 \text{ kg/m}$$

Figura 15. **Cargas distribuidas muerta y viva marco eje 2 (sentido X, kg/m)**



Fuente: elaboración propia, con programa de Auto Cad.

Figura 16. **Cargas distribuidas muerta y viva marco eje D (sentido Y, kg/m)**



Fuente: elaboración propia, con programa de Auto Cad.

2.2.5.4. Cargas horizontales

Este tipo de cargas pueden ser provocadas por sismo, viento, empuje de suelo, empuje de fluidos, etc. Estas cargas son dinámicas, esto quiere decir

que es muy baja la probabilidad de que todas actúen al mismo tiempo sobre una estructura. Guatemala está situada en una zona de gran actividad sísmica, tanto tectónica como volcánica, por lo que es crítico tomar en cuenta la carga sísmica para todo proyecto estructural.

2.2.5.4.1. Fuerzas sísmicas

Los sismos consisten en movimientos aleatorios horizontales y verticales en la superficie de la tierra. A medida que el terreno se mueve, la inercia tiende a mantener la estructura en su sitio original, esto hace que la estructura sufra desplazamiento, que pueden tener resultados destructivos. Por lo tanto; el diseño sísmico depende fuertemente de las propiedades geométricas de la estructura y especialmente de su altura.

Esta fuerza es directamente proporcional al peso total de la estructura, considerando que la estructura está empotrada a nivel del suelo, donde será el punto de aplicación, a esta carga se le conoce como corte basal (V_b), esta carga luego se distribuye a cada nivel de la estructura y posteriormente se distribuye por marcos proporcional a la rigidez de los elementos estructurales.

Hacer un análisis sísmico de tipo dinámico, es muy complicado, por lo que se utilizará el método alternativo equivalente estático del (SEAOC) Structural Engineers Association of California, el cual se desarrolla a continuación.

Método estático equivalente SEAOC

$V_b = Z I K C S W$; Ecuación (3 – 1) capítulo 13 sección 1 SEAOC

Donde:

Z= coeficiente que depende la zona sísmica

I= coeficiente que depende del tipo de ocupación e importancia de la estructura, después de sucedido el evento

K= factor que depende del sistema estructural utilizado

C= coeficiente que depende del periodo fundamental de vibración T

S= coeficiente que depende del tipo de suelo sobre el cual está la estructura

W= total de la carga muerta más 25 % de la carga viva

Descripción de cada variable de la ecuación (3-1):

Z = coeficiente que depende de la zona sísmica como se especifica en el anexo y el valor se obtiene de la tabla XI.

Tabla XIV. **Valores del coeficiente Z, según zona sísmica**

Zona sísmica	Coeficiente
4	1
3	0,75
2	0,5
1	0,25

Fuente: Table 3-1. Z-Coefficient, Chapter 13 section 1 SEAOC.

Para este caso se utilizará el coeficiente Z=1, por la zona sísmica en donde se construirá.

I = coeficiente que depende del tipo de ocupación e importancia de la estructura después de un sismo, como se especifica en la tabla XII.

Tabla XV. **Valores coeficiente I**

Tipo de ocupación		Importancia
Complejo esencial	Bomberos, Policía, Hospitales	1,5
Complejo de alto riesgo	Salones, colegios, universidades	1,2
Todos los demás	Lugares comunes	1

Fuente: Table 3-2. I-Coefficient, Chapter 13 section 1 SEAOC.

Por la importancia de que el conjunto pueda ser utilizado como área de alberge y centro de acopio el coeficiente $I=1,5$.

K = factor de fuerza horizontal, que depende del sistema estructural utilizado, se especifica en la tabla VIII.

Tabla XVI. **Valor coeficiente K**

Sistema estructural usado	Factor
Marcos dúctiles resistentes a cargas laterales	0,67
Marcos con muros de corte	0,8
Mampostería	1
Sistema tipo cajón	1,33

Fuente: Table 3-3. K-Coefficient, Chapter 13 section 1 SEAOC.

Por utilizar el sistemas de marcos espaciales dúctiles resistentes a momento, se debe tomar $K = 0,67$.

C = coeficiente del periodo fundamental, el valor de C debe ser determinado de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$C = \frac{1}{15\sqrt[2]{T}} ; \text{ecuación (3 – 3A) capítulo 13 sección 1 SEAO}$$

- El valor de C no tiene que exceder 0,12
- Los valores de C y S (como es indicado más adelante), su producto de C*S no debe exceder 0,14.
- T período fundamental de vibración de la estructura. El período fundamental de vibración de la estructura T puede ser determinado por la siguiente fórmula:

$$T = \frac{0,05 \cdot h_n}{\sqrt[2]{D}} ; \text{Ecuación (3 – 3A) capítulo 13 sección 1 SEAO}$$

Donde:

h_n = altura total de la estructura en metros

D = longitud de la estructura en dirección paralela al sismo en metros

S = coeficiente que representa la interacción dinámica entre el suelo y la estructura, debe determinarse a partir de datos adecuadamente sustentados por un estudio geotécnico. Si no se cuenta con el estudio geotécnico, el valor de S debe ser 1,5, el cual es nuestro caso.

W = total de la carga muerta más 25 por ciento de la carga viva.

- Cálculo de peso por niveles:

$$W_{\text{losa}} = (\gamma_{\text{concreto}}) \cdot (A_t) \cdot (T_{\text{losa}})$$

$$W_{\text{viga } x} = (\gamma_{\text{concreto}}) \cdot [(A_{\text{viga}} \cdot L_x)]$$

$$W_{\text{viga Y}} = (\gamma_{\text{concreto}}) * [(A_{\text{viga}} * L_y)]$$

$$W_{\text{columna}} = (\gamma_{\text{concreto}}) * [(A_c * h * \# \text{ columnas})]$$

$$W_{\text{mamposteria}} = (\gamma_{\text{mamposteria}}) * (A_{\text{mamposteria}})$$

$$W_{\text{vidrio}} = (\gamma_{\text{vidrio}}) * (A_{\text{vidrio}})$$

$$W_{\text{carga viva}} = (C_v) * (A_t) * (25 \%)$$

Nivel 2

$$W_{\text{CM LOSA}} = (2\,400 \text{ kg/m}^3 * 366,56 \text{ m}^2 * 0,12 \text{ m}) = 105\,569,28 \text{ kg}$$

$$W_{\text{CM VIGAS X}} = 2\,400 \text{ kg/m}^3 * [(0,30 \text{ m} * 0,50 \text{ m} * 125 \text{ m})] = 45\,000,00 \text{ kg}$$

$$W_{\text{CM VIGAS Y}} = 2\,400 \text{ kg/m}^3 * [(0,25 \text{ m} * 0,45 \text{ m} * 67,44 \text{ m})] = 18\,208,80 \text{ kg}$$

$$W_{\text{CM COLUMNA}} = 2\,400 \text{ kg/m}^3 * [(0,40 \text{ m} * 0,40 \text{ m} * 3 \text{ m} * 24)] = 27\,648,00 \text{ kg}$$

$$W_{\text{CM MAMPOSTERIA}} = (200 \text{ kg/m}^2 * 58,90 \text{ m}^2) = 11\,780,00 \text{ kg}$$

$$W_{\text{CM VIDRIO}} = (5 \text{ kg/m}^2 * 42,80 \text{ m}^2) = 214,00 \text{ kg}$$

$$W_{\text{CV 2do.NIVEL}} = (100 \text{ kg/m}^2 * 366,56 \text{ m}^2 * 25\%) = \underline{9\,164,00 \text{ kg}}$$

$$\text{Peso total del segundo nivel} = 217\,584,08 \text{ kg}$$

Nivel 1

$$W_{\text{CM LOSA}} = (2\,400 \text{ kg/m}^3 * 366,56 \text{ m}^2 * 0,12 \text{ m}) = 105\,569,28 \text{ kg}$$

$$W_{\text{CM VIGAS X}} = 2\,400 \text{ kg/m}^3 * [(0,30 \text{ m} * 0,50 \text{ m} * 125 \text{ m})] = 45\,000,00 \text{ kg}$$

$$W_{\text{CM VIGAS Y}} = 2\,400 \text{ kg/m}^3 * [(0,25 \text{ m} * 0,45 \text{ m} * 67,44 \text{ m})] = 18\,208,80 \text{ kg}$$

$$W_{\text{CM COLUMNA}} = 2\,400 \text{ kg/m}^3 * [(0,40 \text{ m} * 0,40 \text{ m} * 4,70 \text{ m} * 24)] = 43\,315,20 \text{ kg}$$

$$W_{\text{CM MAMPOSTERIA}} = (200 \text{ kg/m}^2 * 302,34 \text{ m}^2) = 60\,468,00 \text{ kg}$$

$W_{CM \text{ VIDDRIO}} =$	$(5 \text{ kg/m}^2 * 42,80 \text{ m}^2) =$	214,00 kg
$W_{CV \text{ 1er.NIVEL}} =$	$(300 \text{ kg/m}^2 * 285,15 \text{ m}^2 * 25 \%) =$	21 386,25 kg
$W_{CV \text{ 1er.NIVEL}} =$	$(500 \text{ kg/m}^2 * 81,21 \text{ m}^2 * 25 \%) =$	10 151,25 kg
	Peso total del primer nivel =	<u>304 312,78 kg</u>

Peso total módulo de aulas:

$$W_{TOTAL \text{ DEL MÓDULO}} = (217 584,08 \text{ kg} + 304 312,78 \text{ kg}) = 521 896,86 \text{ kg}$$

- Cálculo de corte basal:

$$T_x = \frac{0,09 * 6,20\text{m}}{\sqrt[2]{31,25\text{m}}} = 0,10 \text{ s}$$

$$C_x = \frac{1}{15^2 \sqrt[2]{0,10\text{s}}} = 0,211 \text{ s}; C_x \leq 0,12$$

$$T_y = \frac{0,09 * 6,20\text{m}}{\sqrt[2]{11,24\text{m}}} = 0,166 \text{ s}$$

$$C_y = \frac{1}{15^2 \sqrt[2]{0,166\text{s}}} = 0,163 \text{ s}; C_y \leq 0,12$$

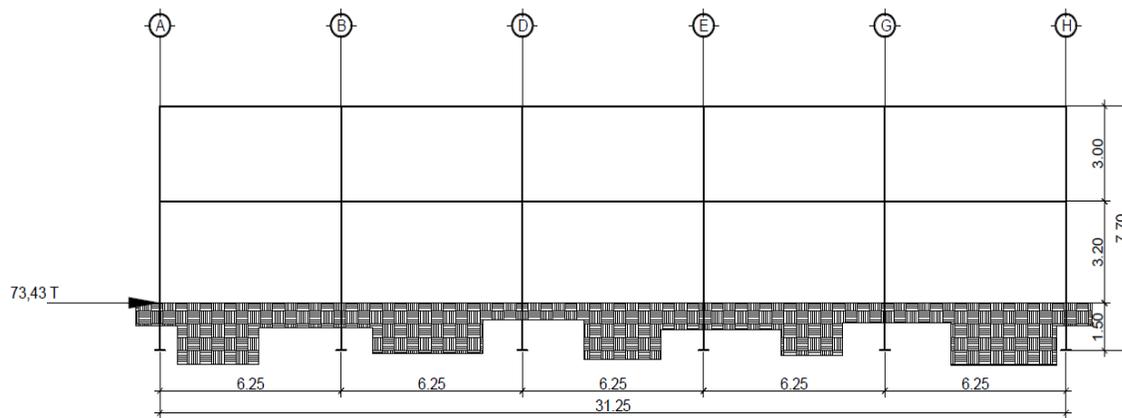
$$C_x * S = 0,12 * 1,5 = 0,18; C_x * S \leq 0,14$$

$$C_y * S = 0,12 * 1,5 = 0,18; C_y * S \leq 0,14$$

$$V_x = 1 * 1,5 * 0,67 * 0,14 * 521 896,86 \text{ kg} = \frac{73 430,89 \text{ kg}}{1000} = 73,43\text{kg}$$

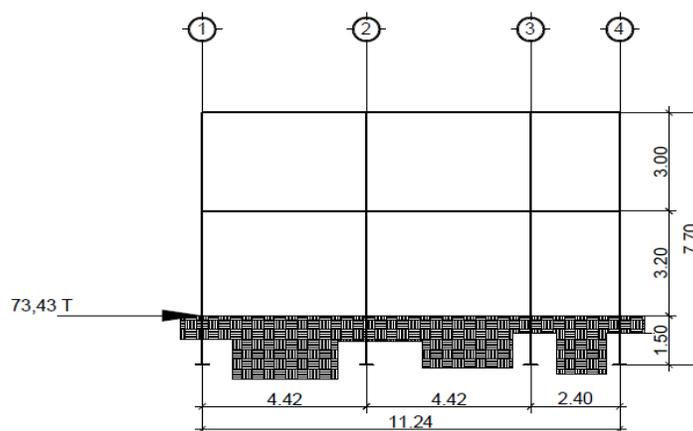
$$V_y = 1 * 1,5 * 0,67 * 0,14 * 521\,896,86 \text{ kg} = \frac{73\,430,89 \text{ kg}}{1000} = 73,43 \text{ kg}$$

Figura 17. **Corte basal módulo de aulas sentido X**



Fuente: elaboración propia, con programa de Auto Cad.

Figura 18. **Corte basal módulo de aulas sentido Y**



Fuente: elaboración propia, con programa de Auto Cad.

- Distribución del corte basal por nivel:

$$F_i = \frac{(V_b - F_t) * W_i * H_i}{\sum W_i * H_i}; \text{ Ecuación (3 – 5) capítulo 13 sección 1 SEAO}$$

Si $T < 0,25$ s; $F_t = 0$

Si $T > 0,25$ s; $F_t = 0.07 * T * V_b$

Donde:

F_i = fuerza horizontal en el nivel i

V_b = corte basal

F_t = fuerza en la cúspide de la estructura

W_i = peso de la estructura en el nivel i

H_i = altura del nivel i medida desde el nivel basal

Sentido X:

$$F_{2x} = \frac{(73,43 - 0) * 217,58 \text{ T} * 6,20 \text{ m}}{(217,58 \text{ T} * 6,20 \text{ m}) + [304,31 * (6,20 - 3)]} = 42,64 \text{ T}$$

$$F_{1x} = \frac{(73,43 - 0) * 304,31 \text{ T} * 3,20 \text{ m}}{(217,58 \text{ T} * 6,20 \text{ m}) + [304,31 * (6,20 - 3)]} = 30,78 \text{ T}$$

Sentido Y:

$$F_{2y} = \frac{(73,43 - 0) * 217,58 \text{ T} * 6,20 \text{ m}}{(217,58 \text{ T} * 6,20 \text{ m}) + [304,31 * (6,20 - 3)]} = 42,64 \text{ T}$$

$$F_{1y} = \frac{(73,43 - 0) * 304,31 \text{ T} * 3,20 \text{ m}}{(217,58 \text{ T} * 6,20 \text{ m}) + [304,31 * (6,20 - 3)]} = 30,78 \text{ T}$$

Tabla XVII. **Distribución de corte basal por nivel sentido X**

Nivel	Wi (T)	Hi (m)	Wi*Hi (T-m)	Fi (T)
2	217,58	6,20	1 348,99	42,64
1	304,31	3	912,93	30,78
	512,89		2 261,92	

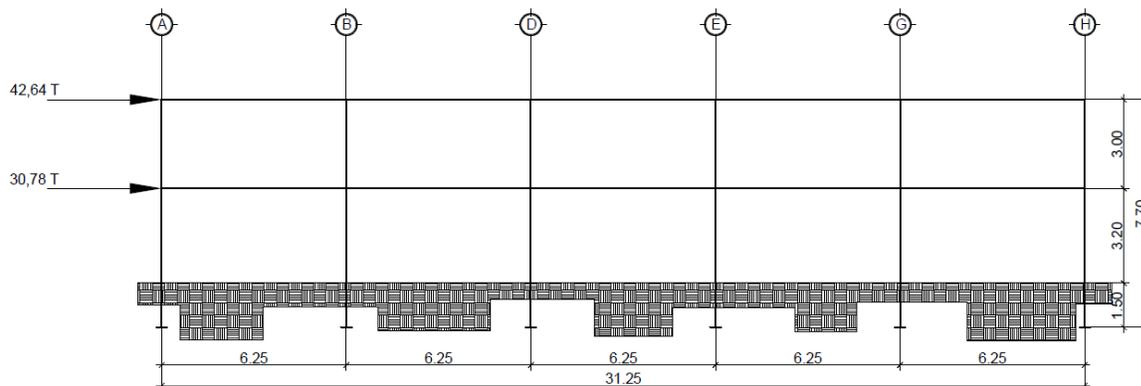
Fuente: elaboración propia.

Tabla XVIII. **Distribución de corte basal por nivel sentido Y**

Nivel	Wi (T)	Hi (m)	Wi*Hi (T-m)	Fi (T)
2	217,58	6,20	1 348,99	42,64
1	304,31	3	912,93	30,78
	512,89		2 261,92	

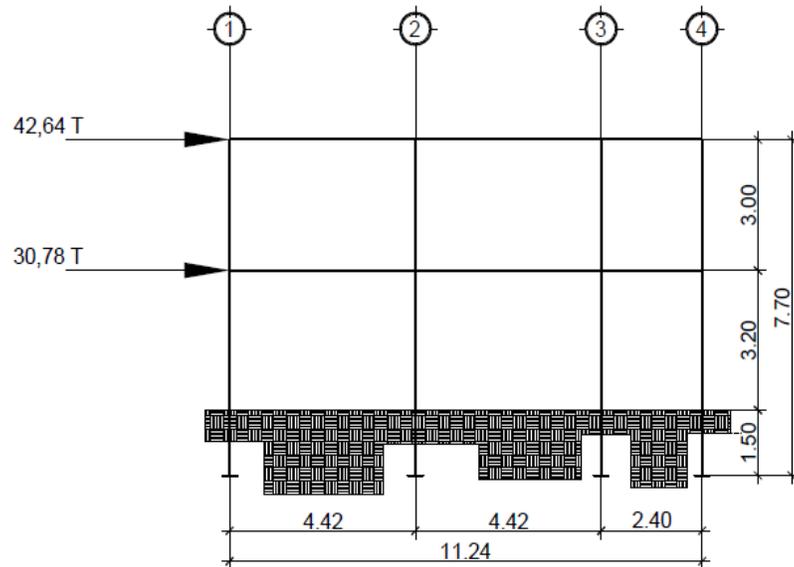
Fuente: elaboración propia.

Figura 19. **Distribución del corte basal por nivel, módulo de aulas sentido X**



Fuente: elaboración propia, con programa de Auto Cad.

Figura 20. **Distribución del corte basal por nivel, modulo de aulas sentido Y**



Fuente: elaboración propia, con programa de Auto Cad.

- Fuerza del marco por torsión:

Eje Y:

El edificio es simétrico para los marcos del eje Y por lo que las fuerzas se reparten proporcionalmente al número de marcos:

$$F_{mi} = \frac{F_{mi} + F_t}{\#marcos}; \quad F_{2y} = \frac{42,64 + 0}{6} = 7,10 T$$

$$F_{1y} = \frac{30,78 + 0}{6} = 5,13 T$$

Eje X:

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

Donde:

K_m = rigidez del marco

ΣK_i = rigidez total del nivel

d_i = distancia del centro de rigidez CR al marco considerado

F_n = fuerza del nivel

E_i = relación entre rigideces y brazo de cada marco

e = excentricidad

Segundo nivel

Tabla XIX. **Centro de rigidez**

MARCO	RIGIDEZ(Km)	BRAZO(L)	K*L
1	1,00	11,24	11,24
2	1,00	6,82	6,82
3	1,00	2,40	2,40
4	1,00	0,00	0,00
SUMA	4,00		20,46

Fuente: elaboración propia.

$$\text{Centro de rigidez: CR} = \frac{\Sigma(K * L)}{\Sigma K} = \frac{20,46}{4} = 5,11$$

$$\text{Centro de masa: CM} = \frac{L}{2} = \frac{11,24}{2} = 5,62$$

Excentricidad:

$$e = CM - CR$$

$$e_{\min} = 5 \% L = 0,05 * 11,24 = 0,562$$

$$e = | 5,62 - 5,11 | = 0,51 \text{ (Se usa la excentricidad mayor)}$$

Tabla XX. **Fuerza del marco por torsión**

MARCO	Km	di	km*di	(km*di)^2	Ei	Fi'	Fi''	Fm
1	1,00	6,125	6,125	37,516	12,075	10661,581	1984,925	12646,507
2	1,00	1,705	1,705	2,907	43,377	10661,581	552,538	11214,120
3	1,00	-2,715	-2,715	7,371	-27,240	10661,581	-879,848	9781,733
4	1,00	-5,115	-5,115	26,163	-14,459	10661,581	-1657,615	9003,966
SUMA	4,00			73,957				

TOMAR
Fi'
TOMAR
Fi'

Fuente: elaboración propia.

Primer nivel

Tabla XXI. **Centro de rigidez**

MARCO	RIGIDEZ(Km)	BRAZO(L)	K*L
1	1,00	11,24	11,24
2	1,00	6,82	6,82
3	1,00	2,40	2,40
4	1,00	0,00	0,00
SUMA	4,00		20,46

Fuente: elaboración propia.

Centro de rigidez:

$$CR = \frac{\Sigma(K * L)}{\Sigma K} = \frac{20,46}{4} = 5,11$$

Centro de masa:

$$CM = \frac{L}{2} = \frac{11,24}{2} = 5,62$$

Excentricidad:

$$e = CM - CR$$

$$e_{\min} = 5 \% L = 0,05 * 11,24 = 0,562$$

$$e = | 5,62 - 5,11 | = 0,51 \text{ (Se usa la excentricidad mayor)}$$

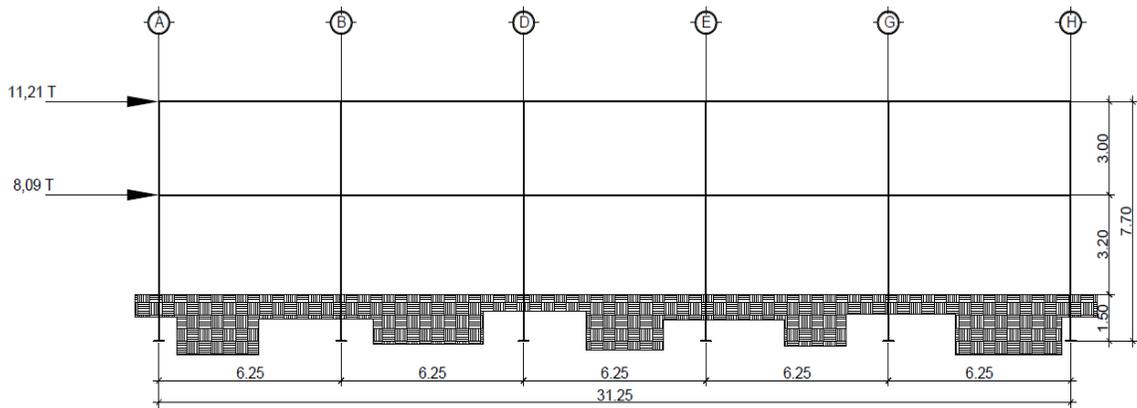
Tabla XXII. **Fuerza del marco por torsión**

MARCO	Km	di	km*di	(km*di)^2	Ei	Fi'	Fi''	Fm
1	1,00	6,125	6,125	37,516	12,075	7696,141	1432,833	9128,973
2	1,00	1,705	1,705	2,907	43,377	7696,141	398,854	8094,994
3	1,00	-2,715	-2,715	7,371	27,240	7696,141	-635,125	7061,016
4	1,00	-5,115	-5,115	26,163	14,459	7696,141	-1196,562	6499,579
SUMA	4,00			73,957				

TOMAR
Fi'
TOMAR
Fi'

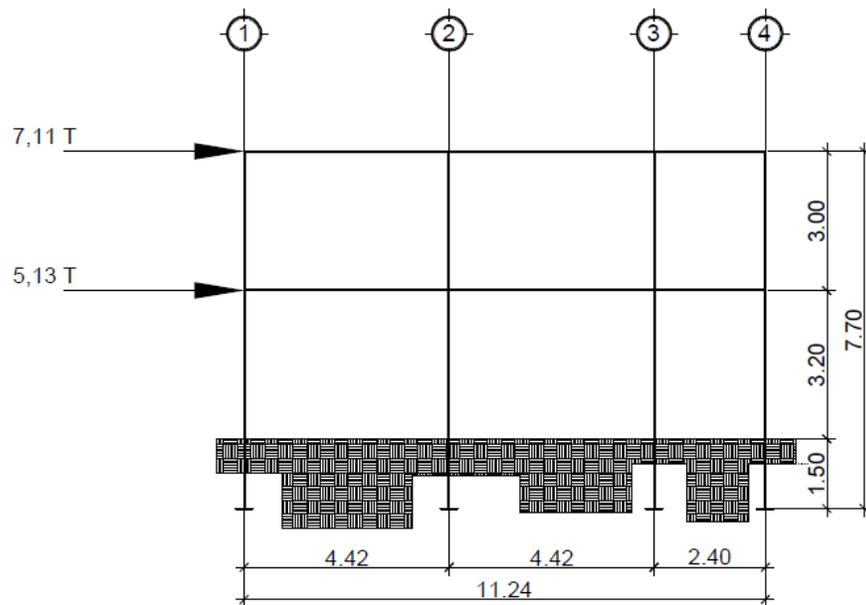
Fuente: elaboración propia.

Figura 21. Fuerza por nivel del marco 2, módulo de aulas sentido X



Fuente: elaboración propia, con programa de Auto Cad.

Figura 22. Fuerza por nivel del marco D, módulo de aulas sentido Y



Fuente: elaboración propia, con programa de Auto Cad.

2.2.5.5. Análisis de marcos dúctiles por el Método de Kanni

El análisis estructural es el estudio al cual los somete una estructura para conocer el comportamiento de cada uno de los miembros. El análisis, es uno de los pasos básicos del desarrollo de proyectos de ingeniería, en gran porcentaje alto, depende de este, la economía de la estructura.

Después de obtener la magnitud de las cargas que afectarán la estructura es necesario analizar el comportamiento estructural. Para ello se recurre a un método exacto y correctivo como lo es Kanni, puesto que automáticamente elimina los errores de cálculo que se cometen en el proceso iterativo.

El Método de Kanni es un método basado en las características generales de la elástica. La ventaja de este método sobre otros métodos de aproximaciones sucesivas, es que en forma directa, se toma el efecto del desplazamiento de los miembros, evitándose el planeamiento y solución de ecuaciones simultáneas.

La comprobación de resultados puede hacerse en cualquier nudo, utilizando únicamente los valores finales, sin que sea necesario revisar todo el desarrollo de cálculo.

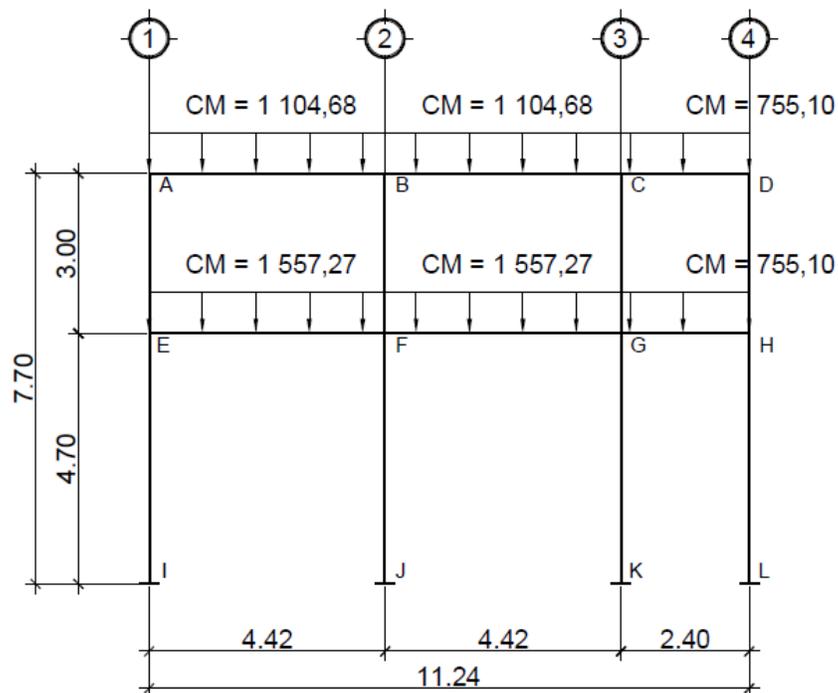
El Método de Kanni es clásico en el análisis estructural, y como todos los métodos, tiene particulares ventajas para el análisis de determinadas estructuras, ventajas que el analista debe aprovechar para realizar un trabajo eficiente.

Es importante mencionar que para el análisis de la estructura, se debe analizar las cargas por separado; es decir, que primero se analiza la estructura bajo las cargas muertas, luego bajo las cargas vivas y por último, el comportamiento bajo las fuerzas de sismo.

2.2.5.5.1. Análisis de carga muerta

A continuación se analizara el marco D que es el marco que se encuentra sobre el eje Y.

Figura 23. Marco D, análisis con carga muerta



Fuente: elaboración propia, con programa de Auto Cad.

Sección de columna 0,40 m x 0,40 m

Sección de viga 0,25 m x 0,45 m

Se calcula la rigidez de cada elemento de la estructura:

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

Donde:

K = rigidez

I = inercia

L = longitud del elemento

Por contar con elementos rectangulares, entonces la formula que determina el valor de la inercia de los elementos es:

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

Donde:

b = base

h = altura

De lo cual se obtiene la siguiente tabla de resultados, en la que se presenta los datos correspondientes a cada uno de los elementos del marco en estudio, incluso la carga distribuida, que soportan los mismos.

Tabla XXIII. Inercia y rigidez de elementos

Elementos	Base (m)	Altura (m)	Longitud (m)	Inercia (m ⁴)	Inercia Relativa	Rigidez	Cargas (Ton/m)
Vigas Segundo Nivel						k=I/L	
A-B	0,25	0,45	4,42	0,00189844	0,8898925 78	0,000429511	1,10468
B-C	0,25	0,45	4,42	0,00189844	0,8898925 78	0,000429511	1,10468
C-D	0,25	0,45	2,4	0,00189844	0,8898925 78	0,000791016	0,75510
Vigas Primer Nivel							
E-F	0,25	0,45	4,42	0,00189844	0,8898925 78	0,000429511	1,55727
F-G	0,25	0,45	4,42	0,00189844	0,8898925 78	0,000429511	1,55727
G-H	0,25	0,45	2,4	0,00189844	0,8898925 78	0,000791016	0,75510
Columnas Segundo Nivel							
A-E	0,4	0,4	3	0,00213333	1	0,000711111	0,0000
B-F	0,4	0,4	3	0,00213333	1	0,000711111	0,0000
C-G	0,4	0,4	3	0,00213333	1	0,000711111	0,0000
D-H	0,4	0,4	3	0,00213333	1	0,000711111	0,0000
Columnas Primer Nivel							
E-I	0,4	0,4	4,7	0,00213333	1	0,000453901	0,0000
F-J	0,4	0,4	4,7	0,00213333	1	0,000453901	0,0000
G-K	0,4	0,4	4,7	0,00213333	1	0,000453901	0,0000
H-L	0,4	0,4	4,7	0,00213333	1	0,000453901	0,0000

Fuente: elaboración propia.

Se calculan los factores de giro o coeficientes de reparto para cada nudo, utilizando la rigidez de cada elemento que llega al nudo, con base en la última fórmula:

$$\mu = -\frac{1}{2} * \frac{K}{\Sigma K}$$

Donde:

μ = factor de giro o de reparto

k = rigidez del elemento

$\sum K$ = sumatoria de rigideces en el nudo

Se debe comprobar que la sumatoria de todos los factores de giro en cada nudo, debe ser de -0,50. Por ejemplo del nudo A:

$$\mu_{AB} = -\frac{1}{2} * \frac{0,000429511}{(0,000429511 + 0,000711111)} = -0,188$$

$$\mu_{AE} = -\frac{1}{2} * \frac{0,000711111}{(0,000711111 + 0,000429511)} = -0,312$$

$$\Sigma\mu = -0,50$$

La tabla XXIV presenta los resultados para cada uno de los nodos que conforman el marco en análisis.

Tabla XXIV. Factores de giro

Tramo	F. DE G.
Nodo A	
A-B	-0,188
A-E	-0,312
SUMATORIA	-0,500
Nodo B	
B-A	-0,137
B-C	-0,137
B-F	-0,226
SUMATORIA	-0,500
Nodo C	

Continuación de la tabla XXIV.

C-B	-0,111
C-D	-0,205
C-G	-0,184
SUMATORIA	-0,500
Nodo D	
D-C	-0,263
D-H	-0,237
SUMATORIA	-0,500
Nodo E	
E-A	-0,223
E-F	-0,135
E-I	-0,142
SUMATORIA	-0,500
Nodo F	
F-E	-0,106
F-B	-0,176
F-G	-0,106
F-J	-0,112
SUMATORIA	-0,500
Nodo G	
G-F	-0,090
G-C	-0,149
G-H	-0,166
G-K	-0,095
SUMATORIA	-0,500
Nodo H	
H-G	-0,202
H-D	-0,182
H-L	-0,116
SUMATORIA	-0,500

Fuente: elaboración propia.

Para el cálculo de los momentos fijos es necesario recurrir a la fórmula siguiente:

$$MF = \frac{WL^2}{12}$$

Donde:

MF = momento fijo

W = carga

L = longitud de la viga

De tal manera que:



$$MF_{AB} = -MF_{BA} = \frac{-1,1046 \text{ T} * (4,42 \text{ m})^2}{12} = -1,7984 \text{ T} - \text{m}$$

$$MF_{BC} = -MF_{CB} = \frac{-1,1046 \text{ T} * (4,42 \text{ m})^2}{12} = -1,7984 \text{ T} - \text{m}$$

$$MF_{CD} = -MF_{DC} = \frac{-0,7551 \text{ T} * (2,40 \text{ m})^2}{12} = -0,3624 \text{ T} - \text{m}$$

$$MF_{EF} = -MF_{FE} = \frac{-1,5572 \text{ T} * (4,42 \text{ m})^2}{12} = -2,5352 \text{ T} - \text{m}$$

$$MF_{FG} = -MF_{GF} = \frac{-1,5572 \text{ T} * (4,42 \text{ m})^2}{12} = -2,5352 \text{ T} - \text{m}$$

$$MF_{GH} = -MF_{HG} = \frac{-0,7551 \text{ T} * (2,40 \text{ m})^2}{12} = -0,3624 \text{ T} - \text{m}$$

Con estos datos se procede a la primera iteración, la cual se tomara de la siguiente manera: H – G – F – E – A – B – C – D.

Nodo H

$$HD = 0,3624 * -0,182 = -0,066$$

$$HG = 0,3624 * -0,102 = -0,073$$

$$HL = 0,3624 * -0,116 = -0,042$$

Nodo G

$$GH = (2,1728 - 0,073) * -0,165 = -0,348$$

$$GC = (2,1728 - 0,073) * -0,149 = -0,313$$

$$GK = (2,1728 - 0,073) * -0,095 = -0,200$$

$$GF = (2,1728 - 0,073) * -0,090 = -0,189$$

Nodo F

$$FG = (0 - 0,189) * -0,106 = 0,020$$

$$FE = (0 - 0,189) * -0,106 = 0,020$$

$$FB = (0 - 0,189) * -0,175 = 0,033$$

$$FJ = (0 - 0,189) * -0,112 = 0,021$$

Nodo E

$$EF = (-2,5353 + 0,020) * -0,134 = 0,339$$

$$EA = (-2,5353 + 0,020) * -0,223 = 0,561$$

$$EI = (-2,5353 + 0,020) * -0,142 = 0,358$$

Nodo A

$$AE = (-1,7985 + 0,561) * -0,311 = 0,386$$

$$AB = (-1,7985 + 0,561) * -0,188 = 0,233$$

Nodo B

$$BA = (0 + 0,233 + 0,033) * -0,136 = -0,036$$

$$BF = (0 + 0,233 + 0,033) * -0,226 = -0,060$$

$$BC = (0 + 0,233 + 0,033) * -0,136 = -0,036$$

Nodo C

$$CB = (1,4360 - 0,036 - 0,313) * -0,111 = -0,121$$

$$CG = (1,4360 - 0,036 - 0,313) * -0,181 = -0,200$$

$$CD = (1,4360 - 0,036 - 0,313) * -0,204 = -0,222$$

Nodo D

$$DC = (0,3624 - 0,222 - 0,066) * -0,263 = -0,020$$

$$DH = (0,3624 - 0,222 - 0,066) * -0,236 = -0,018$$

Luego de seis iteraciones, se determinan los momentos finales en los extremos de las barras con los resultados anteriores.

Los momentos finales se encuentran con base a la siguiente fórmula:

$$M_{AB} = MF_{AB} + 2M'_{AB} + M'_{BA}$$

Donde:

M_{AB} = momento final

MF_{AB} = momento fijo

M'_{AB} = última iteración en el extremo A de la barra AB

M'_{BA} = última iteración en el extremo B de la barra AB

Para el nodo A

$$M_{AB} = -1,798 + 2(0,252) - 0,016 = -1,309671 \text{ T} - \text{m}$$

$$M_{AE} = 0,000 + 2(0,418) + 0,474 = 1,30969 \text{ T} - \text{m}$$

Para el nodo B

$$M_{BA} = 2,01895 \text{ T} - \text{m}$$

$$M_{BF} = -0,06735 \text{ T} - \text{m}$$

$$M_{BC} = -1,95160 \text{ T} - \text{m}$$

Para el nodo C

$$M_{CB} = 1,53991 \text{ T} - \text{m}$$

$$M_{CG} = -0,69416 \text{ T} - \text{m}$$

$$M_{CD} = -0,84568 \text{ T} - \text{m}$$

Para el nodo D

$$M_{DC} = 0,06624 \text{ T} - \text{m}$$

$$M_{DH} = -0,06624 \text{ T} - \text{m}$$

Para el nodo E

$$M_{EI} = 0,60531 \text{ T} - \text{m}$$

$$M_{EF} = -1,97135 \text{ T} - \text{m}$$

$$M_{EA} = 1,36609 \text{ T} - \text{m}$$

Para el nodo F

$$M_{FG} = -2,72963 \text{ T} - \text{m}$$

$$M_{FB} = -0,05565 \text{ T} - \text{m}$$

$$M_{FE} = 2,80399 \text{ T} - \text{m}$$

$$M_{FJ} = -0,01870 \text{ T} - \text{m}$$

Para el nodo G

$$M_{GH} = -1,014 \text{ T} - \text{m}$$

$$M_{GC} = -0,78578 \text{ T} - \text{m}$$

$$M_{GF} = 2,17314 \text{ T} - \text{m}$$

$$M_{GK} = -0,37336 \text{ T} - \text{m}$$

Para el nodo H

$$M_{HG} = 0,03532 \text{ T} - \text{m}$$

$$M_{HL} = -0,00104 \text{ T} - \text{m}$$

$$M_{HD} = -0,03434 \text{ T} - \text{m}$$

Para el nodo I

$$M_{IE} = 0,30266 \text{ T} - \text{m}$$

Para el nodo J

$$M_{JF} = 0,00935 \text{ T} - \text{m}$$

Para el nodo J

$$M_{JF} = 0,00935 \text{ T} - \text{m}$$

Para el nodo K

$$M_{KG} = -0,18668 \text{ T} - \text{m}$$

Para el nodo L

$$M_{LH} = -0,00052 \text{ T} - \text{m}$$

Los momentos positivos se encuentran con base a la siguiente fórmula:

$$M_{AB}^+ = \frac{wl^2}{8} - \frac{(M_{AB}^- + M_{BA}^-)}{2}$$

Donde:

M_{AB}^+ = momento positivo en el tramo AB

w = carga distribuida

M_{AB}^- = momento negativo de A hacia B

M_{BA}^- = momento negativo de B hacia A

$\frac{(M_{AB}^- + M_{BA}^-)}{2}$ = promedio entre ambos

Momentos positivos:

$$M_{AB}^+ = \frac{1,10468 * 4,42^2}{8} - \frac{(-1,30971 + 2,01895)}{2} = 2,343063 \text{ T} - \text{m}$$

$$M_{BC}^+ = 2,903528 \text{ T} - \text{m}$$

$$M_{CD}^+ = 0,933389 \text{ T} - \text{m}$$

$$M_{EF}^+ = 3,386611 \text{ T} - \text{m}$$

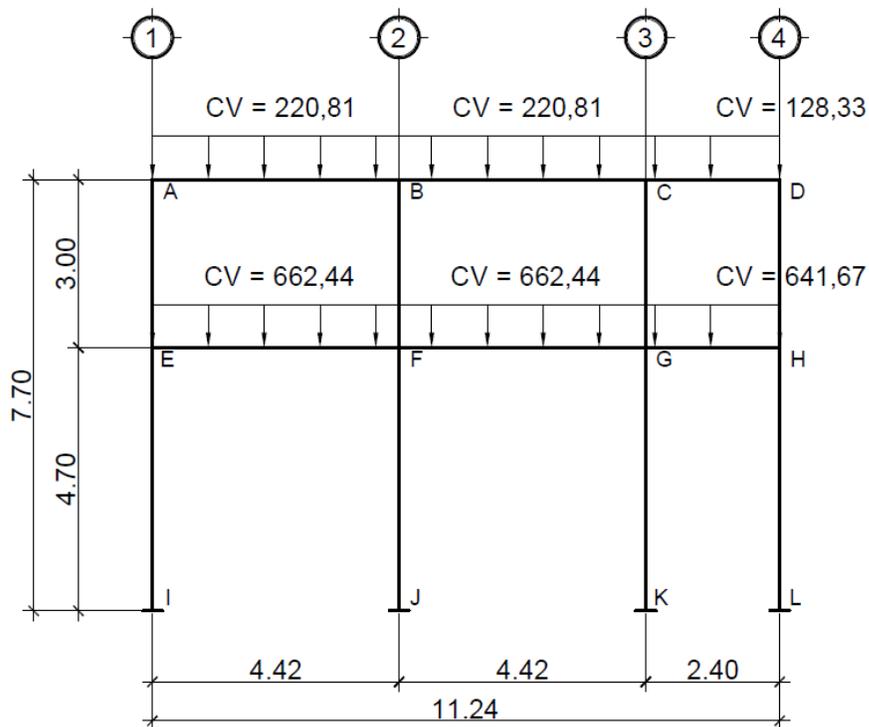
$$M_{FG}^+ = 4,081174 \text{ T} - \text{m}$$

$$M_{GH}^+ = 1,033015 \text{ T} - \text{m}$$

2.2.5.5.2. Análisis de carga viva

Al igual que el análisis de carga muerta se utilizó el mismo marco para realizar el análisis de carga viva como se describe a continuación:

Figura 25. Marco D, análisis con carga viva



Fuente: elaboración propia, con programa de Auto Cad.

Sección de columna 0,40 m x 0,40 m

Sección de viga 0,25 m x 0,45 m

La rigidez de cada elemento y los factores de giro, se toman del marco anterior, debido a que las secciones son las mismas.

Los momentos fijos para este caso varían, puesto que dependen de la carga que soporta cada elemento:

De tal manera que:



$$MF_{AB} = -MF_{BA} = \frac{-0,22081 \text{ T} * (4,42 \text{ m})^2}{12} = -0,3594 \text{ T} - \text{m}$$

$$MF_{BC} = -MF_{CB} = \frac{-0,22081 \text{ T} * (4,42 \text{ m})^2}{12} = -0,3594 \text{ T} - \text{m}$$

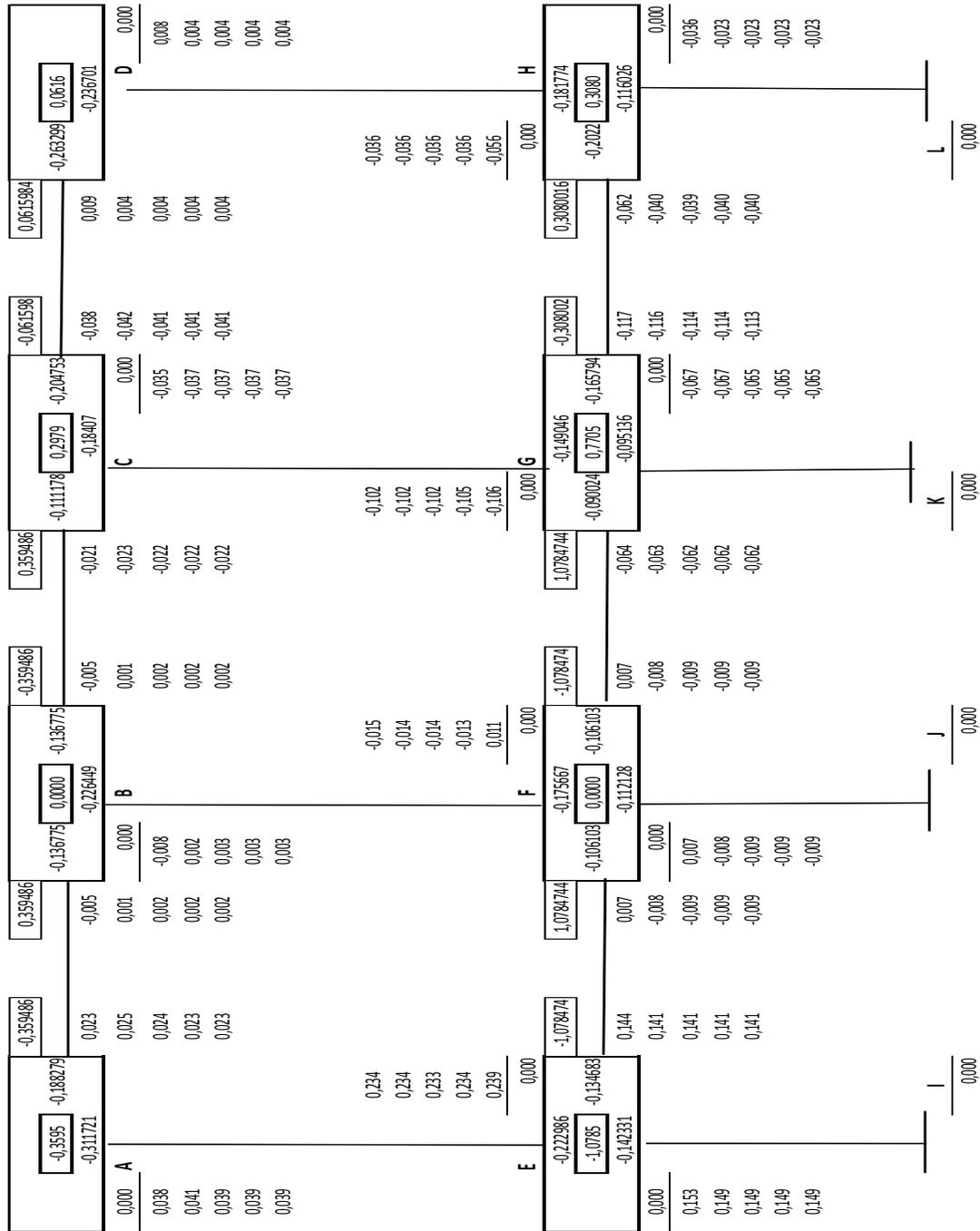
$$MF_{CD} = -MF_{DC} = \frac{-0,12833 \text{ T} * (2,40 \text{ m})^2}{12} = -0,0615 \text{ T} - \text{m}$$

$$MF_{EF} = -MF_{FE} = \frac{-0,66244 \text{ T} * (4,42 \text{ m})^2}{12} = -1,0784 \text{ T} - \text{m}$$

$$MF_{FG} = -MF_{GF} = \frac{-0,66244 \text{ T} * (4,42 \text{ m})^2}{12} = -1,0784 \text{ T} - \text{m}$$

$$MF_{GH} = -MF_{HG} = \frac{-0,64167 \text{ T} * (2,40 \text{ m})^2}{12} = -0,3080 \text{ T} - \text{m}$$

Figura 26. Esquema de iteración de Kanni con carga viva



Fuente: elaboración propia.

Momentos finales:

Para el nodo A

$$M_{AB} = -0,3595 + 2(0,023) - 0,002 = -0,311 \text{ T} - \text{m}$$

$$M_{AE} = 0,000 + 2(0,039) + 0,234 = 0,311 \text{ T} - \text{m}$$

Para el nodo B

$$M_{BA} = -0,38652 \text{ T} - \text{m}$$

$$M_{BC} = -0,38782 \text{ T} - \text{m}$$

$$M_{BF} = -0,00834 \text{ T} - \text{m}$$

Para el nodo C

$$M_{CB} = 0,31647 \text{ T} - \text{m}$$

$$M_{CG} = -0,17634 \text{ T} - \text{m}$$

$$M_{CD} = -0,14011 \text{ T} - \text{m}$$

Para el nodo D

$$M_{DC} = 0,02857 \text{ T} - \text{m}$$

$$M_{DH} = -0,02857 \text{ T} - \text{m}$$

Para el nodo E

$$M_{EA} = 0,50625 \text{ T} - \text{m}$$

$$M_{EI} = 0,29850 \text{ T} - \text{m}$$

$$M_{EF} = -0,80478 \text{ T} - \text{m}$$

Para el nodo F

$$M_{FB} = -0,02595 \text{ T} - \text{m}$$

$$M_{FJ} = -0,01853 \text{ T} - \text{m}$$

$$M_{FE} = 1,20217 \text{ T} - \text{m}$$

$$M_{FG} = -1,15763 \text{ T} - \text{m}$$

Para el nodo G

$$M_{GC} = -0,24121 \text{ T} - \text{m}$$

$$M_{GK} = -0,12025 \text{ T} - \text{m}$$

$$M_{GF} = 0,94646 \text{ T} - \text{m}$$

$$M_{GH} = -0,57506 \text{ T} - \text{m}$$

Para el nodo H

$$M_{HG} = 0,11436 \text{ T} - \text{m}$$

$$M_{HD} = -0,06832 \text{ T} - \text{m}$$

$$M_{HL} = -0,04599 \text{ T} - \text{m}$$

Para el nodo I

$$M_{IE} = 0,14925 \text{ T} - \text{m}$$

Para el nodo J

$$M_{JF} = -0,00927 \text{ T} - \text{m}$$

Para el nodo K

$$M_{KG} = -0,06512 \text{ T} - \text{m}$$

Para el nodo L

$$M_{LH} = -0,023 \text{ T} - \text{m}$$

Momentos positivos:

$$M_{AB}^+ = 0,501468 \text{ T} - \text{m}$$

$$M_{BC}^+ = 0,570094 \text{ T} - \text{m}$$

$$M_{CD}^+ = 0,148168 \text{ T} - \text{m}$$

$$M_{EF}^+ = 1,419015 \text{ T} - \text{m}$$

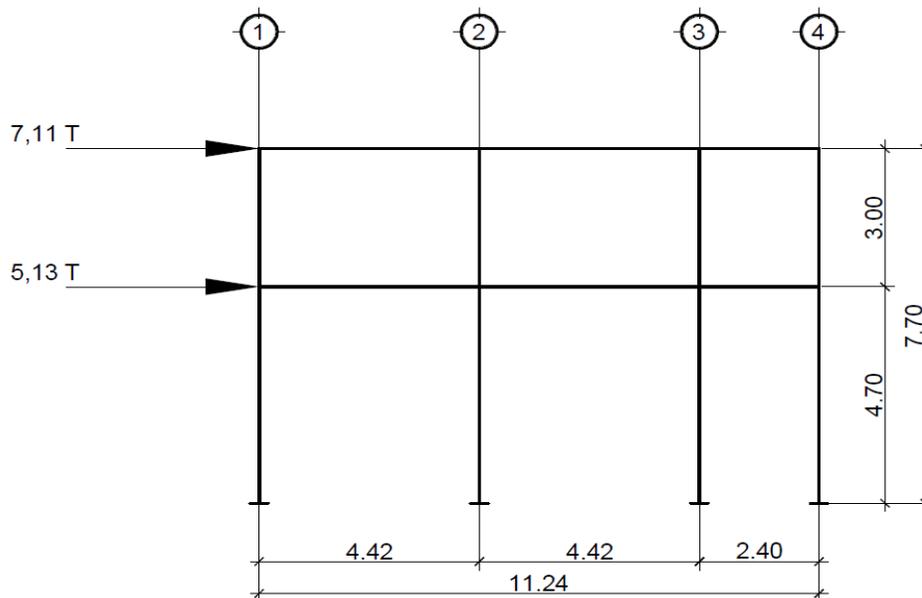
$$M_{FG}^+ = 1,723299 \text{ T} - \text{m}$$

$$M_{GH}^+ = 0,692352 \text{ T} - \text{m}$$

2.2.5.5.3. Análisis con carga de sismo

Al igual que el análisis de las cargas anteriores se consideró el mismo marco y se realizó de la siguiente manera:

Figura 27. Marco D, análisis con carga de sismo

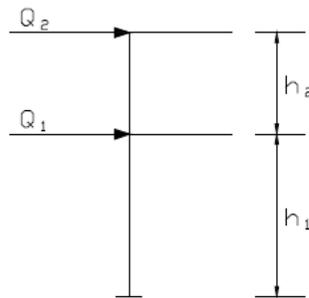


Fuente: elaboración propia, con programa de Auto Cad.

Al igual que en el análisis con carga viva y muerta, se siguen tomando los mismos valores de rigidez y factor de giro.

Por ser cargas laterales se calculan los momentos de piso que actúan en la estructura de la siguiente manera:

Figura 28. **Diagrama de cargas laterales**



Fuente: elaboración propia, con programa de Auto Cad.

$$M_2 = \frac{Q_2 * h_2}{3}$$
$$M_1 = \frac{(Q_2 + Q_1) * h_1}{3}$$

Donde:

M_1, M_2 = momento de piso

Q_1, Q_2 = cargas de sismo

h_1, h_2 = alturas por nivel

$$M_2 = \frac{7,11 * 3}{3} = 7,11 \text{ Ton} - \text{m}$$

$$M_1 = \frac{(7,11 + 5,13) * 4,6}{3} = 18,76 \text{ Ton} - \text{m}$$

Cuando se analizan las cargas de sismo en un marco, para las columnas es necesario encontrar un factor de corrimiento en cada nivel, con base a la fórmula siguiente:

$$\gamma = -\frac{3}{2} * \frac{K_{\text{Columna}}}{\Sigma K_{\text{Columnas}}}$$

Donde:

γ = factor de corrimiento

K_{Columna} = rigidez de la columna

$\Sigma K_{\text{Columnas}}$ = sumatoria de rigidez de columnas

Factor de corrimiento para el primer nivel:

$$\gamma_{EI} = -\frac{3}{2} * \frac{0,00045}{0,00045 + 0,00045 + 0,00045 + 0,00045} = -0,375$$

Factor de corrimiento para el segundo nivel:

$$\gamma_{AE} = -\frac{3}{2} * \frac{0,00071}{0,00071 + 0,00071 + 0,00071 + 0,00071} = -0,375$$

Momentos finales:

Para el nodo A

$$M_{AB} = -0,33066 T - m$$

$$M_{AE} = -0,33059 T - m$$

Para el nodo B

$$M_{BA} = 0,39448 T - m$$

$$M_{BC} = 0,45510 T - m$$

$$M_{BF} = -0,84969 T - m$$

Para el nodo C

$$M_{CB} = 0,45190 T - m$$

$$M_{CD} = 0,78051 T - m$$

$$M_{CG} = -1,23244 T - m$$

Para el nodo D

$$M_{DC} = 0,73466 T - m$$

$$M_{DH} = -0,73466 T - m$$

Para el nodo E

$$M_{EA} = 1,88296 T - m$$

$$M_{EI} = -5,71999 T - m$$

$$M_{EF} = 3,83661 T - m$$

Para el nodo F

$$M_{FB} = 0,52778 T - m$$

$$M_{FJ} = -6,65245 T - m$$

$$M_{FE} = 3,39544 T - m$$

$$M_{FG} = 2,72948 \text{ T} - \text{m}$$

Para el nodo G

$$M_{GC} = -0,22184 \text{ T} - \text{m}$$

$$M_{GK} = -7,12755 \text{ T} - \text{m}$$

$$M_{GF} = 1,46881 \text{ T} - \text{m}$$

$$M_{GH} = 4,84424 \text{ T} - \text{m}$$

Para el nodo H

$$M_{HG} = 5,48967 \text{ T} - \text{m}$$

$$M_{HD} = 0,89738 \text{ T} - \text{m}$$

$$M_{HL} = -6,38684 \text{ T} - \text{m}$$

Para el nodo I

$$M_{IE} = -7,22690 \text{ T} - \text{m}$$

Para el nodo J

$$M_{JF} = -7,69312 \text{ T} - \text{m}$$

Para el nodo K

$$M_{KG} = -7,93067 \text{ T} - \text{m}$$

Para el nodo L

$$M_{LH} = -7,56032 \text{ T} - \text{m}$$

Momentos positivos:

$$M_{AB}^+ = 3,440365 \text{ T} - \text{m}$$

$$M_{BC}^+ = 3,349430 \text{ T} - \text{m}$$

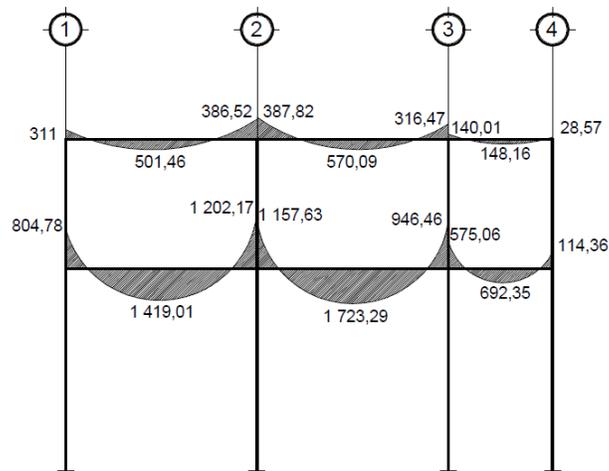
$$M_{CD}^+ = 0,213916 \text{ T} - \text{m}$$

$$M_{EF}^+ = 0,186904 \text{ T} - \text{m}$$

$$M_{FG}^+ = 1,185846 \text{ T} - \text{m}$$

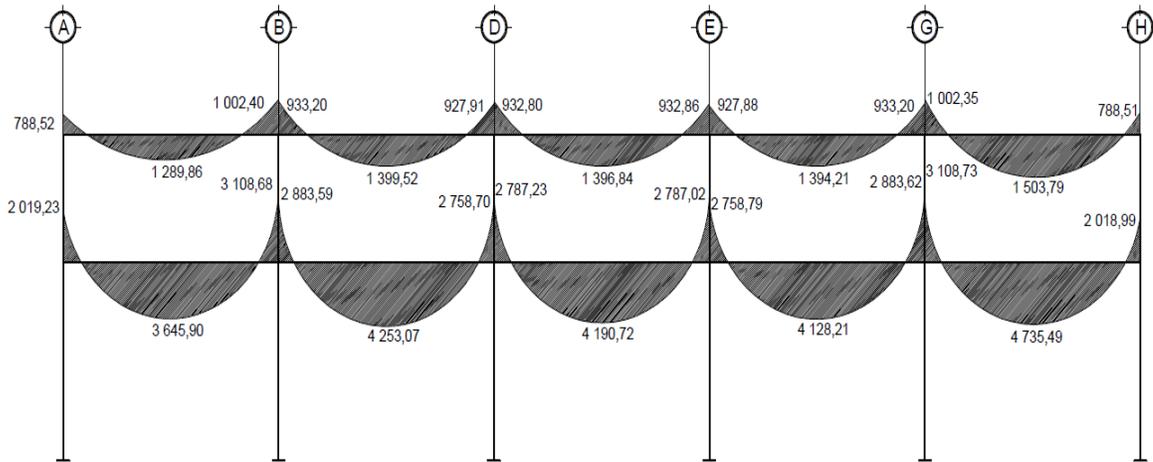
$$M_{GH}^+ = 4,623283 \text{ T} - \text{m}$$

Figura 30. **Momentos flexionantes de carga viva en vigas, marco crítico (D), sentido Y (kg-m)**



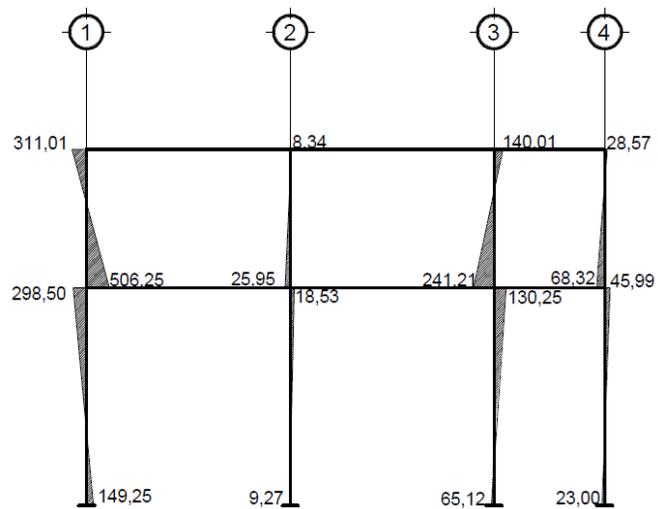
Fuente: elaboración propia, con programa de Auto Cad.

Figura 31. **Momentos flexionantes de carga viva en vigas, marco crítico (2), sentido X (kg-m)**



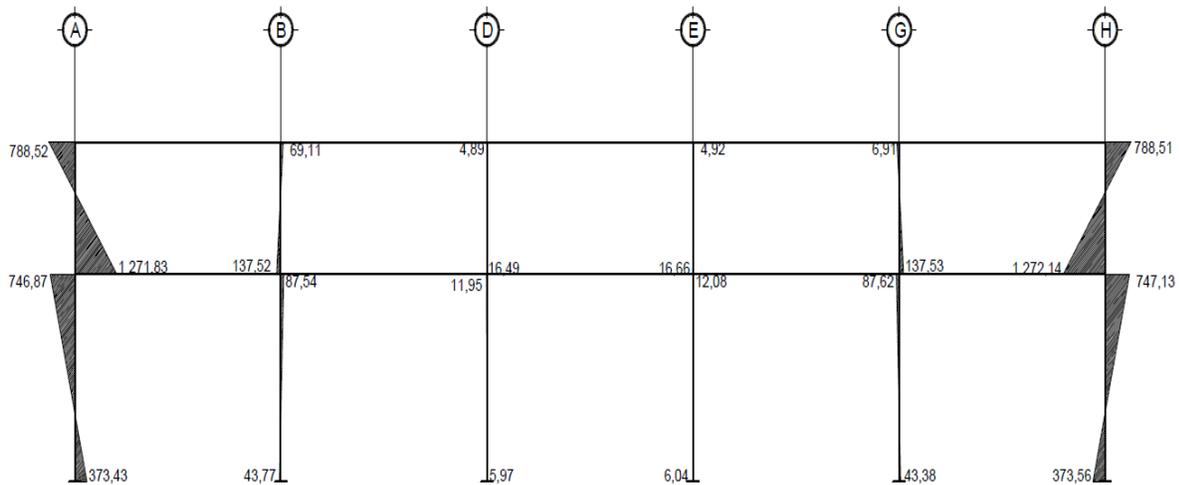
Fuente: elaboración propia, con programa de Auto Cad.

Figura 32. **Momentos flexionantes de carga viva en columnas, marco crítico (D), sentido Y (kg-m)**



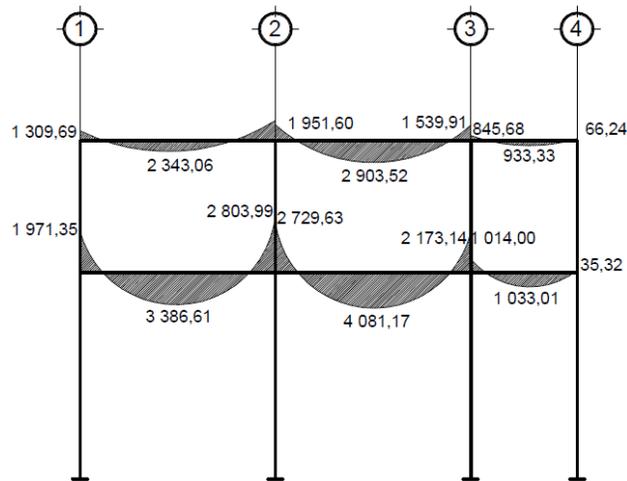
Fuente: elaboración propia, con programa de Auto Cad.

Figura 33. **Momentos flexionantes de carga viva en columnas, marco crítico (2), sentido X (kg-m)**



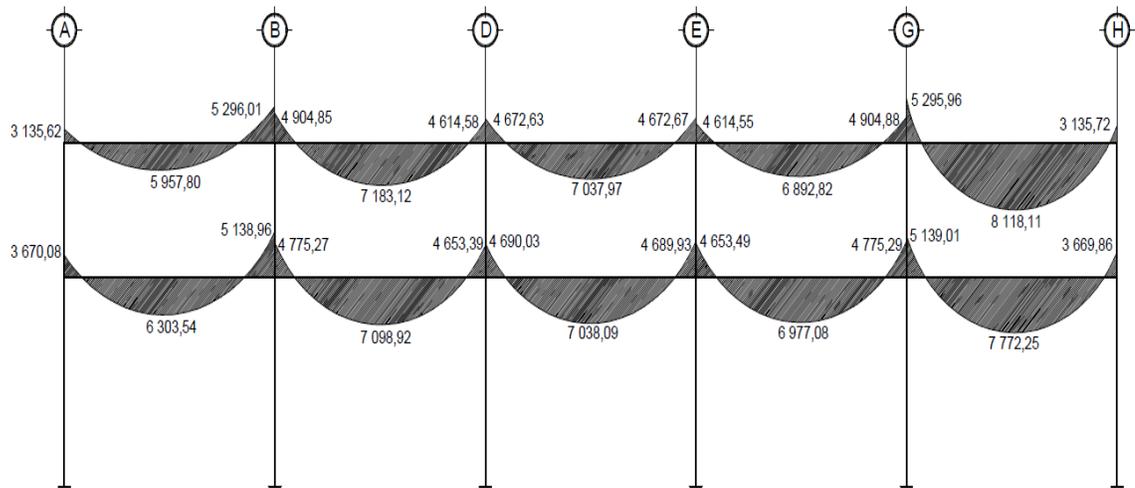
Fuente: elaboración propia, con programa de Auto Cad.

Figura 34. **Momentos flexionantes de carga muerta en vigas, marco crítico (D), sentido Y (kg-m)**



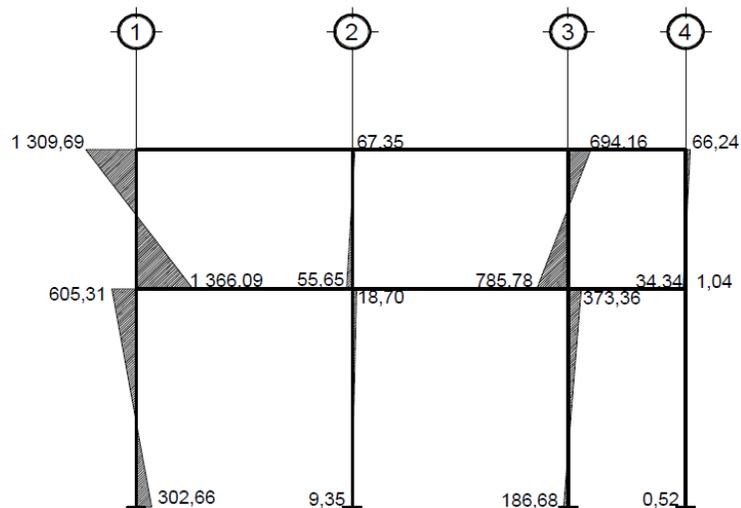
Fuente: elaboración propia, con programa de Auto Cad.

Figura 35. **Momentos flexionantes de carga muerta en vigas, marco crítico (2), sentido X (kg-m)**



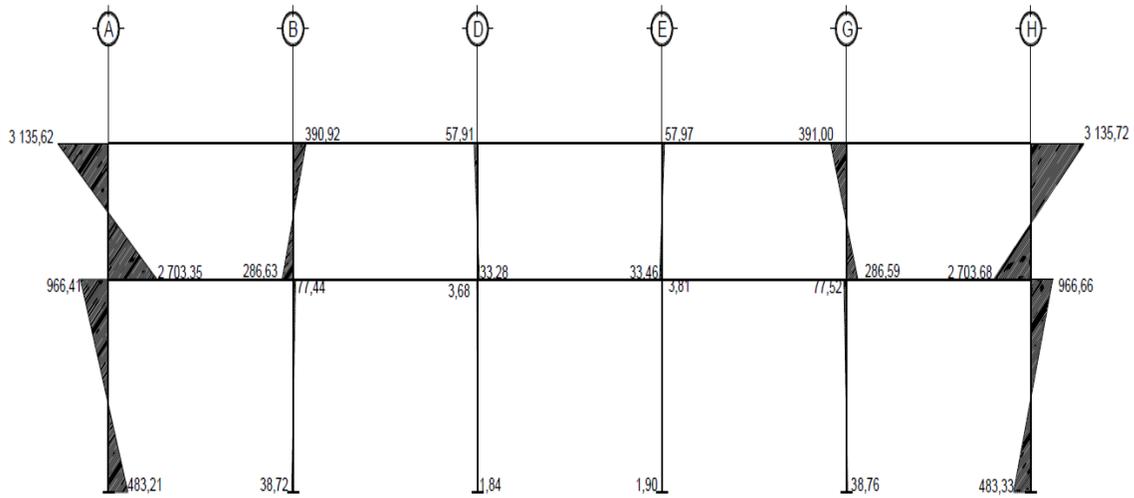
Fuente: elaboración propia, con programa de Auto Cad.

Figura 36. **Momentos flexionantes de carga muerta en columnas, marco crítico (D), sentido Y (kg-m)**



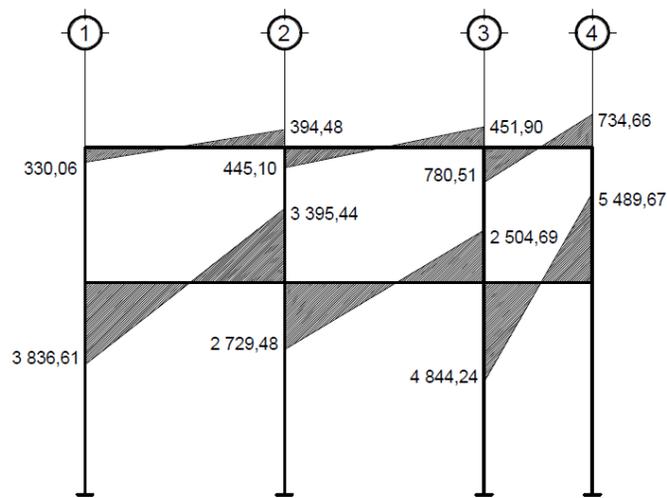
Fuente: elaboración propia, con programa de Auto Cad.

Figura 37. **Momentos flexionantes de carga muerta en columnas, marco crítico (2), sentido X (kg-m)**



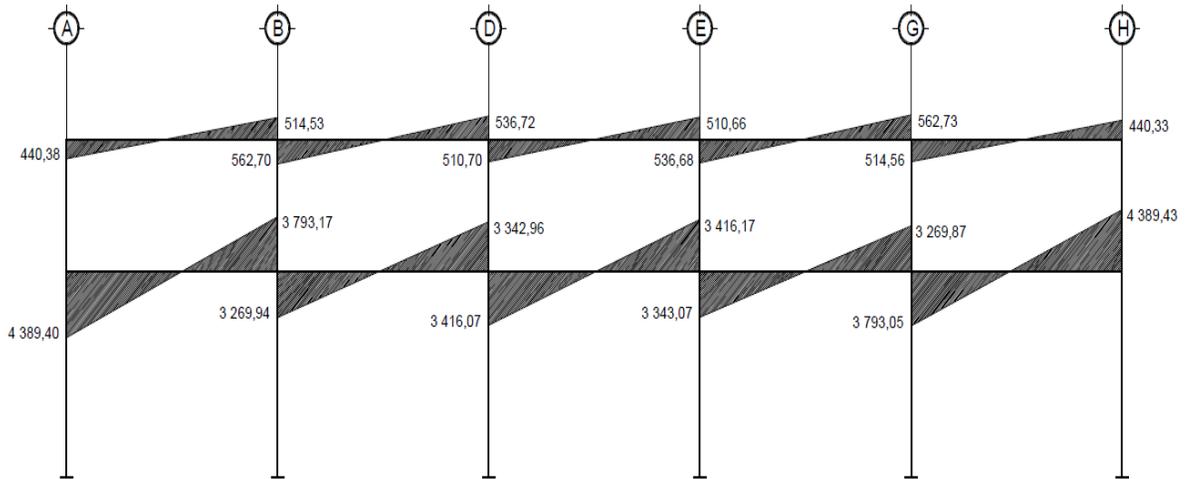
Fuente: elaboración propia, con programa de Auto Cad.

Figura 38. **Momentos flexionantes de carga sísmica en vigas, marco crítico (D), sentido Y (kg-m)**



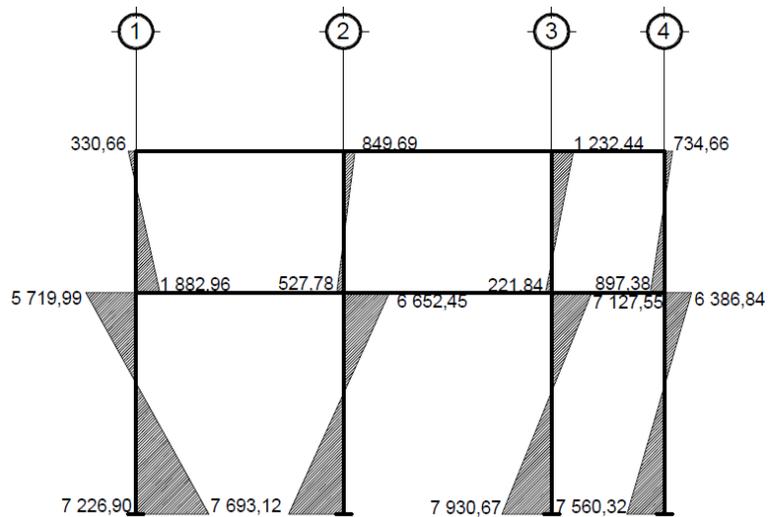
Fuente: elaboración propia, con programa de Auto Cad.

Figura 39. **Momentos flexionantes de carga sísmica en vigas, marco crítico (2), sentido X (kg-m)**



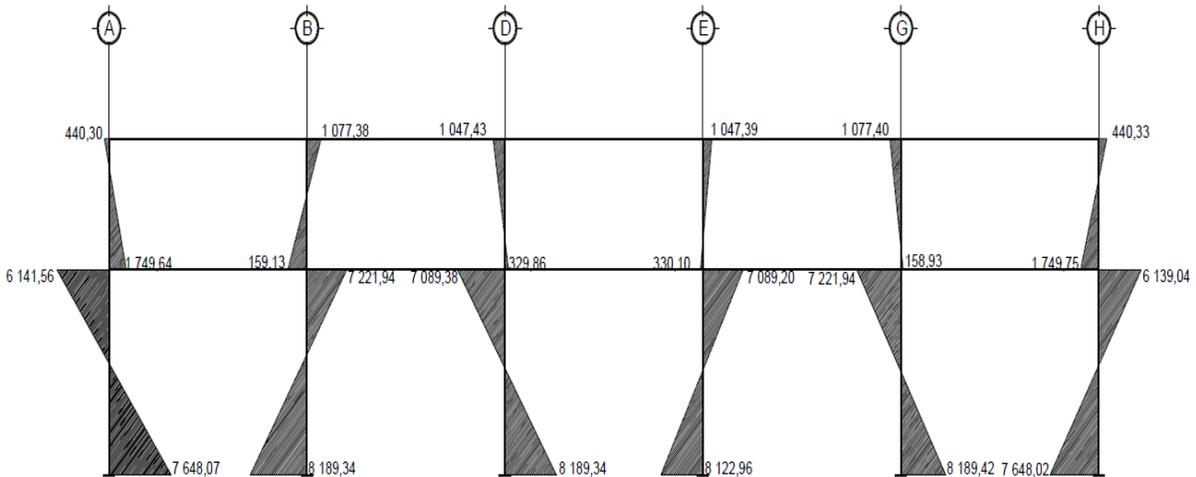
Fuente: elaboración propia, con programa de Auto Cad.

Figura 40. **Momentos flexionantes de carga sísmica en columnas, marco crítico (D), sentido Y (kg-m)**



Fuente: elaboración propia, con programa de Auto Cad.

Figura 41. **Momentos flexionantes de carga sísmica en columnas, marco crítico (2), sentido X (kg-m)**



Fuente: elaboración propia, con programa de Auto Cad.

2.2.5.6. Comparación de resultados del Método de Kanni con ETABS

Análisis estructural por ETAB'S V9.2, para lograr un buen análisis por medio de este software, se tiene que especificar con qué tipo de material se diseñará la edificación y la geometría de los elementos estructurales, como las cargas que actuarán a lo largo de la vida útil de diseño.

Datos de entrada

Especificaciones generales

Concreto vigas: $f''c = 210 \text{ kg/cm}^2$

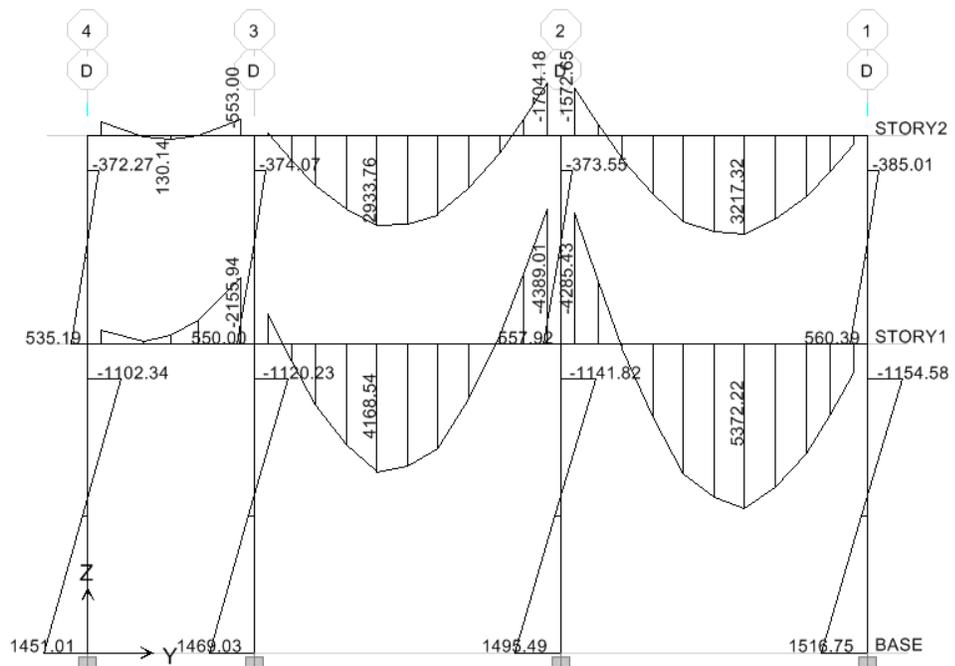
Concreto columnas $f''c = 280 \text{ kg/cm}^2$

Peso por unidad de volumen: $2\,400 \text{ kg/cm}^3$

Modulo de elasticidad: $251\,000,00 \text{ kg/cm}^2$

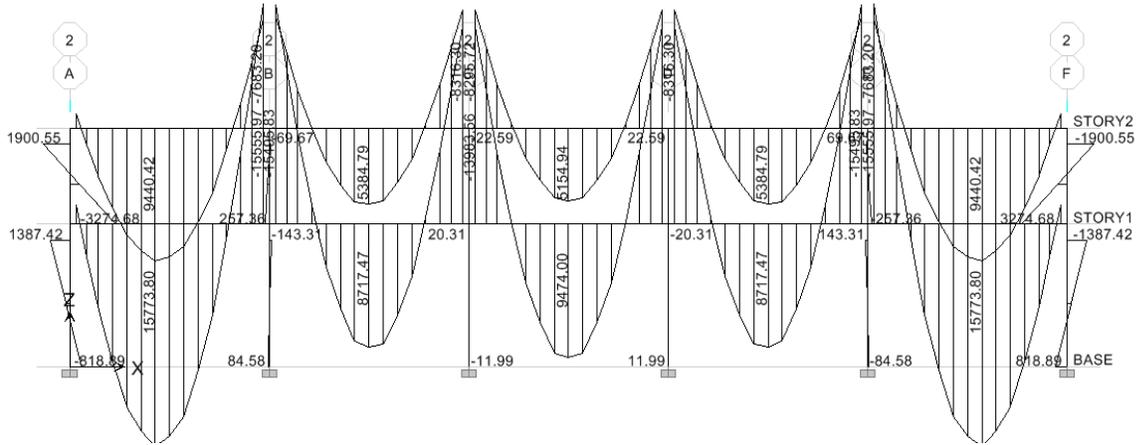
Acero: $f_y = 4\,200\text{ kg/cm}^2$, $f_{ys} = 4\,200\text{ kg/cm}^2$
 Coeficiente de Poisson: 0,2
 Vigas: 0,25 m x 0,45 m y 0,30 m x 0,50 m
 Columnas: 0,40 m x 0,40 m

Figura 42. Diagrama de momentos últimos (kg-m) marco D



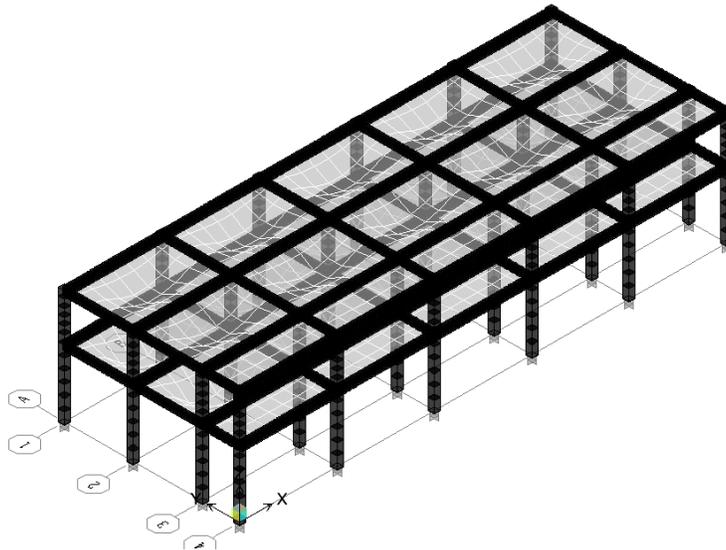
Fuente: elaboración propia, con programa de ETABS.

Figura 43. Diagrama de momentos últimos (kg-m) marco 2



Fuente: elaboración propia, con programa de ETABS.

Figura 44. Isométrico de deformaciones en marcos rígidos



Fuente: elaboración propia, con programa de ETABS.

Los resultados de ambos métodos variaron en un margen del 25 %, el diseño se realizó con los valores obtenidos del método numérico (Kanni), por ser un método más conservador.

2.2.5.7. Envolvente de momentos

La envolvente de momentos, es la representación de los esfuerzos máximos que ocurren al superponer los efectos de las cargas muerta, viva, y sismo, las combinaciones que se usan, son del código ACI 318-08 para concreto reforzado. La fuerza de corte y momentos flectores, se toman a rostro para el diseño estructural. Para el diseño se toman los valores máximos.

- $M_U = 1,4M_{CM} + 1,7M_{CV}$
- $M_U = 0,75 (1,4 M_{CM} + 1,7 M_{CV} + 1,87 M_{CS})$
- $M_U = 0,75 (1,4 M_{CM} + 1,7 M_{CV} - 1,87 M_{CS})$
- $M_U = 0,9M_{CM} + 1,43M_{CS}$
- $M_U = 0,9M_{CM} - 1,43M_{CS}$

Donde:

- M_U = momento último
- M_{CM} = momento por carga muerta
- M_{CV} = momento por carga viva
- M_{CS} = momento por carga de sismo

La tabla XXV, contiene las diferentes combinaciones que se pueden obtener para los momentos; de las cuales, para cada caso se obtiene la mayor de las mismas.

Tabla XXV. Marco D, envolvente de momentos

ELEMENTO	C.M.	C.V.	C.S.	1.4C.M.+1.7C.V.	0.75(1.4C.M. + 1.7C.V. + 1.87E)	0.75(1.4C.M. + 1.7C.V. - 1.87E)	0.9C.M. + 1.43E	0.9C.M. - 1.43E	ENVOLVENTE	M (-) INVERSIÓN
VIGA A-B										
M A-B	1,31	0,31	0,33		2,24	1,31	1,65	0,71	2,24	
M(+)	2,34	0,50	3,44	4,13					4,13	
M B-A	2,02	0,39	0,39		3,17	2,06	2,38	1,25	3,17	
VIGA B-C										
M B-C	1,95	0,38	0,46		3,17	1,89	2,41	1,11	3,17	
M(+)	2,90	0,57	3,35	5,03					5,03	
M C-B	1,54	0,32	0,45		2,65	1,39	2,03	0,74	2,65	
VIGA C-D										
M C-D	0,85	0,14	0,78		2,16	-0,03	1,88	-0,36	2,16	-0,36
M(+)	0,93	0,15	0,21	1,56					1,56	
M D-C	0,07	0,03	0,73		1,14	-0,92	1,11	-0,99	1,14	-0,99
VIGA E-F										
M E-F	1,97	0,80	3,84		8,48	-2,28	7,26	-3,71	8,48	-3,71
M(+)	3,39	1,42	0,19	7,15					7,15	
M F-E	2,80	1,20	3,40		9,24	-0,29	7,38	-2,33	9,24	-2,33
VIGA F-G										
M F-G	2,73	1,16	2,73		8,17	0,51	6,36	-1,45	8,17	-1,45
M(+)	4,08	1,72	1,19	8,64					8,64	
M G-F	2,17	0,95	2,50		7,00	-0,02	5,54	-1,63	7,00	-1,63
VIGA G-H										
M G-H	1,01	0,58	4,84		8,59	-5,00	7,84	-6,01	8,59	-6,01
M(+)	1,03	0,69	4,62	2,62					2,62	
M H-G	0,04	0,11	5,49		7,88	-7,52	7,88	-7,82	7,88	-7,82
COLUMNAS										
M A-E	1,31	0,31	0,33		2,24	1,31			2,24	
M E-A	1,37	0,51	1,88		4,72	-0,56			4,72	
M B-F	0,07	0,01	0,85		1,27	-1,11			1,27	
MF-B	0,06	0,03	0,53		0,83	-0,65			0,83	
M C-G	0,69	0,18	1,23		2,68	-0,77			2,68	
M G-C	0,79	0,24	-0,22		0,82	1,44			0,82	
M D-H	0,07	0,03	0,73		1,14	-0,92			1,14	
M H-D	0,03	0,07	0,90		1,38	-1,14			1,38	

Continuación de la tabla XXV.

ZAPATAS										
M E-I	0,61	0,30	5,72		9,04	-7,01			9,04	
M I-E	0,30	0,15	7,23		10,64	-9,63			10,64	
M F-J	0,02	0,02	6,65		9,37	-9,29			9,37	
M J-F	0,01	0,01	7,69		10,81	-10,77			10,81	
M G-K	0,37	0,13	7,13		10,55	-9,44			10,55	
M K-G	0,19	0,07	7,93		11,40	-10,84			11,40	
M H-L	0,00	0,05	6,39		9,02	-8,90			9,02	
M L-H	0,00	0,02	7,56		10,57	-10,63			10,57	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVI. Marco 2, envolvente de momentos

ELEMENTO	C.M.	C.V.	C.S.	1.4C.M.+1.7C.V.	0.75(1.4C.M. + 1.7C.V. + 1.87E)	0.75(1.4C.M. + 1.7C.V. - 1.87E)	0.9C.M. + 1.43E	0.9C.M. - 1.43E	ENVOLVENTE	M (-) INVERSIÓN
VIGA A-B										
M A-B	3,14	0,79	0,44		4,92	3,68	3,45	2,19	4,92	
M(+)	5,96	1,29	6,56	10,53					10,53	
M B-A	5,30	1,00	0,51		7,56	6,12	5,50	4,03	7,56	
VIGA B-C										
M B-C	4,90	0,93	0,56		7,13	5,55	5,22	3,61	7,13	
M(+)	7,18	1,40	6,49	12,44					12,44	
M C-B	4,61	0,93	0,54		6,78	5,28	4,92	3,39	6,78	
VIGA C-D										
M C-D	4,67	0,93	0,51		6,81	5,38	4,94	3,48	6,81	
M(+)	7,04	1,40	6,53	12,23					12,23	
M D-C	4,67	0,93	0,51		6,81	5,38	4,94	3,48	6,81	
VIGA D-E										
M D-E	4,61	0,93	0,54		6,78	5,28	4,92	3,39	6,78	
M(+)	7,04	4,19	6,49	16,98					16,98	
M E-D	4,90	0,93	0,56		7,13	5,55	5,22	3,61	7,13	
VIGA E-F										

Continuación de la tabla XXVI.

M E-F	5,30	1,00	0,51		7,56	6,12	5,50	4,03	7,56	
M(+)	8,12	1,50	6,56	13,92					13,92	
M F-E	3,14	0,79	0,44		4,92	3,68	3,45	2,19	4,92	
VIGA G-H										
M G-H	3,67	2,02	4,39		12,58	0,27	9,58	-2,97	12,58	-2,97
M(+)	6,30	3,65	2,95	15,02					15,02	
M H-G	5,14	3,11	3,79		14,68	4,04	10,05	-0,80	14,68	-0,80
VIGA H-I										
M H-I	4,78	2,88	3,27		13,28	4,10	8,97	-0,38	13,28	0,38
M(+)	7,10	4,25	3,73	17,17					17,17	
M I-H	4,65	2,76	3,34		13,09	3,71	8,97	-0,59	13,09	-0,59
VIGA I-J										
M I-J	4,69	2,79	3,42		13,27	3,69	9,11	-0,66	13,27	-0,66
M(+)	7,04	4,19	3,62	16,98					16,98	
M J-I	4,69	2,79	3,42		13,27	3,69	9,11	-0,66	13,27	-0,66
VIGA J-K										
M J-K	4,65	2,76	3,34		13,09	3,71	8,97	-0,59	13,09	-0,59
M(+)	6,98	4,13	3,73	16,79					16,79	
M K-J	4,78	2,88	3,27		13,28	4,10	8,97	-0,38	13,28	-0,38
VIGA K-L										
M K-L	5,14	3,11	3,79		14,68	4,04	10,05	-0,80	14,68	-0,80
M(+)	7,77	4,74	2,95	18,93					18,93	
M L-K	3,67	2,02	4,39		12,58	0,27	9,58	-2,97	12,58	-2,97
COLUMNAS										
M A-G	3,14	0,79	0,44		4,74	3,68			4,74	
M G-A	2,70	1,27	1,75		6,21	2,01			6,21	
M B-H	0,39	0,07	1,08		1,58	-1,01			1,58	
M H-B	0,29	0,14	0,16		0,64	0,25			0,64	
M C-I	0,06	0,00	1,05		1,11	-1,40			1,11	
M I-C	0,03	0,02	0,33		0,39	-0,41			0,39	
M D-J	0,06	0,00	1,05		1,11	-1,40			1,11	
M J-D	0,03	0,02	0,33		0,39	-0,41			0,39	
M E-K	0,39	0,07	1,08		1,58	-1,01			1,58	
M K-E	0,29	0,14	0,16		0,64	0,25			0,64	
M F-L	3,14	0,79	0,44		4,74	3,68			4,74	
M L-F	2,70	1,27	1,75		6,21	2,01			6,21	
ZAPATAS										

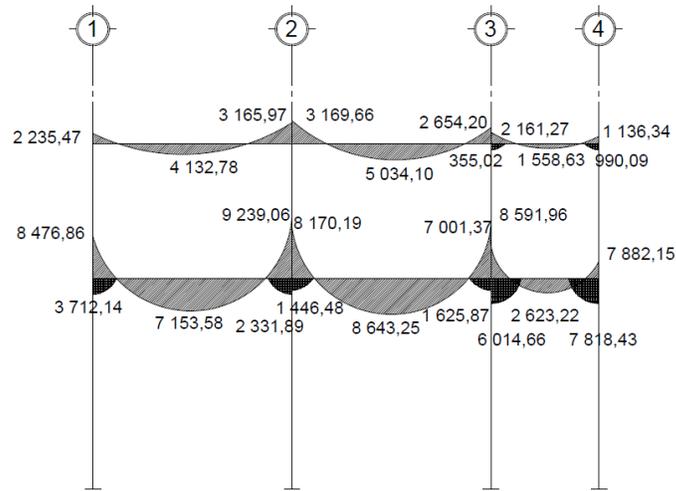
Continuación de la tabla XXVI.

M G-M	0,97	0,75	6,14		8,11	-6,65			8,11	
M M-G	0,48	0,37	7,65		8,63	-9,74			8,63	
M H-N	0,08	0,09	3,79		3,99	-5,13			3,99	
M N-H	0,04	0,04	8,19		8,29	-11,39			8,29	
M I-O	0,00	0,01	7,09		7,11	-9,92			7,11	
M O-I	0,00	0,01	8,12		8,13	-11,38			8,13	
M J-P	0,00	0,01	7,09		7,11	-9,92			7,11	
M P-J	0,00	0,01	8,12		8,13	-11,38			8,13	
M K-Q	0,08	0,09	7,22		7,42	-9,94			7,42	
M Q-K	0,04	0,04	8,19		8,29	-11,39			8,29	
M L-R	0,97	0,75	6,14		8,11	-6,64			8,11	
M R-L	0,48	0,37	7,65		8,63	-9,74			8,63	

Fuente: elaboración propia.

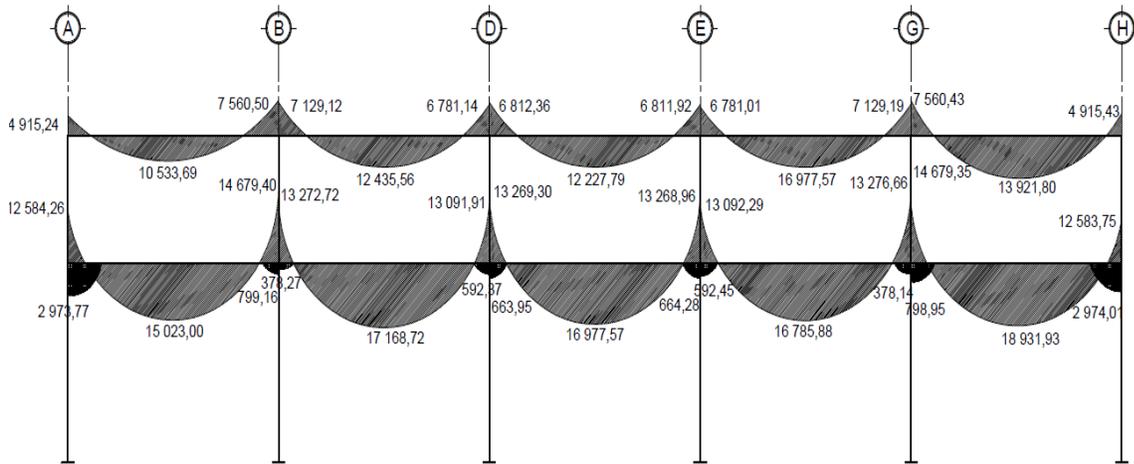
Se comprobó que los valores críticos se encuentran en las combinaciones de las ecuaciones 1 y 2, ya que para el momento positivo en los marcos, solo influyen 2 cargas, las cuales son carga muerta y viva, se utiliza para encontrar el momento mayor la ecuación 1 y para los momentos de empotramiento influyen las 3 cargas analizadas: carga viva, carga muerta y carga de sismo, por lo que se utiliza la ecuación 2. Ambas ecuaciones dan los mayores momentos en los marcos. A continuación se presentan los diagramas de envolventes de momentos en vigas y columnas, para ambos sentidos, X y Y.

Figura 45. **Envolvente de momentos en vigas eje D, sentido Y (kg-m)**



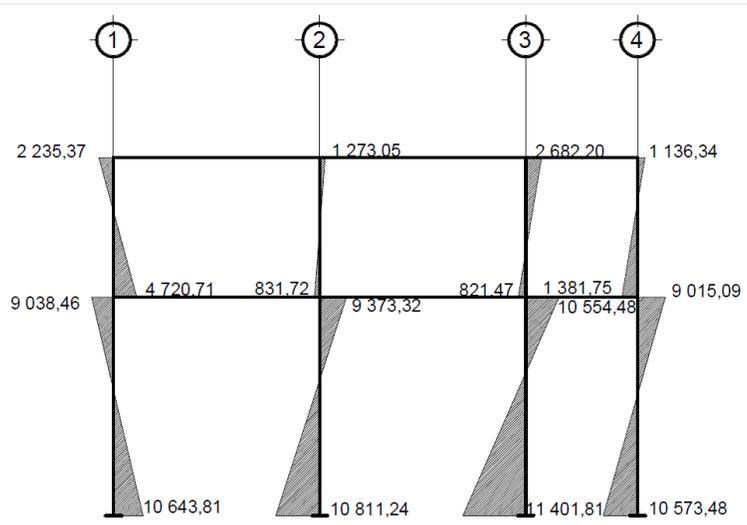
Fuente: elaboración propia, con programa de Auto Cad.

Figura 46. **Envolvente de momentos en vigas eje 2, sentido X (kg-m)**



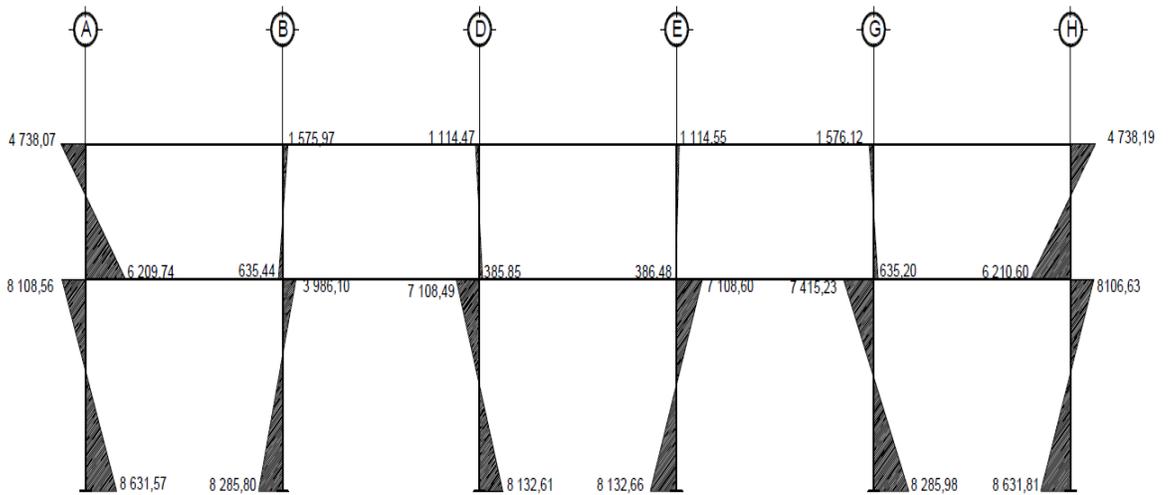
Fuente: elaboración propia, con programa de Auto Cad.

Figura 47. **Envolvente de momentos en columnas eje D, sentido Y (kg-m)**



Fuente: elaboración propia, con programa de Auto Cad.

Figura 48. **Envolvente de momentos en columnas eje 2, sentido X (kg-m)**



Fuente: elaboración propia, con programa de Auto Cad.

2.2.5.8. Diagrama de corte y momento

La fuerza cortante, es la suma algebraica de todas las fuerzas externas perpendiculares al eje del elemento estructural y se utiliza para el diseño de los estribos. Los cortes en los marcos, se calculan con las fórmulas siguientes:

- Corte en vigas

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

- Corte en columnas

$$V_c = \frac{\sum M_{COL}}{L}$$

Ejemplo de corte en viga, eje 2 primer nivel, viga D-E:

$$V_v = 0,75 \left[\frac{1,4(1\ 441,38 * 6,25)}{2} + \frac{1,7(286,08 * 6,25)}{2} + \frac{1,87(536,68 + 562,73)}{6,25} \right]$$

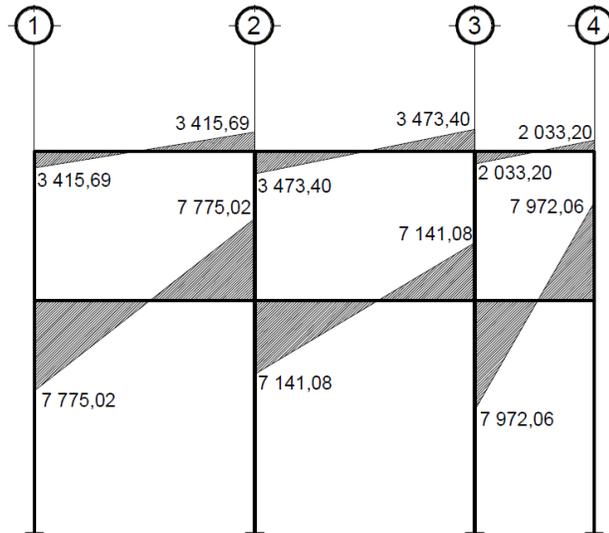
$$V_v = 6\ 116,09 \text{ kg}$$

Ejemplo de corte en columna, eje 2 primer nivel, columna I-O.

$$V_c = \frac{(7\ 108,49 + 8\ 132,61)}{4,7} = 3\ 242,79 \text{ kg}$$

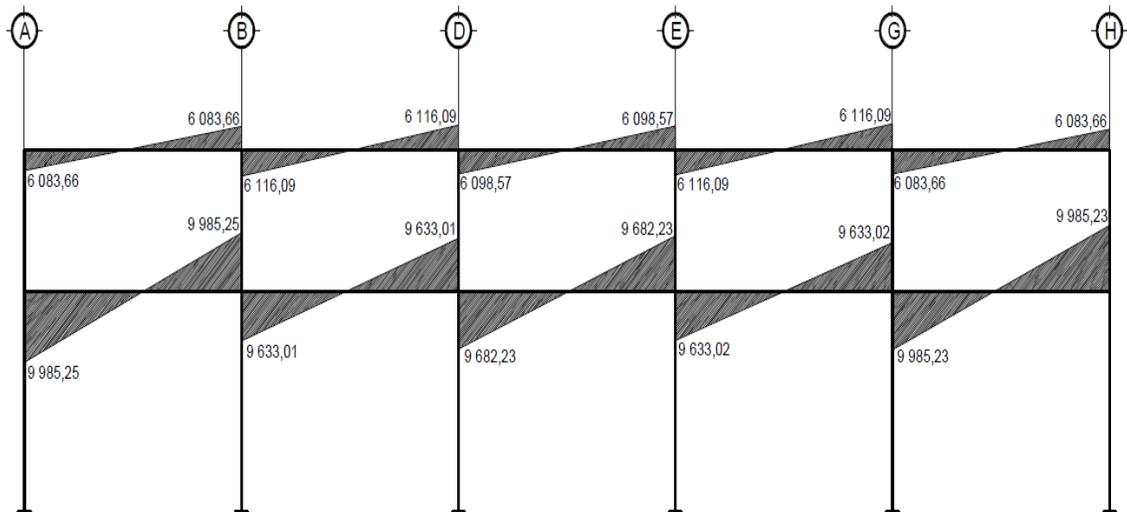
Los resultados para los marcos analizados se presentan en las figuras 48 a la 51.

Figura 49. Diagrama de corte en vigas eje D, sentido Y (kg)



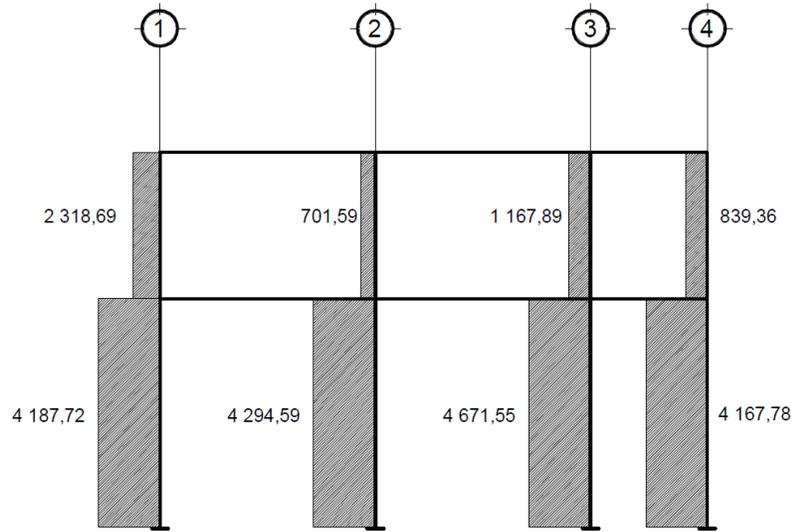
Fuente: elaboración propia, con programa de Auto Cad.

Figura 50. Diagrama de corte de vigas eje 2, sentido X (kg)



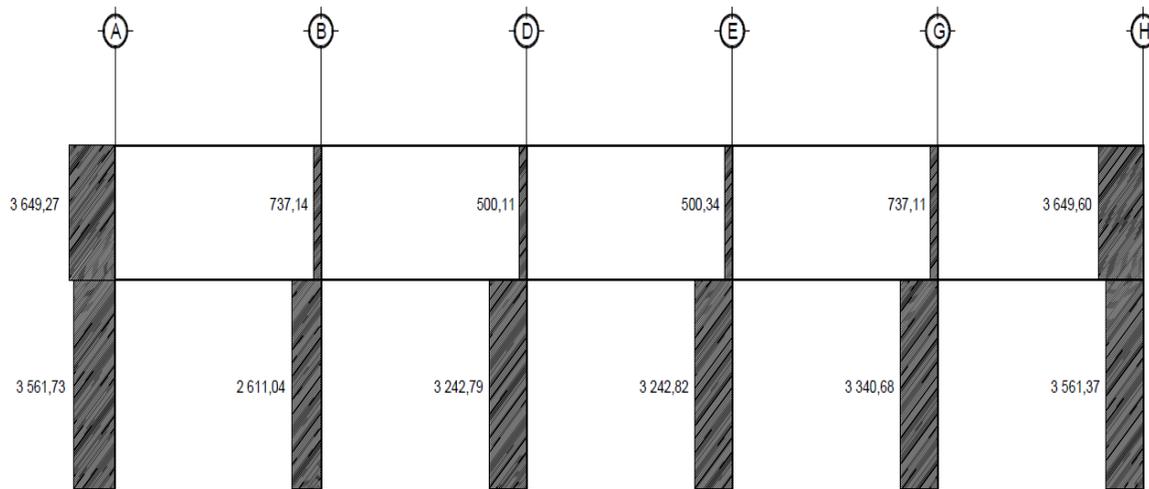
Fuente: elaboración propia, con programa de Auto Cad.

Figura 51. Diagrama de corte en columnas eje D, sentido Y (kg)



Fuente: elaboración propia, con programa de Auto Cad.

Figura 52. Diagrama de corte en columnas eje 2, sentido X (kg)



Fuente: elaboración propia, con programa de Auto Cad.

2.2.6. Diseño estructural

La resistencia real es la característica particular más relevante de cualquier elemento estructural, esta debe ser lo más alta posible para resistir, con buen margen de reserva, todas las cargas previsibles que puedan actuar sobre aquel, durante la vida de la estructura, sin presentar falla o cualquier otro efecto.

Es decir, que el diseño estructural tiene el fin de dimensionar los elementos, para que la resistencia sea adecuada para soportar las fuerzas resultantes ante ciertos estados hipotéticos de sobrecarga, aplicando cargas mayores que las cargas que se espera que actúen en la realidad durante el servicio.

En el diseño estructural de este proyecto, se aplicaron las siguientes especificaciones:

Materiales:

$f_y =$	4 200 kg/cm ²
$f'c$ columnas y zapatas =	281 kg/cm ²
$f'c$ vigas =	210 kg/cm ²
γ concreto =	2 400 kg/cm ³
γ suelo =	1 350 kg/cm ³

Recubrimientos:

Cimentaciones = 0,075 m

Columnas = 0,03 m

Vigas = 0,03 m

Losas = 0,03 m

2.2.6.1. Diseño de losas

- Sistema vigueta y bovedilla

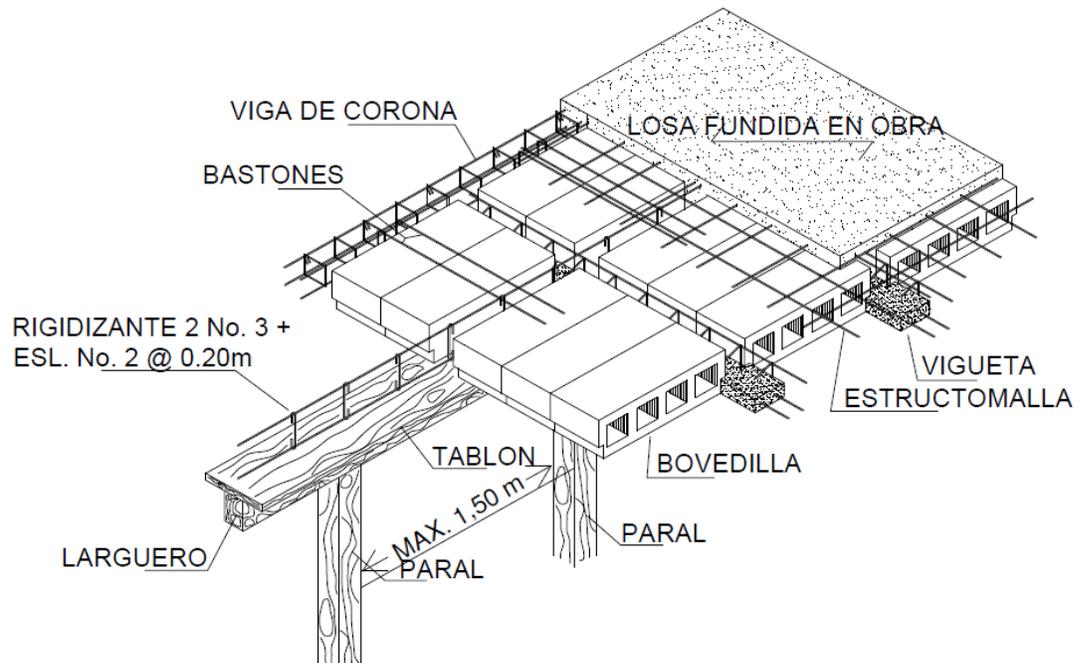
Los sistemas para losas de vigueta y bovedilla están formados por elementos estructurales (viguetas) y elementos de relleno no estructurales (bovedilla) estos elementos llevan, además, un refuerzo por temperatura, para absorber los esfuerzos provocados por cambios de temperatura y para proveer continuidad a la losa evitándose así el agrietamiento de esta; luego se funden 5 centímetros de concreto, como mínimo sobre el sistema de vigueta y bovedilla.

- Viguetas

Son elementos estructurales en los sistemas de vigueta y bovedillas, están formados por un refuerzo diagonal (zig-zag), de acero, para proporcionar continuidad entre el patín (pastilla) precolado que, generalmente, tienen 5 centímetros de espesor y el resto de la fundición, para absorber los esfuerzos de compresión y formar con la fundición final una viga T.

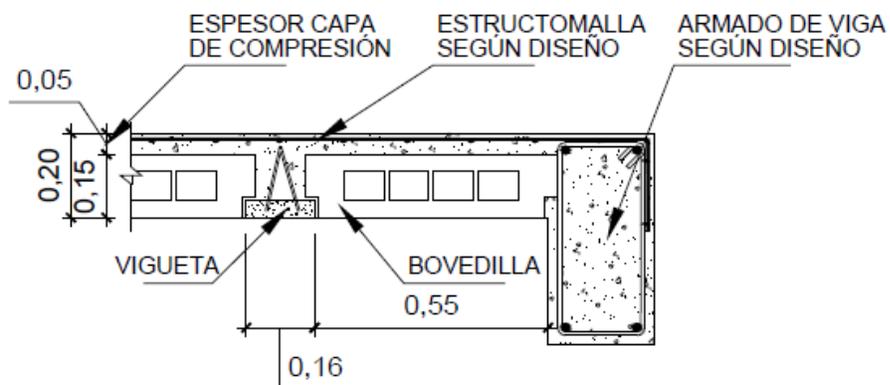
Las viguetas son elementos que trabajan a flexión, las cuales deben analizarse y diseñarse como vigas rectangulares o vigas en T, según el comportamiento de las viguetas bajo la acción de carga y momento.

Figura 53. **Isométrico de armado de losa prefabricada**



Fuente: elaboración propia, con programa de Auto Cad.

Figura 54. **Detalle de inicio de modulación para losa prefabricada**



Fuente: elaboración propia, con programa de Auto Cad.

2.2.6.2. Diseño de vigas

Las vigas son los elementos horizontales que reciben las cargas de las losas y las transmiten a las columnas, estas trabajan fundamentalmente a flexión, serán diseñadas por el método de resistencia última, que se basa en la suposición de que los elementos fallan cuando alcanzan la resistencia última, utilizando cargas factorizadas y reduciendo la resistencia de los materiales por medio del factor de reducción (ϕ), dicho factor varía según las condiciones del miembro estructural (flexión, corte o compresión). El procedimiento para el diseño se ejemplifica a continuación, tomando el entrepiso del primer nivel, eje 2 viga K-L.

- Diseño de viga a flexión

Datos:

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

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

$$d = 44,41 \text{ cm}$$

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

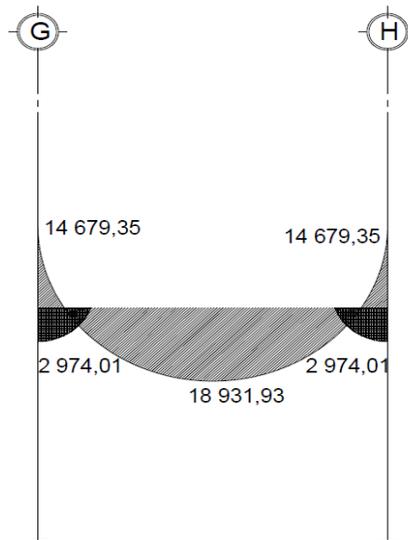
$$M(-)1 = 14\,679,35 \text{ kg-m}$$

$$M(-)2 = 14\,679,35 \text{ kg-m}$$

$$M(+) = 18\,931,93 \text{ kg-m}$$

$$Vu = 9\,985,23 \text{ kg}$$

Figura 55. **Envolvente de momento y corte en viga G-H primer nivel, eje 2, sentido X (kg-m)**



Fuente: elaboración propia, con programa de Auto Cad.

- Calcular área de acero $A_{s_{min}}$:

$$A_{s_{min}} = \rho_{min} * b * d; \quad \rho_{min} = \frac{14,1}{f_y}$$

Donde:

$A_{s_{min}}$ = área de acero mínimo

ρ_{min} = cuantía de acero mínimo

$$\rho_{min} = \frac{14,1}{4\ 200} = 0,003457$$

$$A_{s_{min}} = 0,0034 * 30\text{ cm} * 44,41\text{ cm} = 4,47\text{ cm}^2$$

- Cálculo área de acero A_{smax} :

$$A_{s_{m\acute{a}x.}} = \phi * \rho_{bal} * b * d; \quad \rho_{bal} = \frac{\beta_1 * 0,85 * f'c}{f_y} * \frac{6\ 090}{6\ 090 + F_y}$$

Donde:

$A_{s_{m\acute{a}x.}}$ = área de acero máxima

ϕ = factor de reducción según zona sísmica

ρ_{bal} = cuantía de acero balanceado

β_1 = factor de reducción $f'c$

0,85 y 6 090 = constantes

$$\rho_{bal} = \frac{0,85 * 0,85 * 210}{4\ 200} * \frac{6\ 090}{6\ 090 + 4\ 200} = 0,0213$$

$$A_{s_{m\acute{a}x.}} = 0,5 * 0,0213 * 30 * 44,41 = 14,44 \text{ cm}^2$$

- Calcular área de acero longitudinal requerido A_s :

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

Donde:

A_s = área de acero (cm^2)

M_u = momento último (kg-m)

b = base de la viga (cm)

d = peralte efectivo de la viga (cm)

$f'c$ = resistencia del concreto (kg/cm^2)

f_y = resistencia del acero (kg/cm^2)

Esta ecuación se basa en el balance de la fuerza de tensión y la de compresión (tensión = compresión) y la teoría del bloque equivalente de Whitney.

$$A_s = \left[(30 * 44,41) - \sqrt{(30 * 44,41)^2 - \frac{14\,679,35 * 30}{0,003825 * 210}} \right] * \frac{0,85 * 210}{4200} = 9,55 \text{cm}^2$$

$$A_s = \left[(30 * 44,41) - \sqrt{(30 * 44,41)^2 - \frac{18\,931,93 * 30}{0,003825 * 210}} \right] * \frac{0,85 * 210}{4200} = 12,70 \text{cm}^2$$

$$A_s = \left[(30 * 44,41) - \sqrt{(30 * 44,41)^2 - \frac{2\,974,01 * 30}{0,003825 * 210}} \right] * \frac{0,85 * 210}{4200} = 1,80 \text{cm}^2$$

Verificando que las áreas de acero requeridas estén dentro del rango:

$$A_{s\text{min}} < A_s < A_{s\text{máx}}$$

$$4,47 \text{ cm}^2 < 9,55 \text{ cm}^2 < 14,44 \text{ cm}^2$$

$$4,47 \text{ cm}^2 < 12,70 \text{ cm}^2 < 14,44 \text{ cm}^2$$

$$1,80 \text{ cm}^2 < 4,47 \text{ cm}^2$$

Como se observa en los resultados, las áreas requeridas de los momentos positivos y negativos se encuentran dentro del rango, pero las de los momentos de inversión no, lo cual nos indica que serán cubiertas por el área

de acero mínimo. Luego se procede a proponer diámetros de barras de acero para cubrir los momentos; el capítulo 21 del código ACI 318-08 en la sección 21.5.2.2. da los siguientes parámetros para calcular el refuerzo corrido y los bastones:

- Cama superior: colocar 2 varillas corridas longitudinales como mínimo, con el área mayor de las siguientes opciones:
 - $A_{smin} = 4,47 \text{ cm}^2$
 - 33% $A_s(-)$ mayor $3,15 \text{ cm}^2$

} Colocar $4,47 \text{ cm}^2$

Armado propuesto 2 varillas corridas No. 6 = $5,68 \text{ cm}^2$.

Armado final; 2 varillas corridas No.6 = $5,68 \text{ cm}^2$, A_s demandado por el momento negativo $A_s = 9,55 \text{ cm}^2$, diferencia $3,87 \text{ cm}^2$, por lo que se debe colocar 1 bastón No.7 = $3,87 \text{ cm}^2$, dando en total $9,55 \text{ cm}^2$.

- Cama inferior: colocar 2 varillas corridas longitudinales como mínimo, con el área mayor de las siguientes opciones:
 - $A_{smin} = 4,47 \text{ cm}^2$
 - 50% $A_s(+)$ = $6,35 \text{ cm}^2$
 - 50% $A_s(-)$ mayor = $4,77 \text{ cm}^2$

} Colocar $6,35 \text{ cm}^2$

Armado propuesto 2 varillas corridas No. 7 = $7,75 \text{ cm}^2$

Armado final; 2 varillas corridas No.7 = $7,75 \text{ cm}^2$, A_s demandado por el momento negativo $A_s = 12,70 \text{ cm}^2$, diferencia $4,95 \text{ cm}^2$, por lo que se debe colocar 1 bastón No.8 = $5,07 \text{ cm}^2$, dando en total $12,82 \text{ cm}^2$.

- Diseño de viga a corte

Luego de calcular el armado por flexión, se calcula el refuerzo para resistir los esfuerzos de corte (estribos), sobre la viga, para lo cual se recurre al diagrama de corte de la viga (ver figura 55).

El corte que resiste el concreto se calcula con la siguiente fórmula:

$$\phi V_c = \phi * 0,53 * \sqrt{f'c} * b * d$$

Donde:

V_c = corte resistente del concreto

0,53 = constante

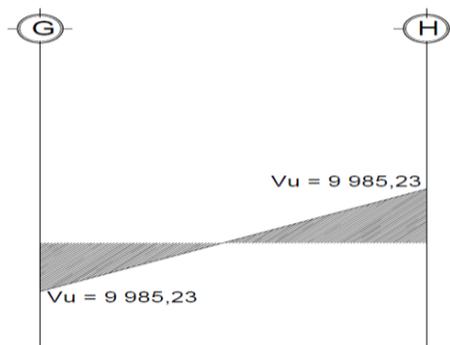
ϕ = factor de reducción de resistencia

$f'c$ = resistencia del concreto

b = base de la viga

d = peralte efectivo de la viga

Figura 56. **Diagrama de corte en viga G-H primer nivel, eje 2, sentido X (kg)**



Fuente: elaboración propia, con programa de Auto Cad.

$$V_c = 0,85 * 0,53 * \sqrt{210} * 30 * 44,41 = 8\,698,23 \text{ kg}$$

Comparar corte resistente con corte último:

- Si $V_u < V_c$ la viga necesita estribos solo para armado
- Si $V_u > V_c$ se diseñan estribos por corte, por medio de la relación de triángulos semejantes, dando como resultado las siguientes expresiones:

$$S = \frac{2 * A_v * f_y * d}{V_u}; \quad I = \frac{L}{2} - I'; \quad I' = \frac{V_c * \left(\frac{L}{2}\right)}{V_u}$$

Donde:

S = espaciamiento de estribos cuando $V_u > V_c$

A_v = área transversal de la varilla (No.3)

I = longitud de confinamiento

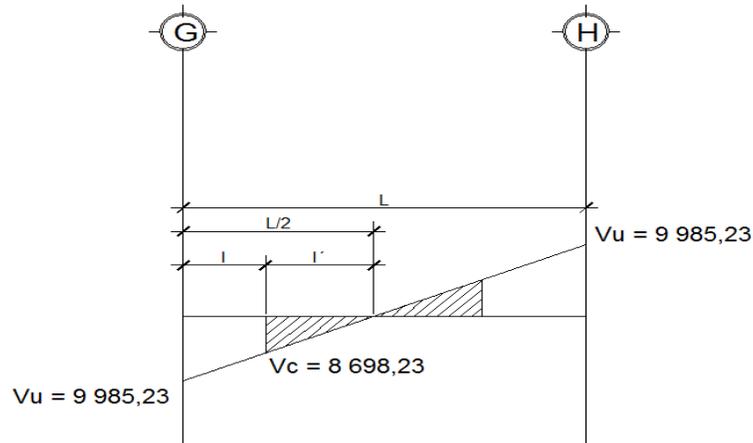
I' = longitud no confinada

L = longitud de la viga

f_y = resistencia del acero

d = peralte efectivo

Figura 57. **Diagrama de corte último y corte resistente en viga primer nivel, eje 2, sentido X (kg)**



Fuente: elaboración propia, con programa de Auto Cad.

9 985,23 kg > 8 698,23 kg (se necesita refuerzo a corte).

$$I' = \frac{8\,698,23 \cdot \left(\frac{6,25 \cdot 100}{2}\right)}{9\,985,23} = 272,72 \text{ cm}$$

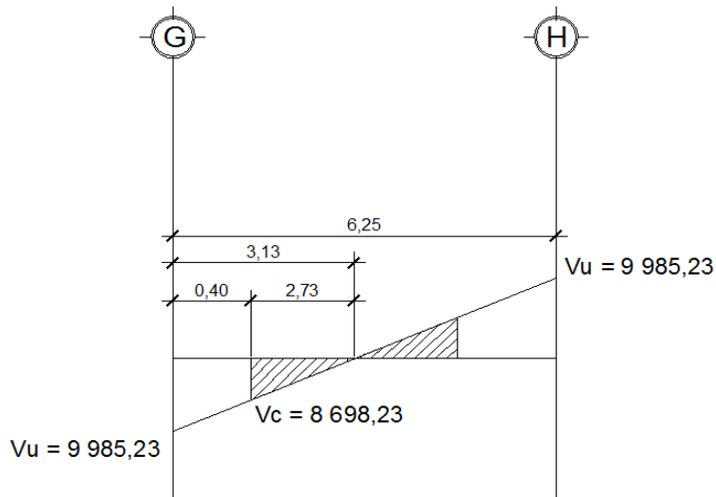
$$I = \left(\frac{6,25 \cdot 100}{2}\right) - 272,72 = 40,27 \text{ cm}$$

Se propone utilizar estribos No. 3, luego calcular el espaciamiento de los estribos de acuerdo a los requerimientos de la sección 21.5.3.2 del código ACI 318-08.

$$S = \frac{2 \cdot 0,71 \cdot 4\,200 \cdot 44,41}{9\,985,23} = 26,64 \text{ cm}$$

Para facilitar el armado de la viga se utilizara $I' = 2,73$ metros y $I = 0,40$ metros.

Figura 58. **Diagrama de corte por resistir en viga G-H primer nivel, eje 2, sentido X (kg)**



Fuente: elaboración propia, con programa de Auto Cad.

Se deben colocar estribos cerrados de confinamiento en una longitud igual a 2 veces el peralte efectivo del elemento, medida desde la cara del elemento de apoyo hacia el centro de la luz, en ambos lados del elemento a flexión. El primer estribo cerrado de confinamiento, debe estar situado a no más de 50 milímetros de la cara del elemento de apoyo.

El espaciamiento de los estribos cerrados en la longitud de confinamiento no debe exceder el menor de: (a) $d/4$; (b) ocho veces el diámetro de las barras longitudinales más pequeñas; (c) 24 veces el diámetro de la barra del estribo cerrado de confinamiento; (d) 30 cm.

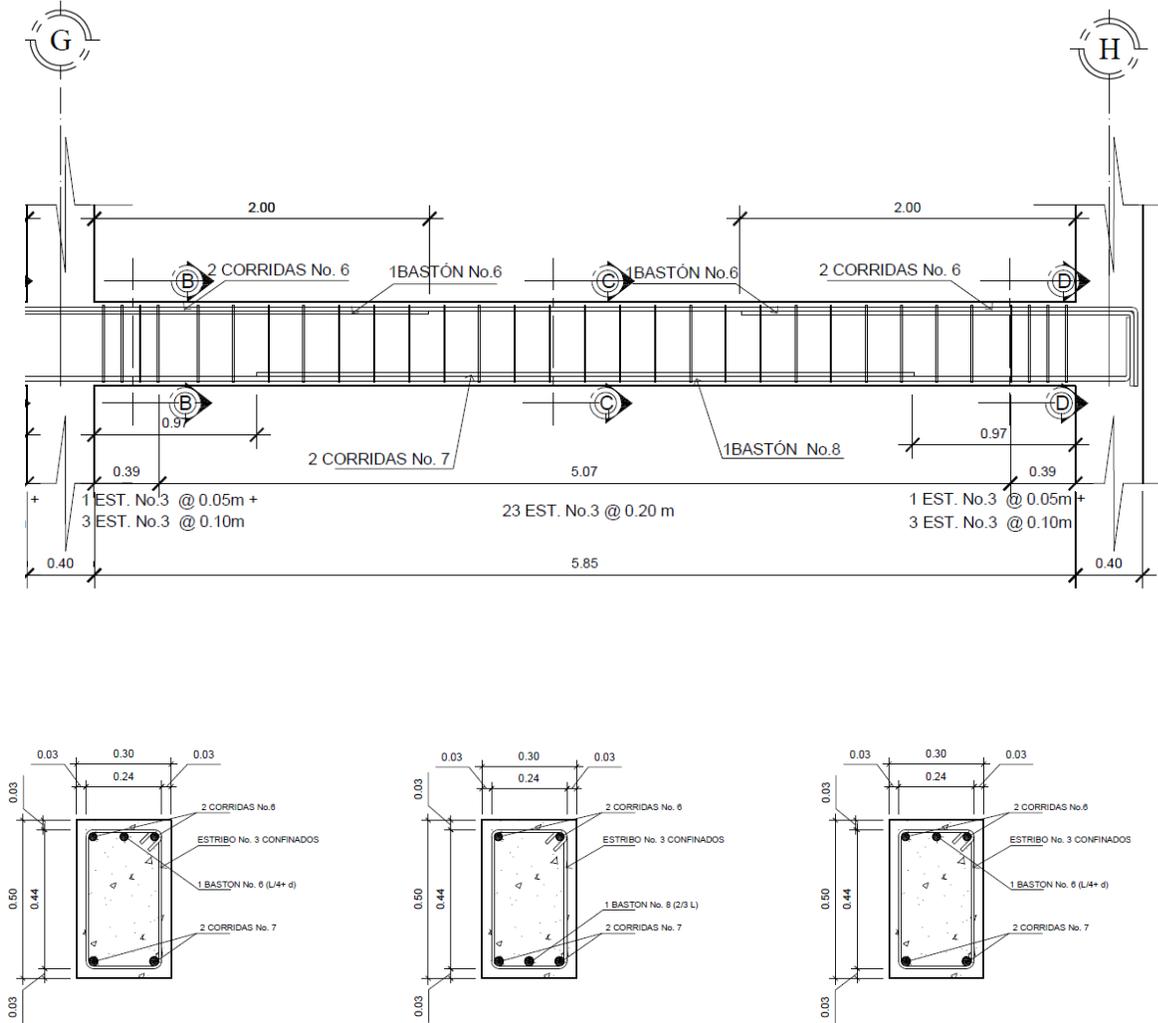
$$S_{\text{máx.}} = \left\{ \begin{array}{l} \frac{d}{4} = \frac{44,41}{4} = 11,10 \text{ cm} \\ 8 * 2,85 = 22,8 \text{ cm} \\ 24 * 0,95 = 22,8 \text{ cm} \\ 30 \text{ cm} \end{array} \right\}$$

Para la viga en cuestión, el espaciamiento de confinamiento será de 10,00 centímetros. La longitud de confinamiento = $2d = 2 \cdot 42$ centímetros. = 84,00 centímetros, o la necesaria para cubrir la longitud hasta donde el concreto es capaz de resistir el corte, en este caso 40,00 centímetros. Ahora se calcula el espaciamiento en la zona donde no se necesita de confinamiento, según ACI 318-08 sección 21.5.3.4:

$$S_{\text{máx}} = d / 2 \text{ y no mayor a } 30,00 \text{ cm} = 44,41 / 2 = 22,20 \text{ cm.}$$

Para esta viga, se utilizará $S_{\text{máx}}$ no confinado de 20 centímetros, en una longitud no confinada de $l' = 0,40$ metros.

Figura 59. Armado viga G-H eje 2, primer nivel



Fuente: elaboración propia, con programa de Auto Cad

2.2.6.3. Diseño de columnas

Las columnas son elementos estructurales que absorben la carga completa del edificio para trasladarla a la cimentación, son sometidas a flexocompresión, por lo cual además de diseñarse para resistir carga axial, también se deben reforzar para resistir momentos y esfuerzos cortantes. Debido a que la capacidad de carga de las columnas varía según la esbeltez, es necesario determinar este parámetro y evaluar si se debe o no magnificar los momentos actuantes.

Para este caso, se diseñan por cada nivel únicamente las columnas críticas, tomando el mayor de los 2 momentos actuantes obtenidos del análisis estructural. El diseño resultante por cada columna, es aplicado a todas las columnas del nivel respectivo.

A continuación se detalla el análisis y diseño de la columna crítica intersección eje B y eje 2.

Primer nivel

Datos:

Sección de columna = 40 cm * 40 cm	$CM_{N1} = 578 \text{ kg/m}^2$
Sección de viga = 30 cm * 50 cm	$CV_{N2} = 100 \text{ kg/m}^2$
Longitud de columna = 4,2 m	$CV_{N1} = 300 \text{ kg/m}^2$
Longitud de vigas = 6,25 m y 4,42 m	$Mx = 8\,285,98 \text{ kg-m}$
Área tributaria = 27,34 m ²	$My = 10\,811,24 \text{ kg-m}$
$f'c = 280 \text{ kg/m}^2$	$Vx = 4\,671,55 \text{ kg}$
$fy = 4\,200 \text{ kg/m}^2$	$Vy = 3\,340,08 \text{ kg}$
$CM_{N2} = 378 \text{ kg/m}^2$	

Determinación de carga axial

$$\begin{aligned}CU &= 1,4 \text{ CM} + 1,7 \text{ CV} \\CU_{N2} &= 1,4(378) + 1,7(100) = 699,20 \text{ kg/m}^2 \\CU_{N1} &= 1,4(578) + 1,7(300) = 1\,319,20 \text{ kg/m}^2 \\CM &= 378 + 578 = 956 \text{ kg/m}^2 \\CV &= 100 + 300 = 400 \text{ kg/m}^2\end{aligned}$$

Calculo del factor de carga última

$$FCU = \frac{CU}{CM + CV} = \frac{1\,319,20 + 699,20}{956 + 400} = 1,49$$

Calculo de la carga axial

$$Pu = (\text{Área tributaria} * CU) + (P_{vigas} * FCU)$$

$$Pu = (27,34 * 2018,40) + 1,49 * [2\,400 * (6,25 * 0,30 * 0,50) * (4,42 * 0,25 * 45)]$$

$$Pu = 60\,308,54 \text{ kg}$$

Clasificar las columnas por su esbeltez (E)

Las columnas se clasifican según su esbeltez, con el objetivo de ubicarlas en un rango, para determinar el comportamiento bajo cargas sometidas y diseñarlas con base los siguientes criterios:

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

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

La ecuación a utilizar es $E = KLu/\sigma$, por lo que es necesario encontrar los valores del coeficiente de rigidez de la columna (K), la longitud efectiva de pandeo (L_u) y el 30 por ciento del lado menor de la columna (σ).

Cálculo del coeficiente que miden el grado de empotramiento a la rotación en las columnas (Ψ), se calcula mediante las siguientes formulas:

$$\Psi = \frac{\sum K_{\text{columna}}}{\sum K_{\text{viga}}}; \quad K = \frac{I}{L}; \quad I = \frac{1}{12} * b * h^3$$

$$I_{\text{columna}} = \frac{1}{12} * 40 * 40^3 = 213\,333,33 \text{ cm}^4; \quad K = \frac{213\,333,33}{420} = 520,94 \text{ cm}^3$$

$$I_{\text{columna}} = \frac{1}{12} * 40 * 40^3 = 213\,333,33 \text{ cm}^4; \quad K = \frac{213\,333,33}{250} = 853,33 \text{ cm}^3$$

$$I_{\text{viga}} = \frac{1}{12} * 30 * 50^3 = 312\,500 \text{ cm}^4; \quad K = \frac{312\,500}{625} = 500 \text{ cm}^3$$

$$I_{\text{viga}} = \frac{1}{12} * 25 * 45^3 = 189\,843 \text{ cm}^4; \quad K = \frac{189\,843}{442} = 429,51 \text{ cm}^3$$

Cálculo del coeficiente de grado de empotramiento

Sentido X

$$\Psi_a = \frac{853,33 + 520,94}{500 + 500} = 1,36$$

$$\Psi_b = 0(\text{empotrado})$$

$$\Psi_{\text{prom}} = \frac{0 + 1,36}{2} = 0,68$$

Sentido Y

$$\Psi_a = \frac{853,33 + 520,94}{429,51 + 429,51} = 1,58$$

$$\Psi_b = 0(\text{empotrado})$$

$$\Psi_{\text{prom}} = \frac{0 + 1,58}{2} = 0,79$$

Cálculo del factor de pandeo K

$$K = \frac{20 - \Psi_{\text{prom}}}{20} * \sqrt{1 + \Psi_{\text{prom}}} \quad \text{Para } \Psi_{\text{prom}} < 2$$

$$K = 0,90 * \sqrt{1 + \Psi_{\text{prom}}} \quad \text{Para } \Psi_{\text{prom}} > 2$$

$$K_x = \frac{20 - 0,68}{20} * \sqrt{1 + 0,68} = 1,25; \quad K_y = \frac{20 - 0,79}{20} * \sqrt{1 + 0,79} = 1,29$$

Cálculo de la esbeltez de la columna E

$$E_x = \frac{1,25 * 4,20}{0,30 * 0,40} = 43,83 > 22; \quad E_y = \frac{1,29 * 4,20}{0,30 * 0,40} = 45,00 > 22$$

Por los valores obtenidos de E, tanto en el sentido X como en Y, la columna se clasifica dentro de las intermedias, por lo tanto se deben magnificar los momentos actuantes.

Magnificación de momentos

Cuando se hace un análisis estructural de segundo orden, en el cual se toman en cuenta las rigideces reales, los efectos de las deflexiones, los efectos de la duración de la carga y cuyo factor principal a incluir, es el momento debido las deflexiones laterales de los miembros, se pueden diseñar las columnas utilizando directamente los momentos calculados.

Por otro lado, si se hace un análisis estructural convencional de primer orden, como en este caso, en el cual se usan las rigideces relativas aproximadas y se ignora el efecto de desplazamientos laterales de los miembros, es necesario modificar los valores calculados, con el objetivo de obtener valores que tomen en cuenta los efectos de desplazamiento. Para este caso, esa modificación se logra utilizando el método ACI de magnificación de momentos.

Factor de flujo plástico del concreto

$$\beta_d = \frac{\text{CMU.}}{\text{C.U.}} = \frac{1,4 * (378 + 578)}{699,20 + 1\ 319,20} = 0.66$$

Cálculo del EI total del material

$$EI = \frac{E_c * I_g}{2,5 * (1 + \beta_d)}; \quad E_c = 15\ 100\sqrt{f'_c}; \quad I_g = \frac{1}{12} * b * h^3$$

$$E_c = 15\ 100\sqrt{280} = 252\ 671,33 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}; \quad I_g = \frac{1}{12} * 40 * 40^3 = 213\ 333,33 \text{ cm}^4$$

$$EI = \frac{252\,671,33 * 213\,333,33}{2,5 * (1 + 0,66) * (1 * 10^7)} = 1\,298,87 \text{ T} - \text{m}^2$$

Cálculo de la carga crítica de pandeo de Euler

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

$$P_{cr_x} = \frac{\pi^2 * 1\,298,87}{(1,25 * 4,20)^2} = 463,41 \text{ T}; \quad P_{cr_y} = \frac{\pi^2 * 1\,298,87}{(1,29 * 4,20)^2} = 439,60 \text{ T}$$

Cálculo de magnificador de momentos

$$\delta = \frac{1}{1 - \frac{P_u}{\phi P_{cr}}}; \quad \delta > 1 \quad \phi = 0,70 \text{ si se usan estribos}$$

$$\delta_x = \frac{1}{1 - \frac{84,46}{0,70 * 463,41}} = 1,23; \quad \delta_y = \frac{1}{1 - \frac{84,46}{0,70 * 439,60}} = 1,24$$

Cálculo de momentos de diseño

$$M_d = \delta * M_u$$

$$M_{dx} = 1,23 * 8\,285,98 = 10\,178,26 \text{ kg} - \text{m}$$

$$M_{dy} = 1,24 * 10\,811,24 = 13\,446,55 \text{ kg} - \text{m}$$

Para calcular el acero longitudinal en la columna, se utilizan los diagramas de interacción, para calcular la carga máxima que resiste la columna

con excentricidad en cada sentido, luego se utiliza la fórmula de Bressler para determinar la carga máxima que resiste la columna con excentricidad biaxial. Este método es una aproximación al perfil de la superficie de la falla, siendo un procedimiento sencillo y que produce resultados satisfactorios.

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

- $As_{mín} = 0,01 (40 * 40) = 16,00 \text{ cm}^2$
- $As_{máx} = 0,06 (40 * 40) = 96,00 \text{ cm}^2$

Se propone un armado 8 No.8 = $8 * 5,067 = 40,48 \text{ cm}^2 = 2,53 \% Ag$

Valor de la gráfica: para saber que diagrama de interacción a utilizar, se debe calcular el valor de γ de la siguiente forma:

$$\gamma_x = \frac{h_x - (2 * rec)}{h_x} = \frac{40 - (2 * 3)}{40} = 0.85$$

$$\gamma_y = \frac{h_y - (2 * rec)}{h_y} = \frac{40 - (2 * 3)}{40} = 0.85$$

Donde:

γ_x, γ_y = relación de secciones en sentido x e y, respectivamente

h_x, h_y = dimensión de la columna en sentido x e y, respectivamente

rec = distancia de la fibra extrema hacia el centro de las barras longitudinales.

Valores de la curva: luego se procede a obtener la cuantía de acero para el diagrama de interacción, la cual se define con la siguiente expresión:

$$\rho_{\mu} = \frac{A_s * f_y}{0,85 * f'_c * A_g} = \frac{40,48 * 4\ 200}{0,85 * 280 * 1\ 600} = 0,45$$

Excentricidades: se calcula las excentricidades e_x y e_y , dividiendo el momento último entre de la carga última:

$$e_x = \frac{M_{dx}}{P_u} = \frac{10\ 178,26}{60\ 308,54} = 0,17$$

$$e_y = \frac{M_{dy}}{P_u} = \frac{13\ 446,55}{60\ 308,54} = 0,22$$

Luego se dividen las excentricidades entre las dimensiones en x e y de la sección de la columna respectivamente para saber el valor de las diagonales:

$$\frac{e_x}{x} = \frac{0,17}{0,40} = 0,42; \quad \frac{e_y}{y} = \frac{0,12}{0,40} = 0,56$$

Con los valores obtenidos en los últimos 4 pasos, se buscan los valores de los coeficientes k'_x y k'_y , en la gráfica de los diagramas de interacción.

$$k'_x = 0,42 \text{ y } k'_y = 0,34$$

Con estos valores se calculan las cargas de resistencia de la columna con ambas excentricidades, con el uso de las siguientes formulas:

$$P'x = k'x * f'c * Ag = 0,42 * 280 * 1600 = 188\ 160,00 \text{ kg}$$

$$P'y = k'y * f'c * Ag = 0,34 * 280 * 1600 = 152\ 320,00 \text{ kg}$$

Por último se debe calcular la carga última que resiste la columna sin excentricidad, esto es carga axial pura, de la siguiente forma:

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

$$P'o = 0,7 * [0,85 * 280 * (1\ 600 - 40,48) + (4\ 200 * 40,48)] = 378\ 827,23 \text{ kg}$$

Aplicando la fórmula de Bressler, según ACI 318-08 secciones R 10.3.6 y R10.3.7:

$$P'u = \frac{1}{\frac{1}{P'x} + \frac{1}{P'y} - \frac{1}{P'o}} = \frac{1}{\frac{1}{188\ 160,00} + \frac{1}{152\ 320,00} - \frac{1}{378\ 827,23}} = 108\ 224,80 \text{ kg}$$

El valor de P'u debe ser mayor o igual que el valor P nominal (Pn), para que la propuesta de acero sea la correcta, si esto no fuera así, se debe aumentar el área de acero hasta que cumpla.

$$P_n = \frac{P_u}{\phi} = \frac{60\ 308,54}{0,70} = 86\ 155,06 \text{ kg}$$

Como $P'u > P_u/0,7$, el armado de la columna propuesta es adecuado, caso contrario sería necesario aumentar el acero por debajo del $A_{s\text{máx}}$, en caso de requerir mayor esfuerzo que el permitido por $A_{s\text{máx}}$, será necesario aumentar la sección propuesta.

Luego de haber definido el armado longitudinal, se debe calcular el refuerzo a cortante, además esto le da mayor ductilidad a la columna, permitiéndole disipar más energía del sismo. El procedimiento para proveer refuerzo transversal a las columnas, se realiza por la comparación de V_c con V_u con los siguientes criterios:

- Si $V_c > V_u$ se colocan estribos a $S = d / 2$
- Si $V_c < V_u$ se diseñan los estribos por corte

Verificando la resistencia a corte del concreto de la sección de la columna:

$$V_c = \phi * 0,53 * \sqrt{f'_c} * b * d$$

Donde:

V_c = corte resistente del concreto

0,53 = constante

ϕ = factor de reducción de resistencia

f'_c = resistencia del concreto

b = base de columna

d = peralte efectivo de la columna

$$V_c = 0,85 * 0,53 * \sqrt{280} * 40 * 34 = 10\ 252,10 \text{ kg}$$

Comparando el corte resistente con el corte actuante $V_u = 4\ 671,55 \text{ kg}$ (ver figuras 48 y 49), por lo tanto se colocan estribos con $S = d/2 = 34/2 = 17$ centímetros.

- La longitud de confinamiento, debe ser la mayor de las siguientes:
 - La altura del elemento, en la cara del nudo o en la sección donde puede ocurrir fluencia por flexión
 - Un sexto de la luz libre del elemento
 - 450 mm

Sustituyendo datos:

- 40,00 cm
- $(420)/6 = 70,00$ cm
- 45,00 cm

La longitud de confinamiento será de 0,70 metros en ambos extremos de la de la luz libre de la columna.

- La separación del refuerzo transversal en la zona de confinamiento no debe exceder a la menor de:
 - La cuarta parte de la dimensión mínima del elemento
 - Seis veces el diámetro del refuerzo longitudinal y

$$S = \frac{A_v}{\rho_s * [h - (2 * rec)]}; \quad \rho_s = 0,45 \left[\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right] \left[\frac{0,85 * f'c}{f_y} \right]$$

$$\rho_s > 0,12 \left[\frac{f'c}{f_y} \right]$$

Sustituyendo datos y asumiendo varilla No.3 para estribos:

- $40/4 = 10,00 \text{ cm}$
- $6 * 2,54 = 15,24 \text{ cm} \approx 15,00 \text{ cm}$

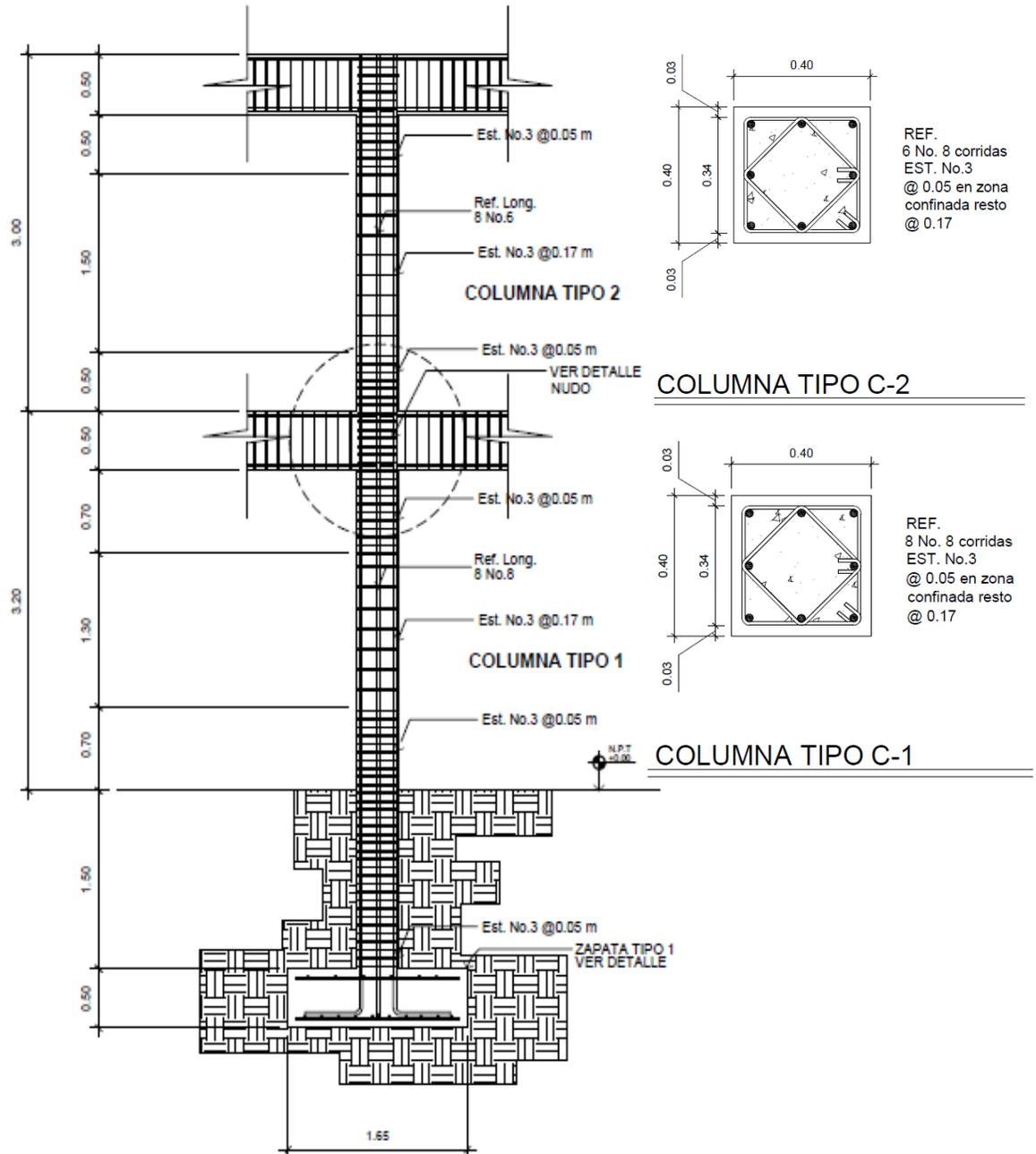
$$\rho_s > 0,12 \left[\frac{280}{4 \cdot 200} \right] = 0,008$$

$$\rho_s = 0,45 \left[\frac{1 \cdot 600}{34 * 34} - 1 \right] \left[\frac{0,85 * 280}{4 \cdot 200} \right] = 0,0098 > 0,008$$

$$S = \frac{2 * 0,713}{0,0098 * [40 - (2 * 3)]} = 4,28 \approx 5 \text{ cm}$$

Se colocarán estribos cerrados No. 3 a cada 5 centímetros en la longitud de confinamiento, a cada extremo de la columna. Según el Código ACI 318, en el capítulo 7.10.5, colocar estribos cerrados No. 3 rotados a 45 grados alternados, debido a las barras longitudinales en las caras. Este procedimiento se aplicó para las columnas del segundo nivel, tomando los valores máximos de los momentos y cortes de nivel, dando como resultado refuerzo longitudinal de No. 6 y refuerzo transversal No. 3 a cada 5 centímetros en zona de confinamiento de 0,50 metros y a cada 17 centímetros en zona no confinada. A continuación se muestran los resultados del diseño.

Figura 60. Detalle de armado y secciones de columna típica C-1 y C-2



Fuente: elaboración propia, con programa de Auto Cad.

2.2.6.4. Diseño de gradas

Elemento diseñado con el fin de conectar un nivel de piso a otro, compuesto por elementos horizontales (huella) y elementos verticales (contrahuella), formando un escalón. Los escalones están apoyados en una losa continua con 2 apoyos, como elemento inclinado con capacidad resistente a la flexión.

Que un módulo de gradas sea cómodo y seguro, depende de la relación huella y contrahuella. Las siguientes relaciones garantizan la comodidad y funcionalidad de un módulo de gradas:

- Contrahuella: $C \leq 20 \text{ cm}$
- Huella: $H > C$
- $2C + H \leq 64 \text{ cm}$ (valor cercano)
- $C + H = 45 \text{ a } 48 \text{ cm}$
- $C * H = 480 \text{ a } 500 \text{ cm}^2$

Datos:

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

$$\text{Acabados} = 100 \text{ kg/m}^2$$

$$f'c = 210 \text{ kg/m}^2$$

$$fy = 2810 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Altura entrepisos (h)} = 3,00 \text{ m}$$

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

Procediendo al cálculo en sentido largo (6,10 metros), dejando descanso de 3,35 metros. Asumiendo huella = 30 centímetros, contrahuella = 16 centímetros.

$$\text{Número de huellas} = 3,00/0,30 = 10$$

$$\text{Número de contrahuellas} = H + 1 = 10 + 1 = 11$$

Chequeando relaciones de comodidad

- $C = 16,00 \text{ cm} < C \leq 20 \text{ cm}$ cumple
- $H = 30,00 \text{ cm} > 16,00 \text{ cm}$ cumple
- $2 * 16 + 30,00 = 62 \text{ cm} < 64 \text{ cm}$ (valor cercano) cumple
- $16 + 30 = 46 \text{ cm}; 45,00 < 46,00 < 48,00$ cumple
- $16 * 30 = 480 \text{ a } 500 \text{ cm}^2; 480,00 < 480,00 < 500,00 \text{ cm}^2$ cumple

Todas las relaciones analizadas chequean, por lo tanto las dimensiones consideradas son correctas.

- Integración de cargas

Espesor de losa

$$t = [(2,7^2)+(3,4^2)+(4,27^2)]/180 = 11,50 \text{ cm} \approx 12,00 \text{ cm}$$

$$CM = 1,4 * [(\gamma_{\text{concreto}} * (t + C/2)) + \text{Acabados}]$$

$$CM = 1,4 * [(2400 * (0,12 + 0,16/2)) + 100] = 812,00 \text{ kg/m}^2$$

$$CV = 1,7WC = 1,7 * 500 = 850,00 \text{ kg/m}^2$$

$$CU = 812,00 + 850,00 = 1\,662,00 \text{ kg/m}^2$$

Se analiza una franja con ancho unitario de 1 metro. La carga última es $CU = 1\,662,00$ kilogramos sobre metro, para un tramo de escalones con longitud de 3,15 metros.

- Cálculo del momento positivo y negativo actuantes

$$M_{(+)} = \frac{W * L^2}{9} = \frac{1\,662,00 * 3,15^2}{9} = 1\,832,36 \text{ kg - m}$$

$$M_{(-)} = \frac{W * L^2}{14} = \frac{1\,662,00 * 3,15^2}{14} = 1\,177,94 \text{ kg - m}$$

- Área de acero mínima y área de acero por temperatura.

$$A_{S_{\min}} = \frac{14,1}{f_y} * b * d = \frac{14,1}{2\,810} * 100 * 8,23 = 4,13 \text{ cm}^2$$

$$A_{S_{\text{temp}}} = 0,002 * b * d = 0,002 * 100 * 8,23 = 1,65 \text{ cm}^2$$

- Cálculo del área de acero para el momento positivo y negativo

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

$$A_{s(+)} = \left[(100 * 8,23) - \sqrt{(100 * 8,23)^2 - \frac{1\,832,36 * 100}{0,003825 * 210}} \right] * \frac{0,85 * 210}{2\,810}$$

$$As_{(+)} = 9,71 \text{ cm}^2$$

$$As_{(-)} = \left[(100 * 8,23) - \sqrt{(100 * 8,23)^2 - \frac{1\ 177,94 * 100}{0,003825 * 210}} \right] * \frac{0,85 * 210}{2\ 810}$$

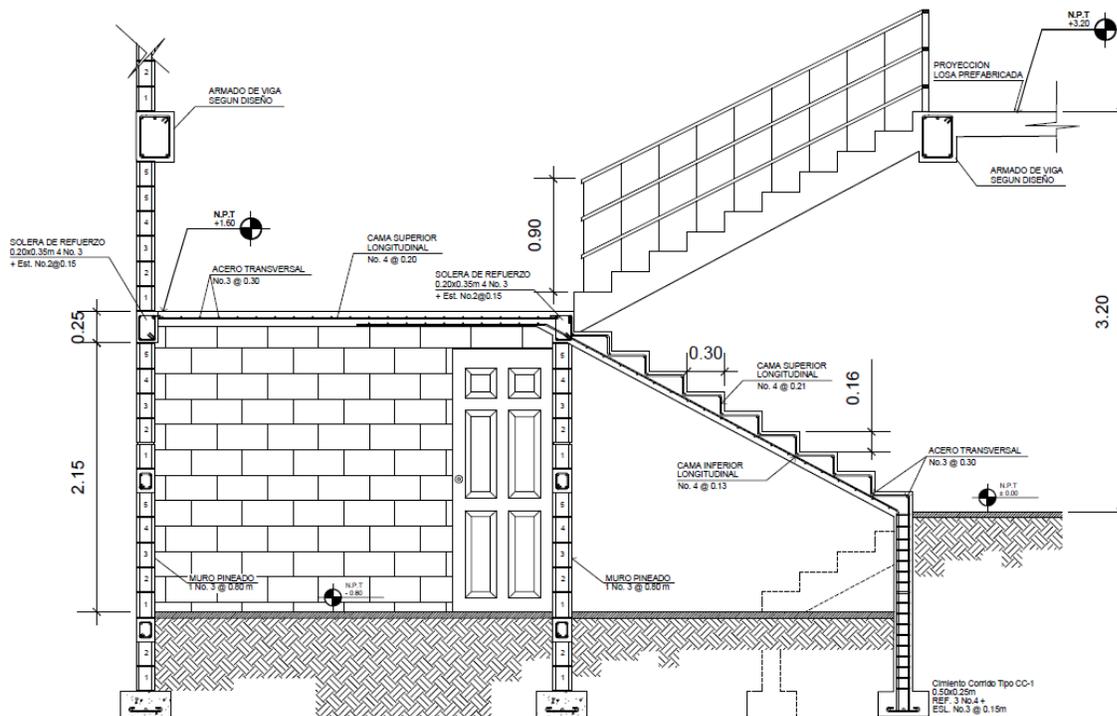
$$As_{(-)} = 6,01 \text{ cm}^2$$

- Cálculo del espaciamiento requerido en la cama inferior con varilla No. 4:
 - 9,71 cm² ----- 100 cm
 - 1,27 cm² ----- S
 } S = 13 cm

- Cálculo del espaciamiento requerido en la cama superior con varilla No. 4:
 - 6,01 cm² ----- 100 cm
 - 1,27 cm² ----- S
 } S = 21 cm

- Cálculo del espaciamiento requerido por temperatura con varilla No. 3:
 - 6,01 cm² ----- 100 cm
 - 1,27 cm² ----- S
 } S = 43 cm ≈ se usara @ 30cm

Figura 61. **Detalle de gradas primer nivel, módulo de baños**



Fuente: elaboración propia, con programa de Auto Cad.

2.2.6.5. **Diseño de cimientos**

Las zapatas son miembros estructurales que se usan para soportar columnas y muros, para transmitir las cargas al suelo subyacente. El material más adecuado, es el concreto reforzado, se utilizan para edificios de concreto reforzado, acero estructural, puentes, torres y otras estructuras.

En este proyecto se utilizarán zapatas concéntricas y zapatas excéntricas, para cargar las columnas, y cemento corrido para cargar los muros

de mampostería. A continuación se detalla el procedimiento para el cálculo de las zapatas concéntricas y excéntricas.

- Zapata concéntrica Z1

Datos:

$$P_u = 60,308 \text{ T}$$

$$FCU = 1,49$$

$$M_x = 8,285 \text{ T-m}$$

$$\text{Desplante} = 1,50 \text{ m}$$

$$M_y = 10,811 \text{ T-m}$$

$$\text{Sección columna} = 0,40 \times 0,40 \text{ m}$$

$$\gamma_{\text{concreto}} = 2,4 \text{ T/m}^3$$

$$t_{\text{zapata}} = 0,55 \text{ m}$$

$$\rho_{\text{suelo}} = 1,33 \text{ T/m}^3$$

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

$$V_{\text{suelo}} = 22,21 \text{ T/m}^2$$

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

Se deben pasar las cargas últimas a cargas de trabajo, por medio del factor de carga última que se describe a continuación:

$$P't = \frac{P_u}{FCU} = \frac{60,308}{1,49} = 40,476 \text{ T}$$

$$M't_x = \frac{M_x}{FCU} = \frac{8,285}{1,49} = 5,561 \text{ T}$$

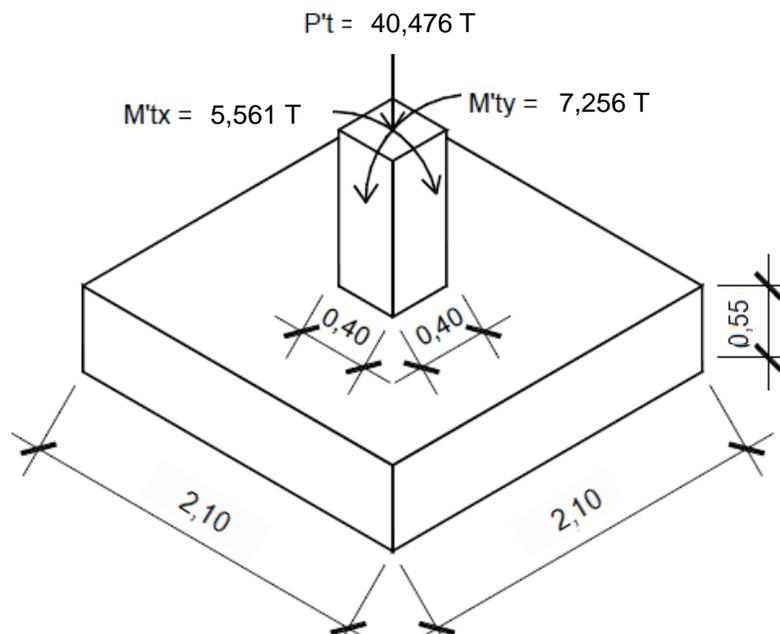
$$M't_y = \frac{M_y}{FCU} = \frac{10,811}{1,49} = 7,256 \text{ T}$$

Predimensionamiento del área de la zapata:

$$A_z = \frac{1,5 * P't}{V_s} = \frac{1,5 * 40,476}{22,21} = 2,73 \text{ m}^2$$

Se considerara una zapata de 2,10 metros por 2,10 metros, para un área de zapata de 4,41 metros cuadrados.

Figura 62. **Dimensiones, carga y momentos sobre zapata concéntrica Z1, modulo de aulas**



Fuente: elaboración propia, con programa de Auto Cad.

- Chequeo de la presión sobre el suelo

Luego de haber dimensionado la zapata, se procede a calcular la carga máxima admisible ($q_{\text{máx}}$), la cual debe ser menor que el valor soporte del suelo y mayor que cero ($q_{\text{mín}}$), 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 $e < K = L/6$.

- Carga sobre zapata:

$$P = P't + P_{\text{propio}} + P_{\text{columna}} + P_{\text{suelo}}$$

$$P_{\text{propio}} = 4,41 * 0,55 * 2,40 = 5,821 \text{ T}$$

$$P_{\text{columna}} = 7,7 * 0,4 * 0,4 * 2,4 = 2,957 \text{ T}$$

$$P_{\text{suelo}} = (4,41 - 0,16) * 1,5 * 1,33 = 8,479 \text{ T}$$

$$P = 40,476 + 5,821 + 2,957 + 8,479 = 57,732 \text{ T}$$

- Comprobación $e < k$:

$$k = \frac{2,10}{6} = 0,35$$

$$e_x = \frac{5,560}{57,732} = 0,10 < k; \quad \text{cumple}$$

$$e_y = \frac{7,255}{57,732} = 0,13 < k; \quad \text{cumple}$$

El valor de $q_{\text{máx}}$ y $q_{\text{mín}}$ se define mediante la siguiente expresión:

$$\frac{q_{\text{máx}}}{q_{\text{mín}}} = \frac{P}{Az} \pm \frac{M'tx}{Sx} \pm \frac{M'ty}{Sy}; \quad S = \frac{b * h^2}{6}$$

Donde:

Q_{máx} = presión máxima sobre la masa de suelo

Q_{mín} = presión mínima sobre la masa de suelo

P = carga sobre la zapata

Az = área de la zapata

M'tx = momento de trabajo sobre la zapata en sentido x

M'ty = momento de trabajo sobre la zapata en sentido y

S_x, S_y = núcleo de la sección de la zapata sentido x, y respectivamente

a y b = longitud del lado de la zapata

$$S_x = S_y = \frac{2,10 * 2,10^2}{6} = 1,544 \text{ m}^3$$

$$\frac{q_{\max}}{q_{\min}} = \frac{57,732}{4,41} \pm \frac{5,561}{1,544} \pm \frac{7,256}{1,544}$$

$$q_{\max} = \frac{57,732}{4,41} + \frac{5,561}{1,544} + \frac{7,256}{1,544} = 21,39 \text{ T/m}^2$$

$$q_{\min} = \frac{57,732}{4,41} - \frac{5,561}{1,544} - \frac{7,256}{1,544} = 4,787 \text{ T/m}^2$$

$$q_{\max} = 21,39 \text{ T/m}^2 < 22,21 \text{ T/m}^2; \quad \text{cumple}$$

$$q_{\min} = 4,787 \text{ T/m}^2 > 0; \quad \text{cumple}$$

- Presión de diseño

Debido a que las presiones en el suelo, varían de un punto a otro bajo la zapata, se debe calcular una presión de diseño uniforme mediante la siguiente expresión:

$$q_{dis} = 21,39 * 1,49 = 31,88 \text{ T/m}^2$$

Peralte efectivo de la zapata, asumiendo varilla No. 5; $\emptyset = 1,59$ centímetros y recubrimiento mínimo de 7,50 centímetros.

$$d = t - \text{rec} - \emptyset_{\text{var}}/2$$

$$d = 55,00 - 7,50 - 1,59/2 = 46,71 \text{ cm}$$

- Chequeo por corte simple

La falla por esfuerzo cortante en una zapata, ocurre a una distancia d (peralte efectivo) del rostro de la columna ver figura 51, por lo que se debe chequear que el esfuerzo cortante actuante en ese punto, sea menor que el esfuerzo cortante resistente, esto se debe chequear en ambos sentidos, en este caso por ser simétrico solo se analizará un sentido.

$$x = \frac{B}{2} - \frac{b}{2} - d = \frac{210}{2} - \frac{40}{2} - 46,71 = 38,29 \text{ cm}$$

- Corte actuante

$$V_{act.} = A_c * q_{dis}$$

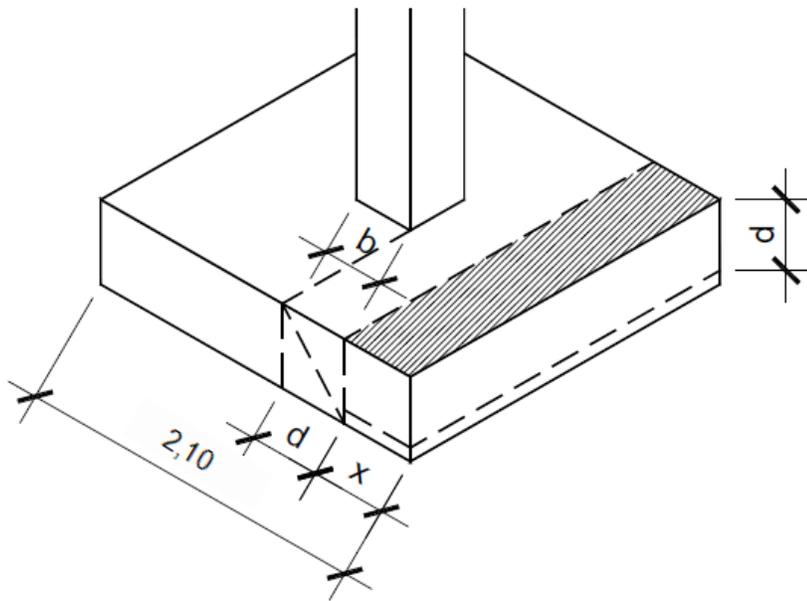
$$V_{act.} = 2,10 * 0,38 * 31,88 = 25,64 \text{ T}$$

- Corte resistente

$$V_c = \phi * 0,53 * \sqrt{f'_c} * b * d = \frac{0,85 * 0,53 * \sqrt{280} * 210 * 46,71}{1000} = 73,94 \text{ T}$$

Como $V_{act} < V_c$ si cumple, el peralte resiste el cortante simple

Figura 63. **Falla por corte simple**

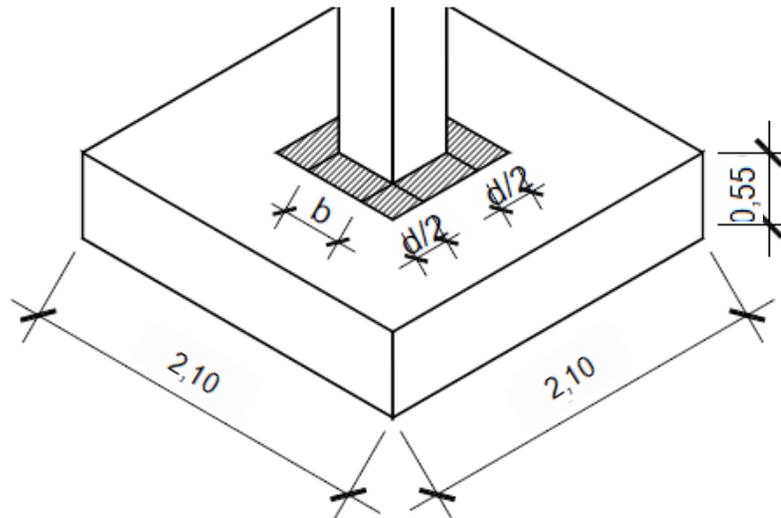


Fuente: elaboración propia, con programa de Auto Cad.

- Chequeo por corte punzonante

La falla de corte por punzonamiento, se produce a una distancia de $d/2$ del perímetro de la columna, como consecuencia del efecto punzonante que produce la columna ver figura 63.

Figura 64. **Falla de corte por punzonamiento**



Fuente: elaboración propia, con programa de Auto Cad.

- Área punzonante

$$A_p = (b + d)^2 = (0,40 + 0,467)^2 = 0,751 \text{ m}^2$$

- Corte actuante

$$V_{act.} = q_{dis} * (A_z - A_p)$$

$$V_{act.} = 31,88 * (4,41 - 0,751) = 116,62 \text{ T}$$

- Corte resistente

$$\beta_o = 4 * (b + d) = 4 * (0,40 + 0,467) = 3,468 \text{ m}$$

$$V_c = \phi * 0,53 * \sqrt{f'_c} * \beta_o * d = \frac{0,85 * 0,53 * \sqrt{280} * 346 * 46,71}{1000} = 121,83 \text{ T}$$

Como $V_{act} < V_{res}$ sí cumple, el peralte resiste el cortante punzonante.

- Diseño del refuerzo por flexión

Para resistir este momento flector, se debe reforzar con acero, se diseña con una franja unitaria de 1 metro. El refuerzo se calcula a continuación:

$$M_{\text{flector}} = \frac{q_{\text{dis}} * L^2}{2} = \frac{31,88 * \left[\frac{2,10}{2} - \frac{0,4}{2} \right]^2}{2} = 11,52 \text{ T}$$

$$A_{S_{\text{min}}} = \frac{14,1}{f_y} * b * d = \frac{14,1}{4\ 200} * 100 * 46,71 = 15,68 \text{ cm}^2$$

$$A_{S_{\text{temp}}} = 0,002 * b * d = 0,002 * 100 * 46,71 = 9,34 \text{ cm}^2$$

$$A_s = \left[(100 * 46,71) - \sqrt{(100 * 46,71)^2 - \frac{11,516 * 100}{0,003825 * 280}} \right] * \frac{0,85 * 280}{4\ 200}$$

$$A_s = 6,61 \text{ cm}^2$$

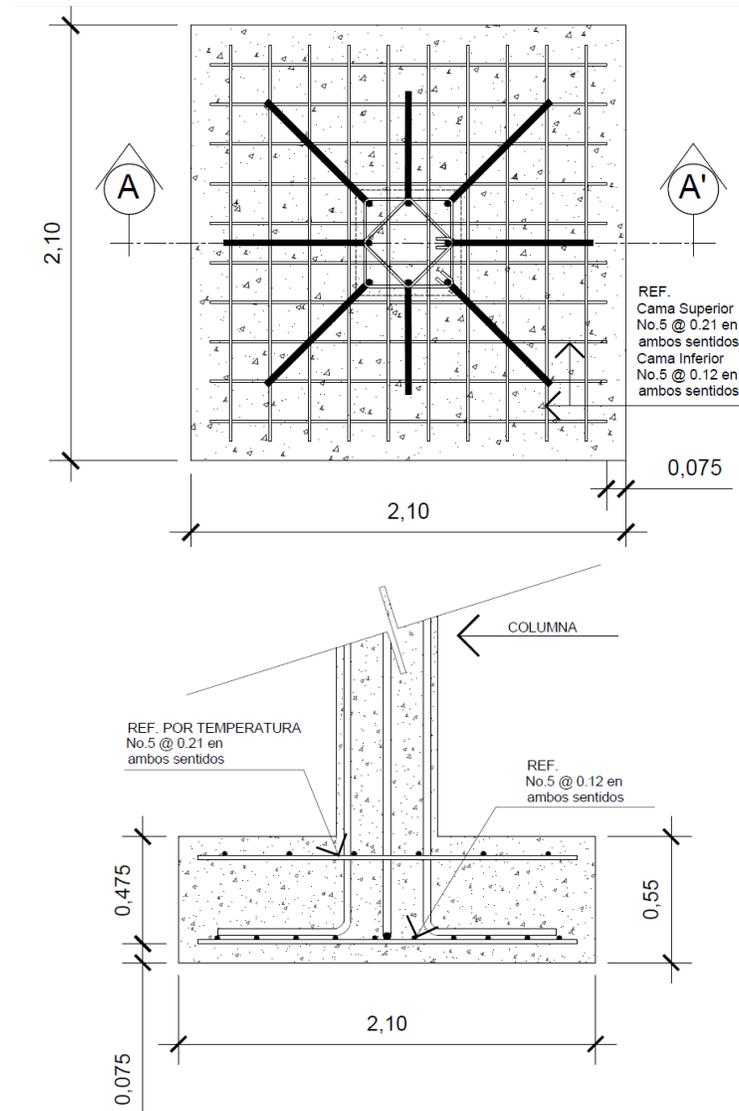
El área de acero calculado, es mayor que el área de acero mínimo, por lo que se coloca el mínimo (15,68 cm²)

- Cálculo de espaciamiento requerida en la cama inferior.

$$\left. \begin{array}{l} \text{▪ } 15,68 \text{ cm}^2 \text{ ----- } 100 \text{ cm} \\ \text{▪ } 1,98 \text{ cm}^2 \text{ ----- } S \end{array} \right\} S = 12,62 \approx 12,00 \text{ cm}$$

- Cálculo de espaciamiento requerida en la cama superior.
 - $9,34 \text{ cm}^2$ ----- 100 cm
 - $1,98 \text{ cm}^2$ ----- S
- $$\left. \begin{array}{l} \text{ } \\ \text{ } \end{array} \right\} S = 21,19 \approx 21,00 \text{ cm}$$

Figura 65. **Detalle de armado de zapata concéntrica Z1**



Fuente: elaboración propia, con programa de Auto Cad.

- Zapata excéntrica Z2

Las zapatas de colindancia se deben diseñar para contrarrestar el momento de volteo, que se produce debido a que las cargas que sobre está actúan, no reaccionan en su centro de masa, la solución que se plantea, para este proyecto, es una zapata de base cuadrada con un diamante sobre ella. A continuación se presenta el cálculo del diamante.

Datos:

$$P_u = 60,308 \text{ T}$$

$$FCU = 1,49$$

$$M_x = 8,285 \text{ T-m}$$

$$\text{Desplante} = 1,50 \text{ m}$$

$$M_y = 10,811 \text{ T-m}$$

$$\text{Sección columna} = 0,40 \times 0,40 \text{ m}$$

$$\gamma_{\text{concreto}} = 2,4 \text{ T/m}^3$$

$$t_{\text{zapata}} = 0,60 \text{ m}$$

$$\rho_{\text{suelo}} = 1,33 \text{ T/m}^3$$

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

$$V_{\text{suelo}} = 22,21 \text{ T/m}^2$$

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

Se deben pasar las cargas últimas a cargas de trabajo, por medio del factor de carga última que se describe a continuación:

$$P'_t = \frac{P_u}{FCU} = \frac{60,308}{1,49} = 40,475 \text{ T}$$

$$M'_{tx} = \frac{M_x}{FCU} = \frac{8,285}{1,49} = 5,560 \text{ T}$$

$$M'_{ty} = \frac{M_y}{FCU} = \frac{10,811}{1,49} = 7,255 \text{ T}$$

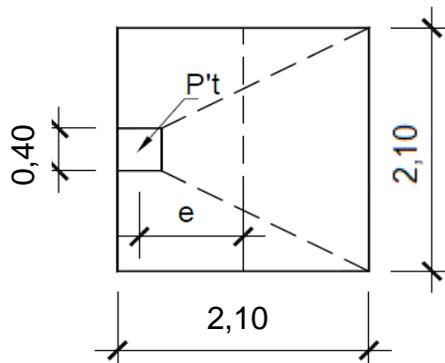
Predimensionamiento del área de la zapata:

$$P't = 40,475 + (40,475 * 0,05) = 42,498 \text{ T}$$

$$A_z = \frac{1,5 * P't}{V_s} = \frac{1,5 * 42,498}{22,21} = 2,87 \text{ m}^2$$

Se considerara una zapata de 2,10 metros por 2,10 metros, para un área de zapata de 4,41 metros cuadrados.

Figura 66. Dimensiones de zapata excéntrica



Fuente: elaboración propia, con programa de Auto Cad.

La carga $P't$, centrada en la columna, se encuentra a una distancia del centro de:

$$e = \frac{2,10 - 0,40}{2} = 0,85$$

Si se aplican 2 fuerzas iguales a $P't$, de sentido contrario en el centro de gravedad de la base, ellas, combinadas con $P't$ de la columna, provocan los esfuerzos siguientes en el terreno ver figura 64.

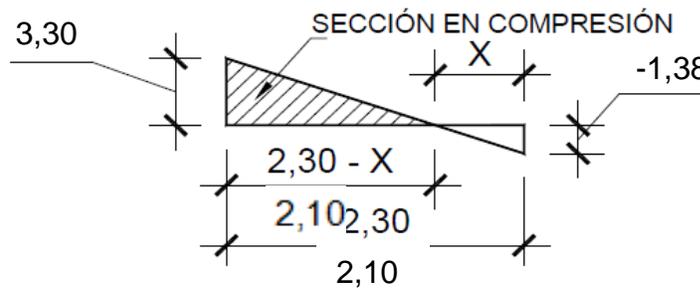
- Compresión máxima

$$\sigma_c = \frac{P't}{A} * \left[1 + \frac{6 * e}{L} \right] = \frac{42\ 498}{44\ 100} * \left[1 + \frac{6 * 85}{210} \right] = 3,30 \text{ kg/cm}^2$$

- Tensión máxima

$$\sigma_t = \frac{P't}{A} * \left[1 - \frac{6 * e}{L} \right] = \frac{42\ 498}{44\ 100} * \left[1 - \frac{6 * 85}{210} \right] = -1,38 \text{ kg/cm}^2$$

Figura 67. **Esfuerzo en el terreno**



Fuente: elaboración propia, con programa de Auto Cad.

Punto donde cambia el esfuerzo de compresión al de tensión, el cual se encuentra a una distancia X, aplicando triángulos semejantes (ver figura 66).

$$\frac{3,30}{2,10 - x} = \frac{1,38}{x}; \quad x = 0,62 \text{ m}$$

Para efectuar el cálculo de la zapata, se tendrá que considerar la parte del diagrama que se encuentra a compresión (ver figura 67).

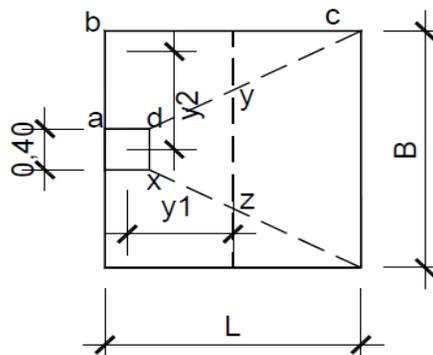
- Esfuerzo en el eje neutro:

$$\sigma_{\text{neutro}} = \frac{\sigma_c * \left(\frac{L}{2} - x\right)}{L - x} = \frac{3,30 * \left(\frac{2,10}{2} - 0,62\right)}{2,10 - 0,62} = 0,96 \text{ kg/cm}^2$$

Altura de diamante: se asume una inclinación de 15 grados.

$$h = \tan(\phi) * (L - col) = \tan(15^\circ) * (2,10 - 0,40) = 0,46 \text{ m}$$

Figura 68. **Análisis de zapata excéntrica**



Fuente: elaboración propia, con programa de Auto Cad.

- Fuerza resultante en el trapecio xdyz.

$$P_1 = \sigma_{\text{neutro}} * \left[\frac{xd + yz}{2}\right] * h = 0,96 * \left[\frac{40 + 148}{2}\right] * 46 = 4 172,23 \text{ kg}$$

La fuerza anterior es aplicada al centro de gravedad del trapecio xdyz, cuya distancia a la sección xd es:

$$y_1 = \frac{h}{3} * \left[\frac{(2 * yz) + xd}{yz + xd} \right] = \frac{35}{3} * \left[\frac{(2 * 148) + 40}{148 + 40} \right] = 27,14 \text{ cm} \approx 0,27 \text{ m}$$

- Momento M1 respecto al centro de la columna:

$$M_1 = P_1 * y_1 = 4\,172,23 * 0,27 = 1\,132,34 \text{ kg} - \text{m}$$

- Esfuerzo en dirección perpendicular a y 1:

$$\sigma = \frac{3,30}{2} = 1,65 \text{ kg/cm}^2$$

- Este esfuerzo se reparte en el área adcb:

$$A = ad * \left[\frac{B - dx}{2} \right] + \left[\frac{(B - dx) + (B - yz)}{4} \right] * h$$

$$A = 40 * \left[\frac{210 - 40}{2} \right] + \left[\frac{(210 - 40) + (210 - 148)}{4} \right] * 46 = 6\,065,29 \text{ cm}^2$$

- La resultante P2 se aplica sobre el centro de gravedad de la superficie abcd:

$$P_2 = \sigma * A = 1,65 * 6\,065,29 = 10\,020,15 \text{ kg}$$

$$Y_2 = \left(\frac{ab}{3} \right) * \left(\frac{2 * B + dx}{B + ab} \right) = \left(\frac{85}{3} \right) * \left(\frac{2 * 210 + 40}{210 + 40} \right) = 52,13 \text{ cm} \approx 0,52 \text{ m}$$

- El momento M2 provocado por la fuerza será:

$$M_2 = P_2 * y_2 = 10\,020,15 * 0,52 = 5\,210,48 \text{ kg} - \text{m}$$

El refuerzo de acero en la base de la zapata con diamante, se calcula con la diferencia de los momentos del análisis estructural y los momentos obtenidos en el diamante.

Datos:

$$F.C.U. = 1,49$$

$$P_u = 60,308 \text{ T} \quad \longrightarrow \quad 40,475 \text{ T}$$

$$M_x = 8,285 - 1,132 \text{ T-m} \quad \longrightarrow \quad 7,152 \text{ T}$$

$$M_y = 10,811 - 5,210,48 \text{ T-m} \quad \longrightarrow \quad 5,600 \text{ T}$$

- Carga sobre zapata:

$$P = P't + P_{\text{propio}} + P_{\text{columna}} + P_{\text{suelo}}$$

$$P_{\text{propio}} = 4,41 * 0,60 * 2,40 = 6,350 \text{ T}$$

$$P_{\text{columna}} = 7,7 * 0,4 * 0,4 * 2,4 = 2,957 \text{ T}$$

$$P_{\text{suelo}} = (4,41 - 0,16) * 1,5 * 1,33 = 8,478 \text{ T}$$

$$P = 40,475 + 6,350 + 2,957 + 8,478 = 58,261 \text{ T}$$

- Comprobación $e < k$:

$$k = \frac{2,10}{6} = 0,35$$

$$e_x = \frac{7,152}{58,261} = 0,12 < k; \quad \text{cumple}$$

$$e_y = \frac{5,600}{58,261} = 0,10 < k; \quad \text{cumple}$$

El valor de q_{\max} y q_{\min} se define mediante la siguiente expresión:

$$\frac{q_{\max}}{q_{\min}} = \frac{P}{Az} \pm \frac{M'_{tx}}{S_x} \pm \frac{M'_{ty}}{S_y}; \quad S = \frac{b * h^2}{6}$$

$$S_x = S_y = \frac{2,10 * 2,10^2}{6} = 1,54 \text{ m}^3$$

$$\frac{q_{\max}}{q_{\min}} = \frac{58,261}{4,41} \pm \frac{7,152}{1,54} \pm \frac{5,600}{1,54}$$

$$q_{\max} = \frac{58,261}{4,41} + \frac{7,152}{1,54} + \frac{5,600}{1,54} = 21,47 \text{ T/m}^2$$

$$q_{\min} = \frac{58,261}{4,41} - \frac{7,152}{1,54} - \frac{5,600}{1,54} = 4,91 \text{ T/m}^2$$

$$q_{\max} = 21,47 \text{ T/m}^2 < 22,21 \text{ T/m}^2; \quad \text{cumple}$$

$$q_{\min} = 4,91 \text{ T/m}^2 > 0; \quad \text{cumple}$$

- Presión de diseño

Debido a que las presiones en el suelo, varían de un punto a otro bajo la zapata, se debe calcular una presión de diseño uniforme mediante la siguiente expresión:

$$q_{dis} = 21,47 * 1,49 = 32 \text{ T/m}^2$$

Peralte efectivo de la zapata, asumiendo varilla No. 5; $\emptyset = 1,59$ centímetros y recubrimiento mínimo de 7,50 centímetros.

$$d = t - \text{rec} - \emptyset_{var}/2$$
$$d = 60,00 - 7,50 - 1,59/2 = 51,71 \text{ cm}$$

- Chequeo por corte simple

La falla por esfuerzo cortante en una zapata, ocurre a una distancia d (peralte efectivo) del rostro de la columna ver figura 67, por lo que se debe chequear que el esfuerzo cortante actuante en ese punto, sea menor que el esfuerzo cortante resistente, esto se debe chequear en ambos sentidos, en este caso por ser simétrico solo se analizará un sentido.

$$x = \frac{B}{2} - \frac{b}{2} - d = \frac{210}{2} - \frac{40}{2} - 51,71 = 33,29 \text{ cm}$$

- Corte actuante

$$V_{act.} = A * q_{dis}$$

$$V_{act.} = 2,10 * 0,332 * 32 = 22,37 \text{ T}$$

- Corte resistente

$$V_c = \phi * 0,53 * \sqrt{f'_c} * b * d = \frac{0,85 * 0,53 * \sqrt{280} * 210 * 51,71}{1000} = 81,85 \text{ T}$$

Como $V_{act} < V_c$ si cumple, el peralte resiste el cortante simple

- Chequeo por corte punzonante

- Área punzonante:

$$A_p = (b + d)^2 = (0,40 + 0,517)^2 = 0,841 \text{ m}^2$$

- Corte actuante

$$V_{act.} = q_{dis} * (A_z - A_p)$$

$$V_{act.} = 32 * (4,41 - 0,841) = 114,19 \text{ T}$$

- Corte resistente

$$\beta_o = 4 * (b + d) = 4 * (0,40 + 0,517) = 3,668 \text{ m}$$

$$V_c = \phi * 0,53 * \sqrt{f'_c} * \beta_o * d = \frac{0,85 * 0,53 * \sqrt{280} * 366 * 51,71}{1000} = 142,98 \text{ T}$$

Como $V_{act} < V_{res}$ sí cumple, el peralte resiste el cortante punzonante.

- Diseño del refuerzo por flexión

Para resistir este momento flector, se debe reforzar con acero, se diseña con una franja unitaria de 1,00 metro. El refuerzo se calcula a continuación:

$$M_{\text{flector}} = \frac{q_{\text{dis}} * L^2}{2} = \frac{32 * \left[\frac{2,10}{2} - \frac{0,4}{2} \right]^2}{2} = 11,56 \text{ T}$$

$$A_{S_{\text{min}}} = \frac{14,1}{f_y} * b * d = \frac{14,1}{4\ 200} * 100 * 51,71 = 17,36 \text{ cm}^2$$

$$A_{S_{\text{temp}}} = 0,002 * b * d = 0,002 * 100 * 51,71 = 10,34 \text{ cm}^2$$

$$A_s = \left[(100 * 51,71) - \sqrt{(100 * 51,71)^2 - \frac{11\ 558,46 * 100}{0,003825 * 280}} \right] * \frac{0,85 * 280}{4\ 200}$$

$$A_s = 5,97 \text{ cm}^2$$

El área de acero calculado, es mayor que el área de acero mínimo, por lo que se coloca el mínimo (17,36 cm²)

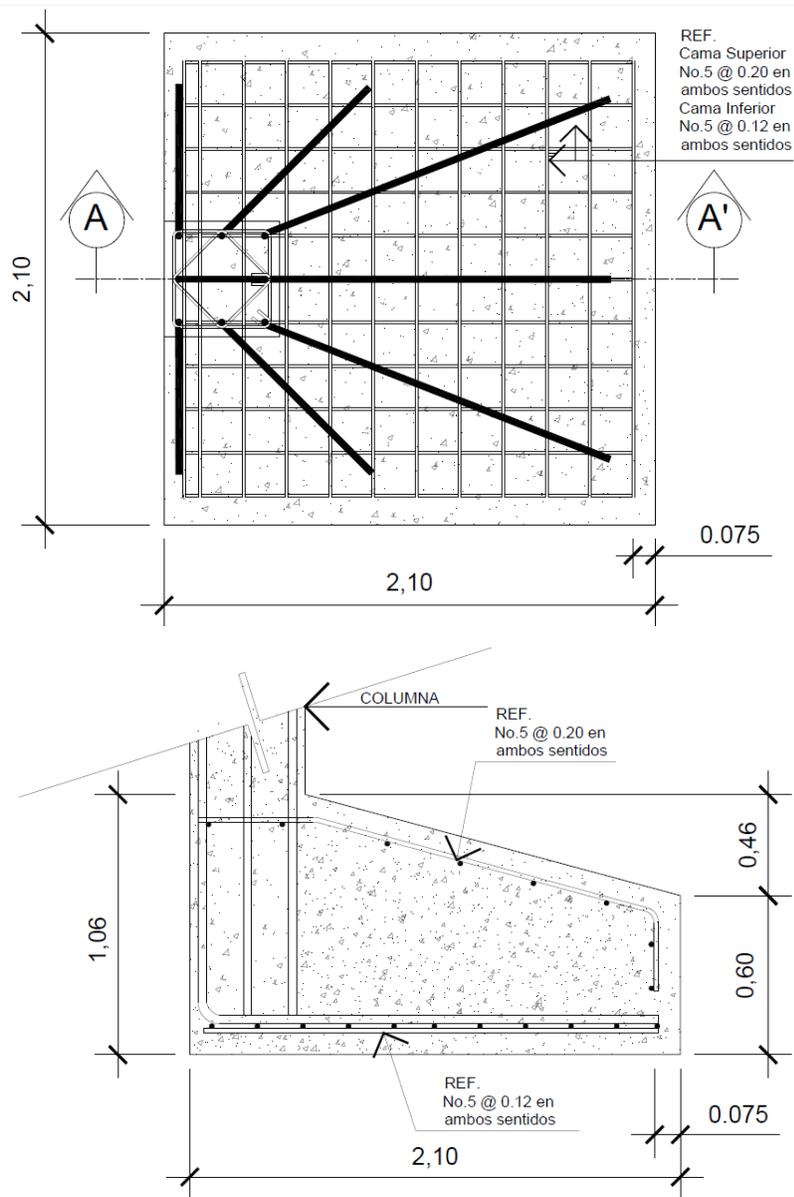
- Cálculo de espaciamiento requerido en la cama inferior.

$$\left. \begin{array}{l} \text{▪ } 17,36 \text{ cm}^2 \text{ ----- } 100 \text{ cm} \\ \text{▪ } 1,98 \text{ cm}^2 \text{ ----- } S \end{array} \right\} S = 11,40 \approx 12,00 \text{ cm}$$

- Cálculo de espaciamiento requerido en la cama superior.

$$\left. \begin{array}{l} \text{▪ } 10,34 \text{ cm}^2 \text{ ----- } 100 \text{ cm} \\ \text{▪ } 1,98 \text{ cm}^2 \text{ ----- } S \end{array} \right\} S = 19,14 \approx 20,00 \text{ cm}$$

Figura 69. Detalle de zapata excéntrica



Fuente: elaboración propia, con programa de Auto Cad.

- Zapata combinada Z3

Este tipo de zapata, se coloca en caso que la distancia entre columnas sea demasiado pequeña o que estas se traslapen.

Datos:

$$P_u = 100,32 \text{ T}$$

$$FCU = 1,49$$

$$M_{x1} = 8,286 \text{ T-m}$$

$$\text{Desplante} = 1,50 \text{ m}$$

$$M_{x2} = 8,631 \text{ T-m}$$

$$\text{Sección columna} = 0,40 \times 0,40 \text{ m}$$

$$M_{y1} = 11,402 \text{ T-m}$$

$$t \text{ zapata} = 0,65 \text{ m}$$

$$M_{y2} = 10,573 \text{ T-m}$$

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

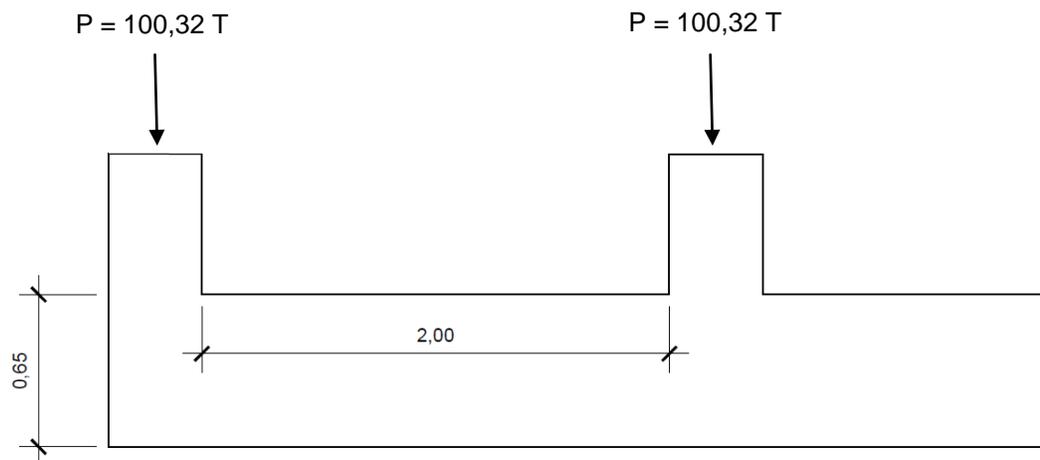
$$\gamma_{\text{concreto}} = 2,4 \text{ T/m}^3$$

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

$$\rho_{\text{suelo}} = 1,33 \text{ T/m}^3$$

$$V_{\text{suelo}} = 37,03 \text{ T/m}^2$$

Figura 70. **Sección y fuerzas sobre zapata combinada, sentido y**

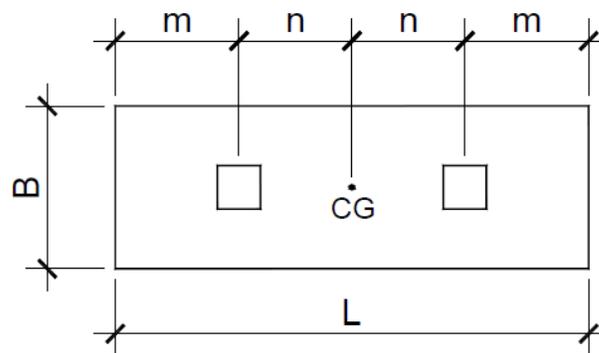


Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCad.

Para predimensionar el cimiento rectangular, se debe de tener en cuenta las siguientes restricciones:

- $L=2(m+n)$
- $B= R/qL$
- $R= P't_1+P't_2$
- $q= V_s$

Figura 71. **Planta de zapata combinada**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCad.

- Cálculo de las cargas de trabajo:

$$P't_1 = \frac{P_u}{FCU} = \frac{100,32}{1,49} = 67,328 \text{ T}; \quad P't_2 = \frac{P_u}{FCU} = \frac{100,32}{1,49} = 67,328 \text{ T}$$

$$M't_{x1} = \frac{M_{x1}}{FCU} = \frac{8,285}{1,49} = 5,561 \text{ T}; \quad M't_{x2} = \frac{M_{x2}}{FCU} = \frac{8,631}{1,49} = 5,793 \text{ T}$$

$$M't_{y1} = \frac{M_{y1}}{FCU} = \frac{11,402}{1,49} = 7,652 \text{ T}; \quad M't_{y2} = \frac{M_{y2}}{FCU} = \frac{10,573}{1,49} = 7,096 \text{ T}$$

- Predimensionamiento del área de la zapata:

La longitud del cimiento, se escoge de tal manera que el centro de cargas coincida con el centro geométrico del cimiento.

Se tiene $L=2(m+n)$ asumir $m = 0,80$ m y $n = 1,20$ m

$$L = 2 * (0,80 + 1,20) = 4,00 \text{ m}$$

$$Az = B \times L$$

$$B = \frac{R}{qL} = \frac{67,328 + 67,328}{22,21 + 4,00} = 1,52 \text{ m}$$

Tomando en cuenta que al no chequear el área de la zapata se debe incrementar esta conservando la longitud L y aumentando el ancho B, como en el predimensionamiento no se toman en cuenta los efectos de flexión y corte se asumirá $B = 2,60$ m.

$$Az = 4,00 * 2,60 = 10,40 \text{ m}^2$$

- Integración de cargas sobre la zapata:

$$P_{cg} = P't1 + P't2 + P_p + 2 * P_{col} + P_s$$

$$P_p = Az * t * \gamma_c = 10,40 * 0,65 * 2,40 = 16,224 \text{ T}$$

$$P_{col} = H_{col} * A_{col} * \gamma_c = 7,7 * 0,4 * 0,4 * 2,4 = 2,957 \text{ T}$$

$$P_s = Az * z * \rho_s = (10,40 - 2 * 0,16) * 1,5 * 1,33 = 20,110 \text{ T}$$

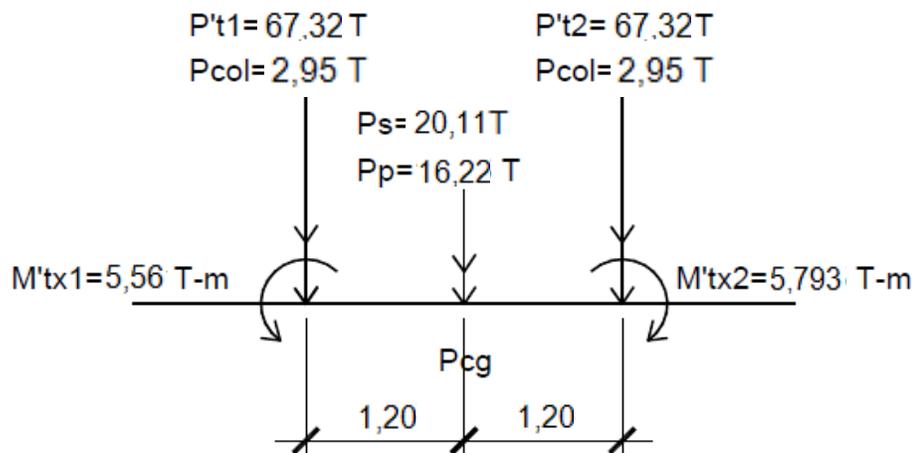
$$P_{cg} = 67,328 + 67,328 + 16,244 + (2 * 2,957) + 20,110 = 176,903 \text{ T}$$

$$M_{cgx} = -5,561 - 5,793 = 11,354 \text{ T - m}$$

$$M_{cgy} = -7,652 - 7,096 = 14,748 \text{ T - m}$$

Para calcular el momento en el centro de gravedad del elemento, se debe realizar un diagrama de cuerpo libre, como se muestra en siguiente figura:

Figura 72. **Diagrama de cuerpo libre para cimiento combinado**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCad.

- Presiones máxima y mínima en el suelo:

$$S = \frac{b * h^2}{6}$$

$$\text{Sentido X} \\ S_x = \frac{4,00 * 2,60^2}{6} = 4,507 \text{ m}^3$$

$$\text{Sentido Y} \\ S_y = \frac{2,60 * 4,00^2}{6} = 6,933 \text{ m}^3$$

$$\frac{q_{\max}}{q_{\min}} = \frac{P_{cg}}{Az} \pm \frac{M_{cgx}}{S_x} \pm \frac{M_{cgy}}{S_y};$$

$$\frac{q_{\max}}{q_{\min}} = \frac{176,903}{10,40} \pm \frac{11,354}{4,507} \pm \frac{14,748}{6,933}$$

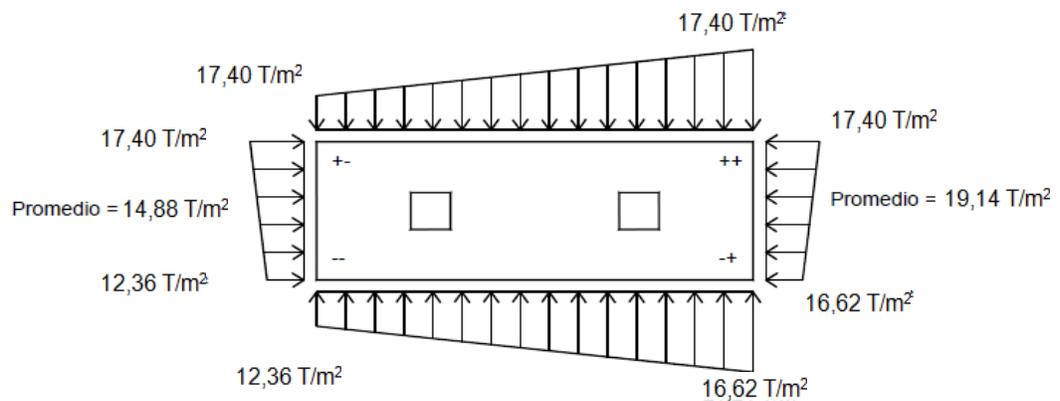
$$q_{\max} = \frac{176,903}{10,40} + \frac{11,354}{4,507} + \frac{14,748}{6,933} = 21,656 \text{ T/m}^2$$

$$q_{\min} = \frac{176,903}{10,40} - \frac{11,354}{4,507} - \frac{14,748}{6,933} = 12,363 \text{ T/m}^2$$

$$q_{\max} = 21,656 \text{ T/m}^2 < 22,21 \text{ T/m}^2; \quad \text{cumple}$$

$$q_{\min} = 12,363 \text{ T/m}^2 > 0; \quad \text{cumple}$$

Figura 73. **Presiones sobre el suelo**



Fuente: elaboración propia, con programa de Auto Cad.

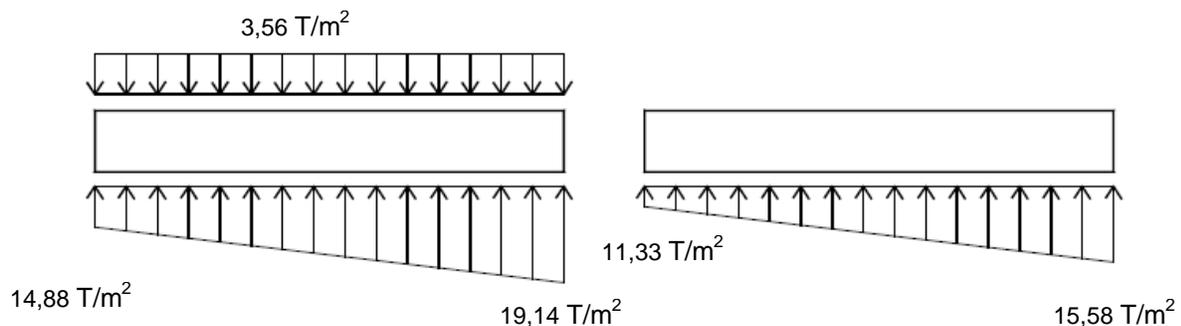
Las presiones del suelo y cimiento son:

$$q_s = \text{Desp} * \gamma_{\text{suelo}} = 1,50 * 1,33 = 2,00 \text{ T/m}^2$$

$$q_{\text{cim}} = t * \gamma_{\text{concreto}} = 0,65 * 2,4 = 1,56 \text{ T/m}^2$$

$$q_{\text{cim}} + q_s = 2,00 + 1,56 = 3,56 \text{ T/m}^2$$

Figura 74. **Presiones sobre el cimiento**



Fuente: elaboración propia, con programa de Auto Cad.

Las presiones últimas de diseño serán: $q_{\text{dis}} = q * \text{FCU}$, las presiones últimas por metro lineal se obtienen de $W = b * q_{\text{dis}}$, para, $B =$ ancho de cimiento, $B = 2,60$ metros.

$$P_u = q_{\text{dis}} * \text{FCU}, \quad q_{\text{dis}} = 11,33 * 1,49 = 16,88 \text{ T/m}^2$$

$$q_{\text{dis}} = 15,58 * 1,49 = 23,22 \text{ T/m}^2$$

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

$$\frac{4,00}{(23,22 - 16,88)} = \frac{x}{q_{d(x)} - 16,88}; \quad q_{d(x)} = 16,88 - 1,58 x$$

Para $x = 0,00$ m, $q_{d(0,00)} = 16,88$ T/m²

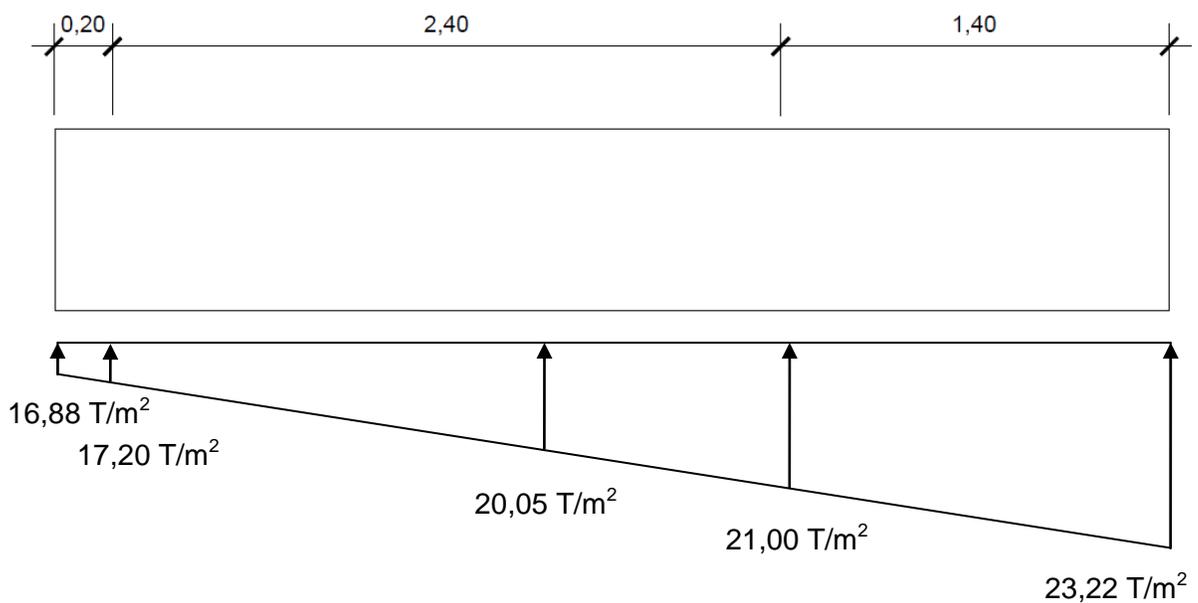
Para $x = 0,20$ m, $q_{d(0,20)} = 17,20$ T/m²

Para $x = 2,00$ m, $q_{d(2,00)} = 20,05$ T/m²

Para $x = 2,60$ m, $q_{d(2,60)} = 21,00$ T/m²

Para $x = 4,00$ m, $q_{d(4,00)} = 23,22$ T/m²

Figura 75. **Presión última sobre el cimiento**



Fuente: elaboración propia, con programa de Auto Cad.

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

Para $q_{disu} = 16,88$ T/m² tenemos $= 2,60 * 16,88 = 8,54$ T/m²

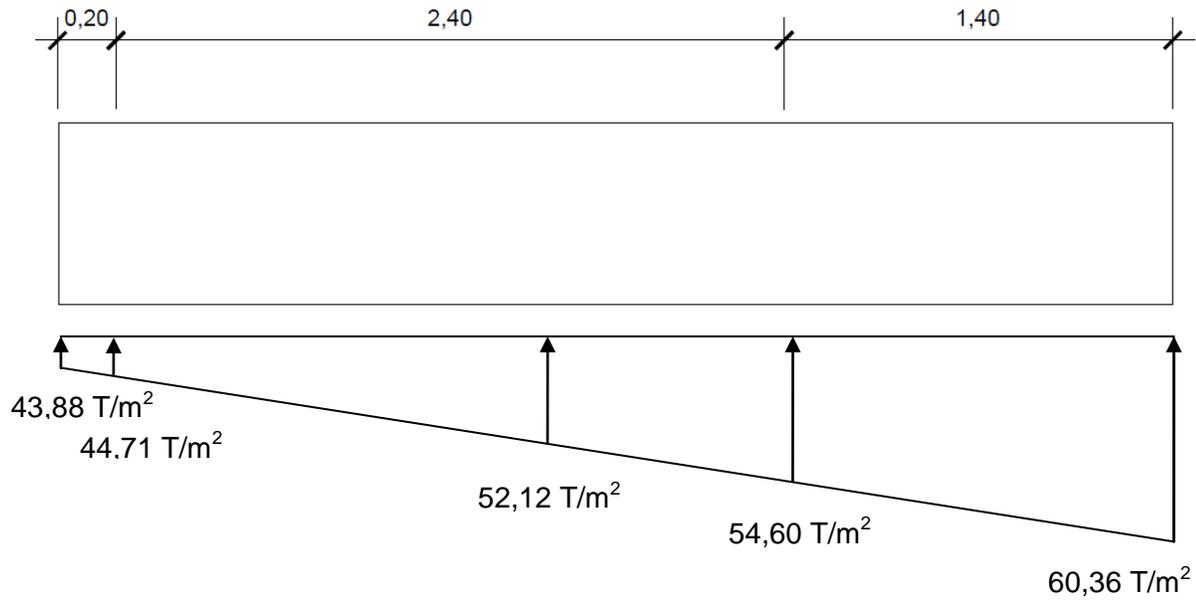
Para $q_{disu} = 17,20$ T/m² tenemos $= 2,60 * 17,20 = 15,12$ T/m²

Para $q_{disu} = 20,05$ T/m² tenemos $= 2,60 * 20,05 = 21,71$ T/m²

Para $q_{disu} = 21,00$ T/m² tenemos $= 2,60 * 21,00 = 28,29$ T/m²

Para $q_{disu} = 23,22$ T/m² tenemos $= 2,60 * 23,22 = 34,87$ T/m²

Figura 76. Presión última por metro lineal



Fuente: elaboración propia, con programa de Auto Cad.

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

$$\frac{4}{(43,88 - 60,36)} = \frac{x}{W_{(x)} - 43,88}; \quad W_{(x)} = 43,88 + 4,12 x$$

Si se encuentra W para cuando $x_{cg} = 2$ m; se tiene

$$W_{cg} = 43,88 + (4,12 * 2) = 52,12 \text{ T/m}$$

- Cálculo de diagramas de corte y momento

$$V_{ab} = \frac{(43,88 + 44,71) * 1,00}{2} = 44,30 \text{ T}$$

$$V_b = V_{ab} - 100,32 = 44,30 - 100,32 = -56,02 \text{ T}$$

$$V_{bc} = V_b + 44,71 y + 4,12 y^2, \text{ cuando } V_{bc} = 0 \text{ entonces } y = 1,13 \text{ m}$$

El valor de la presión última por metro lineal cuando, $y = 1,13 \text{ m}$ y $V_{bc} = 0$.

$$W_{(x)} = 43,88 + 4,12x, \quad x = 1,13 \text{ m}$$

$$W_{(x)} = 43,88 + (4,12 * 1,13) = 48,56 \text{ T/m}$$

$$V_{cd} = \frac{(54,60 * 60,36) * 1}{2} = 57,48 \text{ T}$$

$$V_c = 100,32 - V_{cd} = 100,32 - 57,48 = -42,84 \text{ T}$$

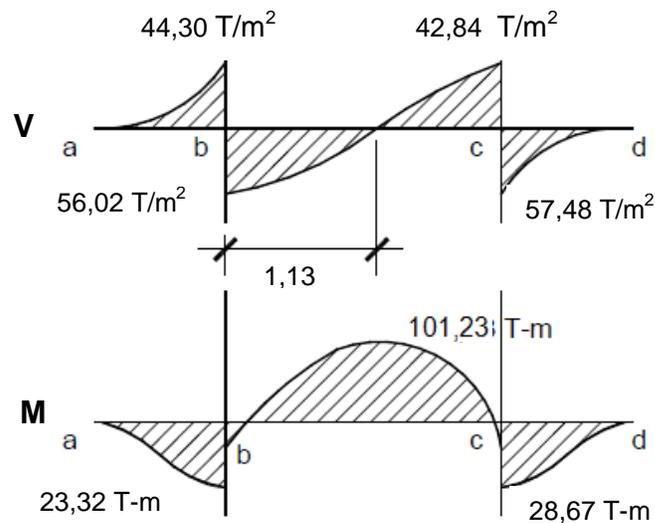
$$M_{ab} = \frac{43,88 * 1^2}{2} + \frac{4,12 * 1^2}{3} = 23,32 \text{ T - m}$$

$$M_{\text{máx}_{bc}} = 5,56 + \frac{44,71 * 1,13^2}{2} + \frac{1}{3} * \frac{11,13 * 1,13^2}{2} - 56,02 * 0,40$$

$$M_{\text{máx}_{bc}} = 101,23 \text{ T - m}$$

$$M_{cd} = \frac{54,60 * 1^2}{2} + \frac{4,12 * 1^2}{2} * \frac{2}{3} = 28,67 \text{ T - m}$$

Figura 77. Diagrama de corte y momento en zapata combinada



Fuente: elaboración propia, con programa de Auto Cad.

- Chequeo por corte simple o flexionante

Peralte efectivo de la zapata, asumiendo varilla No. 6 $\varnothing = 1,91$ centímetros y recubrimiento mínimo de 7,50 centímetros.

$$d = t - \text{rec} - \phi \text{ var}/2$$

$$d = 65,00 - 7,50 - 1,91/2 = 56,55 \text{ cm}$$

- Corte resistente

$$V_{\text{res}} = \phi * 0,53 * \sqrt{f'c} * B * d = \frac{0,85 * 0,53 * \sqrt{280} * 260 * 56,55}{1000} = 110,83 \text{ T}$$

Como $V_{act} < V_{res}$ según se muestra en el diagrama de corte, sí cumple, así que el peralte si resiste el cortante simple.

- Chequeo por corte punzonante

- Área punzonante

$$A_p = (b + d)^2 = (0,40 + 0,56)^2 = 0,93 \text{ m}^2$$

- Corte actuante

$$V_{act.} = P_u - (q_{dis} * A_p)$$

$$V_{act.} = 100,32 - (21,00 * 0,93) = 80,74 \text{ T}$$

- Corte resistente

$$\beta_o = 4 * (b + d) = 4 * (0,40 + 0,5655) = 3,86 \text{ m}$$

$$V_{res} = \phi * 1,06 * \sqrt{f'_c} * \beta_o * d = \frac{0,85 * 1,06 * \sqrt{280} * 386 * 56,55}{1000} = 329,24 \text{ T}$$

Como $V_{act} < V_{res}$ sí cumple, así que el peralte si resiste el cortante punzonante, y las dimensiones son adecuadas. Se procede al diseño por flexión.

- Diseño a flexión

$$A_{S_{min}} = \frac{14,1}{f_y} * b * d = \frac{14,1}{4200} * 100 * 56,55 = 18,98 \text{ cm}^2$$

- Refuerzo mínimo en el ancho de 2,6 m;

$$A_{S_{\min}} = \frac{14,1}{f_y} * b * d = \frac{14,1}{4\ 200} * 260 * 56,55 = 49,36 \text{ cm}^2$$

- Momento resistente

El momento resistente con franja unitaria $B = 2,60 \text{ m}$ y $A_s = 49,36 \text{ cm}^2$ es:

$$M_r = 0,9 * \left[f_y * A_s * \left(d - \frac{A_s * f_y}{1,7 * f'_c * b} \right) \right]$$

$$M_r = \frac{0,9 * \left[4\ 200 * 49,36 * \left(56,55 - \frac{49,36 * 4\ 200}{1,7 * 280 * 260} \right) \right]}{100 * 1000} = 102,38 \text{ T - m}$$

El momento $M_r > M_{uact}$ si resiste.

$$A_{S_{temp}} = 0,002 * b * d = 0,002 * 260 * 56,55 = 29,40 \text{ cm}^2$$

- Cálculo el espaciamiento requerido en la cama inferior:

$$\left. \begin{array}{l} \text{▪ } 49,36 \text{ cm}^2 \text{ ----- } 260 \text{ cm} \\ \text{▪ } 2,85 \text{ cm}^2 \text{ ----- } S \end{array} \right\} S = 15,01 \approx 15,00 \text{ cm}$$

Se utilizarán varillas No. 6 a cada 0,15 metros.

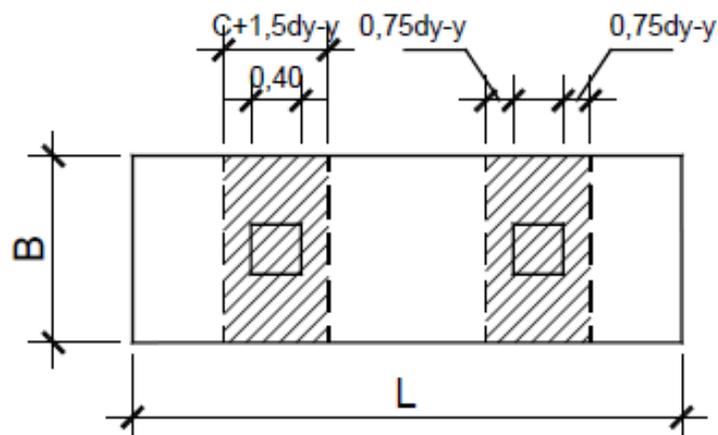
- Cálculo el espaciamiento requerido en la cama superior:

$$\left. \begin{array}{l} \text{▪ } 29,40 \text{ cm}^2 \text{ ----- } 260 \text{ cm} \\ \text{▪ } 2,85 \text{ cm}^2 \text{ ----- } S \end{array} \right\} S = 25,20 \approx 25 \text{ cm}$$

- Cálculo de vigas transversales

Tomando un ancho de viga de $(c + 1,5d)$ donde $1,5d$ es d_{y-y} , se chequea bajo la columna crítica, en este caso 1 o 2 considerando que la viga será igual para las dos columnas.

Figura 78. **Planta de vigas transversales en zapata combinada**



Fuente: elaboración propia, con programa Auto Cad.

Cálculo del peralte efectivo d_{y-y} , asumiendo \emptyset_x y \emptyset_y No.5:

$$d_{y-y} = z - \frac{\emptyset_x}{2} - \frac{\emptyset_y}{2}$$

$$d_{y-y} = 56,55 - \frac{1,91}{2} - \frac{1,91}{2} = 54,64 \text{ cm}$$

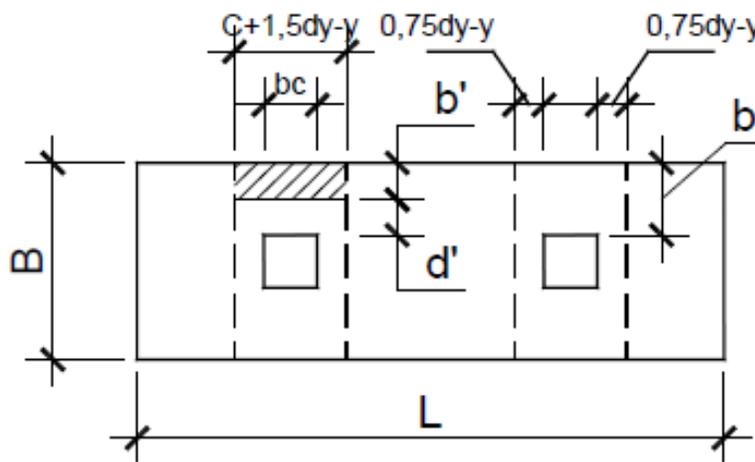
$$C + 1,5d_{y-y} = 40 + 1,5(54,64) = 82,36 \text{ cm}$$

La viga transversal se diseñara con la presión uniforme causada por la carga puntual de la columna $P_u = 100,32 \text{ T}$

$$q_{dis} = \frac{Pu}{B * (C + 1,5d_y - y)} = \frac{100,32}{2,60 * 0,8236} = 46,85 \text{ T/m}^2$$

- Chequeo por corte simple en viga transversal

Figura 79. **Corte simple en viga transversal de zapata combinada**



Fuente: elaboración propia, con programa Auto Cad.

- Corte actuante

$$b' = \frac{B}{2} - \frac{bc}{2} - d' = \frac{260}{2} - \frac{40}{2} - 54,64 = 75,16 \text{ cm}$$

$$V_{act} = q_{dis} * b' * (C + 1,5d_{y-y}) = 46,85 * 0,7516 * 0,8236 = 29,00 \text{ T}$$

- Corte resistente

$$\phi V_c = \phi * 0,53 * \sqrt{f'_c} * (C + 1,5d_{y-y}) * d' = \frac{0,85 * 0,53 * \sqrt{280} * 82,36 * 54,64}{1000}$$

$$\phi V_c = 33,93 \text{ T}$$

$\phi V_c > V_{act}$ si cumple.

- Diseño a flexión de la viga transversal

$$M_{uact} = \frac{q_{diseño} * b^2}{2} = \frac{46,85 * 1,10^2}{2} = 28,34 \text{ T - m}$$

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

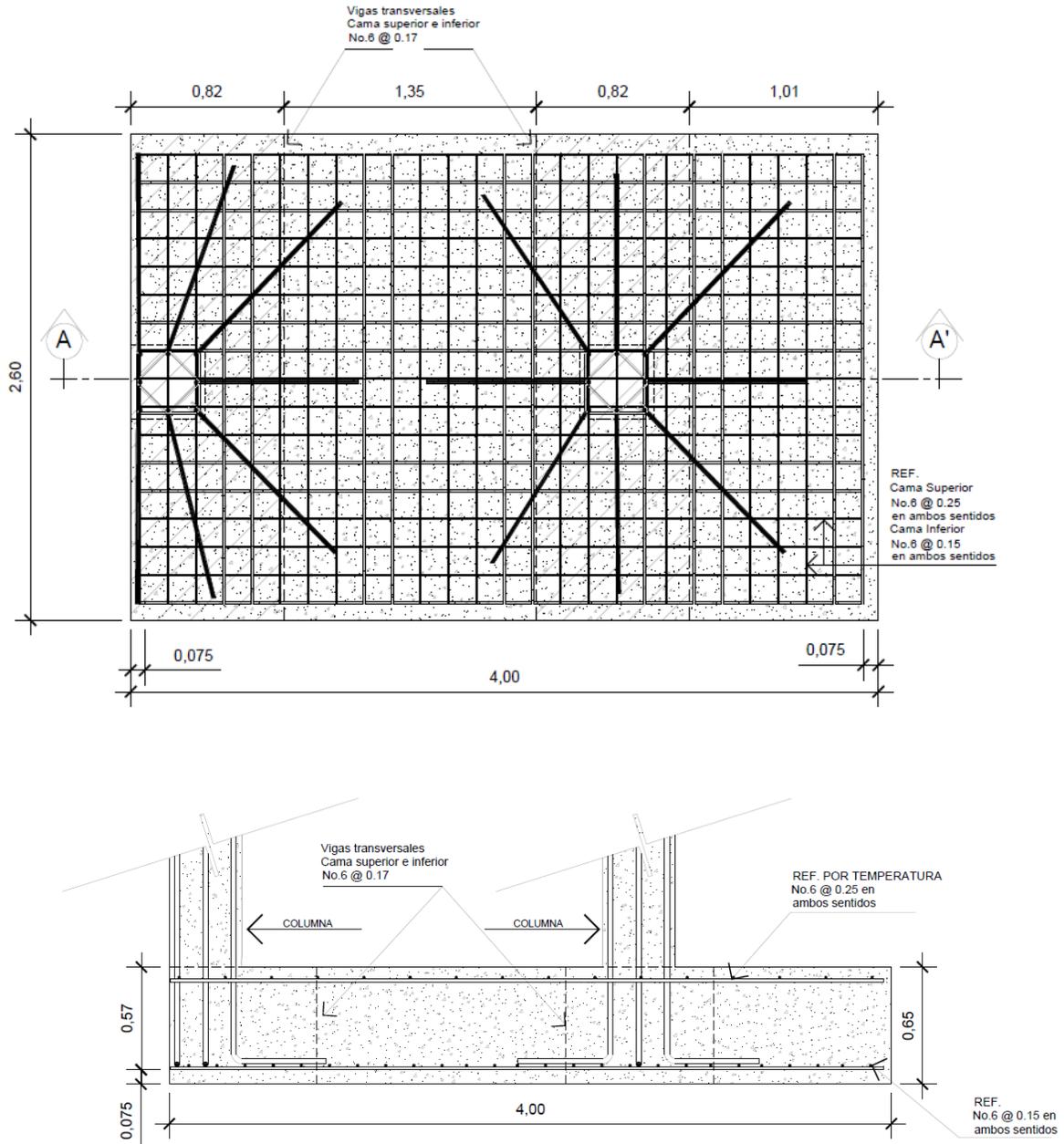
$$A_s = \left[(100 * 54,64) - \sqrt{(100 * 54,64)^2 - \frac{28\,340 * 82,36}{0,003825 * 280}} \right] * \frac{0,85 * 280}{4\,200}$$

$$A_s = 14,11 \text{ cm}^2$$

- Cálculo del espaciamiento requerido en la cama superior e inferior sentido corto:

$$\left. \begin{array}{l} \checkmark \quad 14,11 \text{ cm}^2 \text{ ----- } 82,36 \text{ cm} \\ \checkmark \quad 2,85 \text{ cm}^2 \text{ ----- } S \end{array} \right\} S = 16,64 \approx 17 \text{ cm}$$

Figura 80. **Detalle de armado zapata combinada Z3**



Fuente: elaboración propia, con programa de Auto Cad

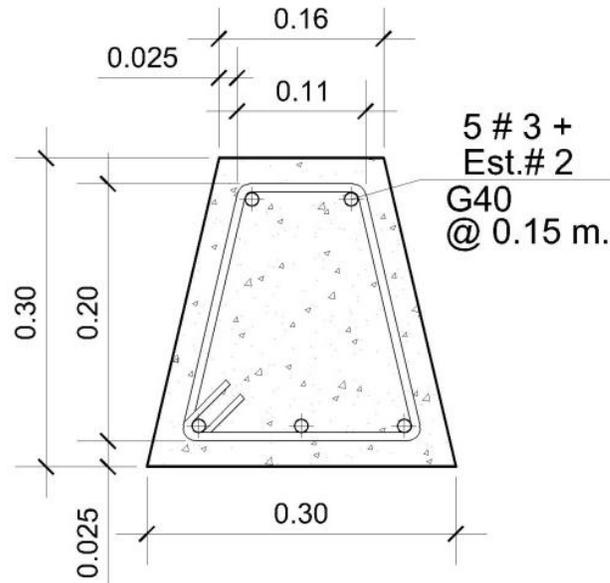
- Cimiento corrido

Es el cimiento que se le coloca a los muros, este se calcula como una franja unitaria. Se diseñarán para soportar las cargas superpuestas, dando una distribución adecuada a las mismas, de acuerdo con la resistencia del terreno, debiendo ser continuos para proveer un amarre adecuado entre ellos. Tomando en cuenta que los muros de la estructura son únicamente para dividir ambientes, se propone cimiento corrido de sección trapezoidal de acuerdo al Fondo de Hipotecas Aseguradas (FHA), considerando que los muros del primer nivel tendrán una altura de 2,7 metros las dimensiones del cimiento serán las siguientes:

- Ancho de base mínimo: 25 cm
- Peralte mínimo: 30 cm
- Ancho de la corona: ancho del muro mas 1cm.

El refuerzo mínimo para cimientos corridos de sección trapezoidal es 5 No.3 con eslabones No.2@15cm.

Figura 81. **Detalle armado cimiento corrido**



Fuente: elaboración propia, con programa de Auto Cad.

2.2.7. Instalaciones

Toda edificación debe contar con las instalaciones necesarias para brindar el servicio para la cual ha sido diseñada, por lo que estas deben de estar contempladas y especificadas para minimizar los errores a la hora del funcionamiento de la edificación.

2.2.7.1. Agua potable

El sistema de agua potable está diseñado como circuito cerrado para mantener la presión en cada área del edificio, el circuito cuenta con 24 lavamanos, 20 inodoros, 6 orinales, 1 lavatrastos, 2 duchas, 1 lavaderos y 3 grifos de servicio.

El proyecto se proveerá de agua potable en cantidad y presión suficiente, para satisfacer las necesidades y servicio de los usuarios de acuerdo a los siguientes requisitos mínimos:

- El servicio de agua potable será continuo durante las 24 horas del día
- La dotación mínima aceptable es de 200 litros/persona/día
- Son aceptables redes de distribución diseñados por circuitos cerrados
- En puntos estratégicos de fácil acceso, deben instalarse válvulas de control, que permitan aislar tramos de tubería para operaciones de mantenimiento; sin que para esto sea necesario cortar el servicio de agua a todo el edificio.
- El tipo de tubería a utilizar será de cloruro polivinilo (PVC) de 3/4 de pulgada de diámetro para ramales principales y PVC de 1/2 pulgada de diámetro para las conexiones a los artefactos sanitarios.
- Las tuberías deben colocarse lo más apartado posible de las de drenaje y nunca a nivel inferior que estas.
- En los puntos de cruce entre tubería de agua y drenaje, las primeras deben quedar por lo menos 20 centímetros, por encima protegidas con mortero o concreto en una longitud de 1,00 metro, a cada lado del cruce.
- Cuando la presión y el servicio de agua no sean suficientes, se instalarán sistemas que proporcionen un abastecimiento adecuado; siendo estos tanques o cisternas con equipos hidroneumáticos.

Para alimentar todos los accesorios, se diseñó un solo circuito, basado en el método de Hunter, donde se deben tomar en cuenta los pesos o demandas de agua de los artefactos a ser usados en el proyecto.

Para encontrar el caudal necesario y con este el diámetro del ramal de alimentación. El cálculo se realiza de la siguiente forma:

$$Q = 0,30 * \sqrt{\sum P}$$

Tabla XXVII. **Demanda de accesorios para método de Hunter**

Pieza o accesorio	Peso
Inodoro con caja de descarga	0,30
Inodoro con fluxómetro	40,00
Tina de baños	1,00
Bebedero	0,10
Bidet	0,10
Regadera	0,50
Lavado	0,50
Lavadora de ropa	1,00
Mingitorio auto aspirante	2,80
Mingitorio	0,30

Fuente: ENRIQUE HARPER, Gilberto. *Cálculo de instalaciones hidráulicas y sanitarias, residenciales y comerciales. Tabla 6, p. 126.*

Tabla XXVIII. **Demanda de accesorios edificio escolar**

Pieza o accesorio	Cantidad	Peso	Parcial
Inodoro con caja de descarga	20	0,30	6
Regadera	2	0,50	1
Lavado	24	0,50	12
Mingitorio	6	0,30	1,8
Lavatrastos	1	1,00	1
Lavaderos	4	0,50	2
Grifos	3	0,50	1,5
Total			25,30

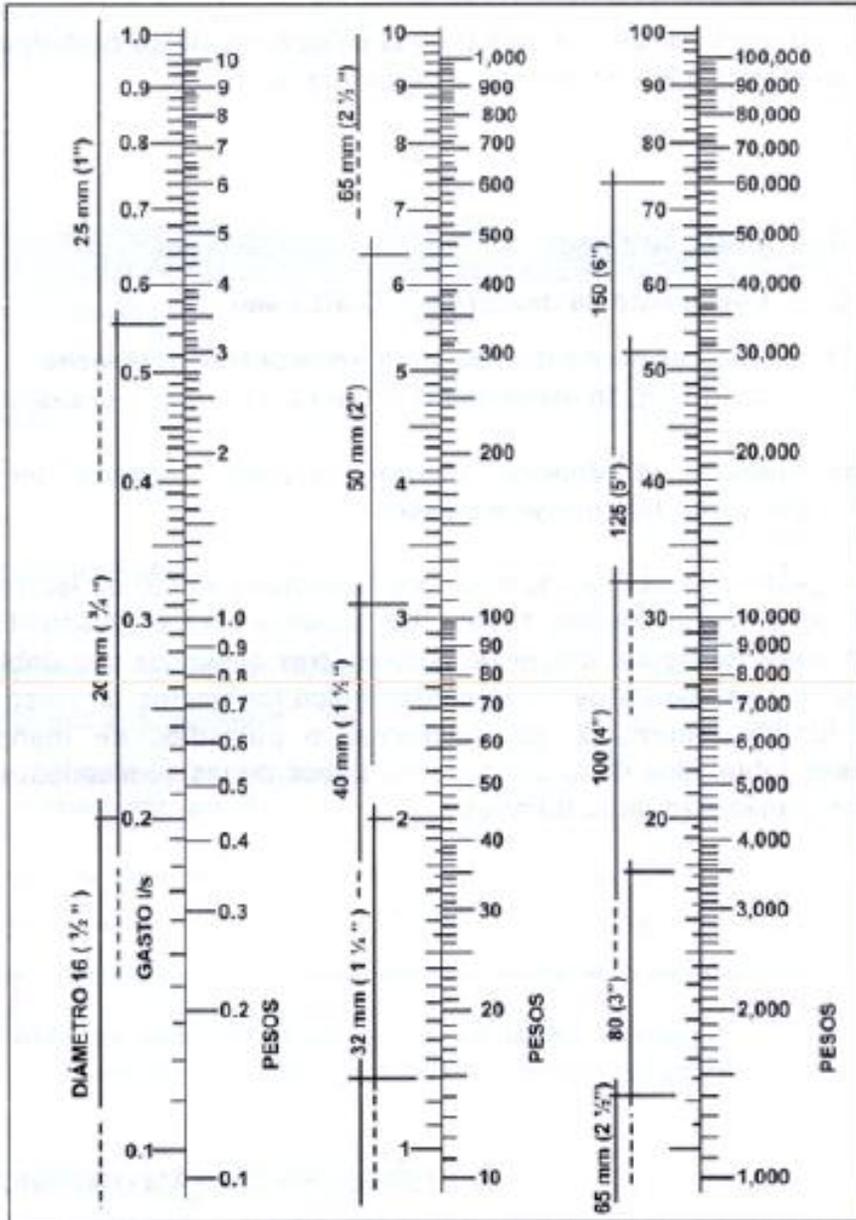
Fuente: elaboración propia.

$$Q = 0,30 * \sqrt{25,30} = 1,50$$

Con el dato del caudal necesario para abastecer los accesorios, se procede a buscar el dato en el ábaco que se presenta en la figura 79.

Ya que se localizó el caudal (gasto), en la parte izquierda de la primera columna, se indica que el ramal de alimentación debe ser de 1 ¼ pulgadas, y por no estar disponible en el mercado se colocara de 1 ½ pulgadas de diámetro. Para los subramales que alimentan los accesorios deberá ser la tubería de 1 pulgada de diámetros como mínimo. La tubería utilizada debe cumplir con la Norma ASTM D2241 y los accesorios serán cedula 40 y cumplir con la Norma ASTM D2466.

Figura 82. **Ábaco para el cálculo de tuberías de agua fría**



Fuente: ENRIQUE HARPER, Gilberto. *Cálculo de instalaciones hidráulicas y sanitarias, residenciales y comerciales. Abaco 1, p. 128.*

2.2.7.2. Drenajes

Las instalaciones de aguas negras y aguas pluviales, serán en sistemas separativos, para evitar contaminación e incrementación de caudal en el sistema de drenaje general, por medio de tubería pvc con diámetros de 4, 3 y 2 pulgadas que debe de cumplir con la Norma ASTM D2265 cédula 40, para la red principal se utilizará tubería pvc NOVAFORT con diámetros de 8 y 6 pulgadas, que debe de cumplir con la Norma ASTM F-949, para la unión de estas tuberías de los ramales y red principal será por medio de cajas de registro.

- Determinando diámetro de la tubería drenaje sanitario:

Las tuberías que recibirán los afluentes de los ramales de descarga reciben el nombre de ramal de drenaje y los diámetros se obtienen de la tabla XXVI, según las unidades de Hunter que lleguen a él.

Determinando diámetro de la tubería drenaje pluvial:

Datos:

Pendiente = 2 %

Área tributaria = 1 074 m² = 0,1074 Ha

Tiempo para tramo inicial t = 12 mín

PVC = 6"

Coefficiente de rugosidad de PVC, n= 0,010

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

Intensidad de lluvia para la región de ciudad de Guatemala obtenida de la estación meteorológica del INSIVUMEH (Instituto Nacional de Sismología Vulcanología, Meteorología e Hidrología) en período de retorno de 10 años.

$$I = \frac{A}{(B * t)^2} = \frac{1\ 345}{(9 * 12)^{0,791}} = 33,13 \text{ mm/h}$$

- Caudal de diseño:

$$q_{\text{dis}} = \frac{C * I * A}{360} = \frac{0,90 * 33,13 * 0,1074}{360} = 0,0089 \text{ m}^3/\text{s} = 8,9 \text{ l/s}$$

- Encontrando velocidad de flujo de sección llena:

$$V = \frac{0,03429 * D^{2/3} * S^{1/2}}{n} = \frac{0,03429 * 6^{2/3} * 0,02^{1/2}}{0,01} = 1,60 \text{ m/s}$$

- Área de sección de tubería:

$$A = 5,067E^{-4} * D^2 = 5,067E^{-4} * 6^2 = 0,018 \text{ m}^2$$

- Caudal de sección llena:

$$Q = A * V = 0,018 * 1,60 = 0,028 \text{ m}^3/\text{s} = 28,80 \text{ l/s}$$

Como $Q > q_{\text{dis}}$ el diámetro de tubería para la conexión al sistema municipal es correcto, para los ramales se utilizó el mismo procedimiento, esto para tener un diámetro adecuado para cada ramal del edificio.

Tabla XXIX. **Dimensiones de ramales para drenaje**

Diámetro nominal	Máximo de unidades
1"	1
1 ½"	3
2"	6
3"	20
4"	160
6"	620

Fuente: ENRIQUE HARPER, Gilberto. Cálculo de instalaciones hidráulicas y sanitarias, residenciales y comerciales, p. 241.

Para los ramales de drenaje de aguas negras, se utilizará tubería PVC de 4 pulgadas de diámetro ya que recibiría un total de 60 unidades.

2.2.7.3. Electricidad

Con base en el manual de normas para acometidas de servicio eléctrico de la Empresa Eléctrica de Guatemala, S.A. (EEGSA), en la sección V: apartamentos, edificios, centros comerciales y construcciones similares.

- Normas y códigos para instalación comercial
 - Acometida: conjunto de conductores, componentes y materiales utilizados para transmitir la electricidad, desde las líneas de distribución de la empresa eléctrica. La instalación de la acometida consta de los siguientes elementos básicos:
 - Poste de distribución
 - Poste de acometida
 - Cables de acometida

- Contador o medidor
- Caja socket para contador
- Medios de protección
- Tableros de distribución

De acuerdo a lo anterior, se colocará 1 contador, 1 tablero principal y 3 tableros secundarios con tierra física cada uno. Para conexión de electrodos a tierra se debe colocar una varilla de cobre de una longitud mínima de 2,5 metros y 3/8 de pulgada de diámetro.

- Circuitos: para determinar el tipo de calibre de los calves y flipones por circuito se realizo el cálculo por la formula de potencia.

$$P= I*V$$

Donde:

P = potencia

I = corriente

V = voltaje

Conociendo esta potencia, se determinó el consumo de energía por aparato, para conocer la corriente que circula por cada circuito. Los calibres de cables utilizados, dependen de la carga soportada y *flip-on* utilizado. Para los circuitos de fuerza se utilizará cable calibre 12 THHN y para los circuitos de iluminación cable calibre 12 THHN, basándose principalmente en lo que determinen los cálculos.

La sumatoria de las 2 líneas no debe sobrepasar los 15 amperios, para determinar que las líneas están balanceadas.

Tabla XXX. **Tablero principal de circuitos**

Tablero Principal										
Circuito	Tipo de carga	Voltaje Unidad (VAC)	Unidades	Total Potencia (Watts)	Corriente (Amp.)	L1	L2	Flip-on	Calibre	T/D
B	Iluminación	120	12	1 200	10	10		1 x 15	12	TP/1
C	Iluminación	120	9	1080	9		9	1 x 15	12	TD/1
K	Fuerza	120	11	1320	11	11		1 x 20	12	TD/1
L	Fuerza	120	10	1200	10		10	1 x 20	12	TD/1
M	Fuerza	120	8	960	8	8		1 x 20	12	TD/1
A	Iluminación	120	9	1080	9		9	1 x 15	12	TD/2
D	Iluminación	120	10	1 200	10	10		1 x 15	12	TD/2
J	Fuerza	120	11	1320	11		11	1 x 20	12	TD/2
I	Fuerza	120	7	840	7	7		1 x 20	12	TD/2
H	Iluminación	120	11	1320	11		11	1 x 15	12	TD/3
E	Iluminación	120	9	1080	9	9		1 x 15	12	TD/3
S	Fuerza	120	10	1200	10		10	1 x 20	12	TD/3
R	Fuerza	120	6	720	6	6		1 x 20	12	TD/3
F	Iluminación	120	9	1080	9		9	1 x 15	12	TD/4
G	Iluminación	120	9	1080	9	9		1 x 15	12	TD/4
N	Fuerza	120	10	1200	10		10	1 x 40	8	TD/4
O	Fuerza	120	7	840	7	7		1 x 40	8	TD/4
P	Fuerza	120	12	1440	12		12	1 x 20	12	TD/4
Q	Fuerza	120	11	1320	11	11		1 x 20	12	TD/4
Total						77	91			

Fuente: elaboración propia.

2.2.8. Elaboración de planos

Para este proyecto se elaboró un total de 33 planos entre arquitectónicos, estructurales y de instalaciones, los cuales se presentan en el apéndice 3, como se describen a continuación:

- Ubicación y planta conjunto de la edificación en el casco urbano
- Planta arquitectónica edificio escolar
- Planta arquitectónica edificio escolar
- Planta acotada edificio escolar
- Secciones transversales
- Columnas y cimentación primaria
- Columnas y cimentación secundaria
- Detalle y armado de zapatas
- Armado y detalle de columnas
- Armado y detalle de columnas y gradas
- Detalle de muros
- Armado y detalle de vigas 1
- Armado y detalle de vigas 2
- Armado y detalle de vigas 3
- Armado y detalle de vigas 4
- Armado y detalle de vigas 5
- Planta de losas
- Agua potable 1
- Agua potable 2
- Drenajes 1
- Drenajes 2
- Acabados

- Iluminación
- Fuerza

2.2.9. Presupuesto

El presupuesto fue realizado a base de precios unitarios, integrando el costo directo conformado por: materiales de construcción, mano de obra calificada y no calificada, dentro de los costos indirectos: utilidades, administración, supervisión e imprevistos, se aplicó el 42 por ciento. Los precios de los materiales se cotizaron en la ciudad de Guatemala, los salarios de mano de obra, se consideraron los de la cámara guatemalteca de la construcción y los que la municipalidad asigna casos similares.

Tabla XXXI. **Presupuesto edificio escolar del Instituto Nacional de Educación Básica en aldea El Pajón, Santa Catarina Pínula Guatemala**



CONSTRUCCIÓN DE INSTITUTO NACIONAL DE EDUCACIÓN BÁSICA EN ALDEA EL PAJÓN, SANTA CATARINA PINULA						
Nº.	DESCRIPCIÓN DEL RENGLÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO/UNITARIO	COSTO TOTAL	
1	TRABAJOS PRELIMINARES					
1,1	CONSTRUCCION DE BODEGA Y GUARDIANIA	1,00	Global	Q 4 632,53	Q	4 632,53
1,2	TRAZO Y PUENTE	1 074,00	m2	Q 16,69	Q	17 926,03
1,3	EXCAVACIÓN ESTRUCTURAL	415,00	m3	Q 177,18	Q	73 529,60

Continuación de la tabla XXXI.

1,4	RELLENO ESTRUCTURAL	381,00	m3	Q	148,40	Q	56 540,47
2	CIMENTACIONES						
2,1	ZAPATAS Z-1 (2.10 m x 2.10 m x 0.55 m) refuerzo No.5 @0.15 m. en ambos sentidos	13,00	Unidad	Q	8 845,64	Q	114 993,35
2,2	ZAPATAS Z-2 CON DIAMANTE (2.10 m x 2.10 m x 1.06 m) refuerzo No.5 @0.12 m. en ambos sentidos	7,00	Unidad	Q	3 220,08	Q	22 540,54
2,3	ZAPATAS Z-3 (4.00 m x 2.60 m x 0.65 m) refuerzo No.6 @0.15 m. en ambos sentidos	14,00	Unidad	Q	25 205,17	Q	211 158,20
2,4	CIMIENTO CORRIDO CC-1 trapezoidal (0.30m x 0.16m x 0.30m) 5 No.3 + estribo No. 2 @ 0.15 m.	214,00	m	Q	754,96	Q	161 561,62
3	COLUMNAS						
3,1	COLUMNAS C-1 (0.40mx0.40m) 6 No.9 + 2 No.8 Est. No.3 @ 0.16 m	225,60	m	Q	1 538,76	Q	347 144,41
3,2	COLUMNAS C-2 (0.40mx0.40m) 8 No.7 + Est. No.3 @ 0.16 m	144,00	m	Q	1 211,52	Q	174 459,53
4	VIGAS						
4,1	VIGAS V-1X (0.30m x 0.50 m) 2 No. 6 + 2 No. 8 (CORRIDAS) + BASTONES No.6 + Est. No. 3 1@0.05, 3@0.10 RESTO @ 0.20	194,20	m	Q	954,85	Q	185 431,46
4,2	VIGAS V-1Y (0.25m x 0.45 m) 4 No. 5(CORRIDAS) + BASTONES No.6 + Est. No. 3 1@0.05, 3@0.10 RESTO @ 0.20	147,00	m	Q	774,38	Q	113 833,35
4,3	VIGAS V-2X (0.30m x 0.50 m) 4 No. 6 (CORRIDAS) + BASTONES No.8 + Est. No. 3 1@0.05, 9@0.10 RESTO @ 0.20	194,20	m	Q	847,82	Q	164 646,20
4,4	VIGAS V-2Y (0.25m x 0.45 m) 4 No. 5(CORRIDAS) + BASTONES No.4 + Est. No. 3 1@0.05, 8@0.10 RESTO @ 0.20	147,00	m	Q	723,09	Q	106 294,54
5	LOSAS Y TECHOS						
5,1	LOSA PREFABRICADA PRIMER NIVEL	562,00	m2	Q	600,01	Q	337 208,00
5,2	LOSA PREFABRICADA SEGUNDO NIVEL	614,00	m2	Q	601,12	Q	369 085,59
6	LENVANTADO DE MUROS						
6,1	LEVANTADO DE BLOCK DE 35 Kg/cm2	2 345,00	m2	Q	303,26	Q	711 136,02
6,2	COLUMNAS C-3 (0.15mx0.15m) 4 No.3 + Est. No.3 @ 0.15 m	809,60	m	Q	278,45	Q	225 429,47
6,3	COLUMNAS C-4 (0.15mx0.10m) 2 No.3 + Eslab. No.2 @ 0.15 m	80,50	m	Q	195,85	Q	15 766,24
6,4	COLUMNAS C-5 (0.15mx0.10mx0.14m) 6No.3 + Est. No.2 @ 0.15 m	31,00	m	Q	309,03	Q	9 579,98

Continuación de la tabla XXXI

6,5	COLUMNAS C-6 Tipo Pin 1No.3	171,00	m	Q	48,13	Q	8 230,69
6,6	COLUMNAS C-7 Tipo Pin 4 No.3 + Eslabón No.2@ Hilada	34,50	m	Q	127,39	Q	4 394,95
6,7	COLUMNAS C-8 Tipo Pin 1 No.3	86,40	m	Q	59,98	Q	5 182,08
6,8	SOLERA DE INTERMEDIA (0.15mx0.20m) 4 No.3 + Est. No.2 @ 0.15 m	388,00	m	Q	278,36	Q	108 004,39
6,9	SOLERA DE REMATE (0.15mx0.10m) 2 No.3 + Eslab. No.2 @ 0.15 m	95,00	m	Q	197,32	Q	18 745,44
6,10	SOLERA DE REMATE (0.15mx0.15m) 4 No.3 + Est. No.2 @ 0.15 m	130,50	m	Q	256,01	Q	33 409,57
7	ACABADOS						
7,1	ACABADOS EN MUROS	1 690,00	m2	Q	99,54	Q	168 218,17
7,2	ACABADOS EN CIELOS	1 176,00	m2	Q	286,66	Q	337 106,97
7,3	AZULEJO EN BAÑOS: de 0.20mx0.30m color a elegir	119,00	m2	Q	187,37	Q	22 297,25
7,4	PISO DE GRANITO (0.40mx0.40m)	1 238,00	m2	Q	338,52	Q	419 089,04
7,5	FACHALETA EXTERIOR: colocar fachaleta de 6.5cmsx23.0 cms	425,00	m2	Q	322,05	Q	136 870,09
7,6	PISO CERAMICO (0.40mx0.40m) Color a elegir	112,00	m2	Q	336,12	Q	37 644,90
7,7	COLOCACIÓN TEJA VENECIANA SOBRE REMATE	74,00	m	Q	251,94	Q	18 643,38
8	MODULO DE GRADAS						
8,1	MODULO GRADAS comprende armadura, formaleta y concreto.	52,00	m2	Q	1 355,24	Q	70 472,63
9	PUERTAS Y VENTANAS						
9,1	PUERTAS P-1 (1. 35m x2.35m) de dos hojas + metal + sobremarco+ anticorrosivo + pintura	10,00	Unidad	Q	2 329,94	Q	23 299,36

Continuación de la tabla XXXI.

9,2	PUERTAS P-2 (0.80m x2.35m) + metal + sobremarco+ anticorrosivo + pintura	7,00	Unidad	Q	1 351,84	Q	9 462,88
9,3	PUERTAS P-3 (0.70m x2.10m) + metal + sobremarco+ anticorrosivo + pintura	22,00	Unidad	Q	1 105,33	Q	24 317,22
9,4	PUERTAS P-4 (0.80m x2.10m) + metal + sobremarco+ anticorrosivo + pintura	2,00	Unidad	Q	1 200,75	Q	2 401,50
9,5	PUERTAS P-5 (1,25m x2.35m) + metal + sobremarco+ anticorrosivo + pintura	4,00	Unidad	Q	2 075,47	Q	8 301,89
9,6	PUERTAS P-6 (3.70m x2.42m) + metal + sobremarco+ anticorrosivo + pintura	1,00	Unidad	Q	9 542,40	Q	9 542,40
9,7	VENTANERIA DE ALUMINIO ANODIZADO + vidrio color bronce+ ventilación tipo paleta.	102,60	m2	Q	1 192,80	Q	122 381,28
10	INSTALACIONES						
10,1	INSTALACIONES HIDRAULICAS	1,00	Global	Q	10 219,09	Q	10 219,09
10,2	INSTALACION DE ARTEFACTOS (27 lavabos, 20 inodoros, 6 mingitorios, 2 lavatrastos)	1,00	Global	Q	69 467,40	Q	69 467,40
10,3	INSTALACION DRENAJE SANITARIO: comprende red general interna + red general externa de drenaje hasta colector municipal+cajas registro	1,00	Global	Q	37 643,31	Q	37 643,31
10,4	INSTALACION DRENAJE PLUVIAL: comprende red general interna + red general externa de drenaje +cajas registro + reposaderas	1,00	Global	Q	37 888,88	Q	37 888,88
11	INSTALACIONES ELECTRICAS						
11,1	ILUMINACION	1,00	Global	Q	194 712,35	Q	194 712,35
11,2	FUERZA	1,00	Global	Q	165 751,95	Q	165 751,95
COSTO TOTAL DEL PROYECTO					Q	5 671 758,35	
TOTAL EN LETRAS		Cinco millones seiscientos setenta y uno setecientos cincuenta y ocho 35/100					

Fuente: elaboración propia.

2.2.10. Cronograma de ejecución

El cronograma de actividades es una guía de los pasos que se deben realizar según, la precedencia o importancia del proceso constructivo de toda edificación para minimizar los costos y maximizar la mano de obra, por estas razones se presenta dicho cronograma en la tabla XXIX.

Tabla XXXII. Cronograma proyecto edificio escolar

CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN																															
CONSTRUCCIÓN DE INSTITUTO NACIONAL DE EDUCACIÓN BASICA ALDEA EL PAJÓN, SANTA CATARINA PINULA																															
No.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	% INVERSION	% ACUMULADO	mes 1				mes 2				mes 3				mes 4				mes 5				mes 6				Avance Financiero	
1	TRABAJOS PRELIMINARES					1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4		
1.1	CONSTRUCCION DE BODEGA Y GUARDIANIA	semana Q 1,00	Global	0,09%	0,09%				4 632,53																					Q	4 632,53
1.2	TRAZO Y PUENTE	semana Q 1 074,00	m2	0,33%	0,41%				17 926,03																					Q	17 926,03
1.3	EXCAVACIÓN ESTRUCTURAL	semana Q 415,00	m3	1,35%	1,77%				73 529,60																					Q	73 529,60
1.4	RELLENO ESTRUCTURAL	semana Q 381,00	m3	1,04%	2,81%				56 540,47																					Q	56 540,47
2	CIMENTACIONES																														
2.1	ZAPATAS Z-1 (1.65 m x 1.65 m x 0.50 m) refuerzo No.5 @0.15 m. en ambos sentidos	semana Q 34,00	Unidad	3,24%	6,04%				176 185,62																						176 185,62
2.2	ZAPATAS Z-2 CON DIAMANTE (1.30 m x 1.60 m x 0.75 m) refuerzo No.5 @0.15 m. en ambos sentidos	semana Q 6,00	Unidad	0,56%	6,60%				30 445,94																						30 445,94
2.3	ZAPATAS Z-3 (1.65 m x 2.75 m x 0.50 m) refuerzo No.5 @0.15 m. en ambos sentidos	semana Q 4,00	Unidad	0,66%	7,27%				36 171,27																						36 171,27
2.4	CIMENTO CORRIDO CC-1 (0.50m x 0.25m) 3 No.4 + establon No.3 @ 0.15 m.	semana Q 214,00	m	2,17%	9,44%				118 103,94																						118 103,94
3	COLUMNAS																														
3.1	COLUMNAS C-1 (0.40m x 0.40m) 6 No.9 + 2 No.8 Est. No.3 @ 0.16 m	semana Q 225,60	m	6,38%	16,91%				347 144,41																						347 144,41
3.2	COLUMNAS C-2 (0.40m x 0.40m) 8 No.7 + Est. No.3 @ 0.16 m	semana Q 144,00	m	3,21%	20,12%				174 459,53																						174 459,53
4	VIGAS																														
4.1	VIGAS V-1X (0.30m x 0.50 m) 2 No. 6 + 2 No.7 (CORRIDAS) + BASTONES No.6 + BASTONES No.8 +	semana Q 194,20	m	3,47%	23,59%				188 879,45																						188 879,45
4.2	VIGAS V-1Y (0.25m x 0.45 m) 4 No. 5(CORRIDAS) + BASTONES No.6 + Est. No. 3 1 @0.05, 3 @0.10 RESTO	semana Q 147,00	m	2,09%	25,68%				113 833,35																						113 833,35
4.3	VIGAS V-2X (0.30m x 0.50 m) 4 No. 6 (CORRIDAS) + BASTONES No.8 + Est. No. 3 1 @0.05, 9 @0.10 RESTO	semana Q 194,20	m	3,03%	28,71%				164 646,20																						164 646,20
4.4	VIGAS V-2Y (0.25m x 0.45 m) 4 No. 5(CORRIDAS) + BASTONES No.4 + Est. No. 3 1 @0.05, 8 @0.10 RESTO	semana Q 147,00	m	1,95%	30,66%				106 294,54																						106 294,54
5	LOSAS Y TECHOS																														
5.1	LOSA PREFABRICADA PRIMER NIVEL	semana Q 562,00	m2	6,20%	36,86%												337 208,00														337 208,00
5.2	LOSA PREFABRICADA SEGUNDO NIVEL	semana Q 614,00	m2	6,78%	43,65%																369 085,59										369 085,59
6	LENVANTADO DE MUROS																														
6.1	LEVANTADO DE BLOCK DE 35 Kg/cm2	semana Q 2 345,00	m2	13,07%	56,72%																711 136,02										711 136,02
6.2	COLUMNAS C-3 (0.15m x 0.15m) 4 No.3 + Est. No.3 @ 0.15 m	semana Q 809,60	m	4,14%	60,86%																225 429,47										225 429,47
6.3	COLUMNAS C-4 (0.15m x 0.10m) 2 No.3 + Estab. No.2 @ 0.15 m	semana Q 80,50	m	0,29%	61,15%																15 766,24										15 766,24
6.4	COLUMNAS C-5 (0.15m x 0.10m x 0.14m) 6 No.3 + Est. No.2 @ 0.15 m	semana Q 31,00	m	0,18%	61,33%																9 579,98										9 579,98
6.5	COLUMNAS C-6 Tipo Pin 1 No.3	semana Q 171,00	m	0,15%	61,48%																8 230,69										8 230,69
6.6	COLUMNAS C-7 Tipo Pin 4 No.3 + Establon No.2 @ Hilada	semana Q 34,50	m	0,08%	61,56%																4 394,95										4 394,95
6.7	COLUMNAS C-8 Tipo Pin 1 No.3	semana Q 86,40	m	0,10%	61,66%																5 182,08										5 182,08
6.8	SOLERA DE INTERMEDIA (0.15m x 0.20m) 4 No.3 + Est. No.2 @ 0.15 m	semana Q 388,00	m	1,99%	63,64%																108 004,39										108 004,39
6.9	SOLERA DE REMATE (0.15m x 0.10m) 2 No.3 + Estab. No.2 @ 0.15 m	semana Q 95,00	m	0,34%	63,99%																18 745,44										18 745,44
6.10	SOLERA DE REMATE (0.15m x 0.15m) 4 No.3 + Est. No.2 @ 0.15 m	semana Q 130,50	m	0,61%	64,60%																33 409,57										33 409,57

- Utilizará para la construcción cal, cemento, arena, pedrín, hierro, block, madera y selecto.
- No se tiene prevista la utilización de maquinaria pesada
- El número de trabajadores son: 2 maestro de obra, 8 albañiles y 20 ayudantes.
- El proyecto tendrá una duración de 6 meses, con 1 228,00 metros cuadrados de construcción.
- El proyecto se caracteriza por ser nuevo, no tiene algún tipo de riesgo
- Durante la fase inicial del proyecto se tendrá ripio procedente de la demolición del edificio existente, el cual será trasladado y depositado en algún terreno donde se reciba ripio lo más cercano posible a la cabecera municipal. Se tendrá polvo, procedente del movimiento de tierra que se hará para la excavación de las zapatas, el cual será mínimo, debido a que la excavación se hará manual.
- Los ruidos producidos por los trabajos son los normales y no son fuertes ni estridentes.
- La fuente de abastecimiento será el servicio municipal de agua. La cantidad a utilizarse variará según el renglón de trabajo que se esté ejecutando, ya que al momento de fundir la losa de alguno de los niveles, la demanda será mayor; y al momento de realizar los acabados finales, la demanda será menor.

- No se produce cambio de uso del suelo, la actividad a realizar es similar a la existente, pues el uso sigue siendo el mismo que se tenía anteriormente, con la diferencia que su presentación es mejor.
- Habrá movimiento de tierra, por corte y relleno en el momento de la excavación de las zapatas, esto no hará ningún tipo de cambio en la forma o topografía de los suelos ya que se respetarán el alineamiento actual de las calles.
- El tipo de combustible a utilizar es diésel, para el uso de las concretas principalmente.
- No se tendrá efectos sobre la flora, fauna y bosque
- La actividad no afectará a ningún recurso cultural, natural o arqueológico por la ubicación, que es la actual.
- El problema social identificado que pueda generarse por la realización del proyecto es el cierre parcial de la calle frente al edificio, al momento en que se fundan las losas del edificio.
- La jornada de trabajo, normalmente será diurna, tentativamente se tiene prevista la jornada nocturna al momento de fundir las losas del edificio, solamente si fuese necesario; la actividad no representa riesgo a la salud de pobladores cercanos al sitio del proyecto.

CONCLUSIONES

1. El diseño de la red de drenaje sanitario mejorará las condiciones sanitarias y urbanísticas del casco urbano del municipio, eliminando la contaminación producida por las aguas servidas descargadas a cielo abierto y por ende, disminuyendo las enfermedades gastrointestinales que afectan a la población.
2. El edificio escolar para el Instituto Nacional de Educación Básica fue diseñado con marcos estructurales con características antisísmicas. La distribución arquitectónica fue planificada con base en las necesidades actuales y futuras del municipio.
3. Se realizó el estudio económico para ambos proyectos, los cuales presentaron resultados negativos; pero debido a que son proyectos sociales, en los cuales el Estado absorbe un alto porcentaje del costo del proyecto, estos podrán llevarse a cabo.
4. A través del Ejercicio Profesional Supervisado, el estudiante de Ingeniería Civil contribuye con la solución de diversas necesidades de infraestructura que se tienen en la mayoría de municipios de Guatemala.

RECOMENDACIONES

A la Municipalidad de Santa Catarina Pínula, Guatemala:

1. Cumplir estrictamente las especificaciones contenidas en los planos, sin introducirle modificaciones a los mismos, ya que muchos de los parámetros son mínimos, alterarlos afectará por completo el diseño.
2. Realizar un sondeo dinámico, para verificar la capacidad soporte del suelo antes de iniciar el proyecto del edificio escolar.
3. Garantizar la adecuada supervisión técnica del proyecto, a través de un profesional de la ingeniería civil, con experiencia en este tipo de obras, para asegurar la calidad de la obra y resguardar la integridad del diseño.
4. Actualizar los presupuestos, previo a la contratación de los proyectos, debido a que los precios están sujetos a cambios, principalmente por las circunstancias económicas que existen por alzas a los materiales y mano de obra.

BIBLIOGRAFÍA

1. American Concrete Institute. *Código de construcción: ACI 318-2008*. Farmington Hills, Michigan: ACI, 2008. 520 p.
2. Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica. *Normas estructurales de diseño y construcción recomendadas para la República de Guatemala*. Guatemala: AGIES, 2002. 245 p.
3. HERNÁNDEZ JUÁREZ, Lester Iván. Diseño de la edificación de dos niveles para el salón de usos múltiples y alcantarillado sanitario para el barrio El Molino, *en el municipio de Chiquimula*, departamento de Chiquimula. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2012. 284 p.
4. Instituto de Fomento Municipal. *Normas generales para el diseño de alcantarillados*. Guatemala: INFOM, 2001. 30 p.
5. LINARES JUÁREZ, Dennis Leonel. Diseño de edificio para el mercado, *en el municipio de San Pedro Jocopilas*, departamento de Quiché. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2006. 276 p.
6. NILSON, Arthur H. *Diseño de estructuras de concreto*. 12a ed. Colombia: McGraw-Hill Interamericana, 1999. 722 p.

APÉNDICES

1. Diseño hidráulico de drenaje sanitario
2. Planos constructivos de drenaje sanitario
3. Planos constructivos de edificio escolar

ANEXOS

1. Ensayo De Laboratorio De Suelos Compresión Triaxial
2. Diagrama De Iteraciones Para Diseño De Columnas Rectangulares

Anexo 1. Ensayo de laboratorio de suelos compresión triaxial



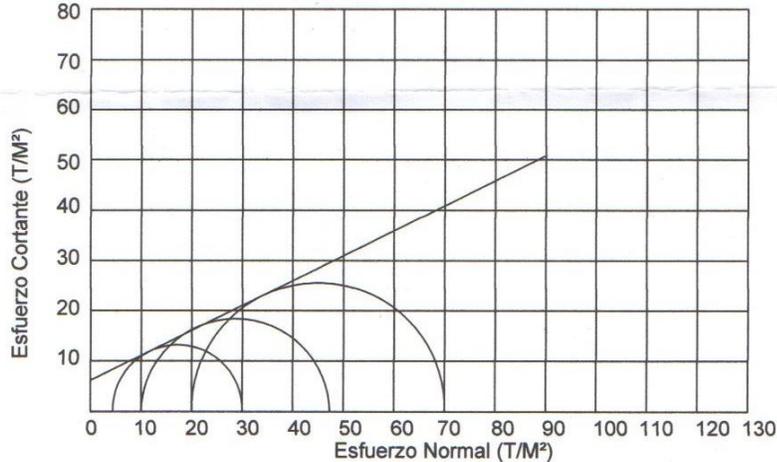
CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL, DIAGRAMA DE MOHR

INFORME No.: 396 S.S. O.T.: 31,487

INTERESADO: Leandro Jossimar Franco Barahona
PROYECTO: EPS- Diseño de Edificio Escolar del Instituto Nacional Básica en la Aldea El Pajón,
Santa Catarina Pinula, Guatemala
Ubicación: Aldea El Pajon, Santa Catarina Pinula
Fecha: 06 de Junio de 2013.
pozo: 1 Profundidad: 2.00 m Muestra: 1



PARAMETROS DE CORTE:

ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA : $\phi = 26.39^\circ$ COHESIÓN: $C_u = 6.19 \text{ T/m}^2$

TIPO DE ENSAYO: No consolidado y no drenado.
DESCRIPCION DEL SUELO: Arcilla Areno Limosa Color café
DIMENSION Y TIPO DE LA PROBETA: 2.5" X 5.0"
OBSERVACIONES: Muestra proporcionada por el interesado.

PROBETA No.	1	1	1
PRESION LATERAL (T/m ²)	5	10	20
DESVIADOR EN ROTURA q(T/m ²)	19.31	42.45	80.10
PRESION INTERSTICIAL u(T/m ²)	x	x	x
DEFORMACION EN ROTURA Er (%)	1.5	4.0	6.5
DENSIDAD SECA (T/m ³)	1.17	1.17	1.17
DENSIDAD HUMEDA (T/m ³)	1.33	1.33	1.33
HUMEDAD (%H)	13.0	13.0	13.0

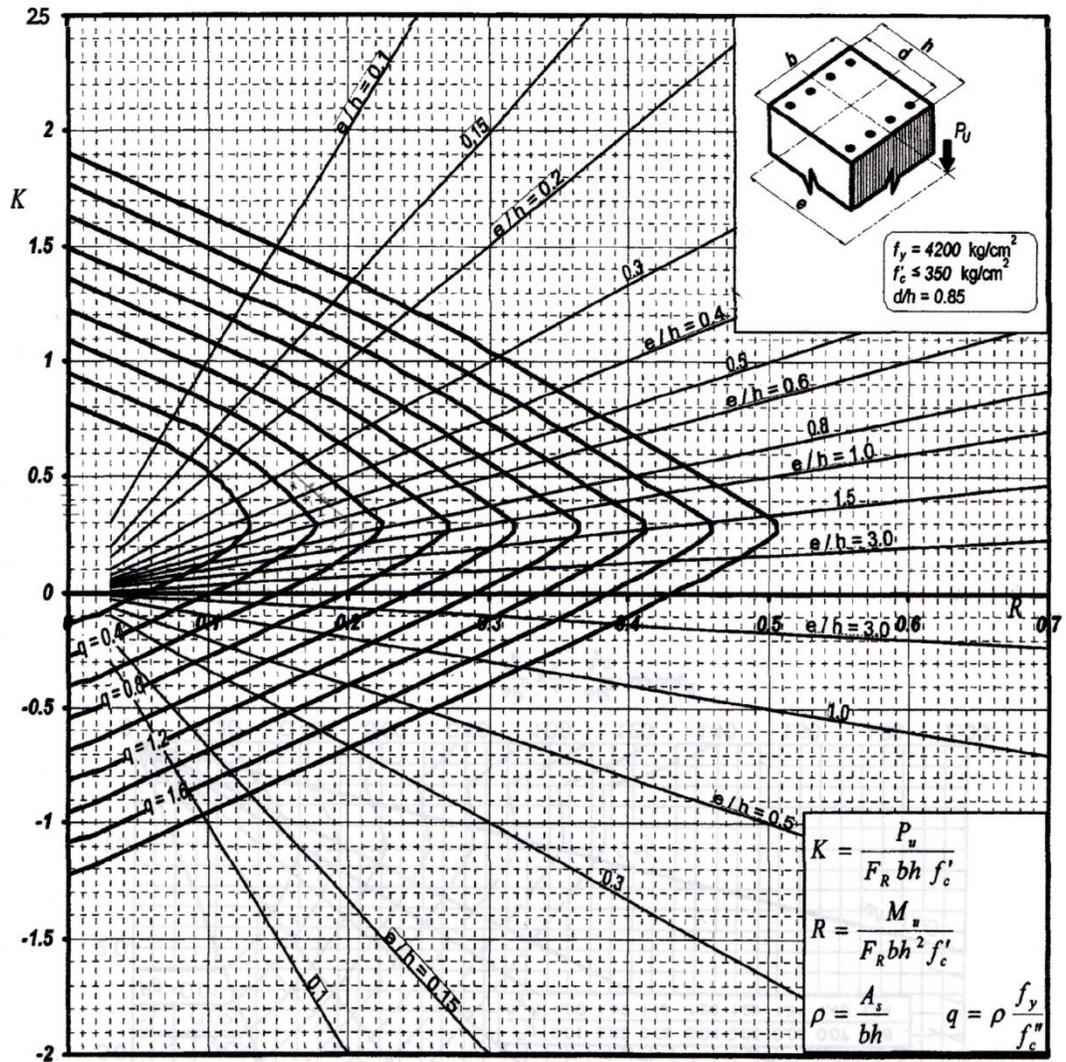
Vo. Bo.

Inga. Teima Marcela Cano Morales
DIRECTORA CII/USAC

Atentamente,

Ing. Omar Enrique Mediano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos

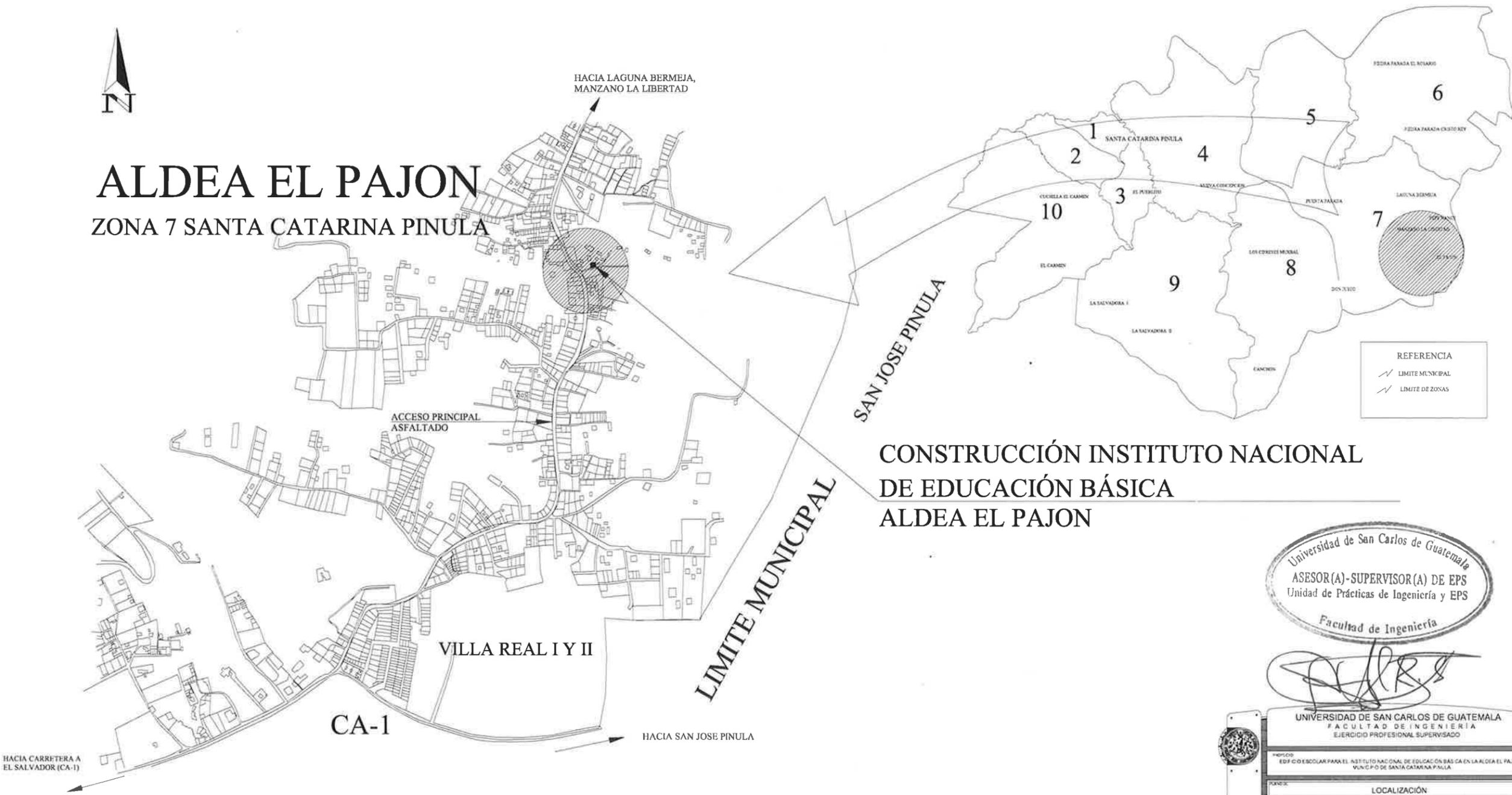
Anexo 2. Diagrama de iteraciones para diseño de columnas rectangulares



PLANO DE LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO



ALDEA EL PAJON
ZONA 7 SANTA CATARINA PINULA

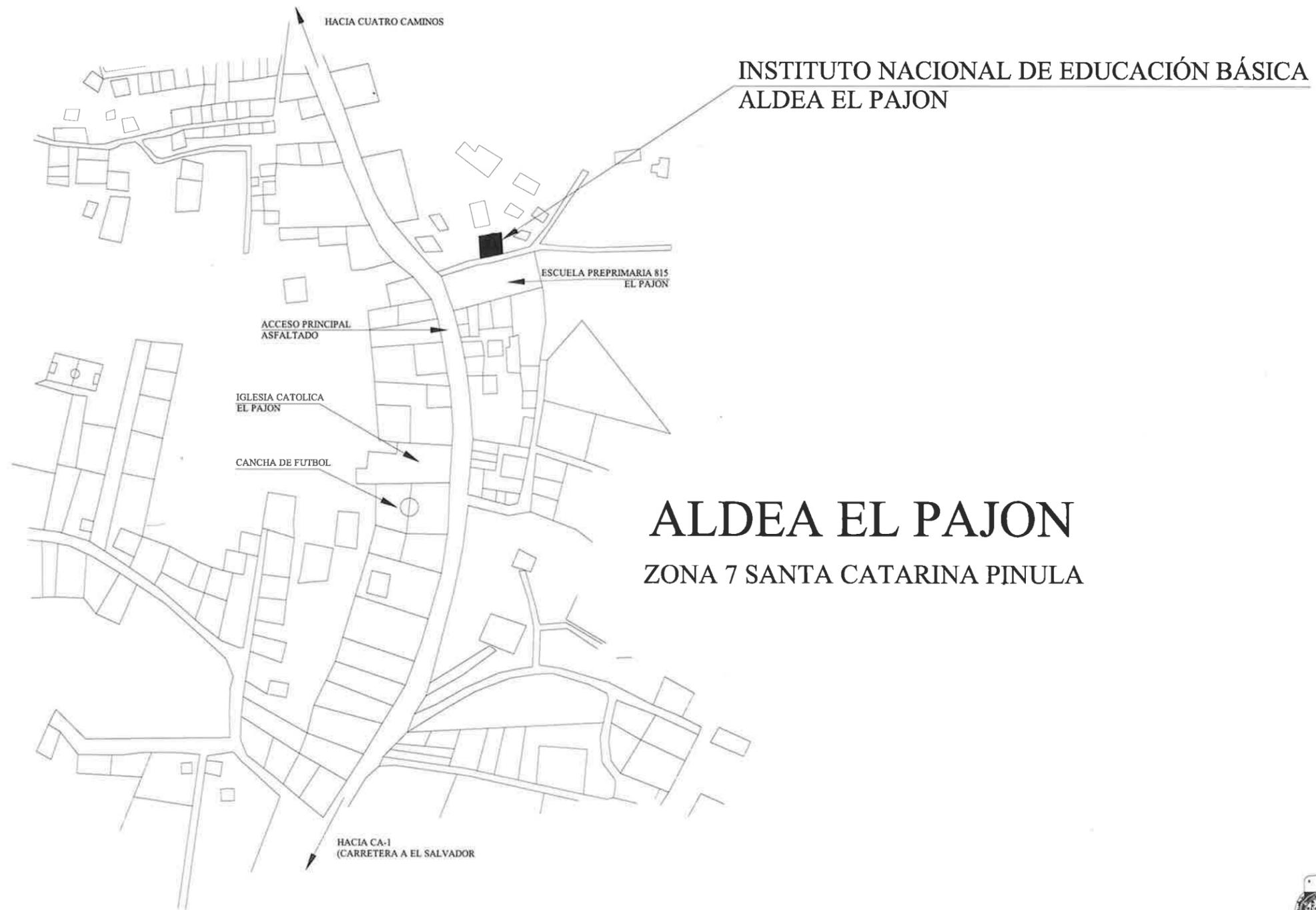


**CONSTRUCCIÓN INSTITUTO NACIONAL
DE EDUCACIÓN BÁSICA
ALDEA EL PAJON**

Universidad de San Carlos de Guatemala
ASESOR(A)-SUPERVISOR(A) DE EPS
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
Facultad de Ingeniería

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO			
PROYECTO: EPS ESCOLAR PARA EL INSTITUTO NACIONAL DE EDUCACIÓN BÁSICA EN LA ALDEA EL PAJÓN, MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PINULA			
FECHA: LOCALIZACIÓN			
ELABORADO: LEANDRO JOSÉ VÁSQUEZ BARRAHONA	CALENDARIO: ABRIL 2013	ESCALA: 1:500	INDICADA
PROYECTO: LEANDRO JOSÉ VÁSQUEZ BARRAHONA	FECHA: ABRIL 2013	PROYECTO: EPS ESCOLAR PARA EL INSTITUTO NACIONAL DE EDUCACIÓN BÁSICA EN LA ALDEA EL PAJÓN, MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PINULA	
PROYECTO: LEANDRO JOSÉ VÁSQUEZ BARRAHONA	FECHA: 2013-02-28	PROYECTO: EPS ESCOLAR PARA EL INSTITUTO NACIONAL DE EDUCACIÓN BÁSICA EN LA ALDEA EL PAJÓN, MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PINULA	
			1 / 33

PLANO DE UBICACIÓN DEL PROYECTO



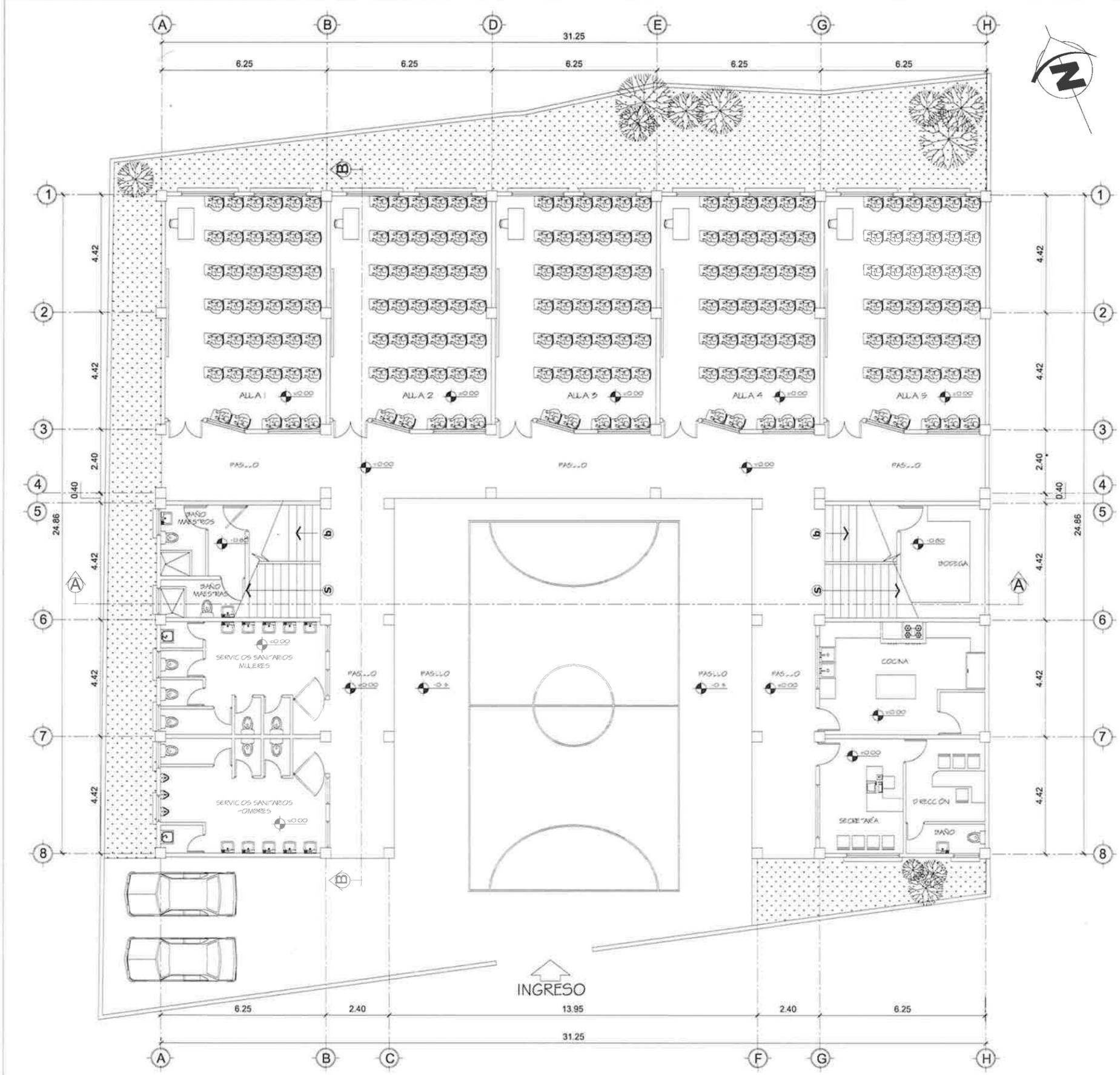
Universidad de San Carlos de Guatemala
ASESOR(A)-SUPERVISOR(A) DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 Facultad de Ingeniería

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO: EDIFICIO ESCOLAR PARA EL INSTITUTO NACIONAL DE EDUCACIÓN BÁSICA EN LA ALDEA EL PAJÓN MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PINULA

UBICACIÓN			
NOMBRE	APellido	FECHA	INDICADA
LEANDRO JOSÉ MAR FRANCO BARRAHONA		ABRIL 2013	
LEANDRO JOSÉ MAR FRANCO BARRAHONA		2007 22068	

2 / 33



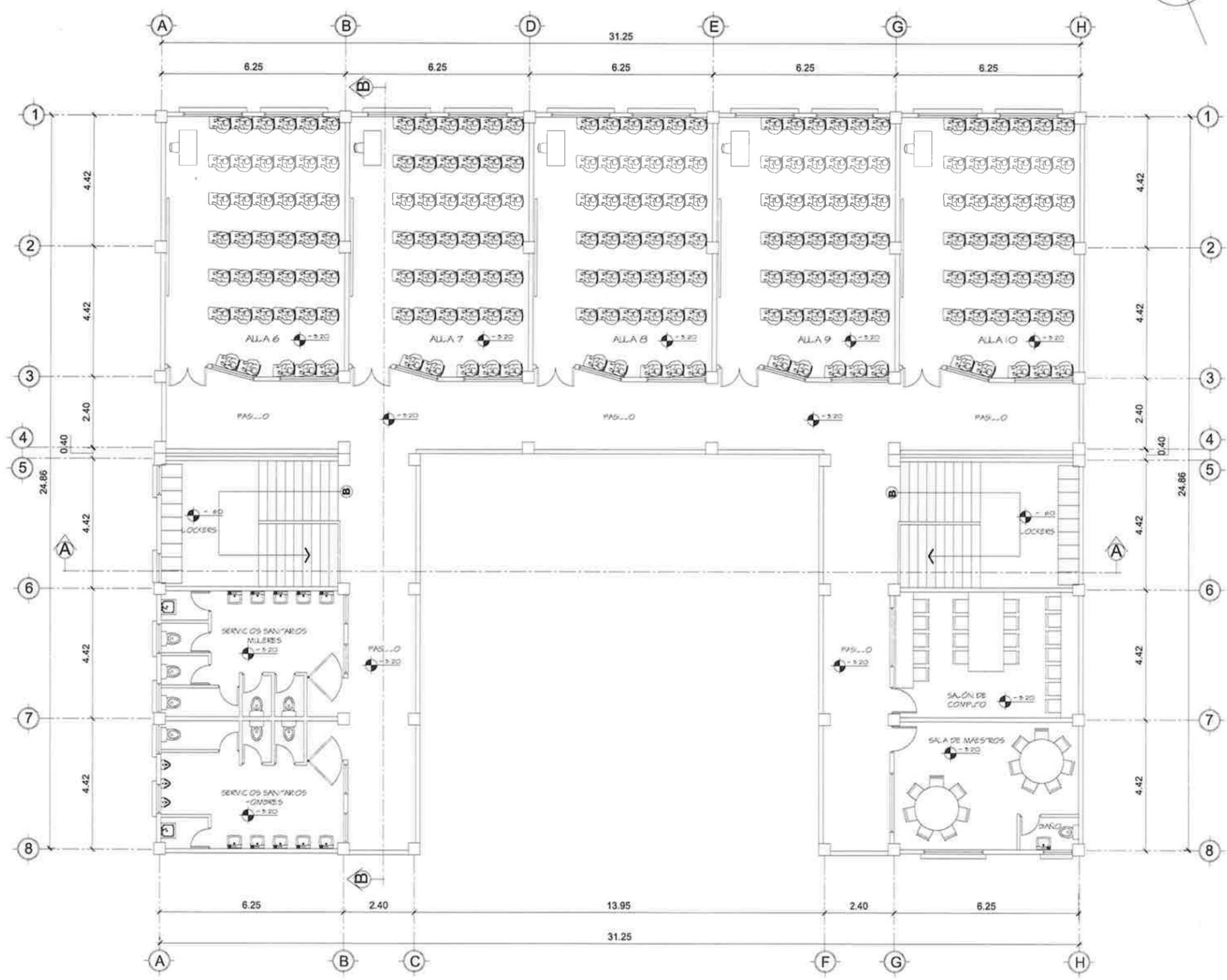
PLANTA DE AMOBLADA PRIMER NIVEL

ESCALA 1/75

Universidad de San Carlos de Guatemala
 ASESOR(A)-SUPERVISOR(A) DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 Facultad de Ingeniería

[Handwritten Signature]

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO			
PROYECTO: EDIFICIO ESCOLAR PARA EL INSTITUTO NACIONAL DE EDUCACION BASICA EN LA ALDEA EL PAJON MUNICIPIO DE SANTA CATERINA PAJUNA			
PLANO: PLANTA AMOBLADA PRIMER NIVEL Y NIVELES			
PROYECTO: LEANDRO JOSSE MAR FRANCO BARRAHONA	FECHA: ABRIL 2013	ESCALA: INDICADA	INDICADA
PROYECTO: LEANDRO JOSSE MAR FRANCO BARRAHONA	FECHA: ABRIL 2013	ESCALA: INDICADA	INDICADA
PROYECTO: LEANDRO JOSSE MAR FRANCO BARRAHONA	FECHA: ABRIL 2013	ESCALA: INDICADA	INDICADA
PROYECTO: LEANDRO JOSSE MAR FRANCO BARRAHONA	FECHA: ABRIL 2013	ESCALA: INDICADA	INDICADA
			33

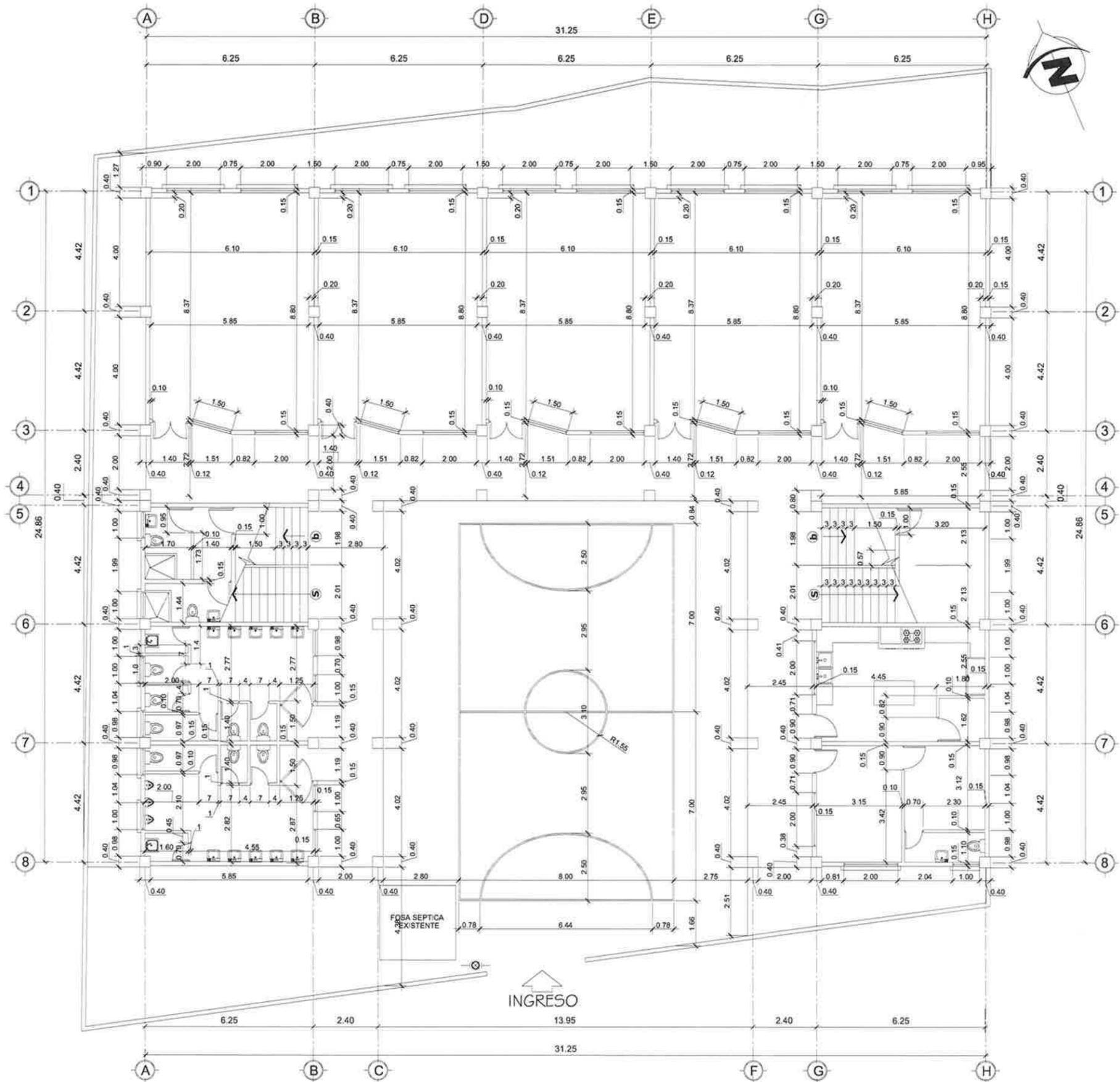


PLANTA DE AMOBLADA SEGUNDO NIVEL

ESCALA 1/75

Universidad de San Carlos de Guatemala
 ASESOR(A)-SUPERVISOR(A) DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 Facultad de Ingeniería

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO																			
PROYECTO: EDIFICIO ESCOLAR PARA EL INSTITUTO NACIONAL DE EDUCACIÓN BÁSICA EN LA ALDEA EL PAJÓN, MUNICIPIO DE SANTA CATARINA, P. N. U. L. A.																			
CONTENIDO: PLANTA AMOBLADA SEGUNDO NIVEL Y NIVELES																			
ELABORADO: LEANDRO JOSÉ MAR FRANCO BARRAHONA	DISEÑADO: LEANDRO JOSÉ MAR FRANCO BARRAHONA	FECHA: ABRIL 2013	ESCALA: INDICADA																
PROFESOR: LEANDRO JOSÉ MAR FRANCO BARRAHONA	PROYECTO: 2007-22284	<table border="1"> <tr> <td>U</td> <td>A</td> <td>I</td> <td>E</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="4">P. O. J. A.</td> </tr> <tr> <td colspan="4">4</td> </tr> </table>		U	A	I	E					P. O. J. A.				4			
U	A	I	E																
P. O. J. A.																			
4																			
33																			

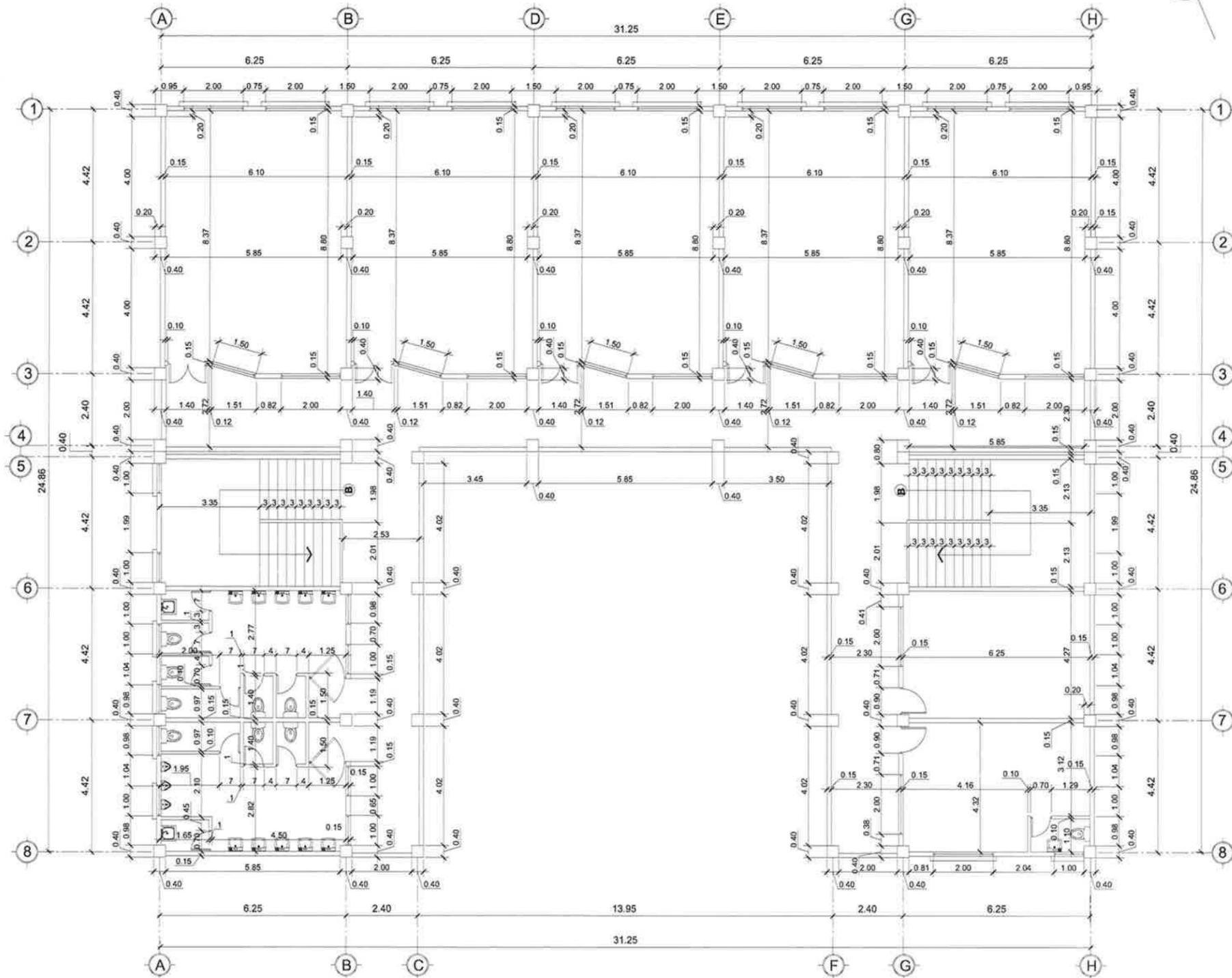


PLANTA ACOTADA PRIMER NIVEL

ESCALA 1/75



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO			
PROYECTO: EDIFICIO ESCOLAR PARA EL INSTITUTO NACIONAL DE EDUCACIÓN BÁSICA EN LA ALDEA EL PAJÓN MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PALA			
PLANTA ACOTADA PRIMER NIVEL			
PROFESOR: LEANDRO JOSÉ MAR FRANCO BARRAHONA	CALENDARIO: ABRIL 2015	LOGO:	NO CADA
PROYECTISTA: LEANDRO JOSÉ MAR FRANCO BARRAHONA	CALENTO:		
PROYECTISTA: LEANDRO JOSÉ MAR FRANCO BARRAHONA	2007 22268		
		5	
		33	



PLANTA ACOTADA SEGUNDO NIVEL

ESCALA 1/75

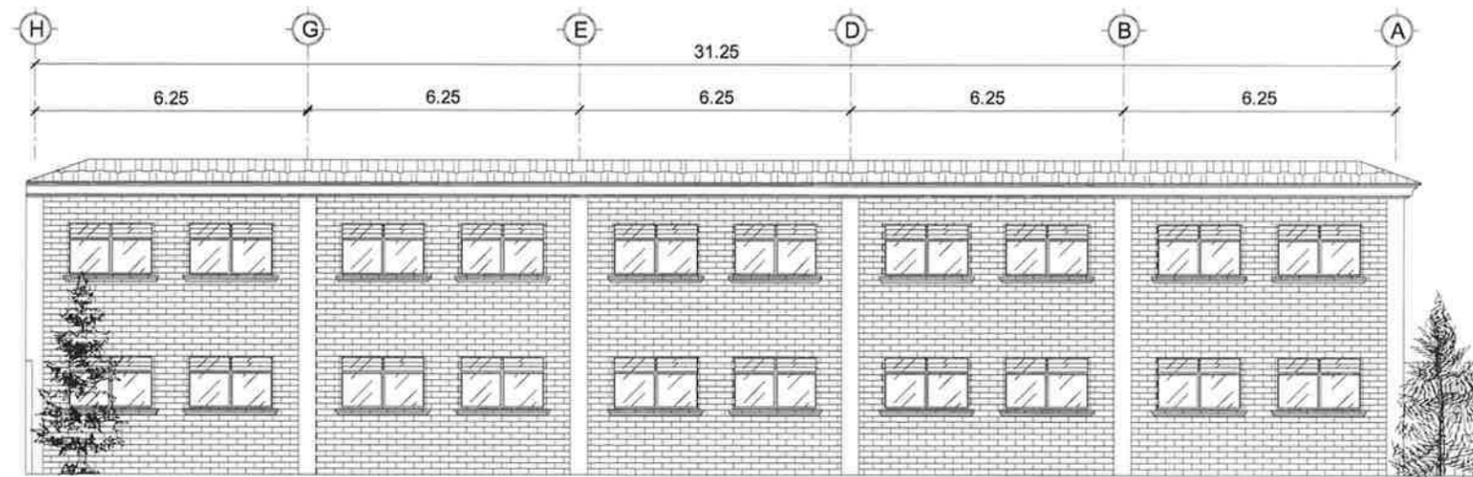


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO			
PROYECTO: EDIFICIO ESCOLAR PARA EL INSTITUTO NACIONAL DE EDUCACION BASICA EN LA ALDEA EL PAJON MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PALLA			
PLAN: PLANTA ACOTADA SEGUNDO NIVEL			
ELABORADO: LEANDRO JOSÉ MAR FRANCO BARRAHONA	FECHA: ABRIL 2013	ESCALA: INDICADA	
PROYECTADO: LEANDRO JOSÉ MAR FRANCO BARRAHONA			
VERIFICADO: LEANDRO JOSÉ MAR FRANCO BARRAHONA	2007-22218		
			33



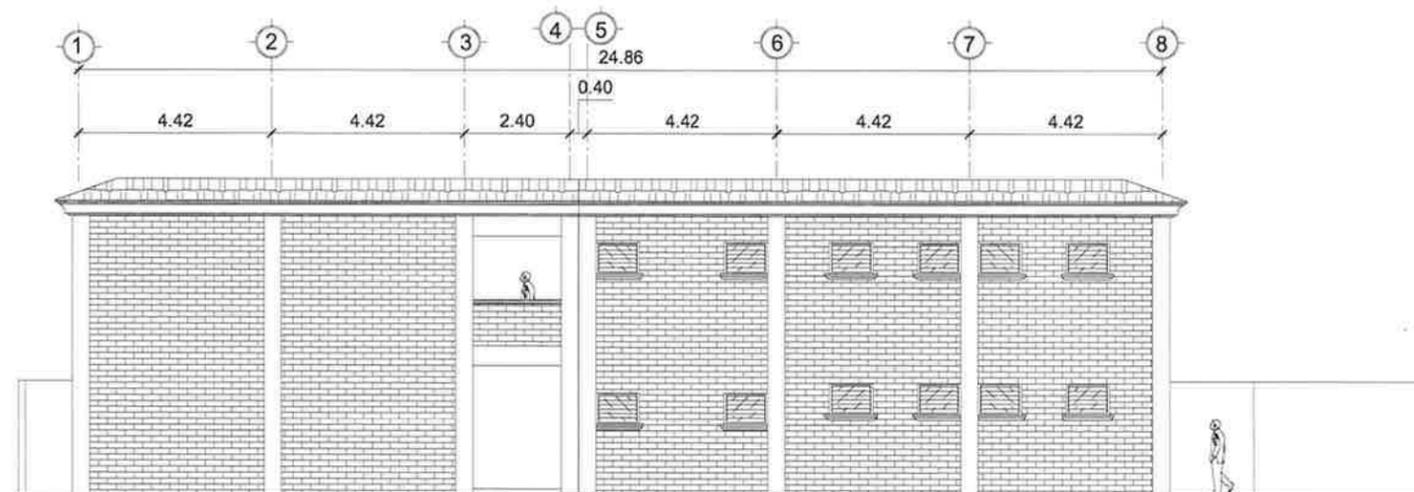
ELEVACIÓN FRONTAL

ESCALA 1/75



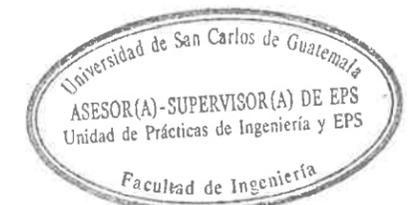
ELEVACIÓN POSTERIOR

ESCALA 1/75



ELEVACIÓN LATERAL

ESCALA 1/75



[Handwritten Signature]

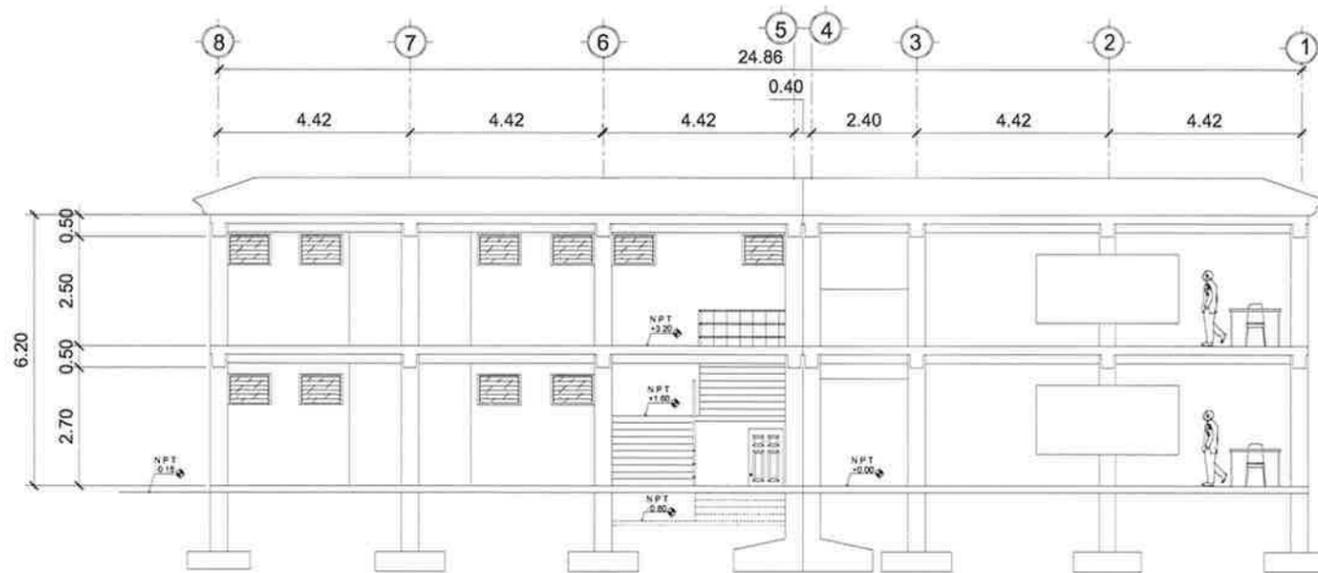
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO: EDIFICIO ESCOLAR PARA EL INSTITUTO NACIONAL DE EDUCACIÓN BÁSICA EN LA ALDEA EL PAJÓN MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PAJULA			
TÍTULO: ELEVACIONES			
PROFESOR:	ALUMNO:	FECHA:	INDICADA:
LEANDRO JOSÉ MAR FRANCO BARRAHONA	LEANDRO JOSÉ MAR FRANCO BARRAHONA	ABRIL 2013	
PROFESOR:	ALUMNO:	FECHA:	INDICADA:
LEANDRO JOSÉ MAR FRANCO BARRAHONA	LEANDRO JOSÉ MAR FRANCO BARRAHONA	2007 22264	
PÁGINA 7			33



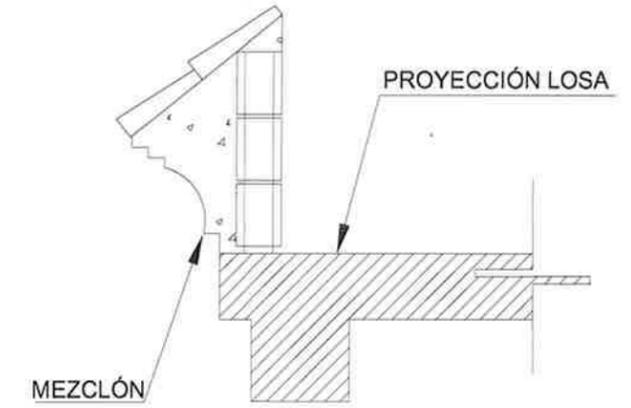
SECCIÓN A - A

ESCALA 1/75



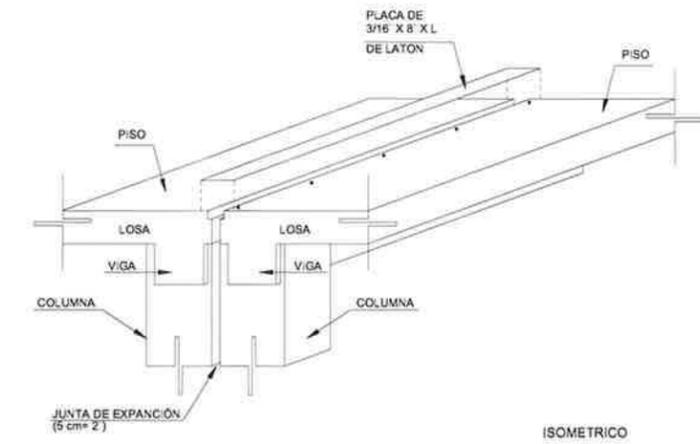
SECCIÓN B - B

ESCALA 1/75



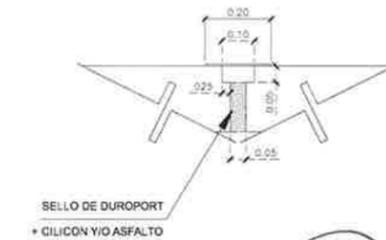
DETALLE DE REMATE

ESCALA 1/10



DETALLE DE JUNTA DE EXPANSIÓN EN ENTREPISO

ESCALA 1/20



DETALLE DE JUNTA DE EXPANSIÓN

ESCALA 1/10



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA			
FACULTAD DE INGENIERÍA			
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO			
PROYECTO: EDIFICIO ESCOLAR PARA EL INSTITUTO NACIONAL DE EDUCACIÓN BÁSICA EN LA ALDEA DEL PAJÓN, MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PAJALÁN			
TÍTULO: CORTES Y DETALLES			
PROFESOR: LEANDRO JOSÉ VÁSQUEZ BARRAHONA	UNIDAD: 1	LENGUA: ESPAÑOL	NO CADA
PROFESOR: LEANDRO JOSÉ VÁSQUEZ BARRAHONA	TÍTULO: A	FECHA: ABRIL 2013	INDICATIVO: 1
PROFESOR: LEANDRO JOSÉ VÁSQUEZ BARRAHONA	UNIDAD: 1	FECHA: 2007-2014	INDICATIVO: 1
			8
			33

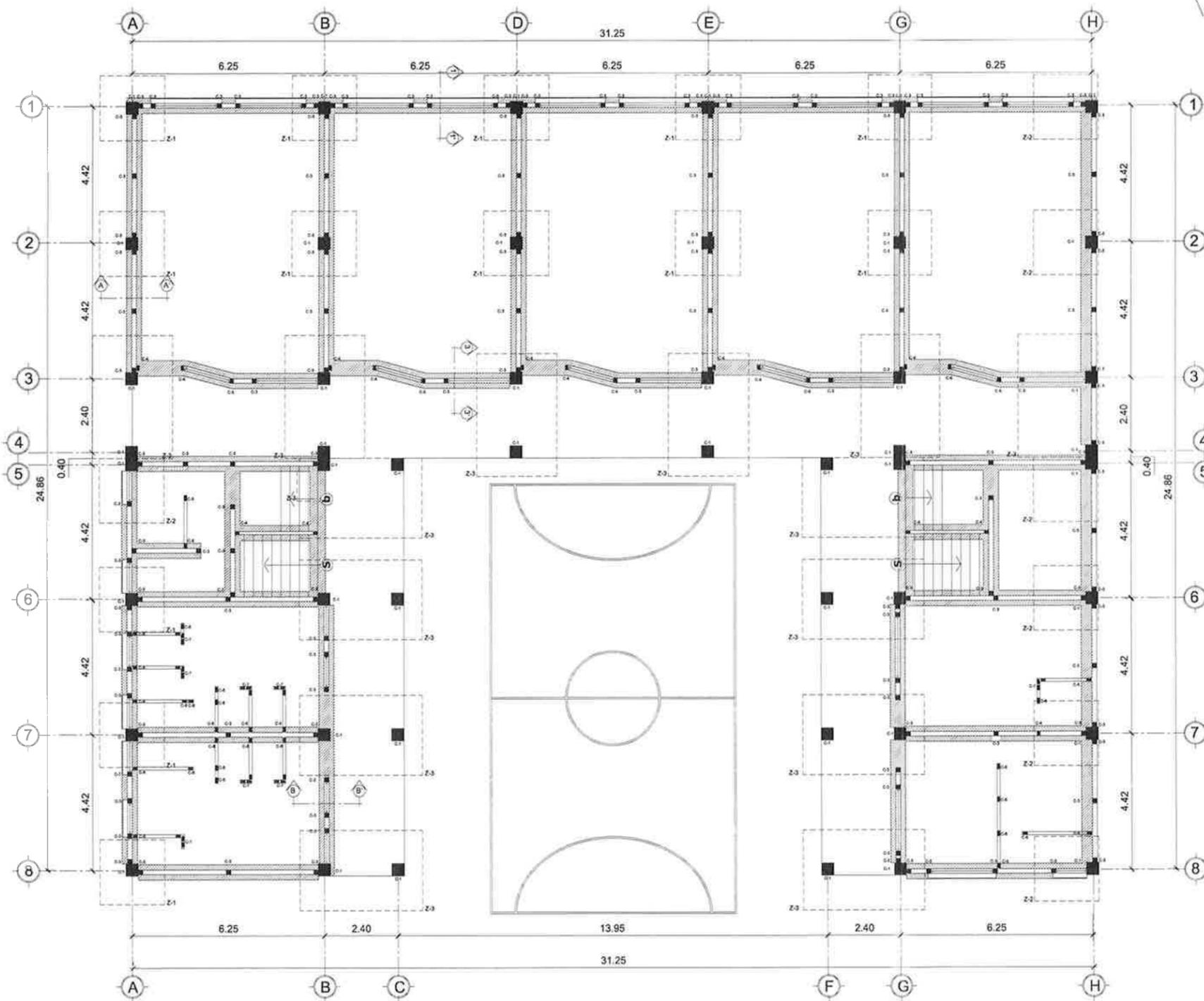
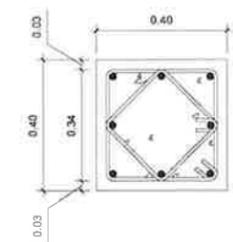


TABLA DE COLUMNAS PRIMER NIVEL

COLUMNA	CANTIDAD	SECCION (MTS.)	REFUERZO LONGITUDINAL	REFUERZO TRANSVERSAL	OBSERVACIONES
C1	48	0.40x0.40	8 n 8	Est n3 @ 0.05 mls a L/6 a pie de Columna, resto @ 0.17 mls.	
C3	133	0.15x0.15	4 n 3	est. n2 a 0.15 cm.	
C4	15	0.10x0.15	2 n 3	eslab. n2 a 0.15 cm.	
C5	5		6 n 3	est. n2 a 0.15 cm.	Ver detalle
C6	30	0.09x0.19	1 n 3		Block pómez de 0.09 mts
C7	8	0.09x0.39	1 n 3	eslab. n2 a 0.15 cm.	Block pómez de 0.09 mts

TABLA DE CIMIENTOS

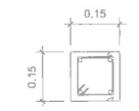
CIMIENTO	CANTIDAD	ANCHO (MTS.)	LARGO (MTS.)	PERALTE (MTS.)	REFUERZO LONGITUDINAL	REFUERZO TRANSVERSAL
CC	214 mts.	0.50		0.25	3 n 4	Est n 3 @ 0.15 mts
ZAPATA Z-1	13	2.10	2.10	0.55	13 n 5	13 n 5
ZAPATA Z-2	7	2.10	2.10	0.60+DIAMANTE	13 n 5	13 n 5
ZAPATA Z-3	14	4.00	2.60	0.65	25 n 5	16 n 5



REF.
8 No. 8 corridas
EST. No.3
@ 0.05 en zona confinada resto @ 0.17

COLUMNA TIPO C-1

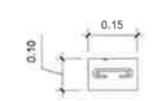
ESCALA 1/10



REF.
4 No. 3 +
EST. No.2
@ 0.15

COLUMNA TIPO C-3

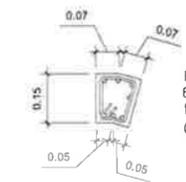
ESCALA 1/10



REF.
2 No. 3 +
EST. No.2
@ 0.15

COLUMNA TIPO C-4

ESCALA 1/10



REF.
6 No. 3 +
EST. No.2
@ 0.15

COLUMNA TIPO C-5

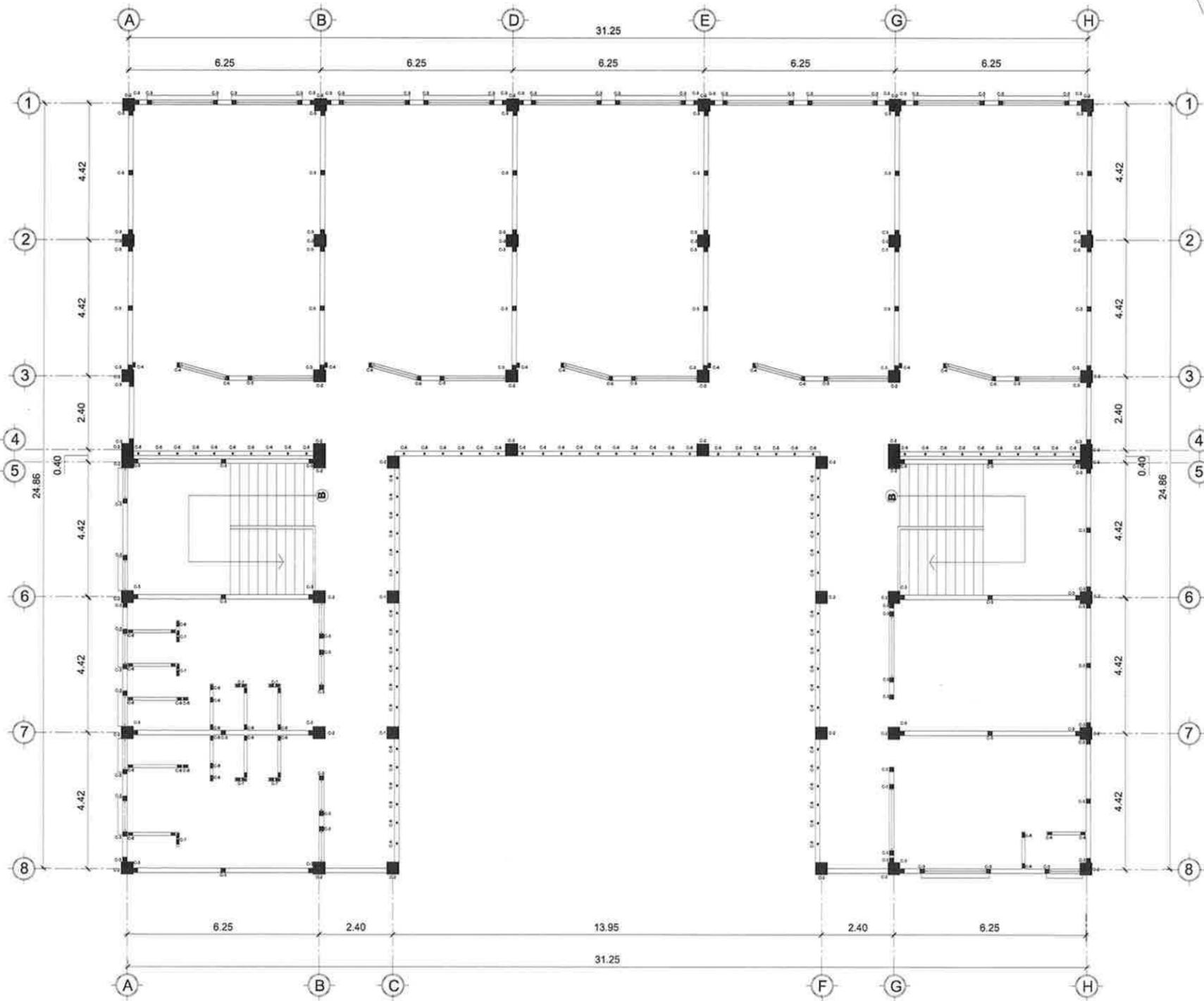
ESCALA 1/10

PLANTA DE COLUMNAS PRIMER NIVEL Y CIMENTACIÓN

ESCALA 1/75


 Universidad de San Carlos de Guatemala
 ASesor(A)-SUPERVISOR(A) DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 Facultad de Ingeniería

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO			
PROYECTO: EDIFICIO ESCOLAR PARA EL INSTITUTO NACIONAL DE EDUCACIÓN BÁSICA EN LA ALDEA EL PAJÓN, MUNICIPIO DE SANTA CATARINA, PAJÓN	CALCULO:	LEGAJA:	INDICADA:
ELABORADO: LEANDRO JOSÉ VARR FRANCO BARAHONA	ELABORADO:	FECHA:	PROYECTO:
ELABORADO: LEANDRO JOSÉ VARR FRANCO BARAHONA	ELABORADO:	MAYO 2014	PROYECTO:
ELABORADO: LEANDRO JOSÉ VARR FRANCO BARAHONA	ELABORADO:	2007-2208	PROYECTO:
			9
			33

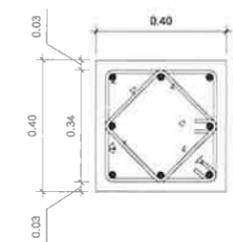


PLANTA DE COLUMNAS SEGUNDO NIVEL

ESCALA 1/75

TABLA DE COLUMNAS SEGUNDO NIVEL

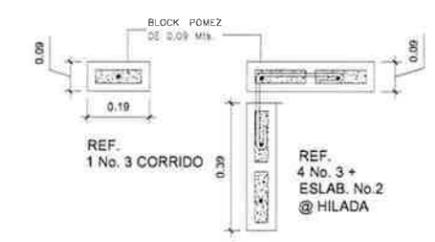
COLUMNA	CANTIDAD	SECCION (MTS)	REFUERZO LONGITUDINAL	REFUERZO TRANSVERSAL	OBSERVACIONES
C2	48	0.40x0.40	8 n 6	Est n3 @ 0.05 mts a L/6 a pie de Columna, resto @ 0.17 mts.	
C3	127	0.15x0.15	4 n 3	est. n2 a 0.15 cm.	
C4	10	0.10x0.15	2 n 3	eslab. n2 a 0.15 cm.	
C5	5		6 n 3	est. n2 a 0.15 cm.	Ver detalle
C6	24	0.09x0.19	1 n 3		Block pómez de 0.09 mts
C7	7	0.09x0.39	1 n 3	eslab. n2 a 0.15 cm.	Block pómez de 0.09 mts
C8	78	0.14x0.39	1 n 3 @ 0.60cm.		Block pómez de 0.14 mts



REF.
8 No. 6 corridas
EST. No.3
@ 0.05 en zona
confinada resto
@ 0.17

COLUMNA TIPO C-2

ESCALA 1/10

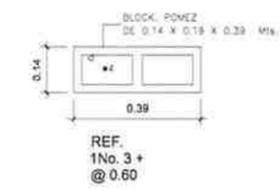


REF.
1 No. 3 CORRIDO

REF.
4 No. 3 +
ESLAB. No.2
@ HILADA

COLUMNA TIPO C-6 Y C-7

ESCALA 1/10



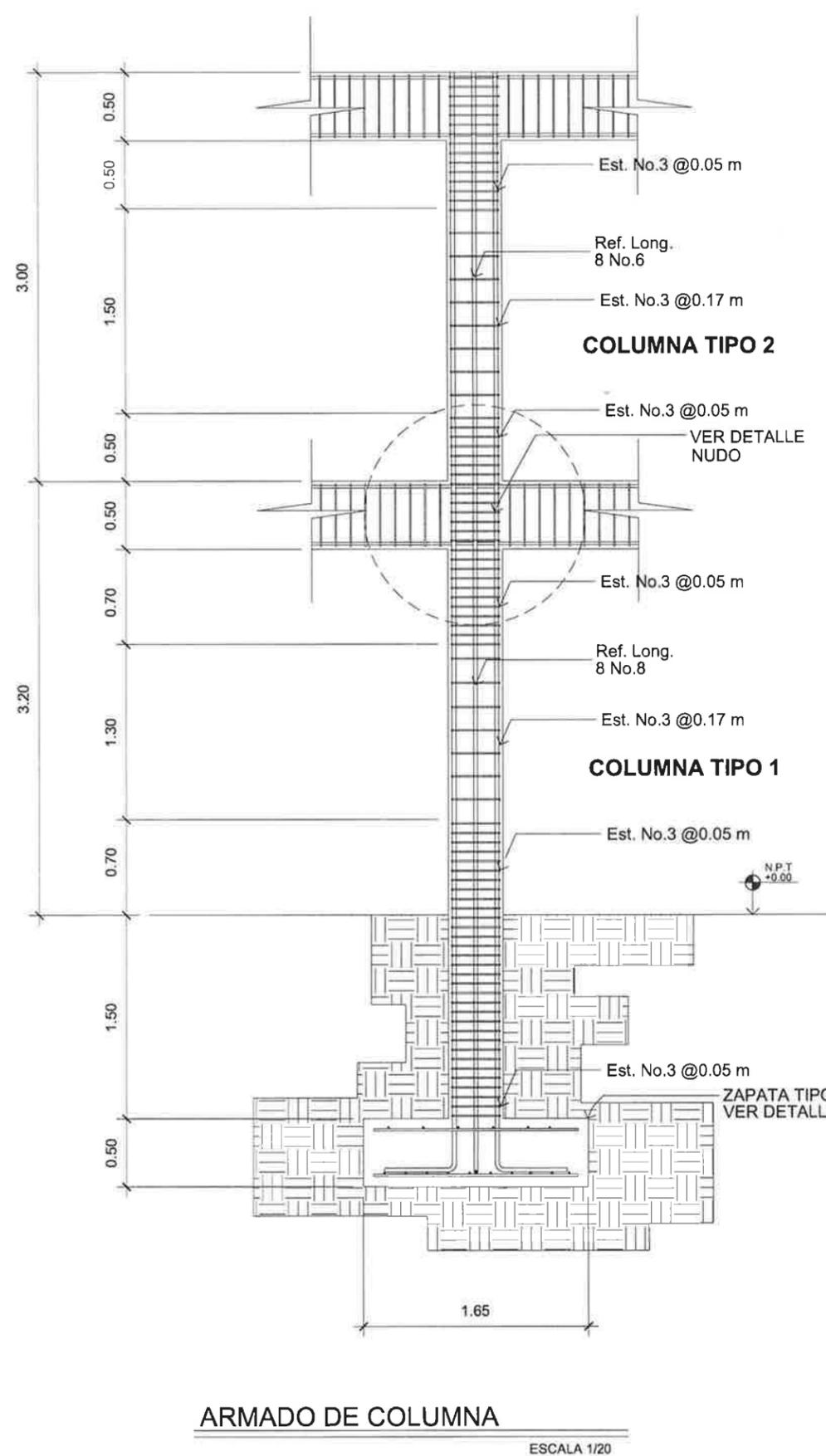
REF.
1 No. 3 +
@ 0.60

COLUMNA TIPO C-8

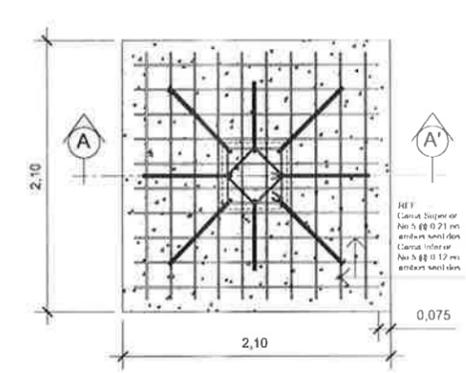
ESCALA 1/10



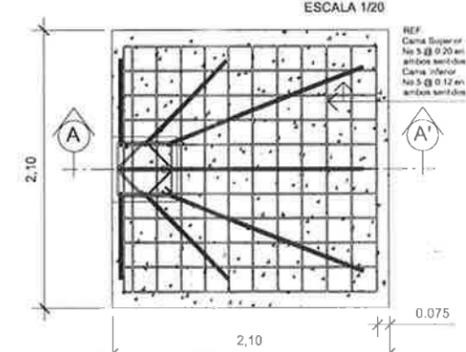
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO			
PROYECTO: EDIFICIO ESCOLAR PARA EL INSTITUTO NACIONAL DE EDUCACIÓN BÁSICA EN LA ALDEA EL PAJÓN, MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PALCA			
PLANTA DE COLUMNAS SEGUNDO NIVEL			
PROFESOR: LEANDRO JOSÉ MAR FRANCO BARRAHONA	CALENDARIO: ABRIL 2018	FECHA: NO CADA	PROFESOR:
PROFESOR: LEANDRO JOSÉ MAR FRANCO BARRAHONA	FECHA: ABRIL 2018	PROFESOR:	
PROFESOR: LEANDRO JOSÉ MAR FRANCO BARRAHONA	FECHA: 2017-2018		
			10 / 33



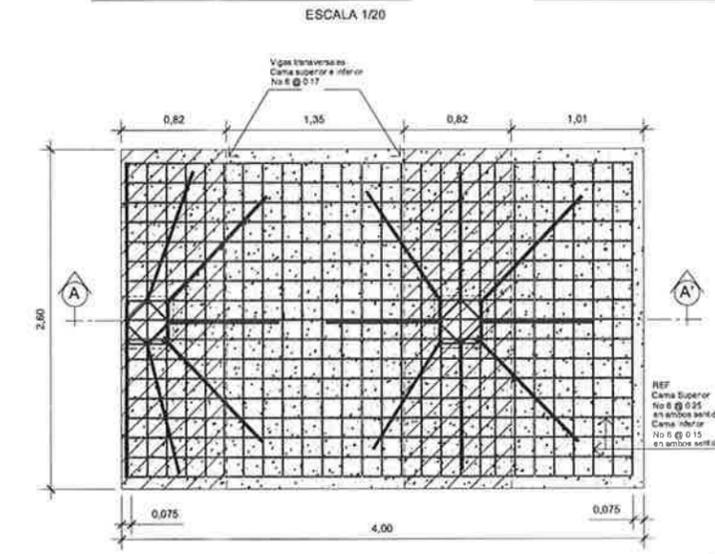
ARMADO DE COLUMNA
ESCALA 1/20



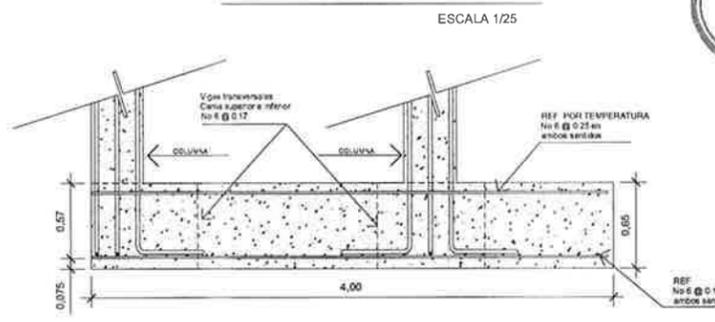
ZAPATA TIPO Z-1
ESCALA 1/20



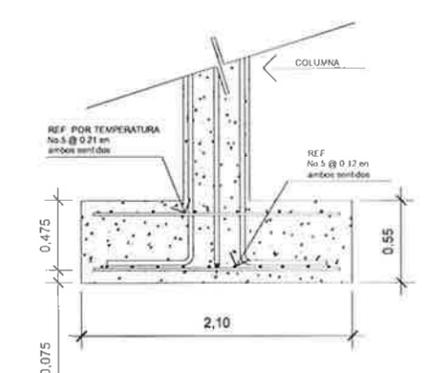
ZAPATA TIPO Z-2
ESCALA 1/20



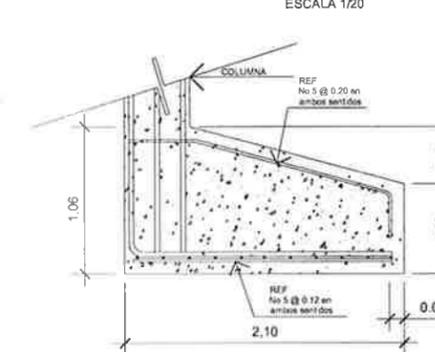
ZAPATA TIPO Z-3
ESCALA 1/25



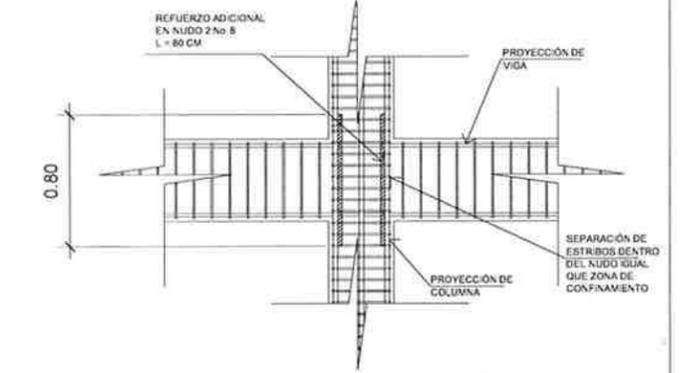
ZAPATA TIPO Z-3
ESCALA 1/25



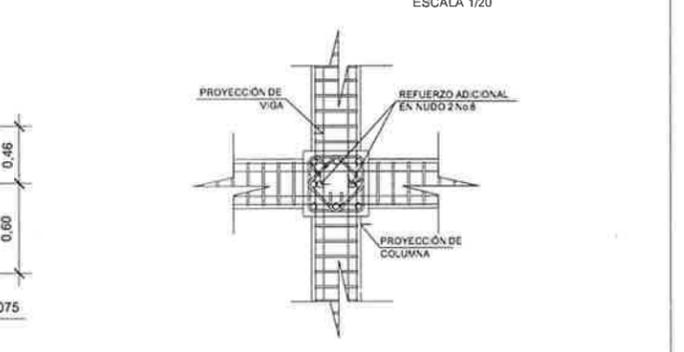
SECCIÓN A-A' Z-1
ESCALA 1/20



SECCIÓN A-A' Z-2
ESCALA 1/20



DETALLE DE NUDO SECCIÓN
ESCALA 1/20



DETALLE DE NUDO PLANTA
ESCALA 1/20

Universidad de San Carlos de Guatemala
ASESOR(A)-SUPERVISOR(A) DE EPS
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
Facultad de Ingeniería

ESPECIFICACIONES GENERALES	
1-	CODIGOS DE DISEÑO:
- CONCRETO	ACI 08 2008
- MAMPOSTERIA	UBC 97
- CARGAS	UBC 97
- SISMO	UBC 97
MATERIALES	
- CONCRETO	f'c = 280 KG./CM2 (4000 PSI)
- ACERO DE REFUERZO	# 3 Y MAYORES fy = 4200 KG/CM2 (GRADO 60)
- MAMPOSTERIA	f'up = 35 KG/CM2 (MEDIDA SOBRE AREA BRUTA)
2-	RECUBRIMIENTOS
- LOSA Y NERVIOS	2 CM.
- COLUMNAS	3 CM.
- VIGAS	3 CM.
- CIMENTOS	7.5 CM.
3-	LONGITUDES DE DESARROLLO
BARRA No.3 No.4 No.5 No.6	
Ld (CMS)	30 35 40 45
4-	CAPACIDAD SOPORTE DEL SUELO
C.S.	= 36 TON/MT2 (TRIAxIAL)

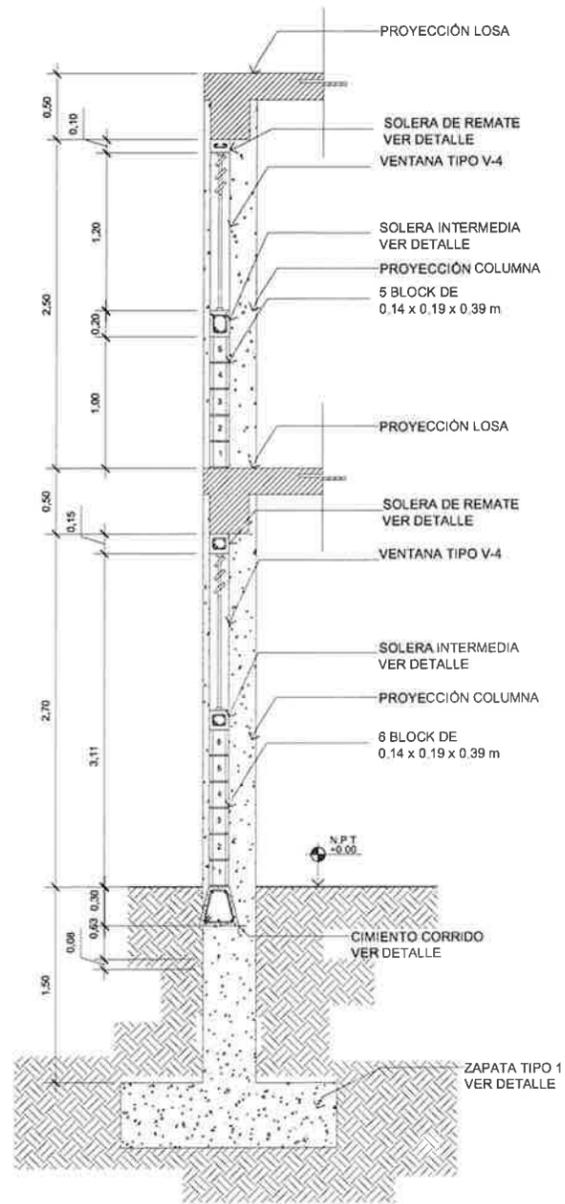
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO: EDIFICIO ESCOLAR PARA EL INSTITUTO NACIONAL DE EDUCACIÓN BÁSICA EN LA ALDEA EL PAJÓN MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PINULA

PLANO: DETALLES DE COLUMNAS Y CIMENTOS

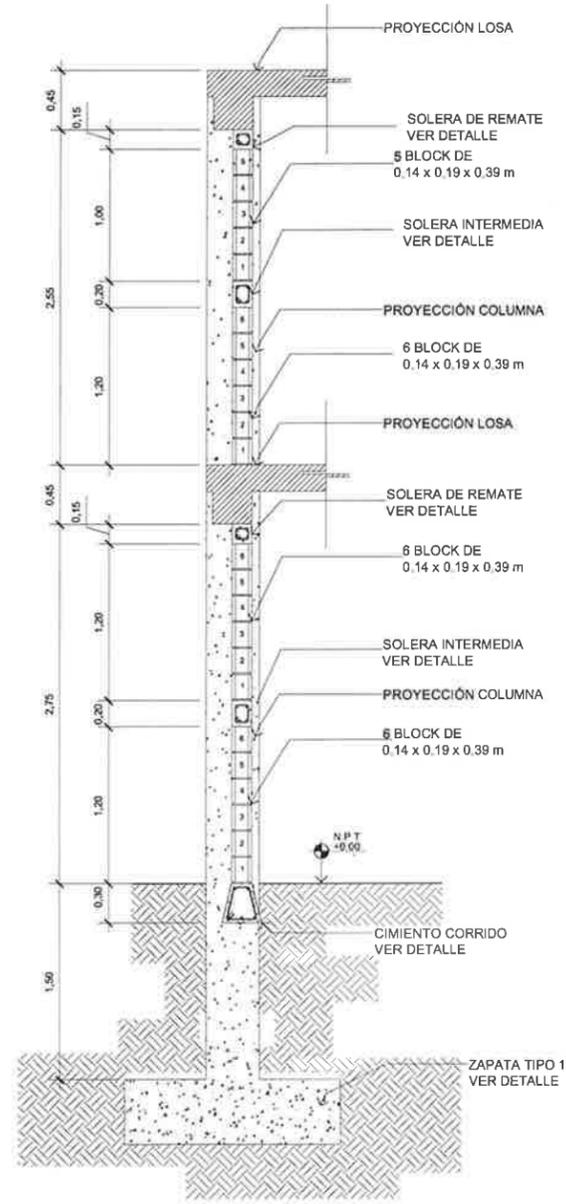
DISEÑO: LEANDRO JOSÉ MAR FRANCO BARAHONA	ENCARGO:	ESCALA: 1/20	NO. CADENA:
DISEÑO: LEANDRO JOSÉ MAR FRANCO BARAHONA	FECHA: MAYO 2014	PROYECTO:	
DISEÑO: LEANDRO JOSÉ MAR FRANCO BARAHONA	SANIT:	2007 22958	

H O J A
11
33



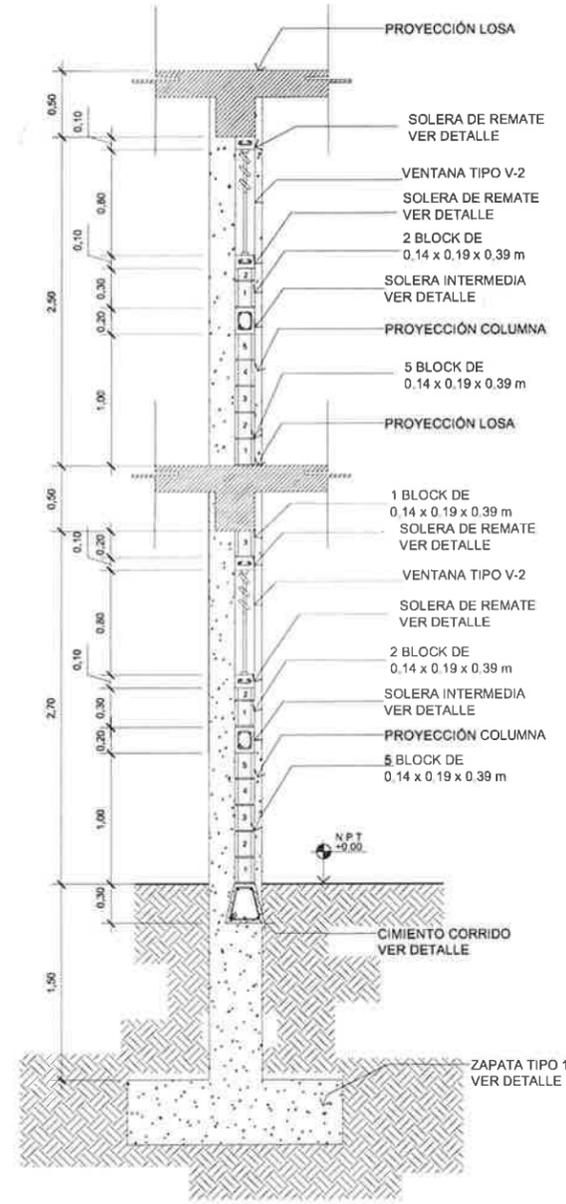
SECCIÓN 1 - 1' DE MURO

ESCALA 1/25



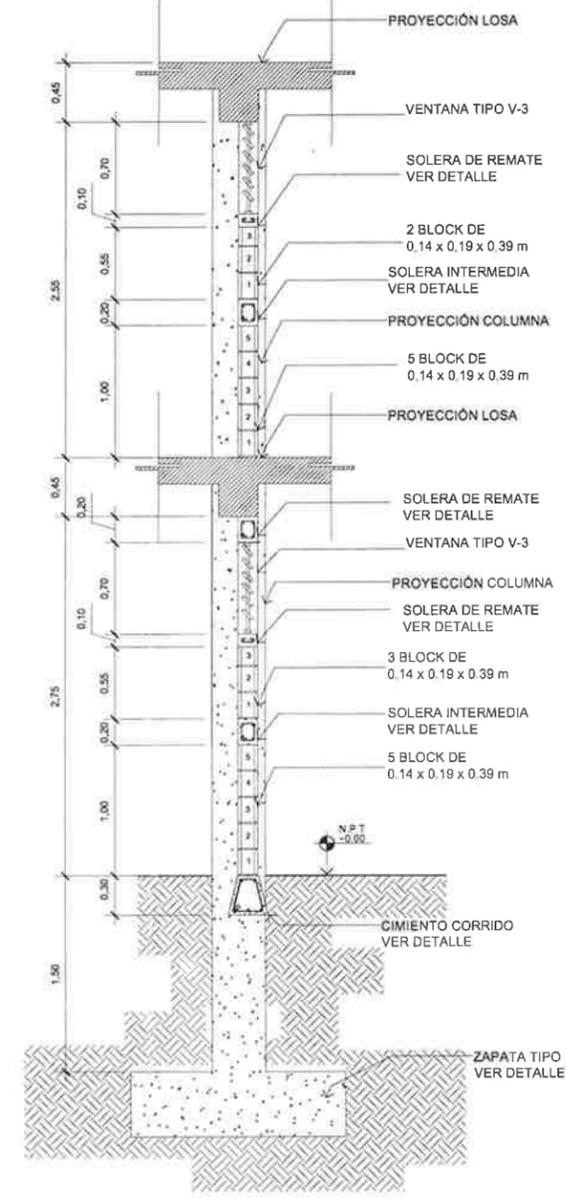
SECCIÓN A - A' DE MURO

ESCALA 1/25



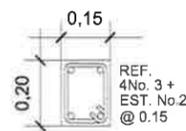
SECCIÓN 3 - 3' DE MURO

ESCALA 1/25

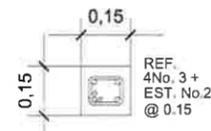


SECCIÓN B - B' DE MURO

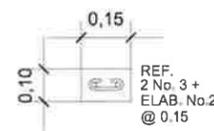
ESCALA 1/25



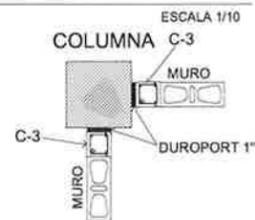
SOLERA TIPICA



SOLERA TIPICA

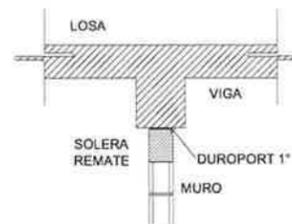


SOLERA TIPICA



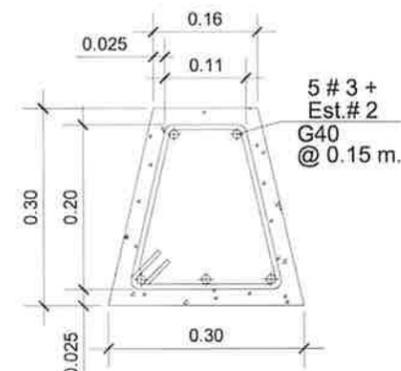
PLANTA JUNTA MURO COLUMNA

ESCALA 1/20



DETALLE JUNTA MURO - VIGA

ESCALA 1/20



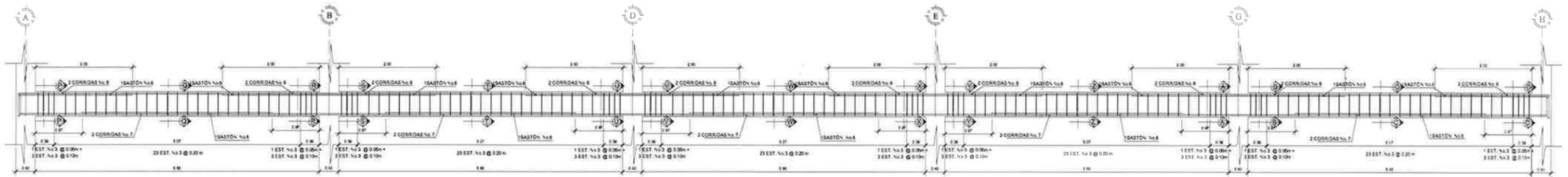
CIMENTO CORRIDO CC-1

ESCALA 1/5



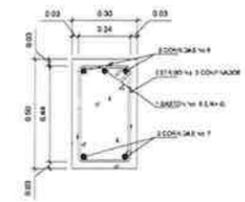
[Handwritten Signature]

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO			
PREPARED LEANDRO JOSSE MAR FRANCO BARRAHONA	CALCULO LEANDRO JOSSE MAR FRANCO BARRAHONA	REVISADO LEANDRO JOSSE MAR FRANCO BARRAHONA	NO CADA
SECCIONES DE MUROS Y DETALLES			
FECHA MAYO 2014	PROYECTO	U	A
LEANDRO JOSSE MAR FRANCO BARRAHONA	2007-22268	12	33



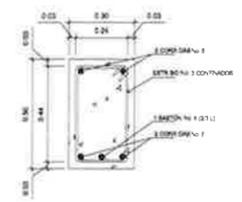
VIGA TIPO 1X. EJES 1,2,3 Y 4 MODULO DE AULAS

ESCALA 1/40



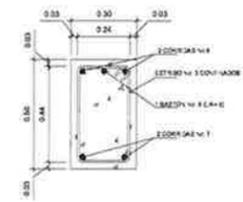
SECCIÓN P-P

ESCALA 1/15



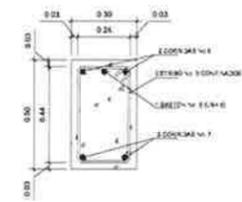
SECCIÓN Q-Q

ESCALA 1/15



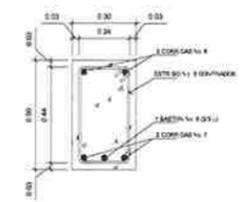
SECCIÓN R-R

ESCALA 1/15



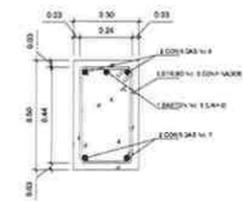
SECCIÓN S-S

ESCALA 1/15



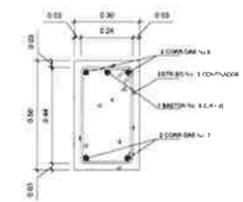
SECCIÓN T-T

ESCALA 1/15



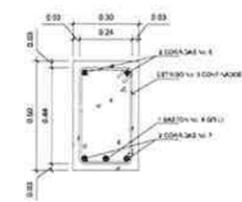
SECCIÓN U-U

ESCALA 1/15



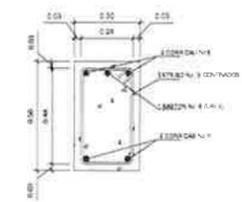
SECCIÓN V-V

ESCALA 1/15



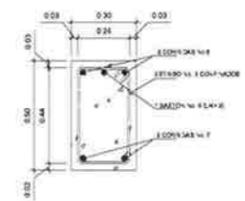
SECCIÓN W-W

ESCALA 1/15



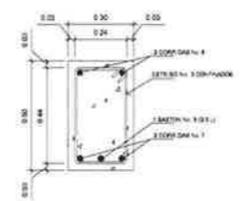
SECCIÓN X-X

ESCALA 1/15



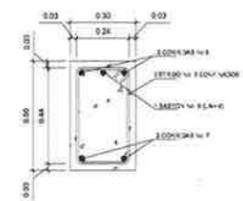
SECCIÓN Y-Y

ESCALA 1/15



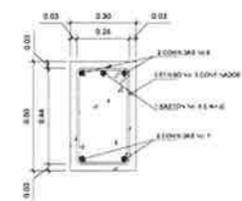
SECCIÓN Z-Z

ESCALA 1/15



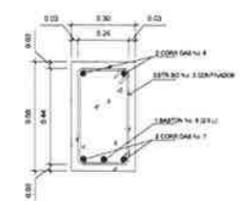
SECCIÓN A-A

ESCALA 1/15



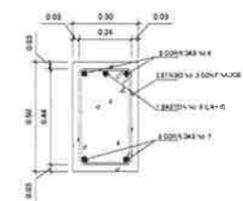
SECCIÓN B-B

ESCALA 1/15



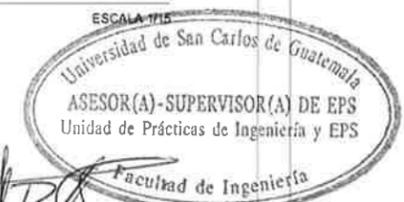
SECCIÓN C-C

ESCALA 1/15

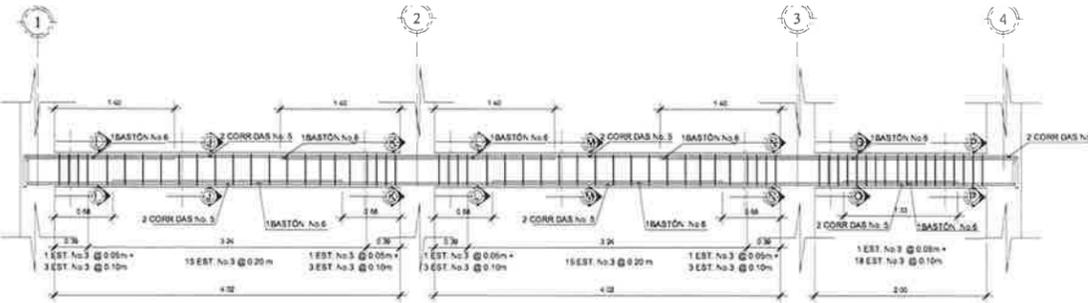


SECCIÓN D-D

ESCALA 1/15

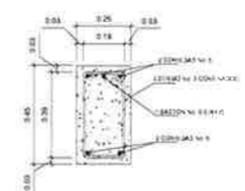


[Handwritten Signature]



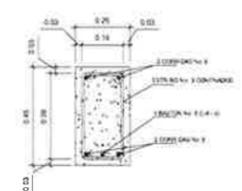
VIGA TIPO 1Y. EJES A,B,D,E,G Y H MODULO DE AULAS

ESCALA 1/40



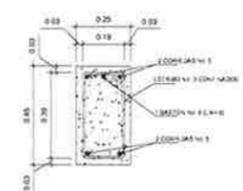
SECCIÓN I-I

ESCALA 1/15



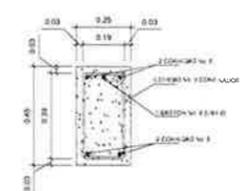
SECCIÓN J-J

ESCALA 1/15



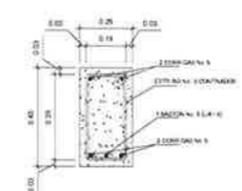
SECCIÓN K-K

ESCALA 1/15



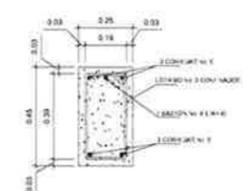
SECCIÓN L-L

ESCALA 1/15



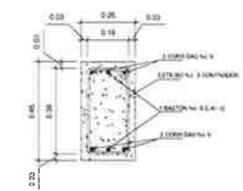
SECCIÓN M-M

ESCALA 1/15



SECCIÓN N-N

ESCALA 1/15



SECCIÓN P-P

ESCALA 1/15

ESPECIFICACIONES GENERALES

- CODIGOS DE DISEÑO:**
 - CONCRETO ACI 08 2008
 - CARGAS UBC 97
 - SISMO UBC 97
- MATERIALES**
 - CONCRETO $f'c = 210 \text{ KG/CM}^2$ (3000 PSI)
 - EL AGREGADO GRUESO $1/2" \text{ A } 3/4"$
 - ACERO DE REFUERZO
 - # 2 $f_y = 2300 \text{ KG/CM}^2$ (GRADO 33)
 - # 3 Y MAYORES $f_y = 4200 \text{ KG/CM}^2$ (GRADO 60)
- LONGITUDES DE DESARROLLO**

BARRA	No.3	No.4	No.5	No.6
L_d (CMS)	30	35	40	45

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO: EDIFICIO ESCOLAR PARA EL INSTITUTO NACIONAL DE EDUCACION BASICA EN LA ALDEA EL PALON MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PAJALA

PROFESOR: LEANDRO JOSSE MAR FRANCO BARAHONA

ESTUDIANTE: LEANDRO JOSSE MAR FRANCO BARAHONA

FECHA: ABRIL 2013

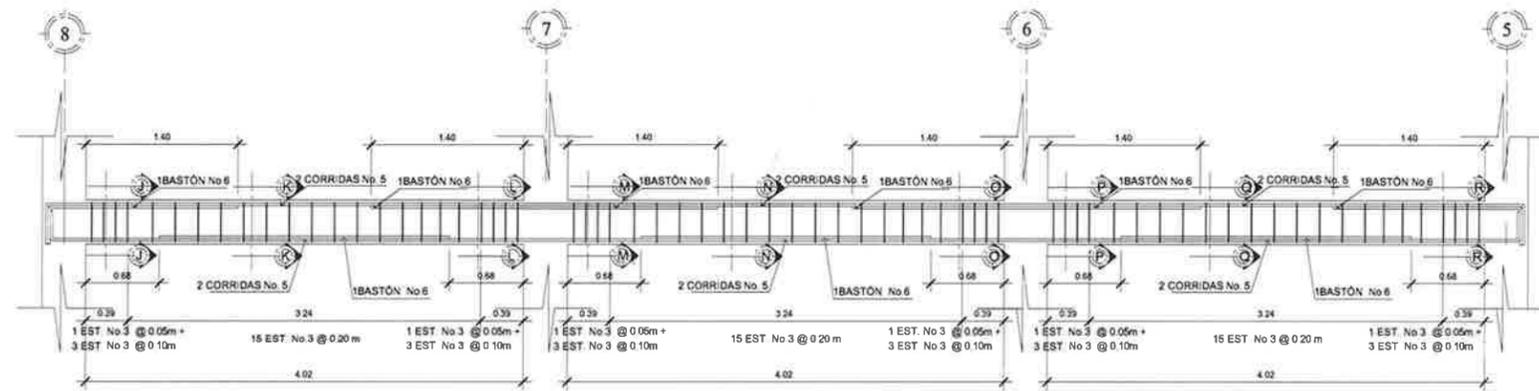
PROFESOR SUPERVISOR: LEANDRO JOSSE MAR FRANCO BARAHONA

2007-22268

ARMADO LONGITUDINAL Y ARMADO DE VIGAS

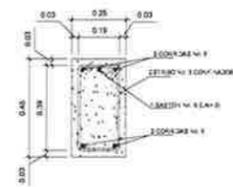
13

33



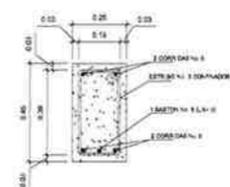
VIGA TIPO 1Y. EJES A,B Y C MODULOS DE BAÑOS Y DIRECCIÓN

ESCALA 1/30



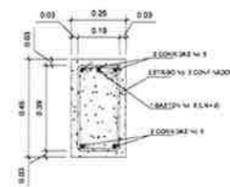
SECCIÓN J-J

ESCALA 1/15



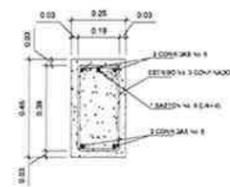
SECCIÓN K-K

ESCALA 1/15



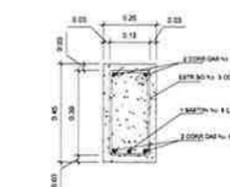
SECCIÓN L-L

ESCALA 1/15



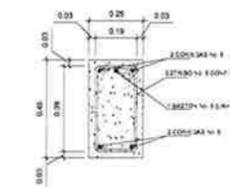
SECCIÓN M-M

ESCALA 1/15



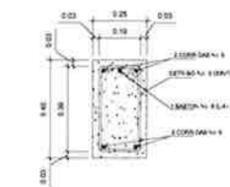
SECCIÓN N-N

ESCALA 1/15



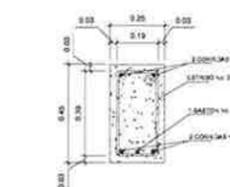
SECCIÓN O-O

ESCALA 1/15



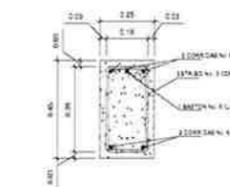
SECCIÓN P-P

ESCALA 1/15



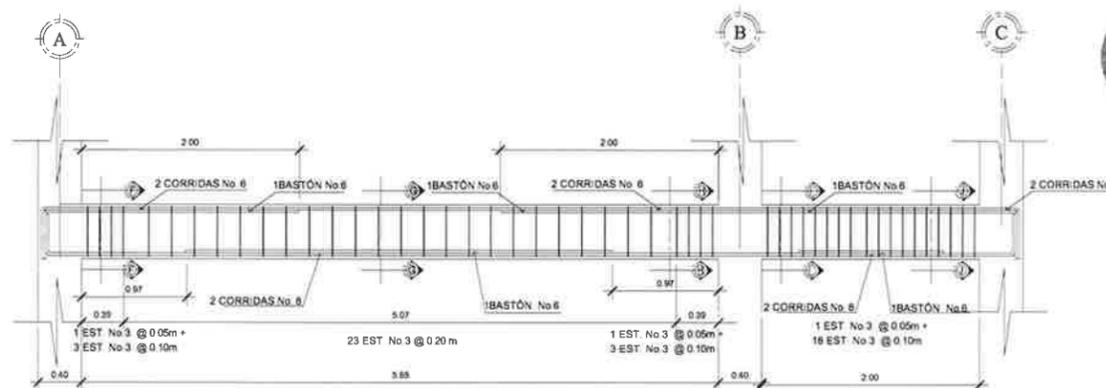
SECCIÓN Q-Q

ESCALA 1/15



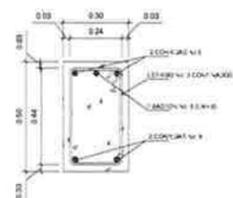
SECCIÓN R-R

ESCALA 1/15



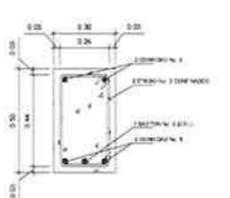
VIGA TIPO 1X. EJES 5,6,7 Y 8 MODULOS DE BAÑOS Y DIRECCIÓN

ESCALA 1/30



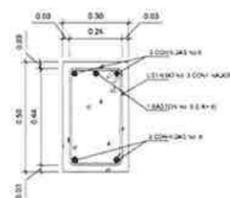
SECCIÓN F-F

ESCALA 1/15



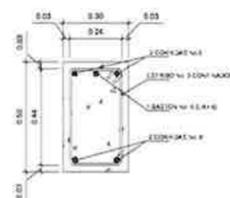
SECCIÓN G-G

ESCALA 1/15



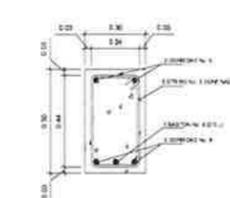
SECCIÓN H-H

ESCALA 1/15



SECCIÓN I-I

ESCALA 1/15



SECCIÓN J-J

ESCALA 1/15

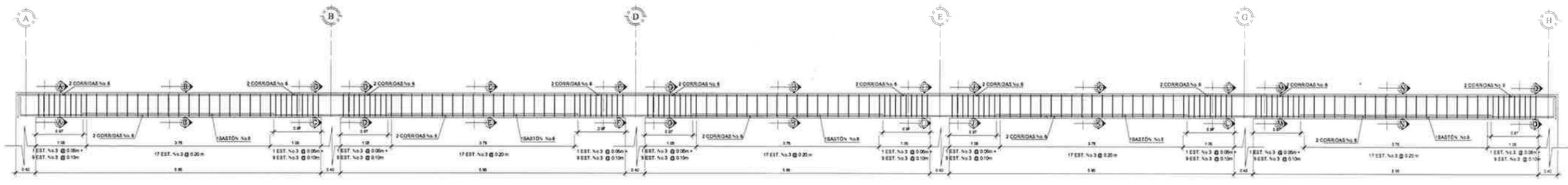


ESPECIFICACIONES GENERALES

- CODIGOS DE DISEÑO:**
 - CONCRETO ACI 08 2008
 - CARGAS UBC '97
 - SISMO UBC '97
- MATERIALES**
 - CONCRETO FC = 210 KG/CM² (3000 PSI)
 - EL AGREGADO GRUESO 1/2" A 3/4"
 - ACERO DE REFUERZO
 - # 2 FY = 2300 KG/CM² (GRADO 33)
 - # 3 Y MAYORES FY = 4200 KG/CM² (GRADO 60)
- LONGITUDES DE DESARROLLO**

BARRA	No.3	No.4	No.5	No.6
Ld (CMS)	30	35	40	45

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO			
PROYECTO: EBF C/ ESCOLAR PARA EL INSTITUTO NACIONAL DE EDUCACIÓN BÁSICA EN LA ALDEA DEL PUEBLO, MUNICIPIO DE SANTA CATERINA, P. GUATEMALA			
TÍTULO: ARMADO LONGITUDINAL Y ARMADO DE VIGAS			
ALUMNO: LEANDRO JOSÉ VARELA FRANCO BARRAHONA	CURSO: 1 ^{ER}	FECHA: NO CADA	
PROFESOR: LEANDRO JOSÉ VARELA FRANCO BARRAHONA	FECHA: ABRIL 2013	PROYECTO: 14	
PROFESOR: LEANDRO JOSÉ VARELA FRANCO BARRAHONA	FECHA: 2007-22258		
			33

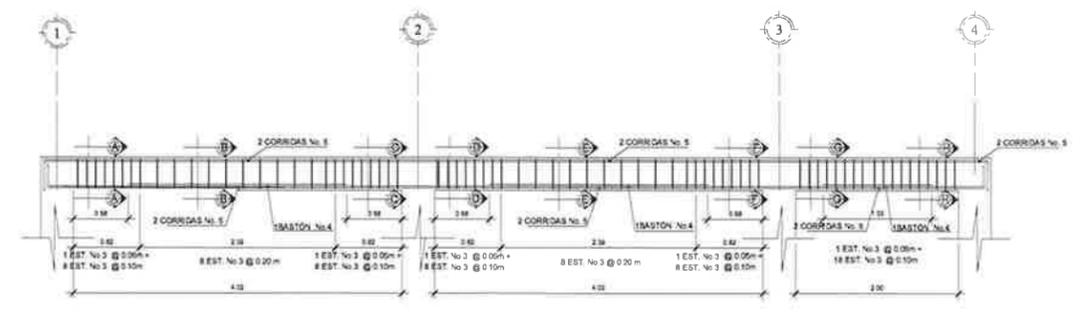


VIGA TIPO 2X. EJES 1,2,3 Y 4 MODULO DE AULAS

ESCALA 1/40



[Handwritten Signature]



VIGA TIPO 2Y. EJES A,B,D,E,G Y H MODULO DE AULAS

ESCALA 1/40

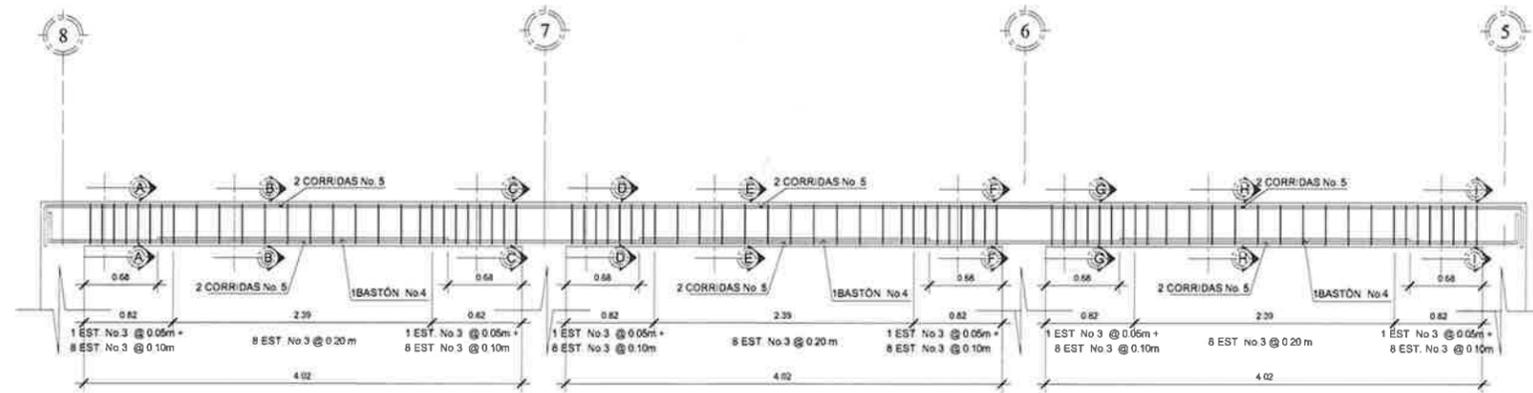


ESPECIFICACIONES GENERALES

- CODIGOS DE DISEÑO:**
 - CONCRETO ACI 08 2008
 - CARGAS UBC 97
 - SISMO UBC 97
- MATERIALES**
 - CONCRETO $f'c = 210 \text{ KG/CM}^2$ (3000 PSI)
 - EL AGREGADO GRUESO 1/2" A 3/4"
 - ACERO DE REFUERZO
 - # 2 $f_y = 2300 \text{ KG/CM}^2$ (GRADO 33)
 - # 3 Y MAYORES $f_y = 4200 \text{ KG/CM}^2$ (GRADO 60)
- LONGITUDES DE DESARROLLO**

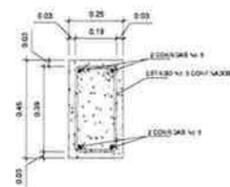
BARRA	No.3	No.4	No.5	No.6
Ld (CMS)	30	35	40	45

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA			
FACULTAD DE INGENIERIA			
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO			
PROYECTO: EDIFICIO ESCOLAR PARA EL INSTITUTO NACIONAL DE EDUCACION BASICA EN LA ALDEA DEL PAJON MUNICIPIO DE SANTA CATERINA PAJALA			
OBJETO: ARMADO LONGITUDINAL Y ARMADO DE VIGAS			
PROFESOR: LEANDRO JOSE WAR FRANCO BARRAHONA	CALIFICACION: 110	FECHA: ABRIL 2013	INDICADA
PROFESOR: LEANDRO JOSE WAR FRANCO BARRAHONA	FECHA: 2007-2024	15	
15			33



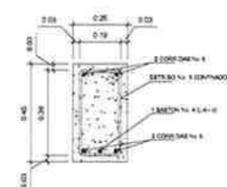
VIGA TIPO 2Y. EJES A,B Y C MODULOS DE BAÑOS Y DIRECCIÓN

ESCALA 1/30



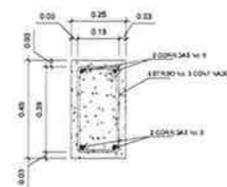
SECCIÓN A-A

ESCALA 1/15



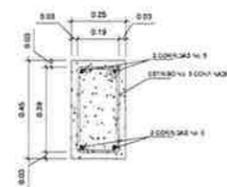
SECCIÓN B-B

ESCALA 1/15



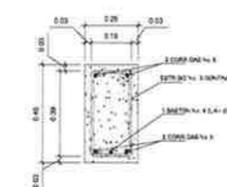
SECCIÓN C-C

ESCALA 1/15



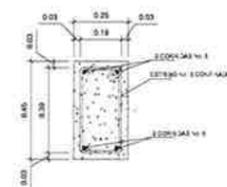
SECCIÓN D-D

ESCALA 1/15



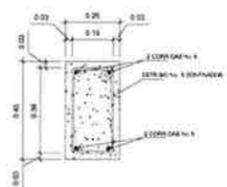
SECCIÓN E-E

ESCALA 1/15



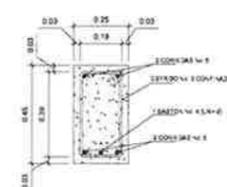
SECCIÓN F-F

ESCALA 1/15



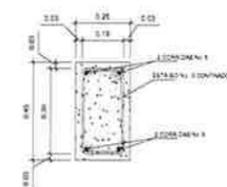
SECCIÓN G-G

ESCALA 1/15



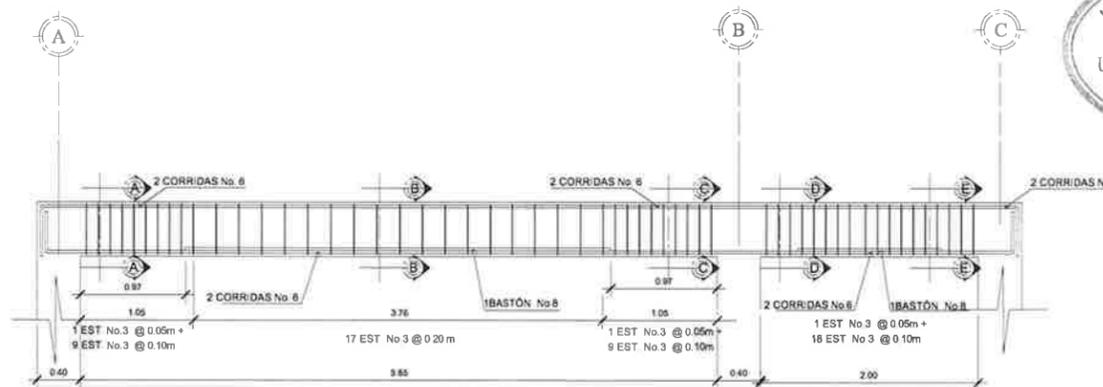
SECCIÓN H-H

ESCALA 1/15



SECCIÓN I-I

ESCALA 1/15



VIGA TIPO 2X. EJES 5,6,7 Y 8 MODULOS DE BAÑOS Y DIRECCIÓN

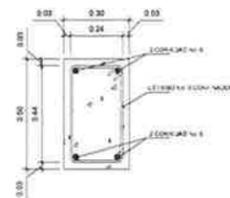
ESCALA 1/30

Universidad de San Carlos de Guatemala
 ASESOR(A)-SUPERVISOR(A) DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 Facultad de Ingeniería

ESPECIFICACIONES GENERALES

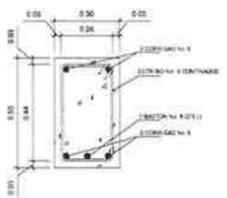
- CODIGOS DE DISEÑO:**
 - CONCRETO ACI 08 2008
 - CARGAS UBC '97
 - SISMO UBC '97
- MATERIALES**
 - CONCRETO $f_c = 210 \text{ KG/CM}^2$ (3000 PSI)
 - EL AGREGADO GRUESO $1/2" \text{ A } 3/4"$
 - ACERO DE REFUERZO
 - # 2 $f_y = 2300 \text{ KG/CM}^2$ (GRADO 33)
 - # 3 Y MAYORES $f_y = 4200 \text{ KG/CM}^2$ (GRADO 80)
- LONGITUDES DE DESARROLLO**

BARRA	No.3	No.4	No.5	No.6
Ld (CMS)	30	35	40	45



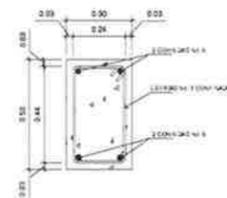
SECCIÓN A-A

ESCALA 1/15



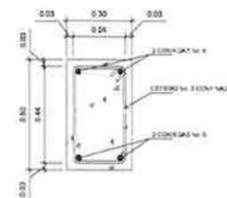
SECCIÓN B-B

ESCALA 1/15



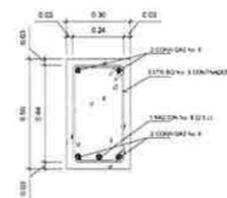
SECCIÓN C-C

ESCALA 1/15



SECCIÓN D-D

ESCALA 1/15



SECCIÓN E-E

ESCALA 1/15

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO: EDIFICIO ESCOLAR PARA EL INSTITUTO NACIONAL DE EDUCACION BASICA EN LA ALDEA DEL PAJON, MUNICIPIO DE SANTA CATERINA, PAJON.

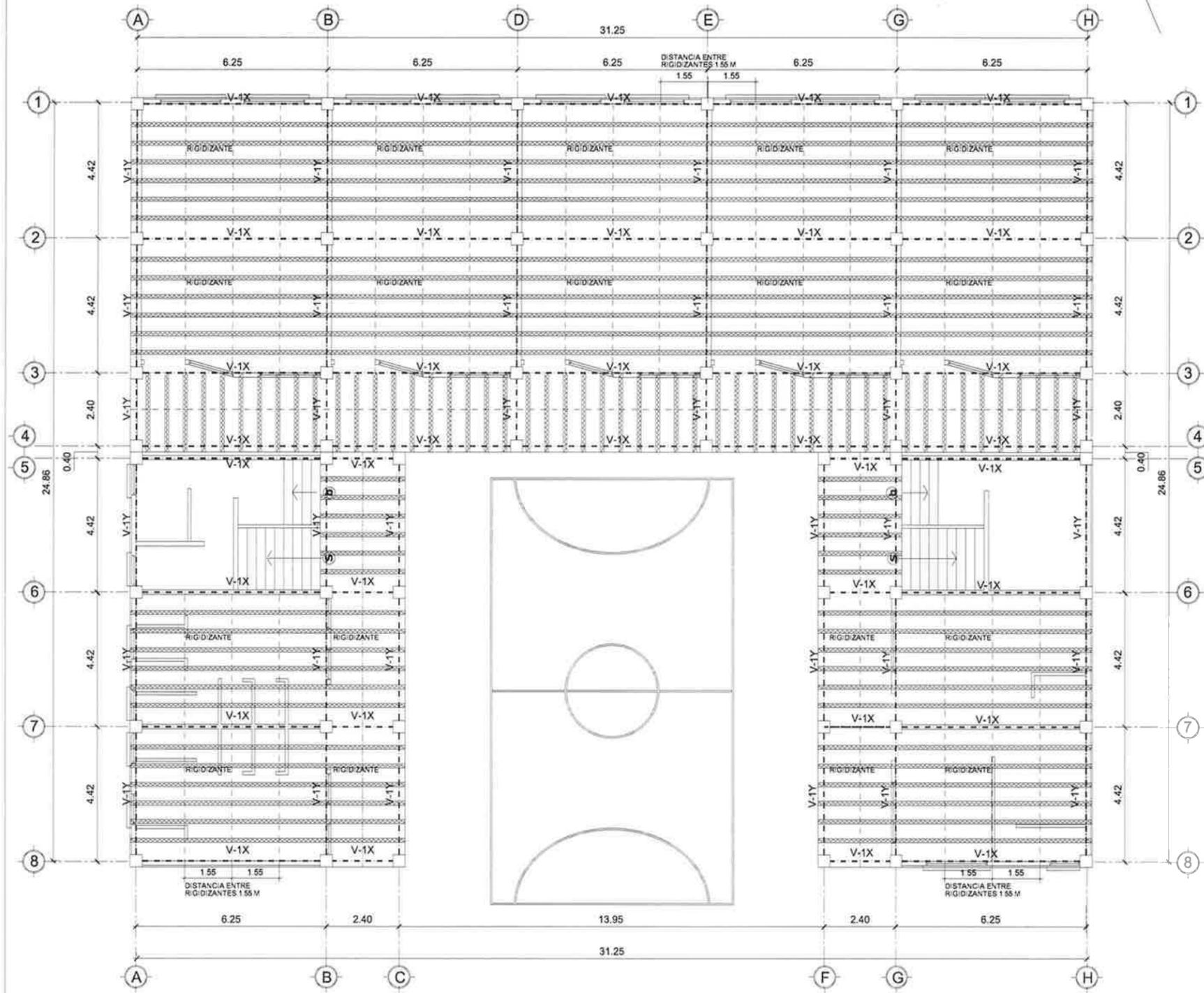
PLAN: ARMADO LONGITUDINAL Y ARMADO DE VIGAS

ELABORADO: LEANDRO JOSÉ MAR FRANCO BARRAHONA
 DISEÑADO: LEANDRO JOSÉ MAR FRANCO BARRAHONA
 APROBADO: LEANDRO JOSÉ MAR FRANCO BARRAHONA

FECHA: ABRIL 2013

PROYECTO: 2007-22268

16 / 33



NOMENCLATURA

	DIRECCION DE LA VIGUETA
	INDICA RIGIDIZANTE
	INDICA VIGA TIPO
	INDICA SOLERA DE CORONA
	INDICA ELECTROMALLA

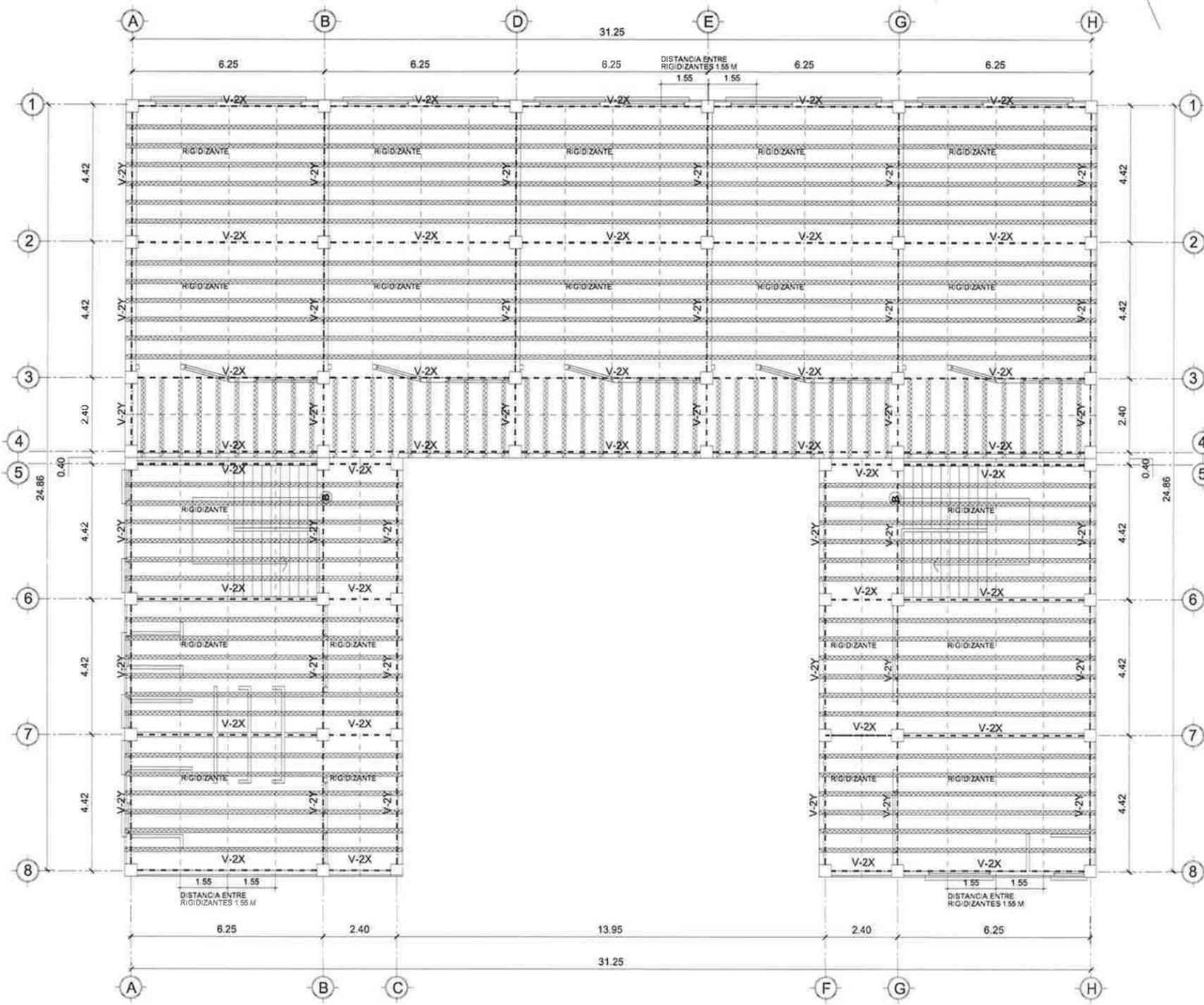
- ### ESPECIFICACIONES:
- 1- LAS VIGUETAS SE ENCUENTRAN SEPARADAS @ 0.60 A EJES.
 - 2- ESPESOR DE LOSA PREFABRICADA 0.15m
 - 3- COTAS EN METROS.
 - 4- LA COLOCACION DE RIGIDIZANTES QUEDAN A @ 1.55 METROS
 - 5- CARGA ENTREPISO
CM 630KG/M2
CV 500KG/M2
PISO MAS ACABADOS 100KG/M2
 - 6- ELECTROMALLA 6" X 6" - 9/9
REFUERZO POR TEMPERATURA
 - 7- RESISTENCIA CARACTERISTICA DE LOS MATERIALES
CONCRETO CIMENTOS, LOSAS Y MUROS
RESISTENCIA A LA COMPRESION (A LOS 28 DIAS) $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
ACERO DE REFUERZO $f_y = 2810 \text{ kg/cm}^2$
ESFUERZO DE CEDENCIA
MALLA ELECTROSOLDADA $f_y = 5000 \text{ kg/cm}^2$
ESFUERZO DE CEDENCIA
 - 8- RECUBRIMIENTO ACERO DE REFUERZO (MINIMO)
CIMENTOS 0.075 m.
MUROS 0.04 m.
VIGAS o DINTELES 0.03 m.
COLUMNAS 0.03 m.
ZAPATAS 0.075 m.
 - 9- TRASLAPES DEL ACERO PARA ELECTROMALLA (MINIMO)
ACERO DE REFUERZO 0.30 m.
ENTRE MALLAS EN JUNTAS DE MURO Y LOSA 0.20 m.
ENTRE MALLAS Y REFUERZOS VERTICALES 0.10 m.

Universidad de San Carlos de Guatemala
 ASESOR(A)-SUPERVISOR(A) DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 Facultad de Ingeniería

PLANTA DE LOSAS PRIMER NIVEL

ESCALA 1/75

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO			
PROYECTO: EDIFICIO ESCOLAR PARA EL INSTITUTO NACIONAL DE EDUCACION BASICA EN LA ALDEA EL PAJON MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PINULA			
PLANTA DE LOSAS PRIMER NIVEL			
PROFESOR: LEANDRO JOSÉ VARE FRANCO BARRAHONA	FECHA: ABRIL 2013	ESCALA: INDICADA	INDICADA
PROFESOR: LEANDRO JOSÉ VARE FRANCO BARRAHONA	FECHA: ABRIL 2013	ESCALA: INDICADA	INDICADA
PROFESOR: LEANDRO JOSÉ VARE FRANCO BARRAHONA	FECHA: 2007-22258	ESCALA: INDICADA	INDICADA
			17 / 33



NOMENCLATURA

	DIRECCION DE LA VIGUETA
	INDICA RIGIDIZANTE
	INDICA VIGA TIPO
	INDICA SOLERA DE CORONA
	INDICA ELECTROMALLA

- ### ESPECIFICACIONES:
- 1.- LAS VIGUETAS SE ENCUENTRAN SEPARADAS @ 0.60 A EJES
 - 2.- ESPESOR DE LOSA PREFABRICADA 0.15m
 - 3.- COTAS EN METROS.
 - 4.- LA COLOCACION DE RIGIDIZANTES QUEDAN A @ 1.55 METROS
 - 5.- CARGA ENTREPISO
CM 530KG/M2
CV 500KG/M2
PISO MAS ACABADOS 100KG/M2
 - 6.- ELECTROMALLA 6" X 6" - 9/9
REFUERZO POR TEMPERATURA.
 - 7.- RESISTENCIA CARACTERISTICA DE LOS MATERIALES
CONCRETO CIMENTOS, LOSAS Y MUROS
RESISTENCIA A LA COMPRESION (A LOS 28 DIAS) $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$
ACERO DE REFUERZO $f_y= 2810 \text{ kg/cm}^2$
MALLA ELECTROSOLDADA $f_y= 5000 \text{ kg/cm}^2$
ESFUERZO DE CEDENCIA
 - 8.- RECUBRIMIENTO ACERO DE REFUERZO (MINIMO)
CIMENTOS 0.075 m.
MUROS 0.04 m.
VIGAS o DINTELES 0.03 m.
COLUMNAS 0.03 m.
ZAPATAS 0.075 m.
 - 9.- TRASLAPES DEL ACERO PARA ELECTROMALLA (MINIMO)
ACERO DE REFUERZO 0.30 m.
ENTRE MALLAS EN JUNTAS DE MURO Y LOSA 0.20 m.
ENTRE MALLAS Y REFUERZOS VERTICALES 0.10 m.

Universidad de San Carlos de Guatemala
 ASESOR(A)-SUPERVISOR(A) DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 Facultad de Ingeniería

PLANTA DE LOSAS SEGUNDO NIVEL

ESCALA 1/75

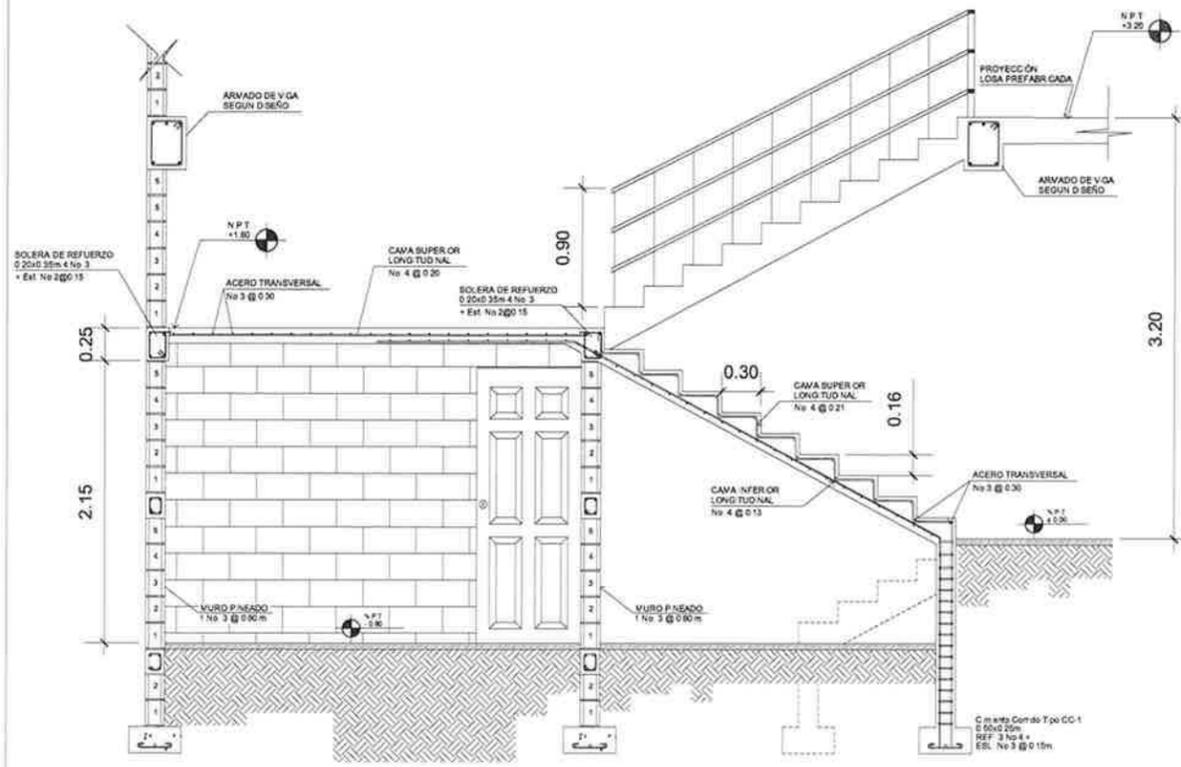
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO: EDIFICIO ESCOLAR PARA EL INSTITUTO NACIONAL DE EDUCACION BASICA EN LA ALDEA EL PAJON, MUNICIPIO DE SANTA CATERINA PAJON.

PLANTA DE LOSAS SEGUNDO NIVEL

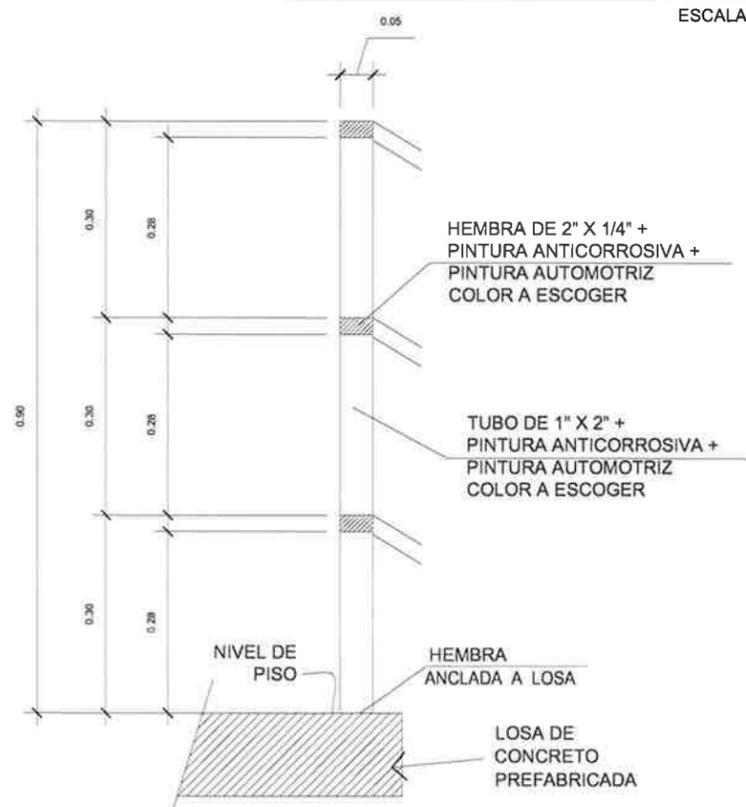
DISEÑADO: LEANDRO JOSÉ VAR FRANCO BARRAHONA	CALCULADO: LEANDRO JOSÉ VAR FRANCO BARRAHONA	FECHA: ABRIL 2013	INDICADA: LEANDRO JOSÉ VAR FRANCO BARRAHONA
PROYECTISTA: LEANDRO JOSÉ VAR FRANCO BARRAHONA		CARGO: 2007-22268	Escala: 1/75

18 / 33



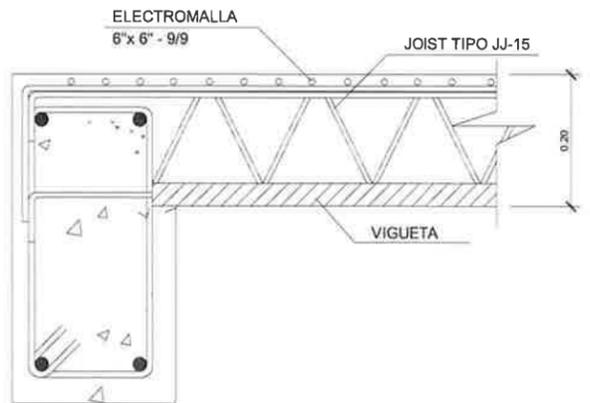
DETALLE MÓDULO DE GRADAS

ESCALA 1/25



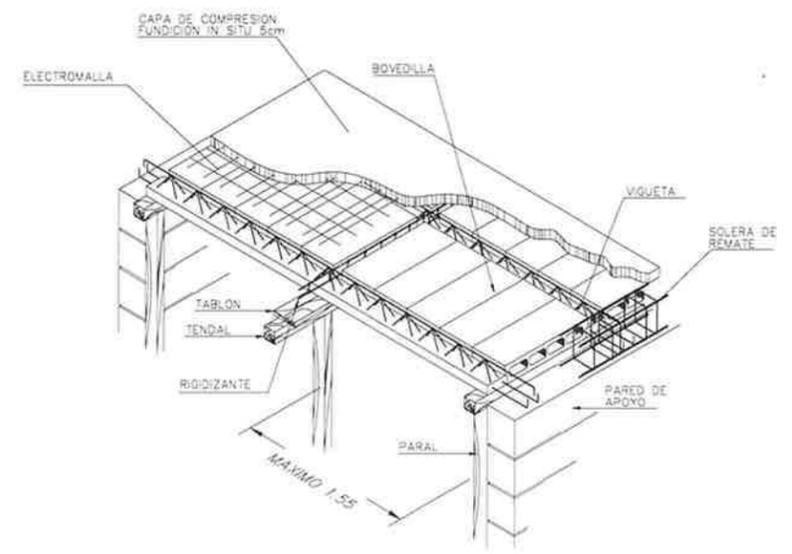
DETALLE DE PASAMANOS

ESCALA 1/5



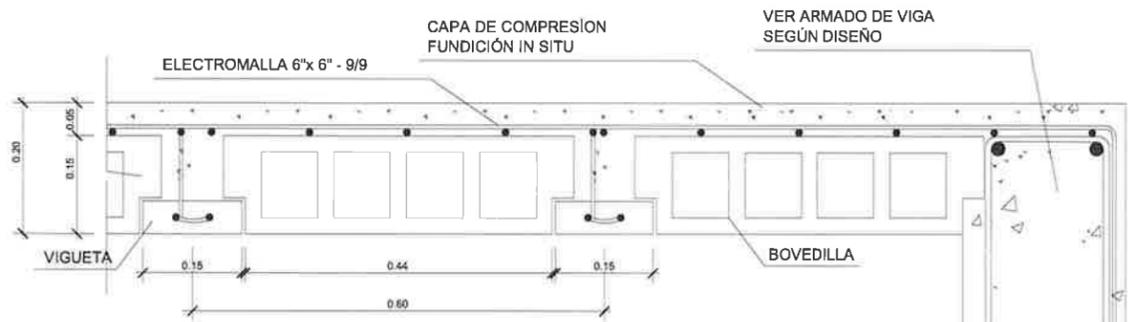
DETALLE DE ANCLAJE

ESCALA 1/5



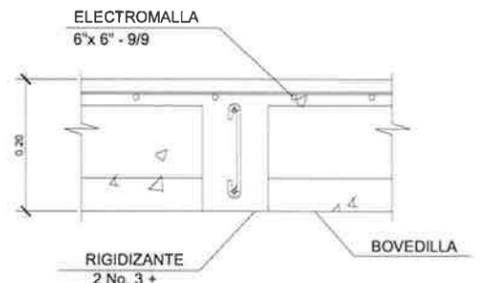
DETALLE CONSTRUCTIVO DE LOSA PREFABRICADA

ESCALA 1/50



MODULACIÓN DE BOVEDILLA

ESCALA 1/5

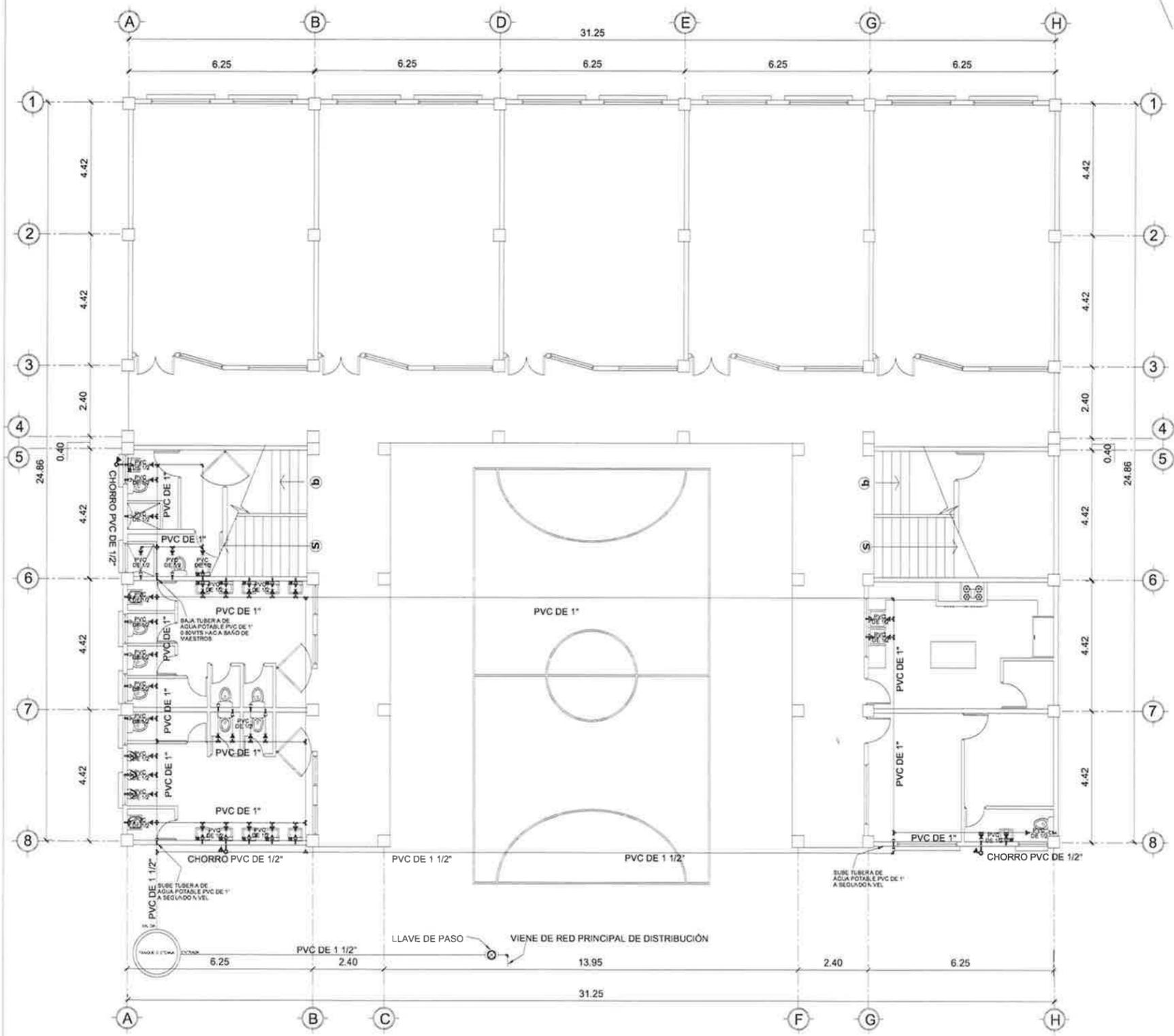


DETALLE DE RIGIDIZANTE

ESCALA 1/5

Universidad de San Carlos de Guatemala
ASESOR(A)-SUPERVISOR(A) DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 Facultad de Ingeniería

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO			
PROYECTO:	EDIFICIO ESCOLAR PARA EL INSTITUTO NACIONAL DE EDUCACIÓN BÁSICA EN LA ALDEA EL PAJÓN, MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PAJALÁ		
FECHA:	DETALLES DE GRADAS Y LOSA		
DISEÑO:	LEANDRO JOSÉ MAR FRANCO BARRAHONA	DESEÑADO:	LEANDRO JOSÉ MAR FRANCO BARRAHONA
PROYECTO:	LEANDRO JOSÉ MAR FRANCO BARRAHONA	FECHA:	ABRIL 2013
PROYECTO:	LEANDRO JOSÉ MAR FRANCO BARRAHONA	PROYECTO:	2007-22268
			19
			33



Simbología Hidraulica	
	CODO A 90 GRADOS VERTICAL
	CODO A 90
	CHORRO O GRIFO
	LLAVE DE PASO
	TEE A 90 GRADOS HORIZONTAL
	CRUZ HORIZONTAL
	REDUCIDOR BUSHING
	P. V. C. TUBERIA PARA AGUA FRIA DE PVC

NOTA:
TOLA LA INSTALACION DE AGUA POTABLE EN INGRESO A ARTEFACTOS SANITARIOS SERIA DE PVC DE 1/2" EN LOS MODULOS DE SERVICIOS SANITARIOS DE TODOS LOS NIVELES.

ESPECIFICACIONES:

- LA TUBERIA PARA AGUA FRIA SERA DE TUBERIA PVC
- TUBERIA PVC RAMALES Ø = 1/2"
- TUBERIA PVC PRINCIPAL Ø = 1"
- TODOS LOS ACCESORIOS SERAN DE CEDULA 40 CON COS DIAMETROS INDICADOS EN LOS PLANOS DE LAS INSTALACIONES DE AGUA POTABLE.
- TODOS LOS ARTEFACTOS SERAN DE EMPOTRAR.
- SE UTILIZARAN REDUCIDORES BUSHING PARA CONECTAR EL AGUA POTABLE A LOS ARTEFACTOS SANITARIOS.
- SE CONECTARAN REDUCIDORES DE 1" A 1/2" PARA LOS RAMALES.
- LA CAPACIDAD DE LA SISTERNA SERA DE 10,000 LTS.

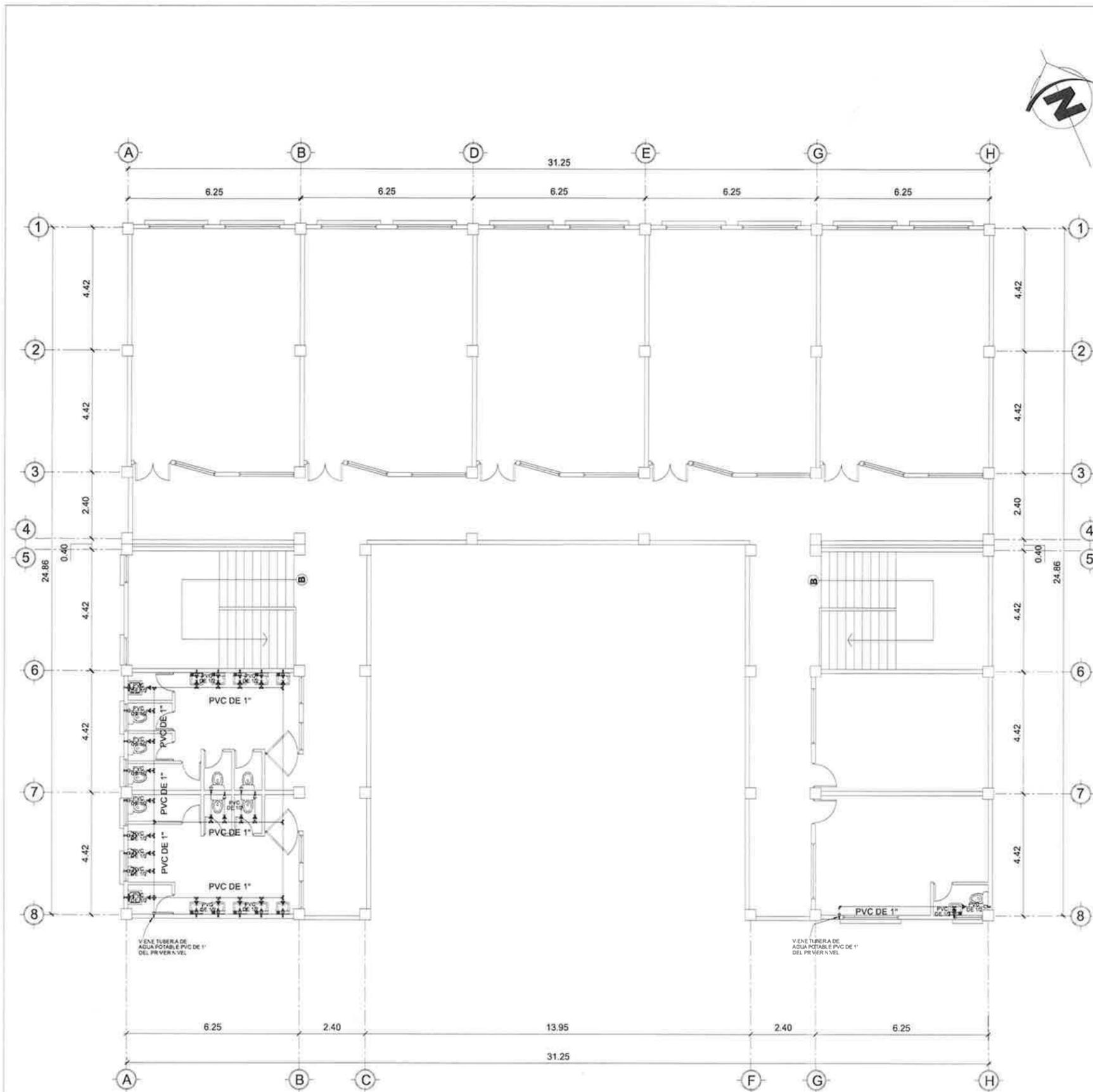
Universidad de San Carlos de Guatemala
ASESOR(A)-SUPERVISOR(A) DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 Facultad de Ingeniería

[Handwritten signature]

PLANTA DE AGUA POTABLE PRIMER NIVEL

ESCALA 1/75

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO			
PROYECTO: EDIFICIO ESCOLAR PARA EL INSTITUTO NACIONAL DE EDUCACION BASICA EN LA ALDEA EL PAJON MUNICIPIO DE SANTA CATERINA PUNTA			
PLANTA: PLANTA DE AGUA POTABLE PRIMER NIVEL			
PROFESOR:	ALUMNO:	FECHA:	OTRO:
LEANDRO JOSSE MAR FRANCO BARRAHONA		ABRIL 2015	
PROFESOR:	ALUMNO:	FECHA:	OTRO:
LEANDRO JOSSE MAR FRANCO BARRAHONA		2007-22268	
PAGINA 20			33



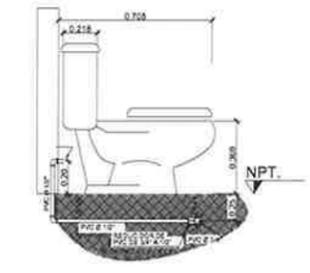
PLANTA DE AGUA POTABLE SEGUNDO NIVEL

ESCALA 1/75



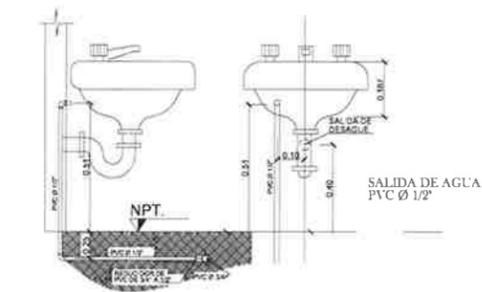
DETALLE DE SALIDA DE AGUA INODORO

ELEVACIÓN ESCALA 1/15



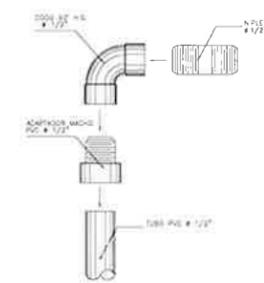
DETALLE DE SALIDA DE AGUA INODORO

SECCIÓN PERFIL ESCALA 1/15



DETALLE DE SALIDA DE AGUA LAVAMANOS

ELEVACIÓN ESCALA 1/15



DETALLE PARA ACOMETIDA DE ARTEFACTOS

SIN ESCALA



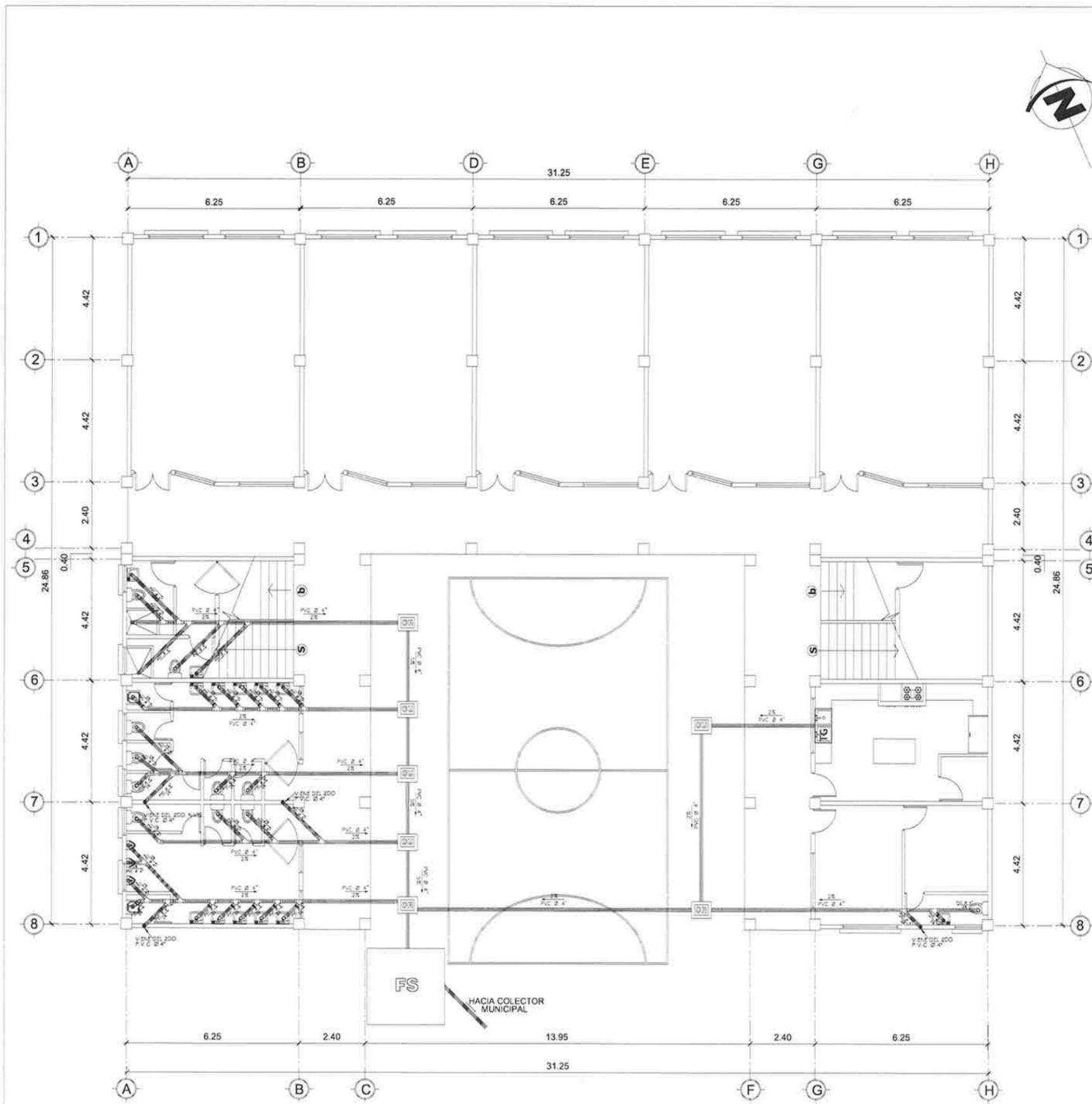
DETALLE DE CHORRO

SIN ESCALA



[Handwritten Signature]

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO			
PROYECTO: EDIFICIO ESCOLAR PARA EL INSTITUTO NACIONAL DE EDUCACION BASICA EN LA ALDEA DEL PALÓN MUNICIPIO DE SANTA CATARINA, PAJALA			
TÍTULO: PLANTA DE AGUA POTABLE SEGUNDO NIVEL Y DETALLES			
PROFESOR:	LEANDRO JOSÉ MAR FRANCO BARRAHONA	CATEDRÁTICO	ADICIONAL
PROFESOR:	LEANDRO JOSÉ MAR FRANCO BARRAHONA	ABRIL 2015	PROFESOR
ALUMNO:	LEANDRO JOSÉ MAR FRANCO BARRAHONA	2007 22248	21



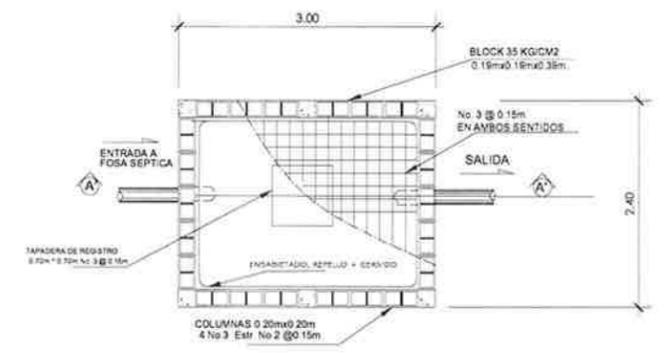
PLANTA DE DRENAJES PRIMER NIVEL

ESCALA 1/75

SIMBOLOGIA DE DRENAJES	
SÍMBOLO	SIGNIFICADO
	TUBERÍA P.V.C PARA AGUAS NEGRAS
	INDICA FOSA SEPTICA
	CODO VERTICA A 90°
	CODO HORIZONTAL A 45°
	YEE SIMPLE HORIZONTAL A 45°
	TEE SANITARIA P.V.C VERTICAL A 90°
	CAJA DE REGISTRO
	TRAMPA DE GRASA
	CAJA UNION
	INDICA DIRECCIÓN Y % DE PENDIENTE
	TEE HORIZONTAL
	CODO HORIZONTAL A 90°
	REDUCIDOR P.V.C. DIAMETRO INDICADO

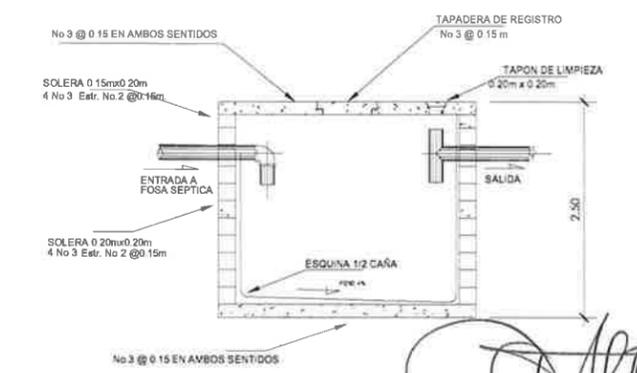
ESPECIFICACIONES:

- * TUBERÍA SANITARIA PVC, 80 PSI, NORMA ASTM D- 3034
- * CHEQUEAR QUE LAS TUBERIAS TENGAN PENDIENTE (minimo 1%).
- * CHEQUEAR QUE NO EXITAN FUGAS Y/O INFILTRACIONES EN LAS UNIONES DE TUBERIA.
- * LIMPIAR BIEN LAS UNIÓNES ANTES DE PEGAR LA TUBERIA.
- * LA FOSA SEPTICA TENDRA UNA CAPASIDAS VOLUMETRICA DE 3,000 LTS.



PLANTA FOSA SEPTICA

ESCALA 1/35

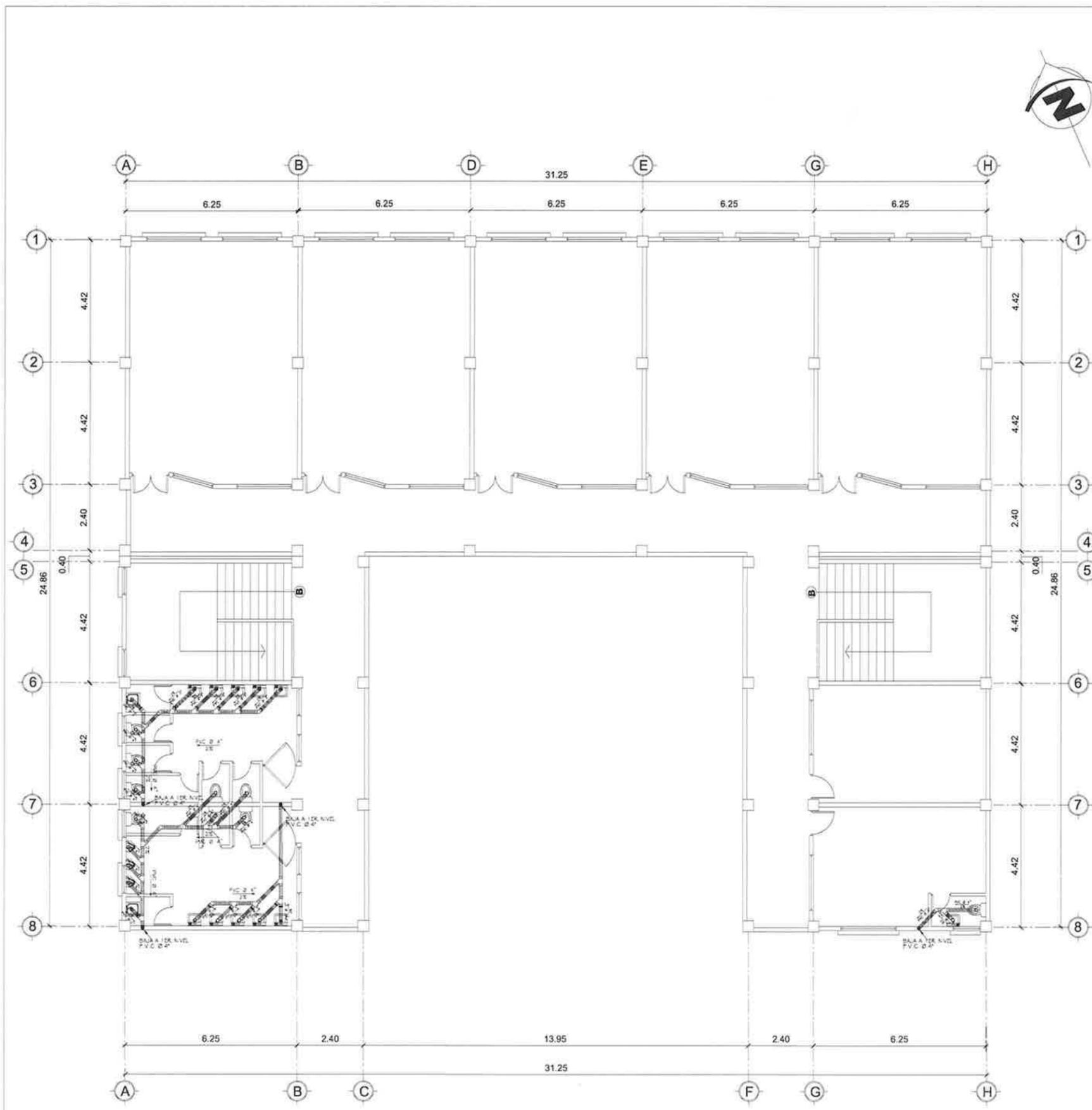


SECCIÓN FOSA SEPTICA

ESCALA 1/35

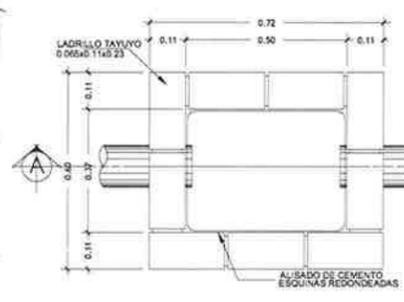
Universidad de San Carlos de Guatemala
 ASESOR(A)-SUPERVISOR(A) DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 Facultad de Ingeniería

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO			
PROYECTO: EDIFICIO ESCOLAR PARA EL INSTITUTO NACIONAL DE EDUCACION BASICA EN LA ALDEA EL PAJON MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PAJALA			
TITULO: PLANTA DRENAJES PRIMER NIVEL Y DETALLES			
PROFESOR: LEANDRO JOSÉ MAR FRANCO BARRAHONA	CALEIFICACION: TITULO	FECHA: ABRIL 2013	ADICIONALES: ADICIONALES
PROFESOR: LEANDRO JOSÉ MAR FRANCO BARRAHONA	CALEIFICACION: TITULO	FECHA: ABRIL 2013	ADICIONALES: ADICIONALES
PROFESOR: LEANDRO JOSÉ MAR FRANCO BARRAHONA	CALEIFICACION: TITULO	FECHA: ABRIL 2013	ADICIONALES: ADICIONALES
PROFESOR: LEANDRO JOSÉ MAR FRANCO BARRAHONA	CALEIFICACION: TITULO	FECHA: ABRIL 2013	ADICIONALES: ADICIONALES
PÁGINA: 22			TOTAL: 33



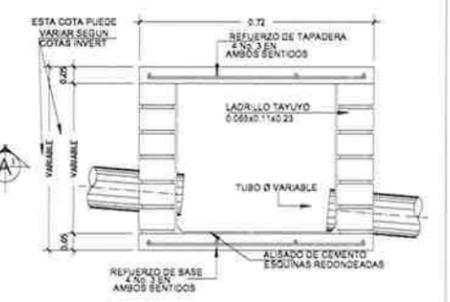
PLANTA DE DRENAJES SEGUNDO NIVEL

ESCALA 1/75



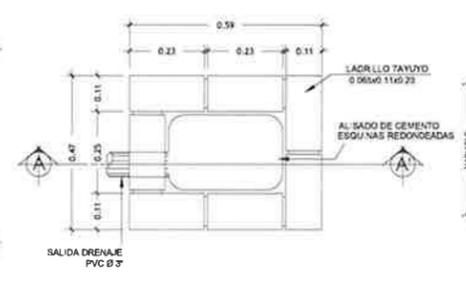
PLANTA DE CAJA UNION

ESCALA 1/10



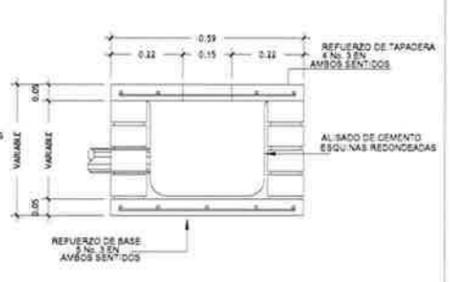
SECCIÓN A-A' DE CAJA UNION

ESCALA 1/10



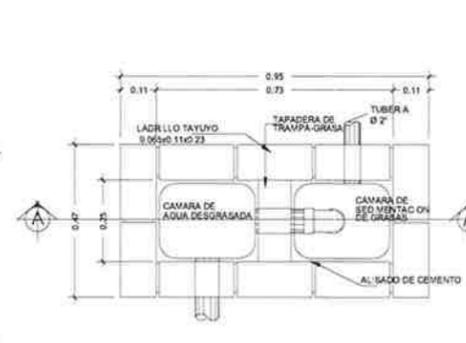
PLANTA DE CAJA DE REGISTRO

ESCALA 1/10



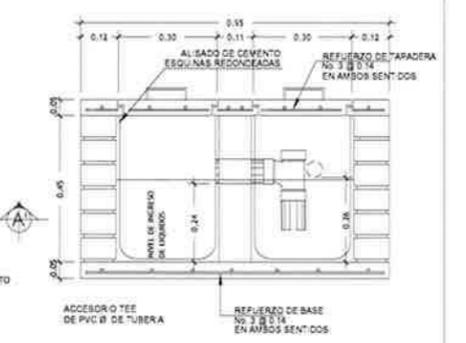
SECCIÓN A-A' CAJA DE REGISTRO

ESCALA 1/10



PLANTA CAJA TIPO TRAMPA DE GRASA LAVATRASTOS

ESCALA 1/10



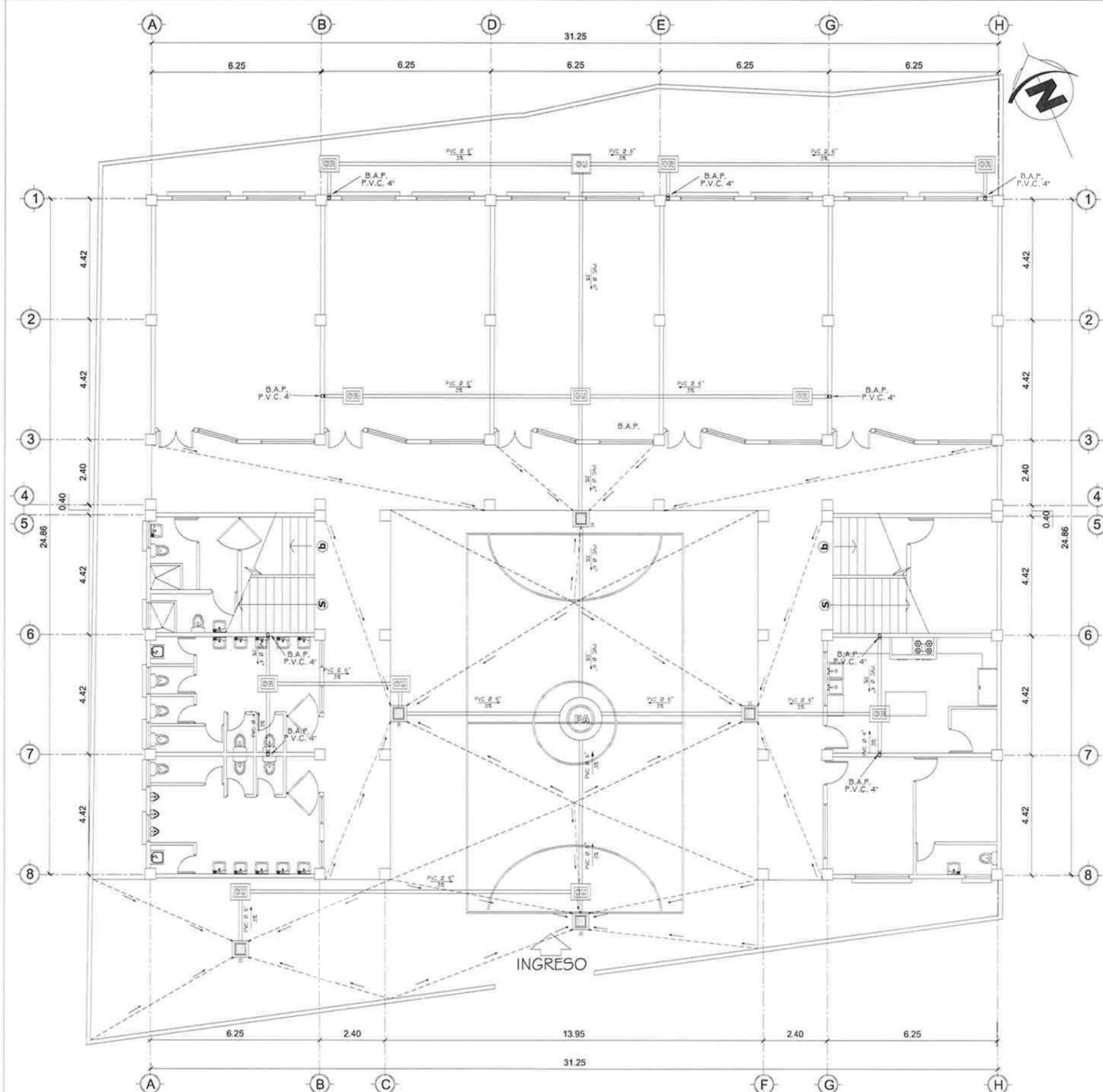
SECCIÓN A-A' CAJA TIPO TRAMPA DE GRASA LAVATRASTOS

ESCALA 1/10



[Handwritten Signature]

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO			
PROYECTO: EDIFICIO ESCOLAR PARA EL INSTITUTO NACIONAL DE EDUCACION BASICA EN LA ALDEA DEL PAJON MUNICIPIO DE SANTA CATERINA PAJULA			
TITULO: PLANTA DE DRENAJES SEGUNDO NIVEL Y DETALLES			
PROFESOR:	ALUMNO:	FECHA:	ADICIONALES:
LEANDRO JOSE MAR FRANCO BARRAHONA		ABRIL 2013	
PROFESOR:	ALUMNO:	FECHA:	ADICIONALES:
LEANDRO JOSE MAR FRANCO BARRAHONA		2007 22208	
			23
			33



SIMBOLOGIA DE DRENAJES	
SÍMBOLO	SIGNIFICADO
	INDICA POZO DE ABSORCIÓN
	TUBERIA P.V.C. PARA AGUAS PLUVIALES
	CODO VERTICA A 90°
	CODO HORIZONTAL A 45°
	TEE SANITARIA P.V.C VERTICAL A 90°
	REPOSADERA
	INDICA BAJADA DE AGUAS PLUVIALES P.V.C
	INDICA DIRECCIÓN Y % DE PENDIENTE
	INDICA DIRECCIÓN DE PAÑUELOS
	CAJA DE REGISTRO
	CAJA UNION

ESPECIFICACIONES:

- LA TUBERIA PARA AGUA PLUVIAL (COLOR ANARANJADO)
- CHEQUEAR QUE LAS TUBERIAS TENGAN PENDIENTE (minimo 1%).
- CHEQUEAR QUE NO EXITAN FUGAS Y/O INFILTRACIONES EN LAS UNIONES DE TUBERIA.
- LIMPIAR BIEN LAS UNIONES ANTES DE PEGAR LA TUBERIA.
- LAS AGUAS PLUVIALES SERÁN DEVUELTAS AL MANTO FRIATICO DEL SUBSUELO.

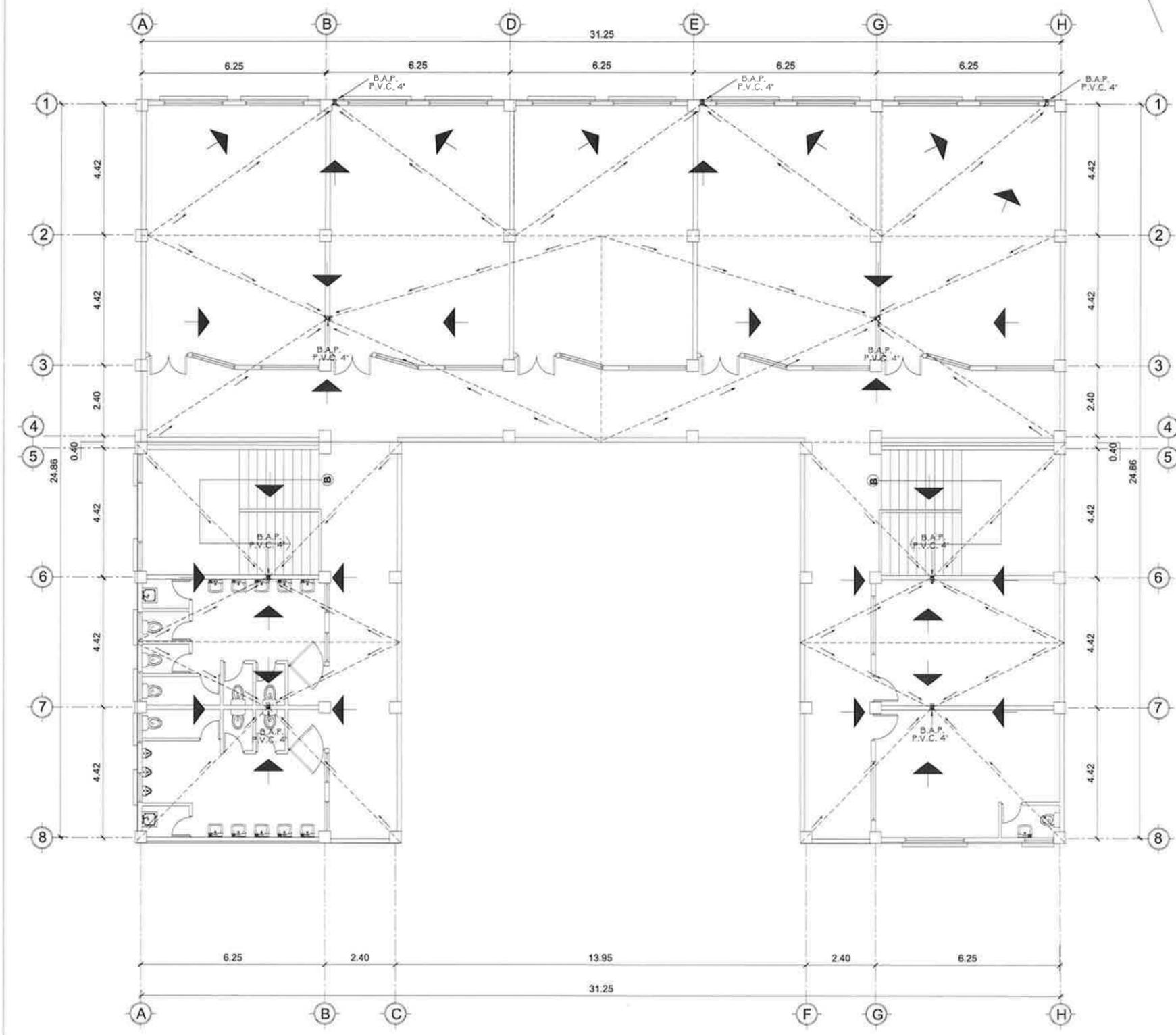


[Handwritten Signature]

PLANTA DE AGUAS PLUVIALES PRIMER NIVEL

ESCALA 1/75

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO			
PROYECTO: EDIFICIO ESCOLAR PARA EL INSTITUTO NACIONAL DE EDUCACION BASICA EN LA ALDEA DEL PAJON, MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PALLA.			
TITULO: PLANTA DE AGUAS PLUVIALES PRIMER NIVEL			
PROFESOR:	ALUMNO:	FECHA:	NO. CADA:
LEANDRO JOSÉ MAR FRANCO BARAHONA		ABRIL 2013	
PROFESOR:	ALUMNO:	FECHA:	NO. CADA:
LEANDRO JOSÉ MAR FRANCO BARAHONA		2007 2008	
			24
			33



SIMBOLOGIA DE DRENAJES	
SÍMBOLO	SIGNIFICADO
	INDICA POZO DE ABSORCIÓN
	TUBERIA P.V.C. PARA AGUAS PLUVIALES
	CODO VERTICAL A 90°
	CODO HORIZONTAL A 45°
	TEE SANITARIA P.V.C VERTICAL A 90°
	REPOSADERA
	INDICA BAJADA DE AGUAS PLUVIALES P.V.C
	INDICA DIRECCIÓN Y % DE PENDIENTE
	INDICA DIRECCIÓN DE PAÑUELOS
	CAJA DE REGISTRO
	CAJA UNION

ESPECIFICACIONES:

- * LA TUBERIA PARA AGUA PLUVIAL (COLOR ANARANJADO)
- * CHEQUEAR QUE LAS TUBERIAS TENGAN PENDIENTE (mínimo 1%),
- * CHEQUEAR QUE NO EXITAN FUGAS Y/O INFILTRACIONES EN LAS UNIONES DE TUBERIA.
- * LIMPIAR BIEN LAS UNIONES ANTES DE PEGAR LA TUBERIA.
- * LAS AGUAS PLUVIALES SERÁN DEVUELTAS AL MANTO FRIATICO DEL SUBSUELO.

NOTA:

- * LA PENDIENTE DE LOS PAÑUELOS SERA 1.5 % COMO MINIMO.



PLANTA DE AGUAS PLUVIALES EN TECHOS

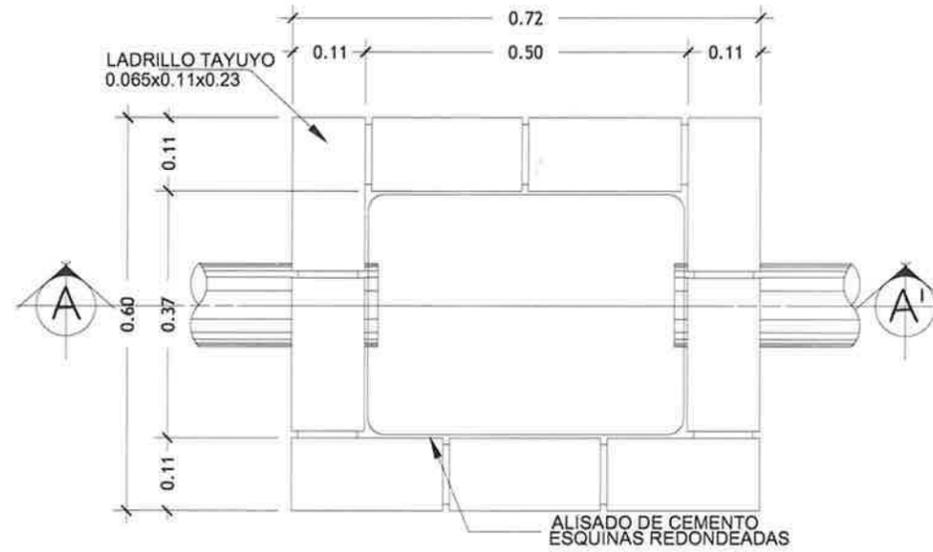
ESCALA 1/75

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO			
PROYECTO: EDIFICIO ESCOLAR PARA EL INSTITUTO NACIONAL DE EDUCACION BASICA EN LA ALDEA DEL PAJON VIA C.F.O. DE SANTA CATARINA PAJALA			
PLANTEL: PLANTA DE AGUAS PLUVIALES EN TECHOS			
ALUMNO: LEANDRO JOSÉ MAR FRANCO BARRAHONA	CALIFICACION: SOLICITA	FECHA: NO CADA	
PROFESOR: LEANDRO JOSÉ MAR FRANCO BARRAHONA	TITULO: ABRIL 2013	ESTADO: COMPLETADO	
PROFESOR: LEANDRO JOSÉ MAR FRANCO BARRAHONA	CARTEL: 2007-22268	PÁGINA: 25	
NO ASISTENTE DE SERVICIO ACCION DIRECTIVA DE		33	



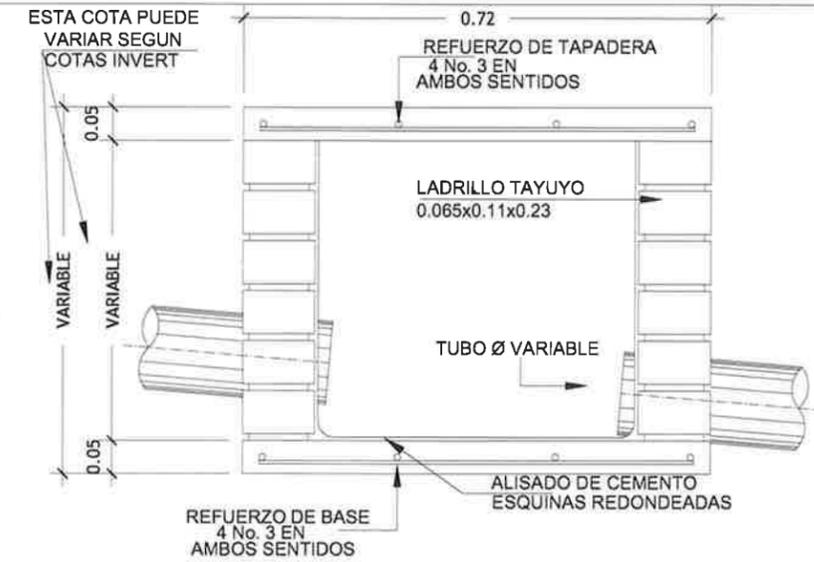
PLANTA POZO DE ABSORCIÓN

ESCALA 1/20



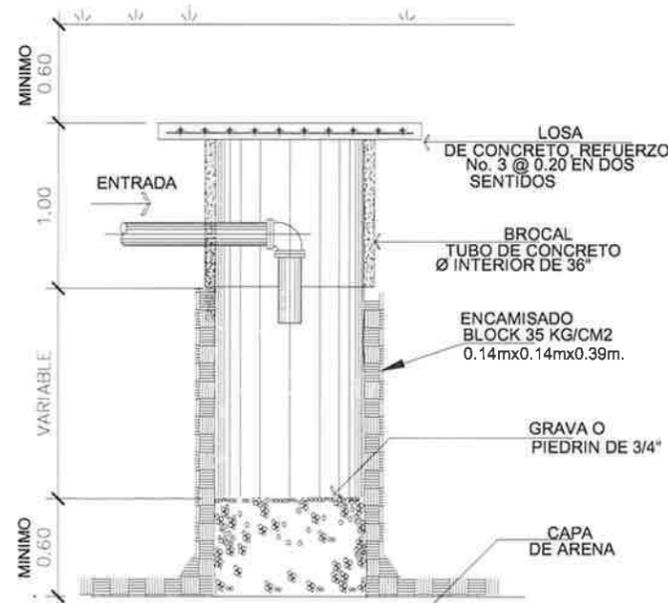
PLANTA DE CAJA UNION

ESCALA 1/5



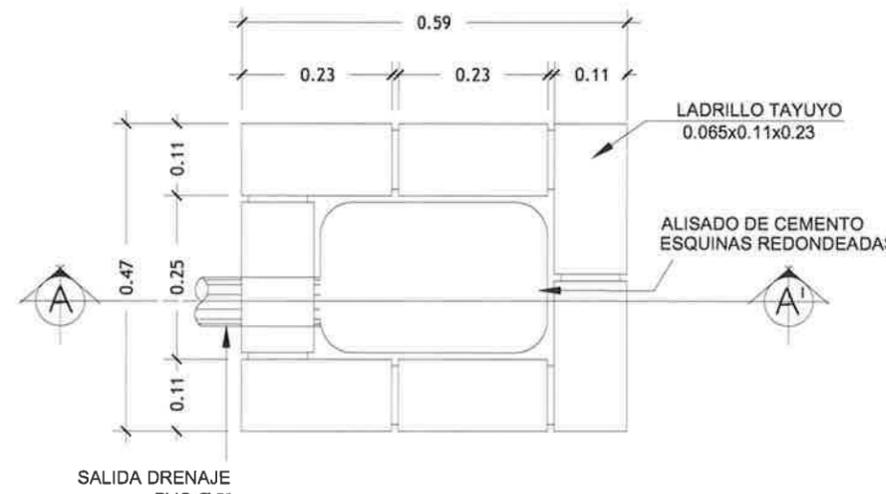
SECCIÓN A-A' DE CAJA UNION

ESCALA 1/5



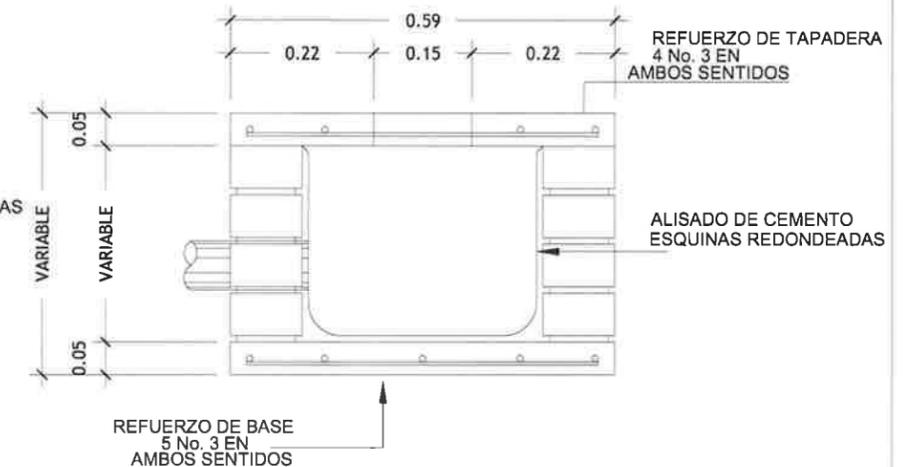
SECCIÓN A-A' POZO DE ABSORCIÓN

ESCALA 1/20



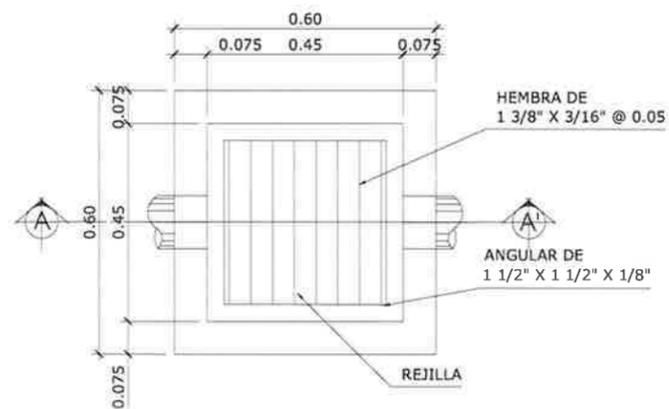
PLANTA CAJA DE REGISTRO

ESCALA 1/5



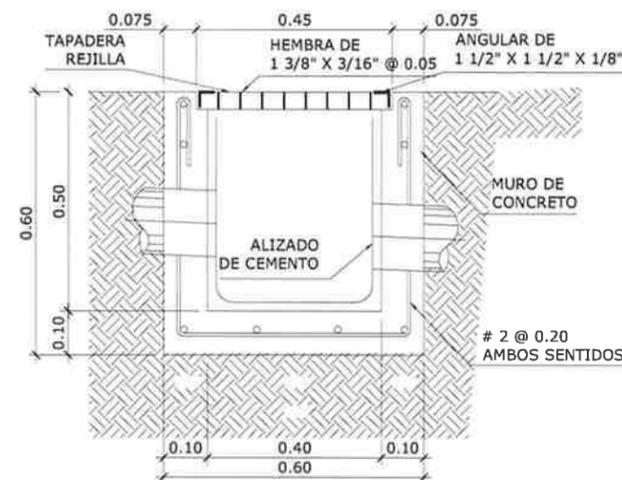
SECCIÓN A-A' CAJA DE REGISTRO

ESCALA 1/5



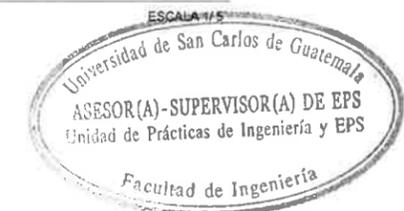
PLANTA REPOSADERA

ESCALA 1/7.5



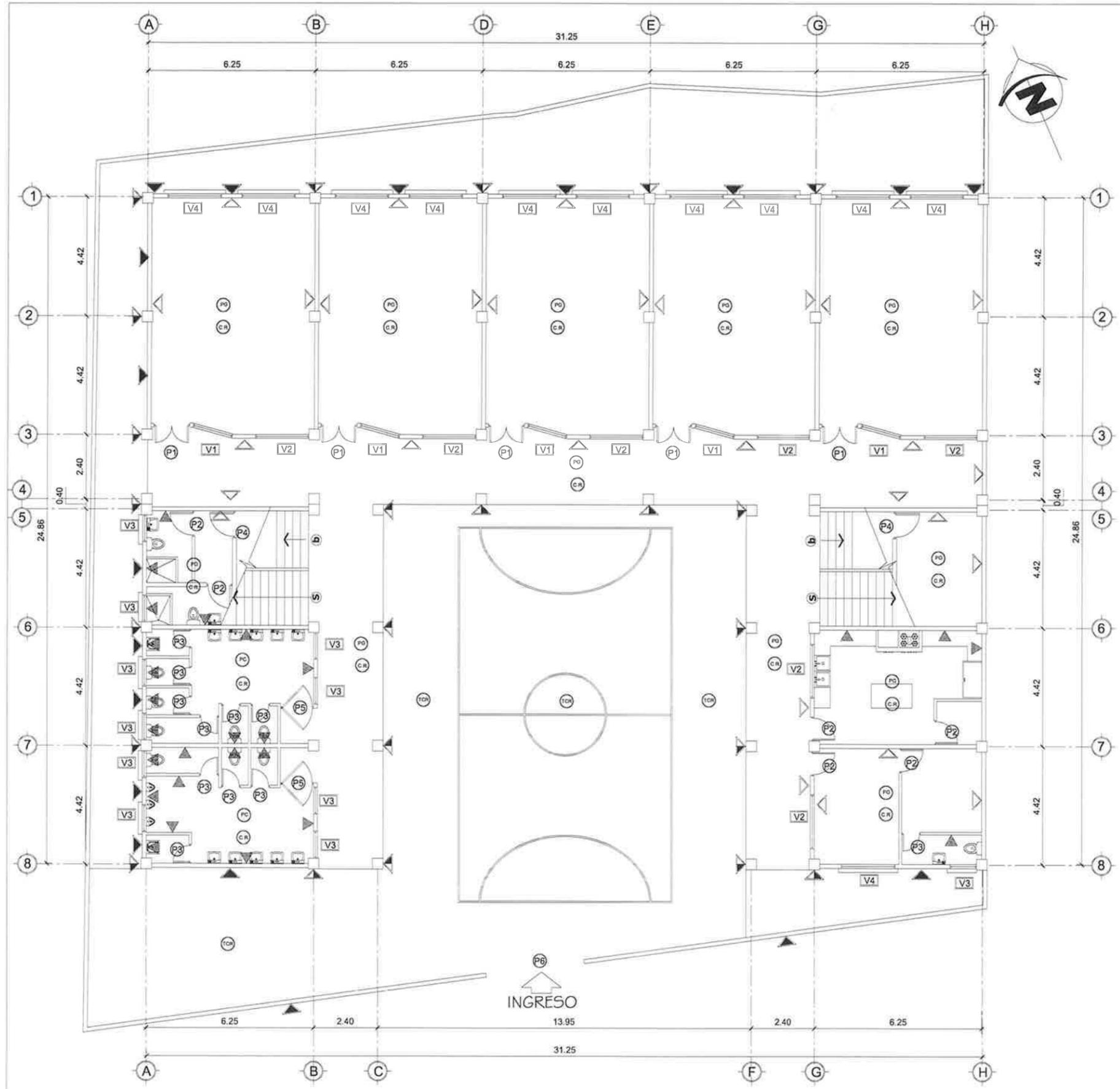
SECCIÓN A-A' REPOSADERA

ESCALA 1/7.5



[Handwritten Signature]

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO			
PROYECTO: EDIFICIO ESCOLAR PARA EL INSTITUTO NACIONAL DE EDUCACION BASICA EN LA ALDEA DEL PAJON MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PAJALA			
PLANO: DETALLES DE DRENAJE DE AGUAS PLUVIALES			
PROFESOR: LEANDRO JOSÉ MAR FRANCO BARRAHONA	ALUMNO: []	FECHA: ABRIL 2013	AD-CADA
PROFESOR: LEANDRO JOSÉ MAR FRANCO BARRAHONA	AD-CADA	2007-22268	33



SIMBOLOGIA	
SIMBOLO	DESCRIPCION
PC	PISO CERAMICO DE 0.30 * 0.30 MTS.
▲	INDICA AZULEJO EN PARED A 1.8 MTS. DE ALTURA
TCR	INDICA TORTA DE CONCRETO + CERNIDO REMOLINEADO. PERALTE 0.10 mts.
PG	INDICA PISO DE GRANITO
△	BLOCK VISTO CISADO + TALLADO-ALISADO DE COLUMNAS
▲	FACHALETA DE LADRILLO CISADO COLOR NATURAL.
▲	ALISADO + BLANQUEADO EN CENEFAS CON REMATE DE GOTA
CR	CIELOS CON ENZABIETADO + REPELLO + CERNIDO REMOLINEADO
V	VENTANA TIPO.
P	PUERTA TIPO

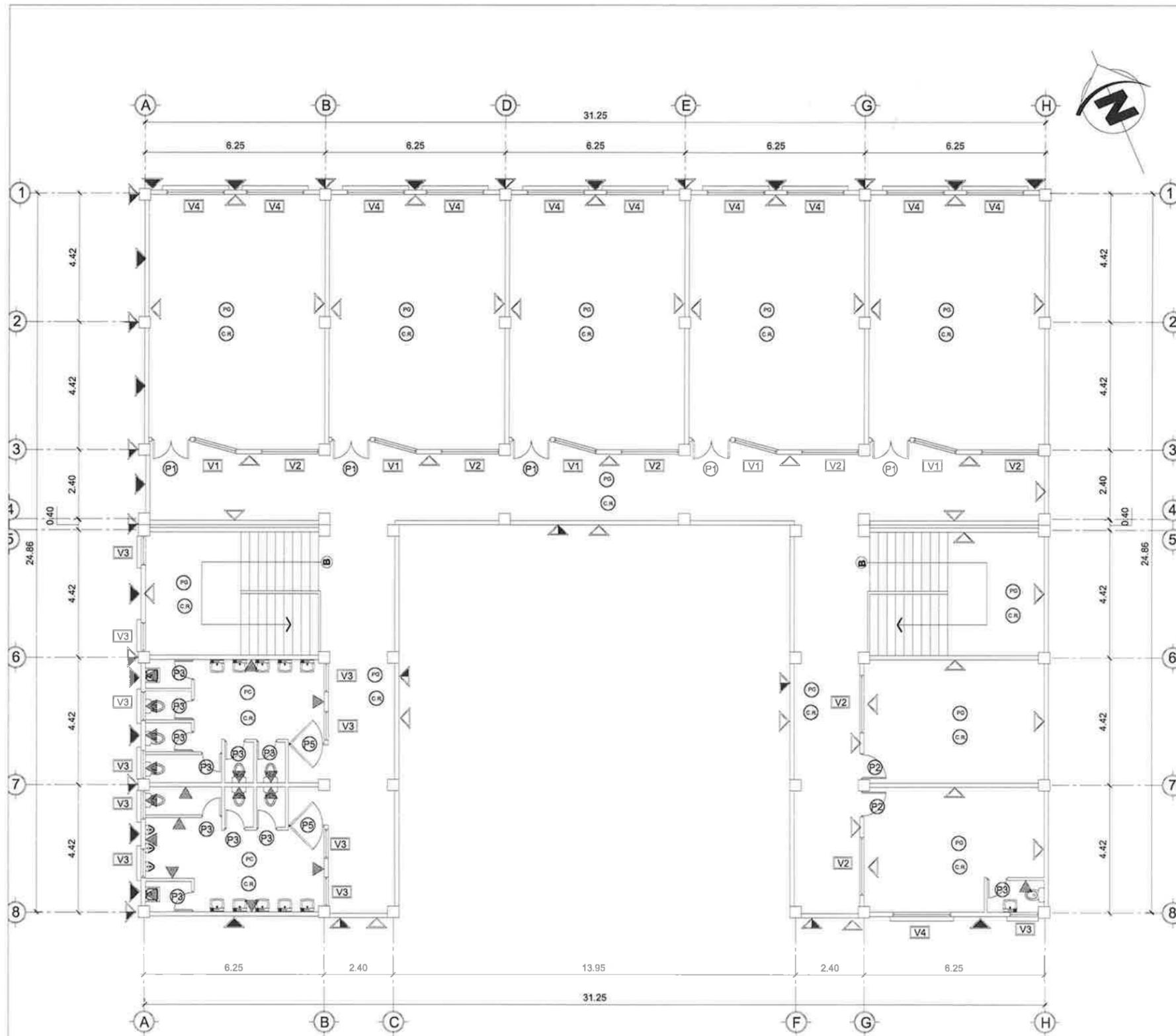
PLANTA DE ACABADOS PRIMER NIVEL

ESCALA 1/75

Universidad de San Carlos de Guatemala
 ASESOR(A)-SUPERVISOR(A) DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 Facultad de Ingeniería

[Handwritten Signature]

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO			
PROYECTO: EDIFICIO ESCOLAR PARA EL INSTITUTO NACIONAL DE EDUCACION BASICA EN LA ALDEA DEL PAJON MUNICIPIO DE SANTA CATERINA PAJON			
PLANTA DE ACABADOS PRIMER NIVEL			
PROFESOR: LEANDRO JOSSE MAR FRANCO BARRAHONA	FECHA: ABRIL 2013	ESCALA: AD CADA	
ALUMNO: LEANDRO JOSSE MAR FRANCO BARRAHONA	FECHA: 2007 2008		
U A I E 27			33



SIMBOLOGIA	
SIMBOLO	DESCRIPCION
PC	PISO CERAMICO DE 0.30 * 0.30 MTS
▲	INDICA AZULEJO EN PARED A 1.8 MTS. DE ALTURA
TCR	INDICA TORTA DE CONCRETO + CERNIDO REMOLINEADO, PERALTE 0.10 mts
PG	INDICA PISO DE GRANITO
△	BLOCK VISTO CISADO + TALLADO-ALISADO DE COLUMNAS
▲	FACHALETA DE LADRILLO CISADO COLOR NATURAL
▲	ALISADO + BLANQUEADO EN CENEFAS CON REMATE DE GOTA
CR	CIELOS CON ENZABIETADO + REPELLO + CERNIDO REMOLINEADO
V	VENTANA TIPO
P	PUERTA TIPO

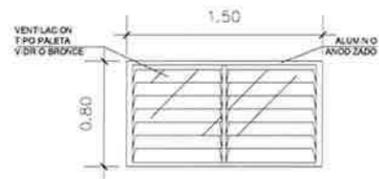
PLANTA DE ACABADOS SEGUNDO NIVEL

ESCALA 1/75



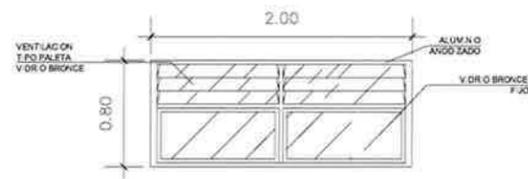
[Handwritten Signature]

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO											
PROYECTO: EDIFICIO ESCOLAR PARA EL INSTITUTO NACIONAL DE EDUCACION BASICA EN LA ALDEA DEL PAJON MUNICIPIO DE SANTA CATERINA PUNTA											
TITULO: PLANTA DE ACABADOS SEGUNDO NIVEL											
SEÑOR: LEANDRO JOSS MAR FRANCO BARRAHONA	FECHA: ABRIL 2013	ESCALA: INDICADA									
<table border="1"> <tr> <td>U</td> <td>A</td> <td>I</td> <td>E</td> </tr> <tr> <td>28</td> <td></td> <td></td> <td>33</td> </tr> </table>				U	A	I	E	28			33
U	A	I	E								
28			33								



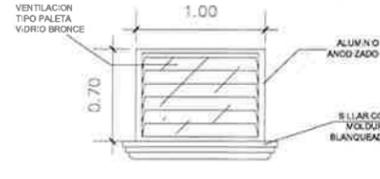
VENTANA TIPO V-1

ESCALA 1/25



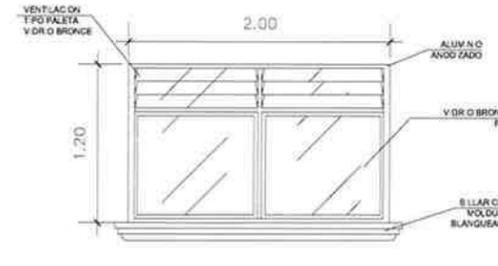
VENTANA TIPO V-2

ESCALA 1/25



VENTANA TIPO V-3

ESCALA 1/25

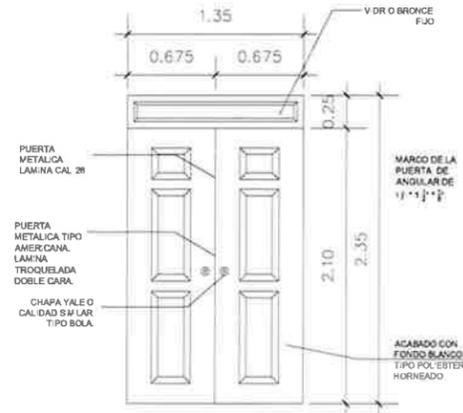


VENTANA TIPO V-4

ESCALA 1/25

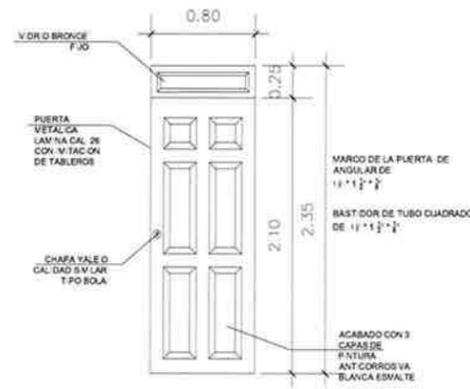
ESPECIFICACIONES PARA VENTANAS

1. TODAS LAS VENTANAS SERÁN DE ALUMINIO ANODIZADO.
2. TODOS LOS VIDRIOS SERÁN DE 5 mm. EN COLOR BRONCE.
3. TODAS LAS VENTANAS LLEVARÁN OPERADORES DE MARIPOSA.



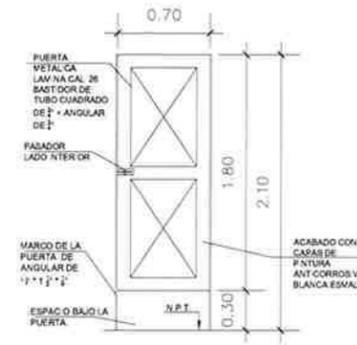
PUERTA TIPO P-1

ESCALA 1/25



PUERTA TIPO P-2

ESCALA 1/25



PUERTA TIPO P-3

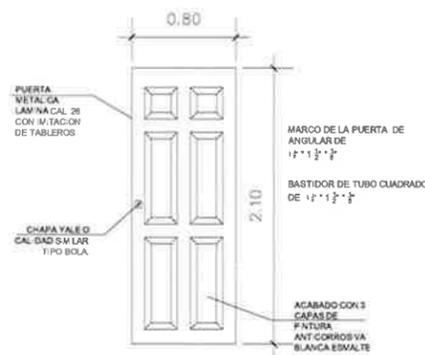
ESCALA 1/25

PLANILLA DE VENTANAS

TIPO	ALTO	ANCHO	SILLAR	MATERIAL	UNIDADES
V-1	0.80	1.50	1.60	ALUMINIO + VIDRIO	10
V-2	0.80	2.00	1.60	ALUMINIO + VIDRIO	14
V-3	0.70	1.00	1.85	ALUMINIO + VIDRIO	22
V-4	1.20	2.00	1.35	ALUMINIO + VIDRIO	22

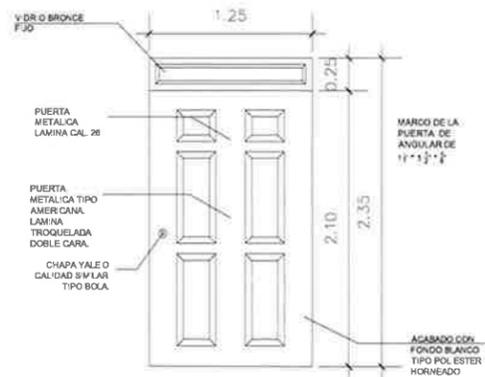
PLANILLA DE PUERTAS

TIPO	ALTO	ANCHO	MATERIAL	UNIDADES
P-1	2.35	1.35	METAL	10
P-2	2.35	0.80	METAL	7
P-3	2.10	0.70	METAL	22
P-4	2.10	0.80	METAL	2
P-5	2.35	1.25	METAL	4
P-6	2.42	3.70	METAL	1



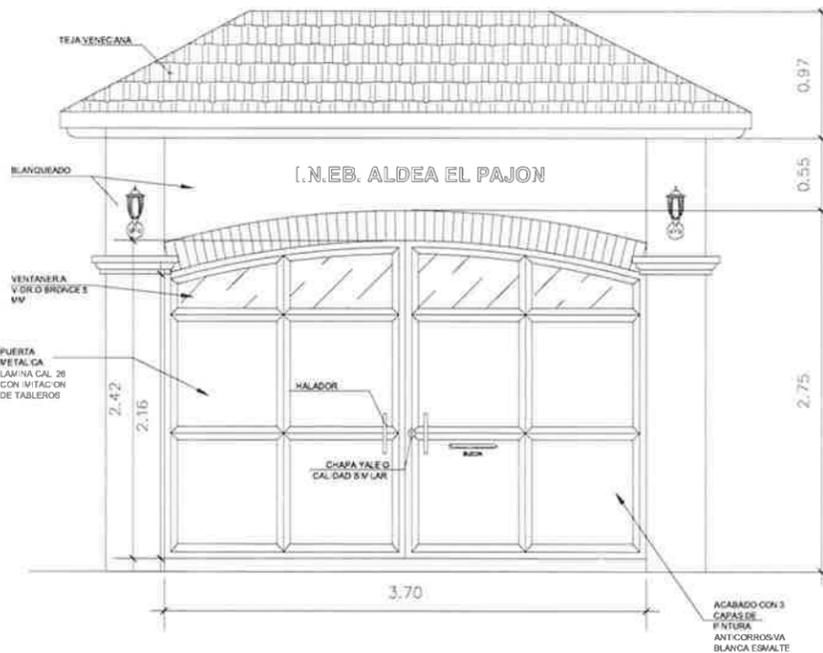
PUERTA TIPO P-4

ESCALA 1/25



PUERTA TIPO P-5

ESCALA 1/25



PUERTA TIPO P-6

ESCALA 1/25

MARCOS DE LA PUERTA DE ANGULAR DE 1 1/2\"/>

BASTIDOR DE TUBO CUADRADO DE 1 1/2\"/>



[Handwritten Signature]

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

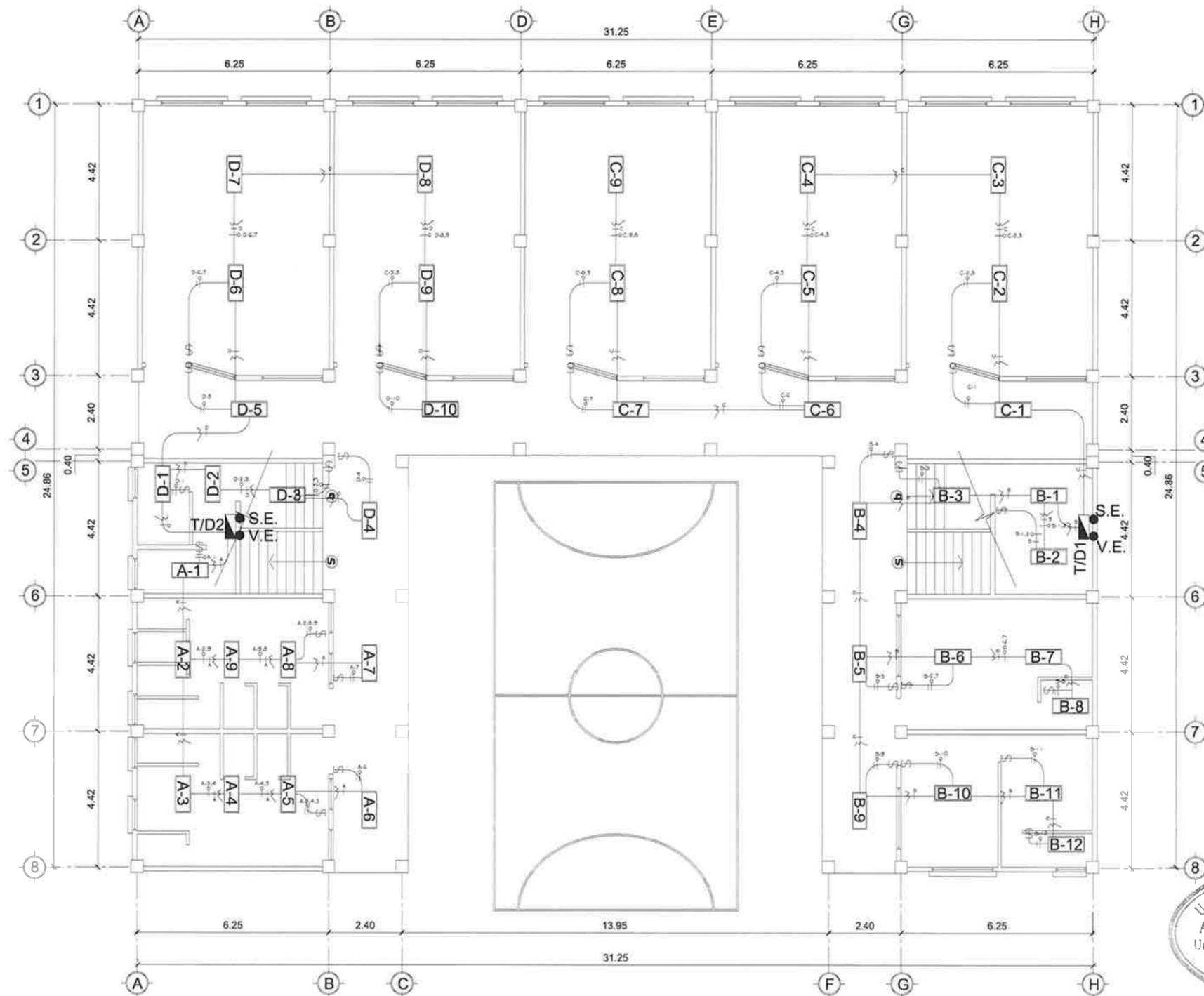
PROYECTO: EDIFICIO ESCOLAR PARA EL INSTITUTO NACIONAL DE EDUCACION BASICA EN LA ALDEA EL PAJON, MUNICIPIO DE SANTA CATERINA, PAJALA.

FORMA: DETALLES DE ACABADOS

PROFESOR: LEANDRO JOSSE MAR FRANCO BARRAHONA
ALUMNO: LEANDRO JOSSE MAR FRANCO BARRAHONA
FECHA: ABRIL 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
2007-02268

29 / 33



PLANTA DE ILUMINACIÓN PRIMER NIVEL

ESCALA 1/75

SIMBOLOGÍA DE ILUMINACIÓN

SÍMBOLO	SIGNIFICADO
	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN CON PROTECCIÓN PRINCIPAL H= 1.80 S.N.P.T (LA PARTE ALTA)
	TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN SECUNDARIA 2, 3 Y 4 H= 1.80 S.N.P.T.(LA PARTE ALTA)
	INTERRUPTOR SIMPLE H= 1.20 S.N.P.T
	INTERRUPTOR DOBLE H= 1.20 S.N.P.T
	TUBO PVC ELÉCTRICO Ø3/4" ENTRE LOSA
	LÍNEA DE RETORNO CALIBRE 12 THHN O INDICADO
	LÍNEA NEUTRAL CALIBRE 12 THHN O INDICADO
	LÍNEA VIVA CALIBRE 12 THHN O INDICADO
	LUMINARIA DE 2 X 40 WATTS
	● S.E. SUBE ELECTRICIDAD
	● V.E. VIENE ELECTRICIDAD

ESPECIFICACIONES

- COLOR PARA ALAMBRAR
LINEA = ROJO
NEGATIVO = BLANCO
RETORNO = AMARILLO
VERDE = TIERRA FÍSICA
- TODA LA TUBERÍA SERÁ PVC ELÉCTRICO DE 3/4" O INDICADO.
- LA TUBERÍA ELÉCTRICA DEBERÁ QUEDAR FUERA DE LAS COLUMNAS.
- LA TUBERÍA ELÉCTRICA DEBERÁ IR ENTRE LOS MUROS.

NOTA

ALIMENTACION DE TABLERO PRINCIPAL, PROVIENE DE ACOMETIDA ELECTRICA CON CABLE CALIBRE 2 Y TUBERIA INDICADA.

ALIMENTACION DE TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN SECUNDARIOS (TD/2,3,4) PROVIENE DE TABLERO DE DISTRIBUCIÓN PRINCIPAL (TD/1) UBICADO EN LA BODEGA DEBAJO DE LAS GRADAS.

TUBERIA PVC ELECTRICA DE ALIMENTACIÓN PRINCIPAL Y SECUNDARIOS DEBEN ESTAR BAJO PISO REVESTIDAS CON SABIETA DE CEMENTO Y ARENA AL 1:1 Y CONECTADAS POR MEDIO CAJAS DE REGISTRO INDICADAS EN PLANOS.

LA TUBERIA ELECTRICA SERA DE PVC ELECTRICO DIAMETRO 3/4", SI CAMBIA EN ALGÚN PUNTO, SERA INDICADO EL PLANO.

Universidad de San Carlos de Guatemala
ASESOR(A)-SUPERVISOR(A) DE EPS
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
Facultad de Ingeniería

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

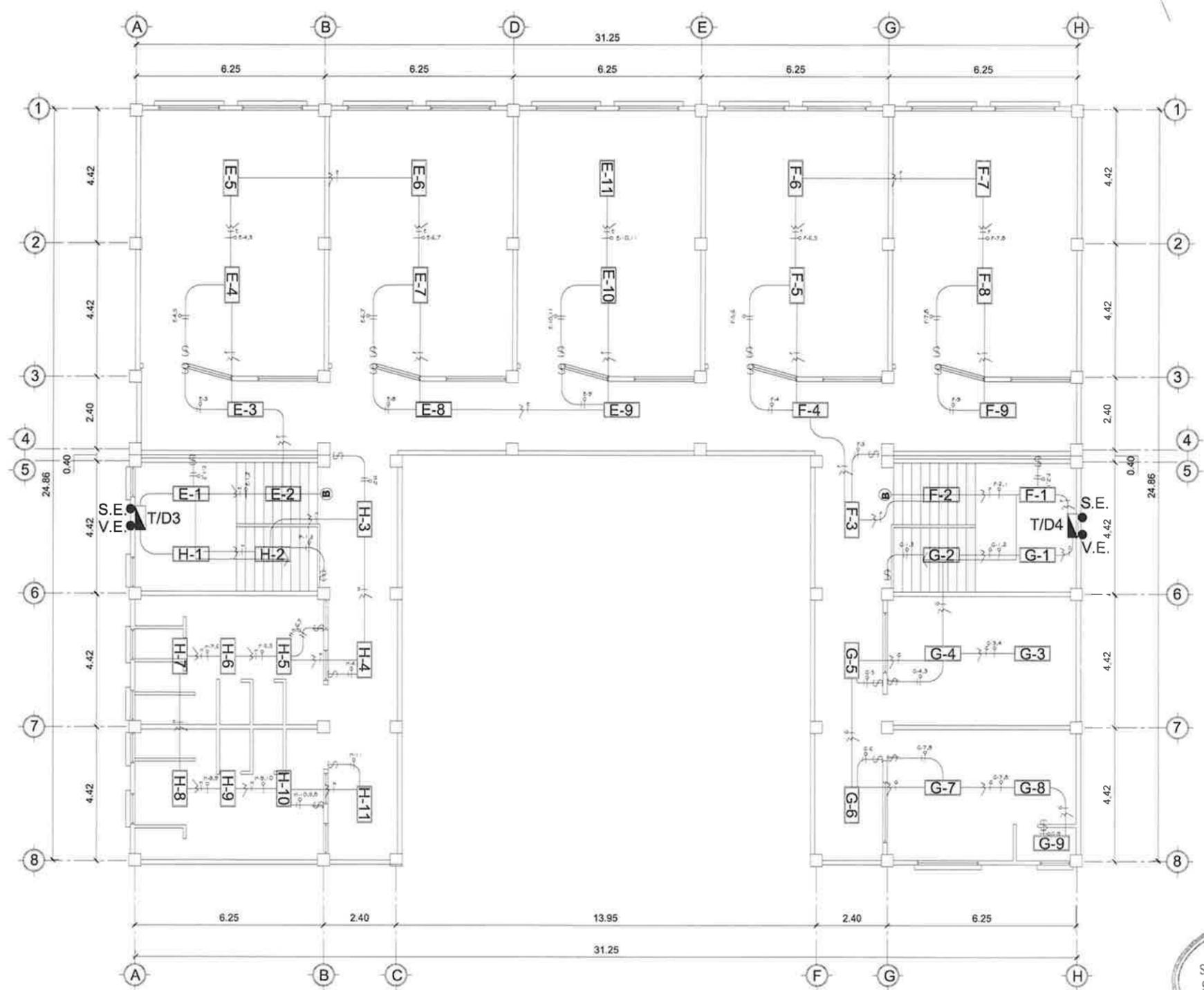
PROFESOR: LEANDRO JOSÉ MAR FRANCO SARAHONA
MUNICIPIO DE SANTA CATARINA FOLLA

TÍTULO: PLANTA DE ILUMINACIÓN PRIMER NIVEL

FECHA: ABRIL 2013

PROFESOR: LEANDRO JOSÉ MAR FRANCO SARAHONA
CARRERA: INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD
CÓDIGO: 2007-22088

30 33



SIMBOLOGÍA DE ILUMINACIÓN

SÍMBOLO	SIGNIFICADO
	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN CON PROTECCIÓN PRINCIPAL H= 1.80 S.N.P.T (LA PARTE ALTA)
	TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN SECUNDARIA 2, 3 Y 4 H= 1.80 S.N.P.T.(LA PARTE ALTA)
	INTERRUPTOR SIMPLE H= 1.20 S.N.P.T
	INTERRUPTOR DOBLE H= 1.20 S.N.P.T
	TUBO PVC ELÉCTRICO Ø3/4" ENTRE LOSA
	LÍNEA DE RETORNO CALIBRE 12 THHN O INDICADO
	LÍNEA NEUTRAL CALIBRE 12 THHN O INDICADO
	LÍNEA VIVA CALIBRE 12 THHN O INDICADO
	LUMINARIA DE 2 X 40 WATTS
	● S.E. SUBE ELECTRICIDAD
	● V.E. VIENE ELECTRICIDAD

ESPECIFICACIONES

- COLOR PARA ALAMBRAR LINEA = ROJO
- NEGATIVO = BLANCO
- RETORNO = AMARILLO
- VERDE = TIERRA FÍSICA
- TODA LA TUBERÍA SERÁ PVC ELÉCTRICO DE 3/4" O INDICADO.
- LA TUBERÍA ELÉCTRICA DEBERÁ QUEDAR FUERA DE LAS COLUMNAS.
- LA TUBERÍA ELÉCTRICA DEBERÁ IR ENTRE LOS MUROS.

NOTA

ALIMENTACION DE TABLERO PRINCIPAL, PROVIENE DE ACOMETIDA ELECTRICA CON CABLE CALIBRE 2 Y TUBERIA INDICADA.

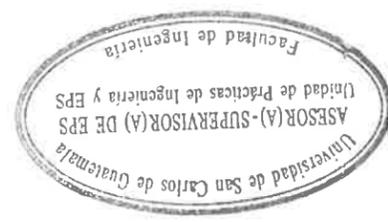
ALIMENTACION DE TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN SECUNDARIOS (TD/2,3,4) PROVIENE DE TABLERO DE DISTRIBUCIÓN PRINCIPAL (TD/1) UBICADO EN LA BODEGA DEBAJO DE LAS GRADAS.

TUBERIA PVC ELECTRICA DE ALIMENTACIÓN PRINCIPAL Y SECUNDARIOS DEBEN ESTAR BAJO PISO REVESTIDAS CON SABIETA DE CEMENTO Y ARENA AL 1:1 Y CONECTADAS POR MEDIO CAJAS DE REGISTRO INDICADAS EN PLANOS.

LA TUBERIA ELECTRICA SERA DE PVC ELECTRICO DIAMETRO 3/4", SI CAMBIA EN ALGÚN PUNTO, SERA INDICADO EL PLANO.

PLANTA DE ILUMINACIÓN SEGUNDO NIVEL

ESCALA 1/75



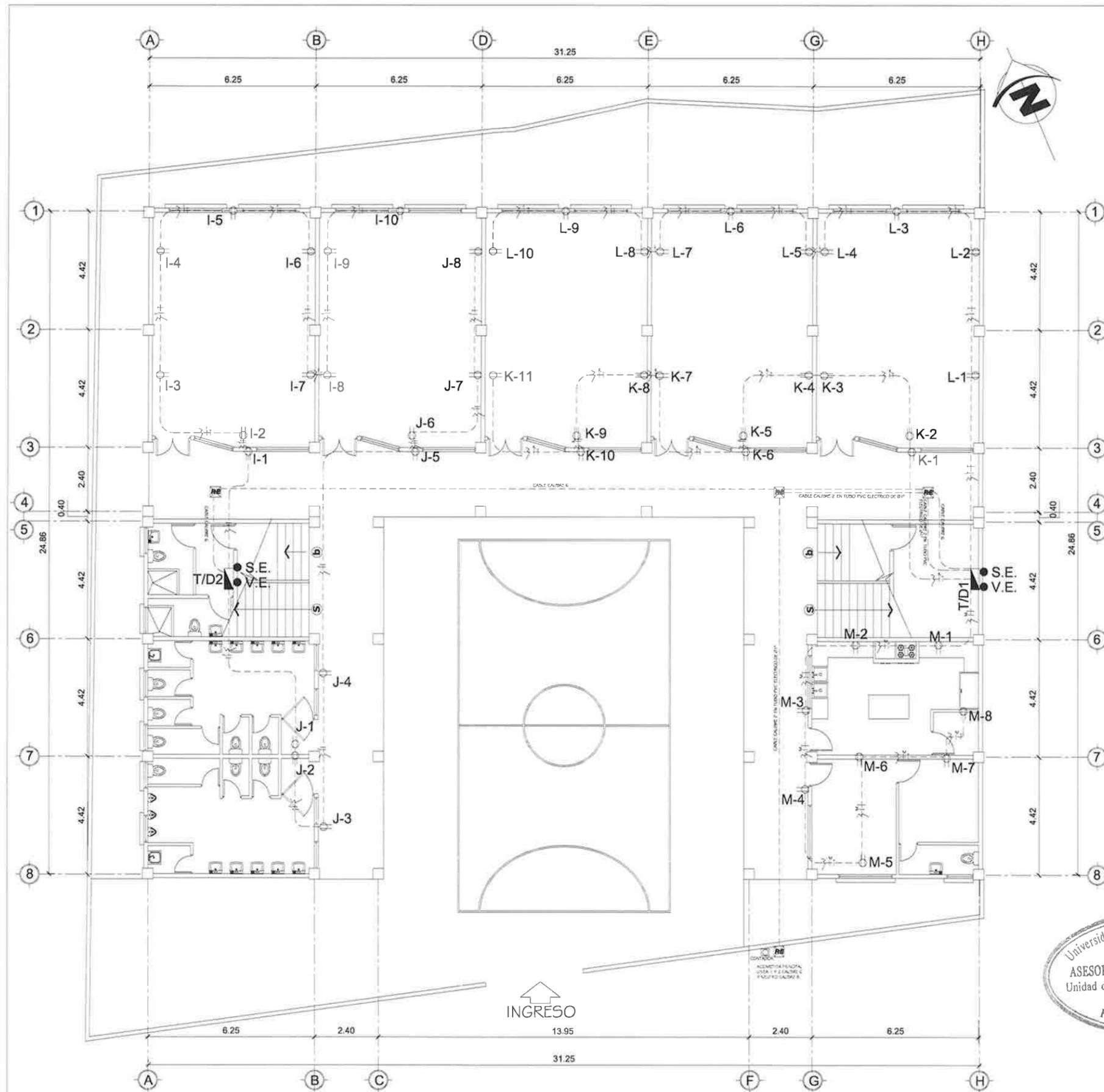
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO: EDIFICIO ESCOLAR PARA EL INSTITUTO NACIONAL DE EDUCACIÓN BÁSICA EN LA ALDEA EL RAJÓN, MUNICIPIO DE SANTA CATARINA, PUNTA

PLANTA DE ILUMINACIÓN SEGUNDO NIVEL

ELABORADO: LEANDRO JOSÉ MAR FRANCO BARRAHONA
DISEÑO: LEANDRO JOSÉ MAR FRANCO BARRAHONA
FECHA: ABRIL 2013

31



PLANTA DE FUERZA PRIMER NIVEL

ESCALA 1/75

SIMBOLOGÍA DE FUERZA

SÍMBOLO	SIGNIFICADO
	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN CON PROTECCIÓN PRINCIPAL H= 1.80 S.N.P.T (LA PARTE ALTA)
	TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN SECUNDARIA 2, 3 Y 4 H= 1.80 S.N.P.T (LA PARTE ALTA)
	TOMACORRIENTE POLARIZADO 120 VAC h=0.30m S.N.P.T
	TOMACORRIENTE POLARIZADO EN PISO 120 VAC h=0.30m S.N.P.T
	TUBO PVC ELÉCTRICO Ø 3/4" ENTRE PISO O PARED
	LÍNEA NEUTRAL CALIBRE 12 THHN O INDICADO
	LÍNEA VIVA CALIBRE 12 THHN O INDICADO
	TIERRA FÍSICA
	CAJA DE REGISTRO BAJO PISO DE 0.40 X 0.40 X 0.30 mts.
	● S.E. SUBE ELECTRICIDAD
	● V.E. VIENE ELECTRICIDAD

ESPECIFICACIONES

- COLOR PARA ALAMBRAR
LINEA = ROJO
NEGATIVO = BLANCO
RETORNO = AMARILLO
VERDE = TIERRA FÍSICA
- TODA LA TUBERÍA SERÁ PVC ELÉCTRICO DE 3/4" O INDICADO.
- LA TUBERÍA ELÉCTRICA DEBERÁ QUEDAR FUERA DE LAS COLUMNAS.
- LA TUBERÍA ELÉCTRICA DEBERÁ IR ENTRE LOS MUROS.

NOTA

ALIMENTACION DE TABLERO PRINCIPAL, PROVIENE DE ACOMETIDA ELECTRICA CON CABLE CALIBRE 2 Y TUBERIA INDICADA.

ALIMENTACION DE TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN SECUNDARIOS (TD/2,3,4) PROVIENE DE TABLERO DE DISTRIBUCIÓN PRINCIPAL (TD/1) UBICADO EN LA BODEGA DEBAJO DE LAS GRADAS.

TUBERIA PVC ELECTRICA DE ALIMENTACIÓN PRINCIPAL Y SECUNDARIOS DEBEN ESTAR BAJO PISO REVESTIDAS CON SABIETA DE CEMENTO Y ARENA AL 1:1 Y CONECTADAS POR MEDIO CAJAS DE REGISTRO INDICADAS EN PLANOS.

LA TUBERIA ELECTRICA SERA DE PVC ELÉCTRICO DIAMETRO 3/4", SI CAMBIA EN ALGÚN PUNTO, SERA INDICADO EL PLANO.



[Handwritten Signature]

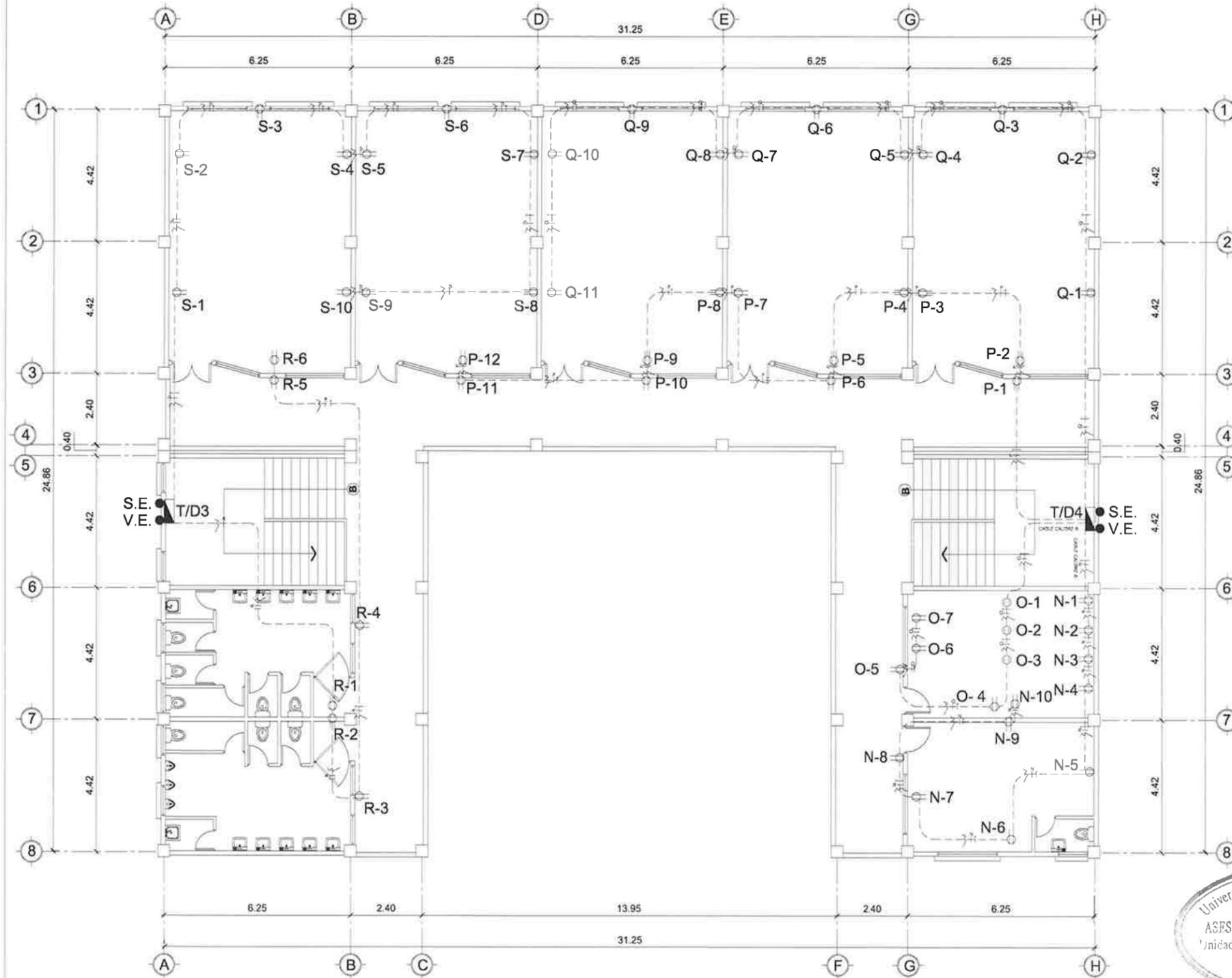
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO: EDIFICIO ESCOLAR PARA EL INSTITUTO NACIONAL DE EDUCACIÓN BÁSICA EN LA ALDEA DEL PAJÓN MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PAJUNA

PLANTA DE FUERZA PRIMER NIVEL

PROFESOR: LEANDRO JOSÉ VÁSQUEZ BARRAHONA	ENCARGADO: LEANDRO JOSÉ VÁSQUEZ BARRAHONA	FECHA: ABRIL 2013	NO CADA
PROFESOR: LEANDRO JOSÉ VÁSQUEZ BARRAHONA	ENCARGADO: LEANDRO JOSÉ VÁSQUEZ BARRAHONA	FECHA: ABRIL 2013	NO CADA
PROFESOR: LEANDRO JOSÉ VÁSQUEZ BARRAHONA	ENCARGADO: LEANDRO JOSÉ VÁSQUEZ BARRAHONA	FECHA: ABRIL 2013	NO CADA

32 / 33



SIMBOLOGÍA DE FUERZA

SÍMBOLO	SIGNIFICADO
	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN CON PROTECCIÓN PRINCIPAL H= 1.80 S.N.P.T (LA PARTE ALTA)
	TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN SECUNDARIA 2, 3 Y 4 H= 1.80 S.N.P.T (LA PARTE ALTA)
	TOMACORRIENTE POLARIZADO 120 VAC h=0.30m S.N.P.T
	TOMACORRIENTE POLARIZADO EN PISO 120 VAC h=0.30m S.N.P.T
	TUBO PVC ELÉCTRICO Ø 3/4" ENTRE PISO O PARED
	LÍNEA NEUTRAL CALIBRE 12 THHN O INDICADO
	LÍNEA VIVA CALIBRE 12 THHN O INDICADO
	TIERRA FÍSICA
	CAJA DE REGISTRO BAJO PISO DE 0.40 X 0.40 X 0.30 mts.
	● S.E. SUBE ELECTRICIDAD
	● V.E. VIENE ELECTRICIDAD

ESPECIFICACIONES

- COLOR PARA ALAMBRAR
LINEA = ROJO
NEGATIVO = BLANCO
RETORNO = AMARILLO
VERDE = TIERRA FÍSICA
- TODA LA TUBERÍA SERÁ PVC ELÉCTRICO DE 3/4" O INDICADO.
- LA TUBERÍA ELÉCTRICA DEBERÁ QUEDAR FUERA DE LAS COLUMNAS.
- LA TUBERÍA ELÉCTRICA DEBERÁ IR ENTRE LOS MUROS.

NOTA

ALIMENTACION DE TABLERO PRINCIPAL, PROVIENE DE ACOMETIDA ELECTRICA CON CABLE CALIBRE 2 Y TUBERIA INDICADA.

ALIMENTACION DE TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN SECUNDARIOS (TD/2,3,4) PROVIENE DE TABLERO DE DISTRIBUCIÓN PRINCIPAL (TD/1) UBICADO EN LA BODEGA DEBAJO DE LAS GRADAS.

TUBERIA PVC ELECTRICA DE ALIMENTACIÓN PRINCIPAL Y SECUNDARIOS DEBEN ESTAR BAJO PISO REVESTIDAS CON SABIETA DE CEMENTO Y ARENA AL 1:1 Y CONECTADAS POR MEDIO CAJAS DE REGISTRO INDICADAS EN PLANOS.

LA TUBERIA ELECTRICA SERA DE PVC ELECTRICO DIAMETRO 3/4", SI CAMBIA EN ALGÚN PUNTO, SERA INDICADO EL PLANO.

Universidad de San Carlos de Guatemala
ASESOR(A)-SUPERVISOR(A) DE EPS
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
Facultad de Ingeniería

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO: EDIFICIO ESCOLAR PARA EL INSTITUTO NACIONAL DE EDUCACIÓN BÁSICA EN LA ALDEA DEL PAJÓN MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PAJULA

TÍTULO: PLANTA DE FUERZA SEGUNDO NIVEL

SEÑAL: LEANDRO JOSÉ MAR FRANCO BARRAHONA
FECHA: ABRIL 2013
PROYECTISTA: LEANDRO JOSÉ MAR FRANCO BARRAHONA
NÚMERO: 2007-22268

33

PLANTA DE FUERZA SEGUNDO NIVEL

ESCALA 1/75

No.	ESTADO	DE PV	A PV	COTAS DE TERRENO		DH	SI	VIVIENDA		POBLACION		INTEGRACION DE CAUSALES (A)					FACTORES DE FLUJO		RELACION A/D		RELACION A/D		RELACION A/D		RELACION A/D		COTAS INVERT		ALTIMETRIA DE FONDOS		VOLUMEN DE ENCAJONAMIENTO								
				INICIAL	FINAL			LOCAL	ACUMULADA	ACTUAL	FUTURO	DOMESTICA	COMERCIAL	INDUSTRIAL	INFILTRACION	RESERVA	ACTUAL	FUTURO	ACTUAL	FUTURO	ACTUAL	FUTURO	ACTUAL	FUTURO	ACTUAL	FUTURO	ACTUAL	FUTURO	ACTUAL	FUTURO	ACTUAL	FUTURO	ACTUAL	FUTURO	ACTUAL	FUTURO			
3	INICIAL	1	2	1572.47	1581.58	79.24	21.18%	8	8	48	114	0.1831	0	0	0.0251	0.01851	0.22871	0.002	4.21925	4.27756	0.41	0.96	6	11.47%	1.81	69.57	0.00196	0.01185	0.008	0.081	0.031	1.07	1.31	1588.07	1559.38	2.69	2.69	268.28	268.28

Universidad de San Carlos de Guatemala
 ASESOR(A)-SUPERVISOR(A) DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 Facultad de Ingeniería

[Handwritten Signature]

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ZONA 2 DEL MUNICIPIO DE SANTA CATERINA PUEBLA

FUENTE: CALCULO HIDRAULICO

FECHA: MARZO 2014

PROFESOR: LEANDRO JOSE MAR FRANCO BARAHONA

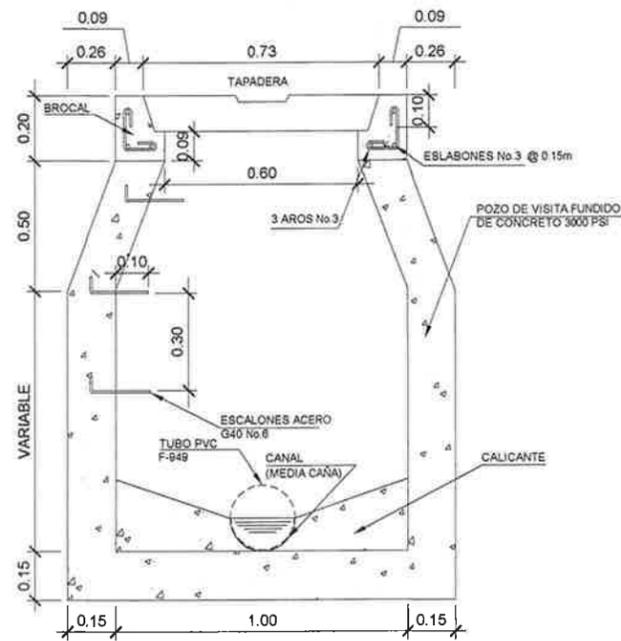
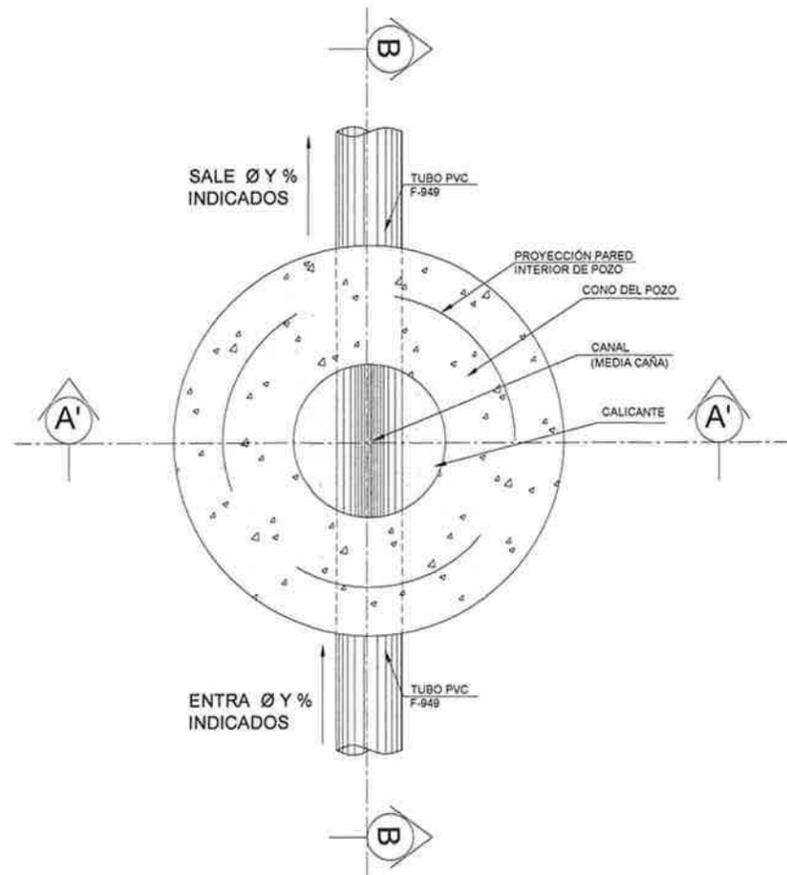
ESTUDIANTE: LEANDRO JOSE MAR FRANCO BARAHONA

PROYECTO No: 2007-2298

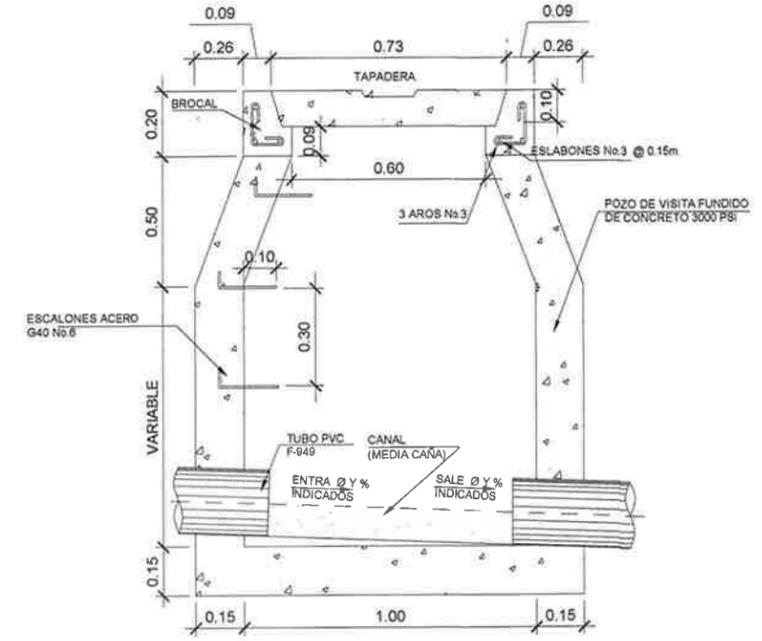
U A I E

2

18



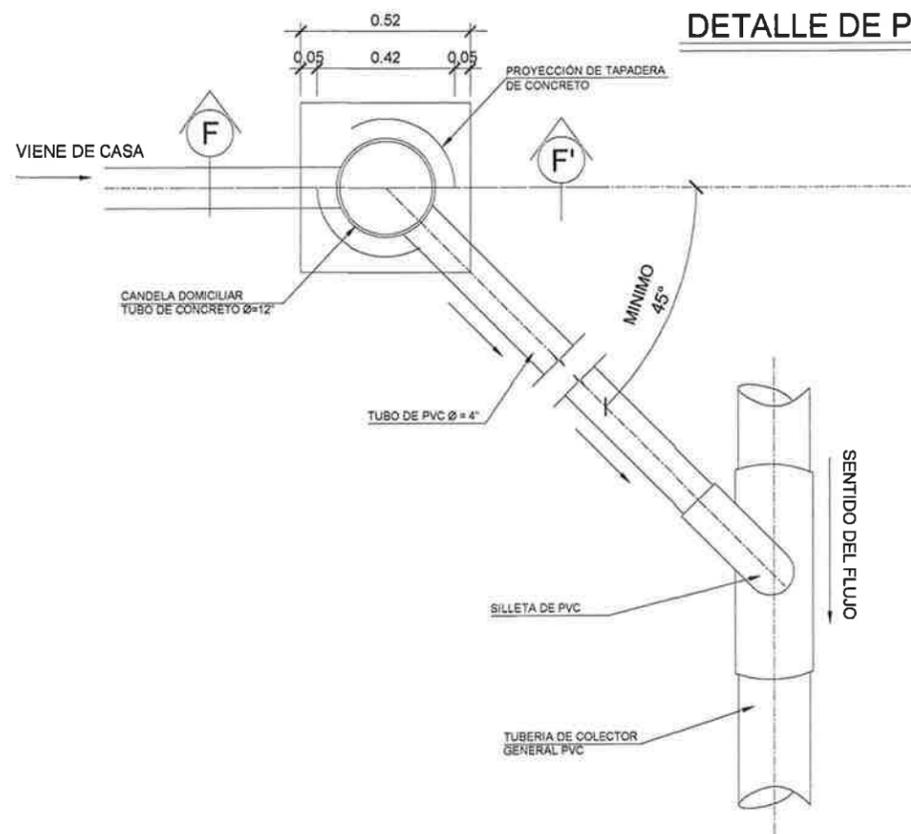
SECCION A - A'



SECCION B - B'

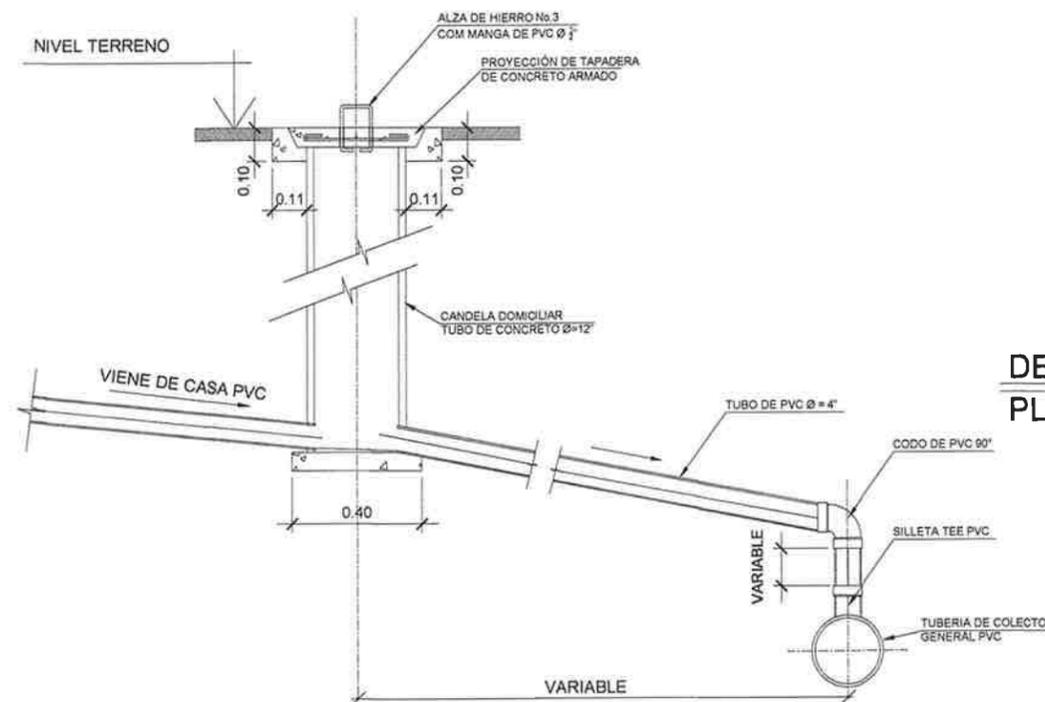
DETALLE DE POZO DE VISITA TÍPICO

ESCALA 1/10



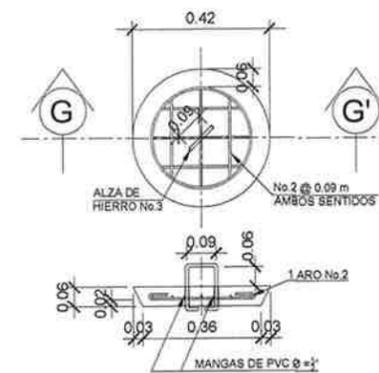
PLANTA DE CANDELA DOMICILIAR

ESCALA 1/10



SECCIÓN F-F' CANDELA DOMICILIAR

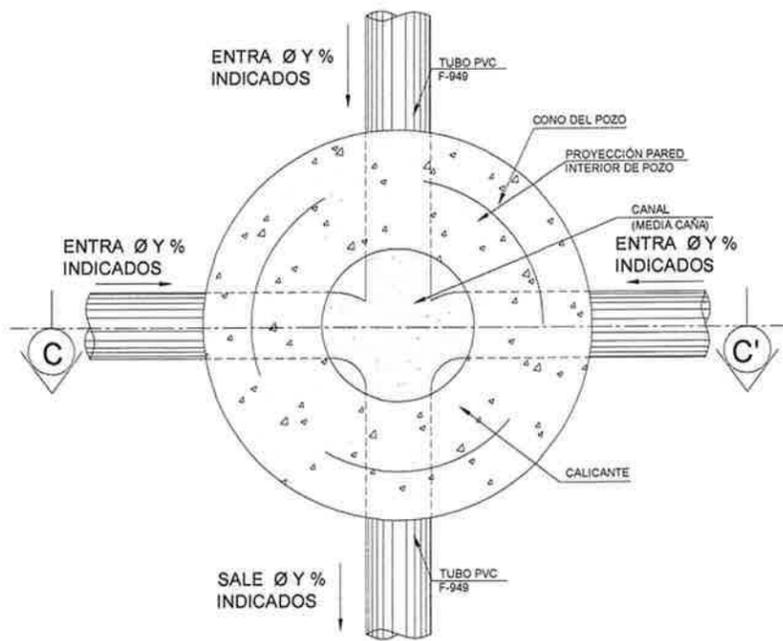
ESCALA 1/10



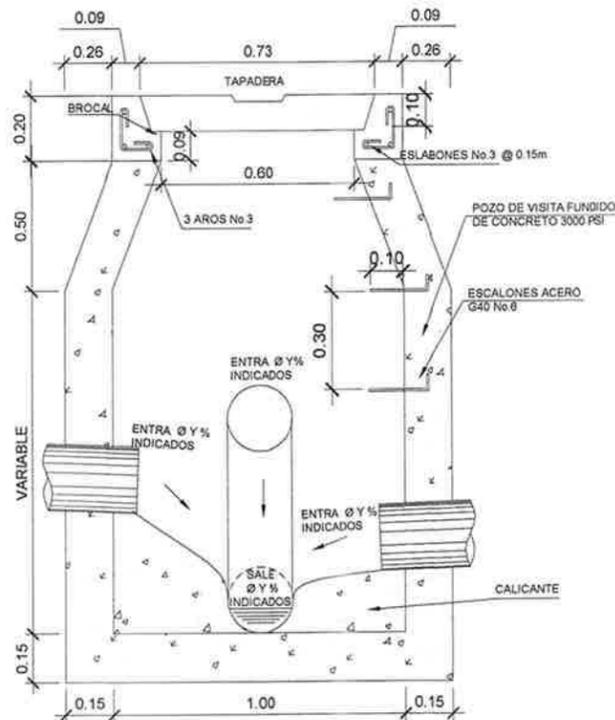
DETALLE DE TAPADERA PLANTA Y SECCIÓN

Universidad de San Carlos de Guatemala
 ESCALA 1/10
 ASESOR(A)-SUPERVISOR(A) DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS

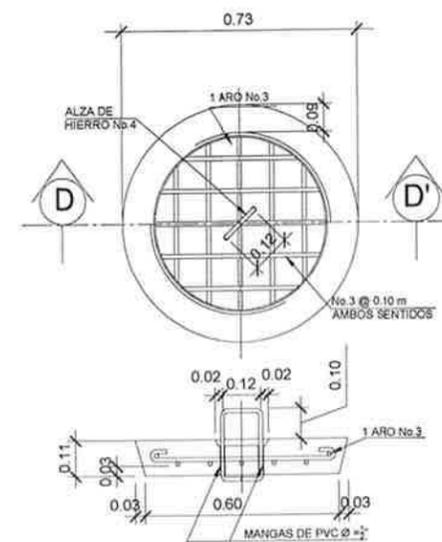
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO			
PROYECTO	SISTEMA DE ALGANTARILLADO SANITARIO PARA LA ZONA 2 DEL MUNICIPIO DE SANTA CATERINA PAJULA		
DETALLES CONSTRUCTIVOS			
DISEÑO	LEONOR JOSEMAR FRANCO BARAHONA	ELABORADO	ESCALA INDICADA
REVISOR	LEONOR JOSEMAR FRANCO BARAHONA	FECHA	MARZO 2014
ESPECIFICACIONES	LEONOR JOSEMAR FRANCO BARAHONA	PROYECTO N°	
		FECHA	2007-22258
			U A T I E
			H O J A
			3
			18



PLANTA



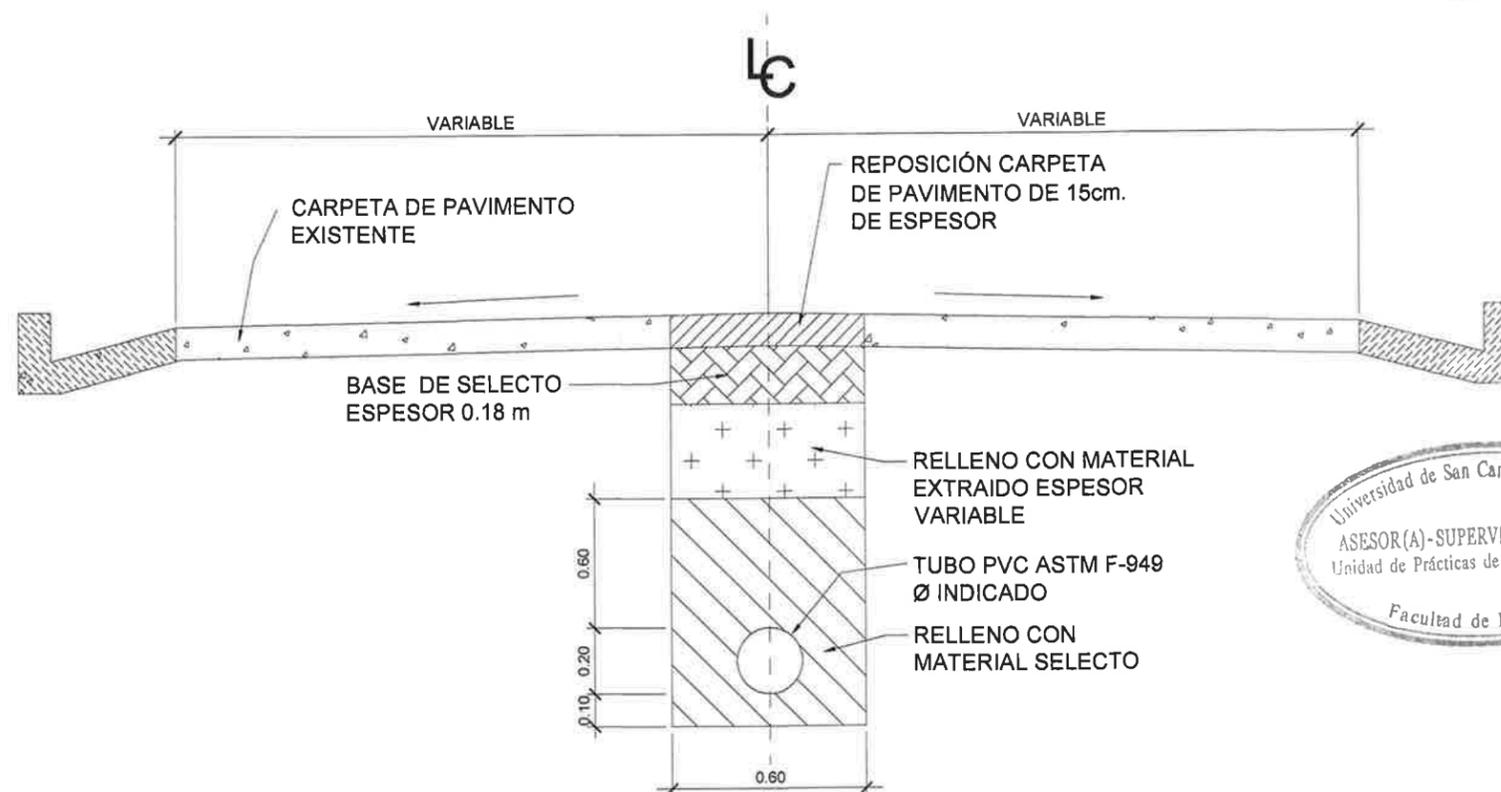
SECCION C - C'



**DETALLE DE TAPADERA
PLANTA Y SECCIÓN D-D'**

DETALLE DE POZO DE VISITA CON 2 Y/O 3 ENTRADAS

ESCALA 1/20



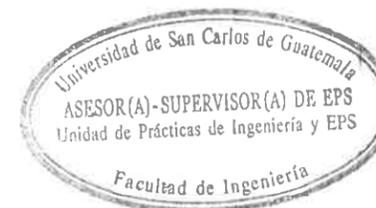
**DETALLE DE INSTALACIÓN TUBERIA PVC
RELLENO Y REPOSICIÓN DE PAVIMENTO** ESCALA 1/20

ESPECIFICACIONES:

- ACERO
- 1- EL ACERO DEBERÁ TENER UN FY DE 2,800 KG/CM²
- CONCRETO
- 1- EL CONCRETO DEBERÁ TENER UN F'c DE 210 KG/CM²
- 2- EL RECUBRIMIENTO MÍNIMO PARA LA BASE SERÁ DE 3 A 5 CENTÍMETROS.
- CARGAS (RESISTENCIA)
- CONCRETO 2,400 KG/CM²
- CÓDIGOS DE DISEÑO ACI 318 / 2005
- MORTERO (SABIETA)
- 1. PROPORCIÓN 1:3 (1 DE CEMENTO + 3 DE ARENA DE RIO)
- 2. EL AGUA A USARSE DEBERÁ SER LIMPIA Y LIBRE DE ÁCIDOS, ACEITE, SAL Y SUSTANCIAS DAÑINAS
- 3. EL CEMENTO A USARSE SERÁ PORTLAND TIPO 1 CONFORME LA NORMA C-144C DE ASTM.
- TUBERÍA DE PVC
- 1. LA TUBERÍA DEBERÁ CUMPLIR LA NORMA DE FABRICACIÓN ASTM F-949, NO DEBE USARSE TUBERÍA DE DIÁMETRO MENOR AL INDICADO EN LOS PLANOS.
- 2. TODA LA TUBERÍA SE COLOCARÁ ALINEADA CON EL DESNIVEL INDICADO EN LOS PLANOS.

NOTAS

LOS BROCALES Y TAPADERAS DE LOS POZOS DEBERAN CURARSE SEGÚN ESPECIFICACIONES ANTES DE SU INSTALACIÓN ACUERDO AL PLANO DE LA RED GENERAL.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO: SISTEMA DE ALcantarillado sanitario para la zona 2 del municipio de Santa Catarina Pinula.

FECHA: MARZO 2014

PROYECTISTA: LEONARDO JOSSE MAR FRANCO BARAHONA

REVISOR: LEONARDO JOSSE MAR FRANCO BARAHONA

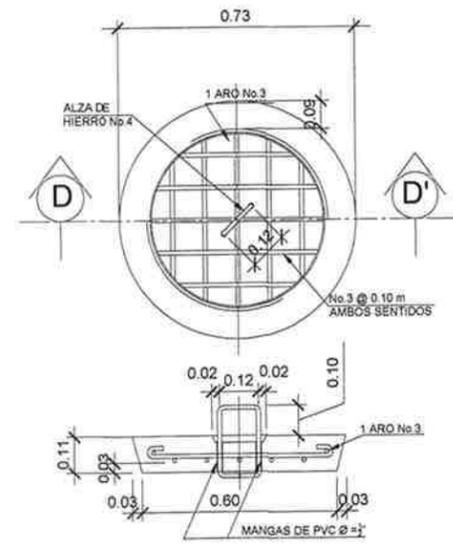
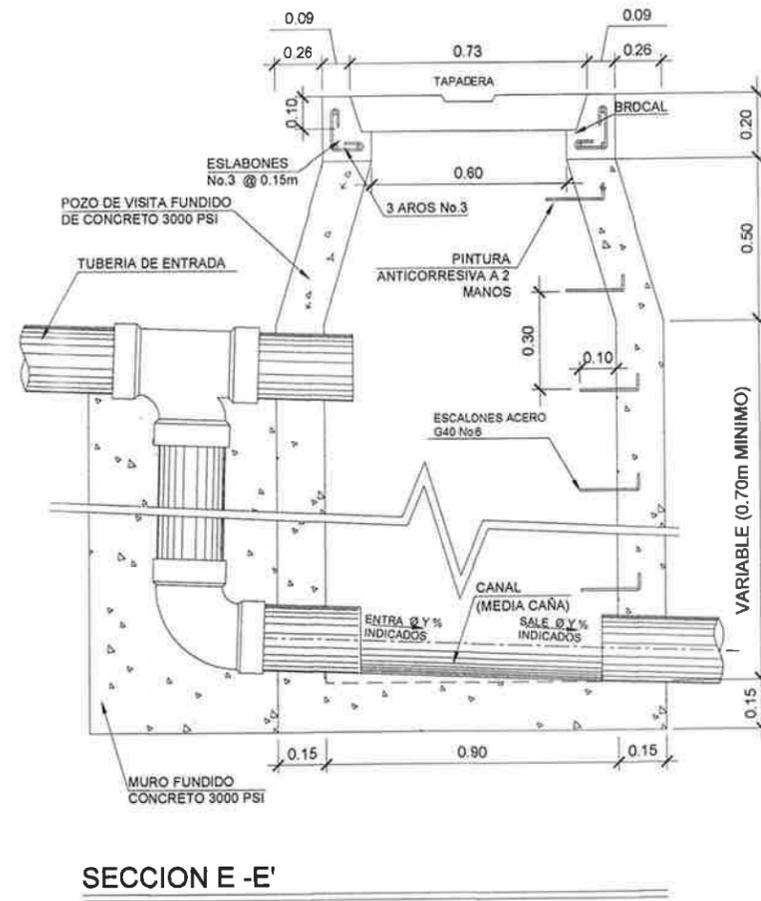
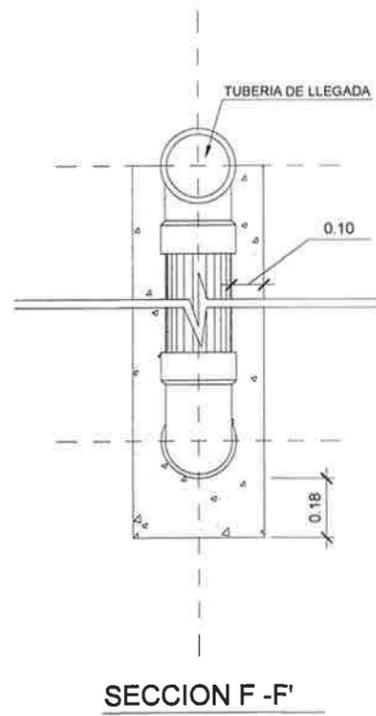
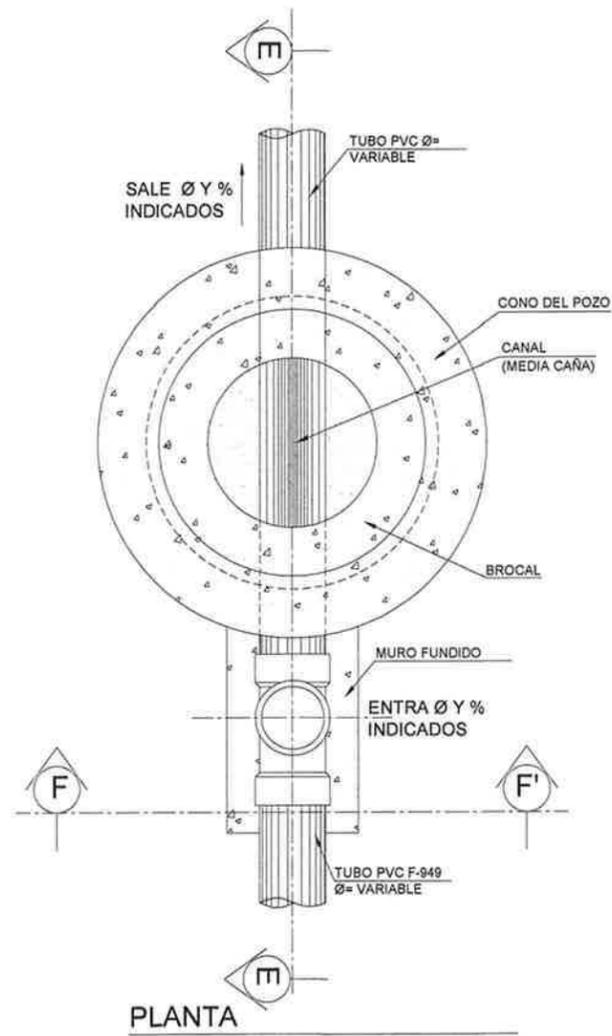
FECHA: 2007-2200

U A I E

H. O. J. A.

4

18



DETALLE DE TAPADERA
PLANTA Y SECCIÓN D-D'

ESPECIFICACIONES:

- ACERO
- 1.- EL ACERO DEBERÁ TENER UN FY DE 2,800 KG/CM2
- CONCRETO
- 1.- EL CONCRETO DEBERÁ TENER UN F'c DE 210 KG/CM2
- 2.- EL RECUBRIMIENTO MINIMO PARA LA BASE SERÁ DE 3 A 5 CENTIMETROS
- CARGAS (RESISTENCIA)
- CONCRETO 2,400 KG/CM2
- CÓDIGOS DE DISEÑO ACI 318 / 2005
- MORTERO (SABIETA)
- 1. PROPORCIÓN 1:3 (1 DE CEMENTO + 3 DE ARENA DE RIO)
- 2. EL AGUA A USARSE DEBERÁ SER LIMPIA Y LIBRE DE ÁCIDOS, ACEITE, SAL Y SUSTANCIAS DAÑINAS
- 3. EL CEMENTO A USARSE SERÁ PÓRTLAND TIPO 1 CONFORME LA NORMA C-144C DE ABTM.
- TUBERIA DE PVC
- 1. LA TUBERÍA DEBERÁ CUMPLIR LA NORMA DE FABRICACIÓN ASTM F-949. NO DEBE USARSE TUBERÍA DE DIAMETRO MENOR AL INDICADO EN LOS PLANOS.
- 2. TODA LA TUBERÍA SE COLOCARÁ ALNEADA CON EL DESNIVEL INDICADO EN LOS PLANOS.

NOTAS

LOS BROCALES Y TAPADERAS DE LOS POZOS DEBERAN CURARSE SEGÚN ESPECIFICACIONES ACI ANTES DE SU INSTALACIÓN ACUERDO AL PLANO DE LA RED GENERAL.

DETALLE DE POZO DE VISITA CON CAIDA MAYORES A 0.70m

ESCALA 1/20



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO: SISTEMA DE ALcantarillado sanitario para la zona 2 del municipio de Santa Catarina Pinula

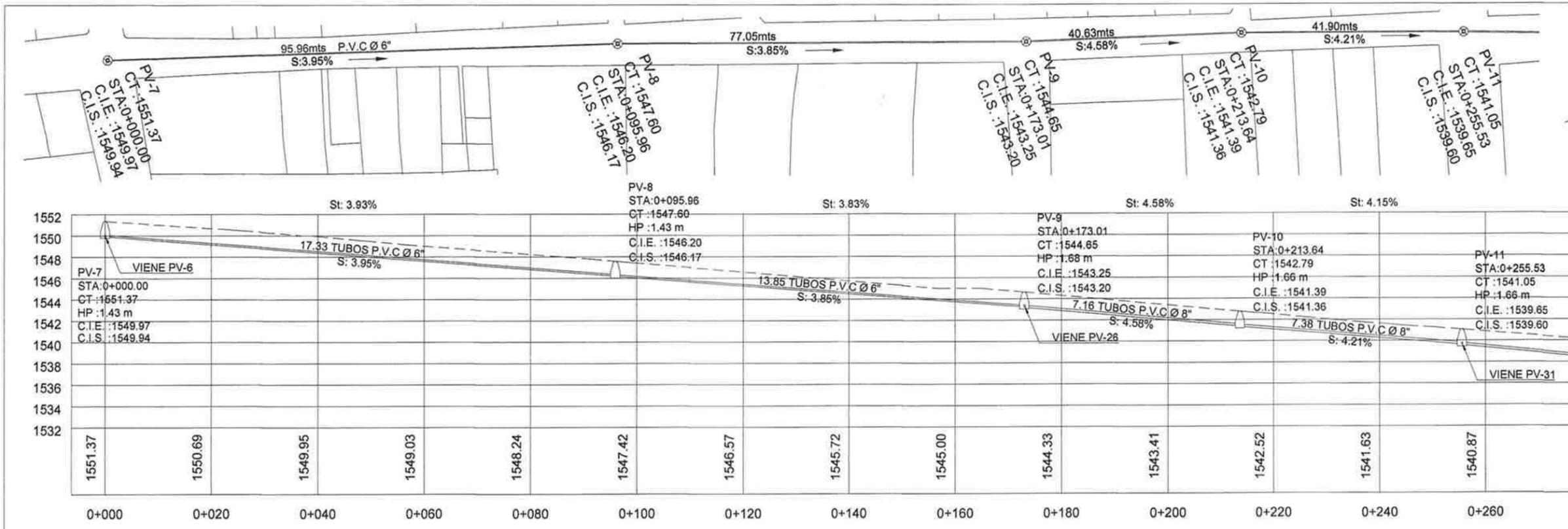
PLANO DE: DETALLES CONSTRUCTIVOS

DESIGNADO	ENCARGADO	FECHA	INDICADA
LEONORO JOSSEMAR FRANCO BARAHONA		MARZO 2014	
OPERADO	REVISADO	APROBADO	
LEONORO JOSSEMAR FRANCO BARAHONA		2007-2008	

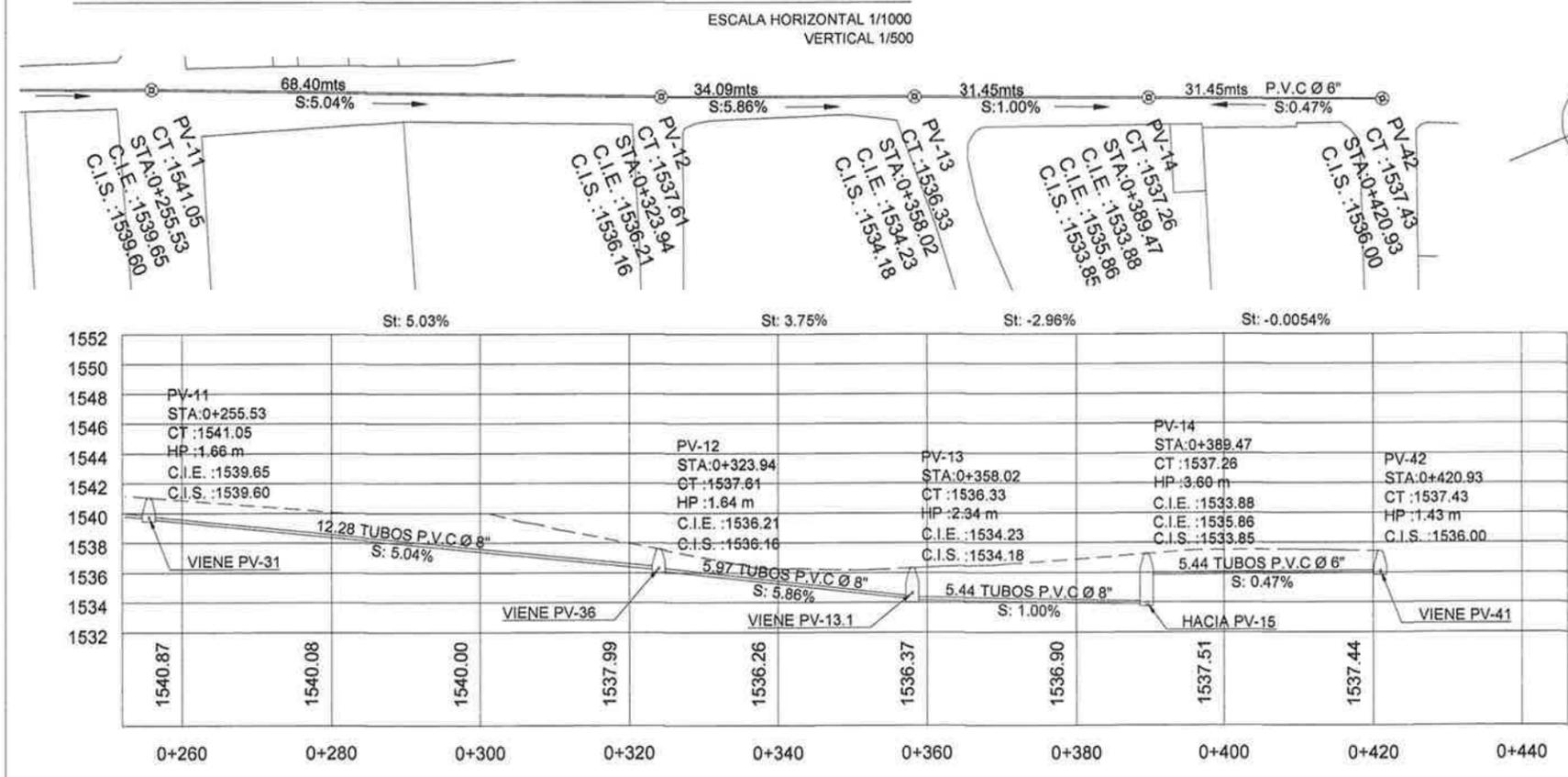
H O J A

5

18



PLANTA PERFIL PV-7 A PV-11



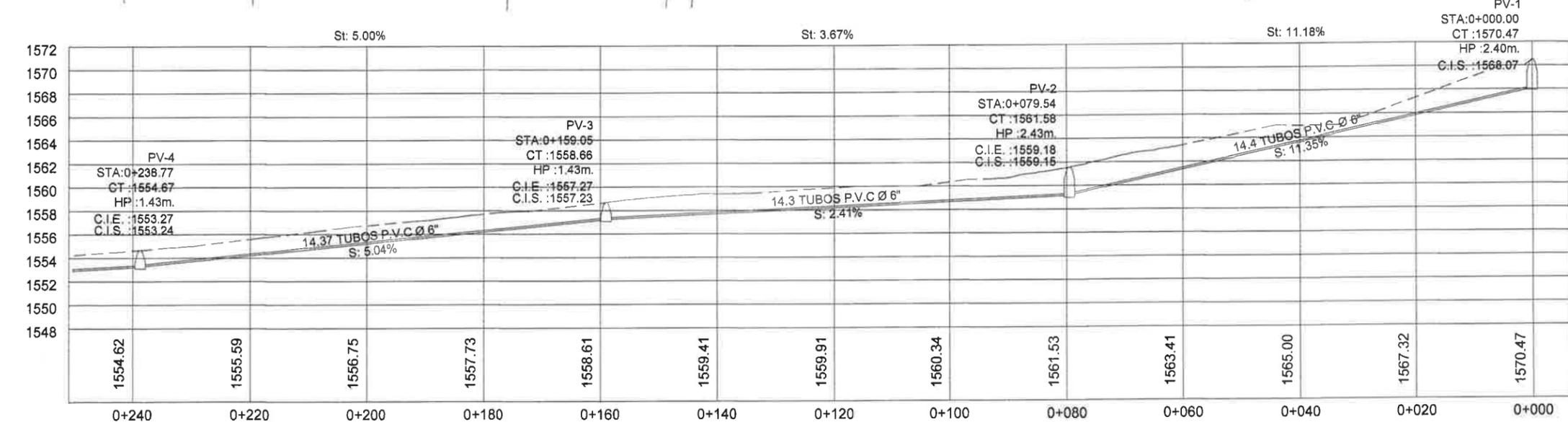
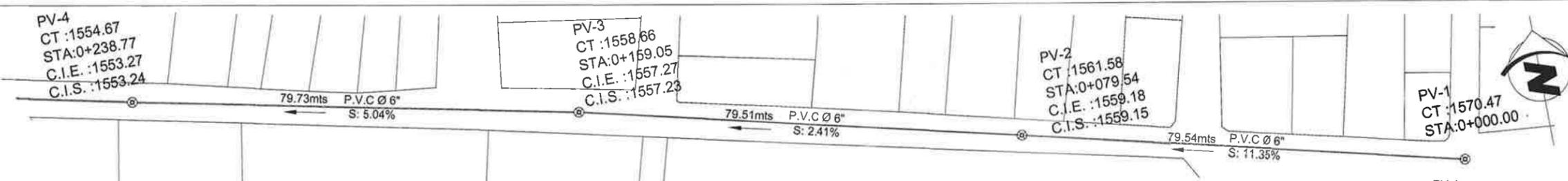
PLANTA PERFIL PV-11 A PV-42

SIMBOLOGIA SISTEMA DE DRENAJES	
SIMBOLO	SIGNIFICADO
	POZO DE VISITA
	TUBERIA DE AGUAS NEGRAS
	INDICA LA DIRECCIÓN DEL FLUJO
	INDICA DIÁMETRO DEL TUBO
CT	NIVEL O COTA DEL TERRENO
C.I.E.	COTA INVERT DE ENTRADA
C.I.S.	COTA INVERT DE SALIDA
S%	INDICA LA PENDIENTE DE LA TUBERIA
St%	INDICA LA PENDIENTE DEL TERRENO
TUBERIA DE PVC NOVAFORT NORMA ASTM F-949	

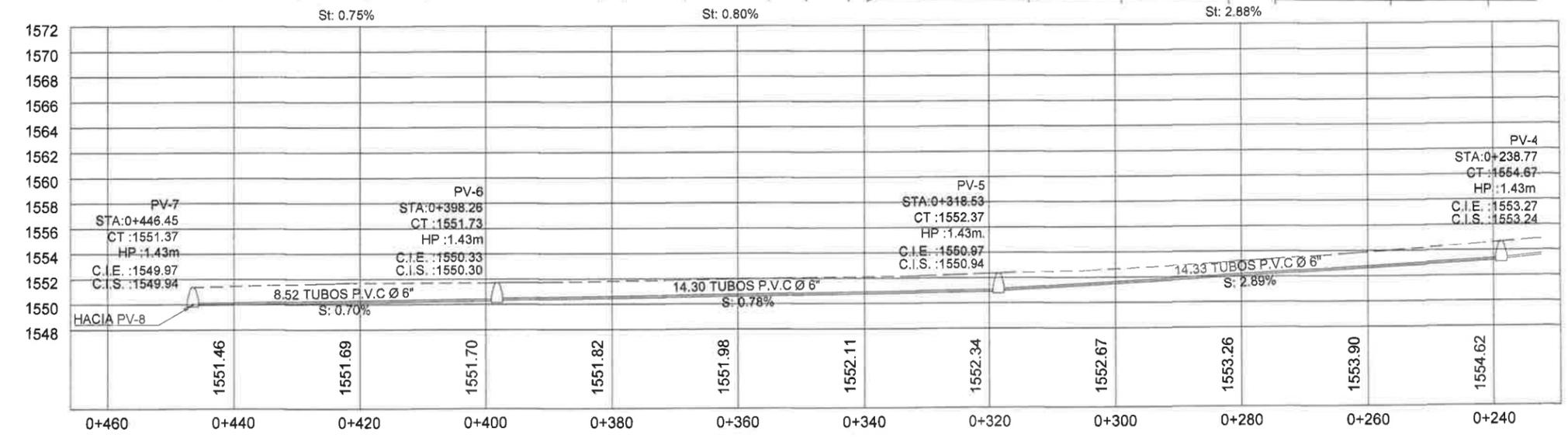
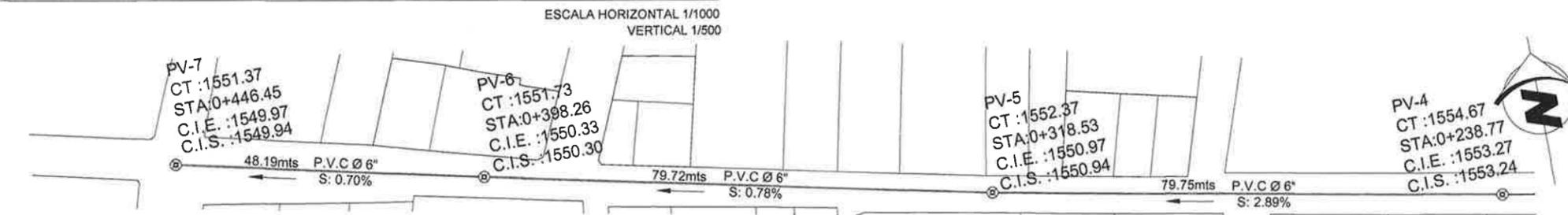
Universidad de San Carlos de Guatemala
ASESOR(A)-SUPERVISOR(A) DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 Facultad de Ingeniería

[Handwritten Signature]

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO			
PROYECTO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ZONA 2 DEL MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PAJALA			
PLANTA Y PERFIL RAMAL 1			
DESIGNADO: LEANDRO JOSÉ MAR FRANCO BARAHONA	DISEÑADO: []	FECHA: []	INDICADA: []
REVISADO: LEANDRO JOSÉ MAR FRANCO BARAHONA	FECHA: MARZO 2014	PROYECTADO: []	[]
PROYECTISTA: LEANDRO JOSÉ MAR FRANCO BARAHONA	CHAVE: 2007-20268	U A I E	
H O J A			18



PLANTA PERFIL PV-1 A PV-4



PLANTA PERFIL PV-4 A PV-7

ESCALA HORIZONTAL 1/1000
VERTICAL 1/500



SIMBOLOGIA SISTEMA DE DRENAJES	
SÍMBOLO	SIGNIFICADO
	POZO DE VISITA
	TUBERÍA DE AGUAS NEGRAS
	INDICA LA DIRECCIÓN DEL FLUJO
	INDICA DIÁMETRO DEL TUBO
CT	NIVEL O COTA DEL TERRENO
C.I.E.	COTA INVERT DE ENTRADA
C.I.S.	COTA INVERT DE SALIDA
S%	INDICA LA PENDIENTE DE LA TUBERÍA
St%	INDICA LA PENDIENTE DEL TERRENO
TUBERÍA DE PVC NOVAFORT NORMA ASTM F-949	

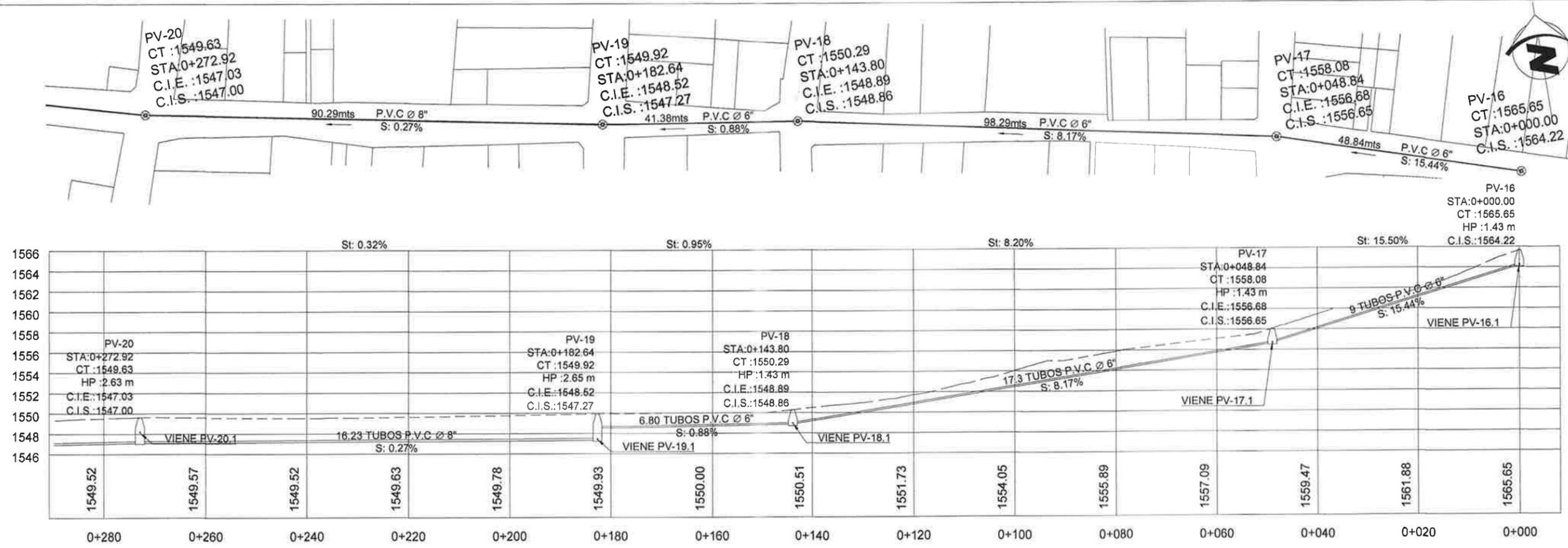
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO: SISTEMA DE ALDANTARILLADO SANITARIO PARA LA ZONA 2 DEL MUNICIPIO DE SANTA CATERINA PUSILLA

PLANO DE: PLANTA Y PERFIL RAMAL 1

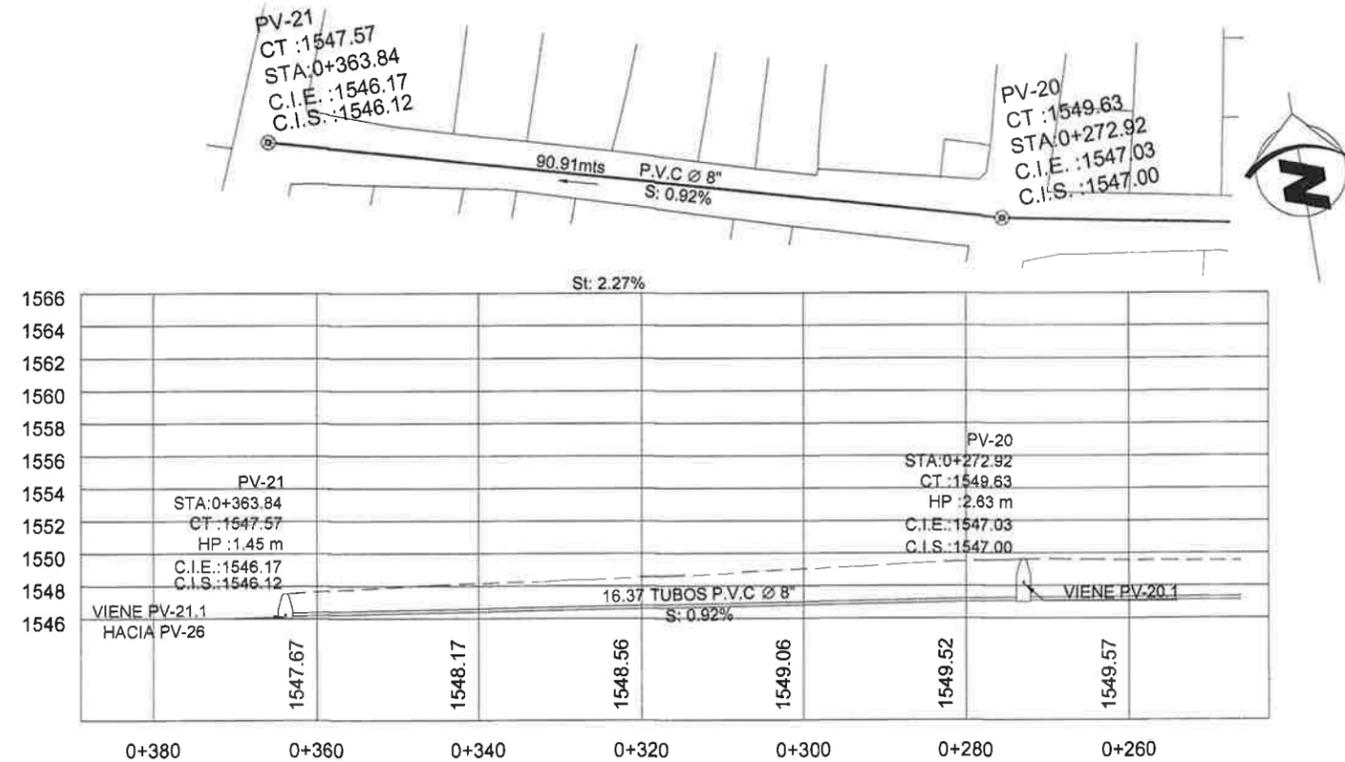
DISEÑO: LEONOR JOSE MAR FRANCO BARRAHONA	CALCULO: []	ESCALA: []	INDICADA: []
DRAWING: LEONOR JOSE MAR FRANCO BARRAHONA	FECHA: MARZO 2014	PROYECTO: []	[]
PROYECTA: LEONOR JOSE MAR FRANCO BARRAHONA	CARTEL: []	[]	[]
[]	2007-22008	[]	[]

7 / 18



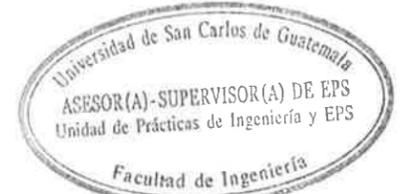
PLANTA PERFIL PV-16 A PV-20

ESCALA HORIZONTAL 1/1000
VERTICAL 1/500



PLANTA PERFIL PV-20 A PV-21

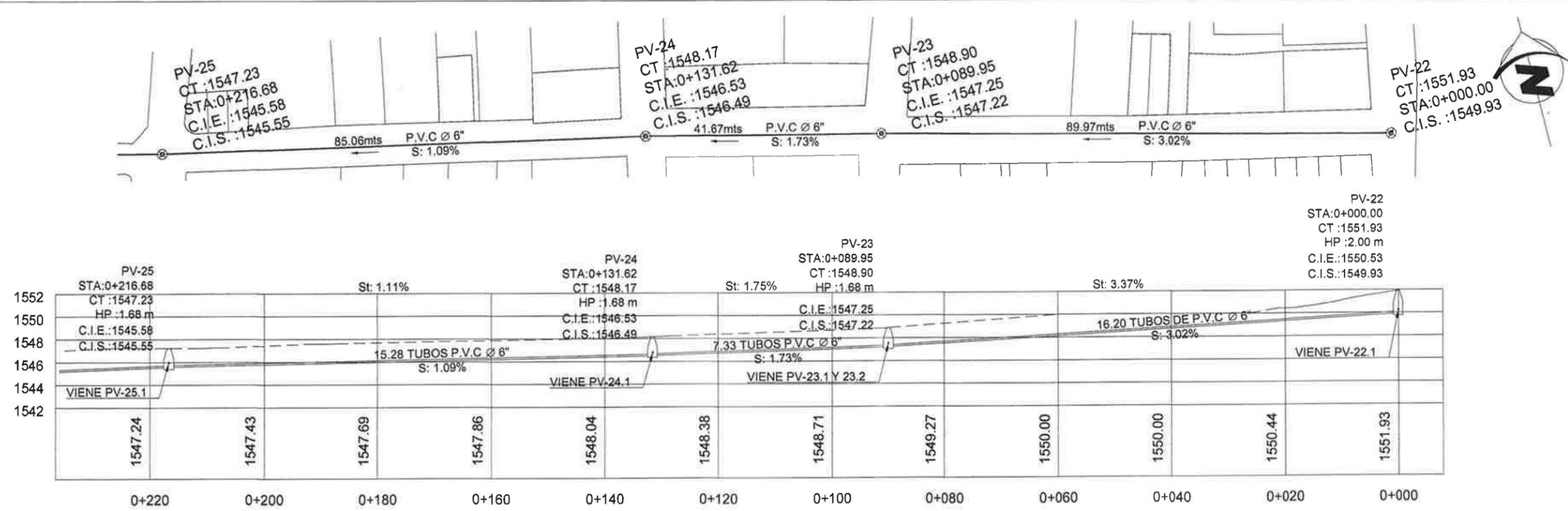
ESCALA HORIZONTAL 1/1000
VERTICAL 1/500



[Handwritten Signature]

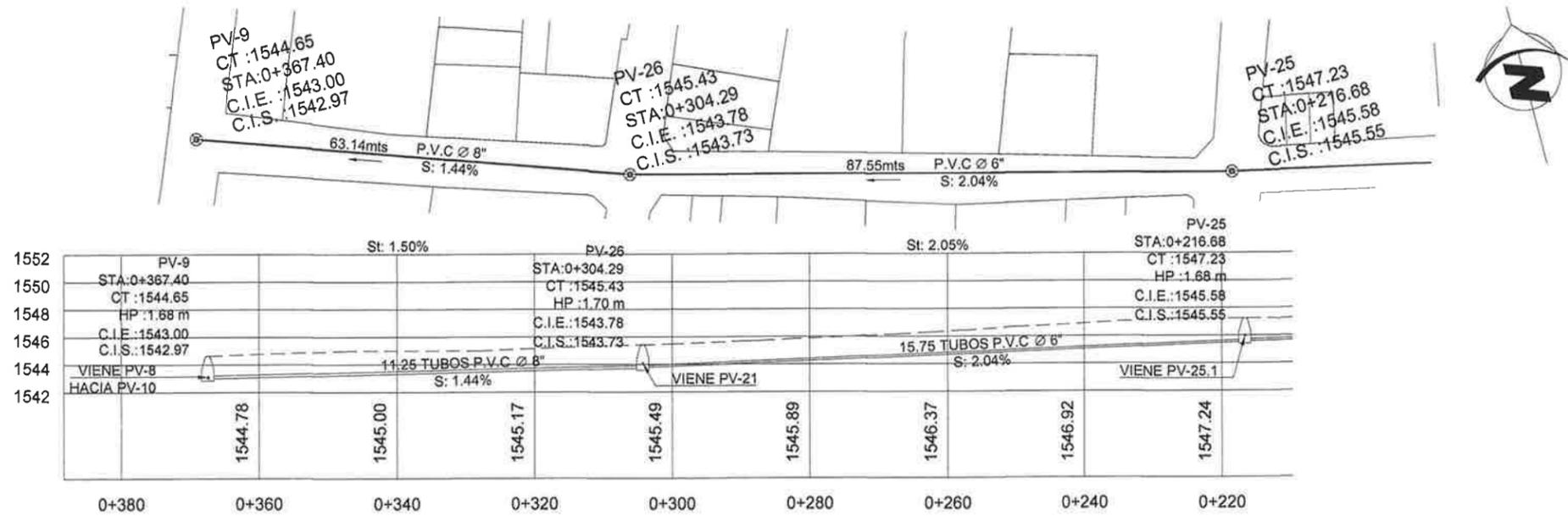
SIMBOLOGIA SISTEMA DE DRENAJES	
SÍMBOLO	SIGNIFICADO
	POZO DE VISITA
	TUBERÍA DE AGUAS NEGRAS
	INDICA LA DIRECCIÓN DEL FLUJO
\emptyset	INDICA DIÁMETRO DEL TUBO
CT	NIVEL O COTA DEL TERRENO
C.I.E.	COTA INVERT DE ENTRADA
C.I.S.	COTA INVERT DE SALIDA
S%	INDICA LA PENDIENTE DE LA TUBERÍA
St%	INDICA LA PENDIENTE DEL TERRENO
TUBERÍA DE PVC NOVAFORT NORMA ASTM F-949	

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO			
PROYECTO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ZONA 2 DEL MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PÓGUA			
PUNTO DE: PLANTA Y PERFIL RAMAL 2			
DISEÑO: LEONARDO JOSÉ MAR FRANCO BARAHONA	CALCULO: ...	ENLACE: ...	INDICADA: ...
REVISOR: LEONARDO JOSÉ MAR FRANCO BARAHONA	FECHA: MARZO 2014	PROYECTO FID: ...	
PROFESOR: LEONARDO JOSÉ MAR FRANCO BARAHONA	CARTEL: 2007-22268		
			U A I E H O J A 8 18



PLANTA PERFIL PV-22 A PV-25

ESCALA HORIZONTAL 1/1000
VERTICAL 1/500



PLANTA PERFIL PV-25 A PV-9

ESCALA HORIZONTAL 1/1000
VERTICAL 1/500



[Handwritten signature]

SIMBOLOGIA SISTEMA DE DRENAJES	
SÍMBOLO	SIGNIFICADO
	POZO DE VISITA
	TUBERIA DE AGUAS NEGRAS
	INDICA LA DIRECCIÓN DEL FLUJO
\emptyset	INDICA DIAMETRO DEL TUBO
CT	NIVEL O COTA DEL TERRENO
C.I.E.	COTA INVERT DE ENTRADA
C.I.S.	COTA INVERT DE SALIDA
S%	INDICA LA PENDIENTE DE LA TUBERIA
St%	INDICA LA PENDIENTE DEL TERRENO
TUBERIA DE PVC NOVAFORT NORMA ASTM F-949	

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

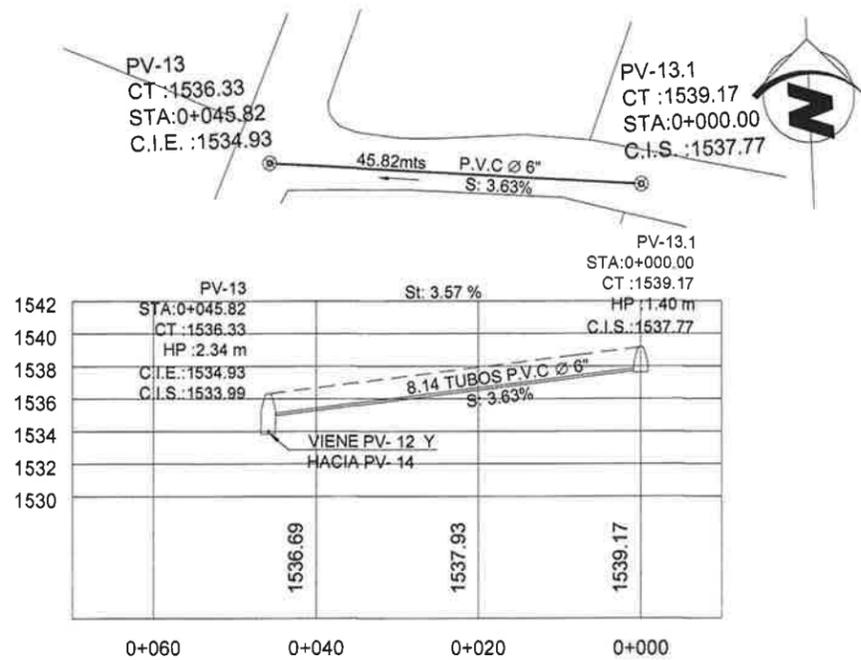
PROYECTO: SISTEMA DE ALICANTARILLADO SANITARIO PARA LA ZONA 2 DEL MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PINULA

PLANTA Y PERFIL RAMAL 2

DISEÑO: LEONOR JOSE MAR FRANCO BARAHONA	CALCULO:	ESCALA:	INDICADA:
REVISOR: LEONOR JOSE MAR FRANCO BARAHONA	FECHA: MARZO 2014	PROYECTO TPO:	
ESPECIALISTA: LEONOR JOSE MAR FRANCO BARAHONA	CARTEL: 2007-22258	U. A. I. E.	

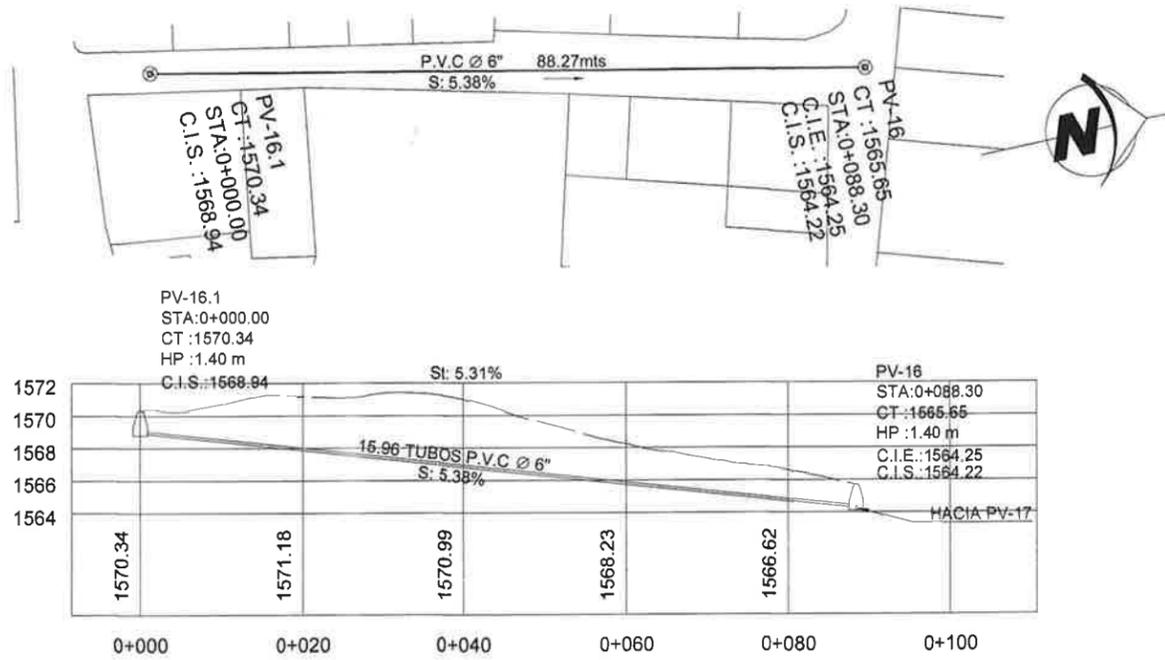
H O J A: 9

18



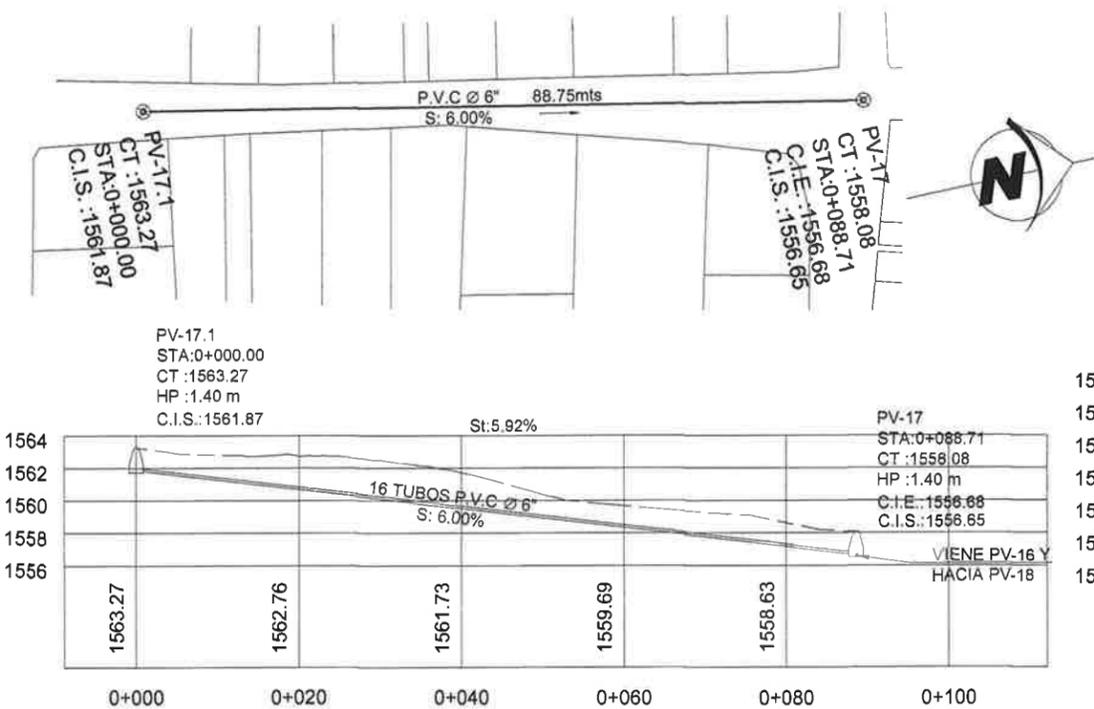
PLANTA PERFIL PV-13.1 A PV-13

ESCALA HORIZONTAL 1/1000
VERTICAL 1/500



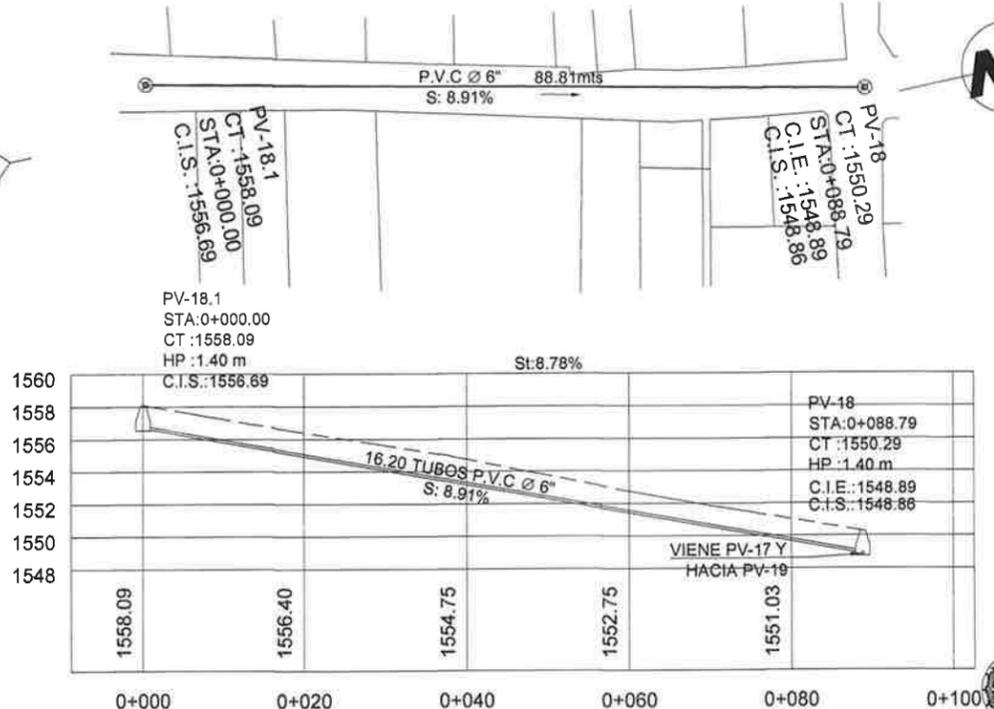
PLANTA PERFIL PV-16.1 A PV-16

ESCALA HORIZONTAL 1/1000
VERTICAL 1/500



PLANTA PERFIL PV-17.1 A PV-17

ESCALA HORIZONTAL 1/1000
VERTICAL 1/500



PLANTA PERFIL PV-18.1 A PV-18

ESCALA HORIZONTAL 1/1000
VERTICAL 1/500

Universidad de San Carlos de Guatemala
ASESOR(A)-SUPERVISOR(A) DE EPS
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
Facultad de Ingeniería

SIMBOLOGIA SISTEMA DE DRENAJES	
SIMBOLO	SIGNIFICADO
	POZO DE VISITA
	TUBERIA DE AGUAS NEGRAS
	INDICA LA DIRECCION DEL FLUJO
	INDICA DIAMETRO DEL TUBO
CT	NIVEL O COTA DEL TERRENO
C.I.E.	COTA INVERT DE ENTRADA
C.I.S.	COTA INVERT DE SALIDA
S%	INDICA LA PENDIENTE DE LA TUBERIA
St%	INDICA LA PENDIENTE DEL TERRENO
TUBERIA DE PVC NOVAFORT NORMA ASTM F-949	

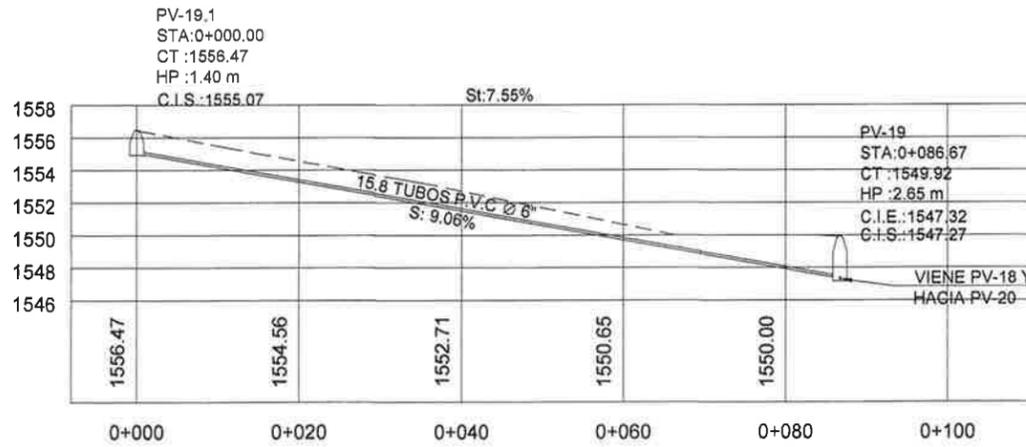
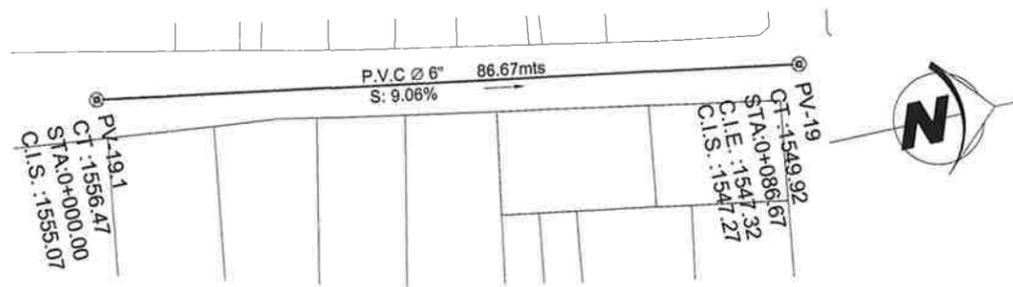
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ZONA 3 DEL MUNICIPIO DE SANTA CATERINA, PUNTA

PLANTA Y PERFIL RAMAL 1 y 2

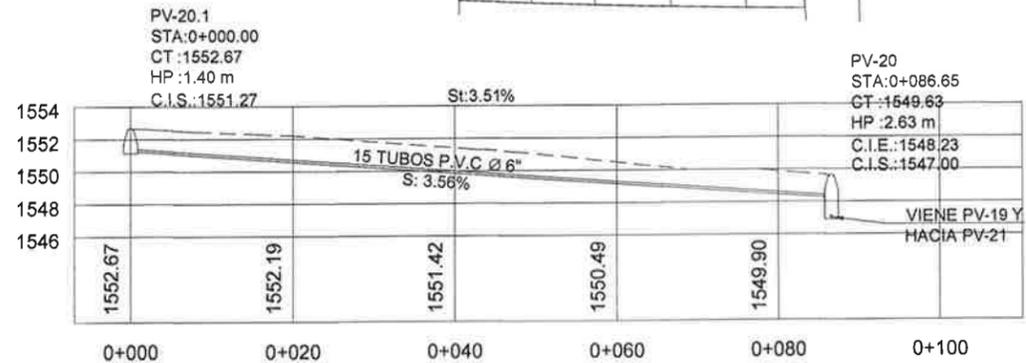
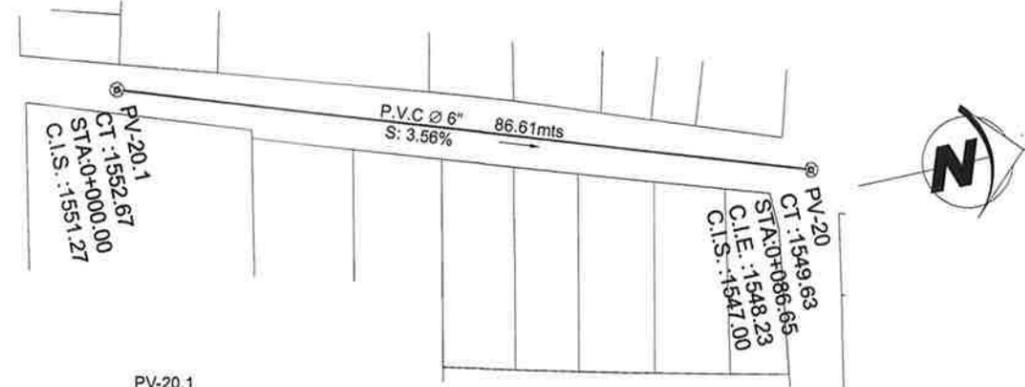
DISEÑO LEANDRO JOSÉ MAR FRANCO BARRAHONA	ELABORADO LEANDRO JOSÉ MAR FRANCO BARRAHONA	FECHA MARZO 2014	PROYECTO N°
ESPECIFICACIONES LEANDRO JOSÉ MAR FRANCO BARRAHONA	2007-22268	H. D. J. A.	

10 / 18



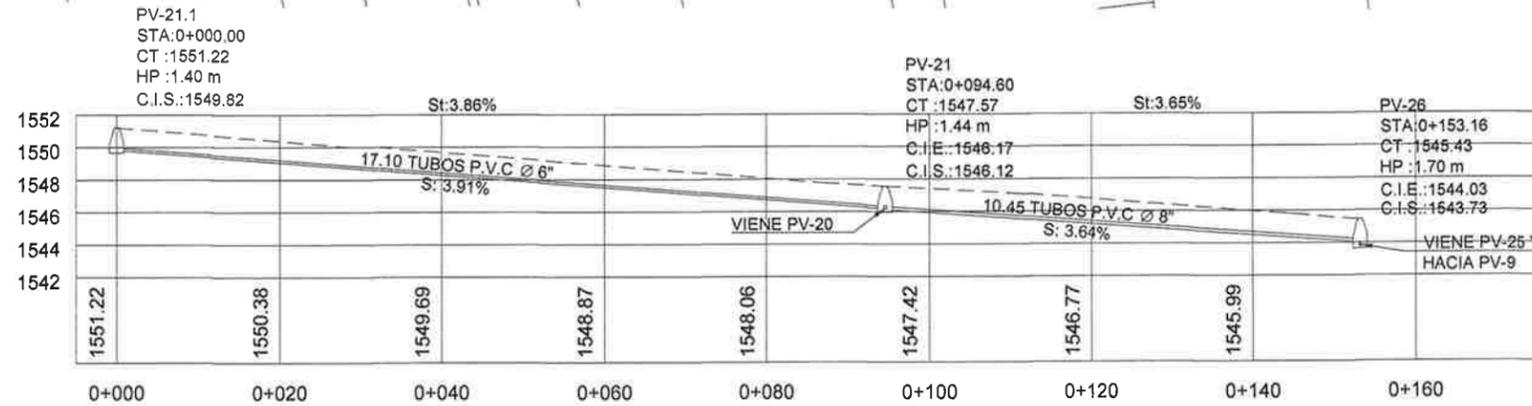
PLANTA PERFIL PV-19.1 A PV-19

ESCALA HORIZONTAL 1/1000
VERTICAL 1/500



PLANTA PERFIL PV-20.1 A PV-20

ESCALA HORIZONTAL 1/1000
VERTICAL 1/500



PLANTA PERFIL PV-21.1 A PV-26

ESCALA HORIZONTAL 1/1000
VERTICAL 1/500

Universidad de San Carlos de Guatemala
ASESOR(A)-SUPERVISOR(A) DE EPS
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
Facultad de Ingeniería

[Signature]

SIMBOLOGIA SISTEMA DE DRENAJES	
SIMBOLÓ	SIGNIFICADO
	POZO DE VISITA
	TUBERÍA DE AGUAS NEGRAS
	INDICA LA DIRECCIÓN DEL FLUJO
	INDICA DIÁMETRO DEL TUBO
CT	NIVEL O COTA DEL TERRENO
C.I.E.	COTA INVERT DE ENTRADA
C.I.S.	COTA INVERT DE SALIDA
S%	INDICA LA PENDIENTE DE LA TUBERÍA
St%	INDICA LA PENDIENTE DEL TERRENO
TUBERÍA DE PVC NOVAFORT NORMA ASTM F-949	

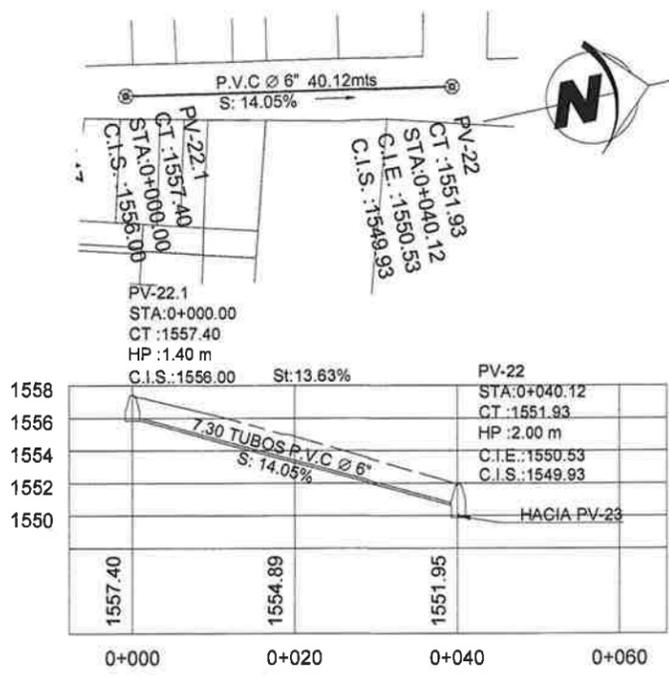
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO: SISTEMA DE ALCANTRILLADO SANITARIO PARA LA ZONA 2 DEL MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PUGLA

PLANTA Y PERFIL RAMAL 2

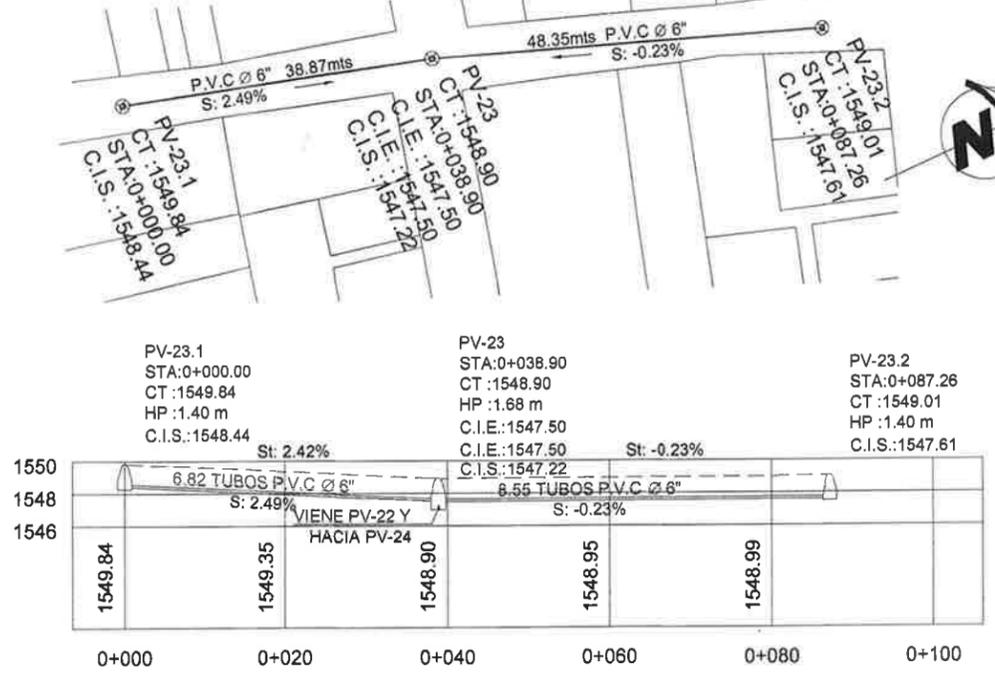
DISEÑO: LEONARDO JOSSE/MAR FRANCO BARAHONA	CALEFICADO: []	FECHA: MARZO 2014	INDICADA: []
DISEÑO: LEONARDO JOSSE/MAR FRANCO BARAHONA	FECHA: MARZO 2014	PROYECTOS: []	[]
PROYECTOS: LEONARDO JOSSE/MAR FRANCO BARAHONA	2007-22298	[]	[]

H O J A
11 / 18



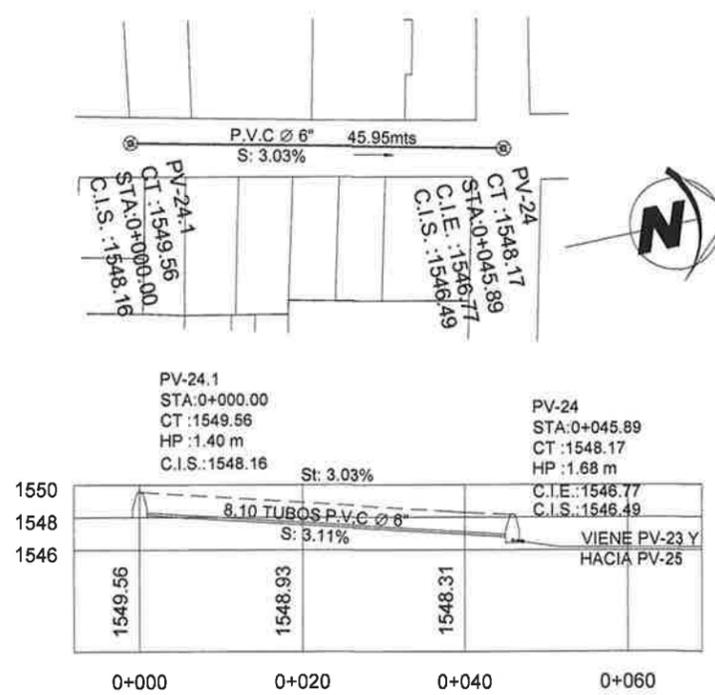
PLANTA PERFIL PV-22.1 A PV-22

ESCALA HORIZONTAL 1/1000
VERTICAL 1/500



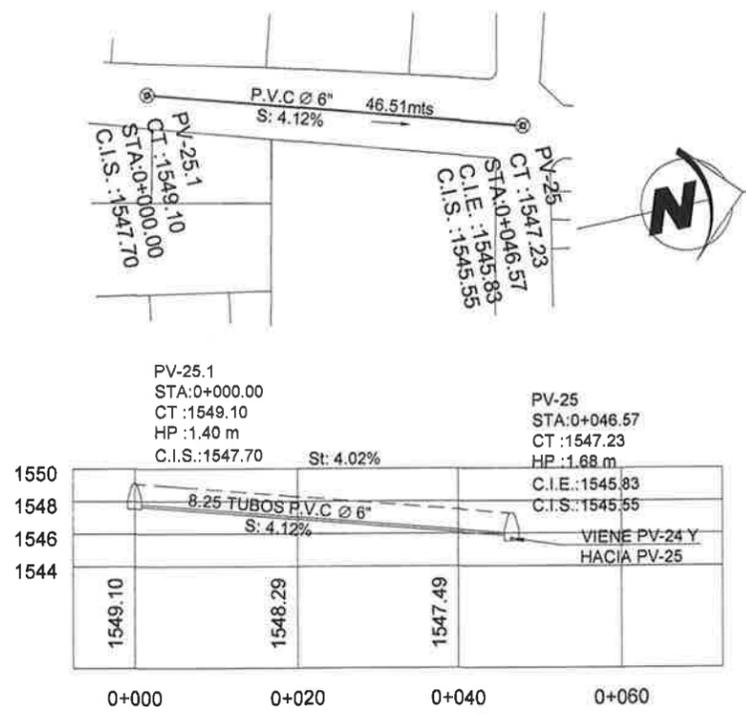
PLANTA PERFIL PV-23.1 A PV-23.2

ESCALA HORIZONTAL 1/1000
VERTICAL 1/500



PLANTA PERFIL PV-24.1 A PV-24

ESCALA HORIZONTAL 1/1000
VERTICAL 1/500



PLANTA PERFIL PV-25.1 A PV-25

ESCALA HORIZONTAL 1/1000
VERTICAL 1/500



SIMBOLOGIA SISTEMA DE DRENAJES

SÍMBOLO	SIGNIFICADO
	POZO DE VISITA
	TUBERIA DE AGUAS NEGRAS
	INDICA LA DIRECCIÓN DEL FLUJO
\emptyset	INDICA DIÁMETRO DEL TUBO
CT	NIVEL O COTA DEL TERRENO
C.I.E.	COTA INVERT DE ENTRADA
C.I.S.	COTA INVERT DE SALIDA
S%	INDICA LA PENDIENTE DE LA TUBERÍA
St%	INDICA LA PENDIENTE DEL TERRENO

TUBERÍA DE PVC NOVAFORT NORMA ASTM F-949

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

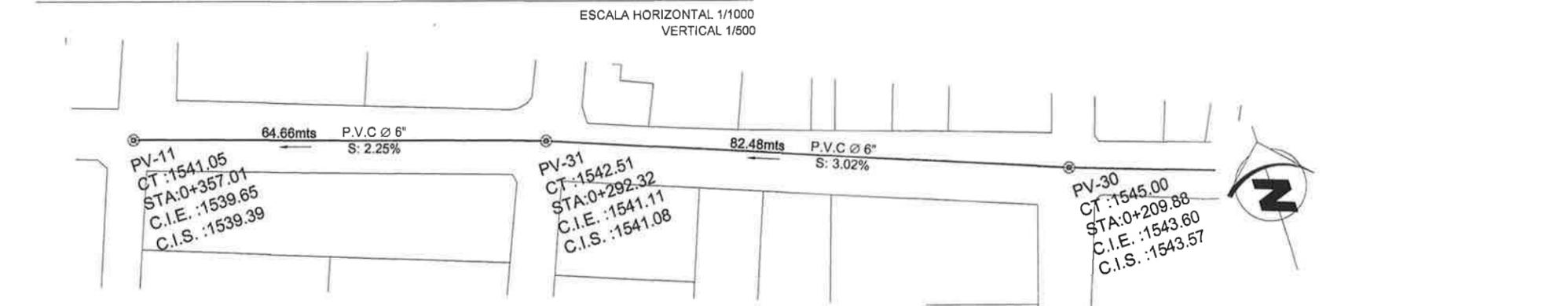
PROYECTO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ZONA 2 DEL MUNICIPIO DE SANTA CATERINA PAJALA

PLANTA Y PERFIL RAMAL 2

DISEÑO	LEONOR JOSE MAR FRANCO BARAHONA	ELABORÓ	LEONOR JOSE MAR FRANCO BARAHONA	FECHA	MARZO 2014	PROYECTO N°	
REVISÓ		APROBÓ		SERVICIO	2007-22558	U	A
						H	A
						12	18

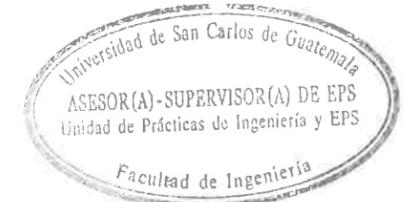


PLANTA PERFIL PV-27 A PV-30



PLANTA PERFIL PV-30 A PV-11

ESCALA HORIZONTAL 1/1000
VERTICAL 1/500



[Handwritten Signature]

SIMBOLOGÍA SISTEMA DE DRENAJES	
SÍMBOLO	SIGNIFICADO
	POZO DE VISITA
	TUBERÍA DE AGUAS NEGRAS
	INDICA LA DIRECCIÓN DEL FLUJO
	INDICA DIAMETRO DEL TUBO
	NIVEL O COTA DEL TERRENO
	COTA INVERT DE ENTRADA
	COTA INVERT DE SALIDA
	INDICA LA PENDIENTE DE LA TUBERIA
	INDICA LA PENDIENTE DEL TERRENO
TUBERÍA DE PVC NOVAFORT NORMA ASTM F-949	

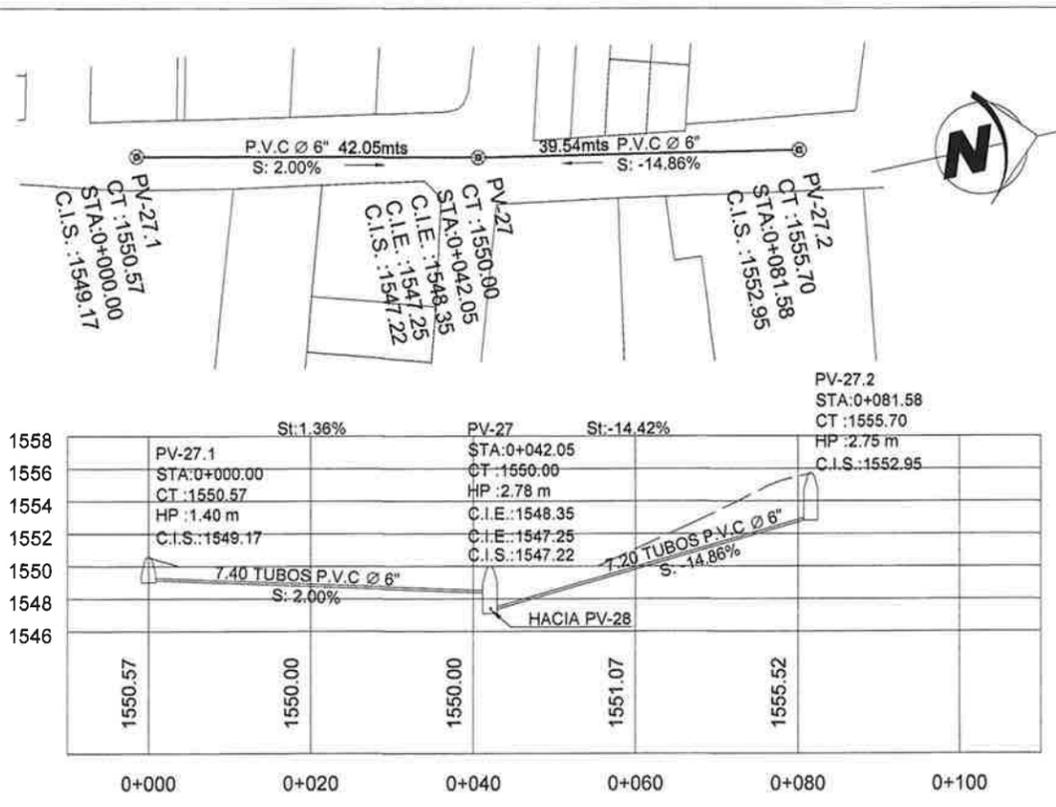
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ZONA 3 DEL MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PUSILLA

PLANTA Y PERFIL RAMAL 3

DISEÑO: LEANDRO JOSMAR FRANCO BARAHONA	CALEDÓN: MARZO 2014	ESCALA: INDICADA
DIBUJO: LEANDRO JOSMAR FRANCO BARAHONA	FECHA: MARZO 2014	PROYECTO: 13
PROYECTISTA: LEANDRO JOSMAR FRANCO BARAHONA	PROYECTO: 2007-22258	U A I E

13



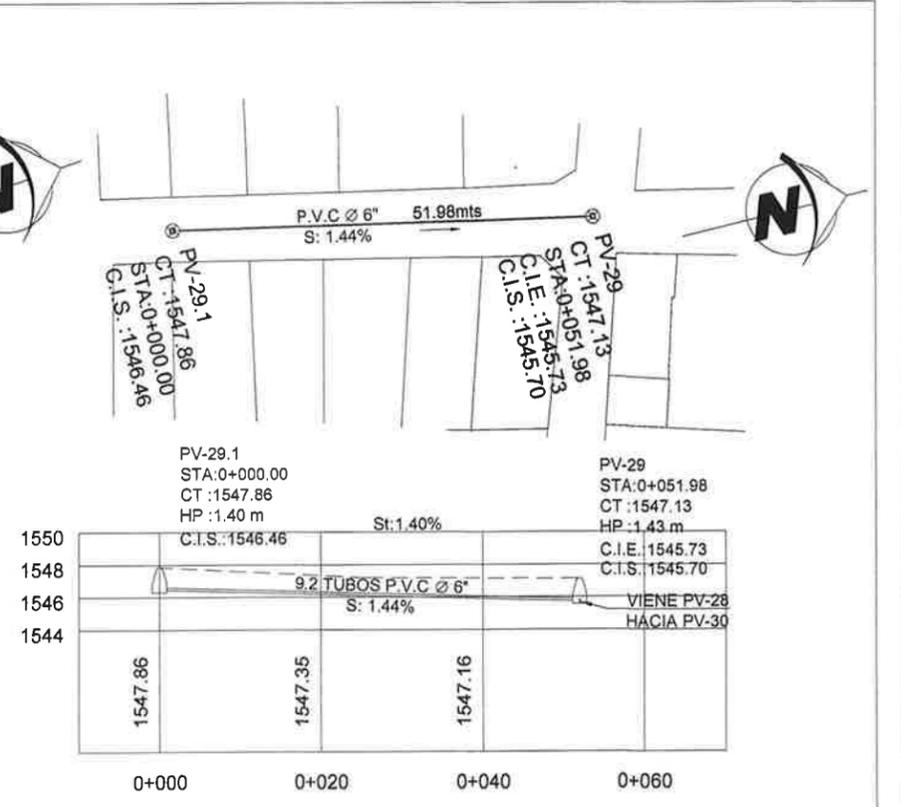
PLANTA PERFIL PV-27.1 A PV-27.2

ESCALA HORIZONTAL 1/1000
VERTICAL 1/500



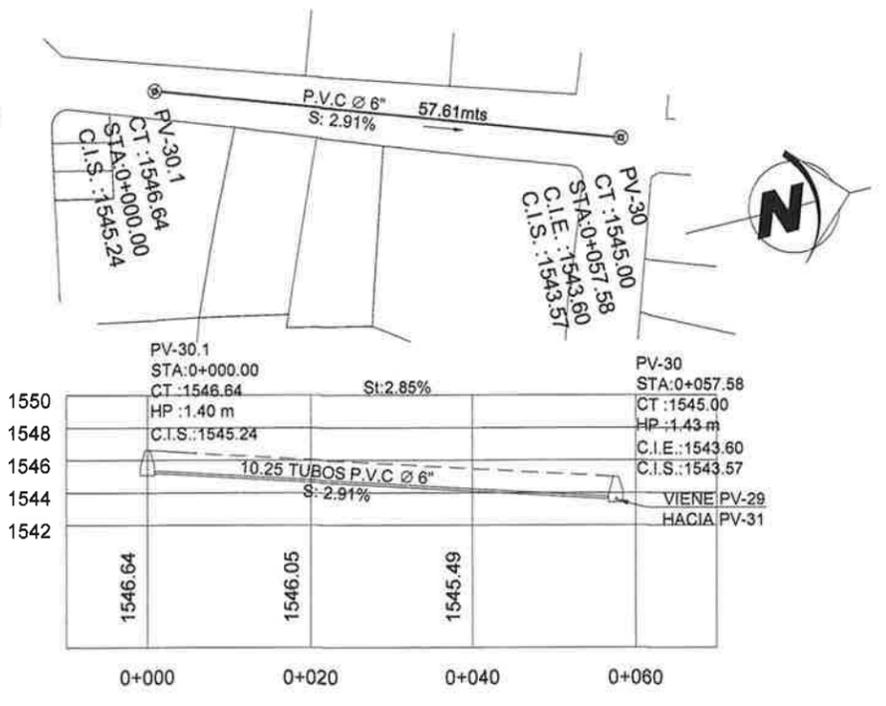
PLANTA PERFIL PV-28.1 A PV-28

ESCALA HORIZONTAL 1/1000
VERTICAL 1/500



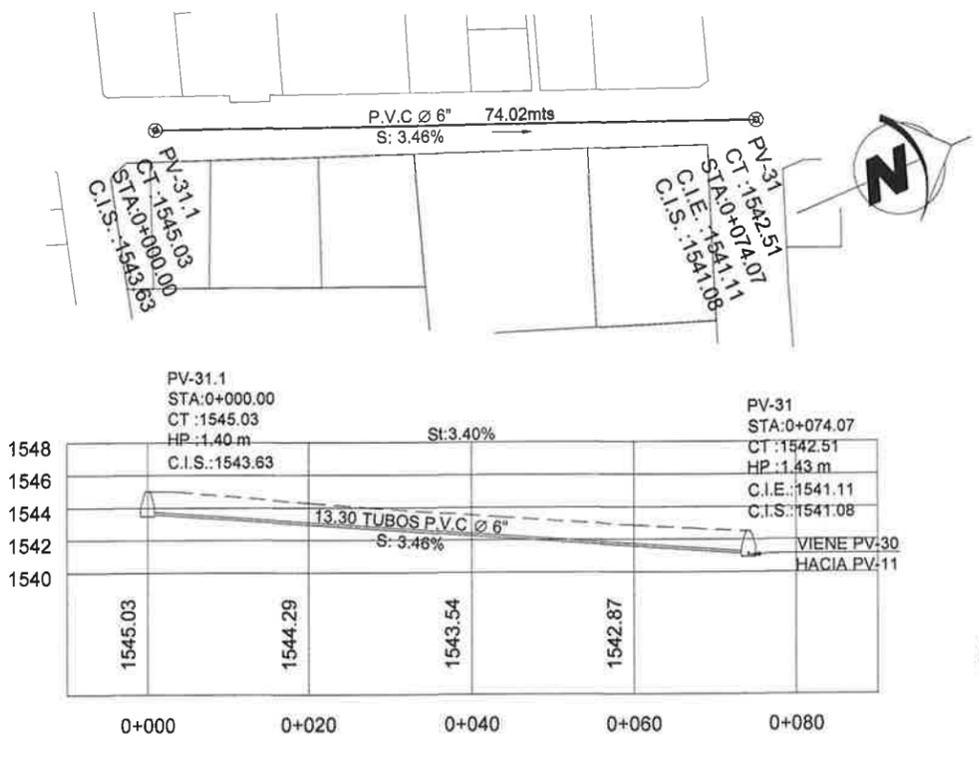
PLANTA PERFIL PV-29.1 A PV-29

ESCALA HORIZONTAL 1/1000
VERTICAL 1/500



PLANTA PERFIL PV-30.1 A PV-30

ESCALA HORIZONTAL 1/1000
VERTICAL 1/500



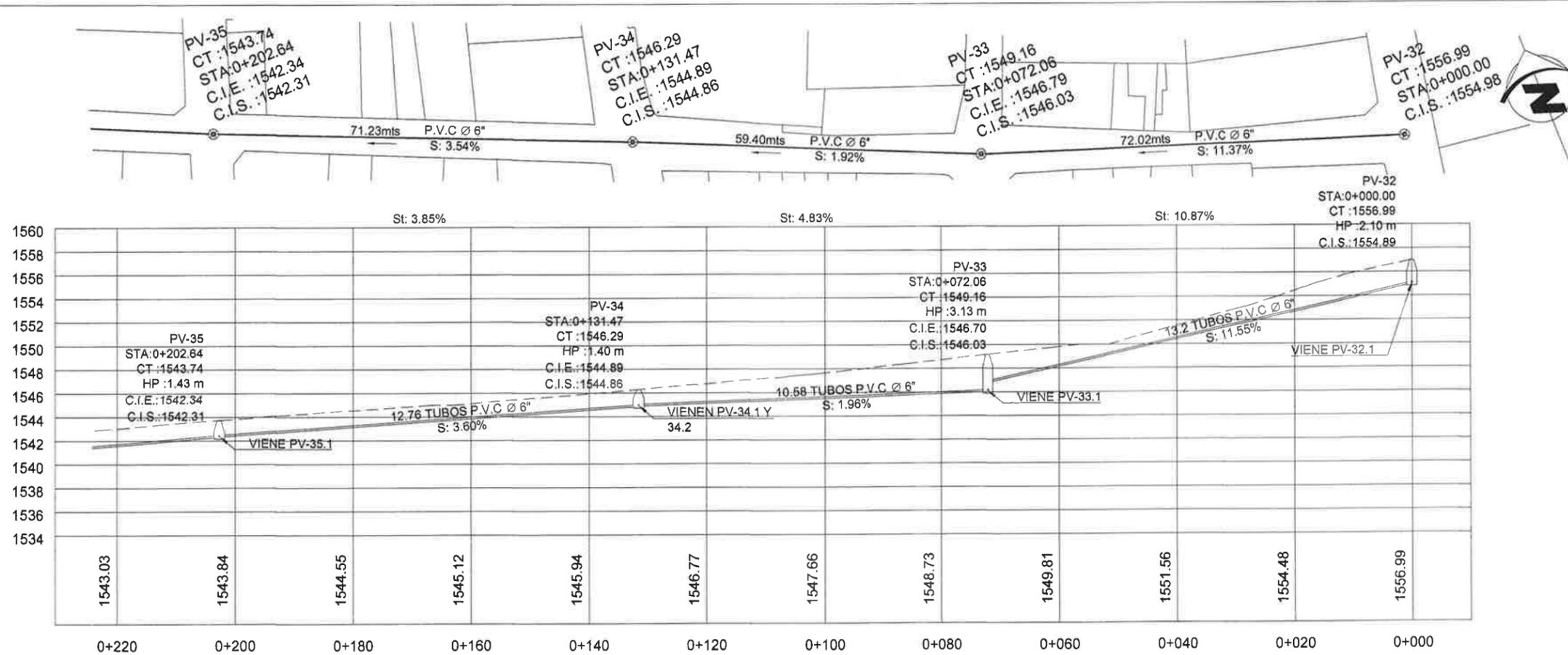
PLANTA PERFIL PV-31.1 A PV-31

ESCALA HORIZONTAL 1/1000
VERTICAL 1/500

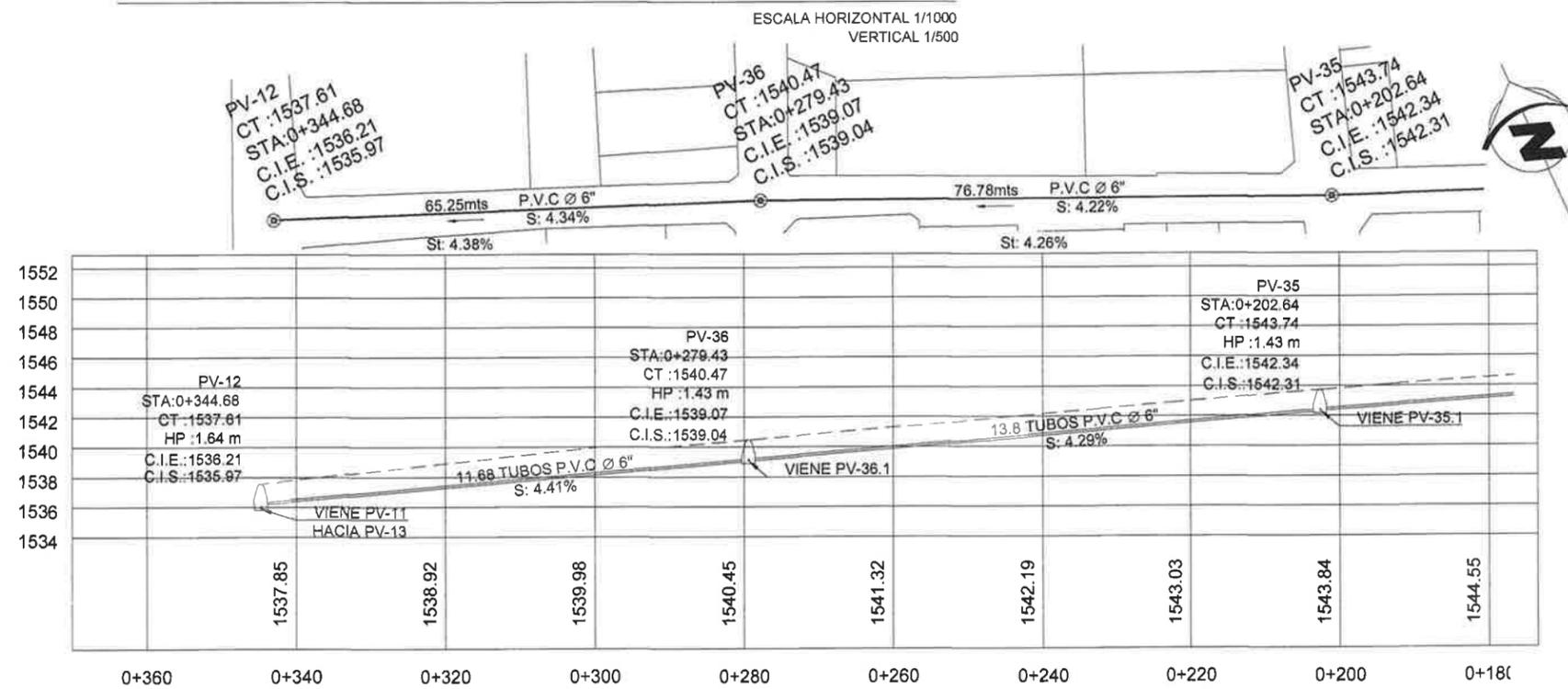


SIMBOLOGIA SISTEMA DE DRENAJES	
SIMBOLO	SIGNIFICADO
	POZO DE VISITA
	TUBERIA DE AGUAS NEGRAS
	INDICA LA DIRECCIÓN DEL FLUJO
	INDICA DIÁMETRO DEL TUBO
	NIVEL O COTA DEL TERRENO
	COTA INVERT DE ENTRADA
	COTA INVERT DE SALIDA
	INDICA LA PENDIENTE DE LA TUBERIA
	INDICA LA PENDIENTE DEL TERRENO
TUBERIA DE PVC NOVAFORT NORMA ASTM F-949	

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO			
PROYECTO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ZONA 2 DEL MUNICIPIO DE SANTA CATERINA FOLLA			
PLANTA Y PERFIL RAMAL 3			
DISEÑO: LEANDRO JOSÉ MAR FRANCO BARAHONA	ELABORADO: []	ESCALA: []	INDICADA: []
REVISADO: LEANDRO JOSÉ MAR FRANCO BARAHONA	FECHA: MARZO 2014	PROYECTO: []	[]
DISEÑADOR: LEANDRO JOSÉ MAR FRANCO BARAHONA		PROYECTO: 2007-22066	U A I E
H. D. J. A.		14	18

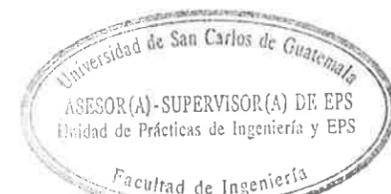


PLANTA PERFIL PV-35 A PV-12



PLANTA PERFIL PV-35 A PV-12

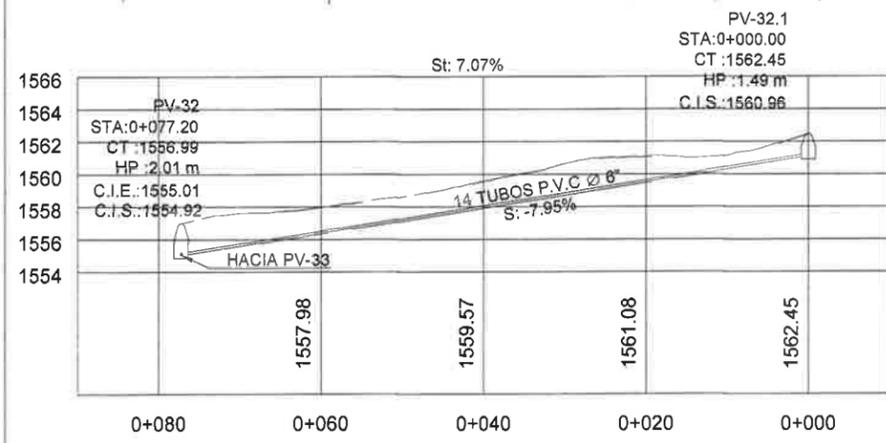
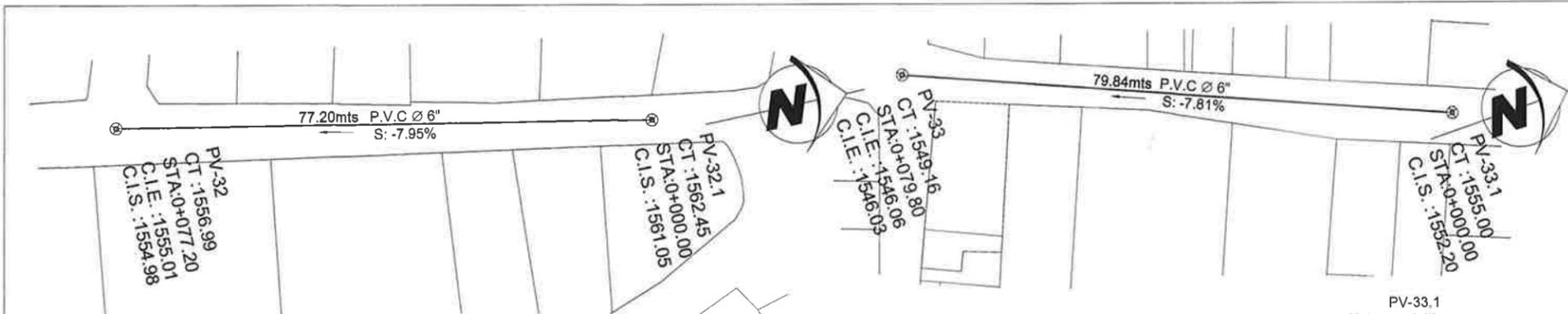
ESCALA HORIZONTAL 1/1000
VERTICAL 1/500



[Handwritten Signature]

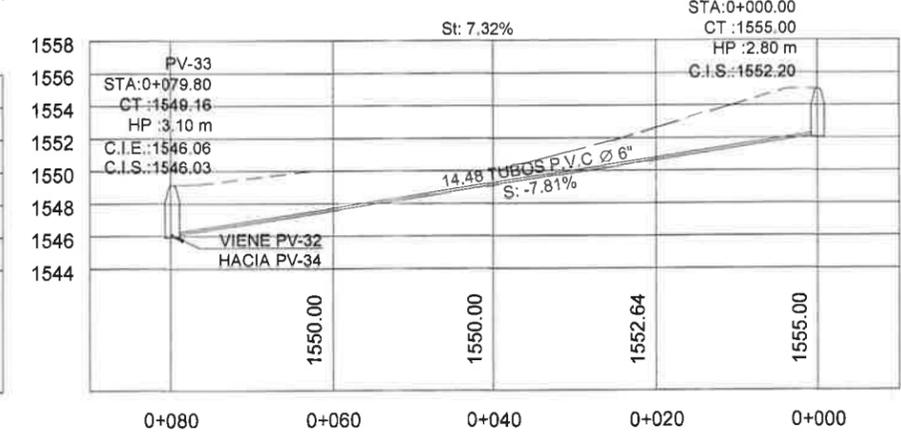
SIMBOLOGIA SISTEMA DE DRENAJES	
SÍMBOLO	SIGNIFICADO
	POZO DE VISITA
	TUBERIA DE AGUAS NEGRAS
	INDICA LA DIRECCIÓN DEL FLUJO
\emptyset	INDICA DIAMETRO DEL TUBO
CT	NIVEL O COTA DEL TERRENO
C.I.E.	COTA INVERT DE ENTRADA
C.I.S.	COTA INVERT DE SALIDA
S%	INDICA LA PENDIENTE DE LA TUBERÍA
St%	INDICA LA PENDIENTE DEL TERRENO
TUBERIA DE PVC NOVAFORT NORMA ASTM F-949	

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO			
PROYECTO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ZONA 7 DEL MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PUSILA			
PLANTA Y PERFIL RAMAL 4			
DISEÑO: LEANDRO JOSSEMAR FRANCO BARAHONA	ELABORÓ: []	ESCALA: []	INDICADA: []
DISEÑO: LEANDRO JOSSEMAR FRANCO BARAHONA	FECHA: MARZO 2014	PROYECTO: []	
DISEÑO: LEANDRO JOSSEMAR FRANCO BARAHONA	NO. PLAN: 2007-22058	[]	
15		18	



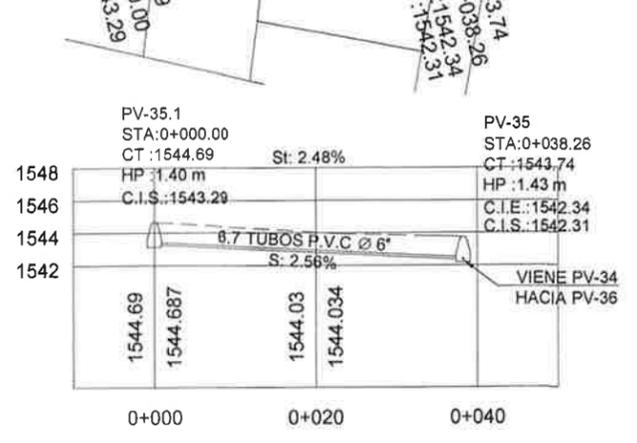
PLANTA PERFIL PV-32.1 A PV-32

ESCALA HORIZONTAL 1/1000
VERTICAL 1/500



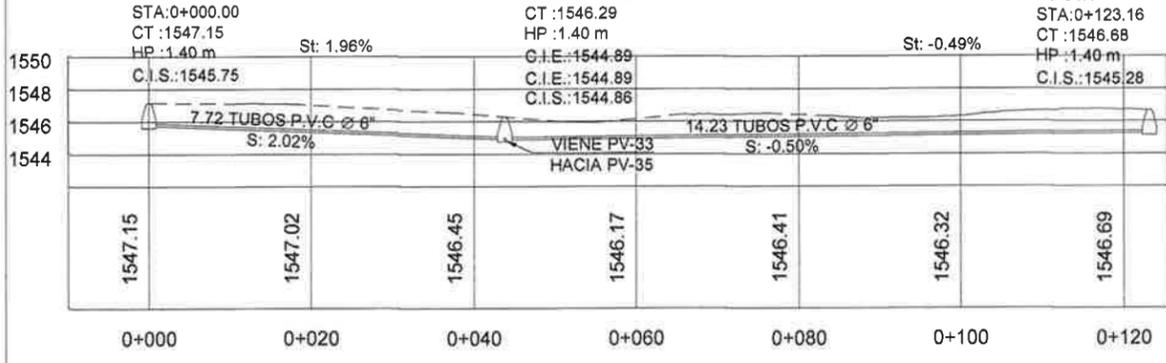
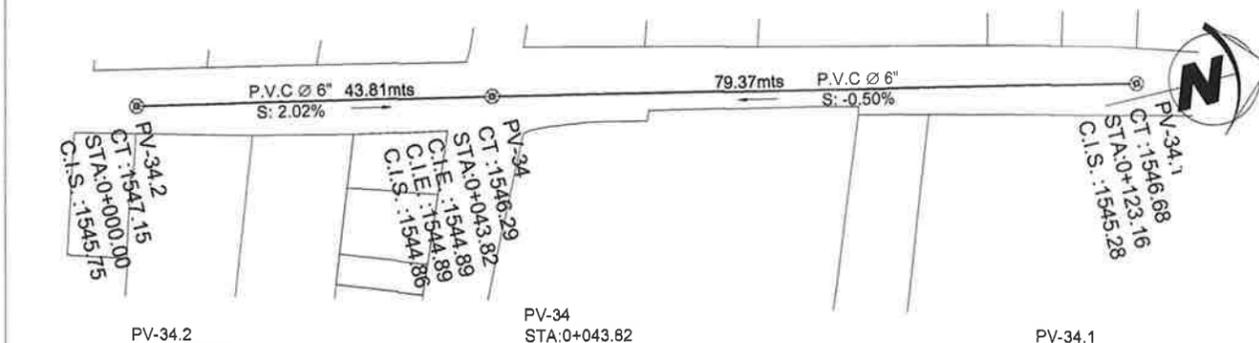
PLANTA PERFIL PV-33.1 A PV-33

ESCALA HORIZONTAL 1/1000
VERTICAL 1/500



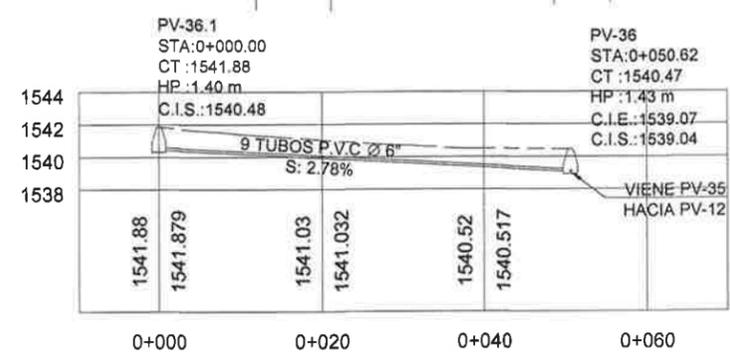
PLANTA PERFIL PV-35.1 A PV-35

ESCALA HORIZONTAL 1/1000
VERTICAL 1/500



PLANTA PERFIL PV-34.1 A PV-34.2

ESCALA HORIZONTAL 1/1000
VERTICAL 1/500



PLANTA PERFIL PV-36.1 A PV-36

ESCALA HORIZONTAL 1/1000
VERTICAL 1/500

SIMBOLOGÍA SISTEMA DE DRENAJES	
SÍMBOLO	SIGNIFICADO
	POZO DE VISITA
	TUBERÍA DE AGUAS NEGRAS
	INDICA LA DIRECCIÓN DEL FLUJO
	INDICA DIÁMETRO DEL TUBO
CT	NIVEL O COTA DEL TERRENO
C.I.E.	COTA INVERT DE ENTRADA
C.I.S.	COTA INVERT DE SALIDA
S%	INDICA LA PENDIENTE DE LA TUBERÍA
St%	INDICA LA PENDIENTE DEL TERRENO
TUBERÍA DE PVC NOVAFORT NORMA ASTM F-949	

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

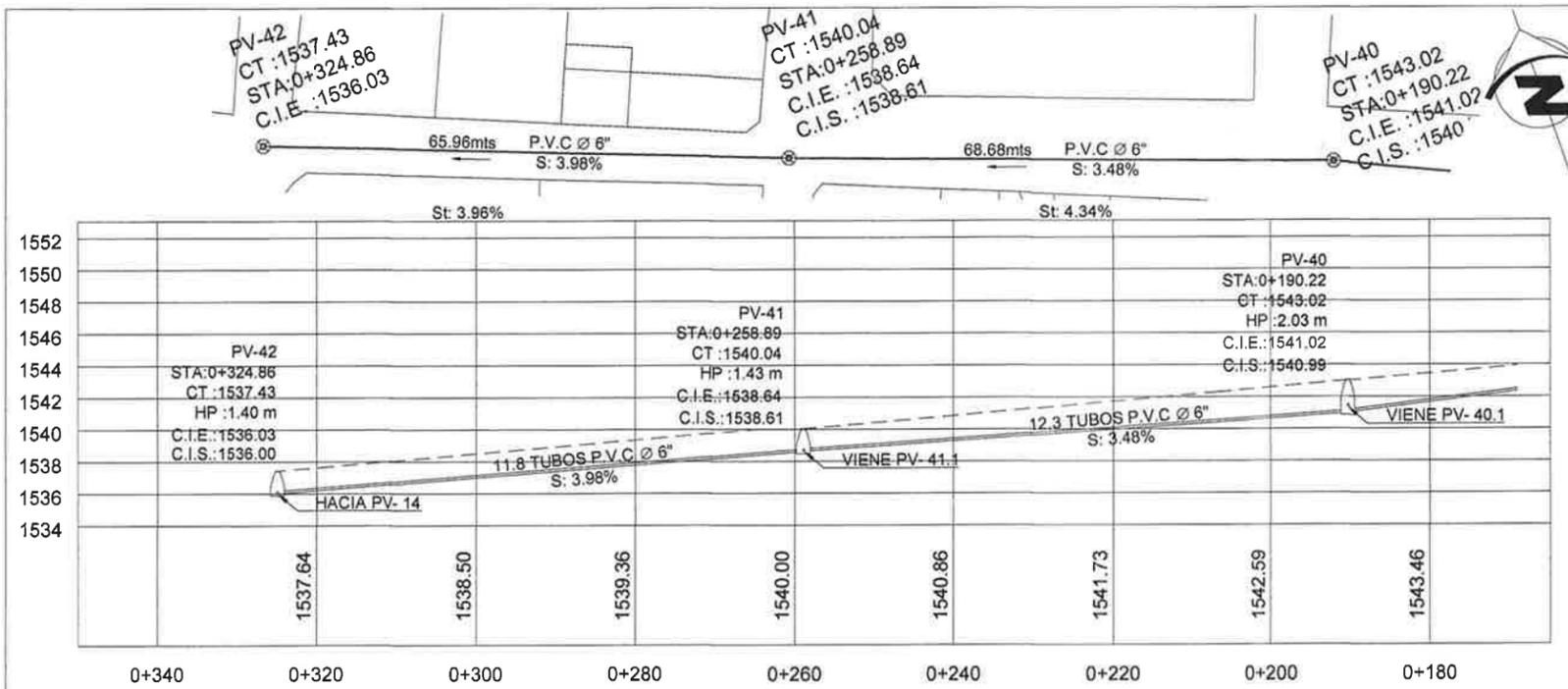
PROYECTO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ZONA 2 DEL MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PAJULA

PLANTA Y PERFIL RAMAL 4

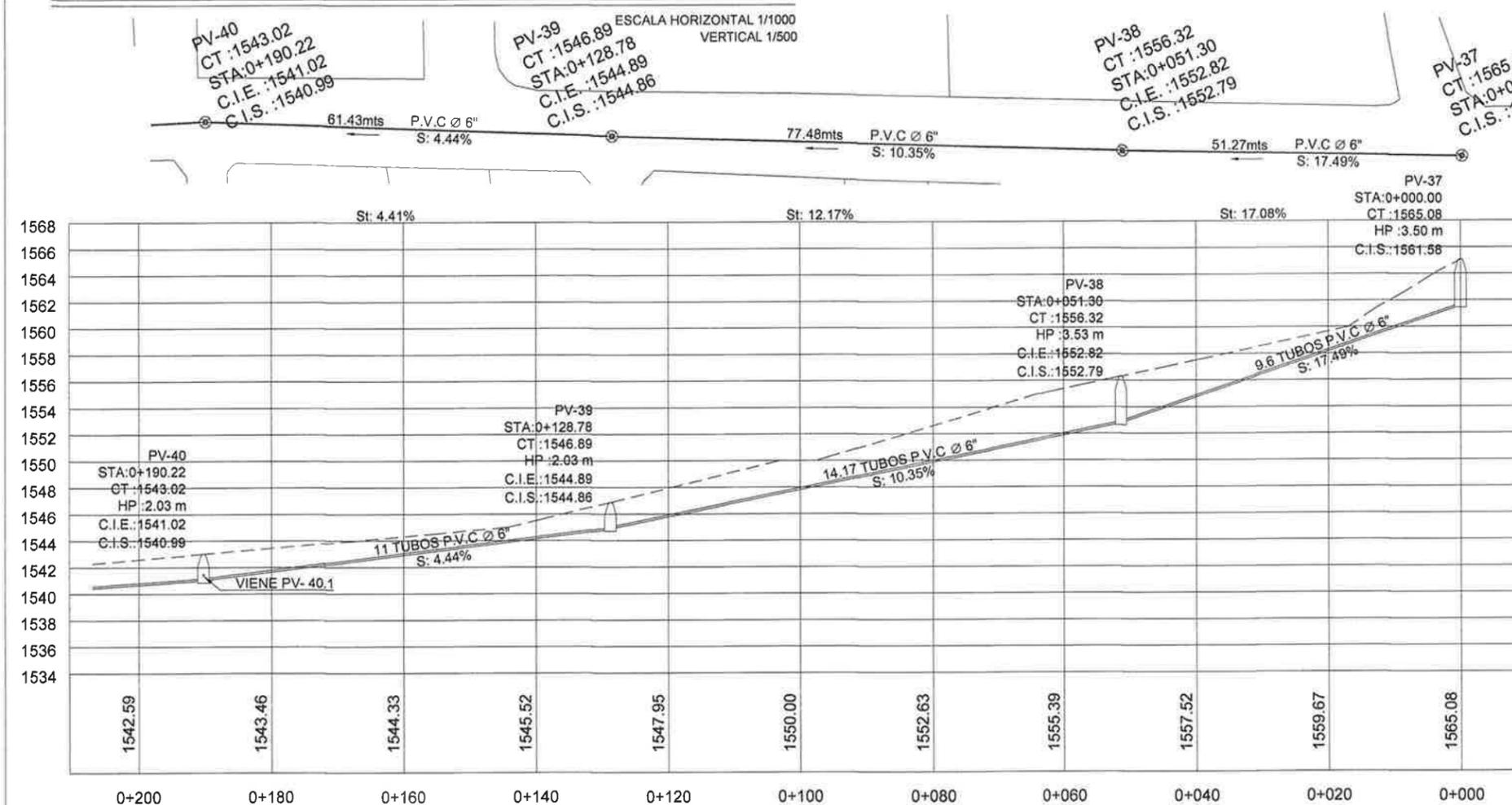
DIRIGIDO: LEANDRO JOSÉ MAR FRANCO BARAHONA
ELABORADO: LEANDRO JOSÉ MAR FRANCO BARAHONA
FECHA: MARZO 2014
PROYECTO Y AÑO: -

PROFESOR: LEANDRO JOSÉ MAR FRANCO BARAHONA
CARRERA: -
CÓDIGO: 2001-22298

H O J A: 16



PLANTA PERFIL PV-40 A PV-42



PLANTA PERFIL PV-37 A PV-40

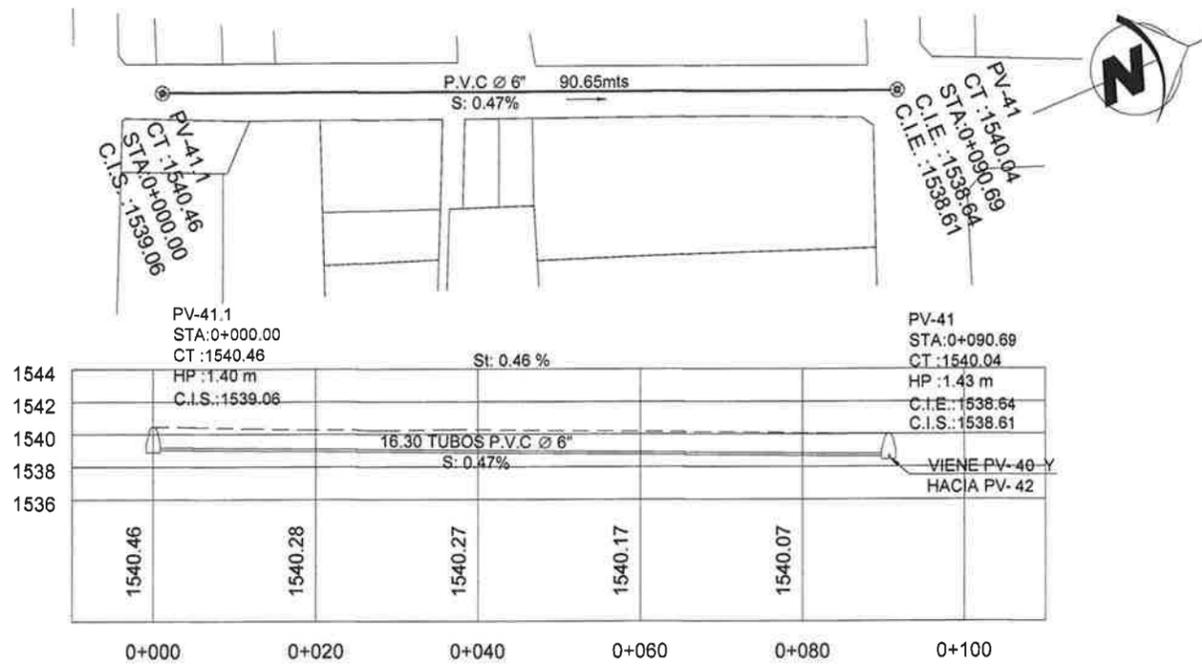
ESCALA HORIZONTAL 1/1000
VERTICAL 1/500



[Handwritten Signature]

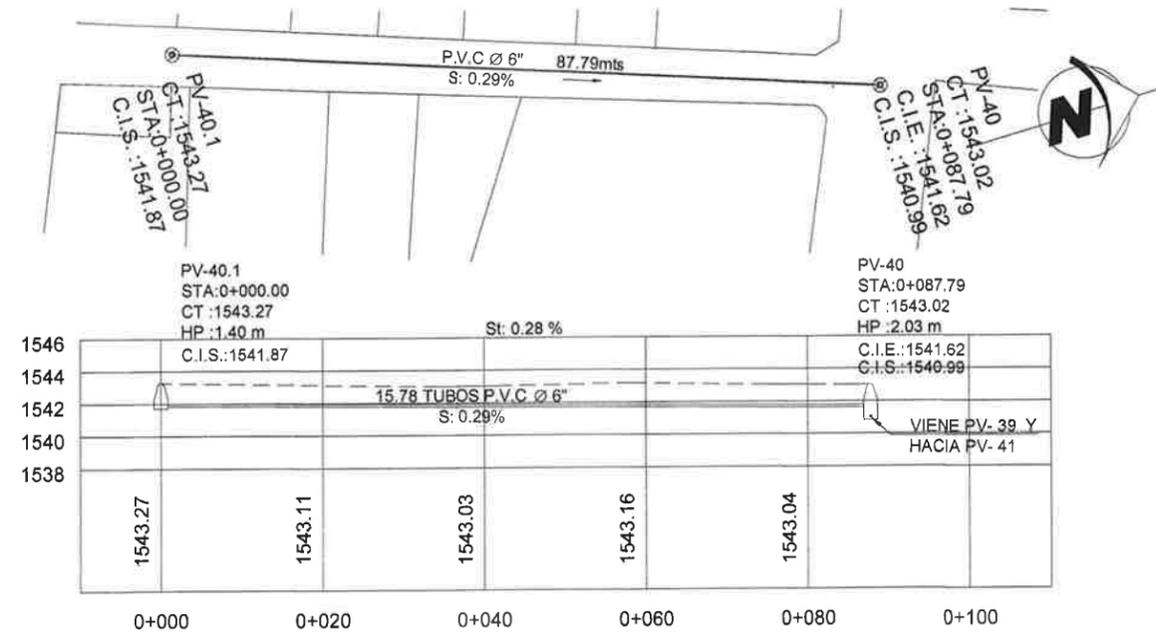
SIMBOLOGIA SISTEMA DE DRENAJES	
SIMBOLO	SIGNIFICADO
	POZO DE VISITA
	TUBERÍA DE AGUAS NEGRAS
	INDICA LA DIRECCIÓN DEL FLUJO
	INDICA DIÁMETRO DEL TUBO
CT	NIVEL O COTA DEL TERRENO
C.I.E.	COTA INVERT DE ENTRADA
C.I.S.	COTA INVERT DE SALIDA
S%	INDICA LA PENDIENTE DE LA TUBERIA
St%	INDICA LA PENDIENTE DEL TERRENO
TUBERIA DE PVC NOVAFORT NORMA ASTM F-949	

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO			
PROYECTO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ZONA 7 DEL MUNICIPIO DE SANTA CATERINA PAJULA			
PUNTO DE: PLANTA Y PERFIL RAMAL 5			
DISEÑO LEONOR JOSÉ MAR FRANCO BARAHONA	ELABORÓ LEONOR JOSÉ MAR FRANCO BARAHONA	FECHA MARZO 2014	REVISÓ -
ESPECIFICÓ LEONOR JOSÉ MAR FRANCO BARAHONA	2007-22256	U A I E	H D J A
			17
			18



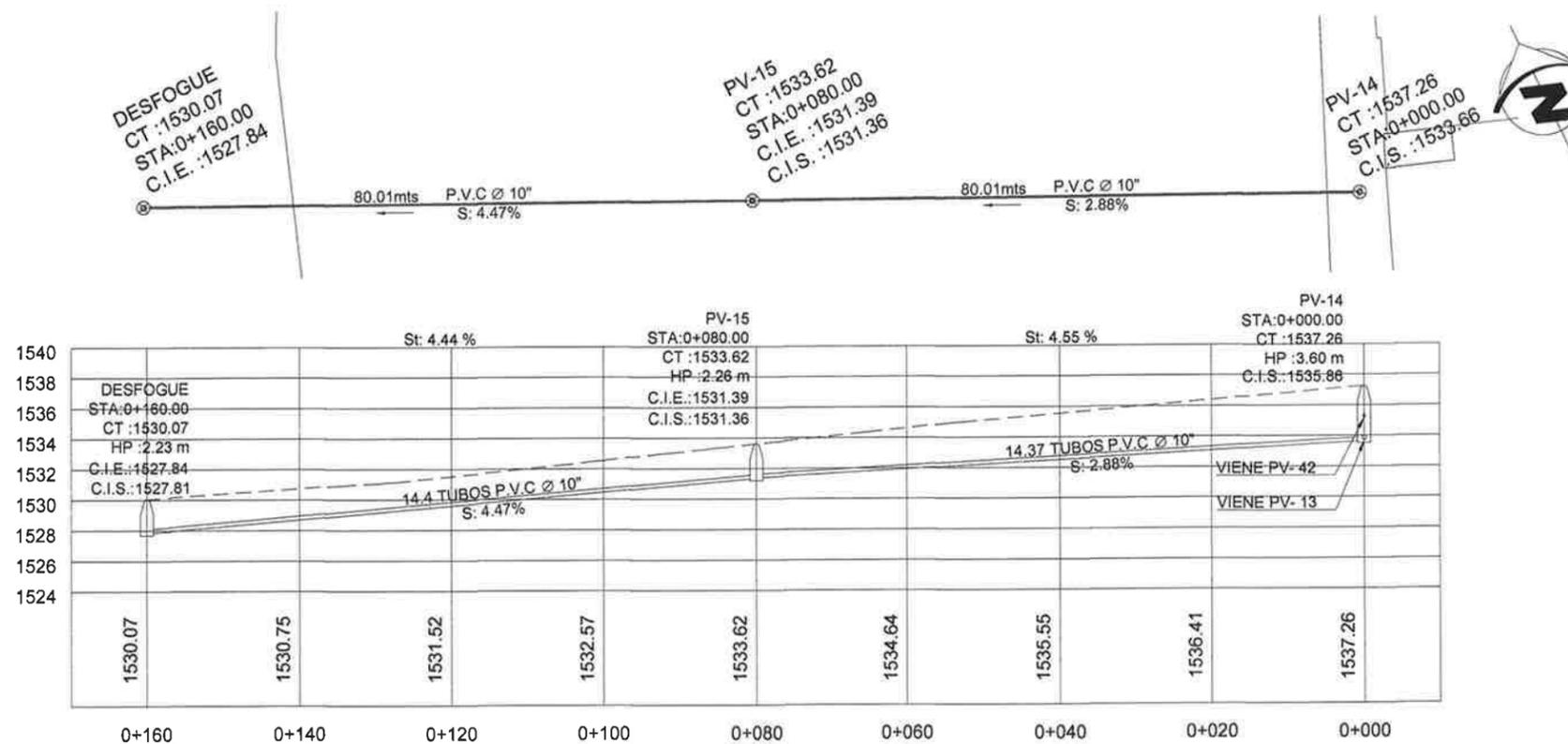
PLANTA PERFIL PV-41.1 A PV-41

ESCALA HORIZONTAL 1/1000
VERTICAL 1/500



PLANTA PERFIL PV-40.1 A PV-40

ESCALA HORIZONTAL 1/1000
VERTICAL 1/500



PLANTA PERFIL PV-14 A DESFOGUE

ESCALA HORIZONTAL 1/1000
VERTICAL 1/500



[Handwritten Signature]

SIMBOLOGÍA SISTEMA DE DRENAJES

SÍMBOLO	SIGNIFICADO
	POZO DE VISITA
	TUBERÍA DE AGUAS NEGRAS
	INDICA LA DIRECCIÓN DEL FLUJO
	INDICA DIÁMETRO DEL TUBO
CT	NIVEL O COTA DEL TERRENO
C.I.E.	COTA INVERT DE ENTRADA
C.I.S.	COTA INVERT DE SALIDA
S%	INDICA LA PENDIENTE DE LA TUBERÍA
St%	INDICA LA PENDIENTE DEL TERRENO
TUBERÍA DE PVC NOVAFORT NORMA ASTM F-949	

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ZONA 2 DEL MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PAJULA

PARCELA: PLANTA Y PERFIL RAMAL 5 Y DESFOGUE

DISEÑO: LEONORO JOSE MAR FRANCO BARRAHONA	CALCULO: LEONORO JOSE MAR FRANCO BARRAHONA	ESCALA: 1/1000	HOJADA: 18
FECHA: MARZO 2014	PREPUESTO: ...		
AUTORIZADO: LEONORO JOSE MAR FRANCO BARRAHONA		FECHA: 2007-22-2008	U A I E