



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

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA
SACOJITO Y AMPLIACIÓN DEL EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA LA ALDEA
EL DURAZNO, CHINAUTLA, GUATEMALA.**

Kevin Ottoniel Rodríguez Cahueque

Asesorado por la Inga. Mayra Rebeca García Soria de Sierra

Guatemala, Septiembre de 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA
SACAJITO Y AMPLIACIÓN DEL EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA LA ALDEA
EL DURAZNO, CHINAUTLA, GUATEMALA.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

KEVIN OTTONIEL RODRÍGUEZ CAHUEQUE
ASESORADO POR INGA. MAYRA REBECA GARCÍA SORIA DE SIERRA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

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

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

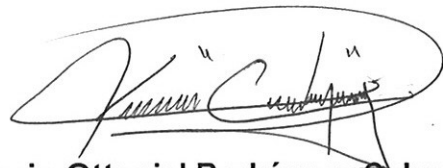
DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
EXAMINADORA	Inga. Mayra Rebeca García Soria de Sierra
EXAMINADORA	Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

DISEÑO DE UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA SACOJITO Y AMPLIACIÓN DEL EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA LA ALDEA EL DURAZNO, CHINAUTLA, GUATEMALA.

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 20 de abril de 2017.

A handwritten signature in black ink, enclosed within a hand-drawn oval. The signature is stylized and appears to read 'Kevin Ottoniel Rodríguez Cahueque'.

Kevin Ottoniel Rodríguez Cahueque



Guatemala, 06 de abril de 2018
Ref.EPS.DOC.320.04.18

Inga. Christa Classon de Pinto
Directora
Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimada Ingeniera Classon de Pinto:

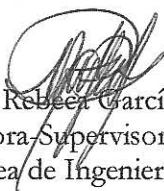
Por este medio atentamente le informo que como Asesora-Supervisora de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Kevin Ottoniel Rodríguez Cahueque**, Registro Académico 201212494 y CUI 2174 81892 0101, de la Carrera de Ingeniería Civil, procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **DISEÑO DE UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA SACOJITO Y AMPLIACIÓN DEL EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA LA ALDEA EL DURAZNO, CHINAUTLA, GUATEMALA.**

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”


Inga. Mayra Rebeca García Soria de Sierra
Asesora-Supervisora de EPS
Área de Ingeniería Civil

c.c. Archivo
MRGSdS/ra



Guatemala,
23 de abril de 2018

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

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DE UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA SACOJITO Y AMPLIACIÓN DEL EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA LA ALDEA EL DURAZNO, CHINAUTLA, GUATEMALA** desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Kevin Ottoniel Rodríguez Cahueque, con CUI 2174818920101 Registro Académico No. 201212494, quien contó con la asesoría de la Inga. Mayra Rebeca García Soria de Sierra.

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
HIDRÁULICA
USAC

/mrrm.





USAC
TRICENTENARIA
 Universidad de San Carlos de Guatemala
 FACULTAD DE INGENIERÍA

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

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



Guatemala,
 01 de agosto de 2018

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

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación DISEÑO DE UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA SACOJITO Y AMPLIACIÓN DEL EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA LA ALDEA EL DURAZNO, CHINAUTLA, GUATEMALA desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Kevin Ottoniel Rodríguez Cahueque, con Registro Estudiantil No. 201212494, quien contó con la asesoría de la Inga. Mayra Rebeca García Soria de Sierra.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS



Ing. Ronald Estuardo Galindo Cabrera
 Jefe del Departamento de Estructuras



FACULTAD DE INGENIERIA
 DEPARTAMENTO
 DE
 ESTRUCTURAS
 USAC

/mrrm.



Mas de 137 años de Trabajo y Mejora Continua



Guatemala, 02 de agosto de 2018
Ref.EPS.D.279.08.18

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

Estimado Ingeniero Montenegro Franco:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **DISEÑO DE UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA SACOJITO Y AMPLIACIÓN DEL EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA LA ALDEA EL DURAZNO, CHINAUTLA, GUATEMALA**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Kevin Ottoniel Rodríguez Cahueque**, Registro Académico **201212494** y CUI **2174 81892 0101**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por la Inga. Mayra Rebeca García Soria de Sierra.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


Inga. Christa Classon de Pinto
Directora Unidad de EPS



CCdP/ra



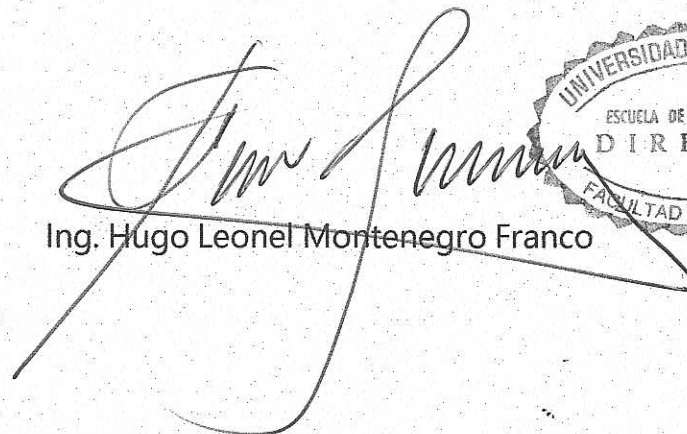
USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA

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

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesora Inga. Mayra Rebeca García Soria de Sierra y de la Coordinadora de E.P.S. Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto, al trabajo de graduación del estudiante Kevin Ottoniel Rodríguez Cahueque titulado **DISEÑO DE UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA SACOJITO Y AMPLIACIÓN DEL EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA LA ALDEA EL DURAZNO, CHINAUTLA, GUATEMALA** da por éste medio su aprobación a dicho trabajo.


Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, septiembre 2018

/mrrm.

Más de 138 años de Trabajo y Mejora Continua

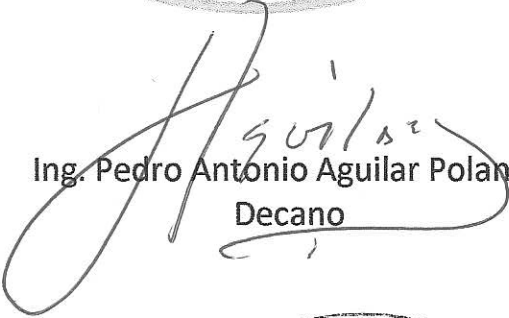




DTG. 337.2018

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA SACOJITO Y AMPLIACIÓN DEL EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA LA ALDEA EL DURAZNO, CHINAUTLA, GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario: **Kevin Ottoniel Rodríguez Cahueque**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano

Guatemala, septiembre de 2018

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por brindarme la oportunidad de culminar una de muchas metas en mi vida a través de sus innumerables bendiciones.
Mi mamá	Mirna Violeta Cahueque Peláez. Por ser un pilar importante en mi vida y por su apoyo incondicional en todo momento.
Mi papá	Otto Rene Rodríguez García. Porque siempre me mostraste tu apoyo y estuviste pendiente de mi crecimiento profesional.
Mi hermana	Mirna Aracely Rodríguez Cahueque de Salvatierra. Porque siempre estuviste para mí cuando más necesite de ti.
Mis sobrinos	Porque todos fueron una gran bendición para nuestras vidas y motivo de superación personal.
Mis familiares	Por estar presentes y apoyarme en diferentes maneras.
Mis amigos	Por compartir esta experiencia juntos y por todos los momentos inolvidables a lo largo de la carrera.

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por brindarme la oportunidad y ser el cimiento en mi futura vida como profesional.

Facultad de Ingeniería

Por los conocimientos adquiridos durante la carrera.

**Inga. Mayra Rebeca
García Soria de Sierra**

Por brindarme su apoyo a través de asesorías y conocimientos profesionales en la etapa final de mi carrera.

**Mis amigos de la
Facultad**

Por el apoyo académico mutuo en nuestro camino universitario y de este modo, culminar todos con nuestra meta.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XIII
GLOSARIO	XIX
RESUMEN.....	XXV
OBJETIVOS.....	XXVII
INTRODUCCIÓN	XXIX
1. FASE DE INVESTIGACIÓN	1
1.1. Monografía del municipio de Chinaulta	1
1.1.1. Aspectos generales	1
1.1.2. Aspecto geográfico	2
1.1.3. Aspectos social y demográfico	2
1.2. Monografía de la aldea Sacojito	4
1.2.1. Generalidades	4
1.2.1.1. Ubicación geográfica	4
1.2.1.2. Límites y colindancias.....	5
1.2.1.3. Aspectos topográficos	6
1.2.1.4. Tipo de suelo	6
1.2.1.5. Aspectos climáticos	9
1.2.2. Necesidades básicas.....	9
1.2.2.1. Datos de la población	9
1.2.2.2. Datos de vivienda	10
1.2.2.3. Datos sobre el uso del agua	10
1.2.2.4. Disposición de aguas servidas	11

1.2.3.	Investigación sobre las necesidades prioritarias de servicios públicos en la aldea Sacojito	12
1.3.	Monografía de la aldea El Durazno	13
1.3.1.	Generalidades	13
1.3.1.1.	Ubicación geográfica	13
1.3.1.2.	Límites y colindancias	14
1.3.1.3.	Vías de acceso	14
1.3.1.4.	Aspectos climáticos	14
1.3.2.	Aspectos demográficos	15
1.3.2.1.	Población.....	15
1.3.2.2.	Distribución de la población.....	16
1.3.3.	Aspectos de infraestructura.....	16
1.3.3.1.	Servicios públicos.....	16
1.3.3.2.	Diseño arquitectónico de viviendas	16
1.3.3.3.	Tipología de viviendas.....	17
1.3.4.	Marco económico y social	17
1.3.4.1.	Población estudiantil	17
1.3.4.2.	Servicios al complejo educativo	17
1.3.4.3.	Actividades culturales y deportivas	17
2.	FASE DE SERVICIO TECNICO PROFESIONAL	18
2.1.	Diseño de sistema de alcantarillado sanitario para la aldea Sacojito	18
2.1.1.	Descripción del proyecto	18
2.1.2.	Levantamiento topográfico	19
2.1.2.1.	Levantamiento planimétrico.....	19
2.1.2.2.	Levantamiento altimétrico.....	19
2.1.3.	Tipo de sistema a utilizar	21
2.1.4.	Periodo de diseño	22

2.1.5.	Estimación de la población de diseño.....	23
2.1.6.	Determinación del caudal de aguas servidas	24
2.1.6.1.	Población tributaria	24
2.1.6.2.	Dotación	24
2.1.6.3.	Factor de retorno al sistema	24
2.1.6.4.	Factor de flujo instantáneo	25
2.1.6.5.	Relación de diámetros y caudales	26
2.1.6.6.	Caudal sanitario.....	26
2.1.6.6.1	Caudal domiciliar	26
2.1.6.6.2	Caudal de infiltración	27
2.1.6.6.3	Caudal comercial.....	28
2.1.6.6.4	Caudal de conexiones ilícitas	28
2.1.6.6.5	Factor de caudal medio (fqm)	29
2.1.6.6.6	Caudal de diseño.....	31
2.1.7.	Tipo de tubería a utilizar	31
2.1.8.	Normas de diseño.....	32
2.1.8.1.	Diseño de secciones y pendientes	32
2.1.8.2.	Velocidades máximas y mínimas.....	32
2.1.8.3.	Cotas invert.....	33
2.1.8.4.	Profundidad de instalación de tuberías.....	36
2.1.8.5.	Obras complementarias.....	36
2.1.8.5.1	Colectores	37
2.1.8.5.2	Pozos de visita	37
2.1.8.5.3	Conexiones domiciliares.....	37
2.1.8.6.	Ejecución del trabajo	41

	2.1.8.6.1	Información general	41
	2.1.8.6.2	Limpieza, chapeo y desmante	42
	2.1.8.6.3	Zanjeo y ancho de zanja	43
	2.1.8.6.4	Colocación de la tubería	44
	2.1.8.6.5	Cama de asiento	46
	2.1.8.6.6	Juntas	47
	2.1.8.6.7	Relleno	48
2.1.9.		Diseño de la red de alcantarillado sanitario	54
	2.1.9.1.	Diseño hidráulico	54
		2.1.9.1.1 Principio hidráulicos	54
	2.1.9.2.	Ejemplo de diseño de un tramo	55
	2.1.9.3.	Elaboración de planos	60
	2.1.9.4.	Resumen de presupuesto	61
	2.1.9.5.	Análisis socioeconómico	61
	2.1.9.6.	Evaluación de impacto ambiental	63
	2.1.9.7.	Administración, operación y mantenimiento	63
2.2.		Diseño de ampliación de edificio escolar de dos niveles para la aldea El Durazno	63
	2.2.1.	Descripción del proyecto	63
	2.2.2.	Investigación preliminar	64
		2.2.2.1. Disposición del área del terreno	64
		2.2.2.2. Estudio de suelos	64
		2.2.2.2.1 Ensayo triaxial	64
	2.2.3.	Diseño arquitectónico	68
		2.2.3.1. Ubicación del edificio	69

2.2.3.2.	Distribución de ambientes.....	69
2.2.3.3.	Altura del edificio	70
2.2.3.4.	Selección del sistema estructural a utilizar	70
2.2.4.	Análisis estructural.....	71
2.2.4.1.	Pre-dimensionamiento de elementos estructurales	72
2.2.4.1.1	Vigas	72
2.2.4.1.2	Losas.....	74
2.2.4.1.3	Columnas	76
2.2.4.2.	Modelos matemáticos de marcos rígidos.....	80
2.2.4.3.	Análisis de carga por AGIES	82
2.2.4.4.	Análisis de marcos rígidos utilizando la herramienta software ETABS.....	116
2.2.4.5.	Resultados de análisis estructural por el método de Kani con nudos desplazables.....	124
2.2.4.6.	Comparación de resultados por medio de método numérico y ETABS 2016.....	139
2.2.4.7.	Momentos últimos por envolvente de momentos	139
2.2.4.8.	Cortes últimos.....	142
2.2.5.	Diseño estructural.....	144
2.2.5.1.	Diseño de losas	144
2.2.5.2.	Diseño de vigas	161
2.2.5.3.	Diseño de columnas	165
2.2.5.4.	Diseño de la cimentación.....	180

2.2.5.5.	Diseño de muros	190
2.2.5.6.	Diseño de módulo de gradas.....	191
2.2.5.7.	Diseño de rampa	196
2.2.6.	Diseño de instalaciones hidráulicas y eléctricas....	199
2.2.6.1.	Instalaciones hidráulicas	199
2.2.6.2.	Instalaciones eléctricas	201
2.2.7.	Planos constructivos	202
2.2.8.	Resumen del presupuesto.....	204
2.2.9.	Análisis socioeconómico	205
2.2.10.	Evaluación de impacto ambiental.....	205
CONCLUSIONES.....		207
RECOMENDACIONES		209
BIBLIOGRAFÍA.....		211
APÉNDICES.....		213
ANEXOS.....		215

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Plano de localización del municipio.....	4
2.	Plano de ubicación de la aldea Sacojito.....	5
3.	Plano de ubicación de la aldea El Durazno.....	13
4.	Esquema de cotas invert.....	35
5.	Planta de conexión domiciliar.....	39
6.	Sección de una conexión domiciliar	40
7.	Apoyo de tubería sobre la cama de asiento	47
8.	Cuidados en la selección del suelo de relleno inicial	50
9.	Colocación del relleno inicial	51
10.	Colocación del relleno debajo de los riñones de la tubería	52
11.	Compactación relleno superior.....	54
12.	Analogía en el comportamiento de un canal abierto y una tubería en sección parcialmente llena	55
13.	Factores de capacidad de carga de Terzaghi	67
14.	Planta de edificio escolar	69
15.	Distribución original de áreas tributarias en vigas	75
16.	Distribución modificada de áreas tributarias en vigas	75
17.	Área tributaria sobre la columna crítica	77
18.	Elevación frontal del edificio escolar	81
19.	Perfil del edificio escolar.....	81
20.	Diagrama de áreas tributarias eje 3, sentido X	84
21.	Diagrama de áreas tributarias eje B, sentido Y	85
22.	Cargas verticales eje 3, sentido X.....	87

23.	Cargas verticales en eje B, sentido Y	89
24.	Zonificación sísmica para la República de Guatemala	93
25.	Distribución vertical de fuerza sísmica en sentido X.....	103
26.	Distribución vertical de fuerza sísmica en sentido Y.....	103
27.	Centro de masa y centro de rigidez segundo nivel	110
28.	Centro de masa y centro de rigidez primer nivel.....	110
29.	Fuerzas horizontales en eje 3, sentido X	115
30.	Fuerzas horizontales en eje B, sentido Y.....	116
31.	Momentos en vigas por carga muerta eje 3, sentido X.....	117
32.	Momentos en columnas por carga muerta eje 3, sentido X.....	118
33.	Momentos en vigas por carga viva eje 3, sentido X.....	118
34.	Momentos en columnas por carga viva eje 3, sentido X.....	119
35.	Momentos en vigas por carga sísmica eje 3, sentido X.....	119
36.	Momentos en columnas por carga sísmica eje 3, sentido X.....	120
37.	Momentos en vigas por carga muerta eje B, sentido Y.....	120
38.	Momentos en columnas por carga muerta eje B, sentido Y.....	121
39.	Momentos en vigas por carga viva eje B, sentido Y	121
40.	Momentos en columnas por carga viva eje B, sentido Y	122
41.	Momentos en vigas por carga sísmica eje B, sentido Y.....	122
42.	Momentos en columnas por carga sísmica eje B, sentido Y.....	123
43.	Isométrico del edificio	123
44.	Esquema de iteraciones con carga muerta sobre el marco 3, sentido X.....	130
45.	Momentos en vigas por carga muerta eje 3, sentido X.....	132
46.	Momentos en columnas por carga muerta eje 3, sentido X.....	132
47.	Esquema de iteraciones con carga viva sobre el marco 3, sentido X.	133
48.	Momentos en vigas por carga viva eje 3, sentido X.....	134
49.	Momentos en columnas por carga viva eje 3, sentido X.....	134

50.	Esquema de iteraciones con carga sísmica sobre marco 3, sentido X	137
51.	Momentos en vigas por carga sísmica eje 3, sentido X	138
52.	Momentos en columnas por carga sísmica eje 3, sentido X	138
53.	Momentos últimos en vigas en marco 3, sentido X	141
54.	Momentos últimos en columnas en marco 3, sentido X	142
55.	Cortes últimos en vigas en marco 3, sentido X	143
56.	Cortes últimos en columnas en marco 3, sentido X	144
57.	Diagrama de losas segundo nivel	145
58.	Momentos en losas segundo nivel [Kg*m]	148
59.	Momentos balanceados en losas segundo nivel [Kg*m]	150
60.	Diagrama de losas primer nivel	151
61.	Momentos en losas primer nivel [Kg*m]	151
62.	Momentos balanceados en losas primer nivel [Kg*m]	152
63.	Corte simple en zapata	184
64.	Corte por punzonamiento en zapata	186
65.	Dimensiones de gradas.....	192
66.	Longitud de diseño de módulo de gradas	193
67.	Momentos de empotramiento.....	194

TABLAS

I.	Población del área rural del municipio de Chinautla.....	3
II.	Suelos de Guatemala según su agrupación área y extensión relativa	7
III.	Posición fisiográfica, material madre y características de los perfiles de los suelos de Guatemala.....	8
IV.	Suelos de Guatemala, características importantes que influyen su uso	8

V.	Datos meteorológicos, estación INSIVUMEH	9
VI.	Población actual de la aldea Sacojito (año 2018)	10
VII.	Abastecimiento de agua potable de la aldea Sacojito.....	11
VIII.	Prioridad de servicios públicos en la aldea Sacojito	12
IX.	Datos meteorológicos, estación San Pedro Ayampuc	15
X.	Población actual de la aldea El Durazno (año 2018)	15
XI.	Profundidades mínimas de tubería de PVC	36
XII.	Ancho de zanja	44
XIII.	Espesores de capas de compactación recomendadas.....	53
XIV.	Datos de diseño	55
XV.	Valor soporte permisible según tipo de suelo	65
XVI.	Alturas o espesores mínimos de vigas no preesforzadas o losas reforzadas en una dirección a menos que se calculen las deflexiones.....	72
XVII.	Cargas vivas de uso frecuente	82
XVIII.	Clasificaciones de sistema estructural.....	93
XIX.	Nivel mínimo de protección sísmica y probabilidad del sismo de diseño	95
XX.	Coeficiente de sitio F_a	95
XXI.	Coeficiente de sitio F_v	96
XXII.	Factor N_a para periodos cortos de vibración	96
XXIII.	Factor N_v para periodos cortos de vibración	97
XXIV.	Resumen de fuerzas por nivel	102
XXV.	Centro de masa segundo nivel eje X	104
XXVI.	Centro de masa segundo nivel eje Y	105
XXVII.	Centro de masa primer nivel eje X.....	105
XXVIII.	Centro de masa primer nivel eje Y.....	106
XXIX.	Centro de rigidez segundo nivel eje X	108
XXX.	Centro de rigidez segundo nivel eje Y	108

XXXI.	Centro de rigidez primer nivel eje X	109
XXXII.	Centro de rigidez primer nivel eje Y	109
XXXIII.	Fuerzas segundo nivel eje X	113
XXXIV.	Fuerzas primer nivel eje X.....	113
XXXV.	Fuerzas segundo nivel eje Y	114
XXXVI.	Fuerzas primer nivel eje Y.....	114
XXXVII.	Resumen de fuerzas por marco y por nivel.....	115
XXXVIII.	Momentos fijos	127
XXXIX.	Rigidez de elementos.....	128
XL.	Momentos de sujeción	129
XLI.	Comparación de momentos obtenidos en marcos	139
XLII.	Áreas de acero segundo nivel eje X.....	156
XLIII.	Áreas de acero segundo nivel eje Y.....	157
XLIV.	Áreas de acero primer nivel eje X	158
XLV.	Áreas de acero primer nivel eje Y	159
XLVI.	Rigidez de elementos estructurales en sentido X	169
XLVII.	Evaluación de impacto ambiental para el diseño del edificio escolar de dos niveles para la aldea El Durazno	206

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
@	A cada
h	Altura de columna
h_v	Altura de viga
A_s	Área de acero de refuerzo
$A_{s_{m\acute{a}x}}$	Área de acero máximo permitido
$A_{s_{m\acute{i}n}}$	Área de acero mínimo permitido
$A_{s_{req}}$	Área de acero requerida
A_{ch}	Área de la sección transversal de un miembro estructural, medida entre los bordes exteriores del refuerzo transversal
A	Área de techo en hectáreas
A_z	Área de zapata
A_g	Área gruesa, área total de la sección
A_{st}	Área total del refuerzo longitudinal no preesforzado
b_v	Base de la viga
P_u	Carga axial
P_{cr}	Carga crítica de Euler
P'_u	Carga de resistencia de la columna
P'	arga de trabajo
D	Carga muerta
CM_U	Carga muerta última
C_u	Carga última

L	Carga viva
Q	Caudal a sección llena
q	Caudal a sección parcialmente llena
Q_{com}	Caudal comercial
$Q_{C.I.}$	Caudal de conexiones ilícitas
q	Caudal de diseño
Q_{inf}	Caudal de infiltración
Q_{dom}	Caudal domiciliar
Q_s	Caudal sanitario
C_m	Centro de masa
C_r	Centro de rigidez
C	Coefficiente de escorrentía de la superficie de la tubería
n	Coefficiente de rugosidad de Manning o Kutter
F_a	Coefficiente de sitio
F_v	Coefficiente de sitio
C	Coefficiente para cálculo de momentos en losas por el método 3 del ACI
C_s	Coefficiente sísmico
C_s	Coefficiente sísmico al límite de cedencia
C	Cohesión del suelo
C. I.	Conexiones ilícitas
V_b	Corte basal
V_s	Corte por sismo en marco
V_t	Corte por torsión en marco
V_T	Corte total en marco
I	Corriente en amperios
CI_E	Cota invert de entrada
CI_S	Cota invert de salida

C. T.	Cota del terreno
Df	Desplante de cimentación
D	Diámetro de la sección circular
m	Dirección de losa, uno o dos sentidos
d	Distancia desde la fibra extrema a compresión al centroide del refuerzo longitudinal sometido a tracción
D. H.	Distancia horizontal
E	Esbeltez de la columna
S	Espaciamiento de acero de refuerzo
S_{cd}	Espectro calibrado a nivel de diseño requerido
S_{1d}	Espectro calibrado a nivel de diseño requerido
EST	Estación
e_{1x}	Excentricidad accidental sentido x
e_{1y}	Excentricidad accidental sentido y
e_x	Excentricidad directa sentido x
e_y	Excentricidad directa sentido y
N'_c	Factor de capacidad de carga de Terzaghi
N'_q	Factor de capacidad de carga de Terzaghi
N'_y	Factor de capacidad de carga de Terzaghi
f _{qm}	Factor de caudal medio
F_{cu}	Factor de carga última
K_c	Factor de columna
μ_{ik}	Factores de giro o coeficientes de reparto
F. H.	Factor de Harmond
K	Factor de longitud efectiva
δ	Factor de magnificación de momentos
\emptyset	Factor de reducción

F. R.	Factor de retorno
β_{d1}	Factor del flujo plástico del concreto
N_a	Factor para periodos cortos de vibración
N_v	Factor para periodos cortos de vibración
ν	Factores de corrimiento
V_a	Fuerza cortante actuante en el elemento
F	Fuerza cortante en el nivel analizado
Q_n	Fuerza cortante en el piso
H	Fuerzas de sujeción
F_i	Fuerzas por nivel
ψ	Grado de empotramiento
I	Inercia
M''_{ik}	Influencias de desplazamiento
M'_{ik}	Influencias de giro
I	Intensidad de lluvia en mm/hora
PSI	Libras por pulgada cuadrada
L/hab/día	Litros por habitante por día
L/s	Litros sobre segundo
L_n	Longitud de confinamiento de estribo
L_u	Longitud de la columna entre apoyos
L	Longitud del elemento
$P_{n(máx)}$	Máximo valor permitido de P_n
m/seg	Metro por segundo
mm/hora	Milímetros por hora
G	Módulo de cortante
M_x	Momento de diseño en sentido x
M_y	Momento de diseño en sentido y
M_{dx}	Momento de diseño magnificado en sentido x

M_{dy}	Momento de diseño magnificado en sentido y
M_n	Momentos de piso
M_s	Momentos de sujeción
E_s	Módulo de elasticidad del acero
E_c	Módulo de elasticidad del concreto
M'_x	Momento de trabajo en sentido x
M'_y	Momento de trabajo en sentido y
MF_{ik}	Momentos fijos
$S_a(T)$	Ordenadas espectrales
S_{cs}	Ordenada espectral con ajuste por clase de sitio
S_{1s}	Ordenada espectral con ajuste por clase de sitio
S_{cr}	Ordenada espectral según el basamento del sitio de interés
S_{1r}	Ordenada espectral según el basamento del sitio de interés
S	Pendiente de la gradiente hidráulica m/m
$\%S$	Pendiente del terreno
T_a	Periodo de vibración empírico
T_s	Periodo de transición
γ_s	Peso específico del suelo
P_{col}	Peso de la columna
P_{viga}	Peso de la viga
W_T	Peso total de la estructura
$q_{m\acute{a}x}$	Presión máxima sobre el suelo
$q_{m\acute{i}n}$	Presión mínima sobre el suelo
q_d	Presión neta de diseño
q_u	Presión última
P_a	Población actual

P	Población en miles de habitantes
P_f	Población futura
PV	Pozo de visita
PO	Punto observado
r	Radio de giro
a/A	Relación de áreas
q/Q	Relación de caudales
v/V	Relación de velocidades
d/D	Relación de tirantes
ρ_s	Relación volumétrica
P'_o	Resistencia a la carga axial
f'_c	Resistencia a la compresión del concreto
f_y	Resistencia a la fluencia del acero de refuerzo
V_r	Resistencia al esfuerzo cortante en la zapata
V_c	Resistencia al esfuerzo cortante último
K_{col}	Rigidez de la columna
K_{viga}	Rigidez de la viga
K_{ik}	Rigidez de los elementos
r	Tasa de crecimiento poblacional
EI	Total de material
V_s	Valor soporte del suelo
V	Velocidad a sección llena
v	Velocidad a sección parcialmente llena
v	Velocidad de diseño

GLOSARIO

ACI 318S-11	American Concrete Institute año 2011.
AGIES	Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica.
Agua domiciliar	Aguas residuales que se producen por actividades domésticas (aguas negras y aguas grises).
Aguas pluviales	Aguas producto de la escorrentía.
Aguas servidas	Aguas que se descargan al sistema de alcantarillado luego de haber prestado su servicio.
Alcantarillado	Sistema construido por debajo de la subrasante con el objeto de evacuar aguas servidas y aguas pluviales.
Altimetría	Procedimiento topográfico para determinar la diferencia de nivel existente entre distintos puntos.
Área tributaria	Área de influencia que transmite cargas sobre un elemento estructural.
Axial	Relativo al eje longitudinal de un elemento.

Azimut	Ángulo formado entre dos líneas, medido desde el norte a favor de las agujas del reloj, entre 0° y 360°.
Biaxial	Elemento estructural que posee dos ejes.
Candela	Depósito que recibe las aguas servidas de un predio, puede ser una caja o una tubería de concreto.
Caudal	Volumen de agua sobre unidad de tiempo.
Colector	Tubería por la cual se conducen las aguas servidas, deben cumplir con los requisitos de diseño.
Colindancia	Contiguo, el más próximo.
Columna	Elemento estructural prismático de concreto reforzado que soporta cargas de compresión y torsión a lo largo de su eje vertical, con una relación entre altura y menor dimensión lateral mayor de 3.
Corte basal	Fuerza aplicada que el suelo transmite a la base de un edificio como producto de una acción sísmica.
Cota invert	Cota o altura de la parte inferior del tubo instalado a nivel del terreno natural.
Deflexión	Deformación de elementos estructurales formando una curvatura a lo largo del eje longitudinal.

Demografía	Estudio de la dimensión, estructura, evaluación y características generales de la población.
Desfogue	Punto efluente de las aguas servidas o pluviales.
Dotación	Cantidad de agua asignada a una persona por unidad de tiempo
Esbeltez	Reducción de la resistencia a las fuerzas de flexocompresión en los elementos estructurales de concreto reforzado, resultado de la relación entre longitud y peralte.
Estribo	Elemento estructural construido de acero que abraza el refuerzo longitudinal utilizado para resistir los esfuerzos cortantes.
Excentricidad	Distancia que existe entre el centro de la masa y el centro de rigidez.
Infiltración	Penetración del agua en el suelo.
Iteración	Repetición de una serie de funciones hasta obtener un dato continuo.
Losa	Elemento estructural de concreto reforzado de dimensiones rectangulares que transmite las cargas a los elementos horizontales y separa un piso de otro.

Longitud de desarrollo	Longitud embebida en el concreto que se requiere para poder desarrollar la resistencia de diseño de la armadura, en una sección crítica.
Momento	Producto de una fuerza neta por la distancia perpendicular a la línea de acción de esta al eje de rotación.
Permeabilidad	Capacidad de los suelos de disminuir la infiltración de agua en este.
Periodo de diseño	Tiempo en que un sistema prestará un servicio eficiente.
PVC	Policloruro de vinilo.
Rigidez	Capacidad de resistencia de un cuerpo a cambiar por la acción de fuerzas externas que actúan sobre el mismo.
Sedimentación	Proceso en el que los componentes más densos de una solución se depositan en el fondo de un recipiente.
Viga	Elemento estructural prismático de concreto reforzado utilizado para resistir esfuerzos a flexocompresión a lo largo de su eje horizontal.

Voladizo

Elemento estructural rígido de concreto reforzado apoyado en un solo extremo mediante un empotramiento.

Zapata

Tipo de cimentación superficial adecuado para transmitir las cargas gravitacionales al suelo, cuando este tiene propiedades de soporte.

RESUMEN

En el municipio de Chinautla, Guatemala, se realizó una evaluación diagnóstica para determinar las necesidades principales de cada aldea. Se recopiló la información necesaria y con esta, se determinó que en las aldeas no cuenta con algunos servicios básicos como lo son un sistema de alcantarillado sanitario y una infraestructura adecuada a nivel de educación. Con estos proyectos se pretende satisfacer las necesidades de los pobladores del municipio, en las aldeas Sacojito y El Durazno correspondientemente.

De tal manera, el estudio tendrá como finalidad establecer el diseño de un sistema de alcantarillado sanitario para la aldea Sacojito que cumplan con todos sus parámetros. Este se diseñó para un periodo de vida útil de 30 años por tratarse de un sistema nuevo y el desfogue llega a desembocar a una planta de tratamiento de aguas residuales que se tiene proyectada para un futuro según la municipalidad y así, darles su tratamiento correspondiente a las aguas residuales. Los colectores serán de tubería PVC AMANCO Novafort según la norma ASTM F949 y el sistema trabajara a gravedad, el diámetro mínimo permitido para la red principal es de 6" y para conexión domiciliar de 4".

Por otra parte, el diseño para la construcción de una infraestructura educativa para la aldea El Durazno contará con un área de 250 metros cuadrados, el cual consiste en el diseño de 6 salones de clase, 3 aulas en el primer nivel y 3 aulas para el segundo nivel. Las aulas son únicamente para área de estudio ya que ellos cuentan con su dirección del instituto y de igual forma sus servicios sanitarios.

Como se mencionó anteriormente, ambos proyectos deben cumplir con los parámetros y requerimientos de diseño con los cuales se pretende dar una solución técnica y económica a la problemática. Para ello se utilizarán los códigos y normas de construcción: ACI, AGIES, INFOM, UNEPAR.

OBJETIVOS

General

Diseñar un sistema de alcantarillado sanitario para la aldea Sacojito y la ampliación de un edificio escolar de dos niveles para la aldea El Durazno y de esta forma beneficiar a la población del municipio de Chinautla con servicios básicos adecuados

Específicos

1. Realizar una investigación diagnóstica y monográfica sobre los servicios básicos e infraestructura de las aldeas del municipio de Chinautla para determinar sus necesidades.
2. Diseñar una infraestructura a nivel de educación que cumpla con los códigos y normas de construcción.
3. Comparar a través del uso de un software y un método numérico el análisis de marcos rígidos para el diseño del edificio escolar.
4. Brindar una infraestructura adecuada de saneamiento de aguas residuales para evitar focos de contaminación y proliferación de enfermedades gastrointestinales y dérmicas.
5. Elaboración de planos y presupuesto para la ejecución de ambos proyectos.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, en el país, existe la necesidad de contar con los servicios básicos para un desarrollo humano adecuado en los ámbitos de empleo y estudio. De ahí surgen los requisitos constantes de la ejecución de proyectos que propicien una mejor calidad de vida de todos los ciudadanos guatemaltecos para lograr un desarrollo social constante y una mejora para el país.

El Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) tiene como objetivo principal poner en práctica los conocimientos teóricos y prácticos adquiridos en la carrera de ingeniería civil, para aplicarlos directamente en el campo pertinente. En este caso, para satisfacer la demanda del desarrollo en el país, tomando en cuenta cada departamento y cada una de sus comunidades.

El municipio de Chinautla se encuentra ubicado al norte de la ciudad capital, además este es considerado como municipio dormitorio debido a su cercanía de la ciudad capital, ya que la población se desplaza para desarrollar sus actividades laborales y en busca de oportunidades. La tasa de crecimiento del municipio de Chinautla es de 4,70% anual, por lo que crece diariamente la necesidad de contar con todos sus servicios básicos.

La municipalidad de Chinautla brinda la mayoría de los servicios básicos a, prácticamente, todo el territorio que se encuentra bajo su jurisdicción, invirtiendo en mantenimiento de caminos ya existentes, sistemas de agua potable, estabilización de suelos de terracería, instalación de drenajes sanitarios e infraestructuras de primera calidad a nivel de educación. La municipalidad de Chinautla ha contemplado las necesidades de las aldeas en cuanto a infraestructura de servicios básicos por lo cual prioriza los proyectos en demanda a la población.

Antes de realizar el diagnóstico y evaluación de las poblaciones se debe considerar que los proyectos deben tener como prioridad dar una solución técnica favorable a las necesidades presentadas por las necesidades del municipio de Chinautla. Una vez desarrollado el diagnóstico se determinó la ausencia de dos necesidades básicas que deben ser planificadas a la mayor brevedad, las cuales son: diseño de un sistema de alcantarillado sanitario para la aldea Sacojito y diseño de un edificio escolar de dos niveles para la aldea El Durazno.

La aldea Sacojito, a partir del 2009, cuenta con sistema de agua potable, pero no dispone de un sistema de alcantarillado sanitario. Debido a la falta de este recurso, la aldea necesita recurrir al uso de las fosas sépticas e inclusive de tirar sus desechos a flor de tierra o botaderos, lo cual causará daños en un futuro debido a la contaminación de los mantos freáticos y brote de enfermedades.

Por otra parte, los edificios con los que cuentan los estudiantes de la aldea El Durazno no se encuentran en óptimas condiciones para una adecuada seguridad y confort de estos. Son dos aulas con materiales prefabricados y techo de estructura metálica con lámina galvanizada. Ambos módulos de aulas tienen más de diez años de existencia, por lo cual se da la necesidad de un nuevo módulo para los estudiantes.

Con este trabajo se pretende plantear una solución factible y viable a dicha problemática, así como también los alcances, límites y plan de trabajo de estos, con el objetivo de mejorar la calidad de vida del municipio.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1. Monografía del municipio de Chinaulta

1.1.1. Aspectos generales

Chinaulta es uno de los 17 municipios del departamento de Guatemala, en su territorio se ubica la principal población pocomam del país la cual ha conservado las tradiciones heredadas de sus antepasados. Una de sus actividades principales es la elaboración de objetos artesanales a base de la cerámica y lo colorido de los trajes regionales que lucen las mujeres Chinautlecas.

Según el Instituto Nacional de Estadística -INE-, el censo oficial del municipio en el año 2002 es de 95 312 habitantes, se divide en la vieja Chinaulta y la Nueva Chinaulta. La primera, donde la mayoría de sus habitantes es de ascendencia maya pocomam los cuales son hábiles en el manejo del barro, como lo demuestra su principal actividad que es la artesanía. Esta actividad es propia de las mujeres, pues los hombres se dedican a la agricultura y a otras labores, como albañilería o carpintería; el pueblo principal se halla en una zona considerada de alto riesgo y tras el terremoto de 1 976, muchos habitantes la abandonaron en busca de un asentamiento más seguro lo que se conoce en la actualidad como la nueva Chinaulta.

1.1.2. Aspecto geográfico

El municipio de Chinautla se ubica a doce kilómetros de la capital, tiene una extensión de 80 kilómetros cuadrados, está compuesta por aproximadamente 12 comunidades rurales entre aldeas, pueblos y caseríos y más de 50 comunidades urbanas formadas por colonias y asentamientos, su altura es de 1 220 metros sobre el nivel del mar y posee un clima templado. Limita al norte, con el municipio de Chuarrancho al este con San Pedro Ayampuc, al sur con Guatemala y al oeste con los municipios de Mixco, San Pedro Sacatepéquez y Guatemala.

El municipio es atravesado de Este a Oeste por la falla del Motagua, por lo cual es propenso a movimientos constantes de tierra. Las proximidades de la antigua cabecera municipal están conformadas por un tipo de suelo arenoso, suave, expuesto a deslizamientos.

1.1.3. Aspectos social y demográfico

Para el año 2003, según la secretaría de planificación y proyecciones de la presidencia –SEGEPLAN-, se proyectó una población de 98, 296 personas, de las cuales 48 953 son hombres y 49 343 mujeres, según el INE, hasta el año 2002 las personas habitaban en 21 019 unidades habitacionales. De estas, algunas están en mal estado por el tipo de material, su reducido tamaño y sus condiciones de riesgo, al instalarse a orillas de barrancos, hondonadas, por lo que el número de viviendas en relación al número de habitantes no denota claramente la problemática de que vive la población del municipio; pues el hacinamiento afecta a un 30% de la población.

A continuación, se presenta la forma en que se ubican las áreas urbanas del municipio, el nombre de la comunidad y un aproximado de la población.

Tabla I. **Población del área rural del municipio de Chinautla**

Descripción	Categoría	Población total
Antigua Chinautla	Aldea	3 165
Buena Vista	Aldea	1 944
El Durazno	Aldea	1 877
EL Chan	Aldea	763
Cumbre del Durazno	Aldea	686
La Laguneta	Aldea	2 109
Las Lomas	Aldea	203
San Antonio Las Flores	Aldea	2 509
Tres Sabanas	Aldea	1 476
Los Pocitos	Aldea	454
Sacajito	Aldea	2 398

Fuente: elaboración propia.

El municipio de Chinautla está dividido en dos áreas: la urbana y la rural. El área rural del municipio formado por, aproximadamente, 12 comunidades, se ubica al norte del municipio, formado por fincas, caseríos y aldeas. Según el censo del INE en su mayoría los habitantes son los nacidos en el área y sobresale la población descendiente de los pocomanes.

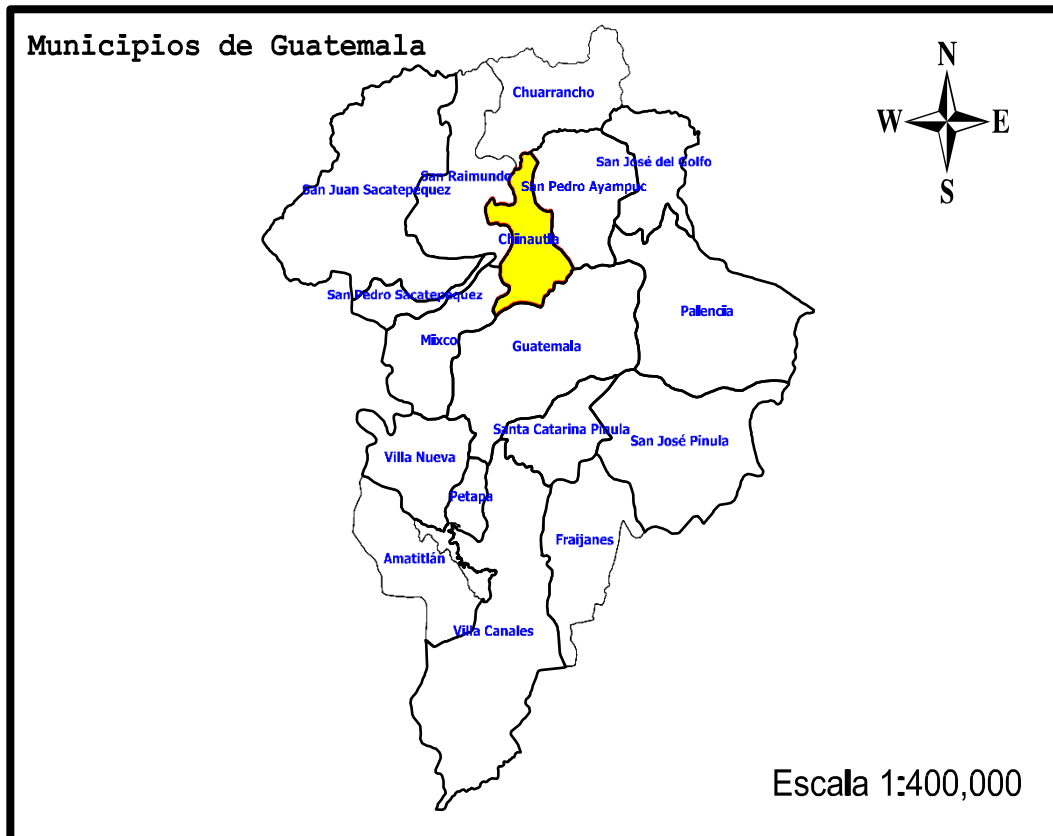
El área urbana formada por al menos 50 comunidades que se encuentra al sur del municipio formado por barrios, colonias y asentamientos. Se ubica la población ladina en su mayoría inmigrantes que se establecieron desde hace varios años en el área.

1.2. Monografía de la aldea Sacojito

1.2.1. Generalidades

1.2.1.1. Ubicación geográfica

Figura 1. Plano de localización del municipio



Fuente: elaboración propia. Programa GvSIG.

Figura 2. **Plano de ubicación de la aldea Sacojito**



Fuente: elaboración propia. Programa GvSIG.

1.2.1.2. **Límites y colindancias**

La aldea Sacojito del Municipio de Chinautla se encuentra colindado de la siguiente manera:

Norte:	Municipio De San Raymundo
Sur:	Villas Del Milagro
Este:	Asentamiento
Oeste:	Municipio de San Raymundo

1.2.1.3. Aspectos topográficos

La topografía de Chinautla es irregular, el relieve del suelo en promedio está a 1 220 metros sobre el nivel del mar. En este municipio se encuentran las montañas de El Malacate, Las Trinitarias, Valenzuela y el cerro Nacahuil. En la parte de la aldea Sacojito la pendiente promedio del área de influencia en la cual se desarrollaría el terreno es de -8,4%.

1.2.1.4. Tipo de suelo

Los suelos del departamento de Guatemala han sido divididos en 26 unidades que incluyen 18 series de suelo, 3 fases de suelo y 5 clases de terreno misceláneo.

Estas han sido divididas en tres clases amplias: I. Suelos de la Altiplanicie Central, II. Suelos del Declive del Pacífico y III. Clases Misceláneas de Terreno. El grupo I ha sido dividido en subgrupos según la profundidad del suelo, la clase de material madre y la altitud en:

- Suelos profundos sobre materiales volcánicos, a gran altitud.
- Suelos profundos sobre materiales volcánicos, a mediana altitud.
- Suelos poco profundos sobre materiales volcánicos débilmente cementados.
- Suelos poco profundos sobre materiales volcánicos firmemente cementados.
- Suelos poco profundos sobre roca.

Los suelos el grupo II han sido divididos en:

- Suelos profundos sobre materiales volcánicos de color oscuro.
- Suelos profundos sobre materiales volcánicos mixtos.

- Suelos poco profundos sobre materiales volcánicos de color oscuro.

Tabla II. **Suelos de Guatemala según su agrupación área y extensión relativa**

	Área en Hectáreas	Hectáreas Total	Por ciento	Por ciento total
I. Suelos de la Altiplanicie Central				
A. Suelos profundos sobre materiales volcánicos, a gran altitud:				
Camacha	7,417	7,417	3.49	3.49
B. Suelos profundos sobre materiales volcánicos, a mediana altitud				
Cauqué	16,931		7.96	
Guatemala	31,085		14.62	
Morán	29,463	77,479	13.86	36.44
C. Suelos poco profundos sobre materiales volcánicos debilmente cementados				
Guatemala, fase quebrada	257		0.12	
Guatemala, fase pendiente	1,870		0.88	
Salamá	1,541		0.72	
Salamá, fase quebrada	2,145	5,813	1.01	2.73
D. Suelos poco profundos sobre materiales volcánicos firmemente cementados				
Fraijanes	3,863		1.82	
Jalapa	6,336		2.98	
Jigua	5,436		2.56	
Pinula	10,294	25,929	4.84	12.20
E. Suelos poco profundos sobre roca				
Acasaguastlán	4,374		2.06	
Chinautla	12,840		6.04	
Chuarrrancho	24,694		11.62	
Sunibal	2,068		0.97	
TOTAL GRUPO I		43,976		20.69
		160,614		75.55
II. Suelos del Declive del Pacífico				
A. Suelos profundos sobre materiales volcánicos de color oscuro				
Alotenango	5,067		2.38	
Palín	4,122	9,189	1.94	4.32
B. Suelos profundos sobre materiales volcánicos mixtos				
Barberena	4,232		1.99	
Escuintla	410	4,642	0.19	2.18
C. Suelos poco profundos sobre materiales volcánicos de color oscuro				
Pacaya	4,176	4,176	1.96	1.96
TOTAL GRUPO II		18,007		8.46
III. Clases misceláneas de terreno				
Áreas frágicas	19,694		9.26	
Cimas volcánicas	936		0.44	
Lava volcánica	184		0.09	
Suelos aluviales no diferenciados	5,952		2.80	
Suelos de los valles, no diferenciados	5,643		2.66	
Lagos	1,570	33,979	0.74	15.99
AREA TOTAL		212,600		100.00

Fuente: Charles S. Simmons. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la República de Guatemala. Pág. 33.

Tabla III. **Posición fisiográfica, material madre y características de los perfiles de los suelos de Guatemala**

Serie	Símbolo	Material madre	Relieve	Drenaje	Suelo superficial			Subsuelo			
					Color	Textura y consistencia	Espesor aproximado	Color	Consistencia	Textura	Espesor aproximado
Chinautla	Chn	granitos; gneis	escarpado	regular	café grisáceo oscuro	franca; friable	10-20 cm	café grisáceo claro	plástica	franco arcillosa; micánea	20-30 cm

Fuente: Charles S. Simmons. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la República de Guatemala. Pág. 38.

Tabla IV. **Suelos de Guatemala, características importantes que influyen su uso**

Serie	Símbolo	Declive dominante (Por ciento)	Drenaje a través del suelo	Capacidad de abastecimiento de humedad	Capa que limita la penetración de las raíces	Peligro de erosión	Fertilidad natural	Problemas especiales en el manejo del suelo
Chinautla	Chn	20-50	lento	baja	roca a 40-50 cm	muy alta	baja	combate de erosión

Fuente: Charles S. Simmons. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la República de Guatemala. Pág. 41.

En el grupo E. Suelos poco profundos sobre roca, están los suelos Acasaguastlán, Chinautla, Chuarrancho y Subinal. Todos se encuentran en pendientes escarpadas y no son aptos para el cultivo intensivo. Casi toda el área está en bosques o pastos abiertos, con maleza. El pino es la especie principal, intermezclado con robles por lo general.

1.2.1.5. Aspectos climáticos

De acuerdo con datos del Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología -INSIVUMEH-, obtenidos de la estación meteorológica ubicada en el INSIVUMEH, se desarrolló la recopilación de información, los cuales son los siguientes:

Tabla V. Datos meteorológicos, estación INSIVUMEH

Estación INSIVUMEH	
Elevación	366 m.s.n.m.
Temperatura máxima	25,5 °C/añual
Temperatura mínima	15,4 °C/añual
Temperatura abs máxima	31,4 °C/añual
Temperatura abs mínima	8 °C/añual
Punto de rocío	17,41 °C/mes
Humedad relativa	79,23 %/mes
Dirección de viento	9,73 °/mes
Velocidad de viento	7,60 Km/h/añual
Nubosidad	6 octas/añual
Evaporación	- 4 mm/añual

Fuente: Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología -INSIVUMEH-.

1.2.2. Necesidades básicas

1.2.2.1. Datos de la población

La población de la aldea Sacojito es en un 62% mujeres y un 38% hombres, además de la población total cabe mencionar que el mayor porcentaje de pobladores se encuentra entre los 0-15 años.

Tomando como base el último censo realizado en el año 2002 por el Instituto Nacional de Estadística -INE- se tabularon los siguientes datos de la población de la aldea Sacojito.

Tabla VI. **Población actual de la aldea Sacojito (año 2018)**

Habitantes	Hombres	Mujeres	Total
De 0 - 15	728	736	1 464
De 16 – 49	96	646	742
De 50 – en adelante	96	96	192
Total de personas	920	1 478	2 398

Fuente: elaboración propia.

Para determinar la población dentro del área de influencia del proyecto se tomó un 46% de la población total de la aldea para un beneficio aproximado de 1 104 habitantes.

1.2.2.2. Datos de vivienda

El 40% de las casas son de paredes de mampostería reforzada con estructura metálica de techo con lámina de zinc, el 50% son de paredes de lámina con techo de lámina y el 10% son de paredes de mampostería reforzada con losa fundida.

1.2.2.3. Datos sobre el uso del agua

El agua es utilizada en su mayor parte para el consumo humano y por otra parte para cosecha, ya que en la aldea se dedican al cultivo de maíz.

La forma de abastecimiento del vital líquido de esta población es la siguiente:

Tabla VII. **Abastecimiento de agua potable de la aldea Sacojito**

Procedencia	No. de casas	%
Manantial	0	0
Pozos	184	100
Río	0	0
Chorro público	0	0
Agua potable	0	0
Total	184	100

Fuente: elaboración propia.

El área de influencia del proyecto se abastece en su totalidad de los pozos mecánicos y tanques ubicados en la aldea Sacojito.

1.2.2.4. Disposición de aguas servidas

Debido a la falta de un sistema de alcantarillado sanitario, la aldea Sacojito debe recurrir a los pozos artesanales (fosas sépticas) para depositar sus aguas servidas, por lo que en un futuro esto ocasionará la contaminación de los mantos freáticos que surten a la población de agua potable y el posible brote de enfermedades.

1.2.3. Investigación sobre las necesidades prioritarias de servicios públicos en la aldea Sacojito

Para disponer de las aguas residuales de manera adecuada en la aldea Sacojito será necesario posteriormente realizar la construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales donde desemboquen las aguas servidas transportadas por el sistema de alcantarillado a construirse, también debe implementarse un sistema de recolección de basura. En la tabla VIII, presentada a continuación, se muestran las principales necesidades de servicios públicos:

Tabla VIII. **Prioridad de servicios públicos en la aldea Sacojito**

No.	Servicio público
1	Sistema de alcantarillado sanitario
2	Planta de tratamiento de aguas residuales
3	Puesto de salud
4	Sistema de recolección de basura
5	Pavimentación de las calles
6	Alumbrado público
7	Teléfonos públicos
8	Disposición adecuada de desechos sólidos municipales

Fuente: elaboración propia.

1.3. Monografía de la aldea El Durazno

1.3.1. Generalidades

1.3.1.1. Ubicación geográfica

Figura 3. Plano de ubicación de la aldea El Durazno



Fuente: elaboración propia. Programa GvSIG.

1.3.1.2. Límites y colindancias

La colindancia de la aldea El Durazno del Municipio de Chinautla se encuentra de la siguiente manera:

Norte:	Aldea Tres Sabanas
Sur:	Colonia Los Pocitos
Este:	Carretera A San Pedro Ayampuc
Oeste:	Asentamiento

1.3.1.3. Vías de acceso

El municipio de Chinautla se encuentra a 12 kilómetros de la ciudad capital, en el área norte del departamento de Guatemala. Sobre la 15 avenida, pasando la Colonia Jocotales y continuando en dirección noreste del municipio se encuentra la carretera principal la cual conduce hacia la aldea El Durazno, pasando por la colonia Santa Marta 1 y 2, Las Quebradas, aldea Buena Vista, Colonia Los Pocitos y Colonia Anita. La distancia de la cabecera municipal de Chinautla al área en la cual se desarrollará el edificio educativo es de 5,6 kilómetros. Las calles, avenidas y calzadas del sector se encuentran pavimentadas.

1.3.1.4. Aspectos climáticos

De acuerdo con datos del Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología -INSIVUMEH-, obtenidos de la estación meteorológica ubicada en San Pedro Ayampuc, se desarrolló la recopilación de información, los cuales son los siguientes:

Tabla IX. **Datos meteorológicos, estación San Pedro Ayampuc**

Estación San Pedro Ayampuc	
Elevación	1 200 m.s.n.m.
Temperatura máxima	27,8 °C/añual
Temperatura mínima	15,0 °C/añual
Temperatura abs máxima	34,4 °C/añual
Temperatura abs mínima	8,4 °C/añual
Temperatura aire	21,73 °C/mes
Punto de rocío	- 42,40 °C/mes
Humedad relativa	48,80 %/mes
Dirección de viento	170,03 °/mes
Velocidad de viento	3,59 Km/h/mes
Nubosidad	5,40 octas/añual
Evaporación	- 2,34 mm/mes

Fuente: Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología
-INSIVUMEH-.

1.3.2. Aspectos demográficos

1.3.2.1. Población

Tomando como base el último censo realizado en el año 2002 por el Instituto Nacional de Estadística -INE- se tabularon los siguientes datos de la población de la aldea El Durazno.

Tabla X. **Población actual de la aldea El Durazno (año 2018)**

Habitantes	Hombres	Mujeres	Total
De 0 - 15	488	482	970
De 16 – 49	127	536	663
De 50 – en adelante	127	127	254
Total de personas	742	1 145	1 887

Fuente: elaboración propia.

1.3.2.2. Distribución de la población

El 51% de la población son niños menores de 15 años, el 35% por ciento son jóvenes y adultos de 16 a 49 años y el 14% por ciento restante son adultos mayores de 50 años. Por sexo, el 39% por ciento son hombres y el 61% son mujeres. Por buscar un mejor nivel de vida, gran parte de hombres adultos se ve en la necesidad de salir para trabajar en otros lugares, como la cabecera departamental, la terminal y Estados Unidos, por lo que en esta comunidad existe un mayor porcentaje de niños menores de 15 años y la mayor parte de la población total en la aldea son mujeres.

1.3.3. Aspectos de infraestructura

1.3.3.1. Servicios públicos

Los servicios públicos con los cuales cuenta el área de influencia donde se desarrollará el proyecto son: calles pavimentadas, alumbrado público, sistema de recolección de basura, servicio de agua potable suministrado por la municipalidad. En la aldea se cuenta con un instituto nacional de educación básica, pero para la educación a nivel primaria, las condiciones de esta no son adecuadas para la cantidad de estudiantes.

1.3.3.2. Diseño arquitectónico de viviendas

El área aproximada de los terrenos es de 60 metros cuadrados, lo cual se distribuye en dos habitaciones y una cocina. Cabe mencionar que no todas las casas son utilizadas de como vivienda, algunas personas posees sus tiendas, talleres mecánicos, peluquerías, entre otros.

1.3.3.3. Tipología de viviendas

La mayoría de casas sobre la carretera principal están construidas con mampostería reforzada y losa fundida. La otra parte de las personas que habitan en la aldea tienen levantado con mampostería reforzada y estructura metálica de techo con lámina de zinc.

1.3.4. Marco económico y social

1.3.4.1. Población estudiantil

La escuela tiene un cupo escolar aproximado de 180 alumnos en cada jornada (matutina y vespertina), es decir, un total de 360 alumnos. Se estima también que la mayoría de esta población estudiantil es aledaña a la escuela.

1.3.4.2. Servicios al complejo educativo

Las condiciones de infraestructura escolar y al acceso a los servicios básicos son las siguientes: drenaje sanitario conectado a la red de drenajes de la municipalidad de Chinautla, agua potable suministrada por la red municipal de 2 a 3 veces por semana, almacenamiento de agua por medio de tinacos. El servicio eléctrico es suministrado por la Empresa Eléctrica de Guatemala EEGSA.

1.3.4.3. Actividades culturales y deportivas

A lo largo del año se realizan actividades recreativas, cívicas y culturales según la calendarización del instituto.

2. FASE DE SERVICIO TECNICO PROFESIONAL

2.1. Diseño de sistema de alcantarillado sanitario para la aldea Sacojito

2.1.1. Descripción del proyecto

El proyecto consiste en el diseño de un sistema de alcantarillado sanitario para la aldea Sacojito. La necesidad se identificó mediante una investigación de la problemática real que viven los pobladores del área que, al igual que en ciertos sectores de la población urbana del municipio de Chinautla, aún presenta deficiencias en infraestructura básica, por lo que la mayoría de las necesidades parecieran ser prioritarias debido que cada una presenta una problemática que afecta directamente a los pobladores de distintos sectores de la población, de los cuales los sectores marginales presentan más deficiencia en los servicios.

La red de alcantarillado tiene una longitud aproximada de 1 540 metros (entre línea principal y líneas secundarias), para los cuales se diseñaron 22 pozos de visita, los que se construirán según normas de diseño tales como alturas mínimas, cotas invert, etc. La tubería por utilizar será PVC según norma ASTM F 949 y tendrá un diámetro mínimo de 6". Las pendientes de la tubería se manejaron percatándose de no rebasar las velocidades y caudales máximos y mínimos.

2.1.2. Levantamiento topográfico

2.1.2.1. Levantamiento planimétrico

La planimetría es la proyección del terreno sobre un plano horizontal imaginario, que es la superficie media de la tierra y el cual toma como punto de referencia el norte para su orientación. Los métodos que son más utilizados en el levantamiento planimétrico son:

- Conservación del azimut
- Rumbos
- Distancias

Para este proyecto se empleó el método de conservación del azimut, el cual consiste en tomar un azimut inicial referido al norte y fijando este con una vuelta de campana en la vista atrás, se toma la medida hacia la siguiente estación. Para el método de conservación del azimut es necesario utilizar el siguiente equipo:

- Teodolito
- Cinta métrica
- Estadal
- Plomadas

2.1.2.2. Levantamiento altimétrico

El levantamiento altimétrico son los trabajos necesarios para representar sobre el plano vertical la tercera dimensión sobre el terreno, definiendo las diferencias de nivel existentes entre los puntos de un terreno o construcción,

para ello, es necesario medir distancias verticales, ya sea directa o indirectamente con base en un banco de marco o punto de referencia; a todo este proceso se le llama nivelación.

El levantamiento altimétrico debe ser preciso, y la nivelación debe realizarse sobre el eje de las calles. Se toman elevaciones en las siguientes situaciones:

- En todos los cruces de calles o bocacalles.
- A distancias no mayores de 20 metros.
- De todos los puntos en que haya cambio de dirección.
- De todos los puntos en que haya cambios de pendiente del terreno.
- De todos los lechos de quebradas, puntos salientes del terreno y depresiones.
- De las alturas máximas y mínimas del cuerpo receptor en el que se proyecta efectuar la descarga.

Los levantamientos altimétricos se pueden realizar mediante los siguientes métodos:

- Nivelación barométrica
- Nivelación trigonométrica
- Nivelación geométrica (simple o compuesta)

Para el levantamiento altimétrico es necesario utilizar el siguiente equipo:

- Nivel
- Estadal
- Cinta métrica

- Estacas
- Pintura
- Clavos

2.1.3. Tipo de sistema a utilizar

De acuerdo con su finalidad existen tres tipos básicos de alcantarillado, el diseño de cada uno de estos sistemas dependerá de un estudio cuidadoso de factores tanto topográfico, hidráulico y funcional. Los tipos de sistemas de alcantarillado que existen son:

- Alcantarillado sanitario: consiste en un conjunto de tuberías que recogen las aguas residuales de origen doméstico (aguas negras y aguas grises), aguas residuales de tipo comercial y aguas residuales de tipo especial (aguas industriales).
- Alcantarillado pluvial: consiste exclusivamente en conducir las aguas que son producto de la escorrentía.
- Alcantarillado combinado: consiste en un sistema de alcantarillado que recoge tanto las aguas residuales como las aguas producto de la escorrentía.

En general y excepto razones especiales, en poblaciones que no cuentan con ningún sistema anterior al que se está diseñando, se proyectarán sistemas de alcantarillado sanitario del cual están excluidos los caudales de agua pluvial provenientes de calles, techos y otras superficies.

En las poblaciones o zonas en las que exista un sistema combinado en donde las viviendas existentes tengan una salida única para las aguas servidas y de escorrentía, se hará un estudio de la posibilidad de modificarlo para un sistema separativo. En caso de no ser factible se estudiará la conveniencia de hacer un sistema separativo nuevo de la zona.

Cuando el uso del sistema combinado sea indispensable, se diseñarán si fuera posible, las obras accesorias que permitan desviar los excesos al curso de agua más cercano durante los periodos de lluvia.

2.1.4. Periodo de diseño

Los sistemas de alcantarillado sanitario serán proyectados para llenar adecuadamente su función durante el periodo de 30 a 40 años a partir de la fecha en que se desarrolle el diseño.

Para seleccionar el período de diseño de una red de alcantarillado sanitario o de cualquier obra de ingeniería se deben considerar factores como la vida útil de las estructuras, equipos y componentes; tomando en cuenta la antigüedad, el desgaste natural que sufren los materiales, así como la facilidad para hacer ampliaciones a las obras planificadas, también, la relación anticipada de crecimiento de la población, incluyendo en lo posible, el desarrollo urbanístico comercial o industrial de las áreas adyacentes.

En ciertas situaciones, se considera incluir, dentro del período de diseño, un tiempo de 1 o 2 años adicionales, debido al tiempo que se lleva en gestionar el proyecto, para su respectiva autorización y desembolso económico. El período de diseño recomendado por el Instituto de Fomento Municipal -INFOM-

es de 20 años. Para el presente proyecto se adoptó un período de diseño de 31 años.

2.1.5. Estimación de la población de diseño

Para calcular el número de habitantes futuros de una población, se utilizan:

- El método de crecimiento aritmético
- El método de crecimiento geométrico

Para la estimación de la población futura de la aldea Sacojito, se utilizó el método de crecimiento geométrico, debido a que la Municipalidad de Chinautla disponía del último censo realizado en el año 2002 por parte del Instituto Nacional de Estadística -INE-, y utilizando el valor de tasa de crecimiento poblacional para el municipio de Chinautla de 4,70%. La ecuación para el cálculo de la población es:

$$P_f = P_a(1 + r)^n$$

Donde:

P_f = Población futura

P_a = Población actual

r = Tasa de crecimiento poblacional

n = Periodo de diseño en años

2.1.6. Determinación del caudal de aguas servidas

2.1.6.1. Población tributaria

En este caso, se obtuvo la población tributaria teniendo el número de casas localizadas en cada tramo, multiplicado por el número de los habitantes promedio por casa. Para la aldea Sacojito se obtuvo la densidad de habitantes por vivienda de la siguiente forma:

$$\text{Habitantes por vivienda} = \frac{\text{Número de habitantes}}{\text{Número de casas}}$$

$$\text{Habitantes por vivienda} = \frac{1\ 104}{184}$$

$$\text{Habitantes por vivienda} = 6 \text{ habitantes por vivienda}$$

2.1.6.2. Dotación

La dotación es la cantidad de agua asignada en un día a cada usuario del sistema. Se expresa en litros por habitantes por día (L/hab./día). Según las normas de diseño de INFOM-UNEPAR para asignar una dotación se deben considerar los siguientes factores: clima, nivel de vida, actividades productivas, calidad de agua, población urbana o rural, facilidad de drenaje, entre otros. En el presente proyecto se utilizará una dotación de 130 L/hab./día según información brindada por la municipalidad de Chinautla.

2.1.6.3. Factor de retorno al sistema

Es el factor que indica la cantidad de agua que las personas retornan al alcantarillado sanitario, la cual se considera que oscila entre el 70% y el 90% de la dotación de agua potable.

Se sabe que del 100% de la dotación de agua potable que entra a una vivienda, no todo regresa al alcantarillado sanitario por razones de uso en riesgos de terrenos agrícolas y patrios, se considera una pérdida de un 25% por infiltración y evaporación. Por lo tanto, para este caso se tomará un factor de retorno al sistema de 80%.

2.1.6.4. Factor de flujo instantáneo

También conocido como Factor de Harmond (F.H.), regula un valor máximo de aportaciones por uso doméstico.

El factor de flujo instantáneo es el que representa la probabilidad de que múltiples accesorios sanitarios de las viviendas, se estén utilizando simultáneamente en una comunidad.

Este factor actúa, principalmente, en las horas pico, es decir, en las horas que más se utiliza el sistema de drenaje. Este se calcula para un tramo de la red a través de la siguiente ecuación:

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

Donde:

P = Población en miles de habitantes

F.H. = Factor de Harmond

El factor de flujo instantáneo no es constante para todo el sistema de alcantarillado, este varía por cada tramo de acuerdo al número de habitantes

acumulados en ese tramo, por lo tanto, también es distinto el valor de flujo instantáneo actual al valor del flujo instantáneo futuro.

2.1.6.5. Relación de diámetros y caudales

La relación q/Q no deberá ser menor de 0,10, ni mayor a 0,75 del diámetro interno de la tubería, para alcantarillado sanitario. Esto es para que funcione como canales abiertos, en los cuales circula el flujo por acción de la gravedad sin ninguna presión, pues la superficie libre del líquido está en contacto con la atmósfera. Aunque existen sus excepciones, como los sifones invertidos y las tuberías de impulsión de las estaciones elevadas, que trabajan siempre a presión, también puede suceder que el canal este cerrado, como en el caso de los conductos que sirven de alcantarillados para que circule el agua de desecho que eventualmente se produzca alguna presión debido a la formación de gases.

2.1.6.6. Caudal sanitario

Está compuesto por la integración de los diferentes caudales que se integran a un mismo sistema de alcantarillado sanitario. A continuación, se presentan los tipos de caudales más frecuentes que se integran a un sistema de alcantarillado sanitario:

2.1.6.6.1 Caudal domiciliar

Son las aguas provenientes de las actividades de aseo, cocina, lavado de ropa, baño, lavado de platos, descarga de inodoros, etc., que retornan al sistema de alcantarillado. El caudal domiciliar es directamente proporcional al número de habitantes de cada tramo, por la dotación del suministro agua potable en L/hab./día, por un factor de retorno el cual indica que no toda el agua

es devuelta al sistema de alcantarillado, ya que se consume en alimentos, riego de jardines y otros usos; e inversamente proporcional al tiempo en segundos de un día. El caudal domiciliar esta dado de la siguiente ecuación:

$$Q_{\text{dom}} = \frac{\text{No. de habitantes} * \text{Dotación} * \text{F. R.}}{86\ 400}$$

Donde:

Q_{dom} = Caudal domiciliar en litros sobre segundo

F. R. = Factor de retorno

2.1.6.6.2 Caudal de infiltración

Este caudal se debe a las aguas que se infiltran en la tubería a lo largo de ésta, provenientes del agua que corre por los mantos freáticos, agua de escorrentía que se filtra al suelo, agua que se filtra por la tapadera de los pozos de visita y en las uniones de los tubos. Es recomendable considerar el caudal de infiltración entre 12 000 a 18 000 litros diarios por kilómetro de tubería. El caudal de infiltración está dado por la siguiente ecuación:

$$Q_{\text{inf}} = \frac{\text{Factor}_{\text{inf}} * (\text{Longitud de tubería} + 6 * \text{No. de viviendas})}{86\ 400}$$

Donde:

Q_{inf} = Caudal de infiltración

$\text{Factor}_{\text{inf}}$ = Factor de infiltración

Para el presente proyecto el caudal de infiltración estará en función de la longitud total del sistema de alcantarillado sanitario y se utilizará un factor de infiltración igual a 18 000 litros.

2.1.6.6.3 Caudal comercial

Este caudal se debe a las aguas residuales provenientes de actividades de los comercios, restaurantes, hoteles, comedores, etc. La dotación comercial dependerá del establecimiento que se considerará. Este valor oscila entre 600 a 3 000 L/comercio/día. El caudal comercial está dado por la siguiente ecuación:

$$Q_{\text{com}} = \frac{\text{No. de comercios} * \text{Dotación}}{86\ 400}$$

Donde:

Q_{com} = Caudal comercial

Para este proyecto, el caudal comercial se considerará con un valor igual a cero debido a que en el área de influencia del proyecto no existen comercios.

2.1.6.6.4 Caudal de conexiones ilícitas

Este caudal es producido por las viviendas que conectan los sistemas de aguas pluviales al sistema de alcantarillado sanitario. Este caudal daña el sistema de alcantarillado sanitario, por lo cual debe evitarse para no causar posible destrucción del sistema de drenaje. Para efecto de diseño se estima un porcentaje de viviendas que puede realizar conexiones ilícitas que varía entre 0,5% y 2,5% según el Instituto de Fomento Municipal –INFOM-.

Debido a que el caudal de conexiones ilícitas va directamente relacionado con el caudal producido por la escorrentía se calcula a través de los siguientes métodos:

- Método racional
- Asociación de Ingenierías Sanitarias
- INFOM

Para este proyecto se tomó como base el método del INFOM, el cual especifica que se tomará como mínimo el 10% del caudal domiciliar. Sin embargo, en áreas donde no hay drenaje pluvial se podrá utilizar un valor más alto. El caudal de conexiones ilícitas estará dado por la siguiente ecuación:

$$Q_{C.I.} = Q_{dom} * \%C.I$$

Donde:

$Q_{C.I.}$ = Caudal de conexiones ilícitas

Q_{dom} = Caudal domiciliar

$\%C.I.$ = Porcentaje de conexiones ilícitas

Para el presente proyecto se utilizará un porcentaje de conexiones ilícitas del 15%.

2.1.6.6.5 Factor de caudal medio (fqm)

La función de este factor es regular la aportación de caudal en la tubería. Este factor se determina por medio de la sumatoria de los caudales que contribuyen al sistema de alcantarillado sanitario, dividido dentro del número de

habitantes. El valor de este factor varía según las instituciones que se dedican al diseño de sistemas de alcantarillado sanitario, han establecido valores de este factor con base a la experiencia, estos valores son:

0,0046 según el INFOM

0,0030 según la Municipalidad de Guatemala

$0,002 \leq f_{qm} \leq 0,005$ según la Dirección General de Obras Públicas

Según la Dirección de Obras Públicas, si un valor es inferior al rango anterior, se utilizará un valor igual a 0,002 y si un valor es superior al rango anterior, se utilizará un valor igual a 0,005.

El factor de caudal medio está dado por la siguiente ecuación:

$$f_{qm} = \frac{Q_s}{\text{No. de habitantes}}$$

Donde:

f_{qm} = Factor de caudal medio

Q_s = Caudal sanitario

$Q_s = Q_{\text{dom}} + Q_{\text{inf}} + Q_{\text{com}} + Q_{\text{C.I.}} + Q_{\text{industrial}}$

Nota: Para el presente proyecto no se tomará en cuenta el caudal industrial debido a que en el área de influencia del proyecto no existe industria.

2.1.6.6.6 Caudal de diseño

Es el que se determina para establecer la cantidad de aguas residuales que puede transportar el sistema en cualquiera tramo en todo el recorrido de la red de alcantarillado, siendo este el que establecerá las condiciones hidráulicas sobre las que se realizará el diseño del sistema de alcantarillado sanitario. El caudal de diseño está dado por la siguiente ecuación:

$$q = f_{qm} * F. H. * \text{No. de habitantes}$$

Donde:

q = Caudal de diseño

F. H. = Factor de Harmond

El caudal de diseño de cada tramo será igual a multiplicar el factor de caudal medio, el factor de Harmond y el número de habitantes a servir, a la población actual y futura, para que funcione adecuadamente durante el período de diseño. Por tanto, el caudal de diseño se calculará tanto para la población actual y para la población futura.

$$q_{\text{actual}} = f_{qm} * F. H. * \text{No. de habitantes actual}$$

$$q_{\text{futuro}} = f_{qm} * F. H. * \text{No. de habitantes futuro}$$

2.1.7. Tipo de tubería a utilizar

Para el presente proyecto la tubería a utilizar será de PVC AMANCO Novafort según la Norma ASTM F 949.

2.1.8. Normas de diseño

2.1.8.1. Diseño de secciones y pendientes

El cálculo de la capacidad, velocidad, diámetro y pendiente se hará aplicando la ecuación de Manning transformada al sistema métrico para secciones circulares. La ecuación está dada de la siguiente manera:

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

Donde:

V = Velocidad de flujo a sección llena (m/s)

D = Diámetro de la sección circular (pulg)

S = Pendiente de la gradiente hidráulica (m/m)

n = Coeficiente de rugosidad de Manning o Kutter

Debido a que la tubería PVC de AMANCO Novafort presenta paredes internas lisas, la rugosidad hidráulica de las mismas no difiere de la rugosidad de las tuberías convencionales de PVC de pared compacta, es decir que presentan coeficientes de Manning “n” entre 0,010 y 0,009 , Para el presente proyecto se utilizará un coeficiente de rugosidad de 0,010.

2.1.8.2. Velocidades máximas y mínimas

Existen dos tipos de velocidades a considerar en el diseño de un sistema de alcantarillado sanitario:

- Velocidad mínima: tiene como objetivo principal evitar la sedimentación de sólidos en la tubería que obstruya la libre circulación del flujo dentro de la tubería.
- Velocidad máxima: tiene como objetivo principal evitar la abrasión de la tubería debido a los sólidos que transporta el flujo.

Los parámetros bajo los cuales se diseñará este sistema deben cumplir y estar dentro de los siguientes rangos:

La velocidad de flujo en las líneas de drenaje sanitario no debe ser menor de 0,60 m/seg, para prevenir asolvamiento en la tubería proporcionando una acción de autolimpieza, en la tubería, ni mayor de 3,00 m/seg. Según la norma ASTM F 949 en tramos iniciales se pueden aceptar velocidades hasta de 0,45 m/seg.

2.1.8.3. Cotas invert

La cota invert es la distancia existente entre el nivel de la rasante del terreno y el nivel inferior de la tubería, debe verificarse que la cota invert sea al menos igual a la que asegure el recubrimiento mínimo necesario de la tubería. Para el cálculo de la cota invert se toma como base la pendiente del terreno y la distancia entre pozos.

Se deben considerar algunos aspectos en las cotas invert de entrada y de salida de las tuberías en los pozos de visita al diseñar el sistema de alcantarillado sanitario. Estos aspectos son:

- Cuando a un pozo de visita entra una tubería y sale otra del mismo diámetro, la cota invert de salida estará, como mínimo, a 3 centímetros debajo de la cota invert de entrada.
- Cuando a un pozo de visita entra una tubería de un diámetro y sale otra de un diámetro distinto, la cota invert de salida estará, como mínimo, debajo de la cota invert de entrada igual a la diferencia de los diámetros de la cota invert de entrada y salida.
- Cuando a un pozo de visita la tubería de salida es del mismo diámetro a las tuberías que ingresan a él, la cota invert de salida mínima estará a 3 centímetros debajo de la cota invert más baja que entre al pozo.
- Cuando a un pozo de visita la tubería de salida es de diferente diámetro a las tuberías que ingresan a este, la cota invert de salida deberá cumplir con las especificaciones anteriores y se tomará el menor valor.
- Cuando la diferencia de cotas invert entre la tubería que entra y la tubería que sale en un pozo de visita sea mayor a 0,70 metros, deberá diseñarse un accesorio especial que encauce el caudal con un mínimo de turbulencia.
- Cuando a un pozo de visita llega una tubería y salen dos tuberías, todas de igual diámetro, una de corrimiento y otra inicial, la tubería de corrimiento debe colocarse por lo menos un diámetro debajo de la tubería de ramal inicial y por lo menos a 3 centímetros de la tubería de llegada.
- Cuando a un pozo de visita llega una tubería y salen tres ramales, dos iniciales y uno de corrimiento, la tubería de corrimiento debe colocarse como

mínimo un diámetro debajo de la tubería de ramal inicial de mayor profundidad y por lo menos 3 centímetros debajo de la tubería de llegada.

$$CI_{S1} = CT - Hp_1$$
$$CI_{E2} = CI_{S1} - \left(\frac{S\% * DH}{100} \right)$$
$$CI_{S2} = CI_{E2} - 0,03m$$

Donde:

CT = Cota de terreno

HP₁ = Altura de pozo de visita 1

CI_{S1} = Cota invert de salida pozo de visita 1

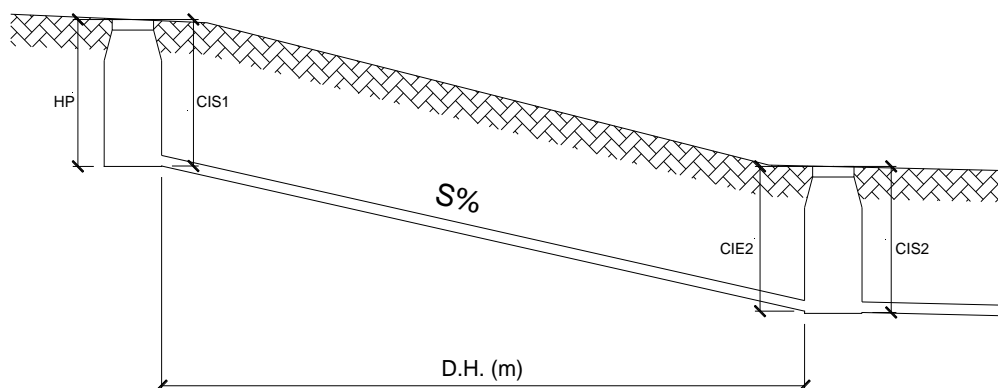
CI_{E2} = Cota invert de entrada pozo de visita 2

CI_{S2} = Cota invert de salida pozo de visita 2

S% = Pendiente de la tubería

DH = Distancia horizontal

Figura 4. Esquema de cotas invert



Fuente: elaboración propia. Programa AutoCAD.

2.1.8.4. Profundidad de instalación de tuberías

Para determinar la profundidad de la tubería, se realiza un cálculo con las cotas invert, en todo caso se debe verificar que la tubería tenga un recubrimiento adecuado, esto con el fin de no sufrir daños con el paso de personas, vehículos, o que se fracture por el golpe o caída de algún objeto pesado sobre el mismo. El recubrimiento de la tubería está dado por la siguiente formula:

$$H_{\text{min tubería}} = h(\text{tráfico pesado ó liviano}) + (\varnothing_{\text{tubo}} + \text{Espesor}_{\text{tubo}})$$

La variable h dependerá de la situación en la que se encuentra para diseñar el sistema de alcantarillado sanitario, ya sea de tráfico pesado o liviano, a continuación, se mostrará la variación de la variable h con respecto a los diámetros y tráfico respectivamente.

Tabla XI. Profundidades mínimas de tubería de PVC

PROFUNDIDADES MÍNIMAS DE LA COTA INFERIOR PARA EVITAR RUPTURAS (m)													
Ø	6"	8"	10"	12"	16"	18"	21"	24"	30"	36"	42"	48"	60"
TRÁFICO NORMAL	1,16	1,22	1,28	1,33	1,41	1,50	1,58	1,66	1,84	1,99	2,14	2,25	2,55
TRÁFICO PESADO	1,36	1,42	1,48	1,53	1,51	1,70	1,78	1,86	2,04	2,19	2,34	2,45	2,75

Fuente: Orosco, Juan Adolfo. Tesis Diseño de Drenaje Sanitario
Aldea San Pedro, Petz, Departamento de San Marcos. Pág. 29.

2.1.8.5. Obras complementarias

Estas son las que se diseñan para garantizar el buen funcionamiento del sistema de alcantarillado sanitario.

2.1.8.5.1 Colectores

Son las tuberías por las cuales se conducen las aguas residuales. Estas deben cumplir con ciertas normas de diseño, pero funcionalmente estos funcionan como un canal abierto.

2.1.8.5.2 Pozos de visita

Estos sirven para verificar el buen funcionamiento de la red de alcantarillado sanitario, así como para efectuar operaciones de limpieza y mantenimiento. Estos se pueden construir de cualquier material siempre que sea impermeable y duradero, dentro del periodo de diseño del sistema. Los pozos de visita se diseñan para localizarlos en los siguientes casos:

- Cambio de diámetro.
- Cambio de pendiente.
- Cambio de dirección horizontal para diámetros menores a 24”.
- En la intersección de dos o más tuberías.
- En el extremo inicial de un tramo.
- A distancias no mayores de 100 metros en línea recta de diámetros hasta de 24”.
- En distancias no mayores a 300 metros en diámetros superiores a 24”.

2.1.8.5.3 Conexiones domiciliarias

Una conexión domiciliar es un tubo que lleva las aguas servidas desde una vivienda a una alcantarilla común o a un punto de desagüe. Ordinariamente, al construir un sistema de alcantarillado, es costumbre establecer y dejar prevista una conexión en Y o en T en cada lote edificado o

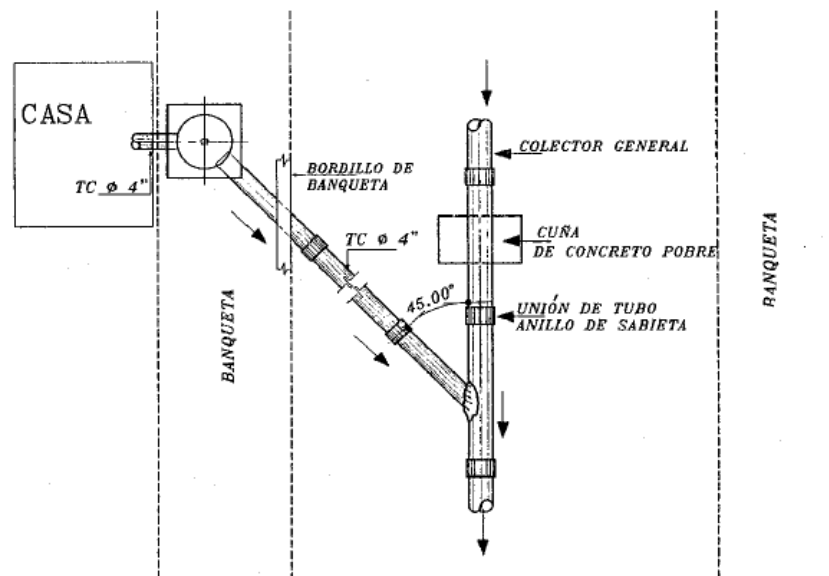
donde haya que conectar un desagüe doméstico. Las conexiones deben taparse e impermeabilizarse para evitar la entrada de aguas subterráneas y raíces. Es conveniente que el empotramiento con el colector principal se haga en la parte superior para impedir que las aguas negras retornen por la conexión domestica cuando el colector esté funcionando a toda su capacidad.

La conexión domiciliar se hace por medio de la candela (caja de inspección o caja de registro), construida de mampostería o con tubos de cemento colocado de forma vertical, en el cual se una la tubería proveniente del drenaje de la edificación a servir con la tubería que desaguará en el colector principal. Se debe tomar en cuenta tres conceptos importantes que van de la mano con lo que es la conexión domiciliar:

- El tubo de la conexión domiciliar debe ser de menor diámetro que el del tubo de la red principal, con el objeto de que sirva de retenedor de algún objeto que pueda obstruir el colector principal.
- En las conexiones domiciliarias el diámetro mínimo será de 4", con una pendiente mínima de 2% y una pendiente máxima de 6% y que forme un ángulo horizontal con respecto a la línea central de aproximadamente 45 grados en el sentido de la corriente de este.
- La profundidad mínima de coronamiento de la tubería con respecto a la superficie del terreno dependerá del tipo de tráfico que transite por el lugar, más el diámetro interior y el espesor del tubo.
- Cuando la altura de coronamiento de la tubería principal tenga una profundidad mayor de 3,00 metros bajo la superficie del terreno, se diseñará

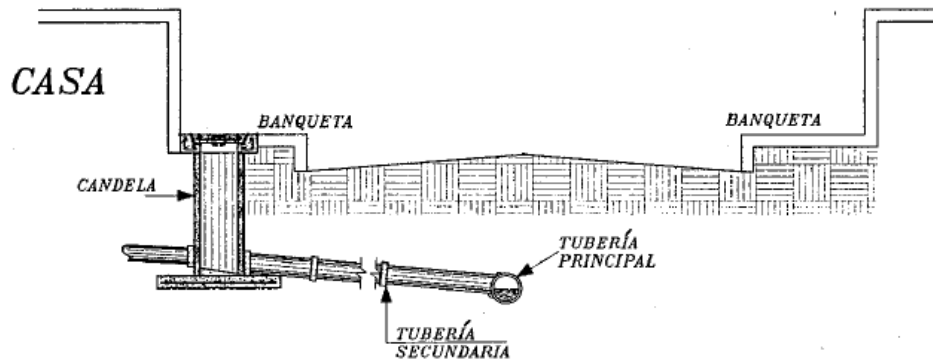
una tubería auxiliar sobre la principal para recibir las conexiones domiciliarias del tramo correspondiente.

Figura 5. **Planta de conexión domiciliar**



Fuente: Orosco, Juan Adolfo. Tesis Diseño de Drenaje Sanitario Aldea San Pedro, Petz, Departamento de San Marcos. Pág. 26.

Figura 6. **Sección de una conexión domiciliar**



Fuente: Orosco, Juan Adolfo. Tesis Diseño de Drenaje Sanitario
Aldea San Pedro, Petz, Departamento de San Marcos. Pág. 26.

1. Colector principal

Es la tubería de mayor diámetro en el sistema y es la que primero se debe colocar en la zanja para las posteriores conexiones del sistema. No es aconsejable conectar directamente al tubo ramales auxiliares, solo en casos especiales se conecta al tubo, de preferencia se debe llegar a un pozo de visita o a una caja de bifurcación.

Se debe tener en cuenta el principio básico de iniciar la colocación de la tubería en la parte final del sistema, es decir, en la parte de la descarga, para que a medida que se vaya instalando, está en cualquier emergencia ya pueda entrar en funcionamiento.

2. Candela domiciliar

La conexión se realiza por medio de una candela, construida de mampostería o con tubos de concreto colocados verticalmente. El lado menor

será de 45 centímetros. Y si fuese circular, tendrá un diámetro no menor de 12"; en ambos casos debe estar impermeabilizado por dentro y tener una tapadera para realizar las inspecciones.

El fondo tiene que ser fundido de concreto, dejando la respectiva pendiente para que las aguas fluyan por la tubería secundaria y pueda llevarla al alcantarillado central. La altura mínima de la candela será de un metro.

3. Cajas de registro

Son pozos contruidos de ladrillo o block y que, integrados al sistema de alcantarillado sanitario, tienen la misma función que los pozos de visita que sirven para la inspección y limpieza de partes del sistema, la diferencia se marca en que estas son cajas cuadradas de ladrillo y columnas reforzadas. De estas salen y entran las tuberías, y pueden ser utilizadas como principio de ramal, con el objeto de no profundizar demasiado la tubería.

2.1.8.6. Ejecución del trabajo

2.1.8.6.1 Información general

Esta sección incluye la limpieza del terreno, zanjeo, colocación de la tubería de drenaje, soportes y anclajes, prueba, relleno de la zanja y limpia de exceso de materiales de acuerdo a lo indicado en los planos del proyecto y las especificaciones generales de cada operación.

Antes de iniciar el trabajo se deberán localizar las instalaciones y tuberías existentes para evitar dañarlas, marcándolas cuidadosamente. Es responsabilidad del contratista el daño que ocasione, así como el arreglo del

material de acabado de calles que sea necesario remover. Se colocarán indicaciones de peligro y las protecciones necesarias en los puntos dentro de las poblaciones que sean de tránsito de vehículos o peatones.

Al terminar el trabajo debe retirarse todo material sobrante y efectuarse todas las reparaciones de daños ocasionados. El trabajo deberá ser de primera calidad y ejecutado por obreros calificados. Las tuberías se colocarán en el lugar y niveles indicados en los planos.

Deberán utilizarse las herramientas adecuadas y métodos de trabajo recomendados por los fabricantes.

Todo daño, desperfecto o rotura que se ocasione con motivo del trabajo a otras instalaciones existentes de teléfonos, desagües, electricidad, etc., serán reparados a la brevedad posible por cuenta del contratista y sin recibir por ello compensación adicional.

Cualquier pavimento que fuera necesario romper para instalar la tubería, deberá reponerse y dejarse en condiciones iguales o superiores a las que tenía antes de la instalación.

2.1.8.6.2 Limpieza, chapeo y desmonte

La línea para instalación de la tubería deberá, en todo caso, ser inicialmente limpiada de troncos, arboles, vegetación viva o muerta, en un ancho mínimo de 2,00 metros (1,00 metro a cada lado del eje de instalación de la tubería).

El supervisor designado podrá ordenar la preservación de árboles y otro tipo de vegetación dentro del área de limpieza. Todo el material resultante de la limpieza, chapeo y desmote deberá ser conveniente dispuesto donde no se ocasionen daños a las propiedades vecinas o incinerado.

2.1.8.6.3 Zanjeo y ancho de zanja

Las tuberías de drenaje se colocarán siguiendo los ejes que se indiquen en los planos. Se deberá cortar la zanja hasta la profundidad de instalación indicada en los planos. El fondo de la zanja deberá ser recortado cuidadosamente para permitir un apoyo uniforme de la tubería.

La tubería será colocada con una fundación de materiales estables, cuidadosamente conformados para que pueda asentarse la parte inferior de la misma, cuando menos en un 10% de su alto total y en toda su longitud.

En cada lugar donde el coronamiento de la tubería este sobre el terreno original, el contratista hará un terraplén de acuerdo con lo indicado por el supervisor, hasta una elevación mínima de 0,30 metros arriba de la cota de diseño del coronamiento de la tubería. El terraplén deberá ser compactado al 95%.

Cuando la tubería se coloca en zanja, esta deberá ser suficientemente ancha cuando esté terminada y conformada para recibir la tubería, para dar libre espacio de trabajo para la colocación y arreglo de las juntas satisfactoriamente y para permitir compactación eficiente del relleno y material de fundación abajo y a los lados del tubo. Los anchos en de excavación de zanja serán los indicado en la Tabla XII ancho de zanja.

La carga máxima de tierra que soporta la tubería de PVC depende del prisma (tapada) de tierra directamente encima de ella. Si la carga de diseño sobre la tubería se calcula en base a este criterio, el ancho de zanja se ve influido por una excavación práctica y económica.

El ancho de las zanjas es un factor importante, ya que de la misma se deriva el volumen de excavación a realizar, se deberá recordar que es necesario realizar una excavación adecuada no solo para facilitar el trabajo de instalación si no para lograr optimizar el trabajo. En la siguiente tabla se encontrará los anchos recomendados dependiendo de la profundidad y del diámetro de tubería a emplear:

Tabla XII. **Ancho de zanja**

Tubo (pulg.)	Menos de 1,86 m (cm)	Menos de 2,86 m (cm)	Menos de 3,86 m (cm)	Menos de 5,36 m (cm)	Menos de 6,36 m (cm)
6	60	65	70	75	80
8	60	65	70	75	80
10	70	70	70	75	80
12	75	75	75	75	80
15	90	90	90	90	90
18	110	110	110	110	110
21	110	110	110	110	110
24	135	135	135	135	135

Fuente: López Barrios, Edgar Rogelio. Trabajo de Graduación, Diseño de red de alcantarillado sanitario aldea el Chagüite, San Marcos. Pág. 64.

2.1.8.6.4 Colocación de la tubería

Deberá terminarse la excavación de una longitud no mayor de 60 metros, la cual será debidamente supervisada para que la rasante del fondo, tanto del colector como de las conexiones domiciliarias, estén de acuerdo con las cotas

del plano, que su alineamiento esté correcto y que se cumpla con el ancho establecido, así como de las otras recomendaciones citadas.

Se efectuará una minuciosa inspección de la tubería que, en una forma ordenada, ha sido puesta en la orilla de la zanja, para no bajar aquellas unidades que durante el transporte se hubiesen rajado o lastimado considerablemente, así como revisar que sus estructuras (campana-espiga y macho-hembra) estén libres de materias extrañas: mezcla seca, lodo, etc., que impidan hacer una buena junta.

La tubería se bajará por medio de cadenas o cuerdas, tratando de poner el tubo en tal forma que el flujo recorra al tubo de campana a espiga o de hembra a macho, comenzando la colocación a partir de la descarga.

Se recomienda que no menos de $1/4$ de circunferencia del tubo esté apoyada en el lecho firme de la zanja; el fondo de la zanja debe terminarse a mano, para darle la concavidad deseada, de manera que $1/3$ del tubo esté en tierra firme o en el lecho de arena, según el caso.

Cuando se usen tubos de campana, deberán abrirse zanjas transversales en la base de la zanja para que la campana quede libre y permita un asentamiento firme del cuerpo del tubo en la base preparada.

En instalación de tuberías múltiples, estas deberán hacerse con la línea central de cada tubería individual paralela a las demás. Cuando no se indique otra cosa en los planos, la distancia libre entre dos líneas de tubería será igual a la mitad del diámetro de la mayor de ellas.

Ninguna tubería de aguas negras deberá pasar sobre otra de agua potable. La distancia mínima entre tuberías de agua negra y agua potable será 0,20 metros cuando se cruzan y 0,40 metros cuando son paralelas y en todo caso la de agua potable sobre la de aguas negras.

2.1.8.6.5 Cama de asiento

La cama de asiento consiste en una capa de material granular (grava, arena) compactado, de no menos de 10 cm de espesor, colocada en el fondo de la zanja. Su función es proveer un soporte firme y uniforme al tubo (evitando la generación de tensiones localizadas sobre el mismo y evitando asentamientos diferenciales de relevancia a lo largo de su recorrido), por lo que su correcta ejecución es fundamental para la futura performance de la tubería.

Una premisa muy importante es que, para que la cama de asiento cumpla su objetivo, el tubo deberá descansar sobre la misma en la totalidad de su superficie de apoyo, sin que haya espacios vacíos entre la superficie superior de la cama y la tubería. Para esto, en la zona de los enchufes se realizará un nicho para permitir que el cuerpo del tubo apoye en toda su longitud, que queden nivelados los tubos y pueda realizarse correctamente el ensamble de las juntas.

El material de la cama de asiento deberá estar libre de piedras, material congelado, humus o terrones de limo o arcilla, residuos de plantas, suciedad o cualquier tipo de material punzante.

La cama de asiento deberá ser conformada siguiendo la pendiente longitudinal especificada para la tubería en cada proyecto, de manera que, al

apoyar la misma quede prácticamente nivelada (debiendo realizar solo ajustes menores).

Figura 7. **Apoyo de tubería sobre la cama de asiento**



Fuente: Manual técnico AMANCO NOVAFORT. Pág. 16.

2.1.8.6.6 Juntas

Para instalar la tubería deben utilizarse implementos, herramientas y equipo adecuado para evitarle daños. Por ninguna circunstancia debe lanzarse la tubería y los accesorios a la zanja.

Las campanas deben colocarse en dirección aguas arriba; la instalación debe principiarse de la parte baja hacia la parte alta.

Cuando se interrumpa la instalación de la tubería, deben colocarse tapones en las aberturas para evitar la entrada de agua, tierra o cualquier material ajeno a la tubería.

2.1.8.6.7 Relleno

1. Relleno inicial

El relleno alrededor del tubo, o relleno de contención, es la pieza fundamental en la performance estructural del conjunto tubo-zanja ante las sollicitaciones externas, con lo cual su adecuada colocación y compactación son la clave de la calidad de la instalación.

La calidad y compactación de este relleno deben concretar en la obra las previsiones del proyecto, por lo que será muy importante colocar el tipo de suelo recomendado por el ingeniero a cargo y compactarlo hasta la densidad Proctor especificada.

En general, los suelos más recomendados y más comúnmente utilizados para conformar el relleno de contención son de tipo granular, dentro de las clases I y II según Norma ASTM. Esto se debe a la alta rigidez que adquieren con esfuerzos mínimos de compactación y a que son muy poco sensibles al contenido de humedad.

Además, los suelos granulares compactados tienen muy poca tendencia a efectos de Creep o de consolidación con el tiempo.

En cambio, cuando se utilizan suelos de granulometría más fina, por lo general se reduce el soporte de la tubería. Los suelos granulares con más de un 12% de partículas de menos de 75 micrones (clases III, IV) son afectados significativamente por las características del material fino. Si los finos son mayormente limos, el suelo es sensible a la humedad, tiene una tendencia a ser transportado por el escurrimiento de agua y requiere un esfuerzo adicional para

su compactación. Si los finos son mayormente arcillas, el suelo es aún más sensible a la humedad (reduciendo su rigidez) y sufrirá efectos de Creep en el tiempo. En estos casos, una buena recomendación es limitar el uso de estos suelos a aquellos que presenten un límite líquido (LL) inferior al 50%, con lo que se eliminarán los suelos plásticos y altamente sensibles al contenido de humedad.

De todas maneras, el uso de este tipo de suelo como relleno de contención solo podrá ser viable en los casos en los que tanto el tubo como la instalación hayan sido expresamente diseñados para este material. En caso contrario, su uso deberá ser evitado.

Por otro lado, el suelo seleccionado para el relleno inicial deberá ser tal que:

- Satisfaga los requerimientos solicitados por el proyectista en el cálculo estructural de las tuberías.
- Sea compactable.
- En el caso de suelos con drenaje restringido (Clase III, Clase IVA y algunos Clase II en el límite), que tenga un contenido de humedad en el orden de $\pm 3\%$ del óptimo (medido de acuerdo con ASTM D698).
- Para tubos DN < 900 mm, el tamaño de las partículas no supere los 11 mm.
- No contenga terrones de suelo de tamaño superior a 2 veces el tamaño máximo de las partículas.
- No contenga material congelado ni material orgánico, ni desperdicios (raíces de vegetación, gomas, botellas, metales, etc.).

Figura 8. **Cuidados en la selección del suelo de relleno inicial**

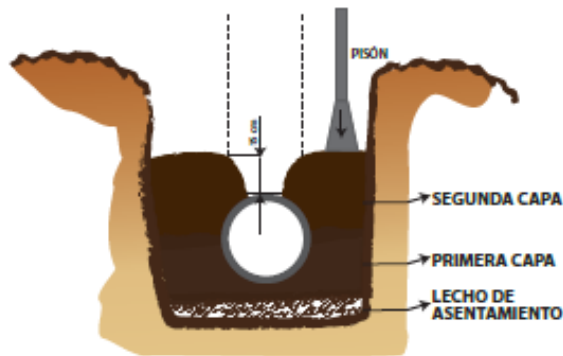


Fuente: Manual técnico AMANCO NOVAFORT. Pág. 17.

Para la colocación del relleno de contención deberán seguirse las siguientes pautas:

- Colocar el suelo a ambos lados de la tubería en capas al mismo tiempo, compactándolo con precisión, hasta alcanzar los niveles especificados en el proyecto y cuidando que, durante el proceso, la tubería no se mueva.

Figura 9. Colocación del relleno inicial



Fuente: Manual técnico AMANCO NOVAFORT. Pág. 17.

- El espesor de las capas en las que se debe colocar el relleno dependerá del tipo de material y de la metodología utilizada para efectuar la compactación. En la Tabla VII pueden verse los valores recomendados.
- En el caso de utilizar suelos Clase III, deberán tomarse precauciones para su compactación, controlando el contenido de humedad, de manera de lograr la densidad requerida con un esfuerzo de compactación y equipos razonables. Para esto, el contenido de humedad deberá mantenerse dentro del nivel óptimo $\pm 3\%$ (de acuerdo a ASTM D698). Si no se mantiene este nivel de humedad, lo más probable es que la tubería presente ovalizaciones excesivas una vez instalada.
- La utilización de suelo Tipo Clase IV no se recomienda para su uso como material de relleno de contención. Si se lo va a utilizar de todas maneras, deberán cumplirse las siguientes pautas:

- Que el material presente $LL < 50$.
 - Que se asegure un módulo resistente similar o superior al especificado en el proyecto.
 - Que, durante su colocación y compactación, el contenido de humedad se mantenga dentro del nivel óptimo $\pm 3\%$ (de acuerdo a ASTM D698).
 - Que no sea utilizado en instalaciones con fundaciones inestables o con agua permanente en la zanja.
 - Que se compacte en capas de 100 a 150 mm, con un compactador de impacto o neumático.
 - Que se realicen ensayos de compactación periódicamente para corroborar que se logró la densidad requerida.
- Adicionalmente, será muy importante, durante la colocación del relleno, asegurarse de compactar bien la zona por debajo del riñón del tubo y en el nicho del enchufe, evitando dejar espacios libres.

Figura 10. **Colocación del relleno debajo de los riñones de la tubería**



Fuente: Manual técnico AMANCO NOVAFORT. Pág. 17.

Tabla XIII. **Espesores de capas de compactación recomendadas**

Método / Equipos de compactación	N° Pasadas		Espesor Máximo de Capa después de la compactación (Metros)				Espesor mínimo de suelo por encima del lomo del tubo, antes de la compactación
	Comp. Buena (W)	Comp. Moderada (M)	Suelo Clase II (Gravas)	Suelo Clase II (Arenas)	Suelo Clase III	Suelo Clase IV	
Apisonado a mano o a pie. Min 15 kg.	3	1	0,15	0,10	0,10	0,10	0,20
Apisonado por vibración. Min. 70 kg	3	1	0,30	0,25	0,20	0,15	0,30
Placa Vibrante Min. 50 kg Min. 100 kg Min. 200 kg Min. 400 kg Min. 600 kg	4	1	0,10	---	---	---	0,15
	4	1	0,15	0,10	---	---	0,15
	4	1	0,20	0,15	0,10	---	0,20
	4	1	0,30	0,25	0,15	0,10	0,30
	4	1	0,40	0,30	0,20	0,15	0,50
Rodillo Vibrador Min. 15 kN/m Min. 30 kN/m Min. 45 kN/m Min. 65 kN/m	6	2	0,35	0,25	0,20	---	0,60
	6	2	0,60	0,50	0,30	---	1,20
	6	2	1,00	0,75	0,40	---	1,80
	6	2	1,50	1,10	0,60	---	2,40
	6	2	1,50	1,10	0,60	---	2,40
Doble Rodillo Vibrador Min. 5 kN/m Min. 10 kN/m Min. 20 kN/m Min. 30 kN/m	6	2	0,15	0,10	---	---	0,20
	6	2	0,25	0,20	0,15	---	0,45
	6	2	0,35	0,30	0,20	---	0,60
	6	2	0,50	0,40	0,30	---	0,85
	6	2	0,50	0,40	0,30	---	0,85
Triple Rodillo Pesado (Sin vibración) Min. 50 kN/m	6	2	0,25	0,20	0,20	---	1,00

Fuente: Manual técnico AMANCO NOVAFORT. Pág. 18.

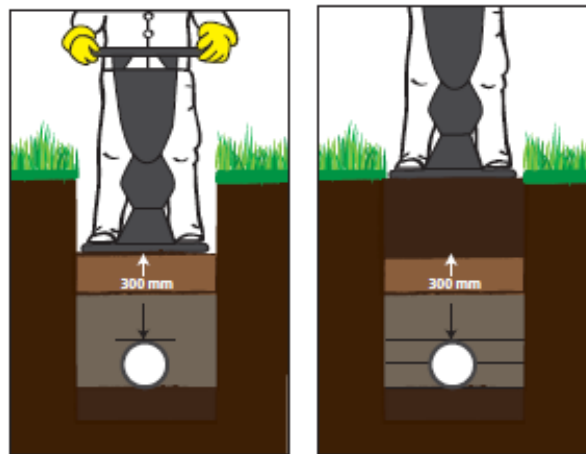
2. Relleno superior

Este relleno podrá realizarse utilizando el suelo proveniente de las excavaciones, en lo posible libre de piedras y/o cuerpos extraños y que presente una densidad del orden a la que corresponde al suelo de los laterales de la zanja.

Se deberán tomar precauciones para la compactación del suelo por encima de la tubería, evitando impactarla. Para esto, deberá colocarse, antes de compactar, una capa de suelo con un espesor mínimo, cuyo valor dependerá del equipo de compactación a utilizar, pero que nunca será menor a los 15 cm.

Una vez colocado este relleno, deberá prestarse especial atención a la remoción de los tablestacados (en caso de existir) y se deberá controlar que la deflexión anular vertical que sufrió la tubería no exceda el 3%.

Figura 11. **Compactación relleno superior**



Fuente: Manual técnico AMANCO NOVAFORT. Pág. 18.

2.1.9. Diseño de la red de alcantarillado sanitario

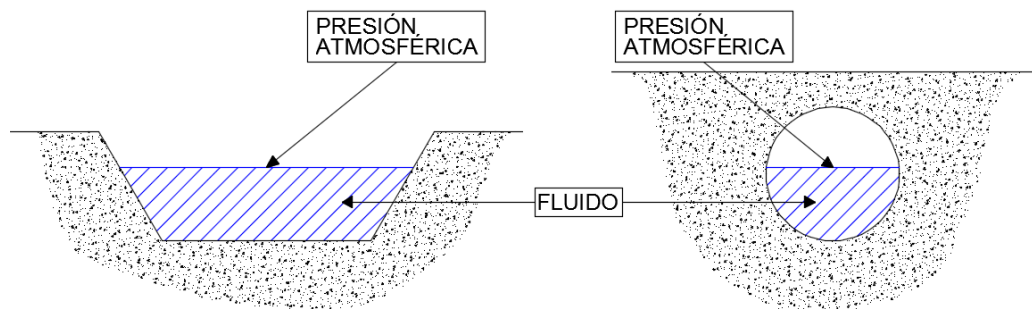
2.1.9.1. Diseño hidráulico

2.1.9.1.1 Principio hidráulicos

Los sistemas se diseñarán como sistemas por gravedad, con los conductos funcionando como canales parcialmente llenos. Sin embargo, en los casos en que sea indispensable que el sistema tenga en parte un sistema de bombeo se diseñarán los colectores como sistemas por gravedad con conductos parcialmente llenos hasta la fosa de succión del equipo de bombeo.

La línea de descarga del equipo de bombeo se diseñará como conducto a presión.

Figura 12. **Analogía en el comportamiento de un canal abierto y una tubería en sección parcialmente llena**



Fuente: elaboración propia. Programa AutoCAD.

2.1.9.2. Ejemplo de diseño de un tramo

Tabla XIV. **Datos de diseño**

No.	Descripción	Cantidad	Unidad
1	Periodo de diseño	31	años
2	Dotación de agua potable	130	Lts/hab/día
3	Factor de retorno	80	%
4	Tasa de crecimiento	4,7	%
5	Conexiones ilícitas	15	%
6	Coefficiente de Manning	0,010	
7	Coefficiente de infiltración	18 000	Lts

Fuente: elaboración propia.

Se aplicarán los datos antes mencionados para el diseño del tramo
PV – 12 a PV - 13

CT 12 = 1 399,39 metros

CT 13 = 1 398,24 metros

DH = 54,85 metros

No. De casas entre pozos = 7

No. De habitantes por casa = 6 habitantes

Pendiente del terreno:

$$\%S = \frac{\text{Cota 12} - \text{Cota 13}}{DH_{12-13}} * 100$$

$$\%S = \frac{1\,399,39 - 1\,398,24}{14,01} * 100$$

$$\%S = 2,10\%$$

Número de habitantes:

Actual

$$P_a = 7 \text{ casas} \times 6 \text{ hab}$$

$$P_a = 42 \text{ hab}$$

Futuro

$$P_f = 42(1 + 0,047)^{31}$$

$$P_f = 175 \text{ hab}$$

Caudal domiciliar:

Actual

$$Q_{\text{dom}} = \frac{42 \text{ hab} * 130 \text{ L/hab/día} * 0,80}{86\,400}$$

$$Q_{\text{dom}} = 0,05 \text{ L/s}$$

Futuro

$$Q_{\text{dom}} = \frac{175 \text{ hab} * 130 \text{ L/hab/día} * 0,80}{86\,400}$$

$$Q_{\text{dom}} = 0,21 \text{ L/s}$$

Caudal de conexiones ilícitas:

Actual

$$Q_{C,I} = 0,05 \text{ L/s} \times 0,15$$

$$Q_{C,I} = 7,50 \times 10^{-3} \text{ L/s}$$

Futuro

$$Q_{C,I} = 0,21 \text{ L/s} \times 0,15$$

$$Q_{C,I} = 0,03 \text{ L/s}$$

Caudal sanitario:

Actual

$$Q_s = 0,05 \text{ L/s} + 7,50 \times 10^{-3} \text{ L/s}$$

$$Q_s = 0,06 \text{ L/s}$$

Futuro

$$Q_s = 0,06 \text{ L/s} + 0,03 \text{ L/s}$$

$$Q_s = 0,24 \text{ L/s}$$

Factor de caudal medio:

Actual

$$fqm = \frac{0,06 \text{ L/s}}{42}$$

$$fqm = 1,43 \times 10^{-3}$$

Futuro

$$fqm = \frac{0,24 \text{ L/s}}{175}$$

$$fqm = 1,37 \times 10^{-3}$$

Como ambos valores son menores a 0,002 se utilizará $fqm = 0,002$

Factor de Harmond

Actual

$$F. H. = \frac{18 + \sqrt{\frac{42}{1000}}}{4 + \sqrt{\frac{42}{1000}}}$$

$$F. H. = 4,33$$

Futuro

$$F. H. = \frac{18 + \sqrt{\frac{175}{1000}}}{4 + \sqrt{\frac{175}{1000}}}$$

$$F. H. = 4,17$$

Caudal de diseño:

Actual

$$q = 0,002 \times 4,33 \times 42$$

$$q = 0,36 \text{ L/s}$$

Futuro

$$q = 0,002 \times 4,17 \times 175$$

$$q = 1,46 \text{ L/s}$$

Estos resultados representan únicamente del caudal de diseño entre el tramo 12 y el tramo 13, es decir, analizando este tramo por individual. Sin embargo, por tratarse de un tramo intermedio, se debe considerar el valor del caudal acumulado de los tramos anteriores (línea principal y líneas secundarias), por lo que el valor real del caudal de diseño final en el tramo PV 12 – PV 13 será la sumatoria del caudal del tramo en análisis más la sumatoria de los caudales anteriores al tramo en análisis, lo que da como resultado:

Actual

$$q = 6,32 \text{ L/s}$$

Futuro

$$q = 25,48 \text{ L/s}$$

Diámetro de la tubería = 8"

Pendiente de la tubería = 2,00%

Velocidad a sección llena

$$V = \frac{0,03429 * (8)^{2/3} * (2,00)^{1/2}}{0,010}$$

$$V = 1,94 \text{ L/s}$$

Caudal a sección llena:

$$Q = V \times A$$

$$Q = V \times \frac{\pi}{4} (\phi)^2$$

$$Q = 1,94 \text{ L/s} \times \frac{\pi}{4} (8" \times 0,0254)^2$$

$$Q = 0,0629 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times 1000$$

$$Q = 62,90 \text{ L/s}$$

Relaciones hidráulicas:

Actual

$$q/Q = 6,32/62,90 = 0,100461$$

$$v/V = 0,640173$$

$$d/D = 0,214$$

Futuro

$$q/Q = 25,48/62,90 = 0,405078$$

$$v/V = 0,946469$$

$$d/D = 0,442$$

Determinando la velocidad de diseño:

Actual

$$v/V = 0,640173$$

$$v = 0,640173 \times V$$

$$v = 0,640173 \times 1,94$$

$$v = 1,24 \text{ m/s}$$

Futuro

$$v/V = 0,946469$$

$$v = 0,946469 \times V$$

$$v = 0,946469 \times 1,94$$

$$v = 1,84 \text{ m/s}$$

La velocidad de diseño que se considera es la velocidad futura y para este tramo se cumple con los valores de velocidad de diseño, tanto actual como a futuro, por lo que se considera que el diseño es el adecuado.

Cotas invert:

$$CI_{S12} = 1\,399,39 \text{ m} - H_{\text{Pozo más profundo tramo anterior}} - 0,03 \text{ m}$$

$$CI_{S12} = 1\,399,39 \text{ m} - 2,59 \text{ m} - 0,03 \text{ m} = 1\,396,77 \text{ m}$$

$$CI_{E13} = 1\,396,77 \text{ m} - \left(\frac{2 * 54,85 \text{ m}}{100} \right) = 1\,395,67 \text{ m}$$

$$CI_{S13} = 1\,395,67 \text{ m} - 0,03 \text{ m} = 1\,395,64 \text{ m}$$

Excavación:

$$\text{Exc} = \left(\frac{\text{Prof. P12} + \text{Prof. P13}}{2} \right) \times \text{Ancho de zanja} \times DH_{0-1}$$

$$\text{Exc} = \left(\frac{2,62 \text{ m} + 2,60 \text{ m}}{2} \right) \times 0,65 \text{ m} \times 54,85 \text{ m}$$

$$\text{Exc} = 93,05 \text{ m}^3$$

2.1.9.3. Elaboración de planos

Se elaboró un juego de planos dividido en tres fases (ver anexos):

- Fase de arquitectura
 - Planta de curvas de nivel
 - Planta de densidad poblacional

- Fase de instalaciones
 - Perfiles del alcantarillado sanitario
 - Planta de diseño hidráulico

- Fase de estructuras

- Detalle de armado de pozos

2.1.9.4. Resumen de presupuesto

MUNICIPALIDAD DE CHINAUTLA						
PROYECTO: Diseño de un sistema de alcantarillado sanitario						
UBICACIÓN: Aldea Sacojito, municipio de Chinautla, departamento de Guatemala						
INTEGRACION DE PRECIOS UNITARIOS						
Código No.	Descripción	Cantidad	Unidad	P.U.	Total	%
1	TRABAJOS PRELIMINARES					
1,1	Elaboración de bodega provisional	40,00	m ²	Q. 153,64	Q. 6 145,56	0,43%
1,2	Trazo y nivelación	1 540,00	ml	Q. 41,90	Q. 64 520,89	4,50%
1,3	Levantamiento topográfico con estación total	1 540,00	ml	Q. 76,66	Q. 118 056,40	8,23%
2	MOVIMIENTO DE TIERRAS					
2,1	Excavación para construcción de pozos de visita	125,00	m ³	Q. 133,39	Q. 16 673,55	1,16%
2,2	Excavación para instalación de tuberías	2 178,00	m ³	Q. 81,94	Q. 178 464,48	12,44%
3	RED DE COLECTORES					
3,1	Instalación de tubería PVC de 8"	366,00	ml	Q. 470,36	Q. 172 151,84	12,00%
3,2	Instalación de tubería PVC de 6"	1 174,00	ml	Q. 317,39	Q. 372 619,42	25,98%
4	POZOS DE VISITA					
4,1	Construcción de pozos de visita	173,00	m ²	Q. 500,56	Q. 86 597,04	6,04%
5	CONEXIONES DOMICILIARES					
5,1	Instalación de tubería PVC de 4"	600,00	ml	Q. 162,55	Q. 97 529,37	6,80%
6	RELLENO Y COMPACTACION DE LAS ZANJAS					
6	RELLENO Y COMPACTACION DE LAS ZANJAS	2 178,00	m ³	Q. 114,99	Q. 250 448,22	17,46%
7	LIMPIEZA FINAL					
7	LIMPIEZA FINAL	1 540,00	ml	Q. 46,00	Q. 70 833,34	4,94%
TOTAL DEL PRESUPUESTO					Q. 1 434 040,60	100,00%
(*Un millón cuatrocientos treinta y cuatro mil cuarenta quetzales con sesenta centavos*)						

2.1.9.5. Análisis socioeconómico

En esta evaluación se determinan los datos del Valor Presente Neto -VPN- y la Tasa Interna de Retorno -TIR- del proyecto.

- **Valor Presente Neto (VPN)**

Es un dato que nos representa la viabilidad de un proyecto de inversión a largo plazo. Este método determina el cumplimiento de una inversión con su

objetivo financiero, maximizar la inversión. Un valor puede ser negativo, positivo o nulo, cuyo significado determinará la factibilidad del proyecto como tal.

$$VPN < 0 ; VPN = 0 ; VPN > 0$$

Donde:

$VPN < 0$ Indica que el proyecto no es rentable

$VPN = 0$ Indica que la utilidad del proyecto es exactamente igual a la de inversión, es decir, los ingresos son iguales a los egresos

$VPN > 0$ Indica que el proyecto es rentable

Determinando el VPN del proyecto:

$$VPN = \text{Ingresos} - \text{Egresos}$$

$$VPN = 0 - Q. 1\,434\,040,60$$

$$VPN = -Q. 1\,434\,040,60$$

En este caso el valor de VPN da un valor negativo, por lo que significaría que el proyecto no es rentable, sin embargo, por tratarse de un proyecto de inversión social no se consideran los ingresos, por lo que este valor es aceptable para el proyecto.

- **Tasa Interna de Retorno (TIR)**

Es un valor que determina la tasa máxima de utilidad que puede obtenerse en la evaluación de una alternativa. El proyecto no generará ingresos para la municipalidad por ser de inversión social, por tanto, este no genera ninguna tasa de interés.

2.1.9.6. Evaluación de impacto ambiental

Una evaluación de impacto ambiental presenta las alteraciones que se pueden sufrir durante la construcción de un proyecto. Para esta evaluación se realizó una Evaluación Ambiental Inicial -EAI-, en el cual se presentan todas las actividades correspondientes en la etapa de construcción y de operación del proyecto, como las medidas de mitigación correspondientes ante las actividades por maquinaria, generación de ruido y desechos líquidos.

2.1.9.7. Administración, operación y mantenimiento

La administración del proyecto estará a cargo de la municipalidad de Chinautla, quien deberán administrar la distribución, inscripción del servicio a los vecinos y revisarán que se realicen los cobros respectivos. La operación y mantenimiento del sistema de alcantarillado sanitario será realizada por la personal capacitado de la municipalidad de Chinautla, quienes velarán por el mantenimiento e inspecciones respecto al sistema de alcantarillado sanitario.

2.2. Diseño de ampliación de edificio escolar de dos niveles para la aldea El Durazno

2.2.1. Descripción del proyecto

El proyecto consiste en el diseño de módulos de aulas para un edificio de dos niveles. Este edificio escolar contemplará: 6 módulos de aulas, 3 aulas en el primer nivel y 3 aulas en el segundo nivel, 2 aulas con dimensiones de 6,44 x 8,08 metros, 2 aulas con dimensiones 6,60 x 8,08 metros y 2 aulas con dimensiones 5,45 x 8,08 metros (dimensiones a ejes), el pasillo del segundo nivel que tiene un ancho de 2,50 metros libres y su módulo de gradas de

ingreso al segundo nivel. Los beneficiarios serán los niños y niñas de entre 7 a 15 años a nivel primaria.

2.2.2. Investigación preliminar

2.2.2.1. Disposición del área del terreno

El terreno destinado al edificio escolar de dos niveles será colindante al instituto nacional de educación básica en la aldea El Durazno. La construcción total ocupará un área de 250 metros cuadrados.

2.2.2.2. Estudio de suelos

2.2.2.2.1 Ensayo triaxial

El valor soporte del suelo, también llamado capacidad de carga o apoyo de los cimientos, es una característica de cada sistema de suelo- cimentación, y no solo una cualidad intrínseca del suelo. Los distintos tipos de suelo difieren en capacidad de carga, pero también ocurre que en un suelo específico dicha capacidad varía con el tipo, forma, tamaño y profundidad del elemento de cimentación que aplica la presión.

Cuando se pretende calcular la capacidad soporte del suelo para cimentaciones, es necesario conocer la distribución de los esfuerzos dentro de los estratos del suelo por medio del ensayo triaxial. Para ello, se obtiene una muestra inalterada de un pie cúbico para dicho ensayo, cuando la naturaleza del suelo no lo permite, es preferible realizar una inspección visual del suelo, para lograr determinar la capacidad soporte del mismo.

Se realizó el ensayo de compresión triaxial no consolidado y no drenado. A continuación, se muestran los resultados obtenidos en el ensayo.

- Descripción del suelo: Limo arcilloso color beige
- Angulo de fricción interna (ϕ): 29,27°
- Cohesión: 6,05 Ton/m²
- Desplante: 1,00 metro (profundidad de toma de muestra)
- Densidad seca: 1,66 Ton/m³
- Densidad húmeda: 1,83 Ton/m³

Tabla XV. **Valor soporte permisible según tipo de suelo**

Material del suelo	Vs (ton/m ²)	Observaciones
Roca sana	645	-
Roca regular	430	-
Roca intermedia	215	-
Roca agrietada o porosa	22 – 86	-
Suelos gravillosos	90	Compactados, buena granulometría
Suelos arenosos	32 – 64	Densos
Arena fina	22 – 43	Densa
Suelos arcillosos	53	Duros
	22	Solidez mediana
Suelos limosos	32	Densos
	16	Densidad mediana

Fuente: Carlos Crespo, Villalaz. Mecánica de suelos y cimentaciones. Pág. 193.

Para obtener el valor soporte se utilizarán las ecuaciones de Terzaghi para cimentaciones cuadradas. El valor soporte para zapatas cuadradas está dado por la siguiente ecuación:

$$q = 1,3 * C * N_c + \gamma_s * D_f * N_q + 0,4 * \gamma_s * B * N_y$$

Donde

C = Cohesión del suelo

γ_s = Peso específico del suelo

Df = Profundidad de cimentación

Los valores de N_c , N_q y N_y se llaman factores de capacidad de carga debidos a la cohesión, sobre carga y peso del suelo respectivamente. Estos valores para falla por corte general se obtienen empleando las curvas de trazo continuo, cuyos valores también se encuentra tabulados en tablas y mediante ecuaciones para su determinación.

Sin embargo, para cimentaciones que presentan el modo de falla por corte local en suelos, Terzaghi sugirió una modificación a la anterior ecuación, para tomar en cuenta los efectos de la forma de la cimentación, profundidad de empotramiento (Df) e inclinación de la carga. La modificación es la siguiente:

$$q = 0,867 * C * N'_c + \gamma_s * D_f * N'_q + 0,4 * \gamma_s * B * N'_y$$

Figura 13. Factores de capacidad de carga de Terzaghi

ϕ'	N'_c	N'_q	N'_γ	ϕ'	N'_c	N'_q	N'_γ
0	5.70	1.00	0.00	26	15.53	6.05	2.59
1	5.90	1.07	0.005	27	16.30	6.54	2.88
2	6.10	1.14	0.02	28	17.13	7.07	3.29
3	6.30	1.22	0.04	29	18.03	7.66	3.76
4	6.51	1.30	0.055	30	18.99	8.31	4.39
5	6.74	1.39	0.074	31	20.03	9.03	4.83
6	6.97	1.49	0.10	32	21.16	9.82	5.51
7	7.22	1.59	0.128	33	22.39	10.69	6.32
8	7.47	1.70	0.16	34	23.72	11.67	7.22
9	7.74	1.82	0.20	35	25.18	12.75	8.35
10	8.02	1.94	0.24	36	26.77	13.97	9.41
11	8.32	2.08	0.30	37	28.51	15.32	10.90
12	8.63	2.22	0.35	38	30.43	16.85	12.75
13	8.96	2.38	0.42	39	32.53	18.56	14.71
14	9.31	2.55	0.48	40	34.87	20.50	17.22
15	9.67	2.73	0.57	41	37.45	22.70	19.75
16	10.06	2.92	0.67	42	40.33	25.21	22.50
17	10.47	3.13	0.76	43	43.54	28.06	26.25
18	10.90	3.36	0.88	44	47.13	31.34	30.40
19	11.36	3.61	1.03	45	51.17	35.11	36.00
20	11.85	3.88	1.12	46	55.73	39.48	41.70
21	12.37	4.17	1.35	47	60.91	44.45	49.30
22	12.92	4.48	1.55	48	66.80	50.46	59.25
23	13.51	4.82	1.74	49	73.55	57.41	71.45
24	14.14	5.20	1.97	50	81.31	65.60	85.75
25	14.80	5.60	2.25				

Fuente: Fundamentos de ingeniería de cimentaciones. Braja M. Das. Pág. 140.

Factores de capacidad de carga para el ángulo de fricción interna del proyecto ($\phi = 29,27^\circ$):

$$N'_c = 18,2892$$

$$N'_q = 7,8355$$

$$N'_\gamma = 3,9301$$

Determinando el valor soporte último:

$$q = 0,867 * 6,05 * 18,2892 + 1,66 * 1 * 7,8355 + 0,4 * 1,76 * 1 * 3,9301$$

$$q = 111,71 \text{ Ton/m}^2$$

Terzaghi recomienda que para la carga de diseño se debe aplicar un factor de seguridad entre 1,5 y 3

$$V_s = \frac{q_d}{3}$$

Determinando valor soporte:

$$V_s = \frac{111,71 \text{ Ton/m}^2}{3}$$

$$V_s = 37,24 \text{ Ton/m}^2$$

Según la descripción del tipo de suelo, otorgada por el Centro de Investigaciones de Ingeniería -CII-, y utilizando como referencia la tabla XV, se determina que los rangos aproximados de valor soporte permisible según el tipo de suelo será de 53 a 32 Ton/m. Esto quiere decir que el valor soporte admisible es el adecuado para el diseño de la cimentación.

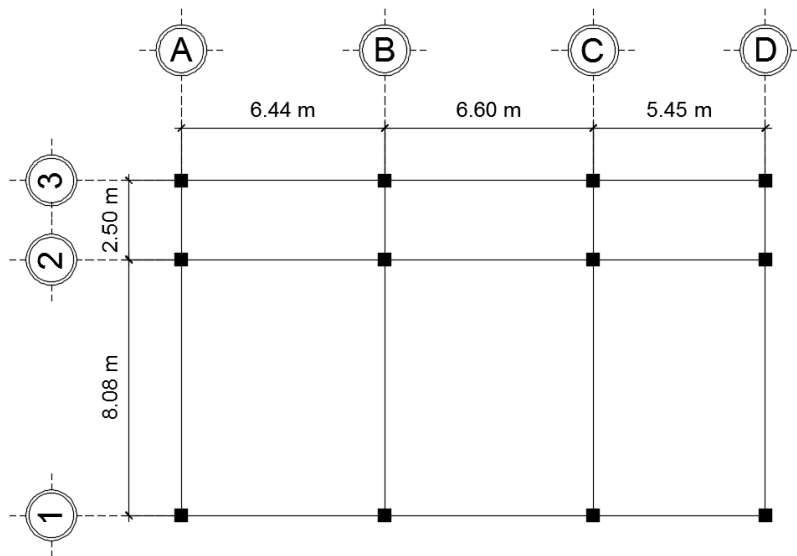
2.2.3. Diseño arquitectónico

Esta fase consiste en proporcionarle al edificio una forma adecuada y distribuir, a conveniencia, los diferentes ambientes destinados a salones de clase y espacios abiertos para público que formarán parte del sistema; de acuerdo a las necesidades y requerimientos de cada uno de ellos.

Para esta etapa de planificación se tomó en cuenta la coordinación modular y que todo edificio de este tipo debe regirse por una relación dimensional. Además, un buen diseño arquitectónico presenta flexibilidad al buscar versatilidad y adaptabilidad a las distintas condiciones de capacidad de carga, según sea el número de personas que estén en él. Se tomó en cuenta que el edificio será utilizado solamente para educación, por lo que se le dará uso únicamente en las jornadas matutinas.

En la figura 14 se puede apreciar la vista en planta del edificio, en donde los marcos literales están en sentido del eje X y los marcos numéricos del eje Y.

Figura 14. **Planta de edificio escolar**



Fuente: elaboración propia. Programa AutoCAD.

2.2.3.1. Ubicación del edificio

La correcta orientación y ubicación del edificio proporciona una óptima iluminación, ventilación y asoleamiento de todos los ambientes de este. Por restricciones de espacio la orientación del salón es de sureste a noroeste.

2.2.3.2. Distribución de ambientes

La distribución de ambientes se realiza con el objetivo de tener un lugar cómodo y funcional, siempre y cuando cumpliendo con los espacios mínimos de los ambientes que constituirán la edificación, del mismo modo acoplándolos al

terreno existente. Ambos niveles se distribuyeron de tal modo que fueran aulas puras de clase debido a que ya se cuenta con una dirección y módulos de baños.

2.2.3.3. Altura del edificio

Para brindar comodidad a los estudiantes, la altura de piso a cielo será de 3,35 metros en cada nivel. Para efectos del modelo matemático, el cual servirá para realizar el análisis estructural, se consideró una altura total de 7 metros desde la cimentación hasta la losa del segundo nivel.

2.2.3.4. Selección del sistema estructural a utilizar

Para elegir un correcto sistema estructural, no se requiere de operaciones matemáticas, sino involucra otras consideraciones, las cuales se determinan con objetivos importantes como:

- Ser una estructura segura y económica.
- Cumplir los requisitos de funcionalidad de la edificación, según el artículo 3.1, de la Ley de Ordenación de la Edificación, donde se establece que: con el fin de garantizar la seguridad de las personas, el bienestar de la sociedad y la protección del medio ambiente, los edificios deberán proyectarse, construirse, mantenerse y conservarse, de tal forma que satisfagan la utilización y accesibilidad.

Lo anterior significa que la disposición y las dimensiones de los espacios faciliten la adecuada realización de las funciones previstas y permita a las personas la circulación por el mismo con mayor seguridad. Existen sistemas que se desempeñan mejor que otros en las eventualidades sísmicas, por lo que

se busca un equilibrio que favorezca todos los aspectos mencionados. Para este proyecto se decidió utilizar el sistema de marcos rígidos, con losas planas de concreto reforzado y levantado con mampostería reforzada.

2.2.4. Análisis estructural

El análisis estructural se refiere al uso de las ecuaciones de la resistencia de materiales para la determinación de las fuerzas, momentos, esfuerzo internos y deformaciones que se producen en una estructura debido a la aplicación de cargas. Para determinar esfuerzo sobre marcos se emplean varios métodos de análisis, uno de ellos es el método matricial de la rigidez, basado en el modelo de barras largas, que modeliza los elementos resistentes como elementos unidimensionales sometidos predominantemente a flexión.

Una estructura correctamente diseñada, además de ser funcional y económica, debe cumplir obligatoriamente con dos criterios razonables de seguridad:

- Criterio de resistencia: consiste en comprobar que, en ninguno de sus puntos, el material sobrepase las tensiones admisibles máximas.
- Criterio de rigidez: consiste en comprobar que los desplazamientos y deformaciones de la estructura no sobrepasen un cierto límite, el cual está relacionado con criterios de funcionalidad, pero también de estabilidad o de aplicabilidad de la teoría de la elasticidad lineal.

2.2.4.1. Pre-dimensionamiento de elementos estructurales

2.2.4.1.1 Vigas

El pre-dimensionamiento de las vigas se puede realizar con los siguientes criterios:

- Por cada metro lineal libre de luz se aplican ocho centímetros de peralte, el cual es el doble de la base.
- Según Capítulo 9, Sección 9,5, Tabla 9,5(a) del código ACI 318S-11, la cual ofrece diferentes condiciones para el pre-dimensionamiento de vigas.

Tabla XVI. **Alturas o espesores mínimos de vigas no preesforzadas o losas reforzadas en una dirección a menos que se calculen las deflexiones**

	Espesor mínimo, h			
	Simplemente apoyados	Con un extremo continuo	Ambos extremos continuos	En voladizo
Elementos	Elementos que no soporten o estén ligados a divisiones u otro tipo de elementos susceptibles de dañarse debido a deflexiones grandes			
Losas macizas en una dirección	$\frac{\ell}{20}$	$\frac{\ell}{24}$	$\frac{\ell}{28}$	$\frac{\ell}{10}$
Vigas o losas nervadas en una dirección	$\frac{\ell}{16}$	$\frac{\ell}{18.5}$	$\frac{\ell}{21}$	$\frac{\ell}{8}$

Fuente: ACI. Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural y Comentario (ACI 318S-11). Pág. 130.

Para el presente proyecto se tomó la condición de una viga con un extremo continuo. Realizando el cálculo y comparando ambos criterios tenemos:

Criterio 1:

$$h_v = 8\% * \text{Luz de viga mayor}$$

$$h_v = 0,08 * 6,60\text{m}$$

$$h_v = 0,53\text{m}$$

Criterio 2:

$$h_v = \frac{L}{18,5}$$

$$h_v = \frac{6,60\text{m}}{18,5}$$

$$h_v = 0,36\text{m}$$

Se escoge la altura más crítica, la cual es $h=53$ cm, entonces:

$$b_v = \frac{h_v}{2}$$

$$b_v = \frac{0,53\text{m}}{2}$$

$$b_v = 0,27\text{m}$$

Según el código ACI 318S-11, Capítulo, 21 Sección 21,5,1,2 que literalmente dice: La luz libre del elemento, ℓ_n , no debe ser menor que cuatro veces su altura útil.

$$\ell_{n \text{ menor}} = 6,60 > 4 * 0,55\text{m}$$

$$\ell_{n \text{ menor}} = 6,60 > 2,20\text{m}$$

Por lo que se propone una sección de viga de 0,30 x 0,55 metros.

2.2.4.1.2 Losas

Para el predimensionamiento de las losas se necesita determinar en cuantas direcciones esta va a funcionar, esto se determina en base a los siguientes criterios

$$m = \frac{a}{b} < 0,5 \text{ losa en una dirección} \quad m = \frac{a}{b} > 0,5 \text{ losa en dos direcciones}$$

Donde:

a = Sentido corto

b = Sentido largo

Determinando direcciones de la losa:

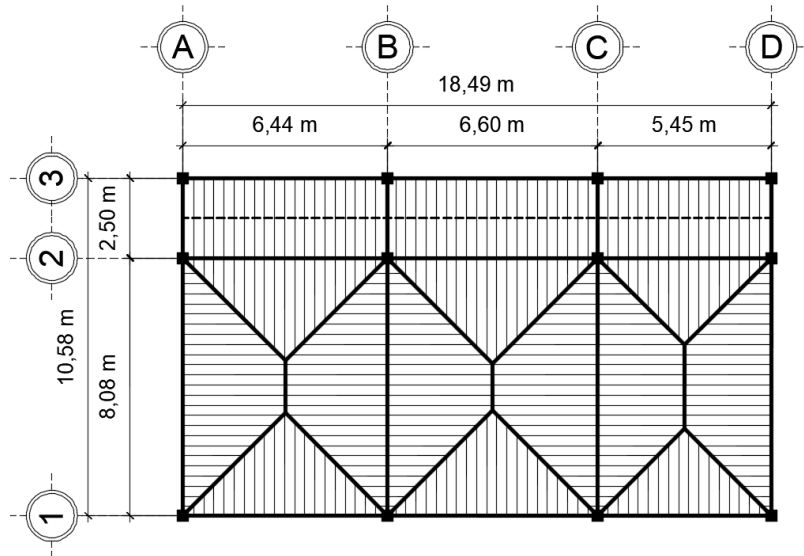
$$m = \frac{6,60}{8,08} = 0,81 > 0,50 \text{ por tanto, es una losa en dos direcciones}$$

Para determinar el espesor de losa el código ACI recomienda lo siguiente:

$$t_{\text{Losa}} = \frac{\text{Perímetro de losa}}{180}$$
$$t_{\text{Losa}} = \frac{2(8,08 \text{ m}) + 2(6,60 \text{ m})}{180}$$
$$t_{\text{Losa}} = 0,16 \text{ m}$$

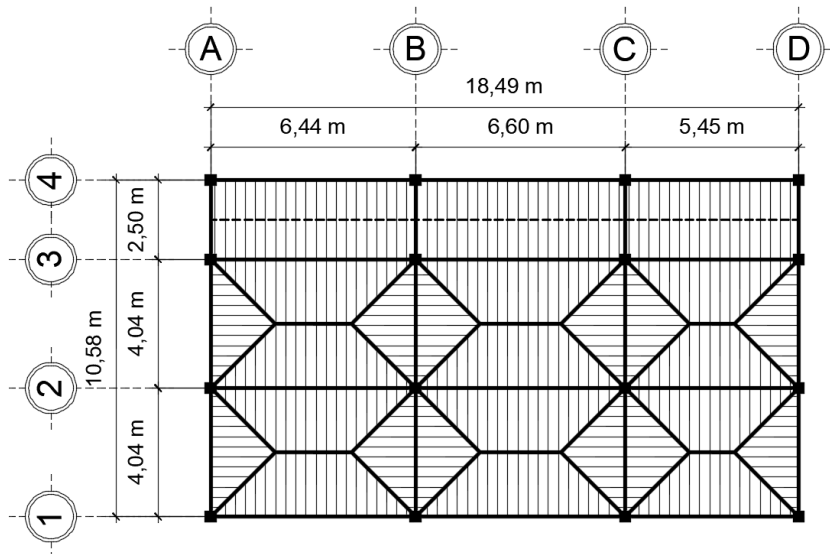
Debido a que el $t_{\text{losa máx}} = 0,12 \text{ m}$ se debe reducir el espesor de losa por medio de la implementación de vigas secundarias para redistribuir entre apoyos laterales el área tributaria. Por tanto, la planta del edificio quedara de la siguiente manera:

Figura 15. **Distribución original de áreas tributarias en vigas**



Fuente: elaboración propia. Programa AutoCAD.

Figura 16. **Distribución modificada de áreas tributarias en vigas**



Fuente: elaboración propia. Programa AutoCAD.

Determinando nuevamente espesor de losa:

$$t_{\text{Losa}} = \frac{2(4,04 \text{ m}) + 2(6,60 \text{ m})}{180}$$

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

Para el diseño de losa se utilizará un peralte de 0,12 metros.

2.2.4.1.3 Columnas

El método que se utiliza para pre-dimensionar columnas, determina la sección al basarse en la carga aplicada al área tributaria de la columna crítica (la que soporta mayor carga axial), como lo considera el Capítulo 10, Sección 10,3,6 del código ACI 318S-11 y de esta forma guardar simetría en las dimensiones.

El cálculo de la carga máxima aplicada a columnas, para elementos con estribos está dado por la siguiente ecuación:

$$\phi P_{n(\text{máx})} = 0,80\phi [0,85f'_c(A_g - A_{st}) + f_y A_{st}]$$

Donde:

ϕ = Factor de reducción de resistencia

$\phi P_{n(\text{máx})}$ = Máximo valor permitido de P_n

P_n = Resistencia axial nominal de la sección transversal

f'_c = Resistencia especificada a la compresión del concreto

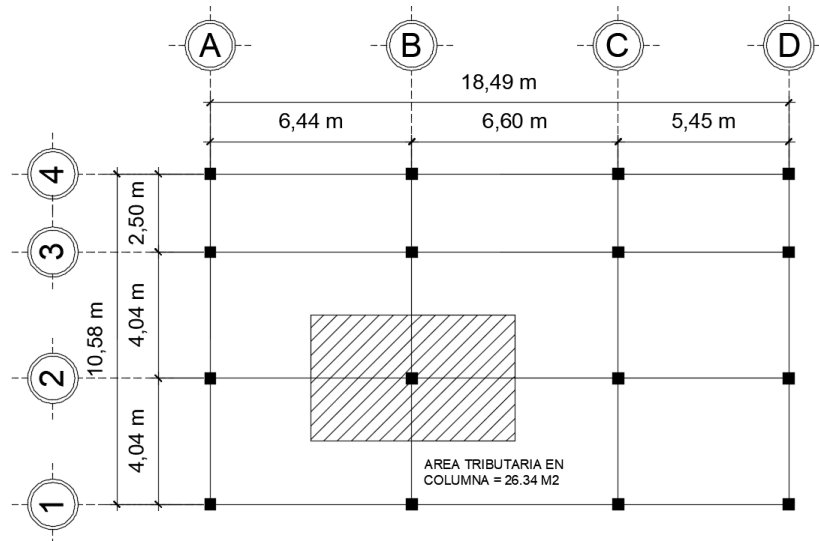
A_g = Área bruta de la sección de concreto

f_y = Resistencia especificada a la fluencia del refuerzo

A_{st} = Área total del refuerzo longitudinal no preesforzado

Para integrar las cargas, tanto vivas como muertas que soportará la columna, se determina el área tributaria de la losa que se apoya sobre la misma, como se muestra en la figura 17.

Figura 17. **Área tributaria sobre la columna crítica**



Fuente: elaboración propia. Programa AutoCAD.

Tomando en consideración el peso específico del concreto de 2 400 kg/m³, acabados de 100 kg/m³ y muros de 180 kg/m³ y utilizando el criterio según el Apéndice C, Sección C,9,2,1 del código ACI 318S-11 que literalmente dice: La resistencia requerida U, que debe resistir la carga muerta D y la carga viva L, no debe ser menor que:

$$U = 1,4D + 1,7L$$

Donde:

U = Resistencia requerida para resistir las cargas mayoradas o momentos

D = Carga muerta

L = Carga viva

Realizando la integración de cargas por nivel con una propuesta inicial de columna de 30 x 30 cm:

Segundo nivel

Carga muerta

	Resultado (kg)
Columna = $0,30\text{m} \times 0,30\text{m} \times 3,50 \text{ m} \times 2 \text{ 400kg/m}^3$	756
Viga princ, = $0,30\text{m} \times (0,55\text{m} - 0,12\text{m}) \times 4,04\text{m} \times 2 \text{ 400kg/m}^3$	1 250,78
Viga sec, = $0,30\text{m} \times (0,55\text{m} - 0,12\text{m}) \times 6,52\text{m} \times 2 \text{ 400kg/m}^3$	2 018,59
Losa = $0,12\text{m} \times 26,34\text{m}^2 \times 2 \text{ 400kg/m}^3$	7 585,92
Acabados = $90\text{kg/m}^2 \times 26,34\text{m}^2$	2 370,60
SC pañuelos = $90\text{kg/m}^2 \times 26,34\text{m}^2$	2 370,60
TOTAL	16 352,50

Carga viva

	Resultado (kg)
Techo con acceso = $200\text{kg/m}^2 \times 26,34\text{m}^2$	5 268
TOTAL	5 268

Primer nivel

Carga muerta

	Resultado (kg)
Columna = $0,30\text{m} \times 0,30\text{m} \times 5 \text{ m} \times 2 \text{ 400kg/m}^3$	1 080
Viga princ, = $0,30\text{m} \times (0,55\text{m} - 0,12\text{m}) \times 4,04\text{m} \times 2 \text{ 400kg/m}^3$	1 250,78
Viga sec, = $0,30\text{m} \times (0,55\text{m} - 0,12\text{m}) \times 6,52\text{m} \times 2 \text{ 400kg/m}^3$	2 018,59
Losa = $0,12\text{m} \times 26,34\text{m}^2 \times 2 \text{ 400kg/m}^3$	7 585,92
Pisos = $100\text{kg/m}^2 \times 26,34 \text{ m}^2$	2 634
Muros = $3,50\text{m} \times 4,04\text{m} \times 180\text{kg/m}^2$	2 545,20
Acabados = $90\text{kg/m}^2 \times 26,34\text{m}^2$	2 370,60
SC = $60\text{kg/m}^2 \times 26,34\text{m}^2$	1 580,40
TOTAL	21 065,50

Carga viva

	Resultado (kg)
Pasillo = $200\text{kg/m}^2 \times 26,34\text{m}^2$	5 268
TOTAL	5 268

Entonces:

$$\emptyset P_{n(\text{máx})} = 1,4(D2 + D1) + 1,7(L2 + L1)$$

Donde:

D2 = Carga muerta segundo nivel

D1 = Carga muerta primer nivel

L2 = Carga viva segundo nivel

L1 = Carga viva primer nivel

Sustituyendo valores obtenemos:

$$\phi P_{n(\text{máx})} = 1,4(16\,352,50\text{kg} + 21\,065,50\text{kg}) + 1,7(5\,268\text{kg} + 5\,268\text{kg})$$

$$\phi P_{n(\text{máx})} = 70\,296,39\text{kg}$$

La sección 10,13,8,5 del código ACI 318S-11 dice que el A_{st} no deben ser menor de $0,01A_g$ ni mayor de $0,08A_g$. Sustituyendo los valores en la ecuación de la carga máxima aplicada a columnas se obtiene entonces:

$$70\,296,39 = 0,80[0,85 \times 210 (A_g - 0,01A_g) + 0,01A_g \times 2\,810]$$

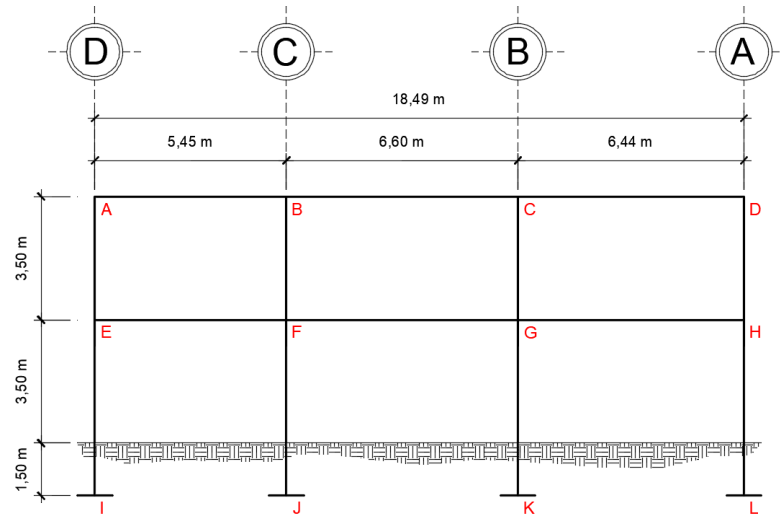
$$A_g = 429\text{cm}^2$$

La raíz cuadrada de este valor indica una sección de 20,71 cm. Sin embargo, el código ACI establece que la dimensión mínima en región sísmica no debe ser menor de 30 cm para marcos resistentes; por tal razón la sección propuesta será de 40 x 40 cm.

2.2.4.2. Modelos matemáticos de marcos rígidos

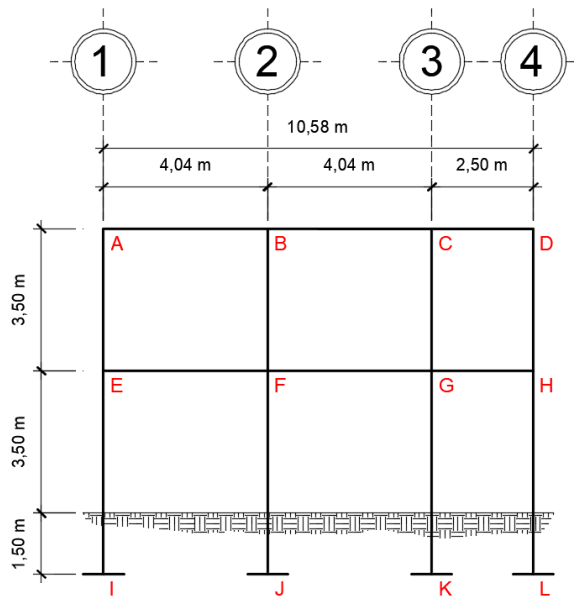
El modelo matemático representa gráficamente la forma del marco, la distribución de los elementos que lo conforman y este sirve para realizar el análisis estructural. Los modelos matemáticos empleados en el diseño se muestran a continuación:

Figura 18. **Elevación frontal del edificio escolar**



Fuente: elaboración propia. Programa AutoCAD.

Figura 19. **Perfil del edificio escolar**



Fuente: elaboración propia. Programa AutoCAD.

2.2.4.3. Análisis de carga por AGIES

Existen dos tipos de cargas en una estructura, de acuerdo con la dirección de la aplicación, se divide en: cargas verticales y cargas horizontales.

Cargas verticales

Las cargas verticales aplicadas a marcos o también conocidas como cargas por gravedad, son estáticas y se dividen en carga viva y carga muerta.

Carga viva (L)

Las cargas vivas son aquellas producidas por el uso y la ocupación de la edificación (personas, mobiliario, equipo, etc.). Para el diseño de este edificio se consideraron las siguientes cargas vivas.

Tabla XVII. Cargas vivas de uso frecuente

Tipo de ocupación o uso	Wv (kg/m ²)	Pv (Kg)
Educativo		
Aulas	200	400
Pasillos y escaleras	500	
Cubiertas pesadas		
Azoteas de concreto con acceso	200	

Fuente: AGIES NSE2-10 Demandas estructurales, condiciones de sitio y niveles de protección. Tabla 3-1.

Carga muerta (D)

Las cargas muertas comprenden todas las cargas de elementos permanentes de la construcción. Incluyen, pero no están limitadas al peso

propio de la estructura, pisos, rellenos, cielos, vidrieras, tabiques fijos, equipo permanente rígidamente anclado. Tabiques móviles son casos especiales. Las fuerzas netas de pre-esfuerzo también se consideran cargas muertas. Para el diseño de este edificio se consideraron las siguientes cargas muertas:

Peso específico del concreto = 2 400 kg/m³

Pisos = 100 kg/m²

Muros = 180 kg/m²

Acabados = 90 kg/m²

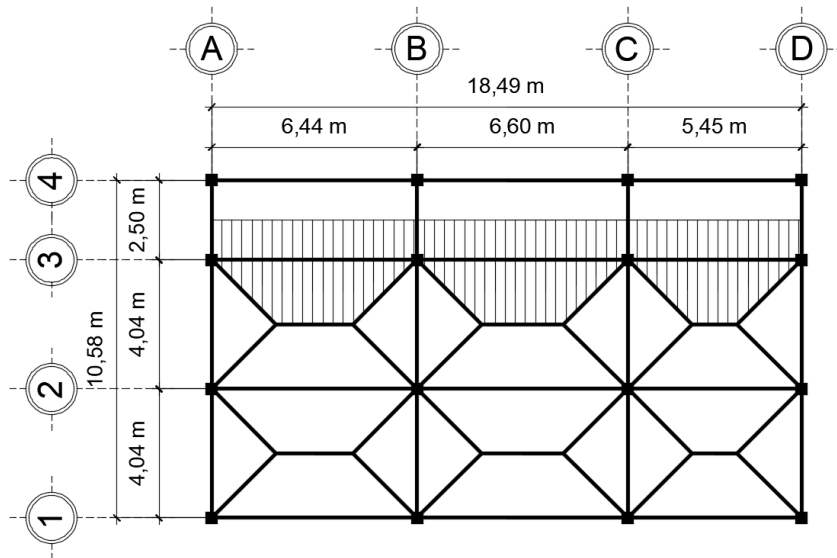
Sobrecarga (SC)

Se utiliza como un factor de seguridad debido a posibles cargas extras que el edificio tenga que soportar. Para el presente proyecto se consideró una sobrecarga de 60 kg/m² y una sobrecarga de pañuelos de 90 kg/m².

Integración de cargas

Para la integración de cargas se utilizará la viga más crítica en ambos sentidos, en el sentido X será el eje 3 y en el sentido Y será el eje B.

Figura 20. Diagrama de áreas tributarias eje 3, sentido X



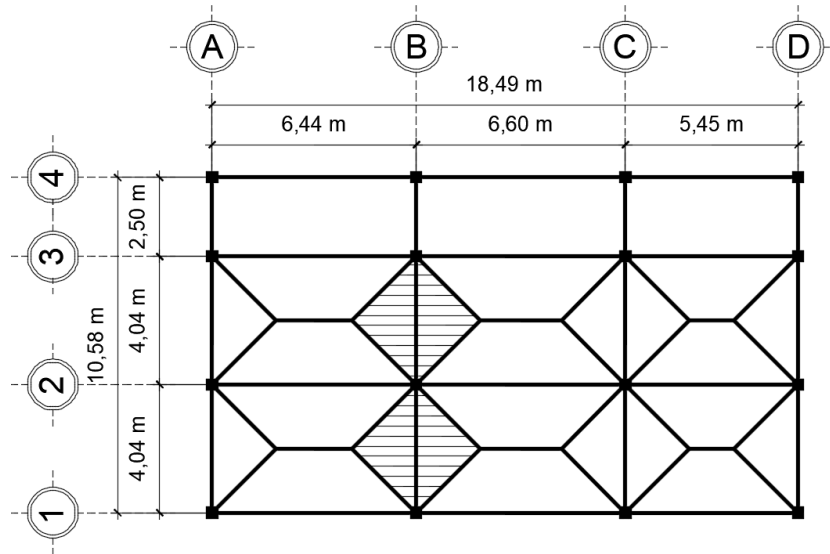
Fuente: elaboración propia. Programa AutoCAD.

Datos de análisis en viga eje 3, sentido X:

Área tributaria = 48,22 m²

Longitud de viga = 18,49 m

Figura 21. Diagrama de áreas tributarias eje B, sentido Y



Fuente: elaboración propia. Programa AutoCAD.

Datos de análisis en viga eje B, sentido Y:

Área tributaria = 16,32 m²

Longitud de viga = 10,58 m

Segundo nivel eje 3, sentido X

Carga muerta

	Resultado (kg/m)
Losa = $(0,12\text{m} \times 48,22\text{m}^2 \times 2 \text{ 400kg/m}^3) / 18,49\text{m}$	751,07
Viga = $(0,30\text{m} \times (0,55\text{m} - 0,12\text{m}) \times 18,49\text{m} \times 2 \text{ 400kg/m}^3) / 18,49\text{m}$	309,60
Acabados = $(90\text{kg/m}^2 \times 48,22\text{m}^2) / 18,49\text{m}$	234,71
SC pañuelos = $(90\text{kg/m}^2 \times 48,22\text{m}^2) / 18,49\text{m}$	234,71
TOTAL	1 530,10

Carga viva

	Resultado (kg/m)
Techo con acceso = $(200\text{kg/m}^2 \times 48,22\text{m}^2)/18,49\text{m}$	521,58
TOTAL	521,58

Primer nivel eje 3, sentido X

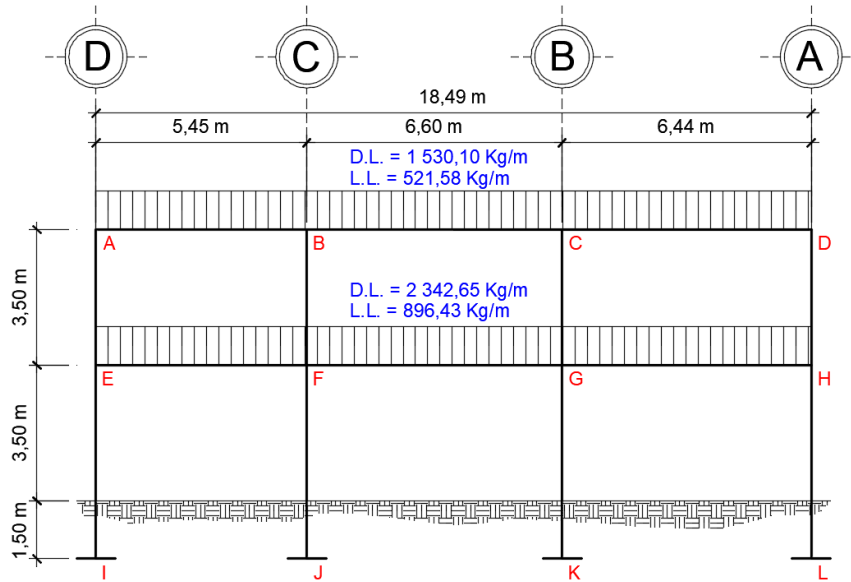
Carga muerta

	Resultado (kg/m)
Losa = $(0,12\text{m} \times 48,22\text{m}^2 \times 2\ 400\text{kg/m}^3)/18,49\text{m}$	751,07
Viga = $(0,30\text{m} \times (0,55\text{m} - 0,12\text{m}) \times 18,49\text{m} \times 2\ 400\text{kg/m}^3)/18,49\text{m}$	309,60
Pisos = $(100\text{kg/m}^2 \times 48,22\text{m}^2)/18,49\text{m}$	260,79
Muros = $(3,50\text{m} \times 18,49\text{m} \times 180\text{kg/m}^2)/18,49\text{m}$	630
Acabados = $(90\text{kg/m}^2 \times 48,22\text{m}^2)/18,49\text{m}$	234,71
SC = $(60\text{kg/m}^2 \times 48,22\text{m}^2)/18,49\text{m}$	156,47
TOTAL	2 342,65

Carga viva

	Resultado (kg/m)
Aulas = $(25,11\text{m}^2 \times 200\text{kg/m}^2)/18,49\text{m}$	271,50
Pasillo = $(23,11\text{m}^2 \times 500\text{kg/m}^2)/18,49\text{m}$	624,93
TOTAL	896,43

Figura 22. Cargas verticales eje 3, sentido X



Fuente: elaboración propia. Programa AutoCAD.

Segundo nivel eje B, sentido Y

Carga muerta

	Resultado (kg/m)
Losa = $(0,12m \times 16,32m^2 \times 2\ 400kg/m^3) / 10,58m$	444,25
Viga = $(0,30m \times (0,55m - 0,12m) \times 10,58m \times 2\ 400kg/m^3) / 10,58m$	309,60
Acabados = $(90kg/m^2 \times 16,32m^2) / 10,58m$	138,83
SC pañuelos = $(90kg/m^2 \times 16,32m^2) / 10,58m$	138,83
TOTAL	1 031,51

Carga viva

	Resultado (kg/m)
Techo con acceso = $(200kg/m^2 \times 16,32m^2) / 10,58m$	308,51
TOTAL	308,51

Primer nivel eje B, sentido Y

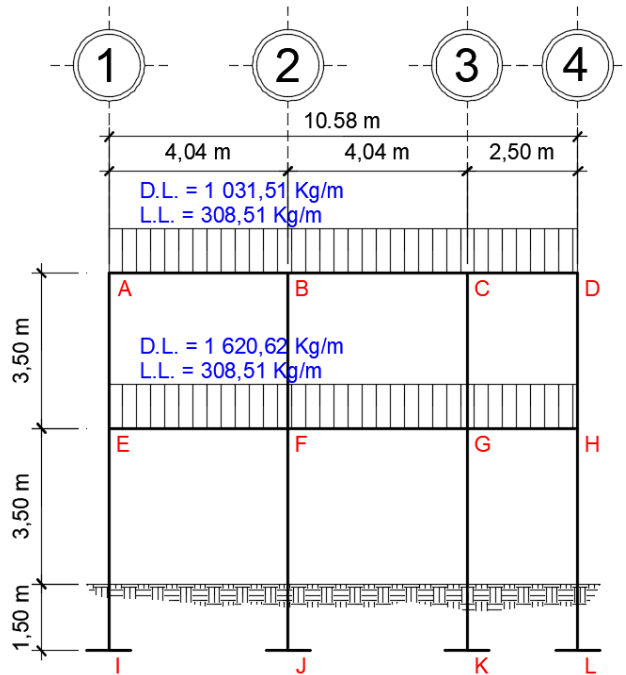
Carga muerta

	Resultado (kg/m)
Losa = $(0,12\text{m} \times 16,32\text{m}^2 \times 2\ 400\text{kg}/\text{m}^3)/10,58\text{m}$	444,25
Viga = $(0,30\text{m} \times (0,55\text{m} - 0,12\text{m}) \times 10,58\text{m} \times 2\ 400\text{kg}/\text{m}^3)/10,58\text{m}$	309,60
Pisos = $(100\text{kg}/\text{m}^2 \times 16,32\text{m}^2)/10,58\text{m}$	154,25
Muros = $(3,50\text{m} \times 8,08\text{m} \times 180\text{kg}/\text{m}^2)/10,58\text{m}$	481,13
Acabados = $(90\text{kg}/\text{m}^2 \times 16,32\text{m}^2)/10,58\text{m}$	138,83
SC = $(60\text{kg}/\text{m}^2 \times 16,32\text{m}^2)/10,58\text{m}$	92,55
TOTAL	1 620,62

Carga viva

	Resultado (kg/m)
Aulas = $(16,32\text{m}^2 \times 200\text{kg}/\text{m}^2)/10,58\text{m}$	308,51
TOTAL	308,51

Figura 23. **Cargas verticales en eje B, sentido Y**



Fuente: elaboración propia. Programa AutoCAD.

Cargas horizontales

Son las que actúan perpendicularmente a la línea de acción de la gravedad. Estas son producidas por la acción de un sismo, viento o impacto, son puramente dinámicas. Regularmente, solo se considera en el análisis estructural una de las cargas mencionadas, ya que los fenómenos naturales que las provocan no se presentan simultáneamente. Guatemala se caracteriza como una zona sísmica, por tal razón se diseñan los edificios tomando en cuenta este fenómeno.

Desde el punto de vista de las estructuras, 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 a la estructura en su sitio original, lo cual conlleva a la imposición de desplazamiento y de fuerzas que pueden tener resultados catastróficos. Por lo tanto, la respuesta sísmica depende fuertemente de las propiedades geométricas de la estructura, especialmente la altura.

Para el presente proyecto se utilizará el método de la Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica -AGIES-. A continuación, se determinarán los pesos por nivel:

Segundo nivel

Carga muerta

	Resultado (kg)
Losa = $0,12\text{m} \times (18,19\text{m} + 0,40\text{m}) \times (10,58\text{m} + 0,40\text{m}) \times 2 \text{ 400kg/m}^3$	59 734,71
Viga = $(0,30\text{m} \times (0,55\text{m} - 0,12\text{m}) \times 18,49\text{m} \times 4 + 0,30\text{m} \times (0,55\text{m} - 0,12\text{m}) \times 10,58\text{m} \times 4) \times 2 \text{ 400kg/m}^3$	36 000,29
Columna = $(0,40\text{m} \times 0,40\text{m} \times 1,75\text{m} \times 16) \times 2 \text{ 400kg/m}^3$	10 752
Muros = $((1,75\text{m} \times 18,49\text{m} \times 3) + (1,75\text{m} \times 10,58\text{m} \times 4)) \times 180\text{kg/m}^2$	30 803,85
SC pañuelos = $18,49\text{m} \times 10,58\text{m} \times 90\text{kg/m}^2$	17 606,18
Acabados = $18,49\text{m} \times 10,58\text{m} \times 90\text{kg/m}^2$	17 606,18
TOTAL	172 503,21

Carga viva

	Resultado (kg)
Techo con acceso = $18,49\text{m} \times 10,58\text{m} \times 200\text{kg/m}^2$	39 124,84
TOTAL	39 124,84

Primer nivel

Carga muerta

	Resultado (kg)
Losa = $0,12\text{m} \times (18,19\text{m} + 0,40\text{m}) \times (10,58\text{m} + 0,40\text{m}) \times 2 \text{ 400kg/m}^3$	59 734,71
Viga = $(0,30\text{m} \times (0,55\text{m} - 0,12\text{m}) \times 18,49\text{m} \times 4 + 0,30\text{m} \times (0,55\text{m} - 0,12\text{m}) \times 10,58\text{m} \times 4) \times 2 \text{ 400kg/m}^3$	36 000,29
Columna = $(0,40\text{m} \times 0,40\text{m} \times 6,75\text{m} \times 16) \times 2 \text{ 400kg/m}^3$	41,472
Muros = $((6,75\text{m} \times 18,49\text{m} \times 3) + (6,75\text{m} \times 10,58\text{m} \times 4)) \times 180\text{kg/m}^2$	118 814,85
Pisos = $18,49\text{m} \times 10,58\text{m} \times 100\text{kg/m}^2$	19 562,42
SC = $18,49\text{m} \times 10,58\text{m} \times 60\text{kg/m}^2$	11 737,45
Acabados = $18,49\text{m} \times 10,58\text{m} \times 90\text{kg/m}^2$	17 606,18
TOTAL	304 927,90

Carga viva

	Resultado (kg)
Aulas = $18,49\text{m} \times 8,08\text{m} \times 200\text{kg/m}^2$	29 879,84
Pasillos = $18,49\text{m} \times 2,50\text{m} \times 500\text{kg/m}^2$	23 112,50
TOTAL	52 992,34

Una vez calculados los pesos por nivel se calcula el peso total de la estructura, lo cual será igual a la sumatoria del peso total del segundo nivel más el peso total del primer nivel, entonces se tiene:

$$W_T = \text{Peso total del segundo nivel} + \text{Peso total del primer nivel}$$

$$W_T = (172\,503,21\text{kg} + 39\,124,84\text{kg}) + (304\,927,90\text{kg} + 52\,992,34\text{kg})$$

$$W_T = 569\,548,29\text{kg}$$

Corte basal (V_b)

El corte basal se define como la fuerza sísmica que el suelo transmite al edificio en la base. Está dado por la siguiente ecuación:

$$V_b = C_s * W_T$$

Donde:

V_b = Corte basal

C_s = Coeficiente sísmico (Norma NSE 2-10)

W_T = Peso total de la estructura

Coeficiente sísmico (C_s)

Este método se basa en la interpolación de valores y descripciones de la estructura en tablas definidas por las diferentes normas del AGIES. A continuación, se presentan los valores obtenidos para el edificio con ubicación en el municipio de Chinautla, departamento de Guatemala:

Índice = 4 (Anexo A, Norma AGIES NSE 2-10)

$S_{cr} = 1,50g$ (Anexo A, Norma AGIES NSE 2-10)

$S_{1r} = 0,55g$ (Anexo A, Norma AGIES NSE 2-10)

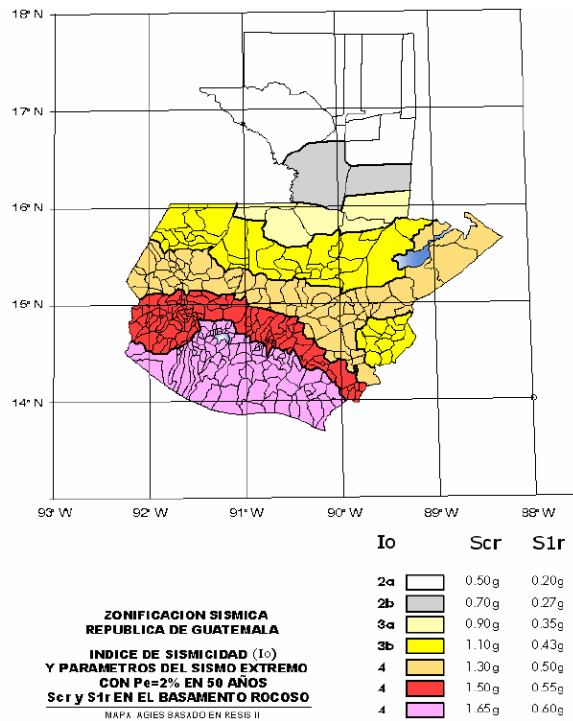
Además de los resultados anteriores, se requiere considerar de otros parámetros, ya que estos serán utilizados para la interpolación de valores en las tablas que se presentan en las normas AGIES. Los parámetros que se deben considerar se describen en la siguiente tabla:

Tabla XVIII. **Clasificaciones de sistema estructural**

Descripción	Resultado	Fuente
Sistema estructural	E1A	Tabla 1-1 Norma AGIES NSE 3-10
Altura de edificación	7 metros	
Clase de obra	Importante	Sección 3,1 Norma AGIES NSE 1-10
Clase de sitio	D	Tabla 4-4 Norma AGIES NSE 2-10
Tipo de fuente	A	
Distancia de falla	10 km	
Tipo de sismo	Severo	

Fuente: elaboración propia.

Figura 24. **Zonificación sísmica para la República de Guatemala**



Fuente: Figura 4-1. Norma AGIES NSE 2-10.

Periodo de vibración empírico (T_a)

El periodo fundamental de vibración de una edificación se estimará en forma empírica y genérica a través de la siguiente ecuación:

$$T_a = K_T(h_n)^x$$

En la sección 2,1,4,1 de la norma NSE 3-10 se dan casos para determinar los valores de K_T y x Para un sistema estructural E1 los valores que corresponden son:

$$K_T = 0,049$$

$$x = 0,75$$

Sustituyendo valores:

$$T_a = 0,049(7)^{0,75}$$

$$T_a = 0,21 \text{ seg}$$

Según sección 2,1,3 de la norma AGIES NSE 3-10, ya que el periodo de vibración empírico es menor a 0,50 segundos, menor a 5 niveles, planta y elevación regular se utilizará un valor de $S_{cr} = 1,50g$

Para determinar el nivel de protección sísmica se utiliza la tabla 4-1 de la norma AGIES NSE 2-10:

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

Índice de Sismicidad	Clase de obra			
	Esencial	Importante	Ordinaria	Utilitaria
lo = 5	E	E	D	C
lo = 4	E	D	D	C
lo = 3	D	C	C	B
lo = 2	C	B	B	A
Probabilidad de exceder un sismo de diseño	5% en 50 años	5% en 50 años	10% en 50 años	No aplica
a) ver clasificación de obra en Capítulo 3, norma NSE 1 b) ver índice de sismicidad en Sección 4.2.1 c) ver Sección 4.3.4, para selección de espectro sísmico de diseño según probabilidad de excederlo d) para ciertas obras que hayan sido calificadas como "críticas" el ente estatal correspondiente puede considerar probabilidad de excedencia de 2% en 50 años ($K_d = 1.00$ en sección 4.3.4) e) "esencial" e "importante" tienen la misma probabilidad de excedencia – se diferencian en el Nivel de Protección y en las deformaciones laterales permitidas				

Fuente: Sección 4.2.2.3. Norma AGIES NSE 2-10.

Nivel de protección sísmica = D (5% en 50 años)

Determinando el coeficiente de sitio F_a :

Tabla XX. **Coeficiente de sitio F_a**

Clase de sitio	Índice de sismicidad				
	2a	2b	3a	3b	4
AB	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0
D	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0
E	1.7	1.2	1.0	0.9	0.9
F	se requiere evaluación específica -- ver sección 4.4.1				

Fuente: Tabla 4-2. Norma AGIES NSE 2-10.

Determinando el coeficiente de sitio F_v :

Tabla XXI. **Coeficiente de sitio F_v**

Clase de sitio	Índice de sismicidad				
	2a	2b	3a	3b	4
AB	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
D	2.0	1.8	1.7	1.6	1.5
E	3.2	2.8	2.6	2.4	2.4
F	se requiere evaluación específica -- ver sección 4.4.1				

Fuente: Tabla 4-3. Norma AGIES NSE 2-10.

Determinando el factor N_a :

Tabla XXII. **Factor N_a para periodos cortos de vibración**

Tipo de fuente	Distancia horizontal más cercana a fuente sísmica (Nota 1)		
	≤ 2 km	5 km	≥ 10 km
A	1.25	1.12	1.0
B	1.12	1.0	1.0
C	1.0	1.0	1.0

Nota 1: tomar la distancia horizontal a la proyección horizontal de la fuente sísmica sobre la superficie; no considerar las porciones del plano de falla cuya profundidad exceda 10 km
 Nota 2: utilizar el factor N_a que mayor haya salido al cotejar todas las fuentes relevantes

Fuente: Tabla 4-6. Norma AGIES NSE 2-10.

Determinando el factor N_v :

Tabla XXIII. **Factor N_v para periodos cortos de vibración**

Tipo de fuente	Distancia horizontal más cercana a fuente sísmica (Nota 1)			
	≤ 2 km	5 km	10 km	≥ 15 km
A	1.4	1.2	1.1	1.0
B	1.2	1.1	1.0	1.0
C	1.0	1.0	1.0	1.0

Nota 1: tomar distancia horizontal a la proyección horizontal de la fuente sísmica sobre la superficie; no considerar las porciones del plano de falla cuya profundidad exceda 10 km
 Nota 2: utilizar el factor N_v que mayor haya salido al cotejar todas las fuentes relevantes

Fuente: Tabla 4-6. Norma AGIES NSE 2-10.

Valores obtenidos:

$$F_a = 1,0 \qquad N_a = 1,0$$

$$F_v = 1,5 \qquad N_a = 1,1$$

Ajustes por clase de sitio

Son valores que se ajustan a las condiciones de la superficie y perfil del suelo y están dados por las siguientes ecuaciones:

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

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

Donde:

S_{cs} y S_{1s} = Ordenadas espectrales con ajuste por clase de sitio

S_{cr} y S_{1r} = Ordenadas espectrales según el basamento del sitio de interés

Determinando los valores por clase de sitio

$$S_{CS} = 1,5 \times 1,0 \times 1,0 = 1,5$$

$$S_{1s} = 0,55 \times 1,5 \times 1,1 = 0,91$$

Espectro calibrado a nivel de diseño requerido

Estos factores están dados por:

$$S_{cd} = k_d * S_{CS}$$

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

Según sección 4,3,4,1 de la norma AGIES NSE 2-10 por tratarse de un sismo severo el valor de $k_d = 0,80$

Determinando valores de espectro calibrado:

$$S_{cd} = 0,80 \times 1,5 = 1,2$$

$$S_{1d} = 0,80 \times 0,91 = 0,73$$

Periodo de transición

Es el periodo de tiempo que separa los tiempos cortos de los tiempos largos. Según norma AGIES NSE 2-10 está dado por la siguiente ecuación:

$$T_s = \frac{S_{1s}}{S_{CS}}$$

Sin embargo, AGIES publicó un documento llamado “Fe de Erratas AGIES NSE-2010 a octubre 2013”, en el cual se realizaron modificaciones de la norma AGIES NSE 2-10 por errores de texto encontrados hasta el 11 de junio de 2013. Por tanto, la ecuación para el cálculo del periodo de transición es realmente la siguiente:

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

Determinando el periodo de transición:

$$T_s = \frac{0,73}{1,2}$$

$$T_s = 0,61\text{seg}$$

Ordenadas espectrales

Las ordenadas espectrales $S_a(T)$ para cualquier período de vibración T , se definen con:

$$S_a(T) = S_{cd} \quad \text{Si } T_a \leq T_s$$

$$S_a(T) = \frac{S_{cd}}{T_a} \quad \text{Si } T_a > T_s$$

Como $T_a \leq T_s$ entonces:

$$S_a(T) = 1,2$$

Coeficiente sísmico al límite de cedencia (C_s)

El coeficiente sísmico (C_s) en cada dirección de análisis se establecerá de la siguiente manera:

$$C_s = \frac{S_a(T)}{R}$$

Donde:

$S_a(T)$ = Demanda sísmica de diseño para una estructura con periodo T

R = Factor de reducción

T = Periodo fundamental de vibración de la estructura

El valor del factor de reducción R será igual a 8, según Tabla 1-1 de la norma AGIES NSE 3-10 por tratarse de marcos estructurales de concreto.

Determinando el coeficiente sísmico:

$$C_s = \frac{1,2}{8}$$

$$C_s = 0,15$$

Los valores mínimos de C_s según norma AGIES NSE 3-10 son:

$$C_s \geq 0,044S_{cd}$$

$$C_s \geq 0,5 \frac{S_{1r}}{R}$$

Debido a correcciones en el documento “Fe de Erratas AGIES NSE-2010 a octubre 2013” los valores mínimos de C_s quedan de la siguiente manera:

$$C_s \geq 0,044S_{cd}$$

$$C_s \geq 0,75 \frac{k_d S_{1r}}{R}$$

Determinando valores mínimos de C_s :

$$C_s \geq 0,044 \times 1,2 \qquad 0,15 \geq 0,0528 \quad \checkmark$$

$$C_s \geq 0,75 \times \frac{0,80 \times 0,55}{8} \qquad 0,15 \geq 0,04125 \quad \checkmark$$

Determinando el corte basal:

$$V_b = 0,15 \times 569\,548,29\text{kg}$$

$$V_b = 85\,432,24\text{kg}$$

Distribución vertical de las fuerzas sísmicas

Según norma AGIES NSE 3-10, el cortante basal de cedencia (V_b) se distribuirá a lo alto del edificio de acuerdo con:

$$F_x = C_{vx} V_b$$

Donde:

$$C_{vx} = \frac{W_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n (W_x h_x^k)}$$

F_x = Cortante de cedencia en el nivel "x" de la edificación

h_x = Altura del nivel "x" sobre la base

$k = 1$ para $T_a \leq 0,5\text{seg}$

$k = 0,75 + 0,5T_s$ para $0,5 < T_a \leq 2,5\text{seg}$

$k = 2$ para $T_a > 2,5\text{seg}$

Determinando la distribución de fuerzas por nivel

$$F_2 = \frac{211\,628,05\text{kg} \times (8,50\text{m})^1}{(211\,628,05\text{kg} \times 8,50\text{m}) + (357\,920,24\text{kg} \times 5,00\text{m})} \times 85\,432,24\text{kg}$$

$$F_2 = 42\,826,08\text{kg}$$

$$F_1 = \frac{357\,920,24\text{kg} \times (5,00\text{m})^1}{(211\,628,05\text{kg} \times 8,50\text{m}) + (357\,920,24\text{kg} \times 5,00\text{m})} \times 85\,432,24\text{kg}$$

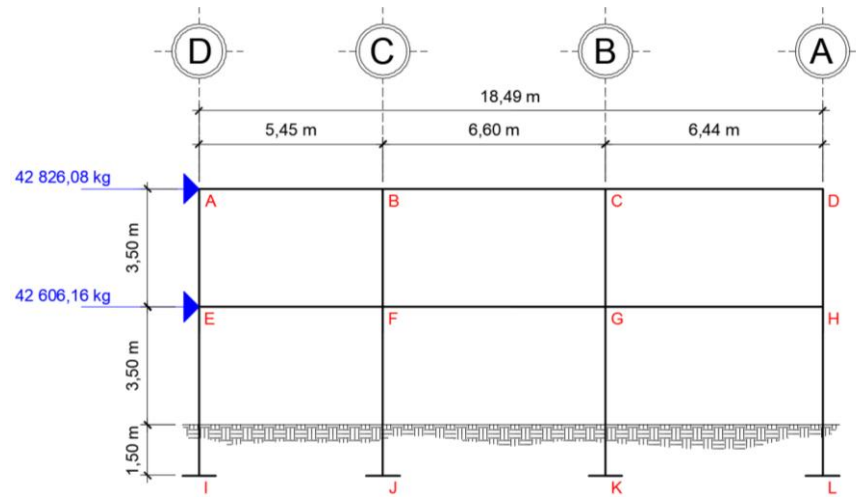
$$F_1 = 42\,606,16\text{kg}$$

Tabla XXIV. Resumen de fuerzas por nivel

Nivel	Wi	hi	Wi x hi	Fi	Vi
2	211 628,05	8,50	1 798 838,40	42 826,08	42 826,08
1	357 920,24	5,00	1 789 601,21	42 606,16	85 432,24
TOTAL			3 588 439,61	85 432,24	

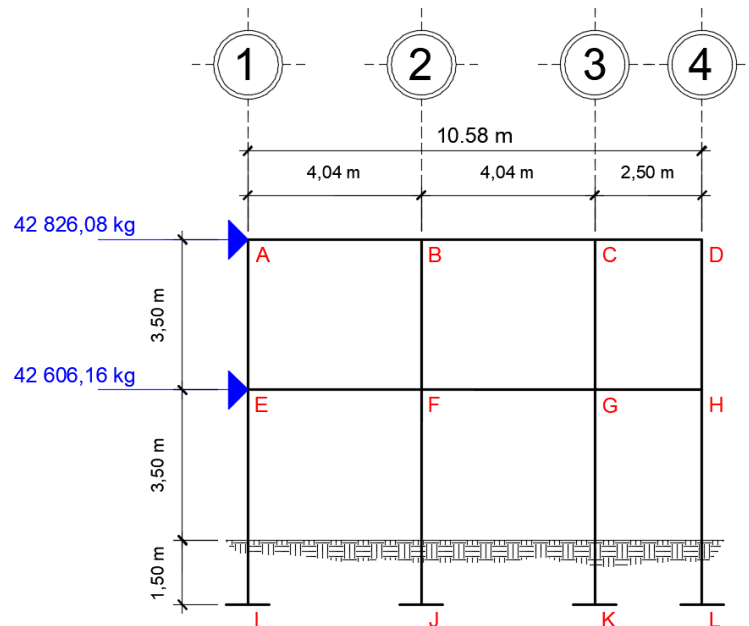
Fuente: elaboración propia.

Figura 25. **Distribución vertical de fuerza sísmica en sentido X**



Fuente: elaboración propia. Programa AutoCAD.

Figura 26. **Distribución vertical de fuerza sísmica en sentido Y**



Fuente: elaboración propia. Programa AutoCAD.

Centros de masa

Para determinar el centro de masa es necesario calcular para la carga muerta el peso de las losas y la sobrecarga. Además, se debe calcular la carga viva por cada una de las luces. Estos están dados por las siguientes ecuaciones:

$$C_{mx} = \frac{\sum_{i=1}^n W_i \bar{X}_i}{\sum_{i=1}^n W_i} \qquad C_{my} = \frac{\sum_{i=1}^n W_i \bar{Y}_i}{\sum_{i=1}^n W_i}$$

Determinando centros de masa:

Tabla XXV. **Centro de masa segundo nivel eje X**

No. De losa	Área	Wcm	Wcv	Wt	Xm	Wt x Xm
1	16,10	7 534,80	3 220,00	10 754,80	3,22	34 630,46
2	16,50	7 722,00	3 300,00	11 022,00	9,74	107 354,28
3	13,63	6 376,50	2 725,00	9 101,50	15,77	143 485,15
4	26,02	12 176,24	5 203,52	17 379,76	3,22	55 962,82
5	26,66	12 478,75	5 332,80	17 811,55	9,74	173 484,52
6	22,02	10 304,42	4 403,60	14 708,02	15,77	231 872,00
7	26,02	12 176,24	5 203,52	17 379,76	3,22	55 962,82
8	26,66	12 478,75	5 332,80	17 811,55	9,74	173 484,52
9	22,02	10 304,42	4 403,60	14 708,02	15,77	231 872,00
TOTALES				130 676,97		1 208 108,55

Fuente: elaboración propia.

$$C_{mx} = \frac{1\,208\,108,55\text{kg}\cdot\text{m}}{130\,676,97\text{kg}}$$

$$C_{mx} = 9,25\text{m}$$

Tabla XXVI. Centro de masa segundo nivel eje Y

No. De losa	Área	Wcm	Wcv	Wt	Ym	Wt x Ym
1	16,10	7 534,80	3 220,00	10 754,80	9,33	100 342,28
2	16,50	7 722,00	3 300,00	11 022,00	9,33	102 835,26
3	13,63	6 376,50	2 725,00	9 101,50	9,33	84 917,00
4	26,02	12 176,24	5 203,52	17 379,76	6,06	105 321,33
5	26,66	12 478,75	5 332,80	17 811,55	6,06	107 938,01
6	22,02	10 304,42	4 403,60	14 708,02	6,06	89 130,63
7	26,02	12 176,24	5 203,52	17 379,76	2,02	35 107,11
8	26,66	12 478,75	5 332,80	17 811,55	2,02	35 979,34
9	22,02	10 304,42	4 403,60	14 708,02	2,02	29 710,21
TOTALES				130 676,97		691 281,15

Fuente: elaboración propia.

$$C_{my} = \frac{691\,281,15\text{kg}\cdot\text{m}}{130\,676,97\text{kg}}$$

$$C_{my} = 5,29\text{m}$$

Tabla XXVII. Centro de masa primer nivel eje X

No. De losa	Área	Wcm	Wcv	Wt	Xm	Wt x Xm
1	16,10	8 661,80	8 050,00	16 711,80	3,22	53 812,00
2	16,50	8 877,00	8 250,00	17 127,00	9,74	166 816,98
3	13,63	7 330,25	6 812,50	14 142,75	15,77	222 960,45
4	26,02	13 997,47	5 203,52	19 200,99	3,22	61 827,18
5	26,66	14 345,23	5 332,80	19 678,03	9,74	191 664,03
6	22,02	11 845,68	4 403,60	16 249,25	15,77	256 169,96
7	26,02	13 997,47	5 203,52	19 200,99	3,22	61 827,18
8	26,66	14 345,23	5 332,80	19 678,03	9,74	191 664,03
9	22,02	11 845,68	4 403,60	16 249,28	15,77	256 169,96
MUROS				61 607,70	9,43	580 652,57
TOTALES				2 198 845,86		2 043 564,36

Fuente: elaboración propia.

$$C_{mx} = \frac{2\,043\,564,36\text{kg}\cdot\text{m}}{219\,845,86\text{kg}}$$

$$C_{mx} = 9,30\text{m}$$

Tabla XXVIII. Centro de masa primer nivel eje Y

No. De losa	Área	Wcm	Wcv	Wt	Ym	Wt x Ym
1	16,10	8 661,80	8 050,00	16 711,80	9,33	155 921,09
2	16,50	8 877,00	8 250,00	17 127,00	9,33	159 794,91
3	13,63	7 330,25	6 812,50	14 142,75	9,33	131 951,86
4	26,02	13 997,47	5 203,52	19 200,99	6,06	116 357,99
5	26,66	14 345,23	4 403,60	19 678,03	6,06	119 248,87
6	22,02	11 845,68	5 203,52	16 249,28	6,06	98 470,66
7	26,02	13 997,47	5 332,80	19 200,99	2,02	38 786,00
8	26,66	13 345,23	4 403,60	19 6678,03	2,02	39 749,62
9	22,02	11 845,68	4,403.60	16 249,28	2,02	32 823,55
MUROS				61 607,70	5,29	325 904,73
TOTALES				219 845,86		1 219 009,30

Fuente: elaboración propia.

$$C_{my} = \frac{1\ 219\ 009,30\text{kg}\cdot\text{m}}{219\ 845,86\text{kg}}$$

$$C_{my} = 5,54\text{m}$$

Centros de rigidez

Los centros de rigidez están dados por las siguientes ecuaciones:

$$C_{Rx} = \frac{\sum_{i=1}^n K_i X_i}{\sum_{i=1}^n K_i}$$

$$C_{Ry} = \frac{\sum_{i=1}^n K_i Y_i}{\sum_{i=1}^n K_i}$$

Factor de columna (Ki)

El factor de columna está dado por la siguiente ecuación:

Columnas de último nivel

$$K_c = \frac{1}{\frac{Fh^3}{3EI} + \frac{1,2Fh}{AG}}$$

Columnas intermedias

$$K_c = \frac{1}{\frac{Fh^3}{12EI} + \frac{1,2Fh}{AG}}$$

Donde:

F = Fuerza actuante en el nivel analizado

h = altura de columnas

I = Inercia

G = Módulo de cortante $G = 0,40Ec$

Ec = Módulo de elasticidad $Ec = 15\ 100\sqrt{f'c}$

A = Área de la sección

Determinando los factores de columna:

$$K_2 = \frac{1}{\frac{42\ 826,08 \times 350^3}{3 \times 15\ 100\sqrt{210} \times \frac{1}{12} \times 40 \times 40^3} + \frac{1,2 \times 42\ 826,08 \times 350}{40 \times 40 \times 0,40 \times 15\ 100\sqrt{210}}}$$

$$K_2 = 0,43\text{CM}^{-1}$$

$$K_1 = \frac{1}{\frac{42\ 606,16 \times 500^3}{12 \times 15\ 100\sqrt{210} \times \frac{1}{12} \times 40 \times 40^3} + \frac{1,2 \times 42\ 606,16 \times 500}{40 \times 40 \times 0,40 \times 15\ 100\sqrt{210}}}$$

$$K_1 = 0,57\text{CM}^{-1}$$

Determinando centros de rigidez:

Tabla XXIX. Centro de rigidez segundo nivel eje X

Marco	# Col	Kc (Cm ⁻¹)	Kc (Cm ⁻¹)	L (mts)	Km x L
A	4	0,43	1,73	0,00	0,00
B	4	0,43	1,73	6,44	11,13
C	4	0,43	1,73	13,04	22,54
D	4	0,43	1,73	18,49	31,97
TOTALES			6,92		65,65

Fuente: elaboración propia.

$$C_{rx} = \frac{65,65}{6,92}$$

$$C_{rx} = 9,49\text{m}$$

Tabla XXX. Centro de rigidez segundo nivel eje Y

Marco	# Col	Kc (Cm ⁻¹)	Kc (Cm ⁻¹)	L (mts)	Km x L
1	4	0,43	1,73	0,00	0,00
2	4	0,43	1,73	4,04	6,98
3	4	0,43	1,73	8,08	13,97
4	4	0,43	1,73	10,58	18,29
TOTALES			6,92		39,25

Fuente: elaboración propia.

$$C_{ry} = \frac{39,25}{6,92}$$

$$C_{ry} = 5,68\text{m}$$

Tabla XXXI. Centro de rigidez primer nivel eje X

Marco	# Col	Kc (Cm ⁻¹)	Kc (Cm ⁻¹)	L (mts)	Km x L
A	4	0,57	2,26	0,00	0,00
B	4	0,57	2,26	6,44	14,58
C	4	0,57	2,26	13,04	29,52
D	4	0,57	2,26	18,49	41,85
TOTALES			9,05		85,95

Fuente: elaboración propia.

$$C_{rx} = \frac{85,95}{9,05}$$

$$C_{rx} = 9,49\text{m}$$

Tabla XXXII. Centro de rigidez primer nivel eje Y

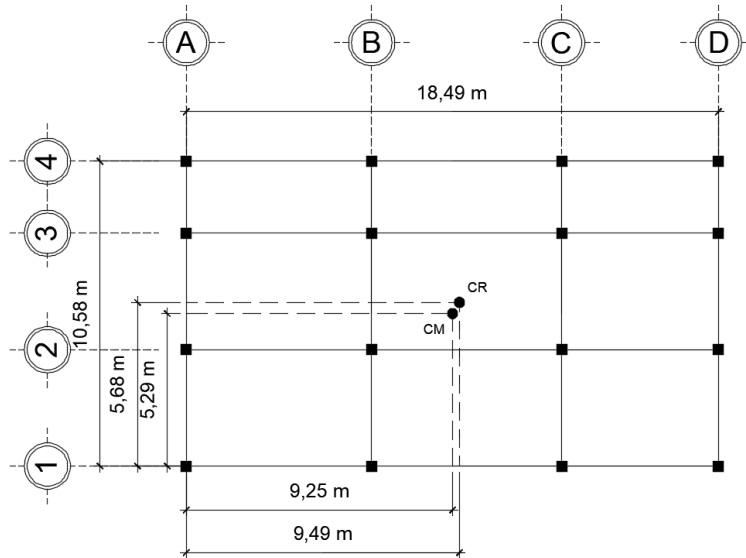
Marco	# Col	Kc (Cm ⁻¹)	Kc (Cm ⁻¹)	L (mts)	Km x L
1	4	0,57	2,26	0,00	0,00
2	4	0,57	2,26	4,04	9,15
3	4	0,57	2,26	8,08	18,29
4	4	0,57	2,26	10,58	23,95
TOTALES			9,05		51,38

Fuente: elaboración propia.

$$C_{ry} = \frac{51,38}{9,05}$$

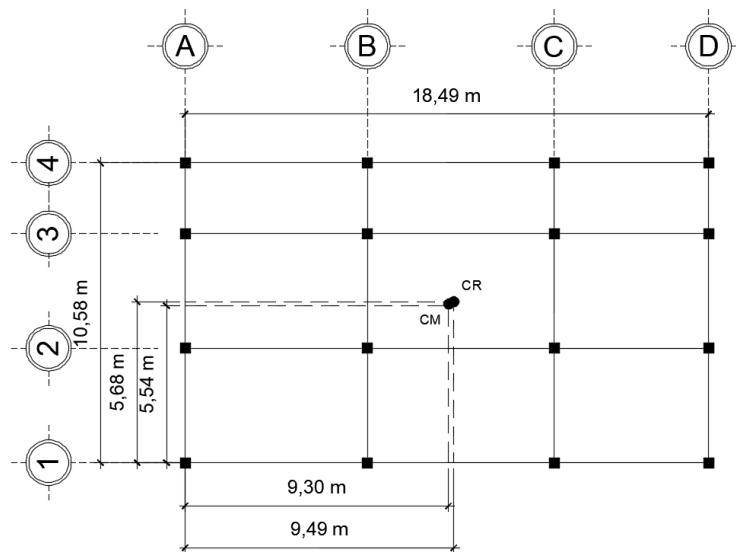
$$C_{ry} = 5,68\text{m}$$

Figura 27. Centro de masa y centro de rigidez segundo nivel



Fuente: elaboración propia. Programa AutoCAD.

Figura 28. Centro de masa y centro de rigidez primer nivel



Fuente: elaboración propia. Programa AutoCAD.

Excentricidad directa

Al momento de que la fuerza de sismo actúa sobre la estructura, se produce un incremento en las fuerzas horizontales, esto a causa de la torsión que se genera en la estructura. Este incremento se encuentra relacionado con el sentido en que la fuerza ingresa a la estructura y de las excentricidades que se posee en los ejes de la estructura.

La excentricidad se define como la diferencia de distancias entre el centro de masa y el centro de rigidez. La excentricidad directa está dada por las siguientes ecuaciones:

$$e_x = |C_{mx} - C_{Rx}| \qquad e_y = |C_{my} - C_{Ry}|$$

Determinando excentricidades directas:

Segundo nivel

$$\begin{aligned} e_x &= |9,25 - 9,49| & e_y &= |5,29 - 5,68| \\ e_x &= 0,24 & e_y &= 0,39 \end{aligned}$$

Primer nivel

$$\begin{aligned} e_x &= |9,30 - 9,49| & e_y &= |5,54 - 5,68| \\ e_x &= 0,19 & e_y &= 0,14 \end{aligned}$$

Excentricidad accidental

Esta excentricidad es una variación de la excentricidad directa, que según la norma AGIES NSE 3-10 sección 2,3,2 es la variación del 5% por la distancia del lado calculado, es decir:

$$e_{1xy} = |C_{mxy} - C_{Rxy}| + 0,05b$$

$$e_{2xy} = |C_{mxy} - C_{Rxy}| - 0,05b$$

Determinando excentricidades accidentales:

Segundo nivel

$$e_{1x} = 0,24 + 0,05 \times 18,49$$

$$e_{1y} = 0,39 + 0,05 \times 10,58$$

$$e_{1x} = 1,16$$

$$e_{1y} = 0,92$$

$$e_{2x} = 0,24 - 0,05 \times 18,49$$

$$e_{2y} = 0,39 - 0,05 \times 10,58$$

$$e_{2x} = -0,68$$

$$e_{2y} = -0,14$$

Primer nivel

$$e_{1x} = 0,19 + 0,05 \times 18,49$$

$$e_{1y} = 1,50 + 0,05 \times 10,58$$

$$e_{1x} = 1,11$$

$$e_{1y} = 0,67$$

$$e_{2x} = 0,19 - 0,05 \times 18,49$$

$$e_{2y} = 1,50 - 0,05 \times 10,58$$

$$e_{2x} = -0,73$$

$$e_{2y} = -0,39$$

Corte por sismo en marco

$$V_s = \frac{K_i F_{xi}}{\sum_{i=1}^n K_i}$$

Corte por torsión en marco

$$V_t = \frac{e_{1,2} F_{xi} K_{mi} d_i}{\sum_{i=1}^n K_{mi} d_i}$$

Corte total en marco

$$V_T = V_s + V_t$$

Determinando las fuerzas cortantes por nivel y marco:

Tabla XXXIII. Fuerzas segundo nivel eje X

Eje	e		Fx	Km	di	Km x Fx	Km x di	Km x di ²	Vs	Vt	Vs + Vt
A	e1x	1,16	42 826,08	1,73	-9,25	74 040,58	-15,98	147,77	10 706,52	-2 386,30	8 320,22
	e2x	-0,68								1 402,68	12 109,20
B	e1x	1,16	42 826,08	1,73	-2,81	74 040,58	-4,85	13,60	10 706,52	-724,02	9 982,50
	e2x	-0,68								425,58	11 132,10
C	e1x	1,16	42 826,08	1,73	3,80	74 040,58	6,56	24,90	10 706,52	979,56	11 686,08
	e2x	-0,68								-575,79	10 130,72
D	e1x	1,16	42 826,08	1,73	9,25	74 040,58	15,98	147,77	10 706,52	2 386,30	13 092,82
	e2x	-0,68								-1 402,68	9 303,84
TOTALES				6,92				334,03			

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXIV. Fuerzas primer nivel eje X

Eje	e		Fx	Km	di	Km x Fx	Km x di	Km x di ²	Vs	Vt	Vs + Vt
A	e1x	1,11	42 606,16	2,26	-9,25	96 443,96	-20,93	193,47	10 651,54	-2 272,11	8 379,43
	e2x	-0,73								1 497,41	12 148,95
B	e1x	1,11	42 606,16	2,26	-2,81	96 443,96	-6,35	17,81	10 651,54	-689,38	9 962,17
	e2x	-0,73								454,33	11 105,87
C	e1x	1,11	42 606,16	2,26	3,80	96 443,96	8,59	32,60	10 651,54	932,68	11 584,22
	e2x	-0,73								-614,68	10 036,87
D	e1x	1,11	42 606,16	2,26	9,25	96 443,96	20,93	193,47	10 651,54	2 272,11	12 923,65
	e2x	-0,73								-1 497,41	9 154,13
TOTALES				9,05				437,35			

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXV. Fuerzas segundo nivel eje Y

Eje	e		Fx	Km	di	Km x Fx	Km x di	Km x di ²	Vs	Vt	Vs + Vt
1	e1x	0,92	42 826,08	1,73	-5,29	74 040,58	-9,15	48,38	10 706,52	-3 187,63	7 518,89
	e2x	-0,14								482,13	11 188,65
2	e1x	0,92	42 826,08	1,73	-1,25	74 040,58	-2,16	2,70	10 706,52	-753,22	9 953,30
	e2x	-0,14								113,93	10 820,45
3	e1x	0,92	42 826,08	1,73	2,79	74 040,58	4,82	13,46	10 706,52	1 681,19	12 387,71
	e2x	-0,14								-254,28	10 452,24
4	e1x	0,92	42 826,08	1,73	5,29	74 040,58	9,15	48,38	10 706,52	3 187,63	13 894,15
	e2x	-0,14								-482,13	10 224,39
TOTALES				6,92				112,92			

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXVI. Fuerzas primer nivel eje Y

Eje	e		Fx	Km	di	Km x Fx	Km x di	Km x di ²	Vs	Vt	Vs + Vt
1	e1x	0.67	42 606,16	2,26	-5,29	96 443,96	-11,97	63,35	10 651,54	-2 308,57	8 342,97
	e2x	-0.39								1 342,35	11 993,89
2	e1x	0.67	42 606,16	2,26	-1,25	96 443,96	-2,83	3,54	10 651,54	-545,50	10 106,04
	e2x	-0.39								317,19	10 968,73
3	e1x	0.67	42 606,16	2,26	2,79	96 443,96	6,32	17,62	10 651,54	1 217,56	11 869,10
	e2x	-0.39								-707,97	9 943,57
4	e1x	0.67	42 606,16	2,26	5,29	96 443,96	11,97	63.35	10 651,54	2 308,57	12 960,11
	e2x	-0.39								-1 342,35	9 309,19
TOTALES				9,05				147,85			

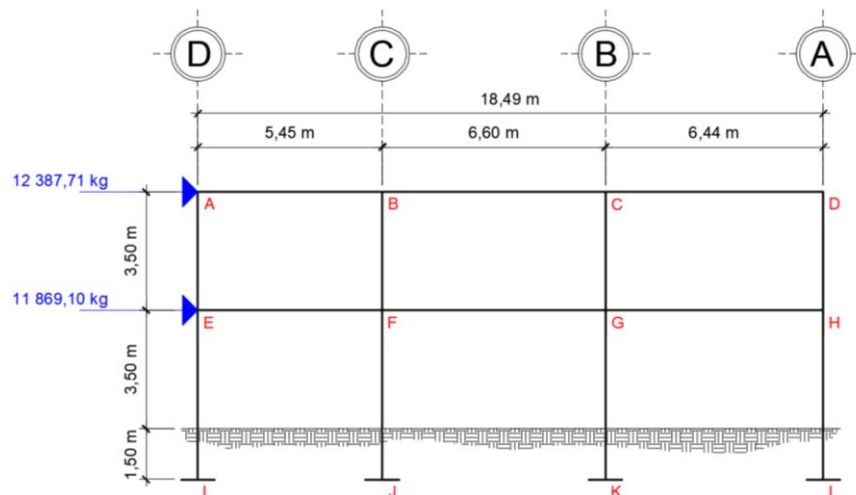
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXVII. Resumen de fuerzas por marco y por nivel

Marco	Nivel	F (Kg)	F (Ton)
A	2	12 109,20	12,11
	1	12 148,95	12,15
B	2	11 132,10	11,13
	1	11 105,87	11,11
C	2	11 686,08	11,69
	1	11 584,22	11,58
D	2	13 092,82	13,09
	1	12 923,65	12,92
1	2	11 188,65	11,19
	1	11 993,89	11,99
2	2	10 820,45	10,82
	1	10 968,73	10,97
3	2	12 387,71	12,39
	1	11 869,10	11,87
4	2	13 894,15	13,89
	1	12 960,11	12,96

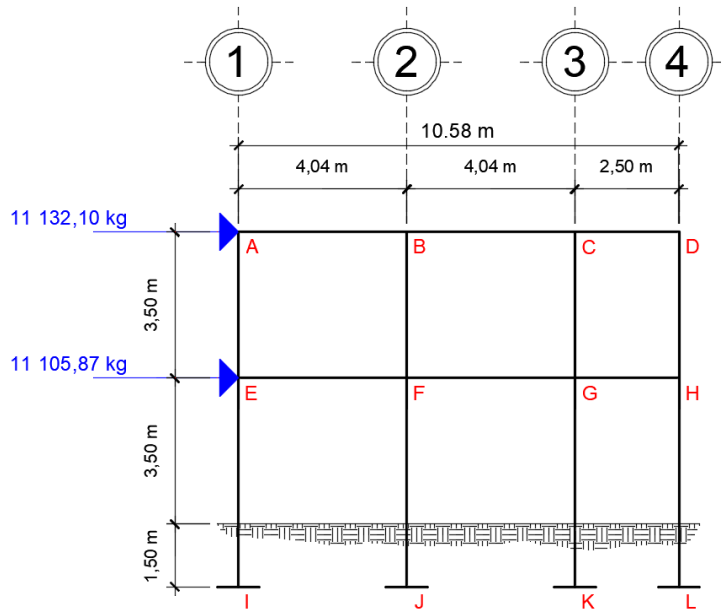
Fuente: elaboración propia.

Figura 29. Fuerzas horizontales en eje 3, sentido X



Fuente: elaboración propia. Programa AutoCAD.

Figura 30. **Fuerzas horizontales en eje B, sentido Y**



Fuente: elaboración propia. Programa AutoCAD.

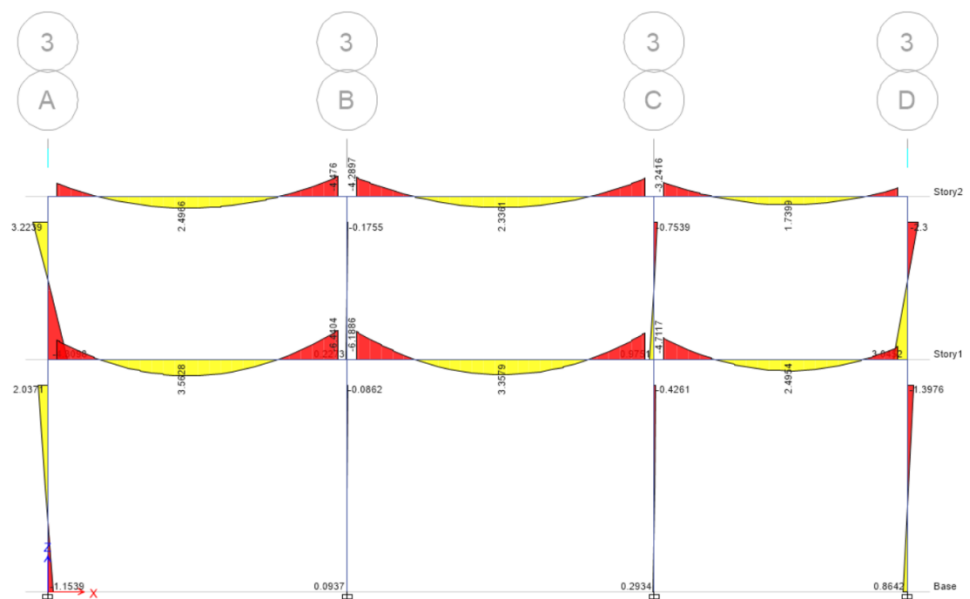
2.2.4.4. Análisis de marcos rígidos utilizando la herramienta software ETABS

En el programa ETABS se generó el modelo matemático de análisis y se le aplicaron las cargas horizontales y verticales para correr el modelo. El programa trabaja con el método de elementos finitos (FEM) que toma en cuenta las propiedades mecánicas y geométricas de cada material, se obtuvieron los siguientes resultados:

Para elaborar la estructura en el programa se generó una cuadrícula con los ejes existentes de la estructura; luego se dibujó la estructura completa aplicando las secciones para cada elemento estructural; finalmente, se integraron las cargas muertas y vivas determinadas para la estructura y se

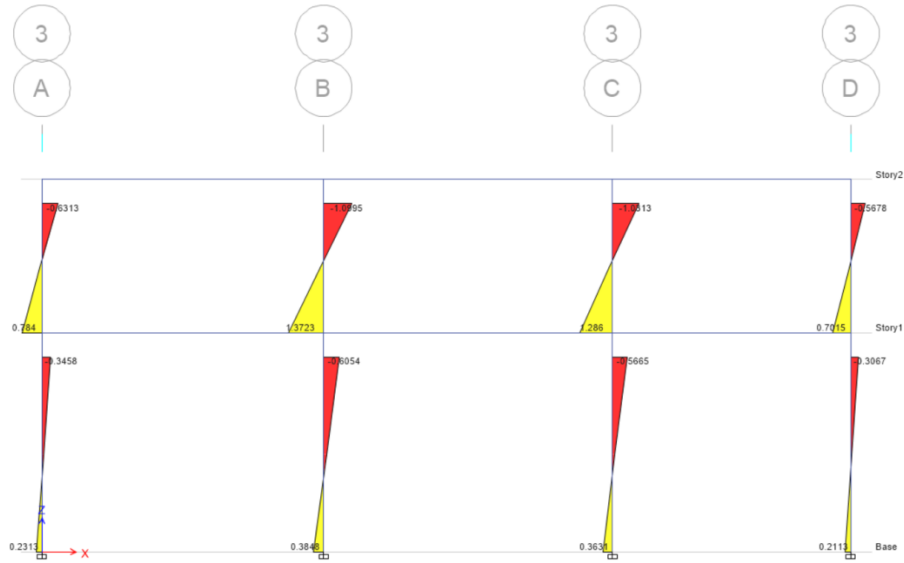
corrió el programa. Cuando se corrió el programa se sacaron los cortes y momentos en todos los elementos estructurales, realizando con estos, una combinación con el programa para determinar las envolventes de momentos en columnas y vigas.

Figura 31. **Momentos en vigas por carga muerta eje 3, sentido X**



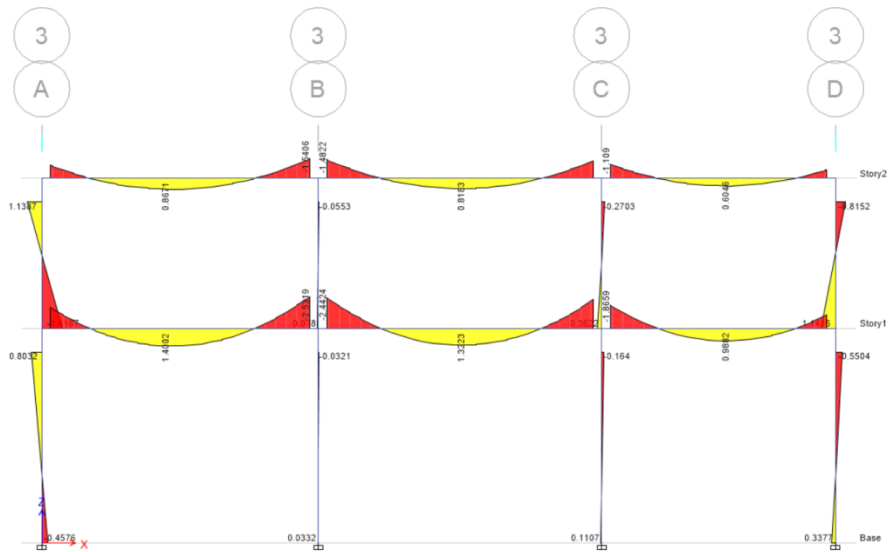
Fuente: elaboración propia. Programa ETABS 2016.

Figura 32. **Momentos en columnas por carga muerta eje 3, sentido X**



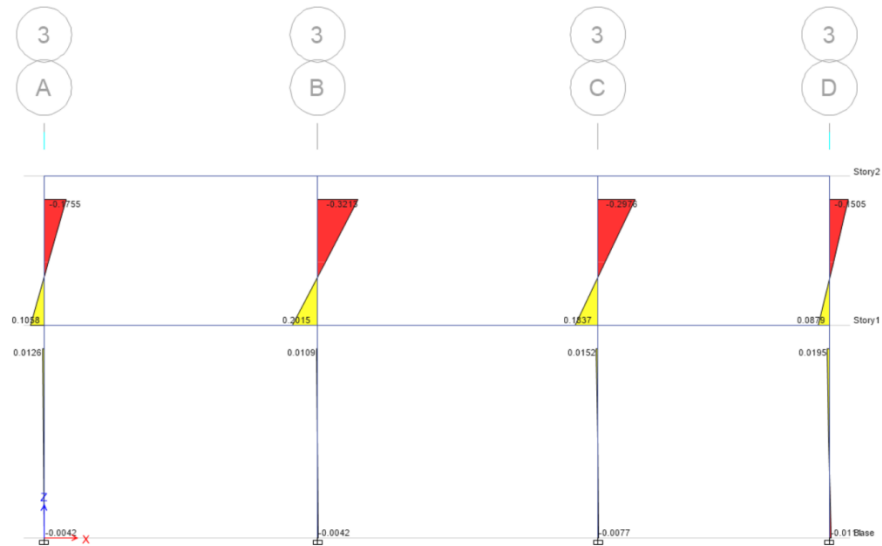
Fuente: elaboración propia., programa ETABS 2016.

Figura 33. **Momentos en vigas por carga viva eje 3, sentido X**



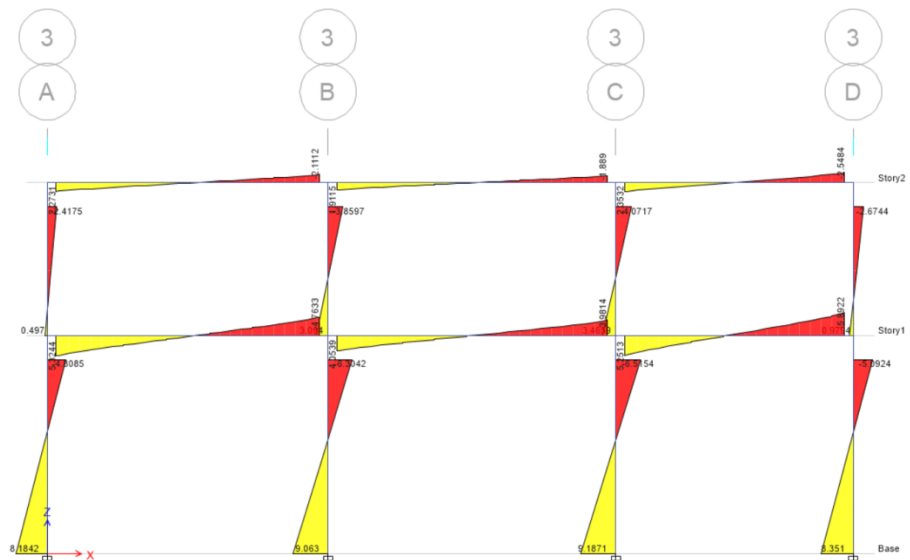
Fuente: elaboración propia. Programa ETABS 2016.

Figura 34. **Momentos en columnas por carga viva eje 3, sentido X**



Fuente: elaboración propia. Programa ETABS 2016.

Figura 35. **Momentos en vigas por carga sísmica eje 3, sentido X**



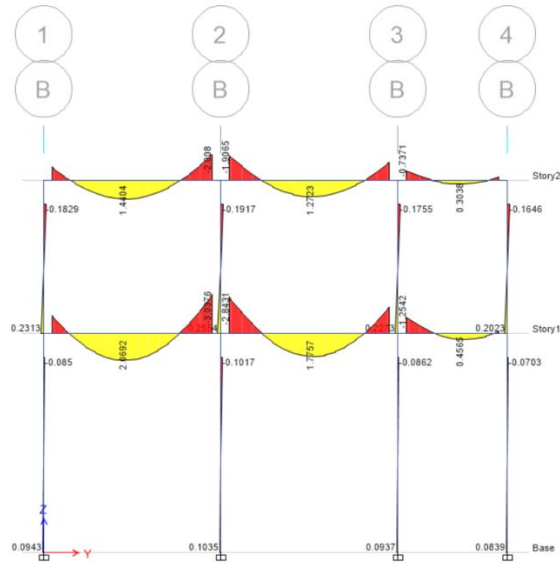
Fuente: elaboración propia. Programa ETABS 2016.

Figura 36. **Momentos en columnas por carga sísmica eje 3, sentido X**



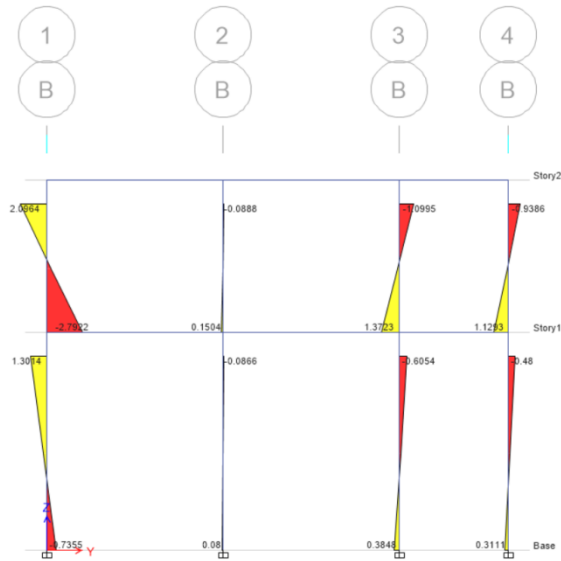
Fuente: elaboración propia. Programa ETABS 2016.

Figura 37. **Momentos en vigas por carga muerta eje B, sentido Y**



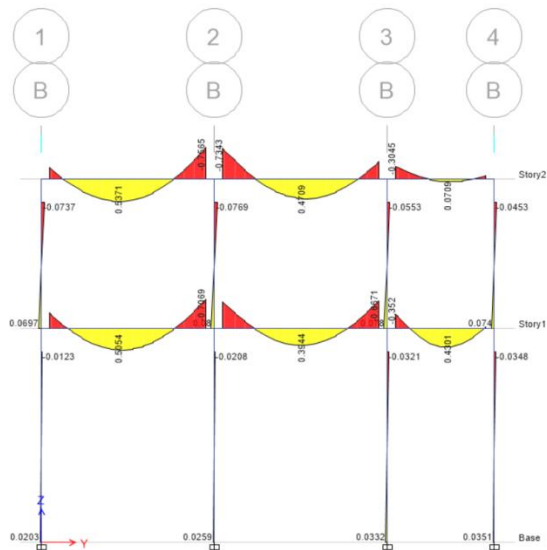
Fuente: elaboración propia. Programa ETABS 2016.

Figura 38. **Momentos en columnas por carga muerta eje B, sentido Y**



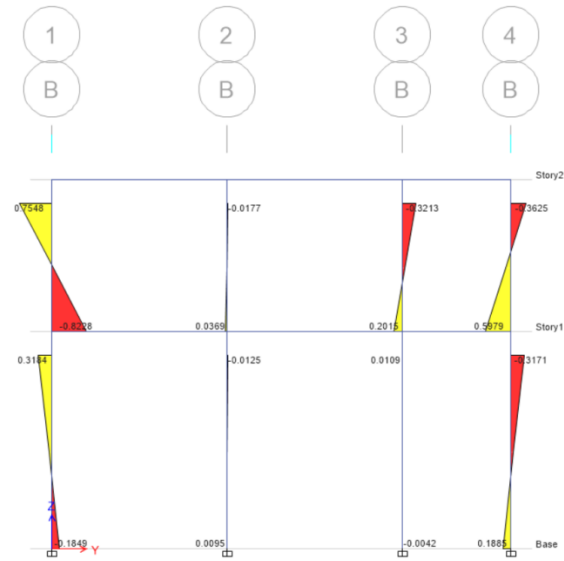
Fuente: elaboración propia. Programa ETABS 2016.

Figura 39. **Momentos en vigas por carga viva eje B, sentido Y**



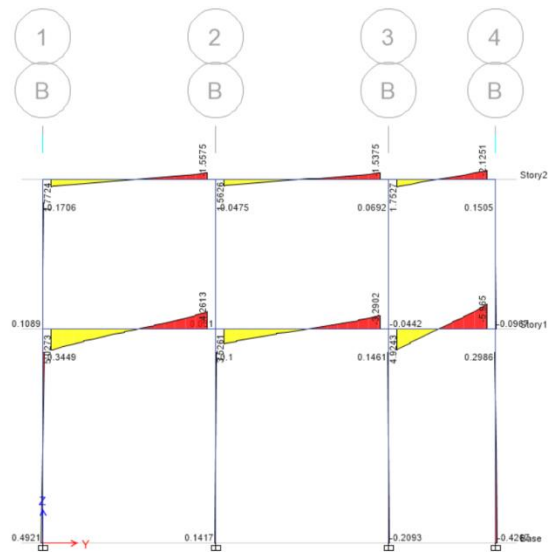
Fuente: elaboración propia. Programa ETABS 2016.

Figura 40. **Momentos en columnas por carga viva eje B, sentido Y**



Fuente: elaboración propia. Programa ETABS 2016.

Figura 41. **Momentos en vigas por carga sísmica eje B, sentido Y**



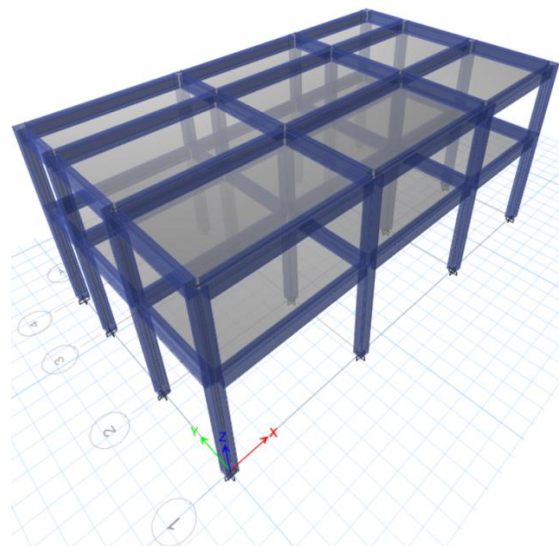
Fuente: elaboración propia. Programa ETABS 2016.

Figura 42. **Momentos en columnas por carga sísmica eje B, sentido Y**



Fuente: elaboración propia. Programa ETABS 2016.

Figura 43. **Isométrico del edificio**



Fuente: elaboración propia. Programa ETABS 2016.

2.2.4.5. Resultados de análisis estructural por el método de Kani con nudos desplazables

Este método fue propuesto por el Dr. G. Kani, eficiente y simplificado, ya que es también de los más exactos porque verifica aproximaciones sucesivas. Este método proporciona resultados y datos por un sistema iterativo analizando cargas vivas, muertas y de sismo por separado, e incluso las tres de forma integrada.

Momentos fijos

Estos se calculan cuando existen cargas verticales y está dado por la siguiente ecuación:

$$MF_{ik} = \pm \frac{WL^2}{12}$$

Rigidez de los elementos

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

Donde:

L = Longitud del elemento

I = Inercia del elemento

Factores de giro o coeficientes de reparto

$$\mu_{ik} = -\frac{1}{2} \left(\frac{K_{ik}}{\sum_{i=1}^n K_{ik}} \right)$$

Momentos de sujeción

Estos se calculan cuando existen cargas verticales y está dado por la siguiente ecuación:

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

Factores de corrimiento

Estos se calculan cuando existen cargas horizontales y se produce el ladeo por la asimetría de la estructura y está dado por la siguiente ecuación:

$$v = -\frac{3}{2} \left(\frac{K_{ik}}{\sum_{i=1}^n K_{ik}} \right)$$

Fuerzas de sujeción

Estos se calculan cuando existen cargas horizontales y está dado por la siguiente ecuación:

$$H = FH_{\text{nivel } n}$$

Fuerza cortante en el piso

Estos se calculan cuando existen cargas horizontales y está dado por la siguiente ecuación:

$$Q_n = \sum H$$

Momentos de piso

Estos se calculan cuando existen cargas horizontales y está dado por la siguiente ecuación:

$$M_n = \frac{Q_n H_n}{3}$$

Donde:

H_n = Altura de piso n analizado

Influencias de giro

$$M'_{ik} = M_{ik}(M_s + M_{ni})$$

Sin ladeo

$$M'_{ik} = M_{ik}(M_s + \sum(M_{ni} + M''_{ni}))$$

Con ladeo

Influencias de desplazamiento

$$M''_{ik} = M_{ik} \sum(M'_{ik} + M'_{ki})$$

Ladeo por asimetría

$$M''_{ik} = M_{ik}(M_s + \sum(M'_{ik} + M'_{ki}))$$

Ladeo por fuerza horizontal

Momentos finales en el extremo de cada viga

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

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

Momentos positivos en vigas

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

- Kani para carga muerta en marco 3 eje X

Determinando momentos fijos:

$$MF_{ab} = -\frac{2\,115,03 \times (5,45\text{m})^2}{12}$$

$$MF_{ab} = -5\,235,14\text{kg} - \text{m}$$

Tabla XXXVIII. **Momentos fijos**

Nudo	Momento fijo (kg-m)	Nudo	Momento fijo (kg-m)
MF ab	-3 787,32	MF ba	3 787,32
MF bc	-5 554,26	MF cb	5 554,26
MF cd	-5 288,23	MF dc	5 288,23
MF ef	-5 798,55	MF fe	5 798,55
MF fg	-8 503,82	MF gf	8 503,82
MF gh	-8 096,51	MF hg	8 096,51

Fuente: elaboración propia.

○ Inercia de los elementos

$$I_{\text{viga}} = \frac{30\text{cm} \times (55\text{cm})^3}{12}$$

$$I_{\text{viga}} = 415\,937,50\text{cm}^4$$

$$I_{\text{columna}} = \frac{40\text{cm} \times (40\text{cm})^3}{12}$$

$$I_{\text{columna}} = 213\,333,33\text{cm}^4$$

▪ Inercias relativas

$$I_{\text{viga}} = \frac{I_{\text{viga}}}{I_{\text{columna}}}$$

$$I_{\text{viga}} = \frac{415\,937,50\text{cm}^4}{213\,333,33\text{cm}^4}$$

$$I_{\text{viga}} = 1,95$$

$$I_{\text{columna}} = \frac{I_{\text{columna}}}{I_{\text{columna}}}$$

$$I_{\text{columna}} = \frac{213\,333,33\text{cm}^4}{213\,333,33\text{cm}^4}$$

$$I_{\text{columna}} = 1$$

Tabla XXXIX. Rigidez de elementos

Nudo	Rigidez	Nudo	Rigidez
Kab	0,36	Kba	0,36
Kbc	0,30	Kcb	0,30
Kcd	0,30	Kdc	0,30
Kef	0,36	Kfe	0,36
Kfg	0,30	Kgf	0,30
Kgh	0,30	Khg	0,30
Kae	0,29	Kea	0,29
Kbf	0,29	Kfb	0,29
Kcg	0,29	Kgc	0,29
Kdh	0,29	Khd	0,29
Kei	0,20	Kie	0,20
Kfj	0,20	Kjf	0,20
Kgk	0,20	Kkg	0,20
Khl	0,20	Klh	0,20

Fuente: elaboración propia.

- Factores de giro o coeficientes de reparto

Nudo A

$$\mu_{AB} = -\frac{1}{2} \left(\frac{0,36}{0,36+0,29} \right)$$

$$\mu_{AB} = -0,28$$

$$\mu_{AE} = -\frac{1}{2} \left(\frac{0,29}{0,36+0,29} \right)$$

$$\mu_{AE} = -0,22$$

Tabla XL. **Momentos de sujeción**

Nudo	Momento de sujeción (kg-m)	Nudo	Momento de sujeción (kg-m)
A	-3 787,32	E	-5 798,55
B	-1 766,95	F	-2 705,27
C	266,03	G	407,31
D	5 288,23	H	8 096,51

Fuente: elaboración propia.

- Influencia de giro

Conociendo los momentos y los factores de giro, se determina la primera iteración de la influencia de giro. Para el presente proyecto se utilizó el orden A-B-C-D-H-G-F-E:

Nodo A:

$$M_{AB} = -3 787,32 * -0,28$$

$$M_{AB} = 1 052,82 \text{kg} - \text{m}$$

$$M_{AE} = -3 787,32 * -0,22$$

$$M_{AE} = 840,84 \text{kg} - \text{m}$$

Nodo B:

$$M_{BA} = (-1\,766,95 + 1\,052,82) * -0,19$$

$$M_{BA} = 136,05\text{kg} - \text{m}$$

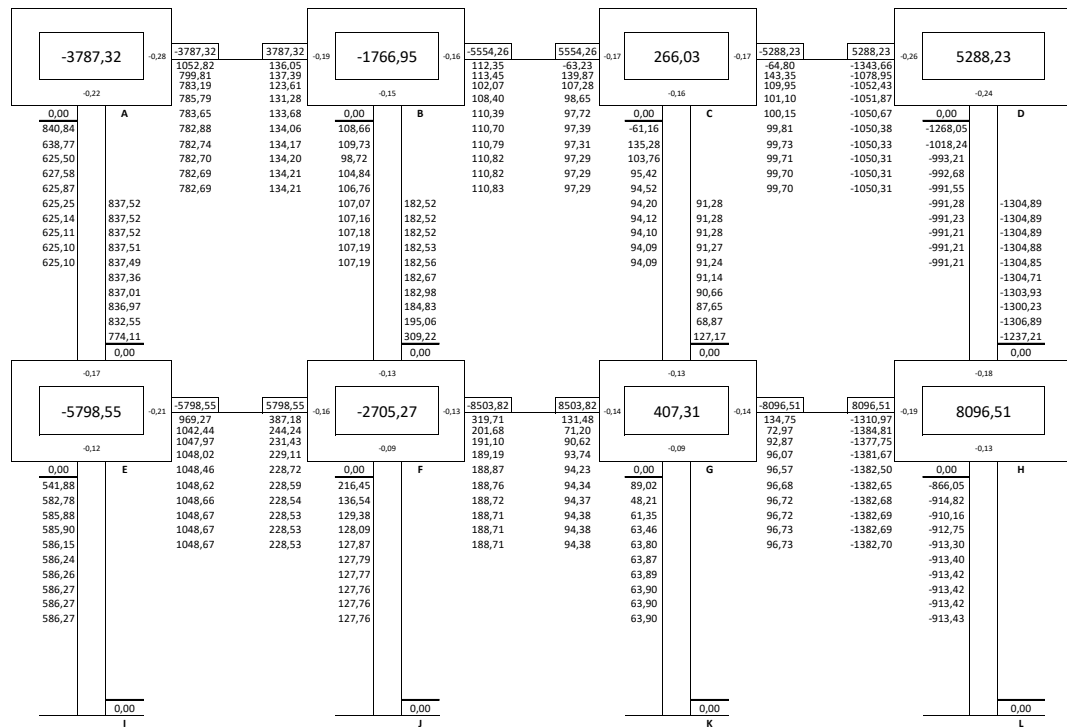
$$M_{BF} = (-1\,766,95 + 1\,052,82) * -0,15$$

$$M_{AB} = 108,66\text{kg} - \text{m}$$

$$M_{BC} = (-1\,766,95 + 1\,052,82) * -0,16$$

$$M_{AC} = 112,35\text{kg} - \text{m}$$

Figura 44. Esquema de iteraciones con carga muerta sobre el marco 3, sentido X



Fuente: elaboración propia.

- Momentos finales

$$M_{ik} = MF_{ik} + 2M'_{ik} + M'_{ki}$$

Determinando momentos en vigas y columnas del nodo A:

$$M_{AB} = -3\,787,32\text{kg} - \text{m} + 2 * (782,69\text{kg} - \text{m}) + 134,21\text{kg} - \text{m}$$

$$M_{AB} = -2\,087,72\text{kg} - \text{m}$$

$$M_{BA} = 3\,787,32\text{kg} - \text{m} + 2 * (134,21\text{kg} - \text{m}) + 782,69\text{kg} - \text{m}$$

$$M_{BA} = 4\,838,43\text{kg} - \text{m}$$

$$M_{AE} = 0 + 2 * 625,10 + 837,52\text{kg} - \text{m}$$

$$M_{AE} = 2\,087,72\text{kg} - \text{m}$$

$$M_{EA} = 0 + 2 * (837,52\text{kg} - \text{m}) + 625,10\text{kg} - \text{m}$$

$$M_{EA} = 2\,300,15\text{kg} - \text{m}$$

- Momentos positivos en vigas

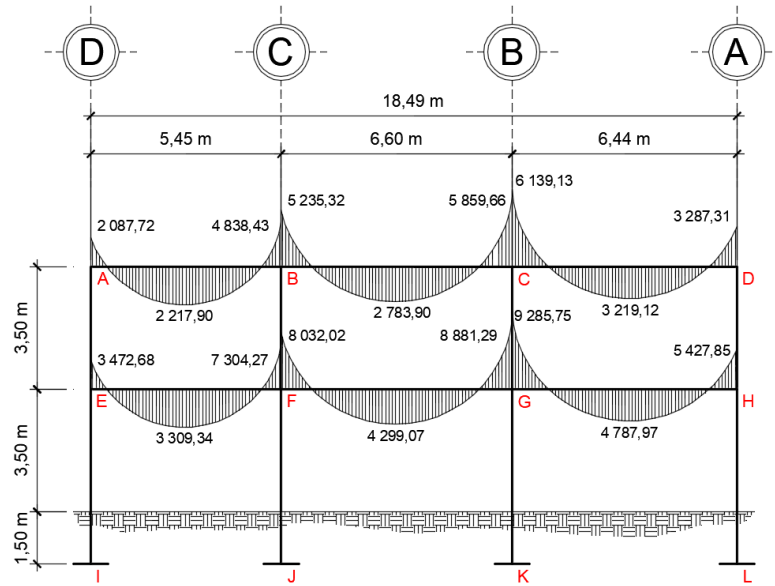
$$M_{ik(+)} = \frac{WL^2}{8} - \frac{|M_{i(-)}| + |M_{k(+)}|}{2}$$

Determinando momento positivo en tramos A-B:

$$M_{AB} = \frac{1\,530,10\text{kg/m} \times (5,45\text{m})^2}{8} - \frac{|-2\,087,72\text{kg} - \text{m}| + |4\,838,43\text{kg} - \text{m}|}{2}$$

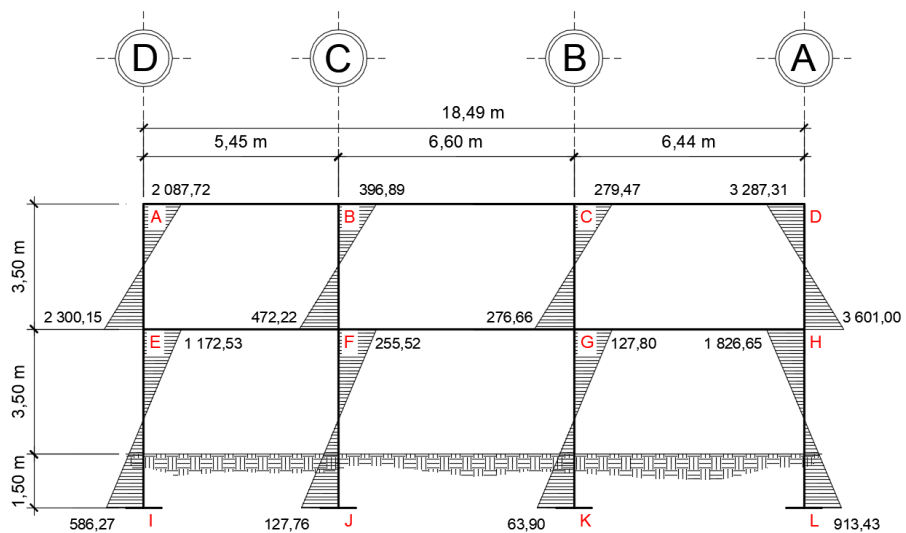
$$M_{AB} = 2\,217,90\text{kg} - \text{m}$$

Figura 45. **Momentos en vigas por carga muerta eje 3, sentido X**



Fuente: elaboración propia. Programa AutoCAD.

Figura 46. **Momentos en columnas por carga muerta eje 3, sentido X**

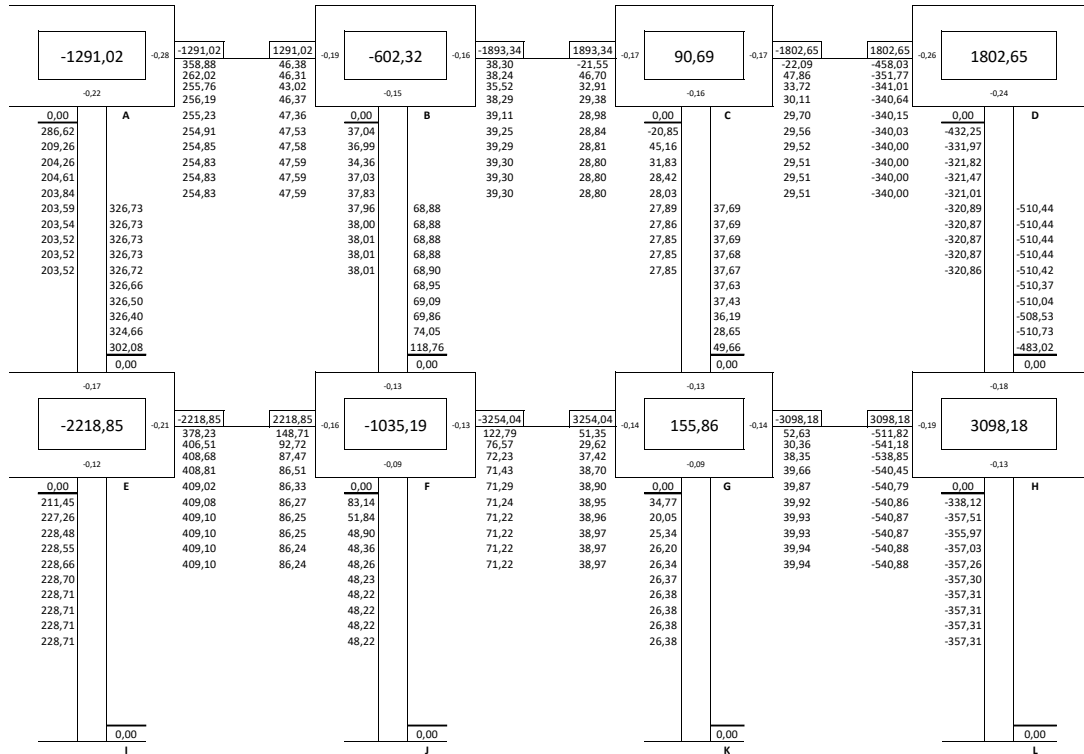


Fuente: elaboración propia. Programa AutoCAD.

- Kani para carga viva en marco 3, eje X

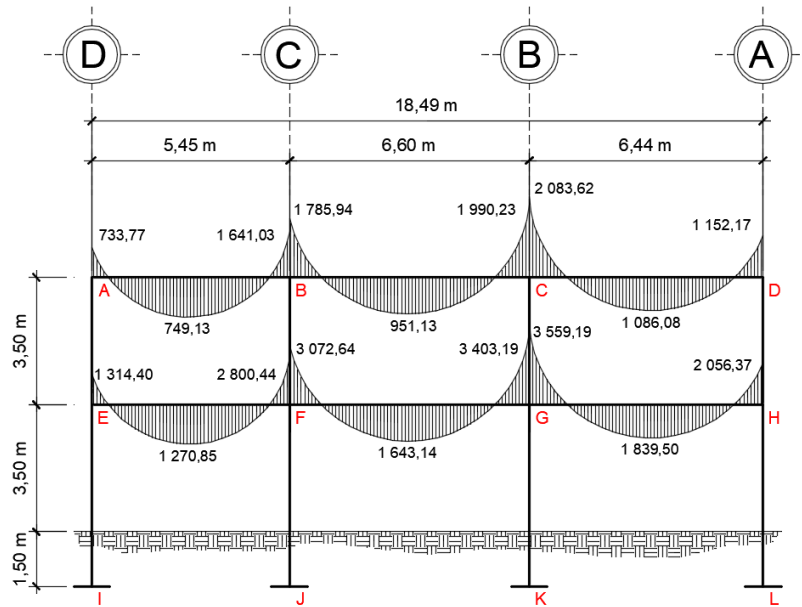
Para el cálculo de los momentos actuantes por carga viva, se realizó el mismo procedimiento anteriormente descrito.

Figura 47. Esquema de iteraciones con carga viva sobre el marco 3, sentido X



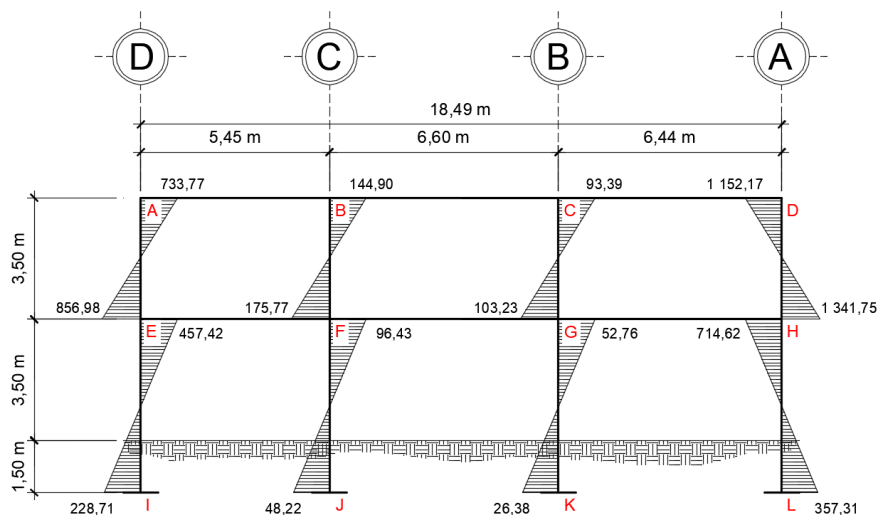
Fuente: elaboración propia.

Figura 48. **Momentos en vigas por carga viva eje 3, sentido X**



Fuente: elaboración propia. Programa AutoCAD.

Figura 49. **Momentos en columnas por carga viva eje 3, sentido X**



Fuente: elaboración propia. Programa AutoCAD.

- Kani para carga sísmica en marco 3, eje X

Al igual que en el análisis con carga viva y muerta, se siguen tomando los mismos valores de factores de giro y de rigidez.

- Factores de corrimiento

Segundo nivel:

$$v_{AE} = v_{BF} = v_{CG} = v_{DH}$$

Determinando los factores:

$$v_{AE} = -\frac{3}{2} \left[\frac{K_{AE}}{K_{AE} + K_{BF} + K_{CG} + K_{DH}} \right]$$

$$v_{AE} = -\frac{3}{2} \left[\frac{0,29}{0,29 + 0,29 + 0,29 + 0,29} \right]$$

$$v_{AE} = -0,375$$

Primer nivel:

$$v_{EI} = v_{FJ} = v_{GK} = v_{HL}$$

Determinando los factores:

$$v_{EI} = -\frac{3}{2} \left[\frac{K_{EI}}{K_{IE} + K_{FJ} + K_{GK} + K_{HL}} \right]$$

$$v_{EI} = -\frac{3}{2} \left[\frac{0,20}{0,20 + 0,20 + 0,20 + 0,20} \right]$$

$$v_{AE} = -0,375$$

- Fuerza cortante en el piso

$$Q_2 = 12\,387,71\text{kg}$$

$$Q_1 = 24\,256,81\text{kg}$$

- Momentos de piso

$$M_n = \frac{Q_n H_n}{3}$$

Determinando momentos de piso:

$$M_2 = \frac{12\,387,71\text{kg} \times 3,5\text{m}}{3}$$

$$M_1 = \frac{24\,256,81\text{kg} \times 5\text{m}}{3}$$

$$M_2 = 14\,452,33\text{kg} - \text{m}$$

$$M_1 = 40\,428,02\text{kg} - \text{m}$$

- Influencias de desplazamiento

$$M''_{ik} = M_{ik} \left(M_s + \sum (M'_{ik} + M'_{ki}) \right)$$

Determinando influencias de desplazamiento:

$$M''_{EA} = M''_{FB} = M''_{GC} = M''_{HD}$$

$$M''_{EA} = -0,375 \times 14\,452,33\text{kg} - \text{m}$$

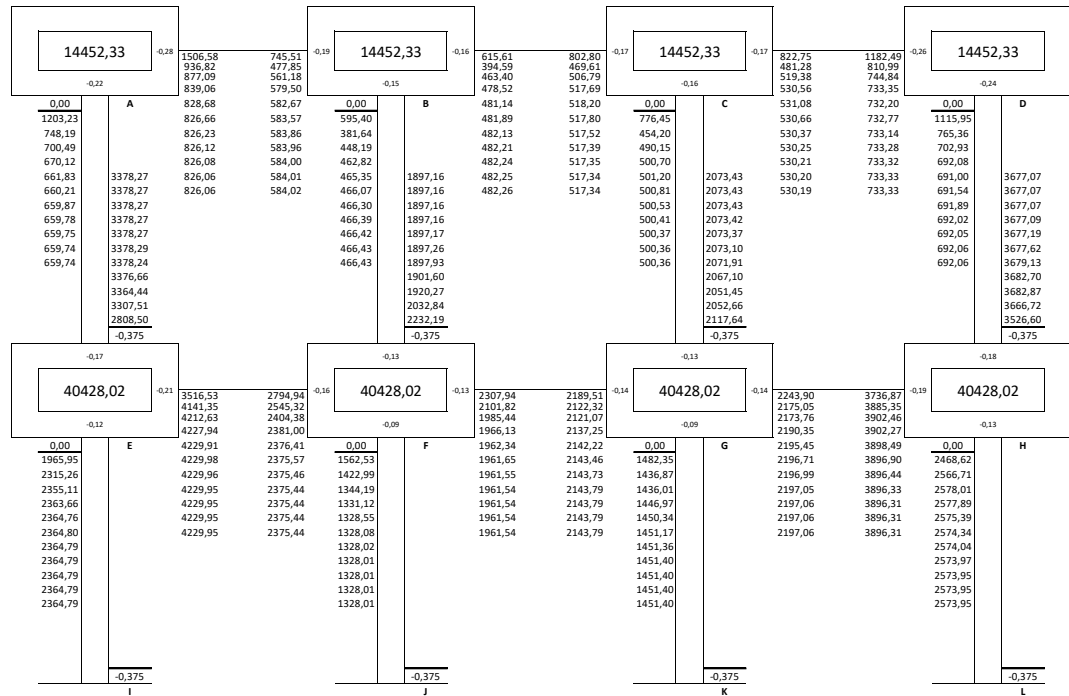
$$M''_{EA} = -5\,419,62\text{kg} - \text{m}$$

$$M''_{IE} = M''_{JF} = M''_{KG} = M''_{LH}$$

$$M''_{IE} = -0,375 \times 40\,428,02\text{kg} - \text{m}$$

$$M''_{IE} = -15\,160,51\text{kg} - \text{m}$$

Figura 50. Esquema de iteraciones con carga sísmica sobre marco 3, sentido X



Fuente: elaboración propia.

Determinando momentos en vigas y columnas del nodo A:

$$M_{AB} = 0 + 2 * (826,06\text{kg} - m) + 584,02\text{kg} - m$$

$$M_{AB} = 2 236,14\text{kg} - m$$

$$M_{BA} = 0 + 2 * (584,02\text{kg} - m) + 826,06\text{kg} - m$$

$$M_{BA} = 1 994,10\text{kg} - m$$

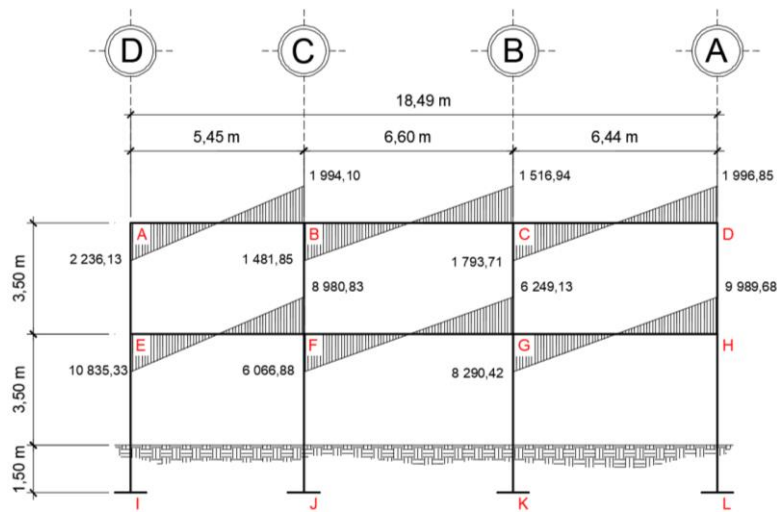
$$M_{AE} = 0 + 2 * (659,74\text{kg} - m) + 3 378,27\text{kg} - m - 6 933,87\text{kg} - m$$

$$M_{AE} = -2 236,13\text{kg} - m$$

$$M_{EA} = 0 + 2 * (3\,378,27\text{kg} - \text{m}) + 659,74\text{kg} - \text{m} - 6\,933,87\text{kg} - \text{m}$$

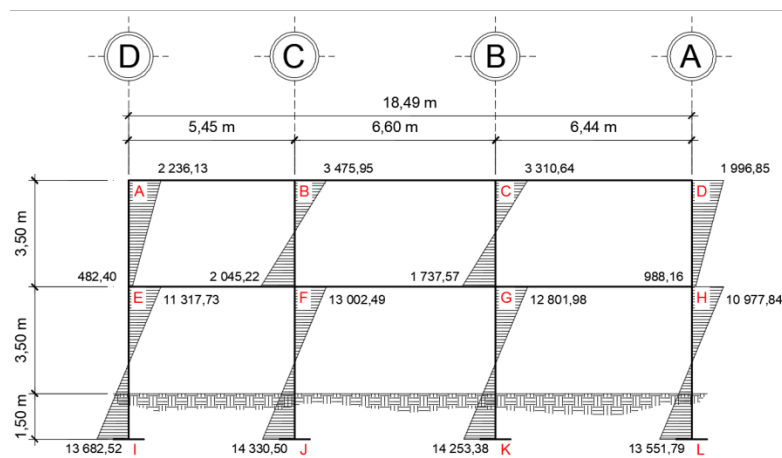
$$M_{EA} = 482,40\text{kg} - \text{m}$$

Figura 51. Momentos en vigas por carga sísmica eje 3, sentido X



Fuente: elaboración propia. Programa AutoCAD.

Figura 52. Momentos en columnas por carga sísmica eje 3, sentido X



Fuente: elaboración propia. Programa AutoCAD.

2.2.4.6. Comparación de resultados por medio de método numérico y ETABS 2016

Para comparar los resultados del método numérico y ETABS, se tomaron valores de cargas verticales y horizontales. A continuación, se presenta la tabla de comparación de resultados por ambos métodos:

Tabla XLI. **Comparación de momentos obtenidos en marcos**

Momento	Método numérico (kg-m)	Método de ETABS 2016 (kg-m)	Diferencia (kg-m)	% de variación
M _{ab} por carga muerta	2 087,72	1 971,60	116,12	5,56%
M _{ab} por carga viva	733,77	694,00	39,77	5,42%
M _{ab} por carga sísmica	2 236,14	2 273,10	36,96	1,65%

Fuente: elaboración propia.

Los valores de carga obtenidos por ambos métodos cuentan con cierto porcentaje de variación, sin embargo, la diferencia de momentos entre ambos métodos es relativamente bajo, por lo que para el diseño estructural se utilizarán los valores obtenidos por medio del método numérico.

2.2.4.7. Momentos últimos por envolvente de momentos

La envolvente de momentos es el resultado de la combinación de las diferentes cargas que actúan en una estructura, en donde se toman los valores más altos (más críticos) para encontrar los momentos últimos. Para el efecto se aplican las combinaciones indicadas por la norma AGIES NSE 2-10 sección 8:

1. $M = 0,9M_{DL} + 1,6M_{LL}$

2. $M = 1,3M_{DL} + 1,6M_{LL}$
3. $M = 1,2M_{DL} + 1,0M_{LL} + 1,0M_S$

Determinando envolvente de momentos en vigas:

Combinación 1:

$$M_{AB(-)} = 0,9 \times (-2\,087,72\text{kg} - \text{m}) + 1,6 \times (-733,77\text{kg} - \text{m}) = -3\,052,98\text{kg} - \text{m}$$

$$M_{AB(+)} = 0,9 \times (2\,217,90\text{kg} - \text{m}) + 1,6 \times (749,13\text{kg} - \text{m}) = 3\,194,71\text{kg} - \text{m}$$

$$M_{BA(-)} = 0,9 \times (4\,838,43\text{kg} - \text{m}) + 1,6 \times (1\,641,03\text{kg} - \text{m}) = 6\,980,24\text{kg} - \text{m}$$

Combinación 2:

$$M_{AB(-)} = 1,3 \times (-2\,087,72\text{kg} - \text{m}) + 1,6 \times (-733,77\text{kg} - \text{m}) = -3\,888,07\text{kg} - \text{m}$$

$$M_{AB(+)} = 1,3 \times (2\,217,90\text{kg} - \text{m}) + 1,6 \times (749,13\text{kg} - \text{m}) = 4\,081,87\text{kg} - \text{m}$$

$$M_{BA(-)} = 1,3 \times (4\,838,43\text{kg} - \text{m}) + 1,6 \times (1\,641,03\text{kg} - \text{m}) = 8\,915,61\text{kg} - \text{m}$$

Combinación 3:

$$M_{AB(-)} = 1,2 \times (-2\,087,72\text{kg} - \text{m}) + 1,0 \times (-733,77\text{kg} - \text{m}) + 1,0 \times (2\,236,14\text{kg} - \text{m}) = -2\,300,68\text{kg} - \text{m}$$

$$M_{AB(+)} = 1,2 \times (2\,217,90\text{kg} - \text{m}) + 1,0 \times (749,13\text{kg} - \text{m}) + 1,0 \times (0\text{kg} - \text{m}) = 4\,792,16\text{kg} - \text{m}$$

$$M_{BA(-)} = 1,2 \times (4\,838,43\text{kg} - \text{m}) + 1,0 \times (1\,641,03\text{kg} - \text{m}) + 1,0 \times (1\,994,10\text{kg} - \text{m}) = 12\,449,33\text{kg} - \text{m}$$

Determinando envolvente de momentos en columnas:

Combinación 1:

$$M_{AE} = 0,9 \times (2\,087,72\text{kg} - \text{m}) + 1,6 \times (733,77\text{kg} - \text{m}) = 3\,052,98\text{kg} - \text{m}$$

$$M_{EA} = 0,9 \times (2\,300,15\text{kg} - \text{m}) + 1,6 \times (856,98\text{kg} - \text{m}) = 3\,441,30\text{kg} - \text{m}$$

Combinación 2:

$$M_{AE} = 1,3 \times (2\,087,72\text{kg} - \text{m}) + 1,6 \times (733,77\text{kg} - \text{m}) = 3\,888,07\text{kg} - \text{m}$$

$$M_{EA} = 1,3 \times (2\,300,15\text{kg} - \text{m}) + 1,6 \times (856,98\text{kg} - \text{m}) = 4\,361,36\text{kg} - \text{m}$$

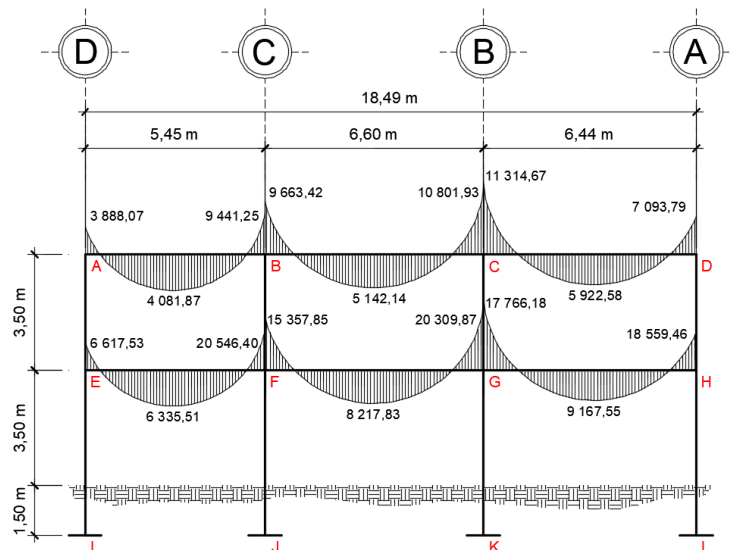
Combinación 3:

$$M_{AE} = 1,2 \times (2\,087,72\text{kg} - \text{m}) + 1,0 \times (733,77\text{kg} - \text{m}) + 1,0 \times (-2\,236,13\text{kg} - \text{m}) = 1\,002,91\text{kg} - \text{m}$$

$$M_{EA} = 1,2 \times (2\,300,15\text{kg} - \text{m}) + 1,0 \times (856,98\text{kg} - \text{m}) + 1,0 \times (482,40\text{kg} - \text{m}) = 4\,099,55\text{kg} - \text{m}$$

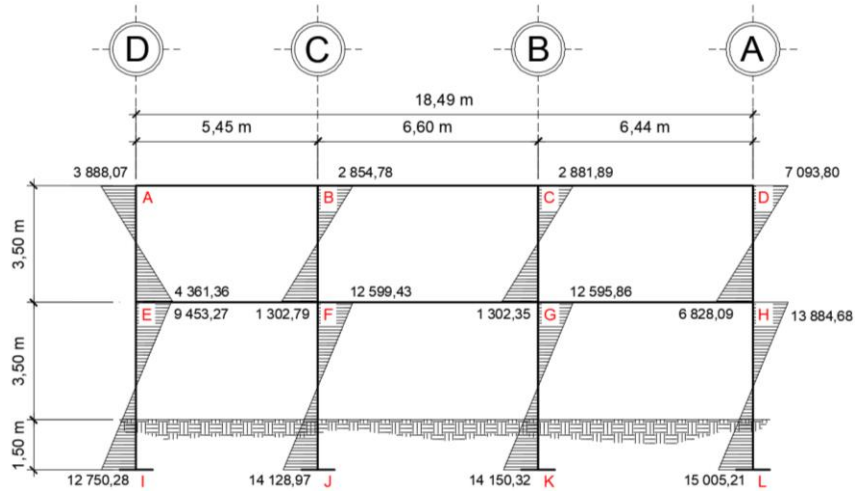
Una vez desarrolladas las combinaciones de carga según las normas AGIES, se procede a realizar la envolvente de momentos con los resultados obtenidos y posteriormente, determinar los momentos últimos en el elemento. En las figuras 53 y 54 se muestra el valor del momento último en cada uno de los marcos y elementos (vigas y columnas respectivamente).

Figura 53. **Momentos últimos en vigas en marco 3, sentido X**



Fuente: elaboración propia. Programa AutoCAD.

Figura 54. **Momentos últimos en columnas en marco 3, sentido X**



Fuente: elaboración propia. Programa AutoCAD.

2.2.4.8. Cortes últimos

Estos están dados por las siguientes expresiones:

- Cortes en vigas

$$V_v = 0,75 \left(\frac{1,4(W_{DL} * L)}{2} + \frac{1,7(W_{LL} * L)}{2} + \frac{1,87(\sum M_s)}{2} \right)$$

- Cortes en columnas

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

Determinando cortes últimos en vigas y columnas:

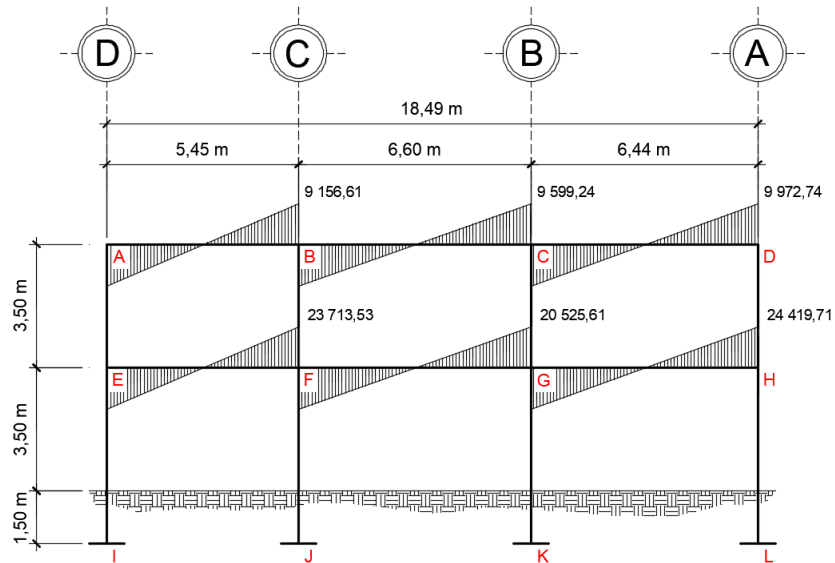
$$V_{AB} = 0,75 \left(\frac{1,4(1\,530,10\text{kg/m} \times 5,45\text{m})}{2} + \frac{1,7(521,58\text{kg/m} \times 5,45\text{m})}{2} + \frac{1,87(2\,236,14\text{kg} - \text{m} + 1\,994,10\text{kg} - \text{m})}{2} \right)$$

$$V_{AB} = 9\,156,61\text{kg}$$

$$V_{AE} = \frac{3\,888,07\text{kg} - \text{m} + 4\,361,36\text{kg} - \text{m}}{3,5\text{m}}$$

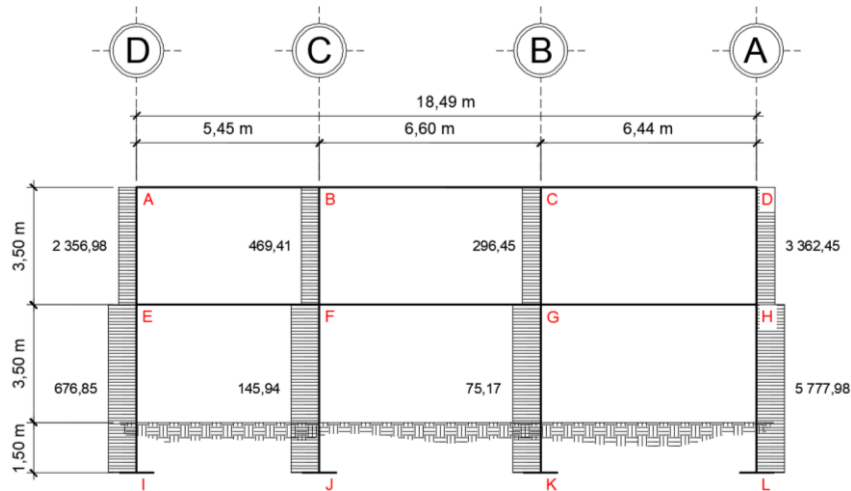
$$V_{AE} = 2\,356,98\text{kg}$$

Figura 55. Cortes últimos en vigas en marco 3, sentido X



Fuente: elaboración propia. Programa AutoCAD

Figura 56. **Cortes últimos en columnas en marco 3, sentido X**



Fuente: elaboración propia. Programa AutoCAD.

2.2.5. Diseño estructural

2.2.5.1. Diseño de losas

Las losas son elementos estructurales cuya función es actuar como diafragma para transmitir carga a otros elementos. Según su espesor pueden dividirse en: cascarones ($t \leq 0,09$), planas ($0,09 < t < 0,12$) y nervadas ($t \geq 0,12$). Para el presente proyecto se utilizó el método 3 del código ACI.

Espesor de losa	0,12 m
Peso específico del concreto	2 400 kg/m ³
f'c	2 10 kg/cm ²
Fy	2 810 kg/cm ²

Primero se determina si la losa debe diseñarse como una losa en uno o dos sentidos, por lo cual se debe determinar la relación de m que está dada por la siguiente ecuación:

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

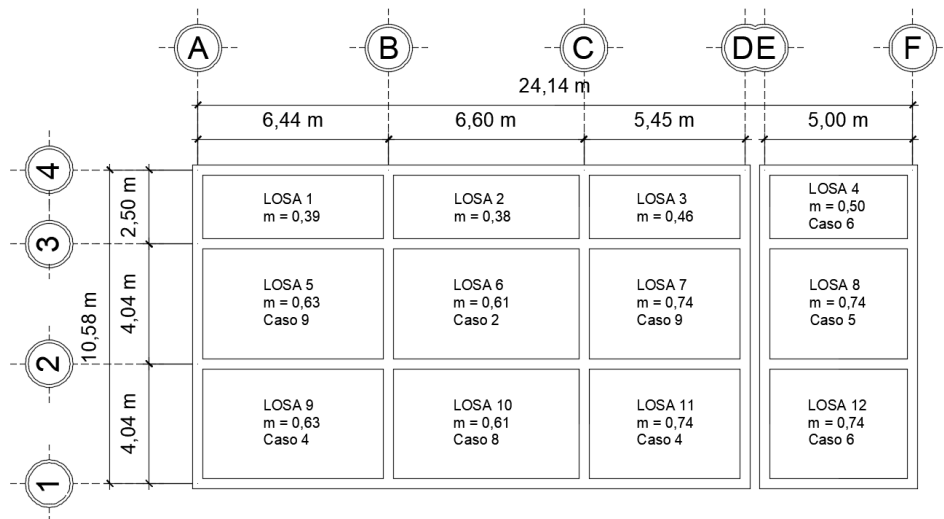
Donde:

a = Lado corto

b = Lado largo

Si la relación $m \geq 0,50$ entonces la losa trabaja en dos sentidos y si $m < 0.50$ la losa trabaja en un sentido.

Figura 57. Diagrama de losas segundo nivel



Fuente: elaboración propia. Programa AutoCAD.

Teniendo el valor de m para las diferentes losas se procede a calcular la carga última que actúa sobre las mismas, utilizando la siguiente ecuación:

$$C_u = 1,4D + 1,7L$$

Analizando la losa 5

Se determina la carga de diseño o carga última utilizando una franja unitaria:

$$C_u = 1,4((0,12\text{m} \times 1\text{m} \times 2400\text{kg/m}^3) + 1\text{m} \times 90\text{kg/m}^2 + 1\text{m} \times 90\text{kg/m}^2) + 1,7(1\text{m} \times 200\text{kg/m}^2)$$
$$C_u = 995,20\text{kg/m}$$

Posteriormente se deben calcular los momentos actuantes que están dados por las siguientes ecuaciones:

$$M(-) = C_{a,b} \omega L_{a,b}^2$$

$$M(+) = C_{a,b} \omega L_{a,b}^2$$

Donde:

C = Coeficientes de tablas del código ACI

L = Lado de losa en análisis

ω = Carga última

$m = 0,63$

Caso = 9

Coefficientes para momentos negativos en losas:

$$C_a = 0,083$$

$$C_b = 0,008$$

$$Ma(-)_{DL} = 0,083 \times 995,20\text{kg/m} \times (4,04\text{m})^2 \quad Ma(-)_{DL} = 1\,348,19\text{kg} \cdot \text{m}$$

$$Mb(-)_{DL} = 0,008 \times 995,20\text{kg/m} \times (6,44\text{m})^2 \quad Mb(-)_{DL} = 330,20\text{kg} \cdot \text{m}$$

Coefficientes para momentos positivos debido a carga muerta en losa

$$C_a = 0,034$$

$$C_b = 0,005$$

$$Ma(+)_DL = 0,034 \times 655,20\text{kg/m} \times (4,04\text{m})^2 \quad Ma(+)_DL = 363,59\text{kg} \cdot \text{m}$$

$$Mb(+)_DL = 0,005 \times 655,20\text{kg/m} \times (6,44\text{m})^2 \quad Mb(+)_DL = 135,87\text{kg} \cdot \text{m}$$

Coefficientes para momentos positivos debido a carga viva en losa

$$C_a = 0,054$$

$$C_b = 0,009$$

$$Ma(+)_LL = 0,054 \times 340\text{kg/m} \times (4,04\text{m})^2 \quad Ma(+)_LL = 299,66\text{kg} \cdot \text{m}$$

$$Mb(+)_LL = 0,009 \times 340\text{kg/m} \times (6,44\text{m})^2 \quad Mb(+)_LL = 126,91\text{kg} \cdot \text{m}$$

Determinando momentos positivos en losas

$$Ma(+) = 363,59\text{kg} \cdot \text{m} + 299,66\text{kg} \cdot \text{m}$$

$$Ma(+) = 663,26\text{kg} \cdot \text{m}$$

$$Mb(+) = 135,87\text{kg} \cdot \text{m} + 126,91\text{kg} \cdot \text{m}$$

$$Mb(+) = 262,78\text{kg} \cdot \text{m}$$

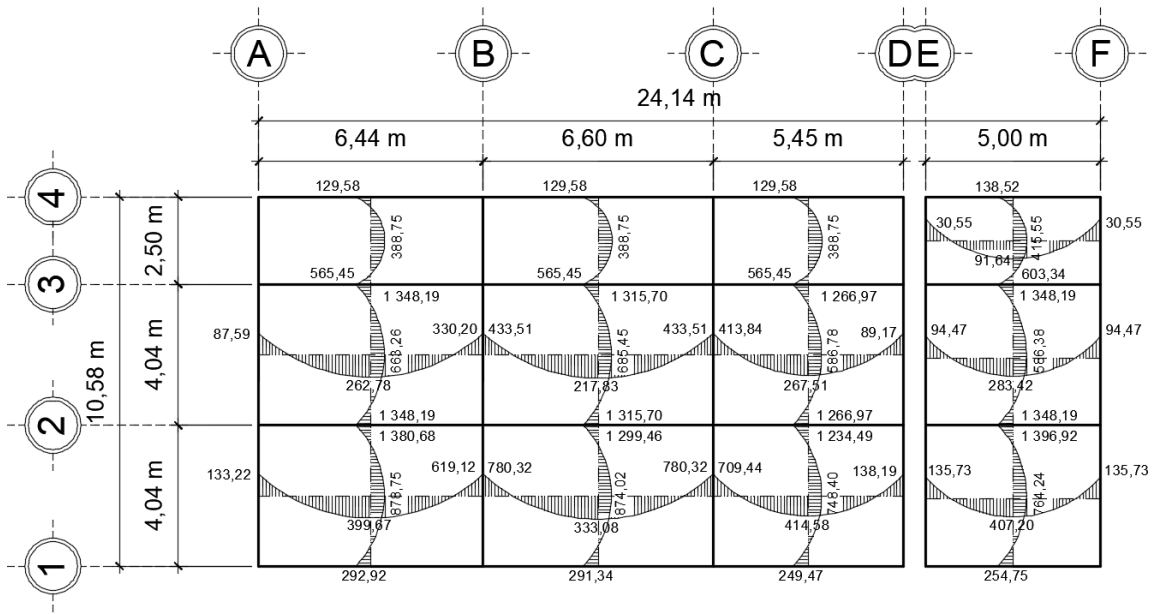
Determinando momentos en extremos no continuos:

$$M_b(-) = \frac{1}{3} M_b(+)$$

$$M_b(-) = \frac{1}{3} (262,78 \text{ kg} \cdot \text{m})$$

$$M_b(-) = 87,59 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

Figura 58. Momentos en losas segundo nivel [Kg*m]



Fuente: elaboración propia. Programa AutoCAD.

Balanceo de momentos

Como se puede observar, los momentos actuantes en las uniones de las losas son diferentes, por lo que existe la necesidad de realizar un balanceo de momentos previo al cálculo del refuerzo de la losa. El balanceo de momentos se realiza a través de la siguiente ecuación:

Si $0,80(\text{Momento mayor}) < \text{Momento menor}$

$$M_b = \frac{M_{\text{mayor}} + M_{\text{menor}}}{2}$$

Si $0,80(\text{Momento mayor}) > \text{Momento menor}$

Entonces se deben balancear los momentos proporcionalmente a su rigidez de la siguiente forma:

$$M_b = M_1 \pm D_1 * (M_2 - M_1)$$

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

$$K_{1,2} = \frac{1}{L_{1,2}}$$

Balanceo de momentos entre losa 1 y losa 5:

$$M_1 = 565,45 \text{ kg/m}$$

$$M_2 = 1\,348,19 \text{ kg/m}$$

$$0,80 \times 1\,348,19 \text{ kg/m} < 565,45 \text{ kg/m}$$

$$674,10 \text{ kg/m} < 565,45 \text{ kg/m}$$

Como no cumple se debe realizar el balanceo de momento por rigidez:

$$K_1 = \frac{1}{2,50}$$

$$K_2 = \frac{1}{4,04}$$

$$K_1 = 0,40$$

$$K_2 = 0,25$$

$$D_1 = \frac{0,40}{0,40+0,25}$$

$$D_2 = \frac{0,25}{0,40+0,25}$$

$$D_1 = 0,62$$

$$D_2 = 0,38$$

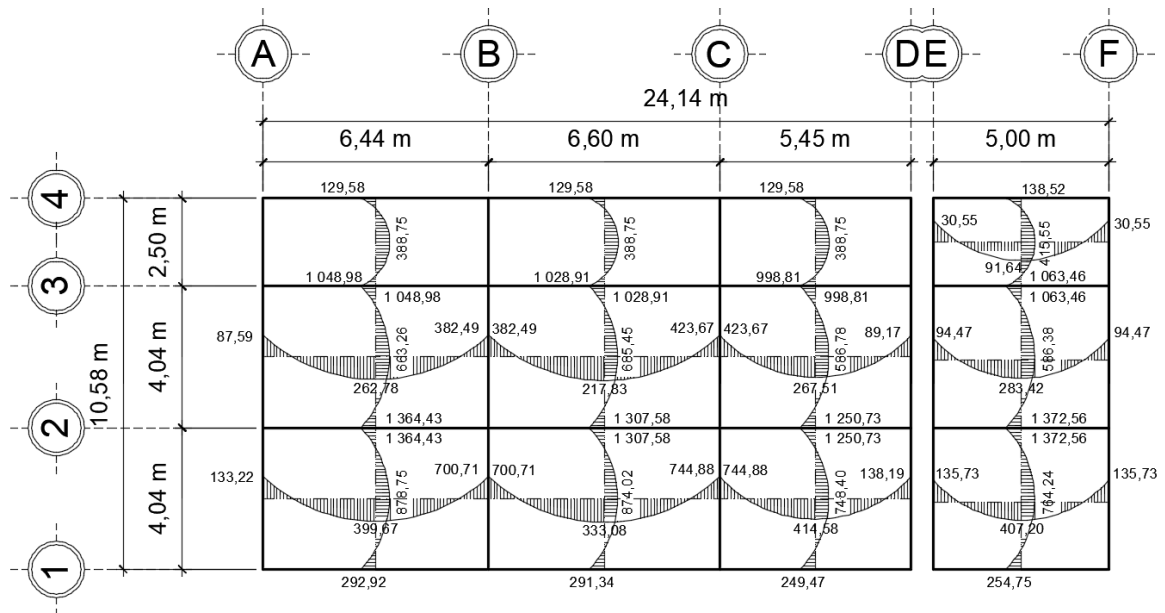
$$M_b = 565,45\text{kg/m} + 0,62 * (1\ 348,19\text{kg/m} - 565,45\text{kg/m})$$

$$M_b = 1\ 048,98\text{kg/m}$$

$$M_b = 1\ 348,19\text{kg/m} - 0,38 * (1\ 348,19\text{kg/m} - 565,45\text{kg/m})$$

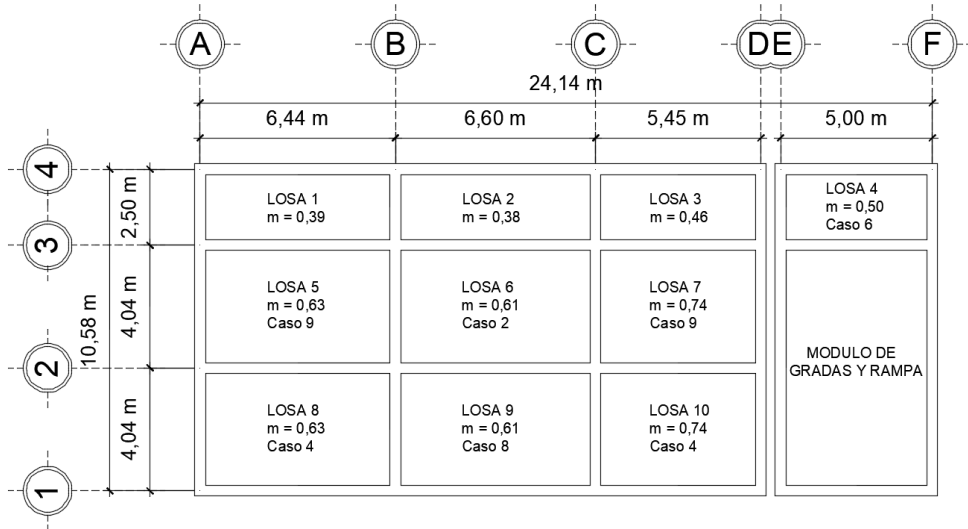
$$M_b = 1\ 048,98\text{kg/m}$$

Figura 59. **Momentos balanceados en losas segundo nivel [Kg*m]**



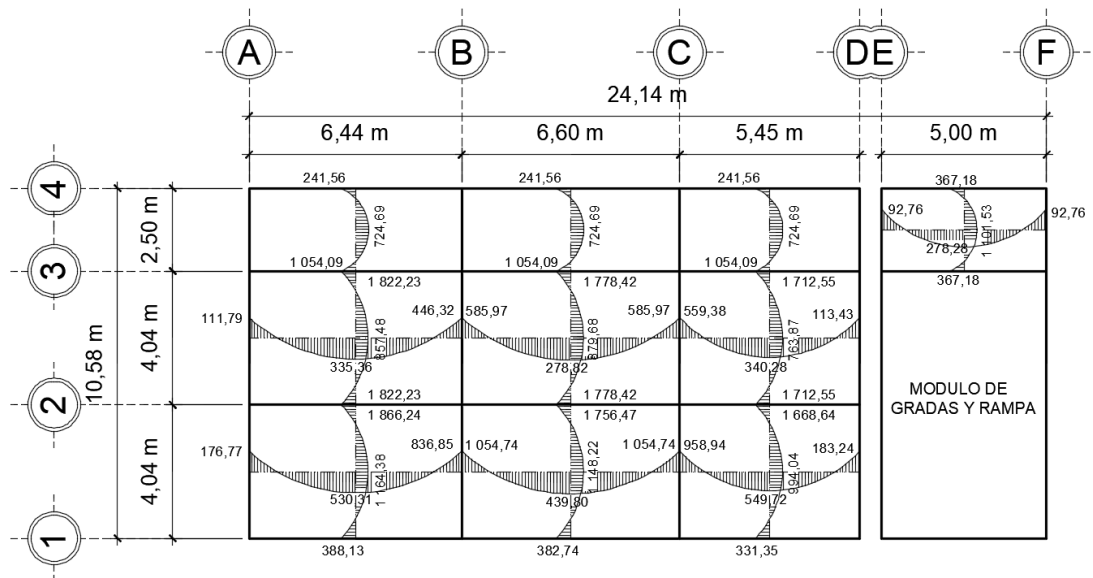
Fuente: elaboración propia. Programa AutoCAD.

Figura 60. Diagrama de losas primer nivel



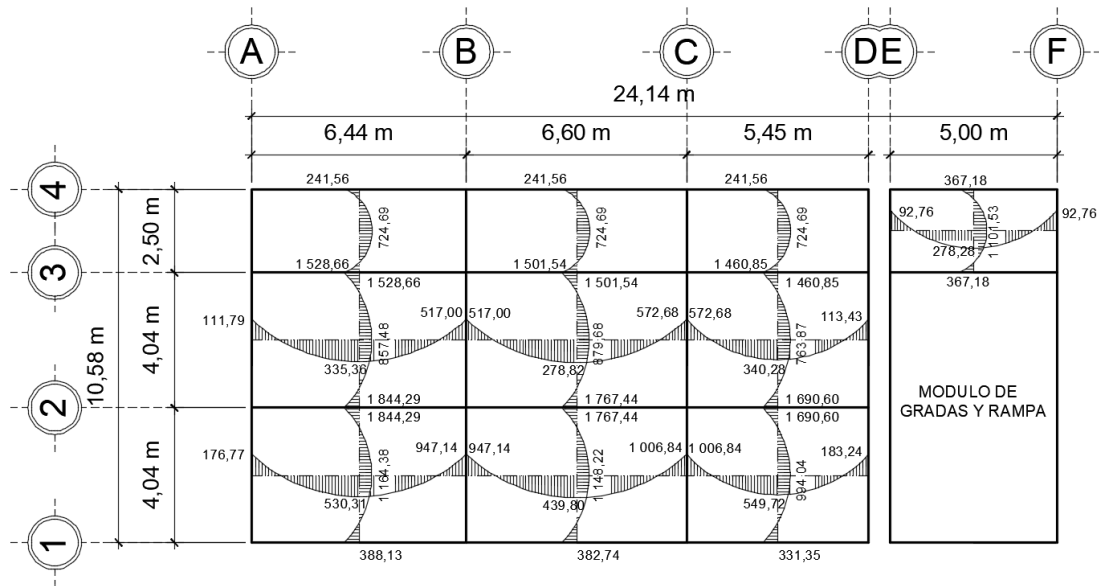
Fuente: elaboración propia. Programa AutoCAD.

Figura 61. Momentos en losas primer nivel [Kg*m]



Fuente: elaboración propia. Programa AutoCAD.

Figura 62. **Momentos balanceados en losas primer nivel [Kg*m]**



Fuente: elaboración propia. Programa AutoCAD.

Diseño de acero de refuerzo

Se debe calcular el área de acero necesaria para resistir los momentos en una losa, por lo cual, para trabajar el diseño se utilizará un ancho unitario de 1,00 m

$$d = t - \text{rec} - \frac{\phi}{2}$$

Donde:

d = Peralte efectivo de losa

t = Espesor de losa

rec = Recubrimiento

\emptyset = Diámetro de varilla

Utilizando varilla No, 3:

$$d = 12\text{cm} - 2,5\text{cm} - \frac{(\frac{3}{8}'' \times 2,54\text{cm})}{2}$$

$$d = 9,02\text{cm}$$

Según la sección 10,5,1 del código ACI 318S-11 el área de acero mínimo está dada por la siguiente ecuación:

$$A_{s_{\min}} = \frac{14}{f_y} * b * d$$

Determinando área de acero mínimo:

$$A_{s_{\min}} = \frac{14}{2\ 810\text{kg/cm}^2} * 100\text{cm} * 9,02\text{cm}$$

$$A_{s_{\min}} = 4,50\text{cm}^2$$

$$A_{s_{\min}} = \frac{0,8\sqrt{210\text{kg/cm}^2}}{2\ 810\text{kg/cm}^2} * 100\text{cm} * 9,02\text{cm}$$

$$A_{s_{\min}} = 3,72\text{cm}^2$$

El área de acero máximo está dada por la siguiente ecuación:

$$A_{s_{\max}} = \rho_{\max} * b * d$$

$$\rho_{\max} = 0,5 * \rho_b$$

Sustituyendo ρ_{\max} en la ecuación:

$$A_{S_{\max}} = 0,5 \left[\frac{0,85 * \beta_1 * f'c}{f_y} * \frac{6120}{6120 + f_y} \right] b * d$$

$$\beta_1 = 0,85 \quad \text{si } f'c \leq 280\text{kg/cm}^2$$

Determinando área de acero máximo:

$$A_{S_{\max}} = 0,5 \left[\frac{0,85 * 0,85 * 210\text{kg/cm}^2}{2810\text{kg/cm}^2} * \frac{6120}{6120 + 2810\text{kg/cm}^2} \right] * 100\text{cm} * 9,02\text{cm}$$

$$A_{S_{\max}} = 16,70\text{cm}^2$$

Determinando el espaciamiento S para el acero mínimo, proponiendo varilla No, 3:

$$\left. \begin{array}{l} 4,50 \text{ cm}^2 \text{ ----- } 100 \text{ cm} \\ 0,71 \text{ cm}^2 \text{ ----- } \quad \quad S \end{array} \right\} \quad S = 15,85 \text{ cm}$$

La sección 13.2.2 del código ACI 318S-11 indica que el espaciamiento de la armadura en las secciones críticas no debe exceder de dos veces el espesor de la losa.

$$S_{\max} = 2t = 2 * 12\text{cm} = 24\text{cm}$$

Utilizando un S de 20 cm:

$$\left. \begin{array}{l} A_s \text{ ----- } 100 \text{ cm} \\ 0,71 \text{ cm}^2 \text{ ----- } 20 \text{ cm} \end{array} \right\} \quad A_s = 3,56 \text{ cm}^2$$

El momento que resiste el acero mínimo está dado por la siguiente ecuación:

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

Determinando el momento que resiste $A_{s_{min}}$:

$$M_{As_{min}} = 0,9 \left[3,56 \text{cm}^2 * 2810 \text{kg/cm}^2 \left(9,02 \text{cm} - \frac{3,56 \text{cm}^2 * 2810 \text{kg/cm}^2}{1,7 * 210 \text{kg/cm}^2 * 100 \text{cm}} \right) \right]$$

$$M_{As_{min}} = 78\,779,81 \text{kg} * \text{cm}$$

$$M_{As_{min}} = 787,79 \text{kg} * \text{m}$$

Para el cálculo de áreas de acero requeridas para las losas de los niveles, cuando el valor sea menor que el acero mínimo, entonces se utilizará el acero mínimo, El área de acero requerida está dada por la siguiente ecuación:

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

Donde:

$A_{s_{req}}$ = Área de acero de refuerzo requerida

M_u = Momento mayorado en la sección (kg-m)

b = Base de la sección (utilizando franja unitaria de 1 metros)

d = Distancia desde la fibra extrema en compresión hasta el centroide del refuerzo longitudinal en tracción

f'_c = Resistencia especificada a la compresión del concreto

f_y = Resistencia especificada a la fluencia del refuerzo

Tabla XLII. Áreas de acero segundo nivel eje X

Losa	Tipo de momento	Momento kg*m	b (cm)	t (cm)	d (cm)	Asreq (cm ²)
1			100,00	12,00	8,87	0,00
2			100,00	12,00	8,87	0,00
3			100,00	12,00	8,87	0,00
4	-	30,55	100,00	12,00	8,87	0,14
	+	91,64	100,00	12,00	8,87	0,41
	-	30,55	100,00	12,00	8,87	0,14
5	-	87,59	100,00	12,00	8,87	0,39
	+	262,78	100,00	12,00	8,87	1,18
	-	382,49	100,00	12,00	8,87	1,73
6	-	382,49	100,00	12,00	8,87	1,73
	+	217,83	100,00	12,00	8,87	0,98
	-	423,67	100,00	12,00	8,87	1,92
7	-	423,67	100,00	12,00	8,87	1,92
	+	267,51	100,00	12,00	8,87	1,21
	-	89,17	100,00	12,00	8,87	0,40
8	-	94,47	100,00	12,00	8,87	0,42
	+	283,42	100,00	12,00	8,87	1,28
	-	94,47	100,00	12,00	8,87	0,42
9	-	133,22	100,00	12,00	8,87	0,60
	+	399,67	100,00	12,00	8,87	1,81
	-	700,71	100,00	12,00	8,87	3,22
10	-	700,71	100,00	12,00	8,87	3,22
	+	333,08	100,00	12,00	8,87	1,51
	-	744,88	100,00	12,00	8,87	3,43
11	-	744,88	100,00	12,00	8,87	3,43
	+	414,58	100,00	12,00	8,87	1,88
	-	138,19	100,00	12,00	8,87	0,62
12	-	135,73	100,00	12,00	8,87	0,61
	+	407,20	100,00	12,00	8,87	1,85
	-	135,73	100,00	12,00	8,87	0,61

Fuente: elaboración propia.

Como $A_{sreq} < A_{smin}$ en las losas del segundo nivel en sentido X, se utilizará A_{smin} con un armado No, 3 @0,20m.

Tabla XLIII. Áreas de acero segundo nivel eje Y

Losa	Tipo de momento	Momento kg*m	b (cm)	t (cm)	d (cm)	Asreq (cm ²)
1		1 048,98	100,00	12,00	8,87	4,89
2		1 028,97	100,00	12,00	8,87	4,79
3		998,81	100,00	12,00	8,87	4,65
4	-	138,52	100,00	12,00	8,87	0,62
	+	415,55	100,00	12,00	8,87	1,89
	-	1 063,46	100,00	12,00	8,87	4,96
5	-	1 048,98	100,00	12,00	8,87	4,89
	+	663,26	100,00	12,00	8,87	3,04
	-	1 364,43	100,00	12,00	8,87	6,46
6	-	1 028,91	100,00	12,00	8,87	4,79
	+	685,45	100,00	12,00	8,87	3,15
	-	1 307,58	100,00	12,00	8,87	6,17
7	-	998,81	100,00	12,00	8,87	4,65
	+	586,78	100,00	12,00	8,87	2,68
	-	1 250,73	100,00	12,00	8,87	5,89
8	-	1 063,46	100,00	12,00	8,87	4,96
	+	586,38	100,00	12,00	8,87	2,68
	-	1 372,56	100,00	12,00	8,87	6,50
9	-	1 364,43	100,00	12,00	8,87	6,46
	+	878,75	100,00	12,00	8,87	4,07
	-	292,92	100,00	12,00	8,87	1,32
10	-	1 307,58	100,00	12,00	8,87	6,17
	+	874,02	100,00	12,00	8,87	4,04
	-	291,34	100,00	12,00	8,87	1,31
11	-	1 250,73	100,00	12,00	8,87	5,89
	+	748,40	100,00	12,00	8,87	3,44
	-	249,47	100,00	12,00	8,87	1,12
12	-	1 372,56	100,00	12,00	8,87	6,50
	+	764,24	100,00	12,00	8,87	3,52
	-	254,75	100,00	12,00	8,87	1,15

Fuente: elaboración propia.

Según el $A_{s_{req}}$ en las losas del segundo nivel en sentido Y, se propone un armado No, 3 @0,10m.

Tabla XLIV. Áreas de acero primer nivel eje X

Losa	Tipo de momento	Momento kg*m	b (cm)	t (cm)	d (cm)	Asreq (cm ²)
1			100,00	12,00	8,87	0,00
2			100,00	12,00	8,87	0,00
3			100,00	12,00	8,87	0,00
4	-	92,76	100,00	12,00	8,87	0,42
	+	278,28	100,00	12,00	8,87	1,26
	-	92,76	100,00	12,00	8,87	0,42
5	-	111,79	100,00	12,00	8,87	0,50
	+	335,36	100,00	12,00	8,87	1,52
	-	517,00	100,00	12,00	8,87	2,36
6	-	517,00	100,00	12,00	8,87	2,36
	+	278,82	100,00	12,00	8,87	1,26
	-	572,68	100,00	12,00	8,87	2,62
7	-	572,68	100,00	12,00	8,87	2,62
	+	340,28	100,00	12,00	8,87	1,54
	-	113,43	100,00	12,00	8,87	0,51
8	-	176,77	100,00	12,00	8,87	0,79
	+	530,31	100,00	12,00	8,87	2,42
	-	947,14	100,00	12,00	8,87	4,40
9	-	947,14	100,00	12,00	8,87	4,40
	+	439,80	100,00	12,00	8,87	2,00
	-	1 006,84	100,00	12,00	8,87	4,69
10	-	1 006,84	100,00	12,00	8,87	4,69
	+	549,72	100,00	12,00	8,87	2,51
	-	183,24	100,00	12,00	8,87	0,82

Fuente: elaboración propia.

Según el $A_{s_{req}}$ en las losas del primer nivel en sentido X, se propone un armado No, 3 @0,15m.

Tabla XLV. Áreas de acero primer nivel eje Y

Losa	Tipo de momento	Momento kg*m	b (cm)	t (cm)	d (cm)	Asreq (cm ²)
1		1 528,66	100,00	12,00	8,87	7,29
2		1 501,54	100,00	12,00	8,87	7,15
3		1 460,85	100,00	12,00	8,87	6,94
4	-	367,18	100,00	12,00	8,87	1,66
	+	1 101,53	100,00	12,00	8,87	5,15
	-	367,18	100,00	12,00	8,87	1,66
5	-	1 528,66	100,00	12,00	8,87	7,29
	+	857,48	100,00	12,00	8,87	3,96
	-	1 844,29	100,00	12,00	8,87	8,94
6	-	1 501,54	100,00	12,00	8,87	7,15
	+	879,68	100,00	12,00	8,87	4,07
	-	1 767,44	100,00	12,00	8,87	8,53
7	-	1 460,85	100,00	12,00	8,87	6,94
	+	763,87	100,00	12,00	8,87	3,52
	-	1 690,60	100,00	12,00	8,87	8,13
8	-	1 844,29	100,00	12,00	8,87	8,94
	+	1 164,38	100,00	12,00	8,87	5,46
	-	388,13	100,00	12,00	8,87	1,76
9	-	1 767,44	100,00	12,00	8,87	8,53
	+	1 148,22	100,00	12,00	8,87	5,38
	-	382,74	100,00	12,00	8,87	1,73
10	-	1 690,60	100,00	12,00	8,87	8,13
	+	994,04	100,00	12,00	8,87	4,62
	-	331,35	100,00	12,00	8,87	1,50

Fuente: elaboración propia.

Según el $A_{s_{req}}$ en las losas del primer nivel en sentido X, se propone un armado No. 4 @0,15m para el pasillo y el módulo de gradas y en los salones se tendrá un armado No. 4 @0,125m.

Chequeo de corte máximo actuante

Todas las losas están sometidas a esfuerzo de corte que deben ser resistidos por los materiales de esta. El procedimiento que se utilizó fue el siguiente:

$$V_{\max} = \frac{C_u * L}{2}$$

Donde:

C_u = Carga última unitaria

L = Lado corto de la losa que se está analizando

Determinando corte máximo actuante:

$$V_{\max} = \frac{995,20\text{kg/m} \times 4,04\text{m}}{2}$$

$$V_{\max} = 2\,010,30\text{kg}$$

Corte máximo resistente

$$V_r = 45 * \sqrt{f'_c} * t$$

Determinando corte máximo resistente:

$$V_r = 45 * \sqrt{210\text{kg/cm}^2} \times 12\text{cm}$$

$$V_r = 7\,825,34\text{kg}$$

La comparación $V_r > V_{\max}$ indica que el espesor de losa resiste, de lo contrario se debe aumentar hasta que cumpla.

2.2.5.2. Diseño de vigas

Las vigas son elementos estructurales sometidos a esfuerzos de compresión, tensión y corte. Los datos necesarios para el diseño son los momentos y cortes últimos actuantes que resultan del análisis estructural. Los datos utilizados para el diseño de las vigas son los siguientes:

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

$$h = 55 \text{ cm}$$

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

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

Diseño del refuerzo longitudinal

$$d = h - \text{rec} - \phi_{\text{var trans}} - \frac{\phi_{\text{var long}}}{2}$$

Determinando peralte efectivo

La sección 7,7,1 del código ACI 318S-11 establece que se debe proporcionar un recubrimiento mínimo al refuerzo para vigas igual a 4 centímetros. Para el cálculo del peralte efectivo se utilizará una varilla transversal No, 3 y una varilla longitudinal No, 6:

$$d = 55\text{cm} - 4\text{cm} - 0,9525\text{cm} - \frac{1,905\text{cm}}{2}$$

$$d = 49,10\text{cm}$$

La sección 10,5,1 del código ACI 318S-11 establece que, en toda sección de un elemento sometido a flexión, cuando por análisis se requiera refuerzo a tracción, el área de acero no debe ser menor a:

$$A_{s_{\min}} = \frac{14}{f_y} * b * d$$

Determinando el área mínima de acero:

$$A_{s_{\min}} = \frac{14}{2\,810\text{kg/cm}^2} * 30\text{cm} * 49,10\text{cm}$$

$$A_{s_{\min}} = 7,34\text{cm}^2$$

El área de acero máximo está dada por la siguiente ecuación:

$$A_{s_{\max}} = \rho_{\max} * b * d$$

$$\rho_{\max} = 0,5 * \rho_b$$

Sustituyendo ρ_{\max} en la ecuación:

$$A_{s_{\max}} = 0,5 \left[\frac{0,85 * \beta_1 * f'_c}{f_y} * \frac{6\,120}{6\,120 + f_y} \right] b * d$$

$$\beta_1 = 0,85 \quad \text{si } f'_c \leq 280\text{kg/cm}^2$$

Determinando área de acero máximo:

$$A_{s_{\max}} = 0,5 \left[\frac{0,85 * 0,85 * 210\text{kg/cm}^2}{2\,810\text{kg/cm}^2} * \frac{6\,120}{6\,120 + 2\,810\text{kg/cm}^2} \right] * 30\text{cm} * 49,10\text{cm}$$

$$A_{s_{\max}} = 27,25\text{cm}^2$$

El área de acero de refuerzo longitudinal que requiere una viga se da mediante la siguiente ecuación:

$$A_{s_{\text{req}}} = \left[b * d - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{M_u * b}{0,003825 * f'c}} \right] \left(\frac{0,85f'c}{f_y} \right)$$

Cálculo de $A_{s_{\text{req}}}$ de refuerzo longitudinal para los momentos en viga del marco A-B:

Momento negativo 1

$$A_{s_{\text{req}}} = \left[(30\text{cm} \times 49,10\text{cm}) - \sqrt{(30\text{cm} \times 49,10\text{cm})^2 - \frac{3\,888,07\text{kg} * \text{m} \times 30\text{cm}}{0,003825 \times 210\text{kg}/\text{cm}^2}} \right] \left(\frac{0,85 \times 210\text{kg}/\text{cm}^2}{2\,810\text{kg}/\text{cm}^2} \right)$$

$$A_{s_{\text{req}}} = 3,19\text{cm}^2$$

Momento negativo 2

$$A_{s_{\text{req}}} = \left[(30\text{cm} \times 49,25\text{cm}) - \sqrt{(30\text{cm} \times 49,25\text{cm})^2 - \frac{9\,441,25\text{kg} * \text{m} \times 30\text{cm}}{0,003825 \times 210\text{kg}/\text{cm}^2}} \right] \left(\frac{0,85 \times 210\text{kg}/\text{cm}^2}{2\,810\text{kg}/\text{cm}^2} \right)$$

$$A_{s_{\text{req}}} = 7,94\text{cm}^2$$

Momento positivo

$$A_{s_{\text{req}}} = \left[(30\text{cm} \times 49,25\text{cm}) - \sqrt{(30\text{cm} \times 49,25\text{cm})^2 - \frac{4\,081,87\text{kg} * \text{m} \times 30\text{cm}}{0,003825 \times 210\text{kg}/\text{cm}^2}} \right] \left(\frac{0,85 \times 210\text{kg}/\text{cm}^2}{2\,810\text{kg}/\text{cm}^2} \right)$$

$$A_{s_{\text{req}}} = 3,35\text{cm}^2$$

Según capítulo 21 del código ACI 318S-11 el armado longitudinal de las vigas se diseña con base en los siguientes criterios: En la cama superior e inferior se deben colocar como mínimo 2 barras de acero en toda la longitud de la viga o tomar el mayor de los siguientes valores:

- $A_{s_{min}} = 7,34\text{cm}^2$
- $33\% A_{s_{req}} M(-)_{izq} = 0,33 \times 3,19 = 1,16\text{cm}^2$
- $33\% A_{s_{req}} M(-)_{der} = 0,33 \times 7,94 = 2,62\text{cm}^2$
- $2 \text{ No. } 6 = 5,70\text{cm}^2$

Para esta sección se viga se utilizará en la cama superior 2 varillas corridas de acero No, 6 y un bastón No, 5 para el momento negativo izquierdo, debido a que $A_{s_{req}} < A_{s_{min}}$. Para el momento positivo de la viga se utilizarán dos varillas corridas de acero No, 6 y un bastón No, 5 al centro de la viga debido a que $A_{s_{req}} < A_{s_{min}}$. Para el momento negativo derecho se utilizará un armado con dos varillas corridas de acero No, 6 y un bastón No, 5 debido a que $A_{s_{req}} < A_{s_{min}}$.

El resto de los marcos se analizan de manera similar, los detalles del armado se muestran en el plano de detalle de vigas.

Diseño del refuerzo a corte

Para verificar si es necesario colocar refuerzo a corte en la viga, debe calcularse la fuerza cortante que resiste el concreto (V_c) y compararlo con la fuerza cortante causada por las cargas que actúan sobre la viga (V_r). Si $V_c > V_r$ no es necesario colocar refuerzo a corte.

$$V_c = 0,85 * 0,53 * \sqrt{f'_c} * b * d$$

$$V_r = \frac{WL}{2}$$

Según la sección 21,3,4,2 del código ACI 318S-11, en ambos extremos del elemento deben disponerse estribos cerrados de confinamiento por longitudes iguales a 2h, medidas desde la cara de elemento de apoyo hacia el centro de la luz.

El primer estribo cerrado de confinamiento debe estar situado a no más de 50 mm (5 cm) de la cara del elemento de apoyo. El espaciamiento de los estribos cerrados de confinamiento no debe exceder el menor de los siguientes casos:

- $d/4$
- 8 veces el diámetro de la barra longitudinal confinada más pequeña
- 24 veces el diámetro de la barra del estribo cerrado de confinamiento
- 300 mm

El resto de los estribos según sección 21,3,4,3 del código ACI 318S-11 deben colocarse espaciados a no más de $d/2$ en toda la longitud del elemento.

2.2.5.3. Diseño de columnas

Las columnas son elementos estructurales que conforman los marcos estructurales, están dispuestas verticalmente y se someten a carga axial que trabajan a compresión y momentos flectores con respecto de los ejes de la sección. El código ACI 318S-11 en la sección 10,9 muestra los límites del

refuerzo en columnas, así como en la sección 10,10 los criterios de esbeltez en elementos sometidos a compresión. Para este caso, se calculó las cargas que actúan sobre la columna crítica del edificio, la cual se establecerá en el primer nivel.

Debido a que las columnas se encuentran sometidas a momento biaxial y carga axial, se utilizará el método Bresler para su diseño. Este sistema funciona utilizando las cargas actuantes arrojando resultados muy precisos y proporciona las cargas resistentes. Este método se realiza mediante el uso de gráficas.

Para este proyecto se diseñaron únicamente las columnas críticas, es decir las que están sometidas a mayores esfuerzos. El diseño resultante para cada columna es aplicado a todas las columnas del edificio. El área tributaria de la columna crítica es de 26,34 m².

Carga última

Segundo nivel

$$D = (0,12\text{m} \times 26,34\text{m}^2 \times 2,400\text{kg}/\text{m}^3) + 26,34\text{m}^2 \times 90\text{kg}/\text{m}^2 + 26,34\text{m}^2 \times 90\text{kg}/\text{m}^2$$

$$D = 12\,327,12\text{kg}$$

$$L = 200\text{kg}/\text{m}^2 \times 26,34\text{m}^2$$

$$L = 5\,268\text{kg}$$

Primer nivel

$$D = (0,12\text{m} \times 26,34\text{m}^2 \times 2\,400\text{kg}/\text{m}^3) + 26,34\text{m}^2 \times 100\text{kg}/\text{m}^2 + 3,5\text{m} \times 4,04\text{m} \times 180\text{kg}/\text{m}^2 \\ + 26,34\text{m}^2 \times 90\text{kg}/\text{m}^2 + 26,34\text{m}^2 \times 60\text{kg}/\text{m}^2$$

$$D = 16\,716,12\text{kg}$$

$$L = 200\text{kg/m}^2 \times 26,34\text{m}^2$$

$$L = 5,268\text{kg}$$

$$C_u = 1,4(12,327,12\text{kg} + 16,716,12\text{kg}) + 1,7(52,68\text{kg} + 5\,268\text{kg})$$

$$C_u = 58\,571,74\text{kg}$$

Factor de carga última

$$F_{Cu} = \frac{C_u}{D + L}$$

Determinando factor de carga última:

$$F_{Cu} = \frac{58\,571,74\text{kg}}{(12\,327,12\text{kg} + 16\,716,12\text{kg}) + (5\,268\text{kg} + 5\,268\text{kg})}$$

$$F_{Cu} = 1,48$$

Carga axial

$$P_u = C_u + P_{\text{viga}} \times F_{Cu} + P_{\text{col nivel 2}} \times F_{Cu} + P_{\text{col nivel 1}} \times F_{Cu}$$

Determinando carga axial:

$$P_u = 58\,571,74\text{kg} + 6\,538,75\text{kg} \times 1,48 + 1\,344\text{kg} \times 1,48 + 1\,920\text{kg} \times 1,48$$

$$P_u = 73\,078,44\text{kg}$$

Efectos de esbeltez

La esbeltez de una columna se determina para saber el comportamiento de la misma cuando se aplican las cargas. Se logra establecer mediante un rango de valores obtenidos a través de la relación de su sección transversal y su longitud. Cuando un elemento es demasiado esbelto, puede ocurrir pandeo lateral, mientras que, si el elemento es robusto, se dificulta controlar la degradación de rigidez y resistencia que resulta de los esfuerzos de corte.

- Columna corta ($E < 22$): Se diseñan con los datos originales del diseño estructural.
- Columna intermedia ($22 \leq E < 100$): Se diseñan magnificando los momentos actuantes.
- Columnas largas ($E > 100$): No se recomienda su construcción.

El grado de empotramiento a la rotación en las columnas se mide con el coeficiente (ψ), que es la relación de las sumatorias de las rigideces de los elementos sometidos a compresión, con respecto de la sumatoria de las rigideces de los elementos sometidos a flexión.

$$\psi = \frac{\sum K_{col}}{\sum K_{viga}}$$

Determinando esbeltez de columna en sentido X:

Tabla XLVI. Rigidez de elementos estructurales en sentido X

Elemento	Dimensiones (m)	Inercia (m ⁴)	Rigidez
Col ae	0,40*0,40*3,5	0,00213333	0,00060952
Col bf	0,40*0,40*3,5	0,00213333	0,00060952
Col cg	0,40*0,40*3,5	0,00213333	0,00060952
Col dh	0,40*0,40*3,55	0,00213333	0,00060952
Viga ab	0,30*0,55*5,45	0,00415938	0,00076319
Viga bc	0,30*0,55*6,60	0,00415938	0,00063021
Viga cd	0,30*0,55*6,44	0,00415938	0,00064587

Fuente: elaboración propia.

$$\psi_a = \frac{0,00060952 + 0,00060952 + 0,00060952 + 0,00060952}{0,00076319 + 0,00063021 + 0,00064587}$$

$$\psi_a = 1,20$$

$\psi_b = 0$, para el extremo inferior considerado como empotrado

$$\psi_p = \frac{1,20 + 0}{2}$$

$$\psi_p = 0,60$$

Determinando el factor de longitud efectiva (K):

$$\text{Si } \psi_p < 2 \text{ entonces } K = \frac{(20 - \psi_p)}{20} \times \sqrt{1 + \psi_p}$$

$$\text{Si } \psi_p > 2 \text{ entonces } K = 0,9 \times \sqrt{1 + \psi_p}$$

Como $\psi_p < 2$ entonces:

$$K = \frac{(20 - 0,60)}{20} \times \sqrt{1 + 0,60}$$

$$K = 1,226$$

La esbeltez de las columnas se calcula con la siguiente ecuación:

$$E = \frac{K \times Lu}{r}$$

Donde:

K = Factor de longitud efectiva

Lu = Longitud de la columna entre apoyos

r = Radio de giro de la sección transversal de la columna

Según la sección 10,10,1,2 del código ACI 318S-11, el radio de giro es igual a 0,30 veces la dimensión total de la sección en la dirección en la cual se está considerando la estabilidad para el caso de elementos rectangulares.

Determinando la esbeltez de la columna

$$E = \frac{1,226 \times 3,50}{0,30 \times 0,35}$$

$$E = 35,77$$

Como $22 \leq E < 100$ entonces se clasifica como columna intermedia.

Determinando esbeltez de columna en sentido Y:

$$\psi_a = 0,65$$

$$\psi_b = 0$$

$$\psi_p = 0,33$$

$$K = 1,133$$

$$E = 33,05$$

Como los resultados de esbeltez, tanto en el eje X como en el eje Y dieron que es una columna intermedia, el método de diseño indica que se deben magnificar los momentos para el diseño estructural del elemento.

Magnificación de momentos

El código ACI 318S-11 en la sección 10,10,6 indica el procedimiento para la magnificación de momentos en estructuras sin desplazamiento lateral, a través de las siguientes expresiones matemáticas:

- Factor de flujo plástico del concreto

$$\beta_{d1} = \frac{CM_u}{CU_{Total}}$$

Determinando el factor de flujo plástico del concreto:

$$\beta_d = \frac{1,4(12\,327,12\text{kg} + 16\,716,12\text{kg})}{58\,571,74\text{kg}}$$

$$\beta_d = 0,694$$

- El total del material

$$EI = \frac{Ec \times I}{2,5(1 + \beta_d)}$$

Donde:

$$E_c = 15\,000 \sqrt{f'_c}$$

I = Inercia de la columna

Según la sección 10,10,4,1 del código ACI 318S-11 para elementos en compresión se permite utilizar 0,70 de la inercia de la columna.

Determinando el total del material:

$$EI = \frac{15\,000 \sqrt{210 \text{ kg/cm}^2} \times 0,70 \times \frac{1}{12} \times (40) \times (40)^3}{2,5(1 + 0,694)}$$

$$EI = 7\,715\,045\,763,20 \text{ kg} - \text{cm}^2$$

$$EI = 771\,504,58 \text{ kg} - \text{m}^2$$

- Carca crítica de Euler

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

Determinando carga crítica de Euler:

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 \times 771\,504,58 \text{ kg} - \text{m}^2}{(1,226 \times 3,50 \text{ m})^2}$$

$$P_{cr} = 413\,371,35 \text{ kg}$$

- Factor de ampliación de momento

$$\delta = \frac{1}{1 - \frac{P_u}{\phi P_{cr}}}$$

Donde:

δ = Factor de ampliación de momento para tener en cuenta los efectos de la curvatura entre los extremos del elemento

P_u = Carga última

P_{cr} = Carga crítica de Euler

$\phi = 0,75$ para columnas con estribos

Determinando δ :

$$\delta = \frac{1}{1 - \frac{73\,078,44\text{kg}}{0,75 \times 413\,371,35\text{kg}}}$$

$$\delta = 1,31$$

- Momentos de diseño magnificados

$$M_d = \delta * M_u$$

Determinando momentos de diseño magnificados:

$$M_{dx} = 1,31 * -2\,888,89\text{kg} - \text{m}$$

$$M_{dx} = -3\,770,70\text{kg} - \text{m}$$

$$M_{dy} = 1,31 * -4\,414,94\text{kg} - \text{m}$$

$$M_{dy} = -5\,775,26\text{kg} - \text{m}$$

Refuerzo longitudinal

Debido a que las columnas se encuentran sometidas a momento biaxial y carga axial, se utilizará el método Bresler para su diseño; este sistema funciona utilizando las cargas actuantes arrojando resultados muy precisos y proporciona las cargas resistentes. Este método se realiza mediante el uso de gráficas.

Límites de acero

Según la sección 10,9 del código ACI 318S-11 indica que el refuerzo longitudinal de elementos a compresión no debe ser menor que $0,01A_g$ ni mayor que $0,08A_g$.

Determinando áreas de acero mínimo y máximo

$$A_{\min} = 0,08A_g$$

$$A_{\max} = 0,08A_g$$

$$A_{\min} = 0,01 \times 40\text{cm} \times 40\text{cm}$$

$$A_{\max} = 0,08 \times 40\text{cm} \times 40\text{cm}$$

$$A_{\min} = 16,00\text{cm}^2$$

$$A_{\max} = 128\text{cm}^2$$

Se utilizará proponiendo un armado de $0,012A_g$, que corresponde a $19,20\text{ cm}^2$ y un armado equivalente de 4 No, 8 = $20,27\text{ cm}^2$.

Diseño de columnas por diagrama de iteración

Para saber que grafica utilizar, debe calcularse utilizando la siguiente ecuación:

$$\gamma = \frac{b - 2\text{rec}}{h}$$

Según la sección 7,7,1 del código ACI 318S-11 por tratarse de un concreto expuesto a la intemperie y por utilizar un armado con varilla No, 6, el recubrimiento de concreto será de 50 mm.

Determinando γ :

$$\gamma = \frac{0,40\text{m} - 2 \times 0,05\text{m}}{0,40\text{m}}$$

$$\gamma = 0,75$$

Posteriormente, deben calcularse los valores requeridos por las gráficas que servirán para encontrar el valor de k

$$\rho_{\mu} = \frac{A_s \times f_y}{A_g \times 0,85 \times f'c} \qquad E_{X,Y} = \frac{M_{dx,y}}{P_u}$$

Determinando ρ_{μ} y $E_{X,Y}$:

$$\rho_{\mu} = \frac{20,27\text{cm}^2 \times 2\,810\text{kg/cm}^2}{(40\text{cm} \times 40\text{cm}) \times 0,85 \times 210\text{kg/cm}^2}$$

$$\rho_{\mu} = 0,20$$

$$E_x = \frac{-2\,888,89\text{kg-m}}{73\,078,44\text{kg}}$$

$$E_x = -0,05\text{m}$$

$$E_y = \frac{-5\,775,26\text{kg-m}}{73\,078,44\text{kg}}$$

$$E_y = -0,08\text{m}$$

$$\frac{E_x}{h_x} = \frac{-0,05\text{m}}{0,40\text{m}} = 0,13$$

$$\frac{E_y}{h_y} = \frac{-0,08\text{m}}{0,40\text{m}} = -0,20$$

De los diagramas de interacción se obtienen los siguientes valores:

$$K'_x = 0,875$$

$$K'_y = 0,20$$

La carga de resistencia de columna a una excentricidad dada se determina a través de la siguiente ecuación:

$$P'_{ux,y} = K'_{x,y} * f'_c * b * h$$

Determinando cargas de resistencia:

$$P'_{ux} = 0,875 \times 210\text{kg/cm}^2 \times 40\text{cm} \times 40\text{cm}$$

$$P'_{ux} = 294\,000,00\text{kg}$$

$$P'_{uy} = 0,65 \times 210\text{kg/cm}^2 \times 40\text{cm} \times 40\text{cm}$$

$$P'_{uy} = 218\,400,00\text{kg}$$

La resistencia a la carga axial está dada por la siguiente ecuación:

$$P'_o = 0,80\phi[0,85f'_c(A_g - A_{st}) + f_y A_{st}]$$

Determinando la resistencia a la carga axial:

$$P'_o = 0,80[0,85 \times 210\text{kg/cm}^2(1\,600\text{cm}^2 - 20,27\text{cm}^2) + 2\,810\text{kg/cm}^2 \times 20,27\text{cm}^2]$$

$$P'_o = 271\,148,82\text{kg}$$

La carga de resistencia de la columna está dada por la siguiente formula:

$$P'_u = \frac{1}{\frac{1}{P'_{ux}} + \frac{1}{P'_{uy}} + \frac{1}{P'_o}}$$

Determinando la carga de resistencia de la columna:

$$P'_u = \frac{1}{\frac{1}{294\,000,00\text{kg}} + \frac{1}{218\,400,00\text{kg}} + \frac{1}{271\,148,82\text{kg}}}$$

$$P'_u = 85\,703,56\text{kg}$$

Como el valor de $P'_u = 85\,703,56\text{kg} > P_u = 73\,078,44\text{kg}$ el armado propuesto para la columna es adecuado. Si la carga resistente no cumpliera, se debería aumentar el área de acero, siempre y cuando, se respete el límite máximo establecido por el código ACI 318S-11.

Refuerzo transversal

Este es el refuerzo que resiste los esfuerzos por corte, su utilidad se basa en proporcionar ductilidad a las columnas y poder disipar la energía producida por los sismos y se logra mediante un mayor confinamiento en los extremos.

La sección 11,2 del código ACI 318S-11 indica que la resistencia al cortante del concreto está dada por la siguiente ecuación:

$$V_c = 0,53\lambda\sqrt{f'_c} * b * d$$

$\lambda = 0,75$ para cortante y torsión según sección 9,3,2,3 del código ACI 318S-11.

Determinando la resistencia al cortante último:

$$V_c = 0,53 \times 0,75 \sqrt{210\text{kg/cm}^2 * 35 * 30}$$

$$V_c = 6\,048,34\text{kg}$$

$$V_a = 508,61\text{kg}$$

Si $V_c > V_a$ la separación de estribos está dada por $S = d/2$

Si $V_c < V_a$ se debe diseñar estribo por corte utilizando una varilla mínima permitida No. 3 según sección 7,10,5,1 del código ACI 318S-11

Como $V_c > V_a$ se colocarán estribos a $S = 30/2 = 15 \text{ cm}$.

Para darle mayor ductilidad a la columna, por estar ubicada en zona sísmica, será necesario diseñar confinamiento a la misma. El código ACI 318S-11 en la sección 21,6,4,1 dice que el refuerzo transversal debe suministrarse en una medida desde cada cara del nudo y a ambos lados de cualquier sección donde pueda ocurrir fluencia por flexión como resultado de desplazamientos laterales inelásticos del pórtico. La longitud no debe ser menor que:

- La altura del elemento en la cara del nudo o en la sección donde puede ocurrir fluencia por flexión 0,35 m.
- Un sexto de la luz libre del elemento 3,5/6 0,58 m.
- 450 mm.

Se utilizará 45 cm de confinamiento

Relación volumétrica

$$\rho_s = 0,45 \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \left(\frac{0,85f_{rc}}{f_y} \right) \quad \rho_s \geq 0,12 \left(\frac{f_{rc}}{f_y} \right)$$

Determinando la relación volumétrica:

$$0,45 \left(\frac{40\text{cm} \times 40\text{cm}}{35\text{cm} \times 35\text{cm}} - 1 \right) \left(\frac{0,85 \times 210\text{kg/cm}^2}{2\,810\text{kg/cm}^2} \right) \geq 0,12 \times \left(\frac{210\text{kg/cm}^2}{2\,810\text{kg/cm}^2} \right)$$
$$0,0876 \geq 0,0897$$

Se utilizará $\rho_s = 0,0897$

El espaciamiento de estribos en la zona de confinamiento está dado por la siguiente ecuación:

$$S = \frac{2 * A_{var}}{\rho_s * L_n}$$

Determinando espaciamiento de estribos en la zona de confinamiento con No, 4:

$$S = \frac{2 * 5,06\text{cm}^2}{0,0897 * 35\text{cm}}$$

$$S = 3,22\text{cm}$$

Según la sección 21,3,5,2 del código ACI 318S-11 el espaciamiento de los estribos cerrados de confinamiento no debe exceder el menor de:

- Ocho veces el diámetro de la barra longitudinal confinada de menor diámetro 8 x 2,54 cm 20,32cm
- 24 veces el diámetro de la barra del estribo cerrado de confinamiento
24 x 1,27cm 30,48cm
- La mitad de la menor dimensión de la sección transversal de la columna
40 cm/2 20 cm
- 300 mm

El armado final de la columna es de 4 No, 8 + estribo cerrado de confinamiento No, 4 @ 0,04m y estribos No, 4 @ 0,15m.

2.2.5.4. Diseño de la cimentación

Los cimientos son la subestructura del edificio. Estas pueden ser poco o muy profundas, su función es la de transmitir las cargas de la estructura al suelo y garantizar su estabilidad.

El tipo de cimentación depende de las cargas que lleguen a la misma a través de las columnas y de las condiciones del suelo, otro factor muy importante es la capacidad económica que se tenga en el proyecto para realizar cimentaciones más complejas, que se requieren cuando el tipo del suelo lo necesita.

Diseño de zapata aislada concéntrica cuadrada

$$P_u = 73\,078,44 \text{ kg}$$

$$M_x = 3\,775,26 \text{ kg}$$

$$M_y = 5\,764,04 \text{ kg}$$

$$D_f = 1,00 \text{ m}$$

$$\gamma_s = 1,66 \text{ Ton/m}^3$$

$$\text{FCU} = 1,48$$

$$V_s = 37,24 \text{ Ton/m}^2$$

Cargas de trabajo

Las cargas de trabajo están dadas por las siguientes ecuaciones:

$$P' = \frac{P_u}{\text{FCU}}$$

$$M'_x = \frac{M_x}{\text{FCU}}$$

$$M'_y = \frac{M_y}{\text{FCU}}$$

Determinando las cargas de trabajo:

$$P' = \frac{73\,078,44\text{kg}}{1,48}$$

$$M'_x = \frac{3\,775,26\text{kg}}{1,48}$$

$$M'_y = \frac{5\,764,04\text{kg}}{1,48}$$

$$P' = 49\,377,32\text{kg}$$

$$M'_x = 2\,550,85\text{kg}$$

$$M'_y = 3\,894,62\text{kg}$$

Pre-dimensionamiento

Se determina el área de la zapata la cual está dada por la siguiente ecuación:

$$A_z = \frac{1,50P'}{V_s}$$

Determinando el área de la zapata:

$$A_z = \frac{1,50 \times 49\,377,32\text{kg}}{37\,240\text{kg/m}^2}$$

$$A_z = 1,99\text{m}^2 \approx 2\text{m}^2$$

Las dimensiones propuestas de la zapata son de 1,80 m por lado, lo que da un área resultante de 3,24m², esto se propuso para que la presión ejercida por la zapata sobre el suelo verifique al compararla con el valor soporte del suelo.

Chequeo de presión del suelo

El chequeo de presión del suelo está dado por la siguiente ecuación:

$$q = \frac{P}{A_z} \pm \frac{M'_x}{S_x} \pm \frac{M'_y}{S_y}$$

Donde:

$$S_x = S_y = \frac{1}{6} * b * h^2 \therefore S_x = S_y = \frac{1}{6} * (1,80) * (1,80m)^2 \therefore S_x = S_y = 0,97m^2$$

$$P = P' + P_{col\ 1,2} + P_{suelo} + P_{zapata}$$

Determinando P:

$$\begin{aligned} P &= 49\ 377,32kg + (0,40m * 0,40 m * 3,50m * 2\ 400kg/m^3) \\ &+ (0,40m * 0,40 m * 5,00m * 2\ 400kg/m^3) + 3,24m^2 * 1,00m * 1\ 660kg/m^3 \\ &+ 3,24m^2 * 0,45m * 2,400kg/m^3 \\ P &= 61\ 518,92kg \end{aligned}$$

Determinando los chequeos por presión:

$$\begin{aligned} q_{m\acute{a}x} &= \frac{6\ 518,92kg}{3,24m^2} + \frac{2\ 550,85kg}{0,97m^2} + \frac{3\ 894,62kg}{0,97m^2} \\ q_{m\acute{a}x} &= 25\ 632,13kg/m^2 \end{aligned}$$

$$q_{\min} = \frac{61\,518,92\text{kg}}{3,24\text{m}^2} - \frac{2\,550,85\text{kg}}{0,97\text{m}^2} - \frac{3\,894,62\text{kg}}{0,97\text{m}^2}$$

$$q_{\min} = 12\,342,51\text{kg}/\text{m}^2$$

Al comparar el valor soporte del suelo con la carga máxima que ejerce la zapata puede observarse que $V_s > q_{\text{máx}}$, por tanto, se puede concluir que las dimensiones de la zapata propuestas son adecuadas. También puede observarse que $q_{\min} > 0$, lo que quiere decir que no existen presiones de tensión en el suelo.

Presión última

Como se observa en los cálculos anteriores, la presión está distribuida en forma variable, pero para efectos de diseño estructural se toma una presión última usando el criterio:

$$q_u = q_{\text{máx}} * \text{FCU}$$

Determinando la presión última:

$$q_u = 25\,632,13\text{kg}/\text{m}^2 \times 1,48$$

$$q_u = 37\,935,55\text{kg}/\text{m}^2$$

Comprobación por corte simple

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

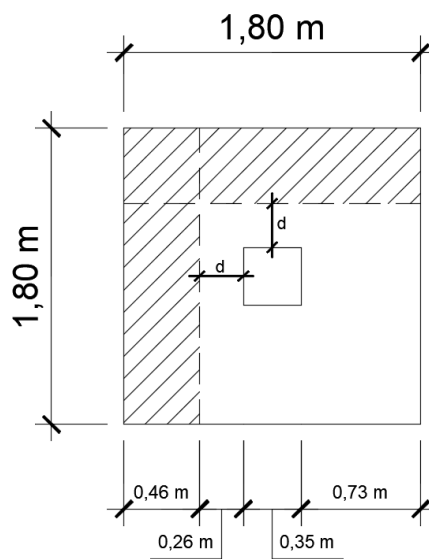
$$d = t - \frac{\phi}{2} - \text{rec}$$

Determinando d utilizando barra No. 6:

$$d = 45\text{cm} - \frac{1,905\text{cm}}{2} - 7,5\text{cm}$$

$$d = 36,55\text{cm}$$

Figura 63. **Corte simple en zapata**



Fuente: elaboración propia. Programa AutoCAD.

El corte actuante en la zapata está dado por la siguiente ecuación:

$$V_a = A * q_u$$

Determinando el corte actuante:

$$V_a = 0,83\text{m}^2 \times 37\,935,55\text{kg}/\text{m}^2$$

$$V_a = 31\,486,51\text{kg}$$

El corte resistente en la zapata está dado por la siguiente ecuación:

$$V_r = \phi * 0,53 * \sqrt{f'_c} * b * d$$

Determinando el corte resistente:

$$V_r = 0,85 \times 0,53 \times \sqrt{210\text{kg}/\text{cm}^2} \times 180\text{cm} \times 36,55\text{cm}$$

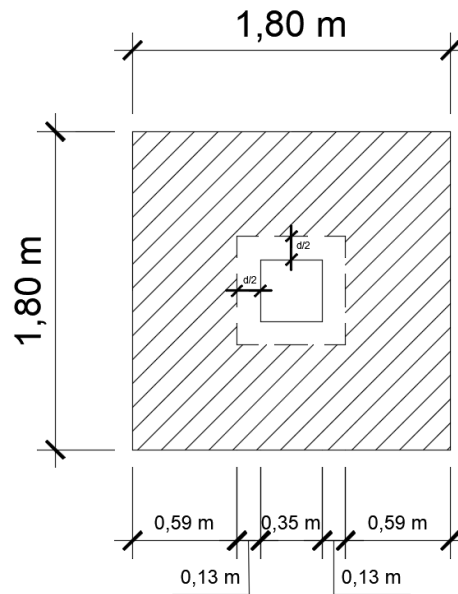
$$V_r = 42\,950,11\text{kg}$$

Se puede observar que $V_r > V_a$ por lo que se puede decir que si verifica por corte simple.

Comprobación de corte por punzonamiento

La columna tiende a punzonar la zapata, debido a los esfuerzos de corte que se producen del perímetro de esta hacia el límite en donde ocurre la falla, a una distancia igual a $d/2$ del perímetro de la columna.

Figura 64. Corte por punzonamiento en zapata



Fuente: elaboración propia. Programa AutoCAD.

Determinando el corte actuante:

$$V_a = 2,86\text{m}^2 \times 37\,935,55\text{kg}/\text{m}^2$$

$$V_a = 108\,495,67\text{kg}$$

El corte resistente en la zapata está dado por la siguiente ecuación:

$$V_r = \phi * 1,06 * \sqrt{f'c} * b * d$$

Determinando el corte resistente:

$$V_r = 0,85 \times 1,06 \times \sqrt{210\text{kg}/\text{cm}^2} \times (4 \times (35\text{cm} + 26,55\text{cm})) \times 36,55\text{cm}$$

$$V_r = 117\,492,42\text{kg}$$

Se puede observar que $V_r > V_a$ por lo que se puede decir que si verifica por corte punzonante.

Diseño del refuerzo

El empuje hacia arriba del suelo produce momento flector en la zapata, por tal razón, es necesario reforzarla con acero para soportar los esfuerzos inducidos. El cálculo del momento último se define tomando la losa en voladizo, con la ecuación:

$$M_u = \frac{q_u * L^2}{2} * FU$$

Donde:

L = Distancia del rostro de la columna al final de la zapata

FU = Franja unitaria de 1,00m

Determinando el momento último:

$$M_u = \frac{37\,935,55 \text{ kg/m}^2 \times \left(\frac{1,80 \text{ m}}{2} - \frac{0,45 \text{ m}}{2} \right)^2}{2} \times 1,00 \text{ m}$$

$$M_u = 8\,642,19 \text{ kg} - \text{m}$$

El área de acero mínimo está dada por la siguiente ecuación:

$$A_{s_{\min}} = \frac{14}{f_y} * b * d$$

Determinando área de acero mínimo:

$$A_{S_{\min}} = \frac{14}{2 \cdot 810 \text{kg/cm}^2} * 100 \text{cm} * 36,55 \text{cm}$$

$$A_{S_{\min}} = 18,20 \text{cm}^2$$

El área de acero requerido está dada por la siguiente ecuación:

$$A_{S_{\text{req}}} = \left[b * d - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{M_u * b}{0,003825 * f'c}} \right] \left(\frac{0,85 f'c}{f_y} \right)$$

Determinando área de acero requerida:

$$A_{S_{\text{req}}} = \left[(100 \text{cm} * 36,55 \text{cm}) - \sqrt{(100 \text{cm} * 36,55 \text{cm})^2 - \frac{8 \, 642,19 \text{kg} * \text{m} * 100 \text{cm}}{0,003825 * 210 \text{kg/cm}^2}} \right] \left(\frac{0,85 * 210 \text{kg/cm}^2}{2 \, 810 \text{kg/cm}^2} \right)$$

$$A_{S_{\text{req}}} = 9,54 \text{cm}^2$$

Dado que $A_{S_{\text{req}}} < A_{S_{\min}}$ se utilizará $A_{S_{\min}}$

Determinando cantidad de varillas a utilizar:

$$\text{Cantidad de varillas} = \frac{A_{S_{\min}}}{\text{Área de la varilla}}$$

$$\text{Cantidad de varillas} = \frac{18,20 \text{cm}^2}{2,85 \text{cm}^2}$$

$$\text{Cantidad de varillas} = 6,39 \text{ varillas} \approx 7 \text{ varillas}$$

Determinando separación entre varillas:

$$S = \frac{L}{\text{Cantidad de varillas}}$$

$$S = \frac{100\text{cm}}{7}$$

$$S = 14,29\text{cm}$$

Para efectos de trabajabilidad se utilizará una separación de 0,15m.

Para determinar el refuerzo en eje Y se determinara d_y efectivo con varilla No. 6:

$$d_y = d_x - \phi_{\text{var}}$$

$$d_y = 36,55\text{cm} - 1,905\text{cm}$$

$$d_y = 34,65\text{cm}$$

El área de acero mínimo está dada por la siguiente ecuación:

$$A_{s_{\min}} = \frac{14}{f_y} * b * d$$

Determinando área de acero mínimo:

$$A_{s_{\min}} = \frac{14}{2810\text{kg/cm}^2} * 100\text{cm} * 34,65\text{cm}$$

$$A_{s_{\min}} = 17,26\text{cm}^2$$

El área de acero requerido está dada por la siguiente ecuación:

$$A_{s_{\text{req}}} = \left[b * d - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{M_u * b}{0,003825 * f'c}} \right] \left(\frac{0,85f'c}{f_y} \right)$$

Determinando área de acero requerida:

$$A_{s_{req}} = \left[(100\text{cm} \times 34,65\text{cm}) - \sqrt{(100\text{cm} \times 34,65\text{cm})^2 - \frac{8\,642,19\text{kg} \cdot \text{m} \times 100\text{cm}}{0,003825 \times 210\text{kg}/\text{cm}^2}} \right] \left(\frac{0,85 \times 210\text{kg}/\text{cm}^2}{2\,810\text{kg}/\text{cm}^2} \right)$$
$$A_{s_{req}} = 10,09\text{cm}^2$$

Dado que $A_{s_{req}} < A_{s_{min}}$ se utilizará $A_{s_{min}}$

Determinando cantidad de varillas a utilizar:

$$\text{Cantidad de varillas} = \frac{A_{s_{min}}}{\text{Área de la varilla}}$$
$$\text{Cantidad de varillas} = \frac{17,26\text{cm}^2}{2,85\text{cm}^2}$$
$$\text{Cantidad de varillas} = 6,05\text{varillas} \approx 7\text{varillas}$$

Determinando separación entre varillas:

$$S = \frac{L}{\text{Cantidad de varillas}}$$
$$S = \frac{100\text{cm}}{7}$$
$$S = 14,29\text{cm}$$

Para efectos de trabajabilidad se utilizará una separación de 0,15m.

2.2.5.5. Diseño de muros

Debido a que el edificio se diseñó con marcos estructurales con nudo rígidos, por lo que los muros no forman parte del sistema estructural y

únicamente tendrán la función de cerramiento de los vanos. Pueden ser considerados muros tabiques. Sin embargo, para su construcción llevarán columnas y soleras. Los muros quedarán separados de los marcos estructurales a una distancia de 2,5 cm.

2.2.5.6. Diseño de módulo de gradas

Las gradas y las rampas son estructuras que forman parte de una estructura de varios niveles. Para conectarlos entre sí, estos elementos no aportan resistencia estructural a la estructura. Sin embargo, se diseñan para resistir las cargas de diseño por carga viva y carga muerta. El diseño de su dimensión, se basan en relaciones entre la huella y la contrahuella.

Por otro lado, las rampas son necesarias para el uso de personas con limitaciones físicas al transportarse por cuenta propia o por la ayuda de una tercera persona, estas no deben exceder el 8% de pendiente. Las siguientes relaciones garantizan la comodidad y funcionalidad de un módulo de gradas:

$$\begin{array}{ll} \text{Contrahuella} & C \leq 20\text{cm} \\ \text{Huella} & H > C \\ & H + C = \text{de } 45 \text{ a } 48\text{cm} \end{array}$$

Determinando número de contrahuellas

$$\frac{H}{C_{\max}} = \frac{3,50\text{m}}{0,18\text{m}} = 20 \text{ contrahuellas}$$

Se tomarán 10 escalones antes y después del descanso. Posteriormente se procede al cálculo de número de huellas:

No. de huellas = $10 - 1 = 9$ huellas

Se tomarán 9 huellas antes y después del descanso.

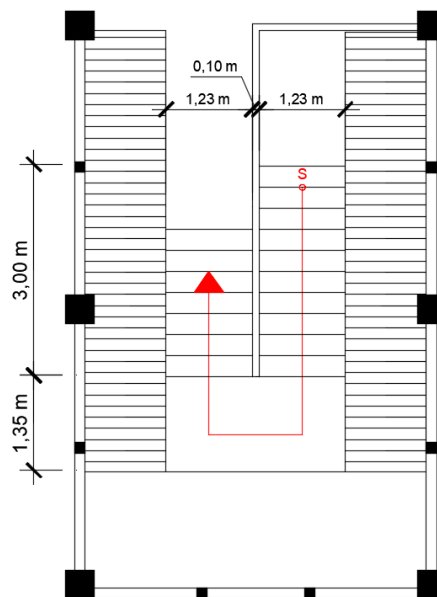
Verificando datos propuestos contra limitaciones de módulo de gradas:

Contrahuella $0,18\text{m} \leq 20\text{cm}$

Huella $0,30\text{m} > 0,18\text{m}$

$$0,30 + 0,18 = 0,48\text{m}$$

Figura 65. Dimensiones de gradas



Fuente: elaboración propia. Programa AutoCAD.

Integración de cargas

Carga viva = 500 kg/m^2

$$f'c = 210 \text{ kg/m}^2$$

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

$$\text{Altura} = 3,5 \text{ metros}$$

$$D = \text{Peso propio} + \text{Peso acabados} \qquad \text{Peso propio} = Wc = t + \frac{C}{2}$$

Determinando la carga muerta:

$$D = \left(0,12\text{m} + \frac{0,18\text{m}}{2}\right) \times 2400\text{kg/m}^3 + 100\text{kg/m}^2$$

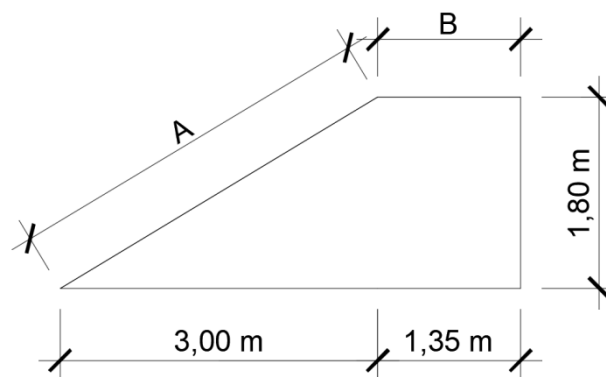
$$D = 604\text{kg/m}^2$$

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

$$C_u = 1,4(604\text{kg/m}^2) + 1,7(500\text{kg/m}^2)$$

$$C_u = 1695,60\text{kg/m}^2$$

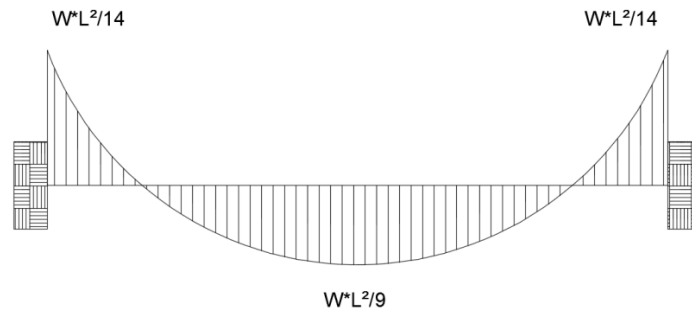
Figura 66. Longitud de diseño de módulo de gradas



Fuente: elaboración propia. Programa AutoCAD.

$$L = A + B = 4,85\text{m}$$

Figura 67. **Momentos de empotramiento**



Fuente: elaboración propia. Programa AutoCAD.

$$M(-) = \frac{1\,695,60 \text{ kg/m} \times (4,85 \text{ m})^2}{14}$$

$$M(-) = 2\,848,91 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

$$M(+) = \frac{1\,695,60 \text{ kg/m} \times (4,85 \text{ m})^2}{9}$$

$$M(+) = 4\,431,64 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

Determinando área de acero mínimo:

$$A_{s_{\min}} = \frac{14}{2\,810 \text{ kg/cm}^2} \cdot 100 \text{ cm} \cdot 12 \text{ cm}$$

$$A_{s_{\min}} = 5,98 \text{ cm}^2$$

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

Cálculo de $A_{s_{\text{req}}}$:

Momento negativo

$$A_{S_{req}} = \left[(100\text{cm} \times 12\text{cm}) - \sqrt{(100\text{cm} \times 12\text{cm})^2 - \frac{2 \cdot 848,91\text{kg} \cdot \text{m} \times 100\text{cm}}{0,003825 \times 210\text{kg}/\text{cm}^2}} \right] \left(\frac{0,85 \times 210\text{kg}/\text{cm}^2}{2 \cdot 810\text{kg}/\text{cm}^2} \right)$$
$$A_{S_{req}} = 10,05\text{cm}^2$$

Momento positivo

$$A_{S_{req}} = \left[(100\text{cm} \times 12\text{cm}) - \sqrt{(100\text{cm} \times 12\text{cm})^2 - \frac{4 \cdot 431,64\text{kg} \cdot \text{m} \times 100\text{cm}}{0,003825 \times 210\text{kg}/\text{cm}^2}} \right] \left(\frac{0,85 \times 210\text{kg}/\text{cm}^2}{2 \cdot 810\text{kg}/\text{cm}^2} \right)$$
$$A_{S_{req}} = 16,35\text{cm}^2$$

$$A_{S_{M(+)}} = 16,35\text{cm}^2 \quad \text{No, 4 @ 0,10 m}$$

$$A_{S_{M(-)}} = 10,05\text{cm}^2 \quad \text{No, 4 @ 0,15 m}$$

Refuerzo por temperatura

$$A_{S_t} = 0,002bt$$

Determinando A_{S_t} :

$$A_{S_t} = 0,002 \cdot 100\text{cm} \cdot 15\text{cm} = 3\text{cm}^2$$

$$S_{\max} = 2t$$

Determinando S_{\max} :

$$S_{\max} = 2t = 2 \times 0,15\text{m} = 0,30\text{m}$$

Colocar acero por temperatura con varilla No, 4 @ 0,30 m.

2.2.5.7. Diseño de rampa

Determinando el sentido de trabajo de la losa

$$m = \frac{a}{b} = \frac{1,225}{5,08} = 0,24$$

Como $m < 0,5$ la losa de la rampa trabaja en un sentido, sin embargo, aun quedando la losa en dos direcciones, siempre se hubiera trabajada en una dirección debido a que se utilizaran solamente apoyos sobre vigas transversales.

Determinando el peralte de la losa:

$$t = \frac{L}{20} = \frac{1}{20} = 0,05\text{m}$$

Debido a que este valor de espesor es muy pequeño y no cumple con el recubrimiento se utilizara un $t = 0,10$ m.

Integración de cargas

Carga viva = 500 kg/m^2

$f'c = 210 \text{ kg/m}^2$

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

Determinando la carga muerta:

$$D = 0,10\text{m} \times 2\,400\text{kg/m}^3 + 100\text{kg/m}^2$$

$$D = 340\text{kg/m}^2$$

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

$$Cu = 1,4(340\text{kg/m}^2) + 1,7(500\text{kg/m}^2)$$

$$Cu = 1\,326\text{kg/m}^2$$

Los momentos de empotramiento son iguales a los que se consideran en el diseño del módulo de gradas, por tanto:

$$M(-) = \frac{1\,326\text{kg/m} \times (1\text{m})^2}{14}$$

$$M(-) = 94,71\text{kg} \cdot \text{m}$$

$$M(+) = \frac{1\,326\text{kg/m} \times (1\text{m})^2}{9}$$

$$M(+) = 147,33\text{kg} \cdot \text{m}$$

Determinando área de acero mínimo:

$$As_{\min} = \frac{14}{2\,810\text{kg/cm}^2} \times 100\text{cm} \times 10\text{cm}$$

$$As_{\min} = 4,98\text{cm}^2$$

$$As_{\text{req}} = \left[b \cdot d - \sqrt{(b \cdot d)^2 - \frac{Mu \cdot b}{0,003825 \cdot f'c}} \right] \left(\frac{0,85f'c}{fy} \right)$$

Cálculo de As_{req} :

Momento negativo

$$A_{S_{req}} = \left[(100\text{cm} \times 10\text{cm}) - \sqrt{(100\text{cm} \times 10\text{cm})^2 - \frac{94,71\text{kg} \cdot \text{m} \times 100\text{cm}}{0,003825 \times 210\text{kg}/\text{cm}^2}} \right] \left(\frac{0,85 \times 210\text{kg}/\text{cm}^2}{2 \times 810\text{kg}/\text{cm}^2} \right)$$
$$A_{S_{req}} = 0,38\text{cm}^2$$

Momento positivo

$$A_{S_{req}} = \left[(100\text{cm} \times 10\text{cm}) - \sqrt{(100\text{cm} \times 10\text{cm})^2 - \frac{147,33\text{kg} \cdot \text{m} \times 100\text{cm}}{0,003825 \times 210\text{kg}/\text{cm}^2}} \right] \left(\frac{0,85 \times 210\text{kg}/\text{cm}^2}{2 \times 810\text{kg}/\text{cm}^2} \right)$$
$$A_{S_{req}} = 0,59\text{cm}^2$$

$$A_{S_{M(+)}} = 0,59\text{cm}^2 < A_{S_{min}} \quad \text{No, 3 @ 0,15 m}$$

$$A_{S_{M(-)}} = 0,38\text{cm}^2 < A_{S_{min}} \quad \text{No, 3 @ 0,15 m}$$

Refuerzo por temperatura

$$A_{S_t} = 0,002bt$$

Determinando A_{S_t} :

$$A_{S_t} = 0,002 \times 100\text{cm} \times 10\text{cm} = 2\text{cm}^2$$

$$S_{max} = 2t$$

Determinando S_{max} :

$$S_{max} = 2t = 2 \times 0,10\text{m} = 0,20\text{m}$$

Colocar acero por temperatura con varilla No, 3 @ 0,20 m.

2.2.6. Diseño de instalaciones hidráulicas y eléctricas

2.2.6.1. Instalaciones hidráulicas

El edificio escolar de dos niveles está diseñado para la aldea El Durazno, actualmente, el instituto cuenta con su propio sistema de abastecimiento de agua potable y sistema de alcantarillado sanitario, por lo que la única instalación hidráulica a considerar será la bajada de agua pluvial (ver detalle de plano de instalaciones hidráulicas).

Para bajadas de agua pluvial el caudal se determina a través de la siguiente ecuación:

$$Q = \frac{C * I * A}{2}$$

Donde:

Q = caudal en m³/s

C = coeficiente de escorrentía de la superficie de la tubería

I = intensidad de lluvia en mm/hora

A = área de techo en hectáreas

Para determinar la intensidad de lluvia se utiliza la siguiente ecuación:

$$I = \frac{1\ 008}{(t + 4)^{0,668}}$$

Donde:

t = tiempo de concentración en horas

Asumiendo un tiempo de concentración de 30 segundos se obtiene:

$$I = \frac{1\ 008}{(0,5 + 4)^{0,668}}$$

$$I = 369 \text{ mm/hora}$$

Para determinar el caudal, se utilizará el método racional para el cálculo de escurrimiento de agua pluvial, por lo que se obtiene:

$$A = 34\text{m}^2 \times \frac{1 \text{ hectarea}}{10\ 000 \text{ m}^2}$$

$$A = 0,0034 \text{ hectareas}$$

Sustituyendo valores obtenemos:

$$Q = \frac{1,2 \times 369 \text{ mm/hora} \times 0,0034 \text{ hectareas}}{360}$$

$$Q = 0,004182 \text{ m}^3/\text{s} \approx 4,2 \text{ L/s}$$

Se proponen tubos de 6 pulgadas, los cuales están previstos para que cada tubo tenga que drenar 4,2 litros por segundo; por lo que se tienen que colocar 2 tubos de bajada de agua como mínimo por cada módulo por individual.

Todo el sistema será de tubería PVC de 6 pulgadas de diámetro, con 8 tubos para la bajada de agua pluvial (2 tubos en cada módulo de aula y dos tubos en el módulo de gradas). Las descargas de aguas pluviales serán

directamente a la carretera y hacia una caja colectora existente que desfoga hacia la carretera.

2.2.6.2. Instalaciones eléctricas

- **Iluminación**

Para la instalación de iluminación se determina si el circuito no excede la corriente permisible de la caja de flipón, para ello se utiliza la siguiente ecuación:

$$I = \frac{P}{V}$$

Donde:

I = corriente en amperios

P = potencia en watts

V = voltaje e watts

Se utilizarán plafoneras con capacidad de 100 watts. En el circuito se recomienda utilizar un promedio de 8 a 10 plafoneras por circuito, por si hay problemas de iluminación, es decir, que el área cubierta no sea amplia. Por ser un edificio escolar, este será recurrido solo en horas del día, por lo que no se recargarán las unidades de iluminación en ese período. Habrá un circuito para cada nivel, por lo que se utilizarán 18 plafoneras en el segundo nivel (incluye módulo de gradas) y 16 plafoneras en el primer nivel.

$$P = 100 * 18 = 1\ 800 \text{ watts}$$

$$I = \frac{1\ 800\ \text{watts}}{120}$$

$$I = 15\ \text{amperios}$$

La cantidad de plafoneras a colocar no excede a la corriente permisible de la caja de flipón que es de 20 amperios.

- **Fuerza**

Para la instalación de fuerza, se utilizarán tomacorrientes dobles con un consumo aproximado de 180 watts, en el circuito se recomienda utilizar un promedio de 5 a 7 tomacorrientes. Como ambos niveles se dispondrán para salones de clase, estos tendrán una cantidad mínima de objetos eléctricos que se conecten al circuito, por lo que solo habrá 12 tomacorrientes.

$$P = 180 * 12 = 2\ 160\ \text{watts}$$

$$I = \frac{2\ 160\ \text{watts}}{120}$$

$$I = 18\ \text{amperios}$$

La corriente producida por la cantidad de tomacorrientes a utilizar en el primer nivel no excede a la corriente permisible de la caja de flipón igual a 20 amperios.

2.2.7. Planos constructivos

Se elaboró un juego de planos divididos en tres fases (ver anexos):

- Fase de arquitectura
 - Planta arquitectónica
 - Planta acotada
 - Planta de acabados
 - Elevaciones y secciones

- Fase de instalaciones
 - Planta de instalaciones hidráulicas
 - Planta de iluminación
 - Planta de fuerza

- Fase de estructuras
 - Planta de cimientos y columnas
 - Detalle de armado de columnas y zapatas
 - Secciones de corte de muro
 - Planta de vigas y losas
 - Detalle de armado de vigas
 - Detalle de armado de módulo de gradas y rampa

2.2.8. Resumen del presupuesto

MUNICIPALIDAD DE CHINAUTLA	
Proyecto:	Ampliación del edificio escolar de dos niveles
Ubicación:	Aldea El Durazno, municipio de Chinautla, departamento de Guatemala

INTEGRACION DE PRECIOS UNITARIOS

Código No.	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Total	%
1	TRABAJOS PRELIMINARES					
1,01	Limpieza preliminar	m ²	250,00	Q. 41,34	Q. 10 334,75	0,77%
1,02	Trazo y corrida de niveles	m ²	250,00	Q. 23,18	Q. 5 795,99	0,43%
2	MODULOS DE AULAS					
2,01	Excavacion de zanja	ml	145,00	Q. 89,09	Q. 12 918,44	0,96%
2,02	Zapata Z-1	Unidad	16,00	Q. 4 066,68	Q. 65 066,86	4,84%
2,03	Zapata Z-2	Unidad	8,00	Q. 4 085,84	Q. 32 686,75	2,43%
2,04	Cimiento corrido CC-1	ml	145,00	Q. 347,00	Q. 50 314,56	3,74%
2,05	Levantado de muro sobre cimiento	m ²	87,00	Q. 211,45	Q. 18 395,72	1,37%
2,06	Solera de humedad	ml	145,00	Q. 152,21	Q. 22 070,57	1,64%
2,07	Columna C-1	ml	205,20	Q. 618,33	Q. 126 881,81	9,43%
2,08	Columna C-2	ml	196,65	Q. 189,79	Q. 37 321,27	2,77%
2,09	Columna C-3	ml	51,30	Q. 167,22	Q. 8 578,48	0,64%
2,10	Levantado de muro sobre solera de humedad	m ²	420,00	Q. 232,67	Q. 97 722,34	7,26%
2,11	Solera intermedia 1	ml	154,16	Q. 159,77	Q. 24 630,33	1,83%
2,12	Solera intermedia 2	ml	16,84	Q. 137,98	Q. 2 323,56	0,17%
2,13	Solera intermedia 3	ml	11,76	Q. 183,03	Q. 2 152,48	0,16%
2,14	Losa 0.12m	m ²	440,00	Q. 673,74	Q. 296 445,45	22,04%
2,15	Viga tipo V-1	ml	74,64	Q. 780,10	Q. 58 226,98	4,33%
2,16	Viga tipo V-2	ml	64,38	Q. 759,68	Q. 48 908,14	3,64%
2,17	Viga tipo V-3	ml	32,04	Q. 743,02	Q. 23 806,33	1,77%
2,18	Alisado en columnas	m ²	400,00	Q. 106,02	Q. 42 408,31	3,15%
2,19	Ventana tipo V-1	Unidad	6,00	Q. 1 250,00	Q. 7 500,00	0,56%
2,20	Puerta tipo P-1	Unidad	6,00	Q. 1 500,00	Q. 9 000,00	0,67%
2,21	Balcón tipo B-1	ml	30,00	Q. 850,00	Q. 25 500,00	1,90%
2,22	Instalaciones electricas (fuerza e iluminación)	Unidad	37,00	Q. 756,00	Q. 27 971,95	2,08%
2,23	Instalaciones hidraulicas	Unidad	4,00	Q. 75,20	Q. 300,81	0,02%
2,24	Piso	m ²	460,00	Q. 561,07	Q. 258 094,29	19,19%
2,25	Pintura	m ²	605,00	Q. 47,85	Q. 29 908,90	2,22%
TOTAL DEL PRESUPUESTO					Q. 1 345 265,07	100,00%

(*Un millón trescientos cuarenta y cinco mil doscientos sesenta y cinco quetzales con siete centavos*)

2.2.9. Análisis socioeconómico

Del mismo modo que el proyecto del sistema de alcantarillado sanitario es necesario realizar el análisis socioeconómico del edificio escolar de dos niveles, por lo que, para este, se realiza el mismo procedimiento descrito en el proyecto anterior.

Determinando el VPN del proyecto:

$$\text{VPN} = \text{Ingresos} - \text{Egresos}$$

$$\text{VPN} = 0 - \text{Q. } 1\,345\,265,07$$

$$\text{VPN} = -\text{Q. } 1\,345\,265,07$$

En este caso el valor de VPN da un valor negativo, por lo que significaría que el proyecto no es rentable, sin embargo, por tratarse de un proyecto de inversión social no se consideran los ingresos, por lo que este valor es aceptable para el proyecto.

- **Tasa Interna de Retorno (TIR)**

Es un valor que determina la tasa máxima de utilidad que puede obtenerse en la evaluación de una alternativa. El proyecto no generará ningún ingreso para la municipalidad porque es inversión social, por tanto, este no genera ninguna tasa de interés.

2.2.10. Evaluación de impacto ambiental

Una evaluación de impacto ambiental presenta las alteraciones que se pueden sufrir durante la construcción de un proyecto.

Tabla XLVII. **Evaluación de impacto ambiental para el diseño del edificio escolar de dos niveles para la aldea El Durazno**

	Alteraciones	Medidas de mitigación
Atmósfera	Generación de ruido de la retroexcavadora en el proceso de excavación de las zanjas	Realizar los trabajos en horarios moderados y que la población no se vea afectada en horas de descanso
	Generación de polvo	Mantener riego constante en los caminos de terracería
Suelo	Alteración del suelo mediante cortes y rellenos	Manejo adecuado de los volúmenes de suelo extraídos
OH&S	Circulación de niños en los alrededores de la obra	Delimitación adecuada de los límites de la obra
Paisaje	Alteración visual durante el proceso de ejecución del proyecto	Colocar señales de aviso en donde se indique la elaboración y tiempo aproximado de la ejecución de la obra

Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

1. A través de la investigación diagnóstica realizada en el municipio de Chinautla, se determinaron las deficiencias y/o escases de algunos servicios básicos en las aldeas, por lo que para el presente trabajo de graduación se priorizaron los proyectos: Diseño de un sistema de alcantarillado sanitario para la aldea Sacojito y ampliación del edificio escolar de dos niveles para la aldea El Durazno.
2. Se realizó el diseño de un sistema de alcantarillado sanitario para la aldea Sacojito con una longitud total de 1 540 metros (colector principal y ramales). Se utilizó el tipo de tubería PVC de AMANCO Novafort según norma ASTM F 949, los pozos de visita serán circulares con levantado de ladrillo tayuyo y paredes impermeabilizadas en su interior. El tratamiento de la descarga del sistema de alcantarillado sanitario será responsabilidad de la municipalidad de Chinautla, para prevenir la contaminación del cuerpo receptor.
3. Se realizó el diseño del edificio escolar de dos niveles con un área total de construcción de 250 metros cuadrados, el cual tiene como finalidad promover la educación en la niñez de la aldea El Durazno, por medio de una edificación que cumpla con las normas de construcción.
4. Se determinó a través del análisis socioeconómico que ambos proyectos son de Valor Presente Neto -VPN- negativo, sin embargo, por tratarse de proyectos de inversión social, estos valores son adecuados para ambos proyectos.

RECOMENDACIONES

A la municipalidad de Chinautla, Guatemala:

1. Determinar a través de investigaciones diagnósticas, los sectores del municipio en los cuales no se prestan los servicios básicos adecuados. Una vez determinados estos puntos, interferir en estos para prevenir que en un futuro no provoquen daños perjudiciales para la población del municipio.
2. En el proyecto de sistema de alcantarillado sanitario, interferir lo antes posible en el tratamiento de la descarga del sistema, para evitar la contaminación del cuerpo receptor, ya que se deben cumplir con los parámetros de las descargas municipales según el Acuerdo Gubernativo 236-2006 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales -MARN-.
3. En el proyecto del edificio escolar, se recomienda respetar los detalles estructurales y especificaciones técnicas que se indican en los planos constructivos. De lo contrario, de existir cambios en la planificación del mismo diseño, ellos serán los responsables de velar por un adecuado diseño estructural que cumpla con las normas de construcción.
4. Garantizar la supervisión profesional de ambos proyectos durante la fase de construcción y darles seguimiento adecuado en la etapa de postinversión (administración, operación y mantenimiento).

BIBLIOGRAFÍA

1. AMANCO Novafort. *Manual técnico*. Guatemala, 2013.
2. American Concrete Institute, *Reglamento para construcciones de concreto*. ACI 318S-11. 518 p.
3. Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica. *Normas de seguridad estructural de edificios y obras de infraestructura para la República de Guatemala*. Guatemala: AGIES, 2010. 75 p.
4. BRAJA M., Das. *Fundamentos de ingeniería de cimentaciones*. 7ma ed. California State University, Sacramento, 2011. 136 p.
5. CORDOVA GALVEZ, Jorge Mario. *Diseño de un edificio escolar de dos niveles para la comunidad Pradera del Quetzal y del sistema de abastecimiento de agua potable para la comunidad El Esfuerzo, Patulul, Suchitepéquez*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2015, 22 p.
6. CRESPO VILLALAZ, Carlos. *Mecánica de suelos y cimentaciones* 4ª ed. México: Editorial Limusa, 1997. 110 p.
7. Instituto de Fomento Municipal. *Normas generales para el diseño de alcantarillados sanitarios*. Guatemala. 2012.

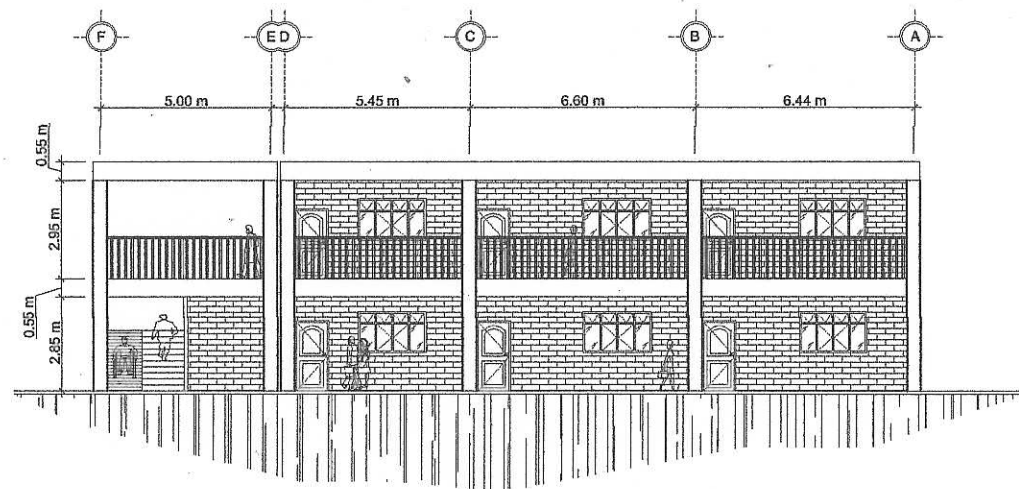
8. Instituto de Fomento Municipal. Unidad Ejecutora del programa de Acueductos Rurales. *Guía para el diseño de abastecimiento de agua potable a zonas rurales*. Guatemala: INFOM/UNEPAR, 1997.
9. NILSON, Arthur H. *Diseño de estructuras de concreto*. 12 ed. México: McGraw-Hill. 2001. 722 p.
10. ORANTES SANDOVAL, Juan Gabriel. *Diseño del sistema de alcantarillado pluvial y sanitario para la zona 6 de Ciudad vieja, Sacatepéquez*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2012, 77 p.

APÉNDICES

1. Diseño de sistema de alcantarillado sanitario en la aldea Sacojito, Chinautla, Guatemala.
2. Cronograma de ejecución físico-financiero del proyecto denominado: Diseño de un sistema de alcantarillado sanitario para la aldea Sacojito.
3. Cronograma de ejecución físico-financiero del proyecto denominado: Ampliación del edificio escolar de dos niveles para la aldea El Durazno.

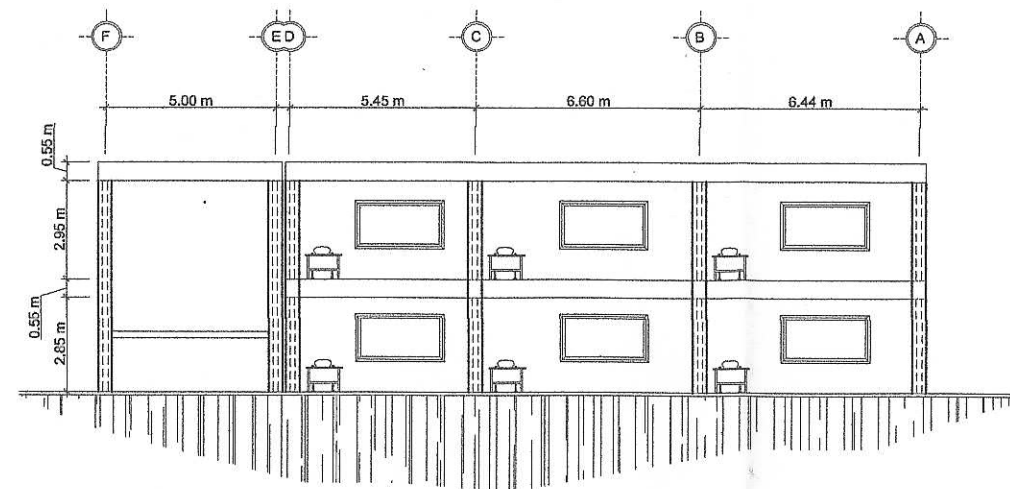
ANEXOS

1. Mapa de clasificación de los suelos en Guatemala. Charles S. Simmons. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la República de Guatemala.
2. Formulario de Evaluación Ambiental Inicial -EAI- para el proyecto denominado: Diseño de un sistema de alcantarillado sanitario para la aldea Sacojito.
3. Resultados de ensayo de compresión triaxial. Centro de Investigaciones de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala.
4. Planos constructivos del proyecto denominado: Diseño de un sistema de alcantarillado sanitario para la aldea Sacojito.
5. Planos constructivos del proyecto denominado: Ampliación del edificio escolar de dos niveles para la aldea El Durazno.



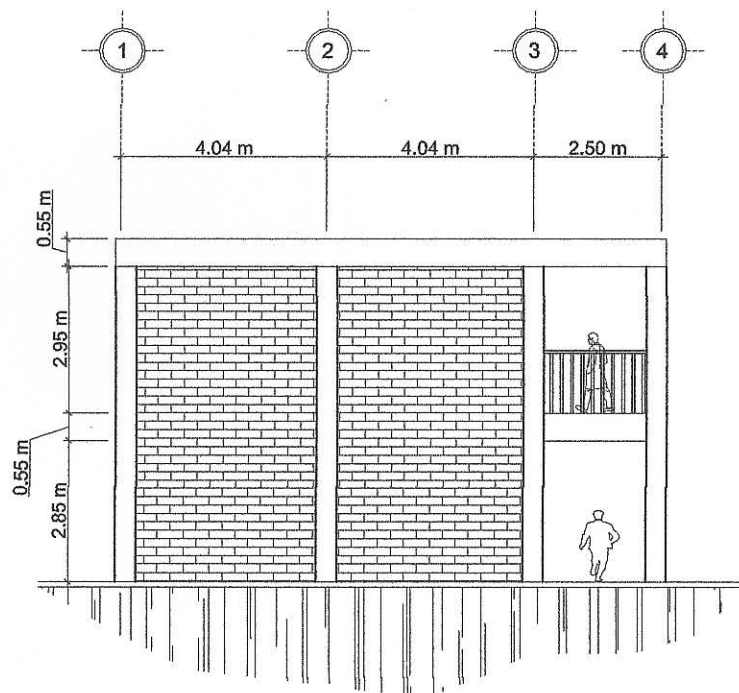
FACHADA FRONTAL EDIFICIO ESCOLAR

ESCALA: 1/100



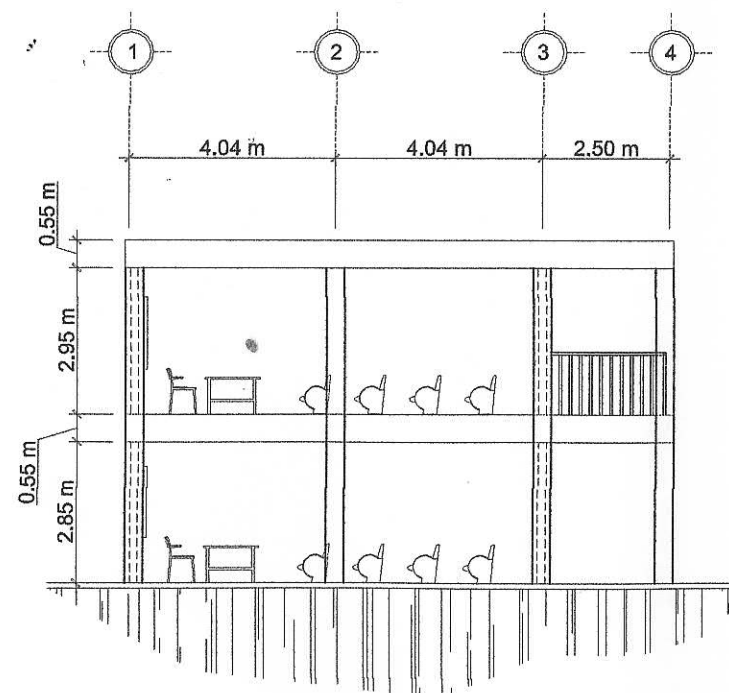
SECCION A-A'

ESCALA: 1/100



FACHADA LATERAL EDIFICIO ESCOLAR

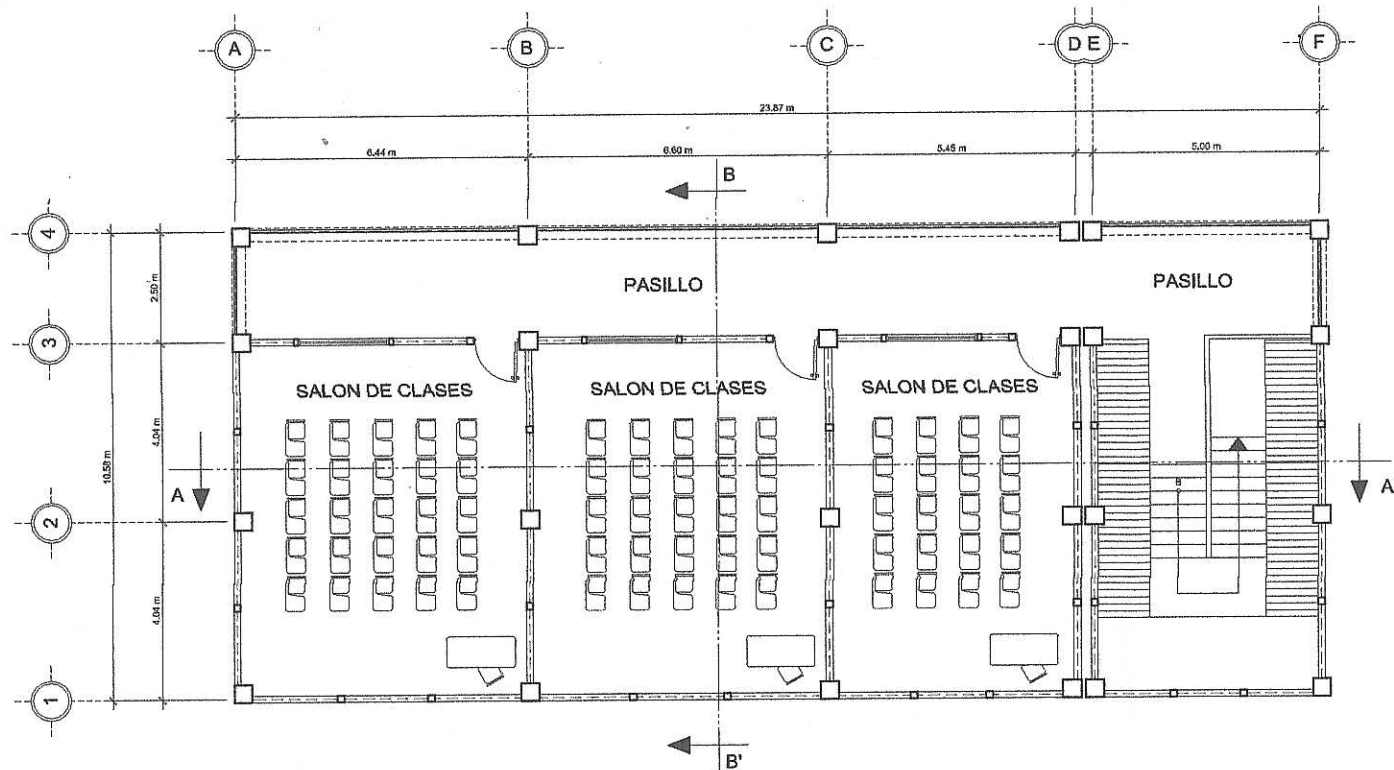
ESCALA: 1/150



SECCION B-B'

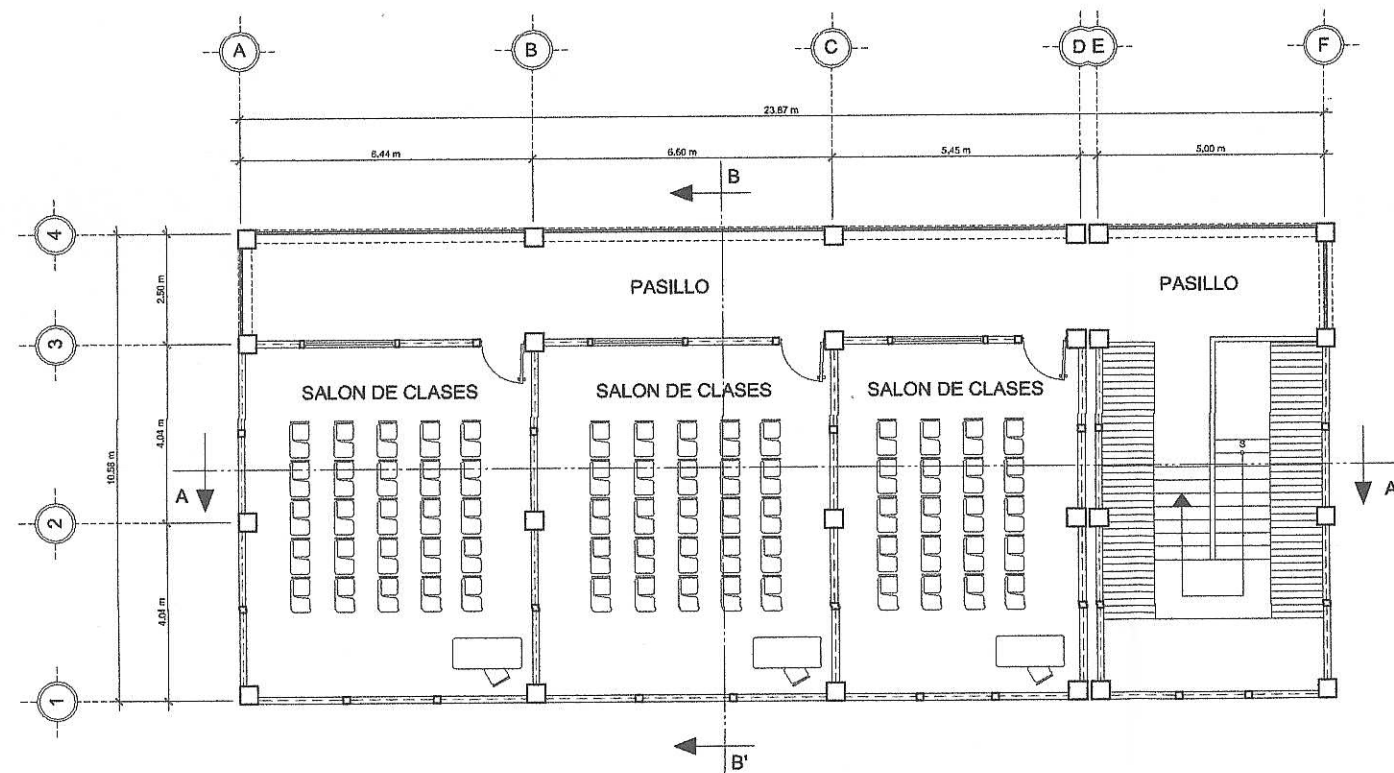
ESCALA: 1/150

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
	PROYECTO: AMPLIACION EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES AREA D. BURZAGO, CHETUMAL	
DISEÑO: KEVIN OTTONEL RODRIGUEZ CAMACHO CARNET: 2012-20142	DISEÑO: KEVIN OTTONEL RODRIGUEZ CAMACHO CARNET: 2012-20142	ESCALA INICIADA: FECHA: SEPTIEMBRE 2016
INGENIERIA Y EPS INGA. MARIO... SUPERVISOR DE EPS		HOJA No: 1 20



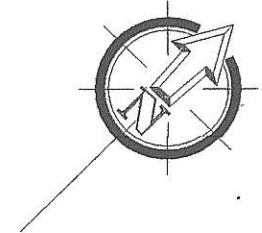
PLANTA AMUEBLADA SEGUNDO NIVEL

ESCALA: 1/75

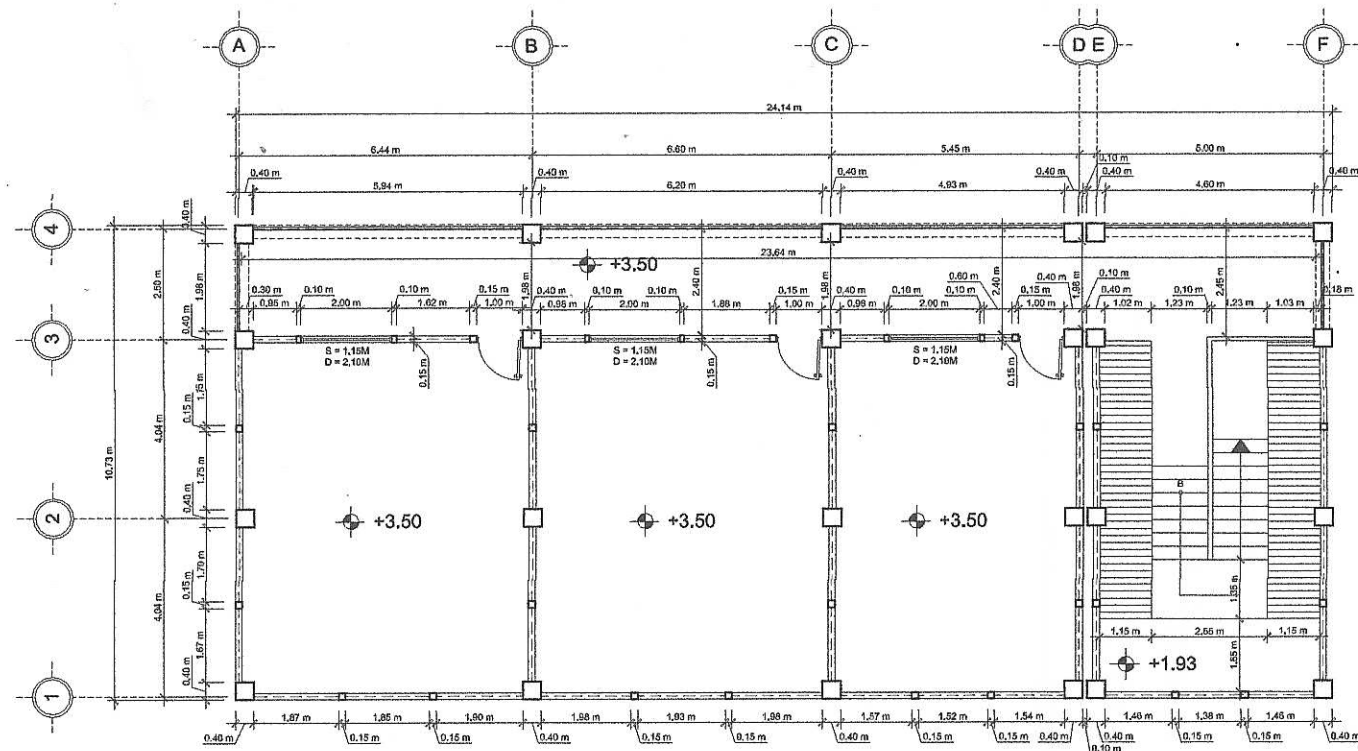


PLANTA AMUEBLADA PRIMER NIVEL

ESCALA: 1/75

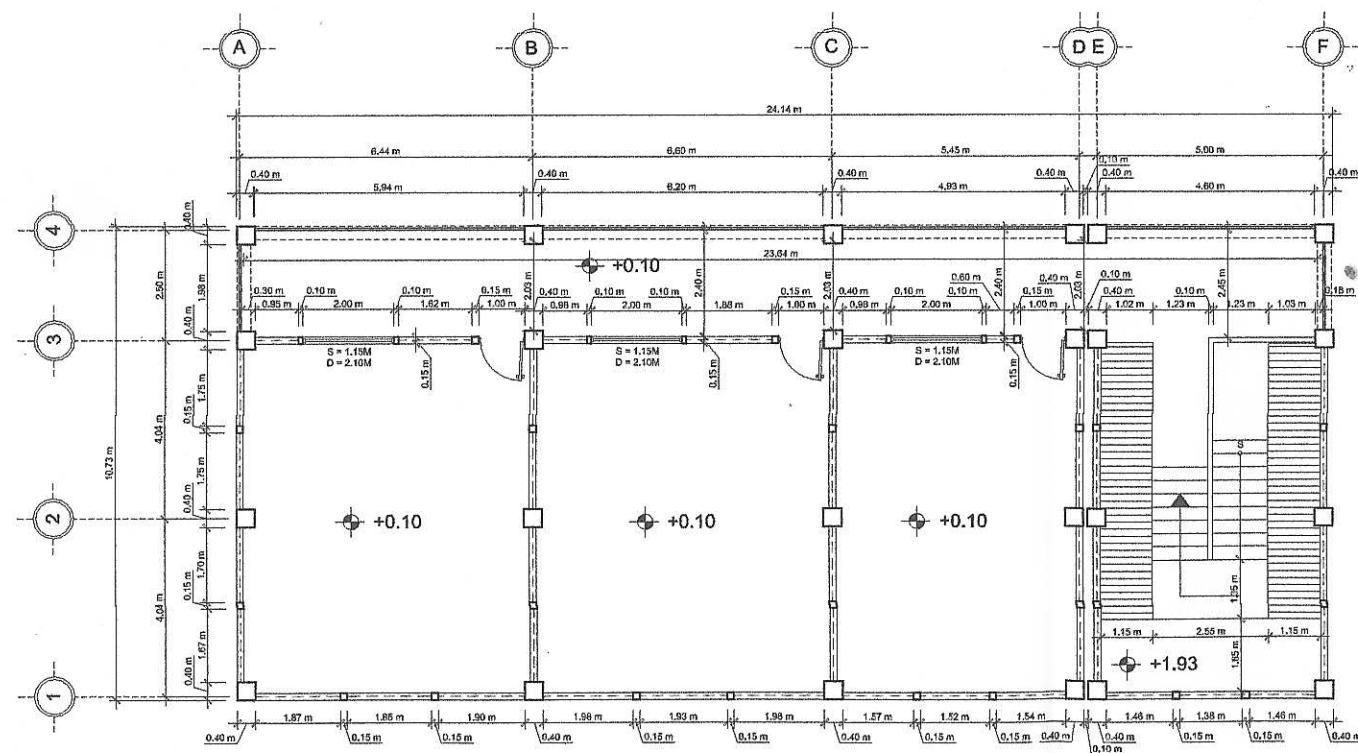


	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
	PROYECTO: AMPLIACION EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES ALDEA EL DURAZNO, CHIMULUTLA	
COMISIÓN: PLANTA AMUEBLADA	ESCALA: INDICADA	FECHA: SEPTIEMBRE 2018
DISEÑO: INGA. OTTONEL RODRIGUEZ CAHUEQUE CARNET: 2012-12484	SUPERVISOR: INGA. OTTONEL RODRIGUEZ CAHUEQUE CARNET: 2012-12484	HOJA No.: 2 20
Unidad de Práctica INGA. MANUEL GARCÍA CARSONA DE SIERRA SUPERVISOR DE EPS Facultad de Ingeniería		



PLANTA ACOTADA SEGUNDO NIVEL

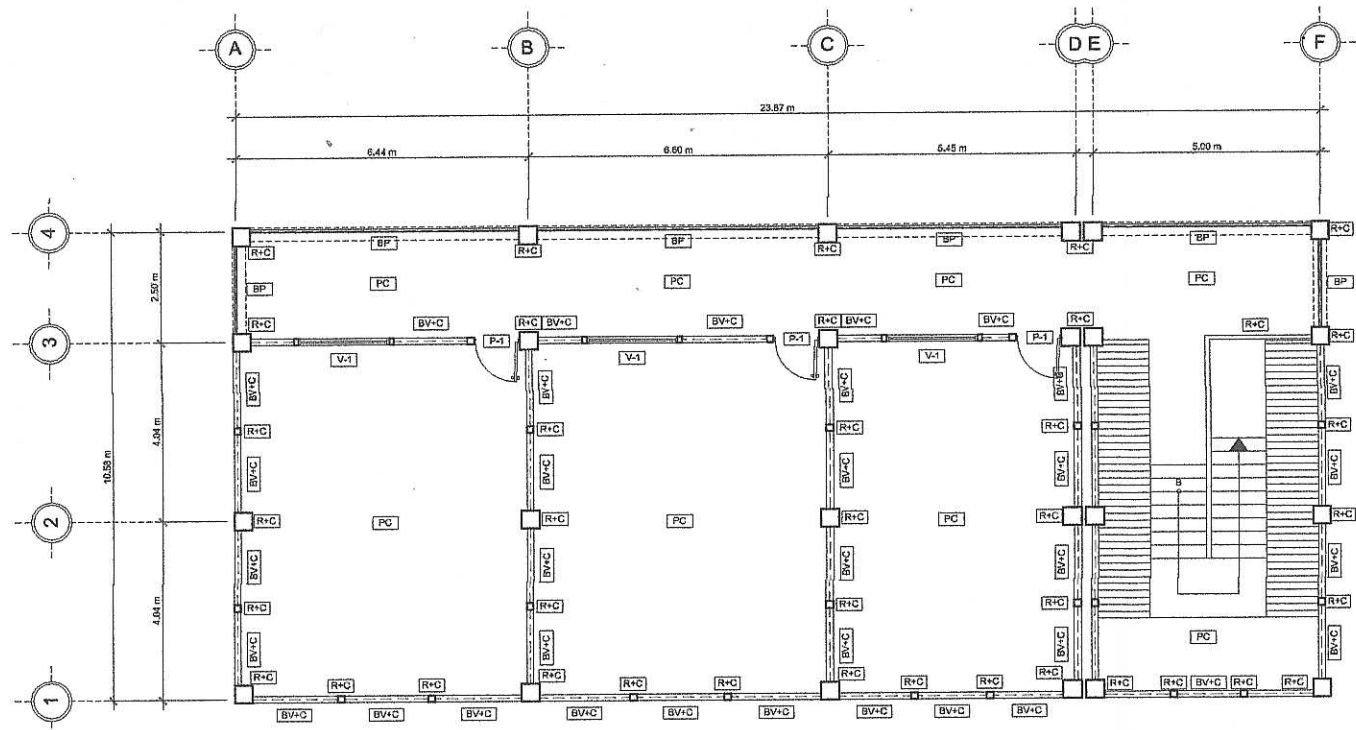
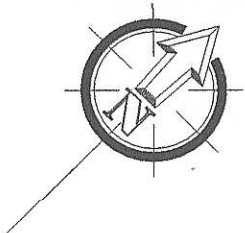
ESCALA: 1/75



PLANTA ACOTADA PRIMER NIVEL

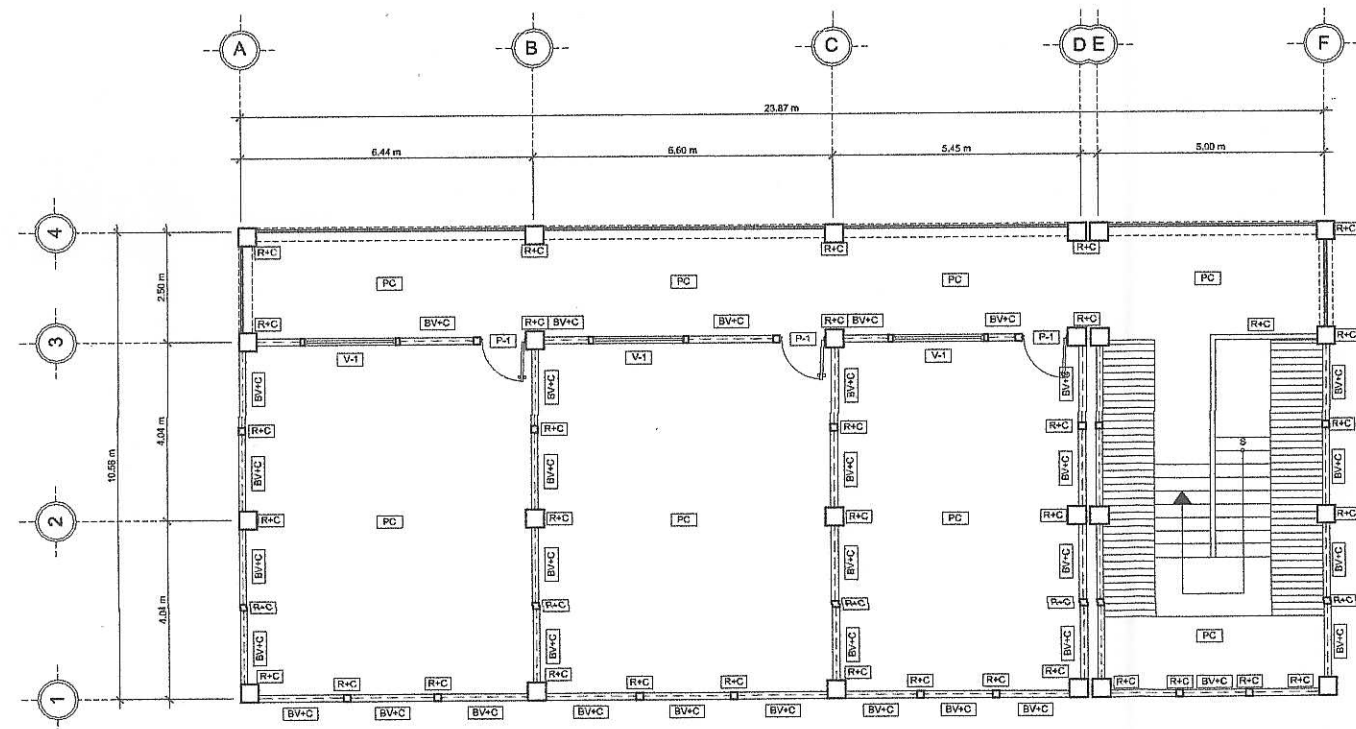
ESCALA: 1/75

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
	PROYECTO: AMPLIACION EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES ALDEA EL DURAZNO, CHINAUTLA	
CONTENIDO: PLANTA ACOTADA	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	FECHA: SEPTIEMBRE 2018
INGENIERO: KEVIN OTTONIEL RODRIGUEZ CAHUEQUE CARNET: 2012-20112	INGENIERO: KEVIN OTTONIEL RODRIGUEZ CAHUEQUE CARNET: 2012-12454	HORA No.: 3 20
ASESORIA: UNIDAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA DE EPS UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA		



PLANTA DE ACABADOS SEGUNDO NIVEL

ESCALA: 1/75



PLANTA DE ACABADOS PRIMER NIVEL

ESCALA: 1/75

PLANILLA DE PUERTAS			
TIPO	ANCHO	ALTO	UNIDADES
P-1	1.00	2.10	6

PLANILLA DE VENTANAS			
TIPO	ANCHO	ALTO	UNIDADES
V-1	2.00	1.25	6

NOMENCLATURA	
BV+C	BLOCK VISTO + CIZA VERTICAL Y HORIZONTAL
R+C	REPELLO + CERNIDO FINO CON ACABADO LISO EN COLUMNAS
PC	PISO CERAMICO ANTIDESLIZANTE
BP	BARANDA DE PROTECCION DE 1.25M DE ALTURA
P-1	INDICA PUERTA TIPO 1 (VER PLANILLA DE PUERTAS)
V-1	INDICA VENTANA TIPO 1 (VER PLANILLA DE VENTANAS)

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO: AMPLIACION EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES
 ALDEA EL DURAZNO, OCHIAJULA

CONTENIDO: PLANTA DE ACABADOS

ESCALA: INDICADA

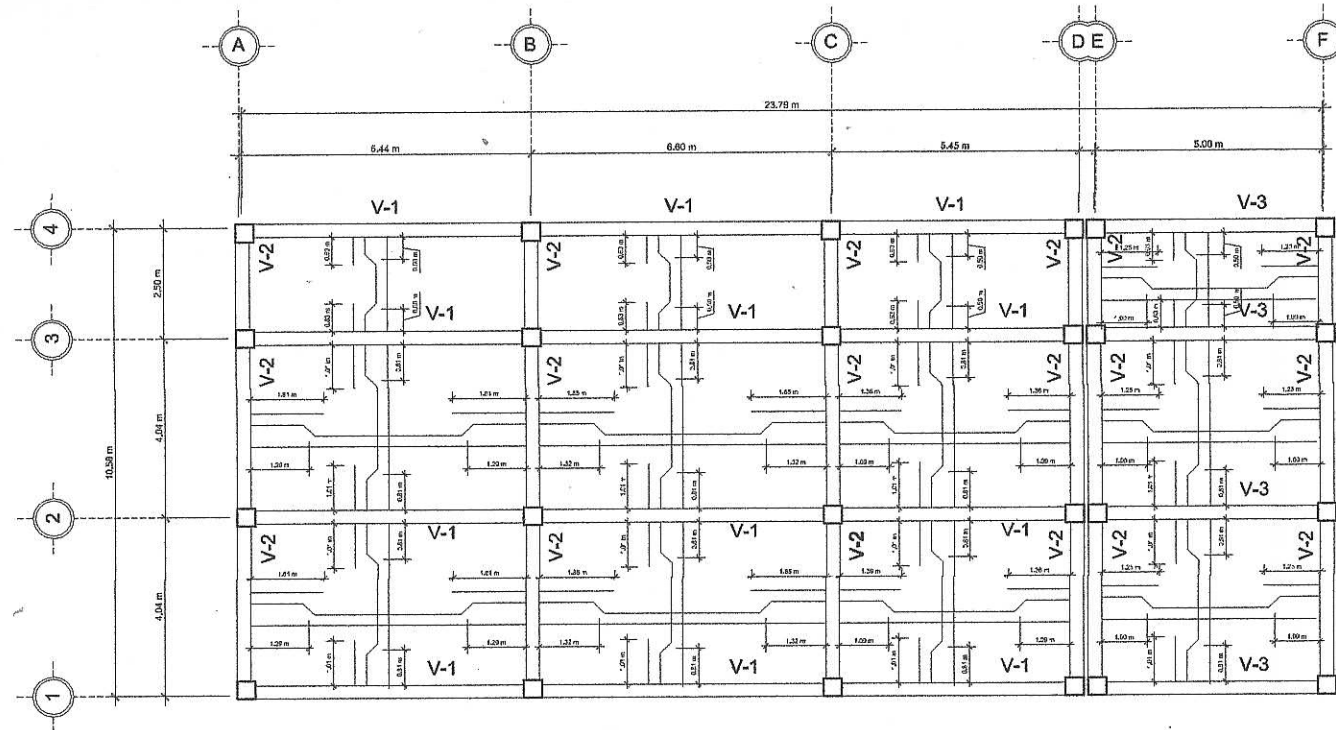
FECHA: SEPTIEMBRE 2018

HOJA No: 4/20

ASESOR: KEVIN OTTONIEL RODRIGUEZ CAHUEQUE
 CARNET: 2012-20112

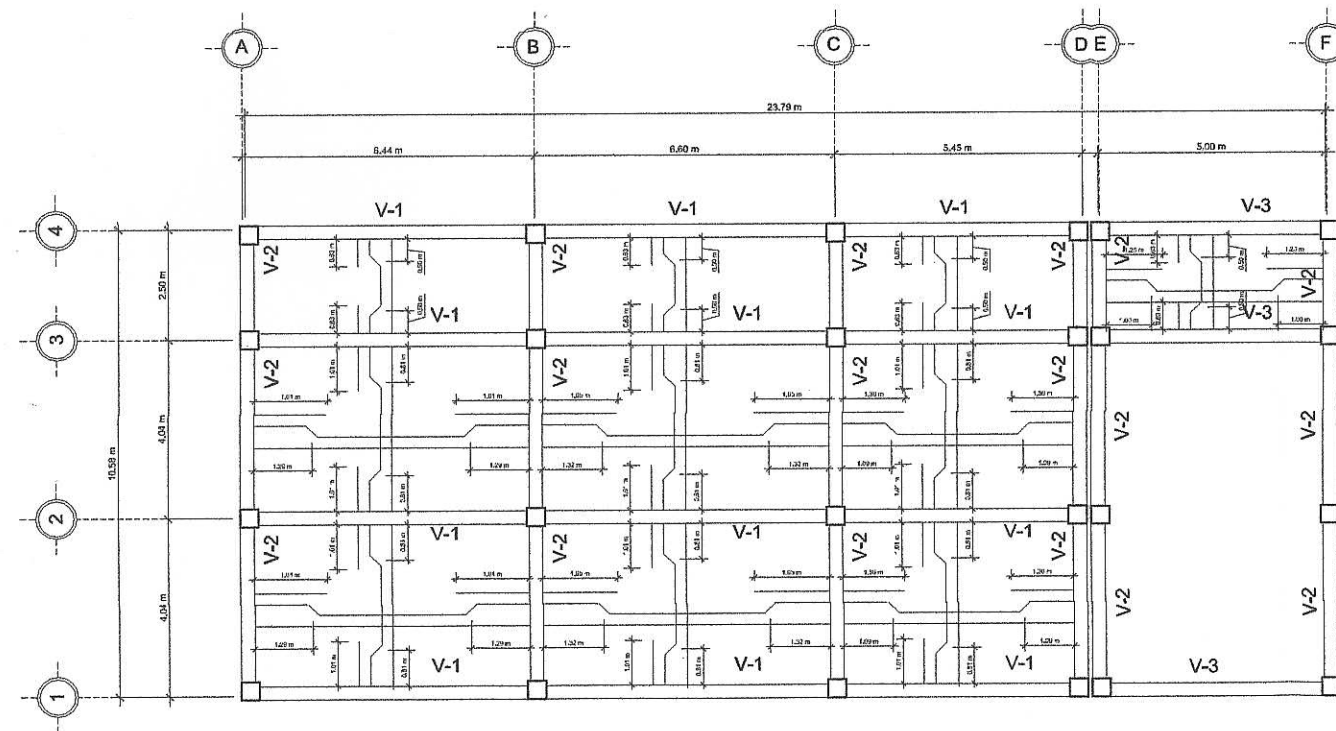
DESGO: KEVIN OTTONIEL RODRIGUEZ CAHUEQUE
 CARNET: 2012-12494

UNIDAD: UNIDAD TECNICA COORDINADORA DE SIERRA
 SUBDIRECCION DE EPS INGENIERIA Y EPS



VIGAS Y LOSAS SEGUNDO NIVEL

ESCALA: 1/75



VIGAS Y LOSAS PRIMER NIVEL

ESCALA: 1/75

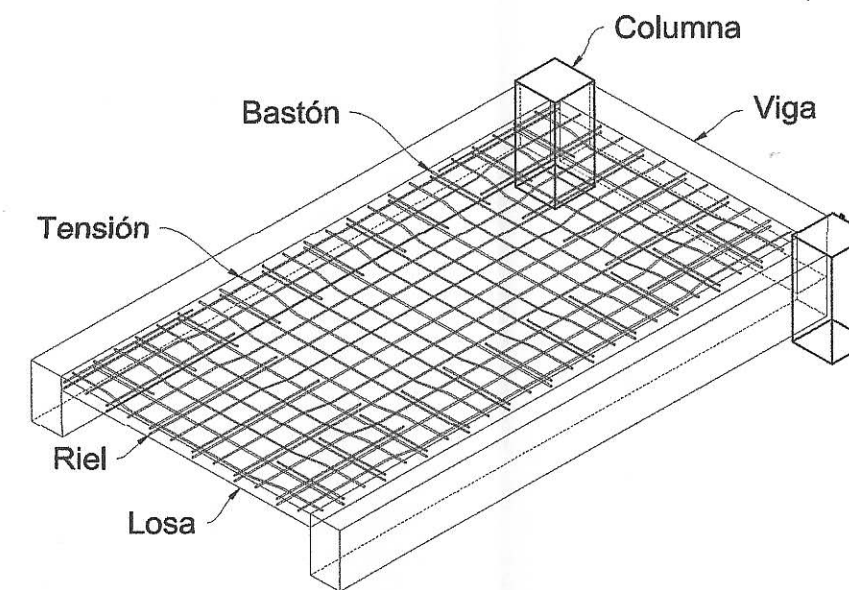
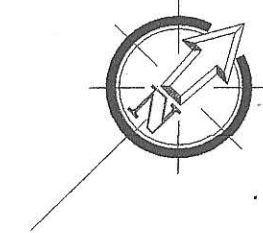
ESPECIFICACIONES:

Diseño de losas: Método 3 ACI 3185-11
 Concreto 3,000 PSI
 Acero Grado 40
 Espesor de losa 0.12m
 Recubrimiento 2.54cm

Armado segundo nivel:
 No. 4 @ 0.20m en ambos sentidos

Armado primer nivel:
 No. 4 @ 0.20m en el sentido longitudinal
 No. 4 @ 0.15m en el sentido transversal

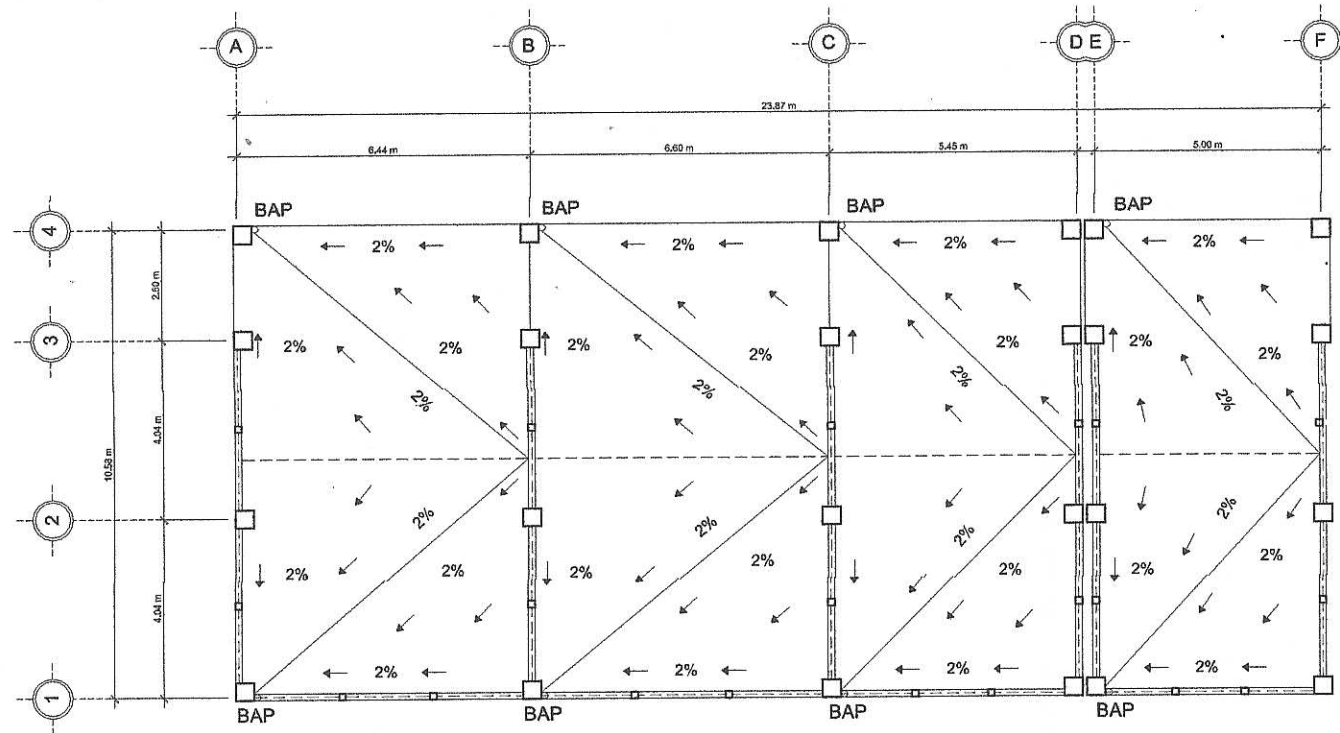
Armado losa de ingreso a pasillo:
 No. 4 @ 0.20m en ambos sentidos



ISOMETRICO DE ARMADO DE LOSA

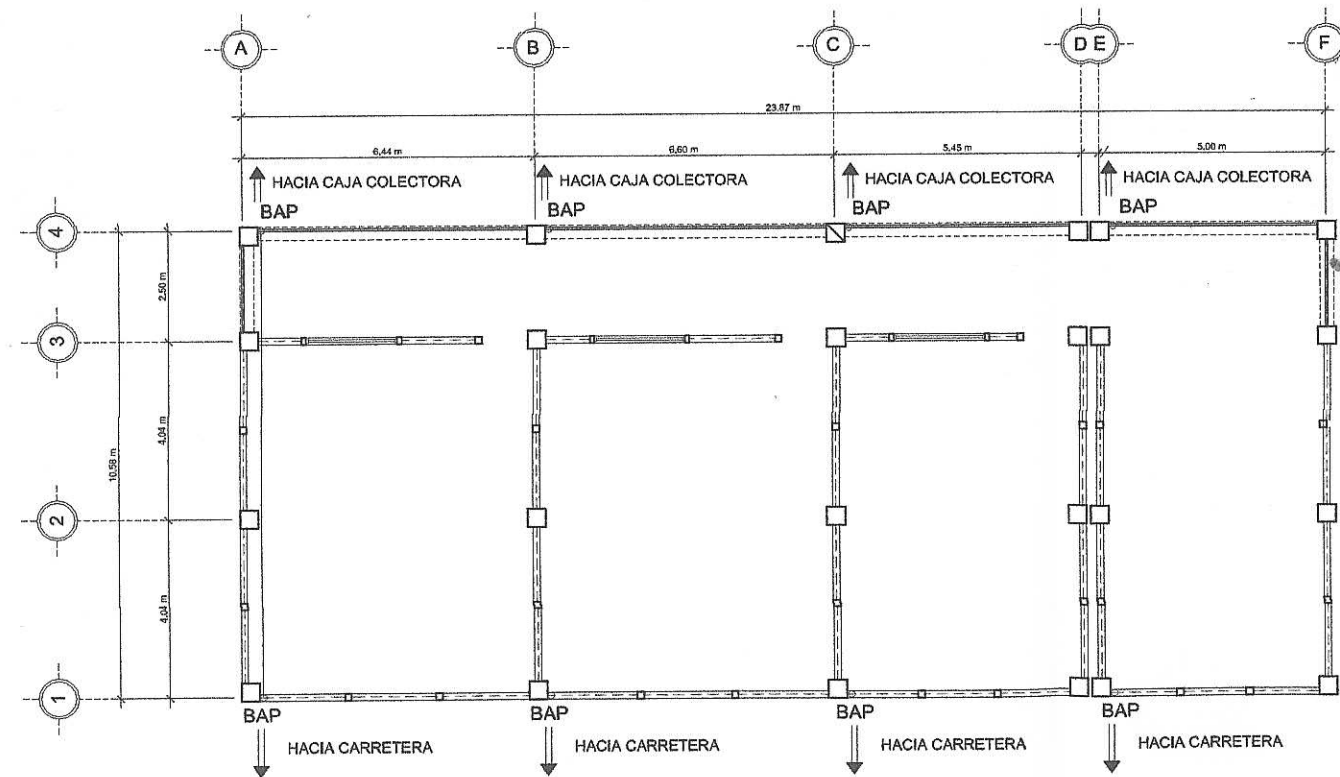
SIN ESCALA

 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
PROYECTO: AMPLIACION EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES ALDEA EL DURAZNO, CHIMAUTLA	
CONTENIDO: PLANTA DE VIGAS Y LOSAS	ESCALA: INDICADA FECHA: SEPTIEMBRE 2015
DISEÑADO: KEVIN OTTONIEL RODRIGUEZ CAHUEQUE CARNET: 2012-20112	CRUCADO: KEVIN OTTONIEL RODRIGUEZ CAHUEQUE CARNET: 2012-12494
ASESORADO: UNIDAD MAYA DE INGENIERIA Y SUPERVISOR DE EPS FACULTAD DE INGENIERIA	
NO. 5 20	



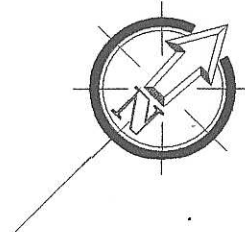
PLANTA INSTALACIONES PLUVIALES

ESCALA: 1/75



PLANTA INSTALACIONES PLUVIALES

ESCALA: 1/75



SIMBOLOGIA

BAP BAJADA DE AGUA PLUVIAL


➔ INDICA DIRECCION DE PENDIENTE

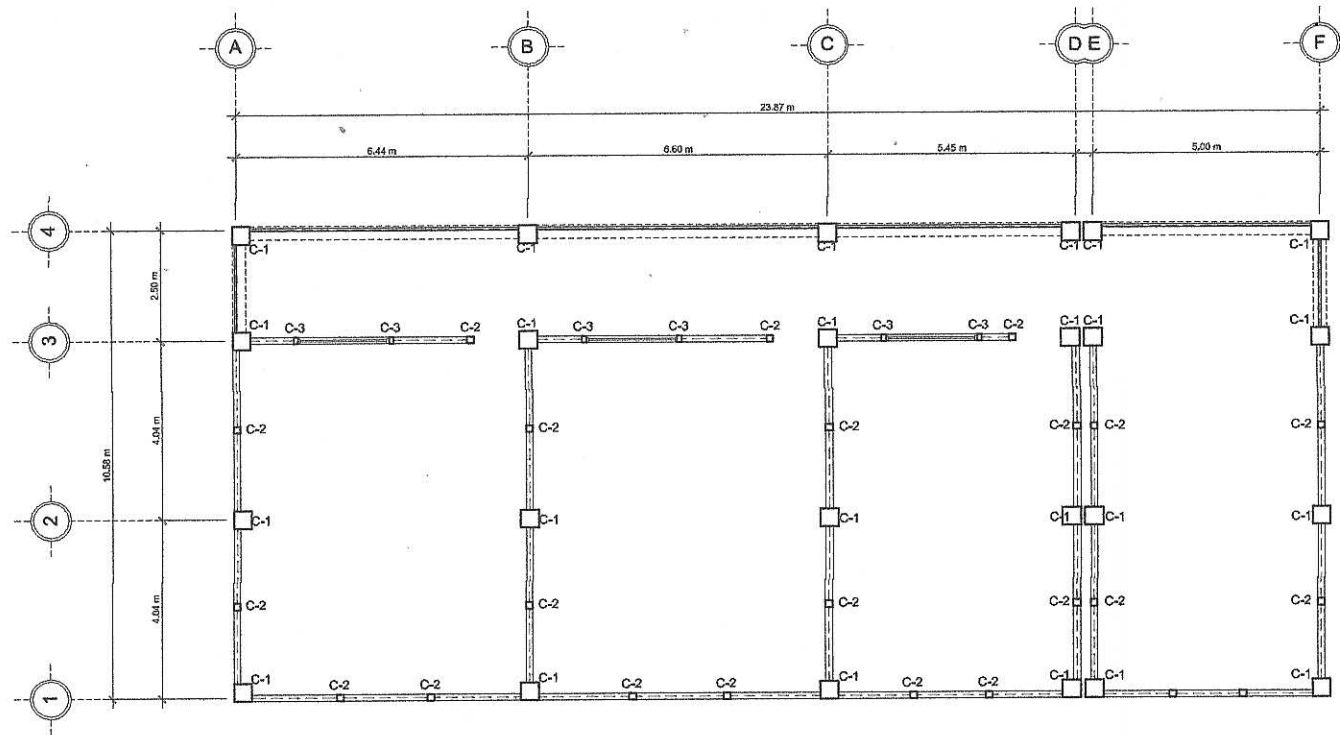
➡ INDICA DESFOGUE

ESPECIFICACIONES:

La única instalación hidráulica en el edificio es la de bajada de agua pluvial, ya que el diseño es puramente para salones de clase, ya poseen servicios sanitarios

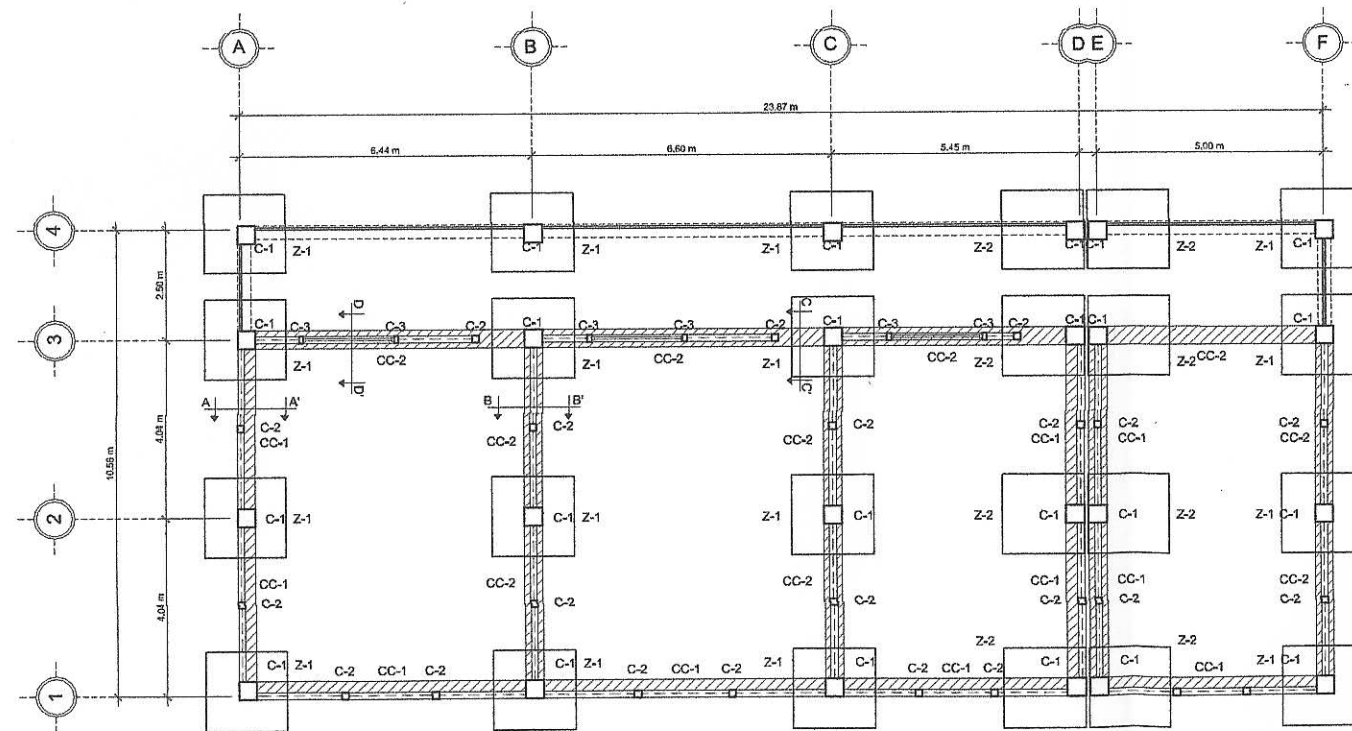
Para la bajada de agua pluvial se utilizará tubería color naranja de 6"

 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
PROYECTO: AMPLIACION EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES ALDEA EL DURAZNO, CHIMALTU.	
CONTENIDO: PLANTA DE INSTALACIONES HIDRAULICAS	ESCALA: INDICADA FECHA: SEPTIEMBRE 2018
DISEÑO: KEVIN OTTONIEL RODRIGUEZ CAHUEQUE CARNET: 2012-2012	DISEÑO: KEVIN OTTONIEL RODRIGUEZ CAHUEQUE CARNET: 2012-1248/1774
HOJA No: 6 20	



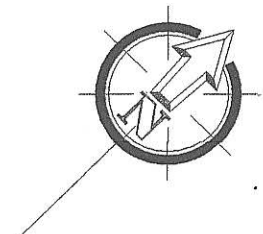
SEGUNDO NIVEL, MUROS

ESCALA: 1/75

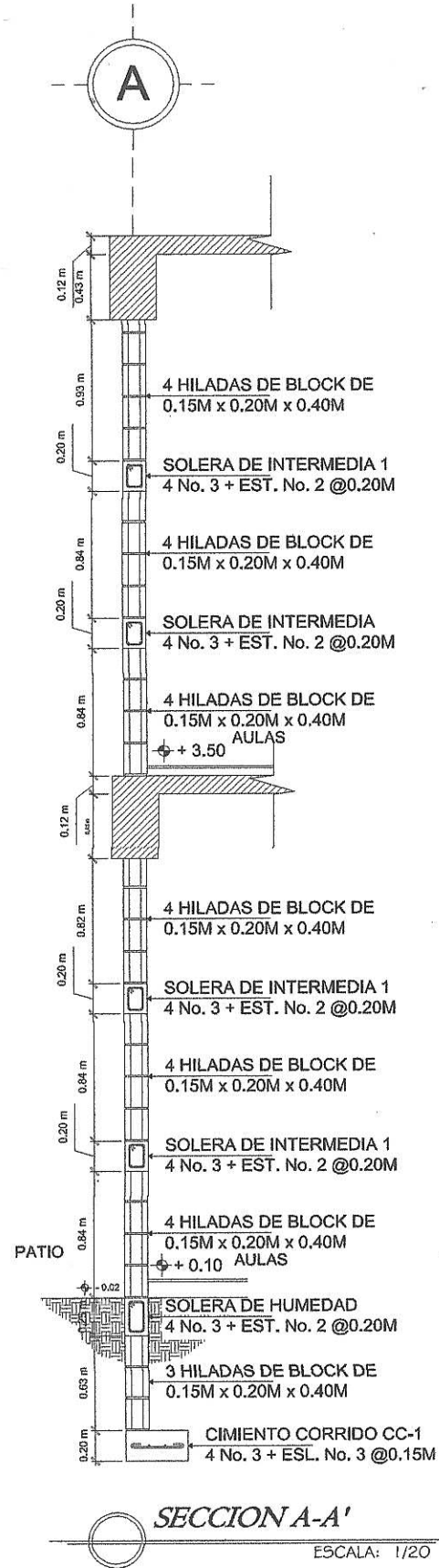


PRIMER NIVEL, CIMIENTOS Y MUROS

ESCALA: 1/75

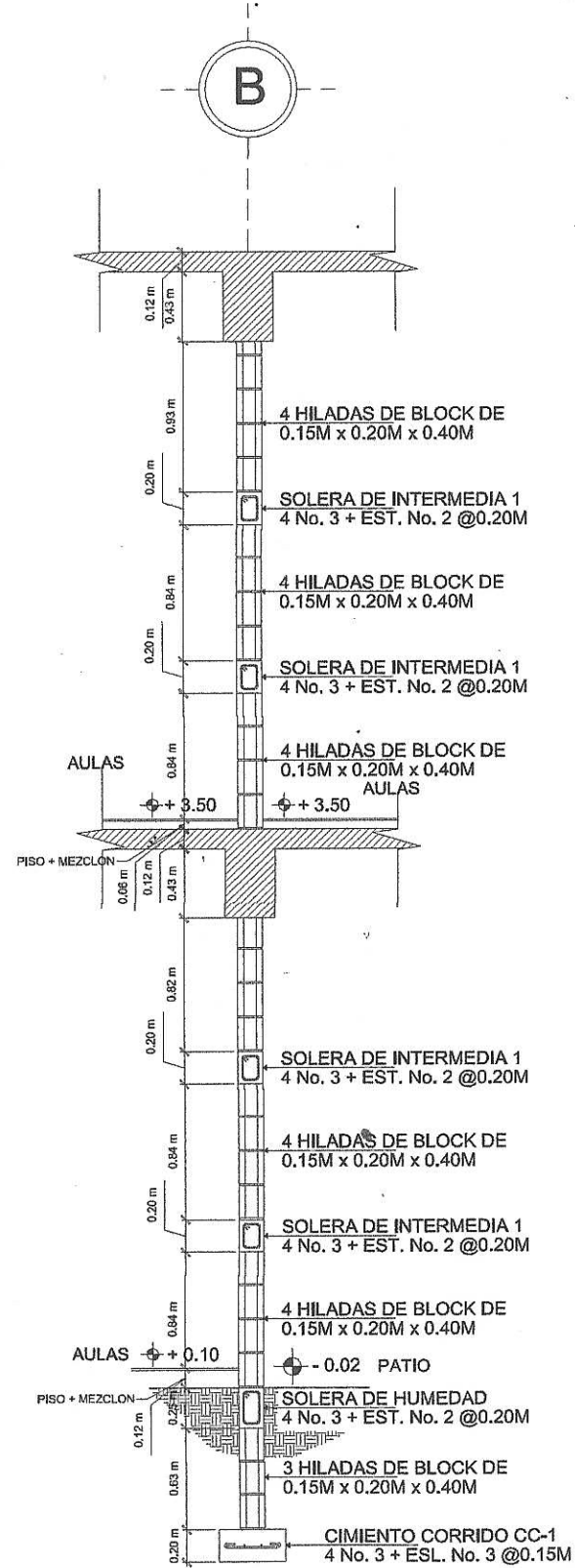


	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
	PROYECTO: AMPLIACION EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES ALDEA EL DURAZNO, CHINAUTLA	
CONTENIDO: PLANTA DE CIMIENTOS	ESCALA INDICADA: 1/75	FECHA: SEPTIEMBRE 2018
DISEÑO: KEVIN OTTONIEL RODRIGUEZ CAHUEQUE CARNET: 2012-20112	REVISOR: KEVIN OTTONIEL RODRIGUEZ CAHUEQUE CARNET: 2012-12454	HOJA No: 7 20
ASESURA: UNIDAD MAYABEBECA S.A. DE C.A. DE INGENIERIA Y EPS SUPERVISOR DE OBRAS		



SECCION A-A'

ESCALA: 1/20



SECCION B-B'

ESCALA: 1/20

ESPECIFICACIONES:


Concreto 3,000 PSI

Levantado de muro tipo sogá

Relación de mortero 3:1

Resistencia de Block 60 kg/cm²

Block de 0.15m x 0.20m x 0.40m


 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO:
 AMPLIACION EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES
 ALDEA EL DURAZNO, CHIHUAUTLA

DISEÑADOR: KEVIN OTTONIEL RODRIGUEZ CAHUEQUE
 CARNET: 2013-20112

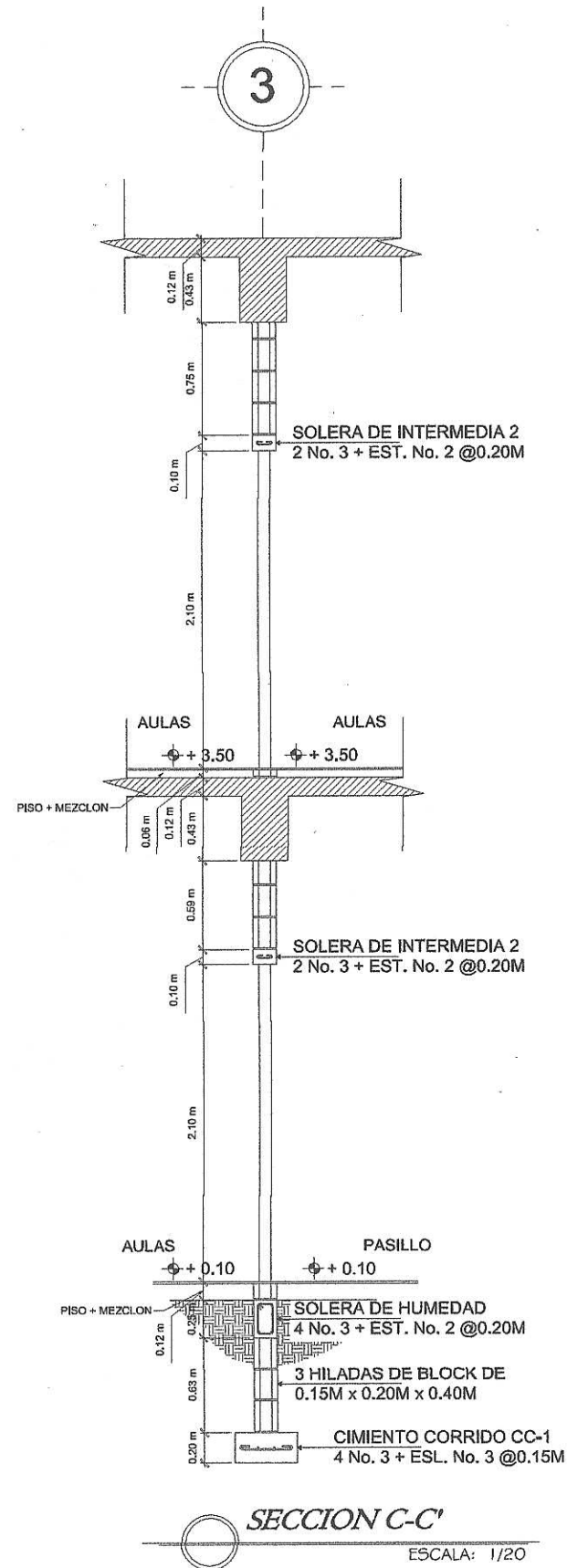
DISEÑADOR: KEVIN OTTONIEL RODRIGUEZ CAHUEQUE
 CARNET: 2013-12494

SUPERVISOR DE EPS:
 ING. MYRA REBELLE SORIANO DE SIERRA

ESCALA INDICADA:
 FECHA: SEPTIEMBRE 2015

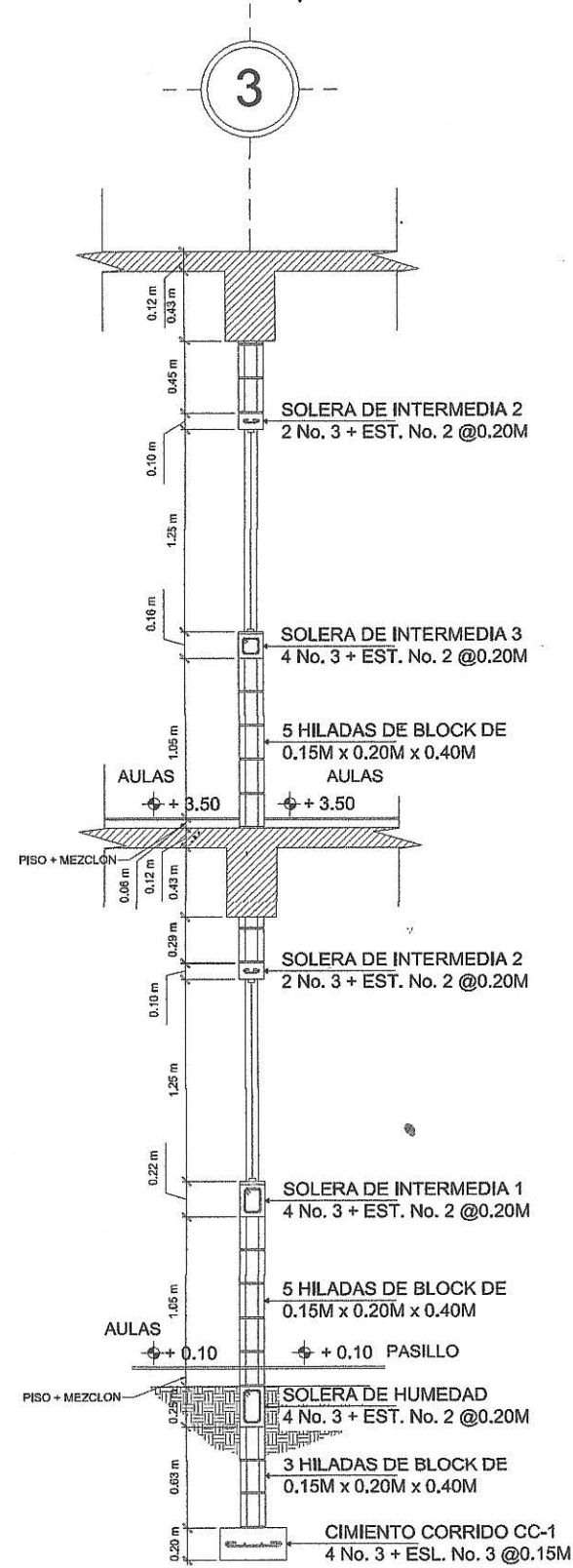
HOJAS:
 8 / 20

Unidad de EPS
 SUPERVISOR DE EPS



SECCION C-C'

ESCALA: 1/20



SECCION D-D'

ESCALA: 1/20

ESPECIFICACIONES:


Concreto 3,000 PSI

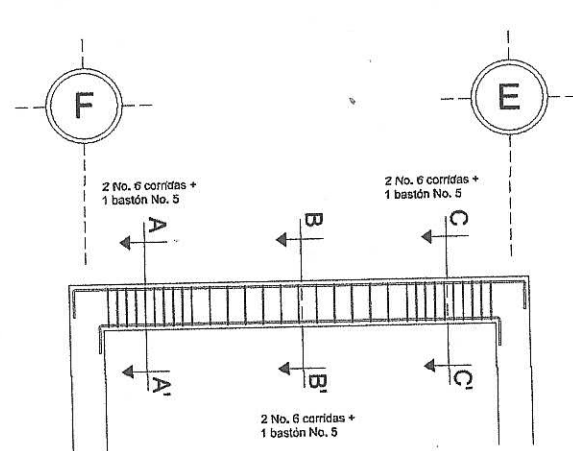
Levantado de muro tipo sogá

Relación de mortero 3:1

Resistencia de Block 60 kg/cm²

Block de 0.15m x 0.20m x 0.40m

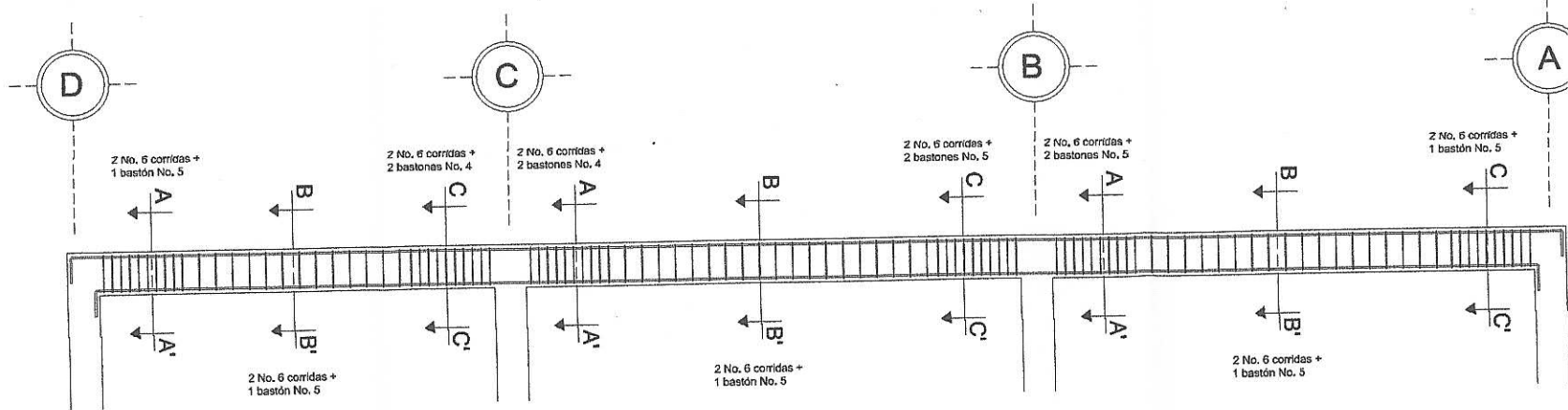
 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
PROYECTO: AMPLIACION EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES ALDEA EL DURAZNO, CIBAUTLA	
CONTENIDO: DETALLES DE CORTE DE MURO	ESCALA INDICADA: FECHA: SEPTIEMBRE 2019
DISEÑO: KEVIN OTTONIEL RODRIGUEZ CANEQUE CARNET: 2012-20112	DIBUJO: KEVIN OTTONIEL RODRIGUEZ CANEQUE CARNET: 2012-20112
ASESURA: ING. MAYRA REYES MORALES DE SIERRA SUPERVISOR DE EPS	
HOJA No. 9 / 20	



DETALLE DE ARMADO DE VIGA V-3

SEGUNDO NIVEL

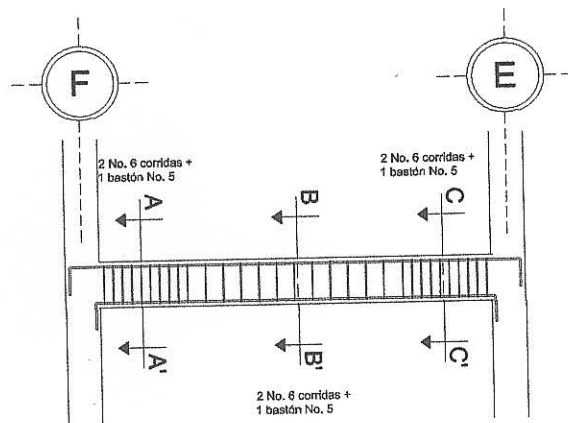
ESCALA: 1/40



DETALLE DE ARMADO DE VIGA V-1

SEGUNDO NIVEL

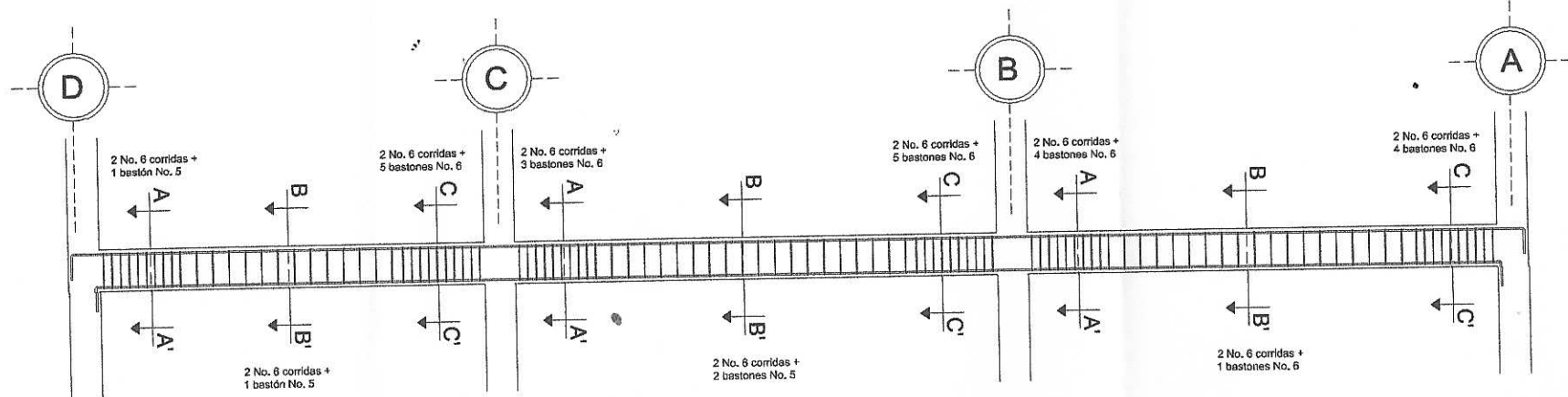
ESCALA: 1/40



DETALLE DE ARMADO DE VIGA V-3

PRIMER NIVEL

ESCALA: 1/40



DETALLE DE ARMADO DE VIGA V-1

PRIMER NIVEL

ESCALA: 1/40

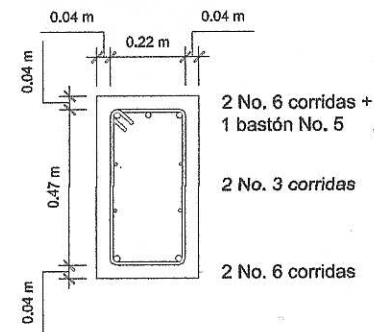
ESPECIFICACIONES:

Concreto 3,000 PSI
 F_y 2810 kg/cm²
 Recubrimiento 4,00cm

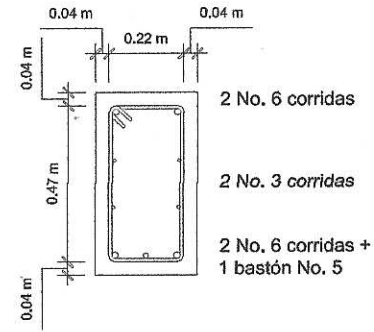
Separación de estribos al centro 20,00cm
 Máximo a una separación $d/2$

Primer estribo cerrado de confinamiento 5,00cm
 Separación de estribos de confinamiento 10,00cm
 Hasta una distancia de 2h

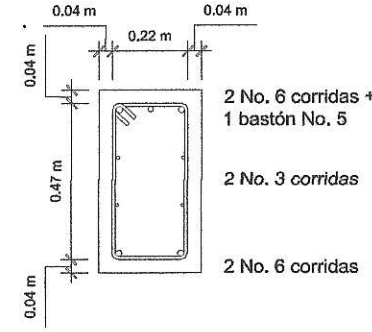
 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
PROYECTO: AMPLIACION EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES ALDEA EL DURAZNO, CHINAUTLA	
COMITADO: DETALLE DE ARMADO DE VIGAS	ESCALA INDICADA: FORMA: SEPTIEMBRE 2016
DISEÑO: KEVIN OTTONIEL RODRIGUEZ CAHUEQUE CARNET: 2012-20112	SUPERVISOR: KEVIN OTTONIEL RODRIGUEZ CAHUEQUE CARNET: 2012-1264
ASOCIACION DE INGENIEROS Y EPS INGENIERIA Y EPS Unidad de Ingeniería y EPS	
HOJA No.: 10 20	



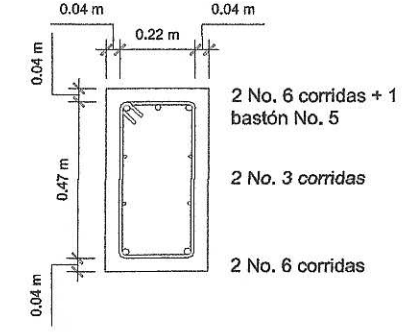
DETALLE DE ARMADO MARCO F-E
SECCION A-A' ESCALA: 1/10



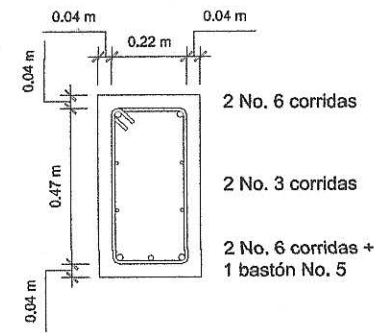
DETALLE DE ARMADO MARCO F-E
SECCION B-B' ESCALA: 1/10



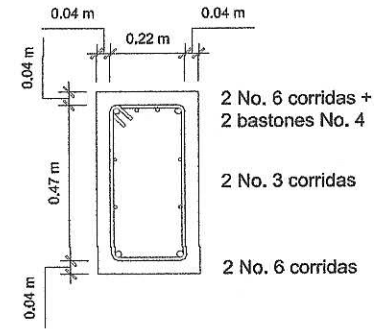
DETALLE DE ARMADO MARCO F-E
SECCION C-C' ESCALA: 1/10



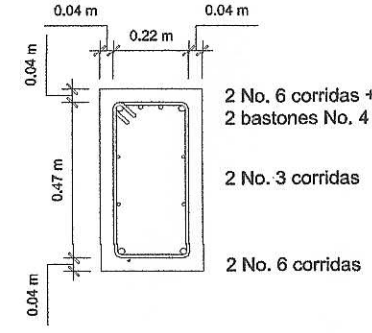
DETALLE DE ARMADO MARCO D-C
SECCION A-A' ESCALA: 1/10



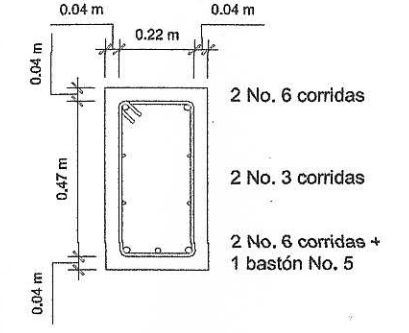
DETALLE DE ARMADO MARCO D-C
SECCION B-B' ESCALA: 1/10



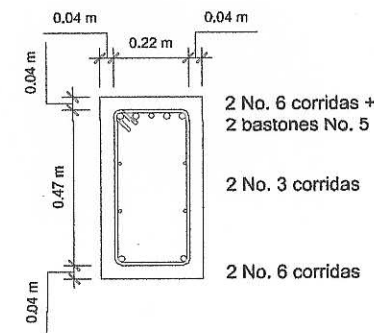
DETALLE DE ARMADO MARCO D-C
SECCION C-C' ESCALA: 1/10



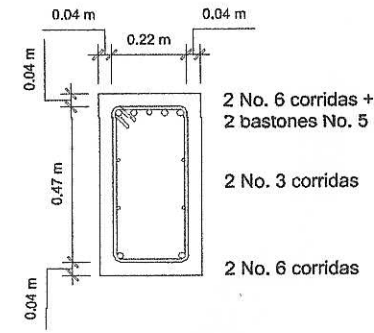
DETALLE DE ARMADO MARCO C-B
SECCION A-A' ESCALA: 1/10



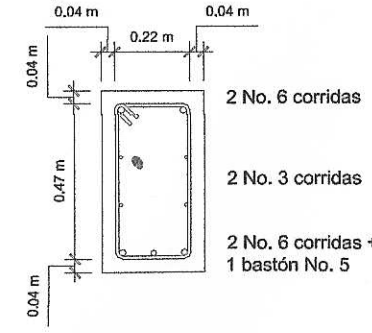
DETALLE DE ARMADO MARCO C-B
SECCION B-B' ESCALA: 1/10



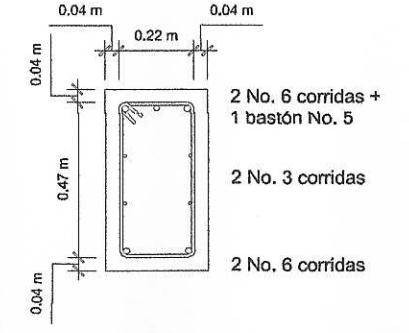
DETALLE DE ARMADO MARCO C-B
SECCION C-C' ESCALA: 1/10



DETALLE DE ARMADO MARCO B-A
SECCION A-A' ESCALA: 1/10



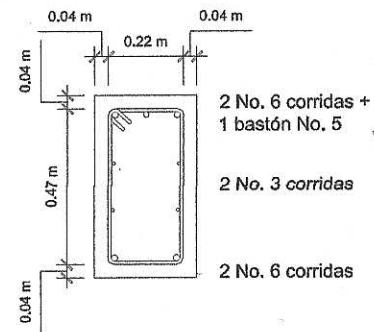
DETALLE DE ARMADO MARCO B-A
SECCION B-B' ESCALA: 1/10



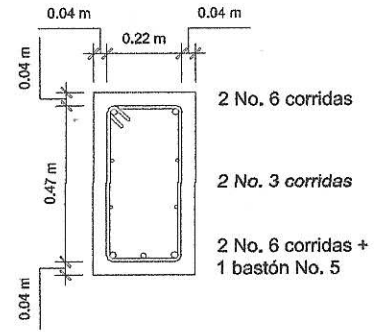
DETALLE DE ARMADO MARCO B-A
SECCION C-C' ESCALA: 1/10

DETALLE DE ARMADO DE VIGAS SENTIDO X SEGUNDO NIVEL

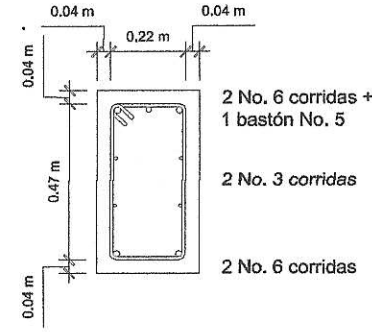
 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
PROYECTO: AMPLIACION EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES ALDEA EL DURAZNO, CHINAUTLA	
CONHECIDO: DETALLE DE ARMADO DE VIGAS	ESCALA INDICADA: 11/20 FECHA: SEPTIEMBRE 2018
DISEÑO: KEVIN OTTONIEL RODRIGUEZ CAHUEQUE CARNET: 2012-2012	DISEÑO: KEVIN OTTONIEL RODRIGUEZ CAHUEQUE CARNET: 2012-12484
ASESORA: UNIDAD DE INGENIERIA Y SUPERVISION DE EPS ING. MAYRA ROBERTA SORIA DE SIERRA SUPERVISOR DE EPS	



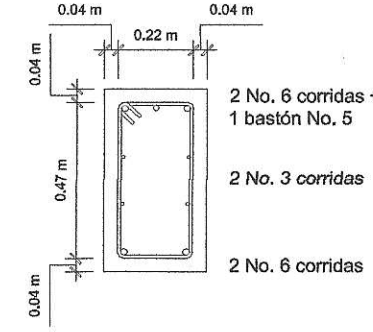
DETALLE DE ARMADO MARCO F-E
SECCION A-A' ESCALA: 1/10



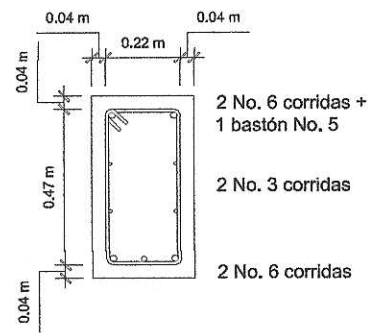
DETALLE DE ARMADO MARCO F-E
SECCION B-B' ESCALA: 1/10



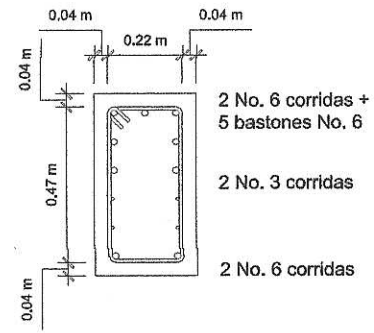
DETALLE DE ARMADO MARCO F-E
SECCION C-C' ESCALA: 1/10



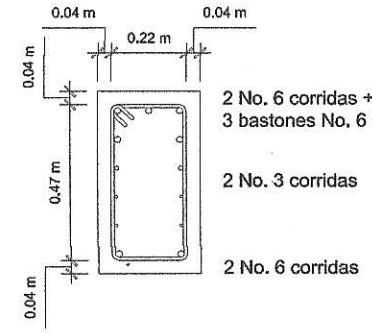
DETALLE DE ARMADO MARCO D-C
SECCION A-A' ESCALA: 1/10



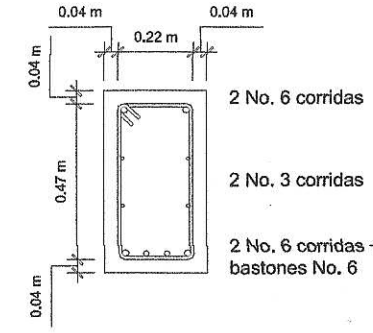
DETALLE DE ARMADO MARCO D-C
SECCION B-B' ESCALA: 1/10



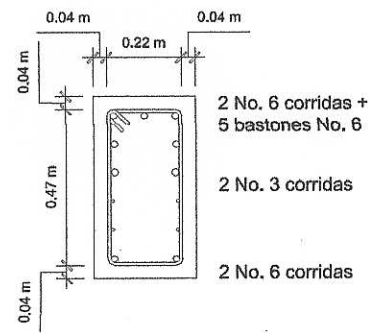
DETALLE DE ARMADO MARCO D-C
SECCION C-C' ESCALA: 1/10



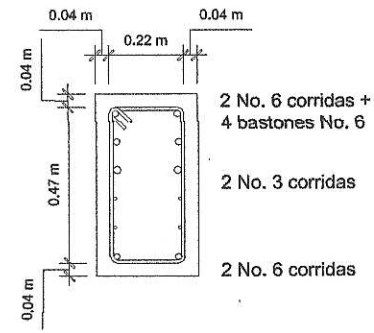
DETALLE DE ARMADO MARCO C-B
SECCION A-A' ESCALA: 1/10



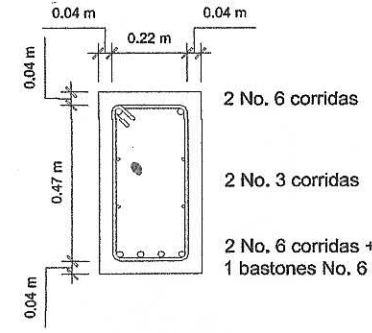
DETALLE DE ARMADO MARCO C-B
SECCION B-B' ESCALA: 1/10



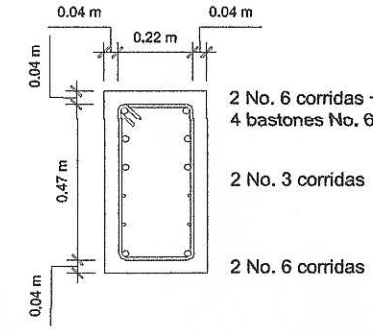
DETALLE DE ARMADO MARCO C-B
SECCION C-C' ESCALA: 1/10



DETALLE DE ARMADO MARCO B-A
SECCION A-A' ESCALA: 1/10



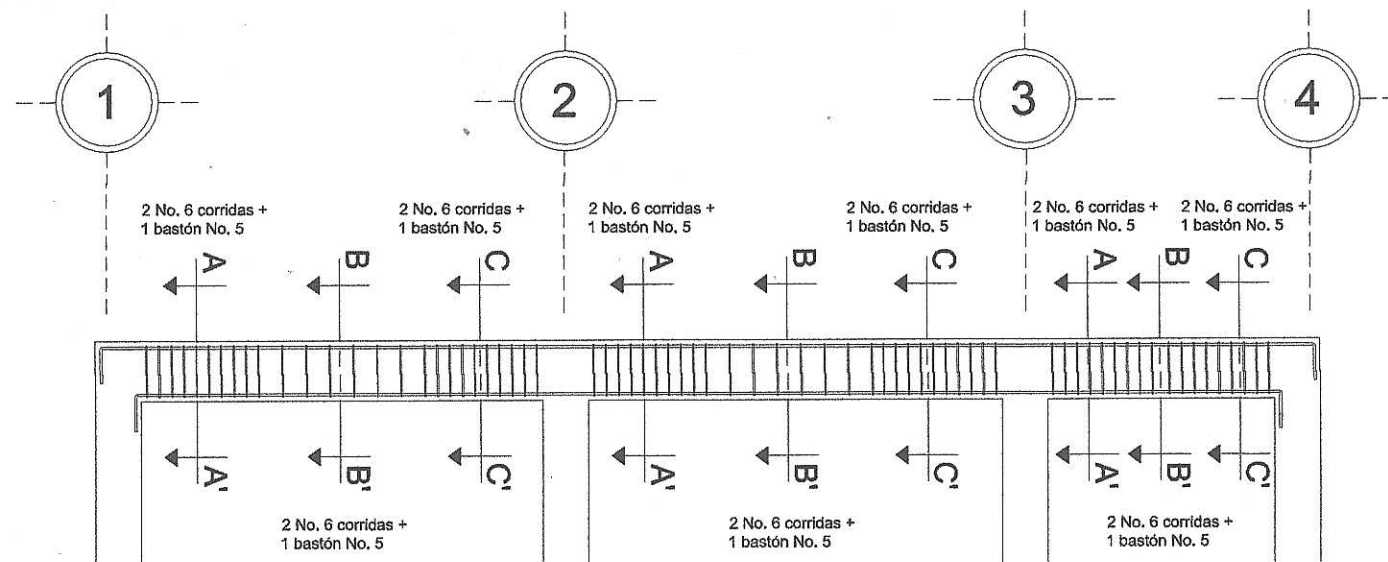
DETALLE DE ARMADO MARCO B-A
SECCION B-B' ESCALA: 1/10



DETALLE DE ARMADO MARCO B-A
SECCION C-C' ESCALA: 1/10

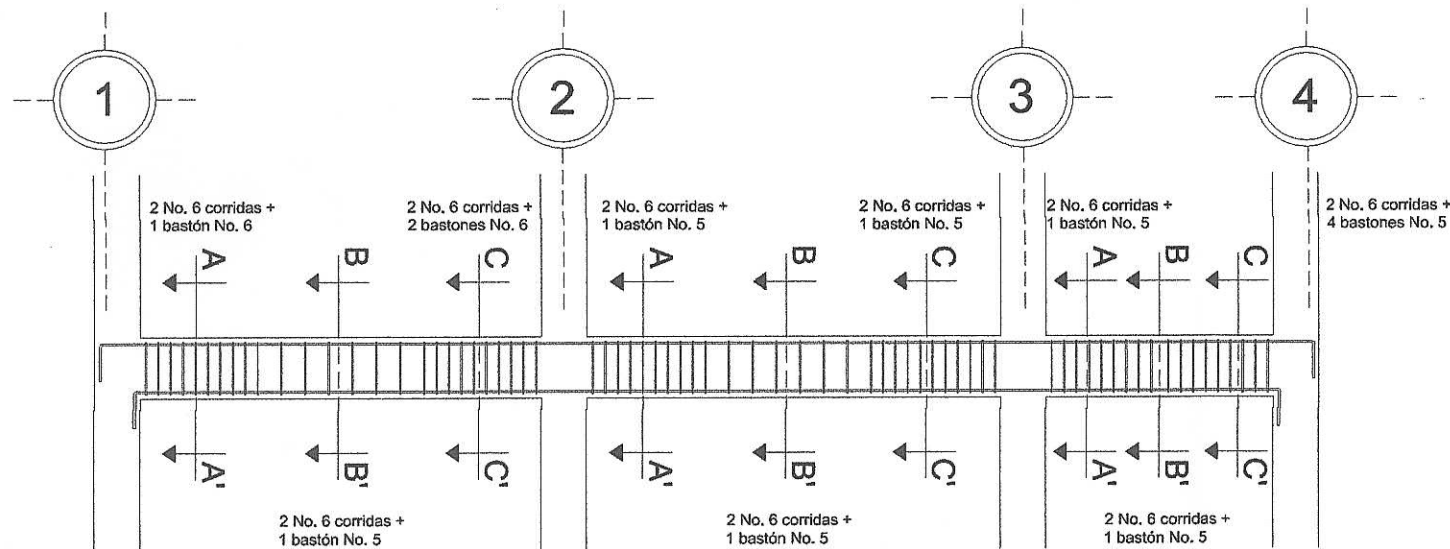
DETALLE DE ARMADO DE VIGAS SENTIDO X PRIMER NIVEL

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
	PROYECTO: AMPLIACION EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES ALDEA EL DURAZNO, CHIMULTA
CONTENIDO: DETALLE DE ARMADO DE VIGAS	ESCALA: INDICADA FECHA: SEPTIEMBRE 2018
DISEÑO: KEVIN OTTONIEL RODRIGUEZ CAHUEQUE CARNET: 2012-20112	REVISIÓN: KEVIN OTTONIEL RODRIGUEZ CAHUEQUE CARNET: 2012-20112
ASESORIA: UNIDAD DE ASSESORIA PARA DE EPS UNIDAD DE ASSESORIA PARA DE EPS SUPERVISOR DE EPS	HOJA No: 12 20



DETALLE DE ARMADO DE VIGA V-2
SEGUNDO NIVEL

ESCALA: 1/30



DETALLE DE ARMADO DE VIGA V-2
PRIMER NIVEL


ESCALA: 1/30

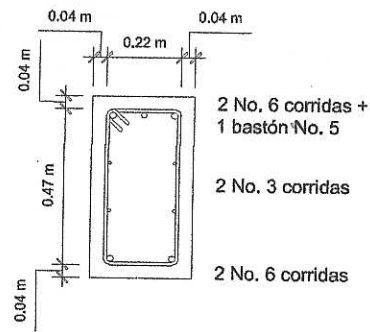
ESPECIFICACIONES:

Concreto 3,000 PSI
 F_y 2810 kg/cm²
 Recubrimiento 4.00cm

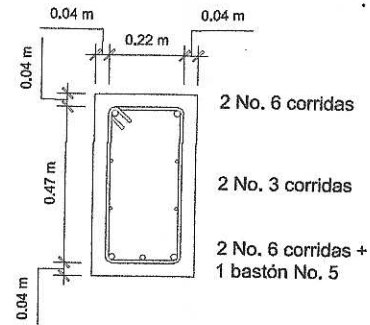
Primer estribo cerrado de confinamiento 5.00cm
 Separación de estribos de confinamiento 10.00cm
 Hasta una distancia de 2h

Separación de estribos al centro 20.00cm
 Máximo a una separación $d/2$

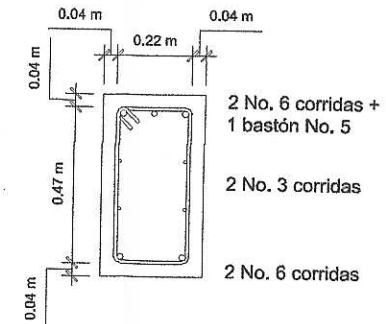
 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
PROYECTO: AMPLIACION EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES ALDEA EL DURAZNO, CIBAUTLA	
CONTENIDO: DETALLE DE ARMADO DE VIGAS	ESCALA: INDICADA FECHA: SEPTIEMBRE 2018
DISEÑO: KEVIN OTTONIEL RODRIGUEZ CAHUEQUE CARNET: 2012-20112	REVISOR: KEVIN OTTONIEL RODRIGUEZ CAHUEQUE CARNET: 2012-12484
ASESORA UNIDAD DE INGENIERIA Y SUPERVISOR DE EPS	
HOJA No: 13 20	



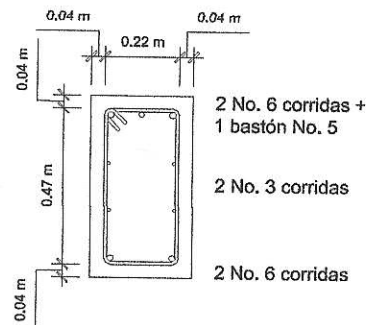
DETALLE DE ARMADO MARCO I-2
SECCION A-A' ESCALA: 1/10



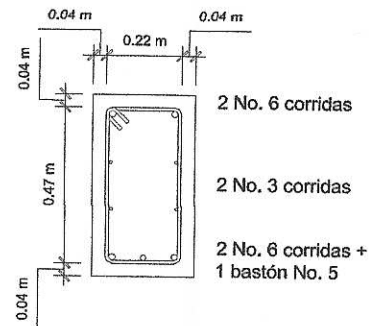
DETALLE DE ARMADO MARCO I-2
SECCION B-B' ESCALA: 1/10



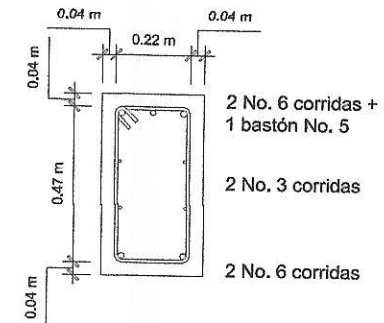
DETALLE DE ARMADO MARCO I-2
SECCION C-C' ESCALA: 1/10



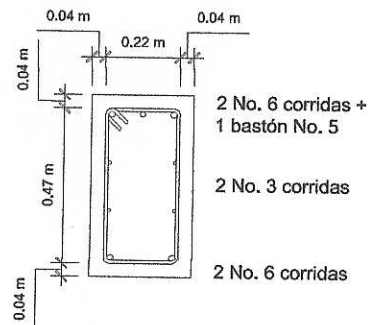
DETALLE DE ARMADO MARCO 2-3
SECCION A-A' ESCALA: 1/10



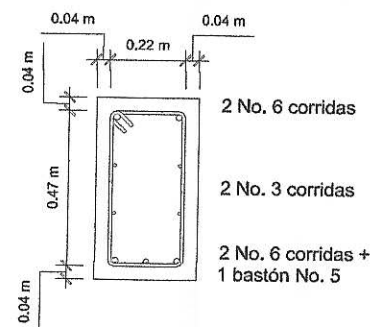
DETALLE DE ARMADO MARCO 2-3
SECCION B-B' ESCALA: 1/10



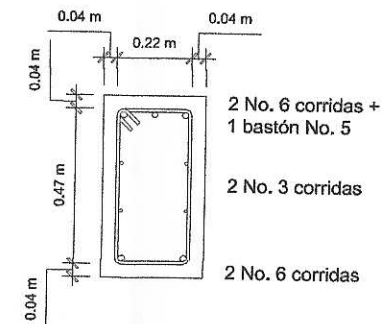
DETALLE DE ARMADO MARCO 2-3
SECCION C-C' ESCALA: 1/10



DETALLE DE ARMADO MARCO 3-4
SECCION A-A' ESCALA: 1/10




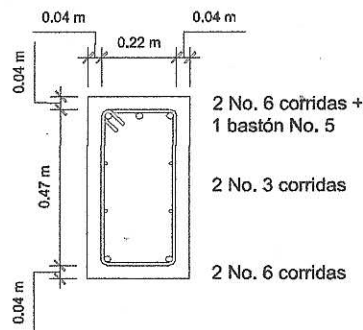
DETALLE DE ARMADO MARCO 3-4
SECCION B-B' ESCALA: 1/10



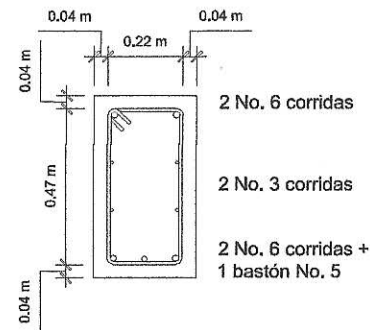
DETALLE DE ARMADO MARCO 3-4
SECCION C-C' ESCALA: 1/10

DETALLE DE ARMADO DE VIGAS SENTIDO Y SEGUNDO NIVEL

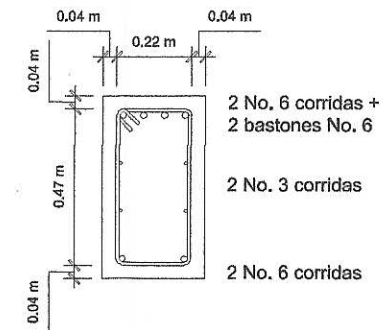
 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
PROYECTO: APLICACION EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES ALDEA EL DURAZNO, CIBUUTLA	
COMISARIO: DETALLE DE ARMADO DE VIGAS	ESCALA INDICADA: 1/10 FECHA: SEPTIEMBRE 2018
DISEÑO: KEVIN OTTONIEL RODRIGUEZ CAHUEQUE CARNET: 2012-20112	PERIODO: KEVIN OTTONIEL RODRIGUEZ CAHUEQUE CARNET: 2012-12454
ASESORIA: INGENIERIA Y EPS	
NO. 14 20	



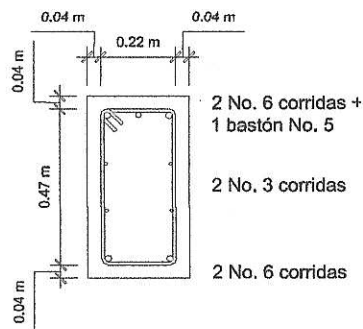
DETALLE DE ARMADO MARCO 1-2
SECCION A-A' ESCALA: 1/10



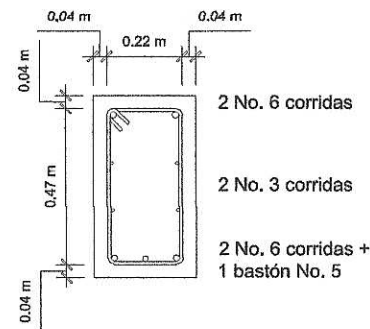
DETALLE DE ARMADO MARCO 1-2
SECCION B-B' ESCALA: 1/10



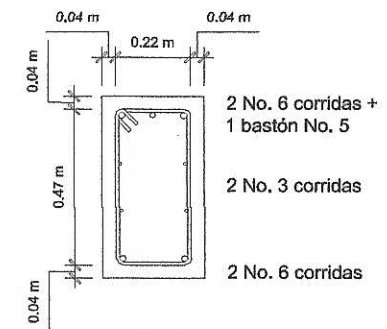
DETALLE DE ARMADO MARCO 1-2
SECCION C-C' ESCALA: 1/10



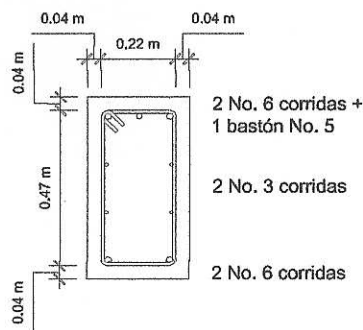
DETALLE DE ARMADO MARCO 2-3
SECCION A-A' ESCALA: 1/10



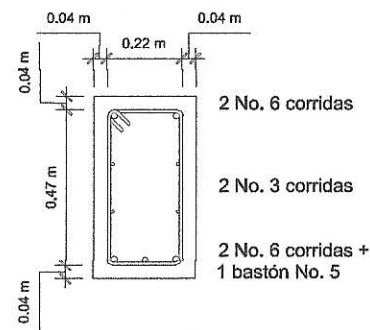
DETALLE DE ARMADO MARCO 2-3
SECCION B-B' ESCALA: 1/10



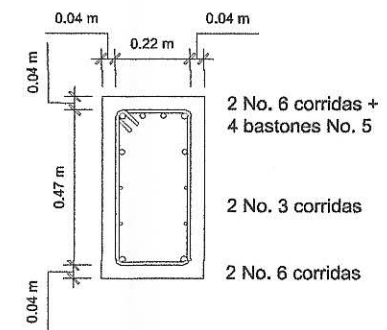
DETALLE DE ARMADO MARCO 2-3
SECCION C-C' ESCALA: 1/10



DETALLE DE ARMADO MARCO 3-4
SECCION A-A' ESCALA: 1/10




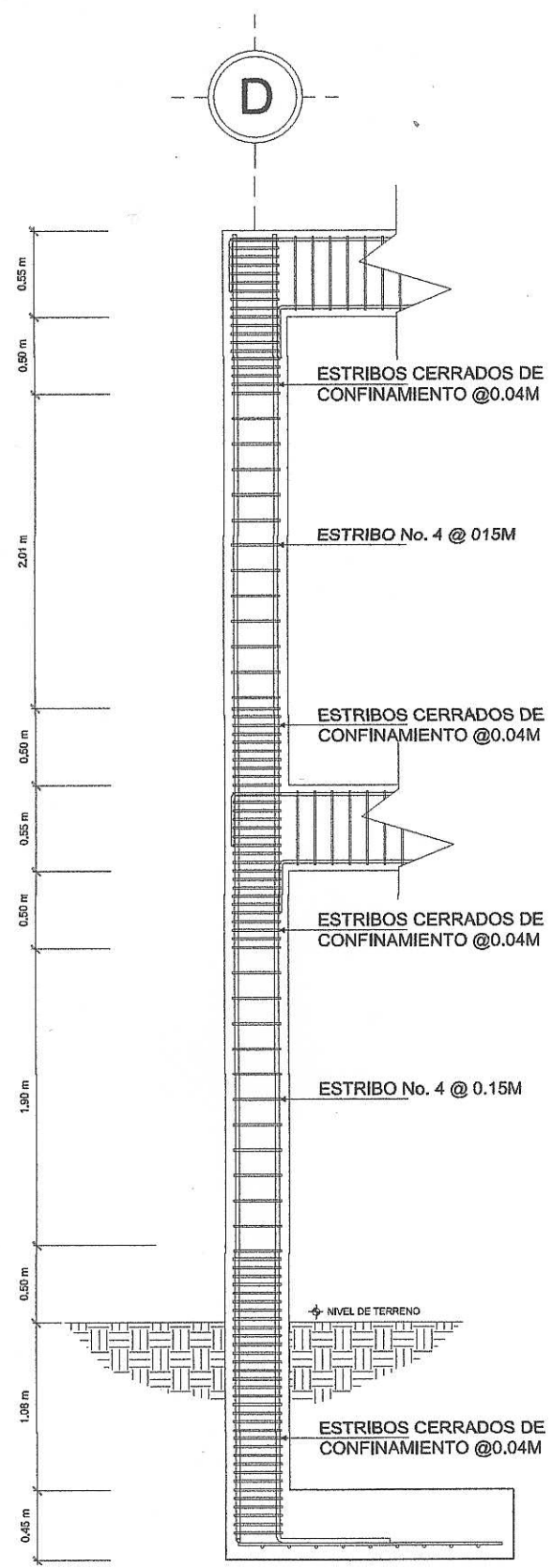
DETALLE DE ARMADO MARCO 3-4
SECCION B-B' ESCALA: 1/10



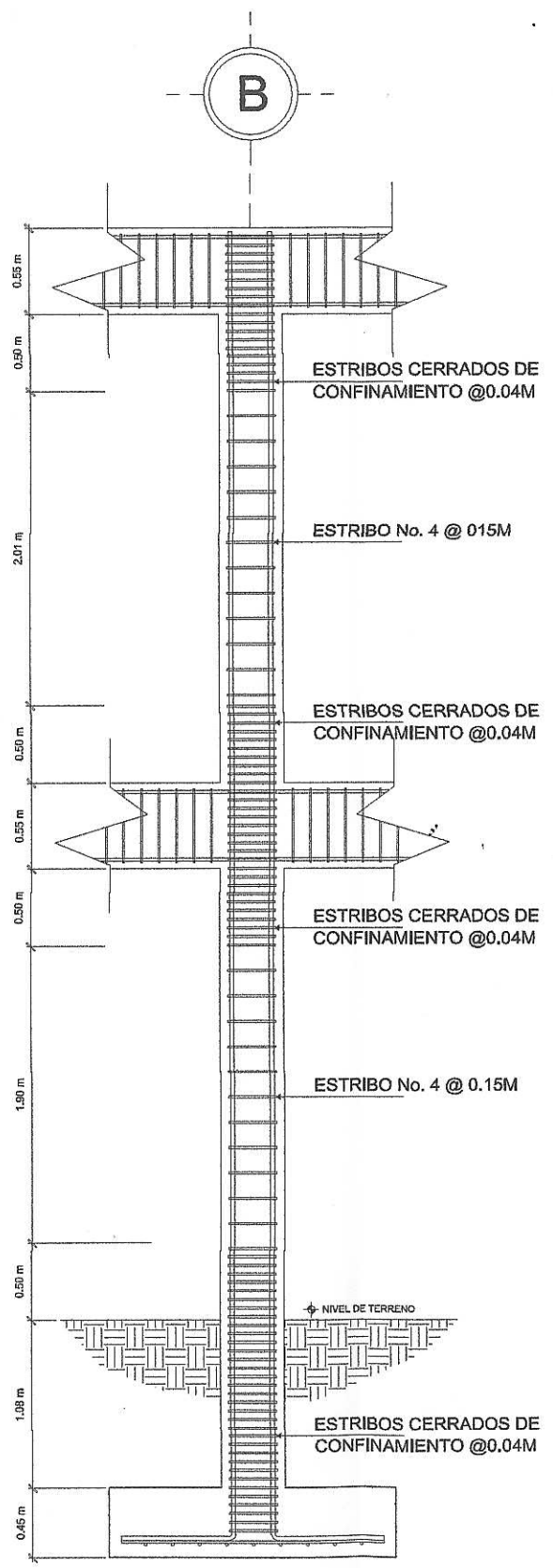
DETALLE DE ARMADO MARCO 3-4
SECCION C-C' ESCALA: 1/10

DETALLE DE ARMADO DE VIGAS SENTIDO Y
PRIMER NIVEL

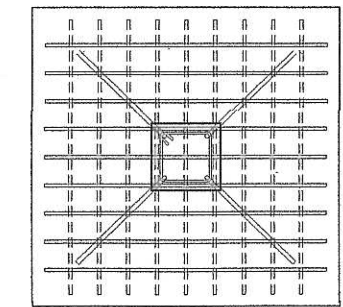
 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
PROYECTO: AMPLIACION EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES ALDEA EL DURAZNO, CHIMAUTLA	
CONTENIDO: DETALLE DE ARMADO DE VIGAS	ESCALA: INDICADA FECHA: SEPTIEMBRE 2015
DISEÑO: KEVIN OTTONIEL RODRIGUEZ CAHUEQUE CARNET: 2012-20112	DISEÑO: KEVIN OTTONIEL RODRIGUEZ CAHUEQUE CARNET: 2012-12494
INGENIERIA DE SIERRA INGA. MAYRA REYES GARCIA DE SIERRA SUPERVISOR DE EPS Unidad de Supervisión de Ingeniería y EPS	
HOJA No.: 15 20	



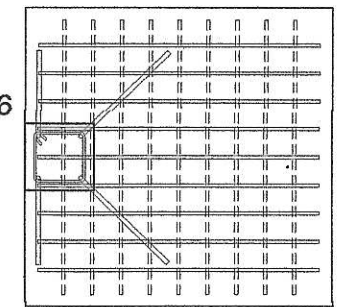
COLUMNA DE BORDE
ESCALA: 1/20



COLUMNA CENTRAL
ESCALA: 1/20

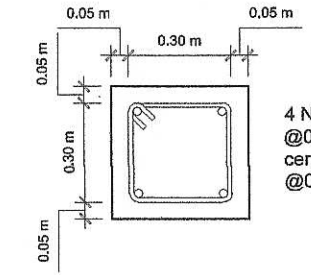


DETALLE DE ZAPATA Z-1
ESCALA: 1/25

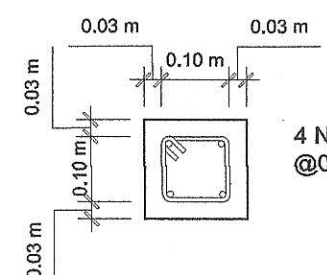


DETALLE DE ZAPATA Z-2
ESCALA: 1/25

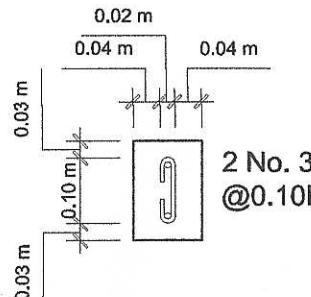
Armado con varilla No. 6
@0.15M en ambos
sentidos



COLUMNA C-1
ESCALA: 1/40



COLUMNA C-2
ESCALA: 1/80



COLUMNA C-3
ESCALA: 1/80

4 No. 8 + est. No. 4
@0.15M y est.
cerrado de conf.
@0.04M

4 No. 3 + est. No. 2
@0.10M

2 No. 3 + est. No. 2
@0.10M

ESPECIFICACIONES:

Concreto 3,000 PSI
Fy 28 10 kg/cm²

Zapata
Recubrimiento horizontal 5.00cm
Recubrimiento vertical 7.50cm

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

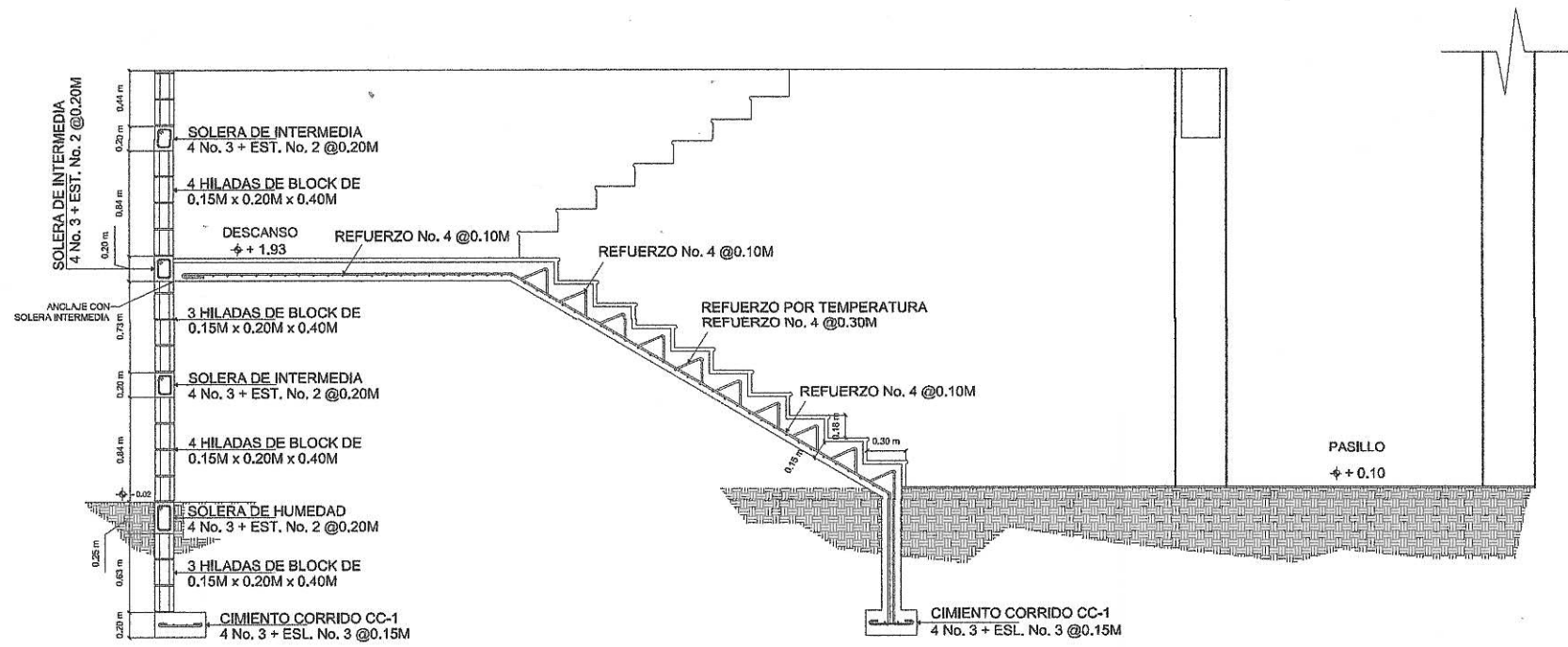
PROYECTO:
AMPLIACION EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES
ALDEA EL DURAZNO, CIBAUTLA

CONTENIDO:
DETALLE DE ARMADO DE COLUMNA Y ZAPATA

ESCALA INDICADA
FECHA: SEPTIEMBRE 2019

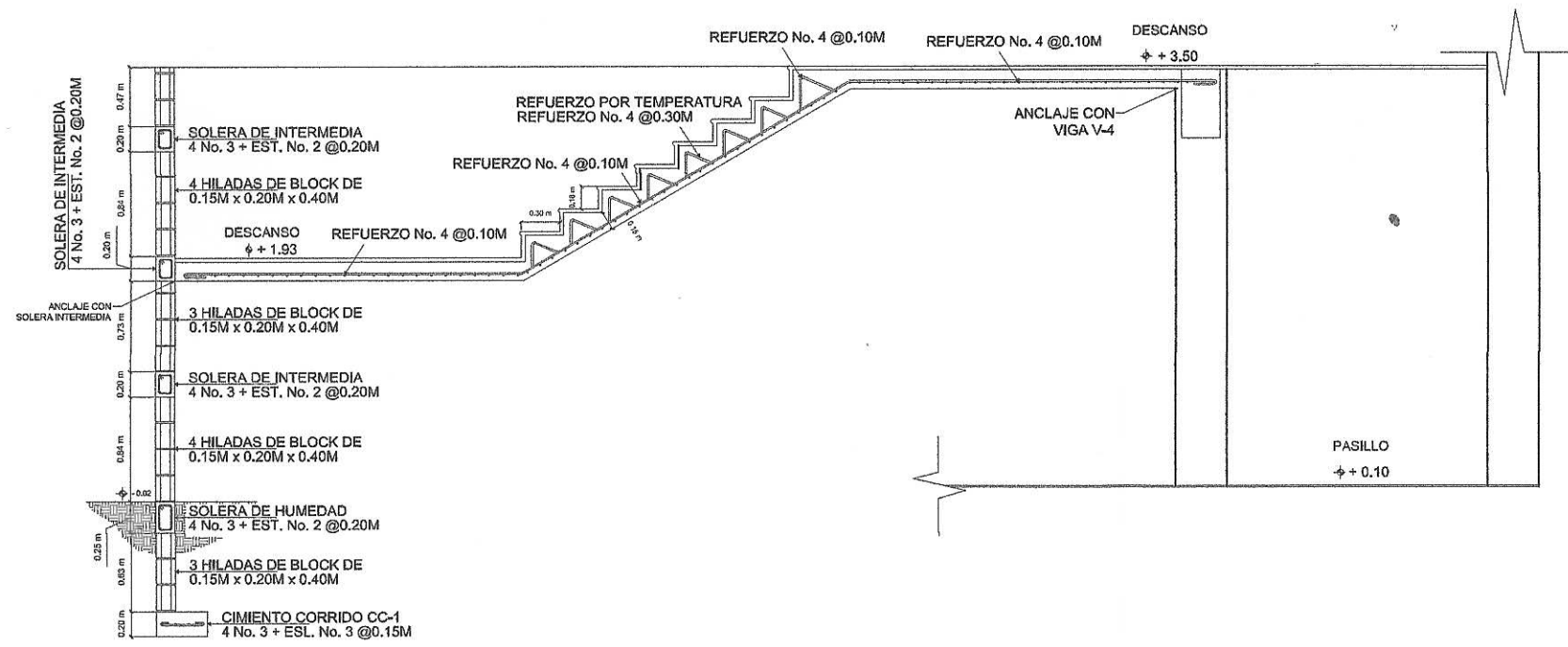
ASESORA: *[Signature]*
UNIDAD DE INGENIERIA Y EPS
SUPERVISOR DE EPS

NOIA No: **16/20**



DETALLE DE ARMADO MODULO DE GRADAS

ESCALA: 1/25



DETALLE DE ARMADO MODULO DE GRADAS

ESCALA: 1/25

ESPECIFICACIONES:

Concreto 3,000 PSI
Fy 2810 kg/cm²

Espesor de losa 0.12m

H = 18.00cm
C = 30.00cm

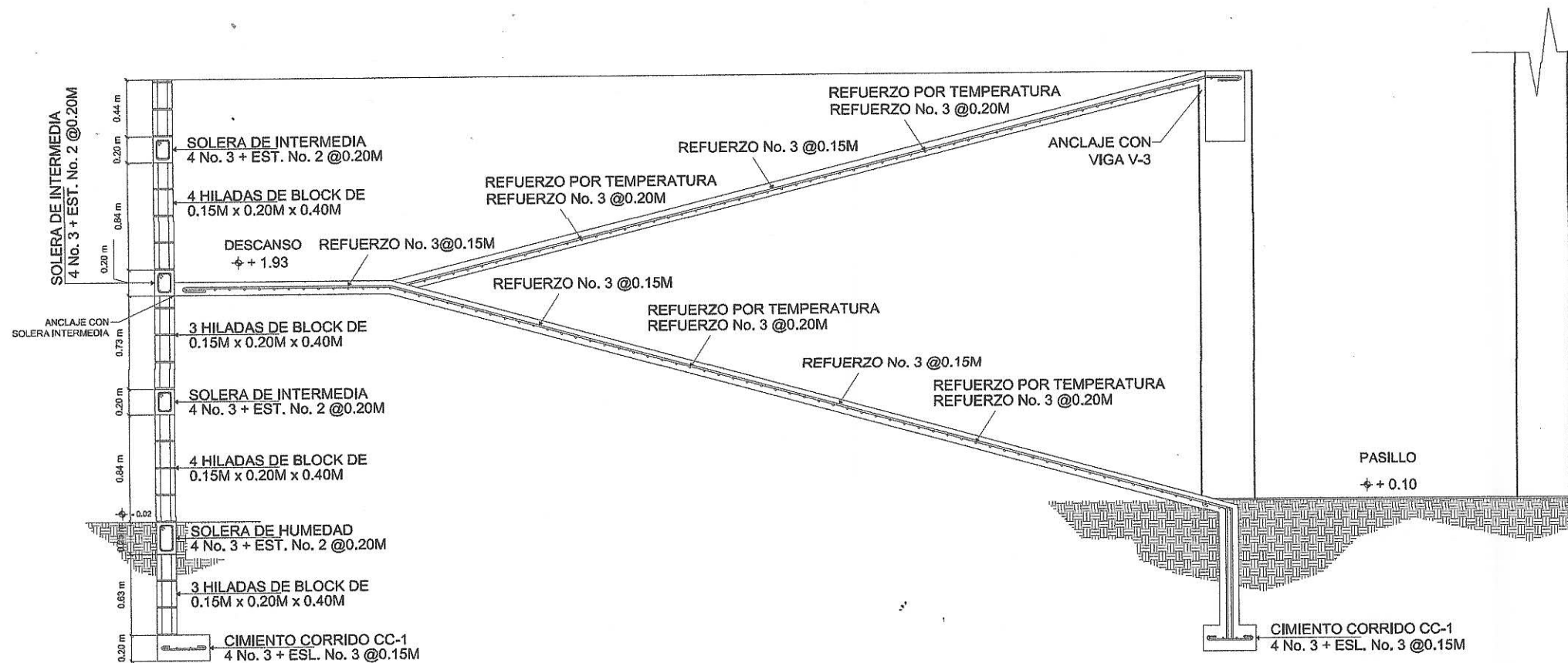
Armado módulo de gradas

Momento positivo No. 4 @ 0.10m
Momento negativo No. 4 @ 0.15m

Armado módulo de gradas por temperatura

No. 4 @ 0.30m

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
	PROYECTO: AMPLIACION EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES ALDEA EL DURAZNO, CIBANUTLA	
COMPAÑIA: DETALLE DE ARMADO DE MODULO DE GRADAS	ESCALA: INDICADA FECHA: SEPTIEMBRE 2015	HOJA No.: 17 20
DISEÑO: KEVIN OTTONIEL RODRIGUEZ CAHUEQUE CARNET: 2012-20112	DISEÑO: KEVIN OTTONIEL RODRIGUEZ CAHUEQUE CARNET: 2012-12493	ASESORADO: ING. MAYRA NEZUCO SUPERVISOR DE EPS



DETALLE DE ARMADO DE RAMPA

ESCALA: 1/20

ESPECIFICACIONES:

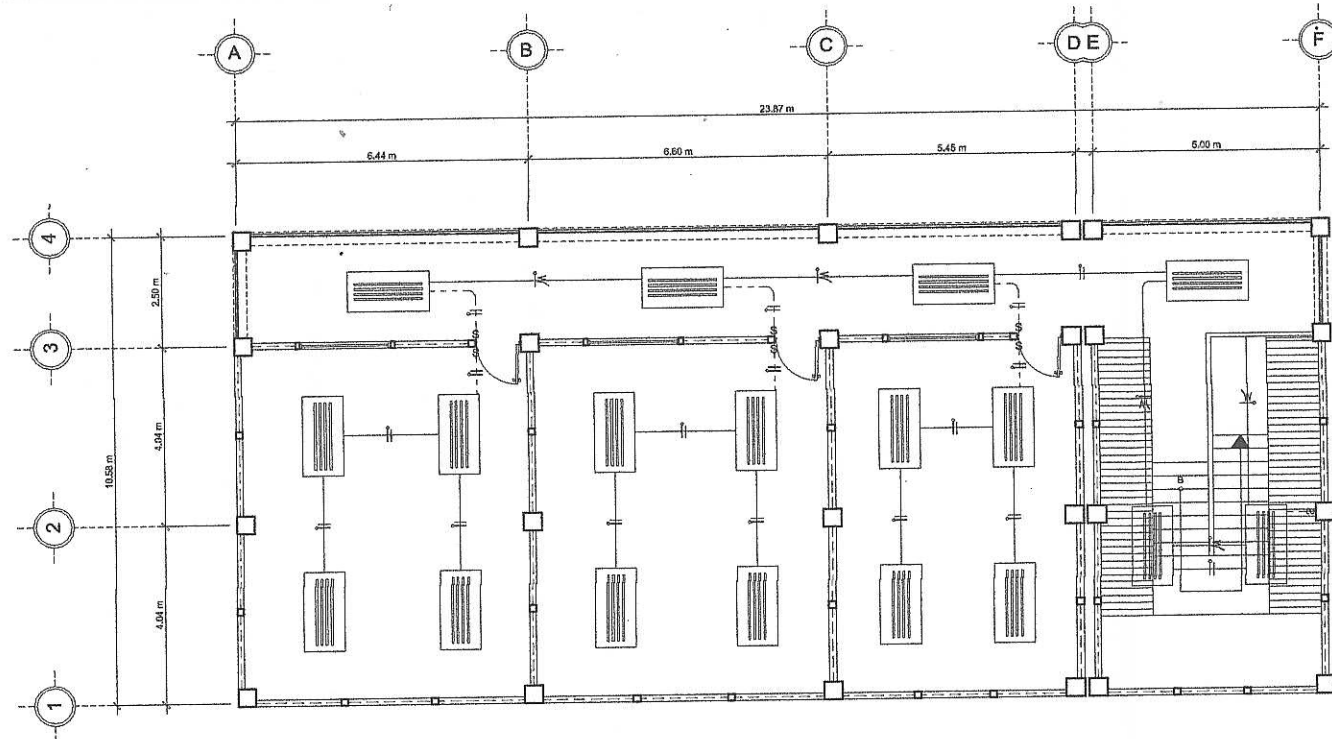
Concreto 3,000 PSI
 F_y 2810 kg/cm²

Espesor de losa = 0.10m

Armado de rampa
 Momento positivo No. 3@0.15m
 Momento negativo No. 3@0.15m

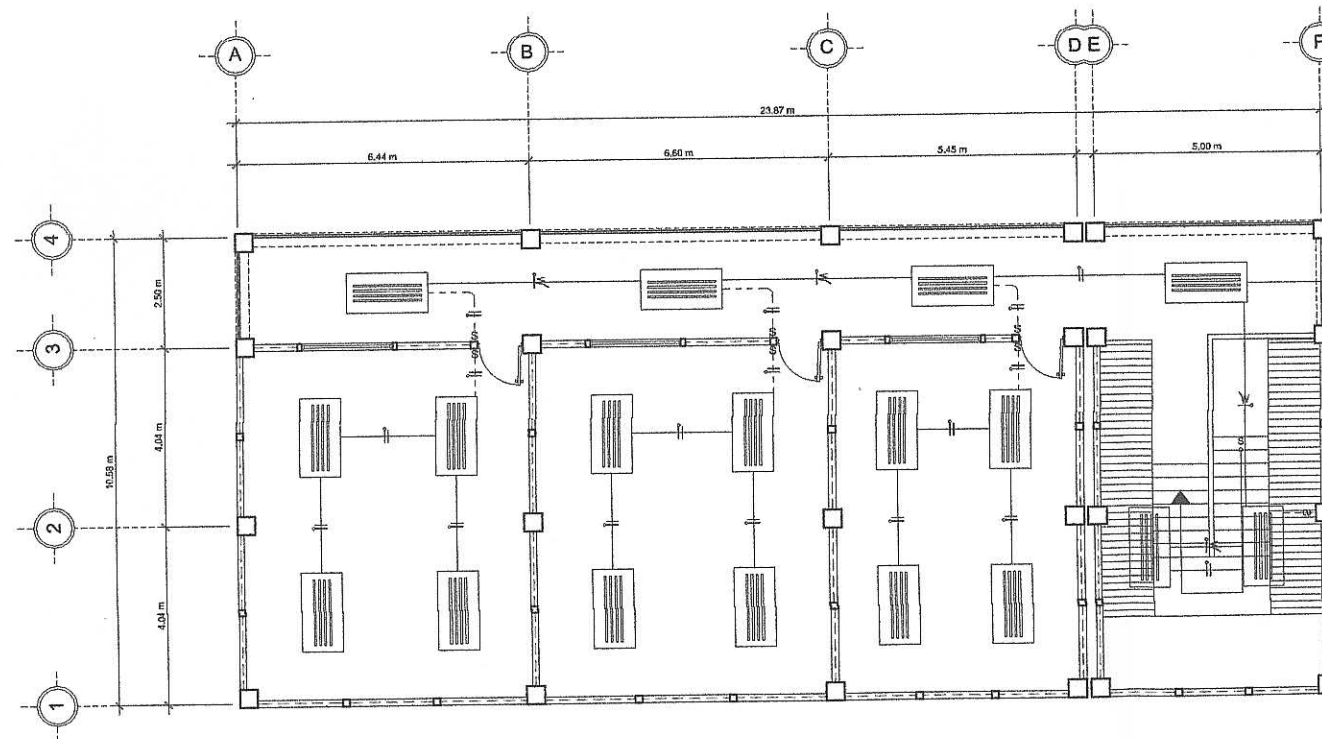
Armado de rampa por temperatura No. 4 @0.20m

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
	PROYECTO: AMPHIBACION EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES ALDEA EL DURAZNO, CIBAUTLA	
CONTENIDO: DETALLE DE ARMADO DE RAMPA	ESCALA: INICIADA REVISADA SEPTIEMBRE 2018	NOIA No.: 18 20
DISEÑO: KEVIN OTTONIEL RODRIGUEZ CAHUEQUE CARNET: 2012-20112	REVISÓ: KEVIN OTTONIEL RODRIGUEZ CAHUEQUE CARNET: 2012-12554	ASESORA: INGA MAYRA REBECA GONZALEZ DE SIERRA Unidad de Supervisión de Ingeniería y EPS



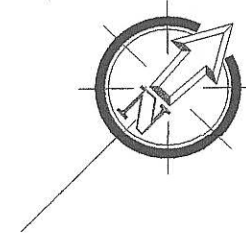
PLANTA ILUMINACION SEGUNDO NIVEL

ESCALA: 1/75










PLANTA ILUMINACION PRIMER NIVEL

ESCALA: 1/75



SIMBOLOGIA

-  CANDELA DE 2' X 4'
-  DUCTO PARED Y/O CIELO Ø 3/4"
-  DUCTOR PARED Y/O CIELO Ø 3/4"
-  INTERRUPTOR SIMPLE (H = 1.20M)
-  CONDUCTOR NEUTRO
-  CONDUCTOR RETORNO
-  CONDUCTOR POSITIVO



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO:
AMPLIACION EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES
ALDEA EL DURAZNO, CHIMAUTLA

CONTENIDO:
PLANTA DE ILUMINACION

ESCALA:
INDICADA
FECHA:
SEPTIEMBRE 2019

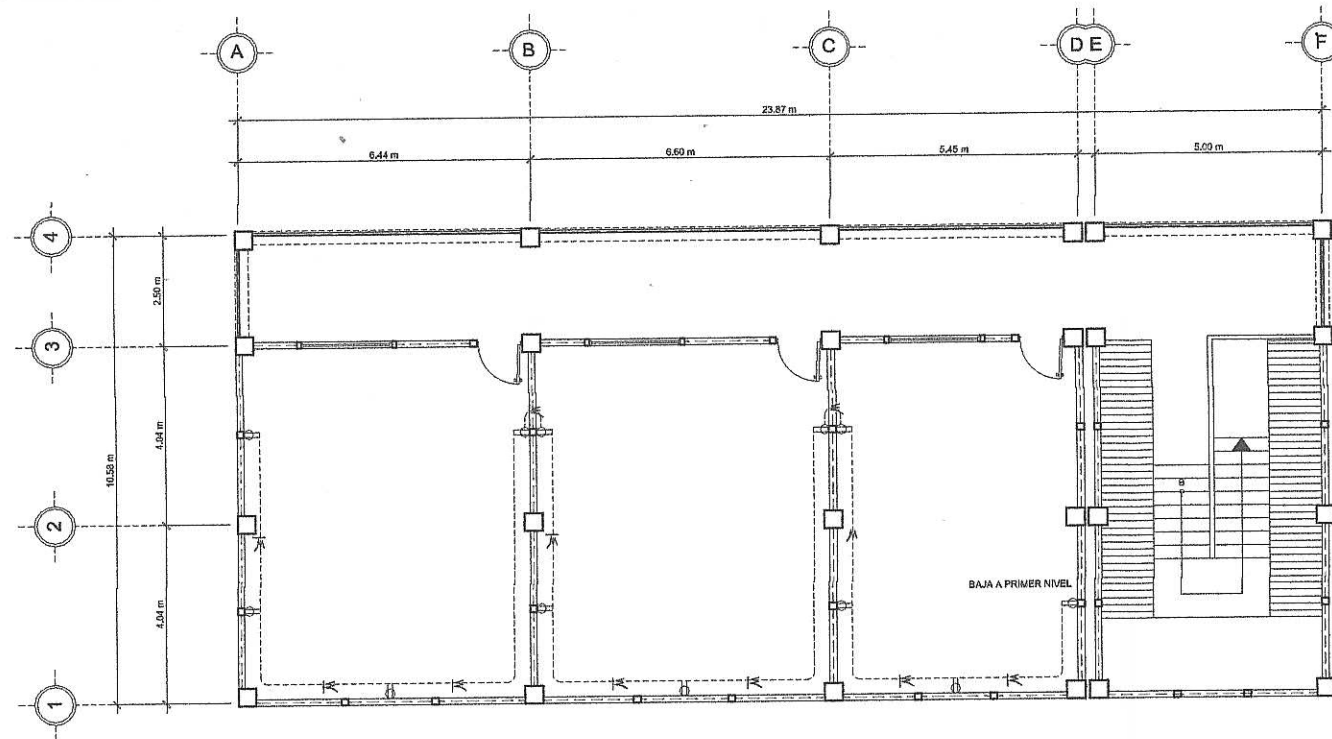
DISEÑO:
KEVIN OTTONIEL RODRIGUEZ CAHUEQUE
CARNET: 2012-20112

DISEÑO:
KEVIN OTTONIEL RODRIGUEZ CAHUEQUE
CARNET: 2012-12454

HOJA No.:

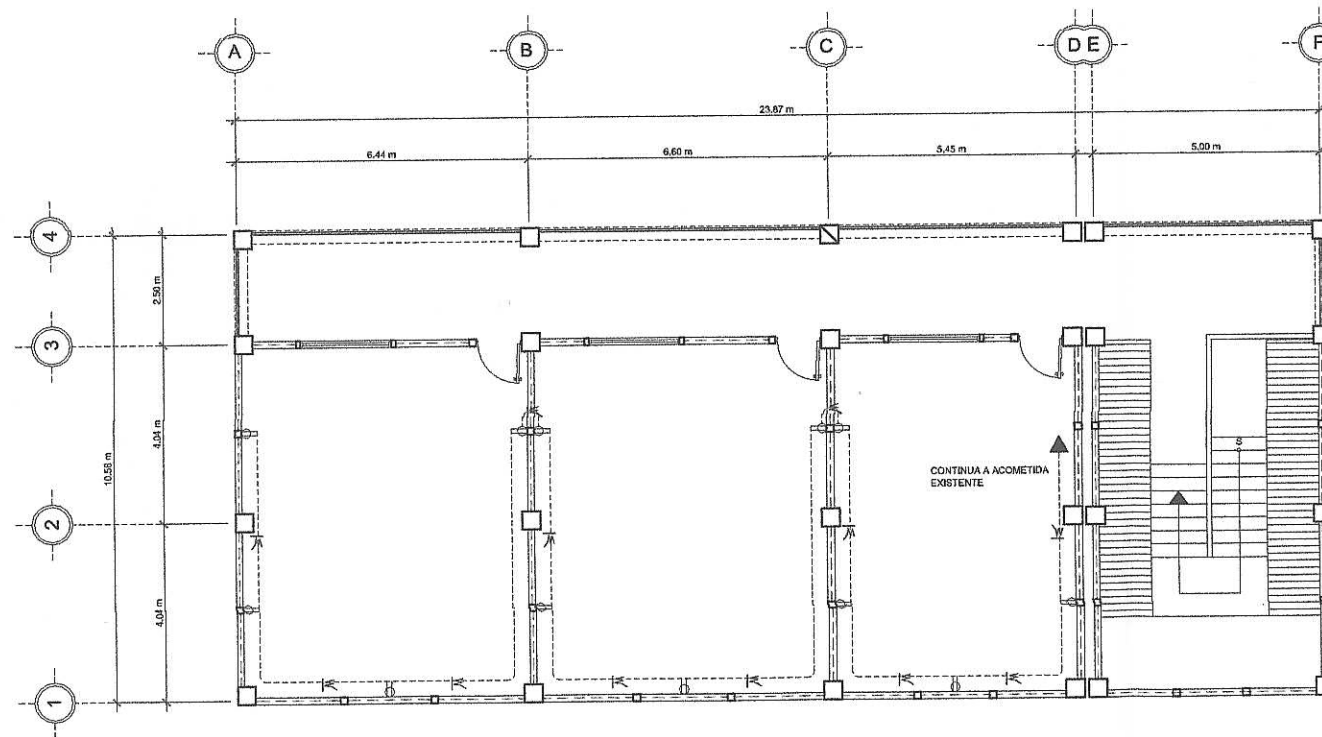
ASOCIACION DE INGENIEROS DE GUATEMALA
UNIDAD SUPERVISOR DE EPS
Ingeniería y EPS

19
20



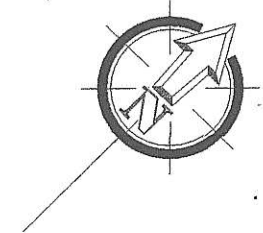
PLANTA DE FUERZA SEGUNDO NIVEL

ESCALA: 1/75



PLANTA DE FUERZA PRIMER NIVEL

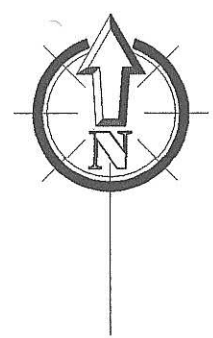
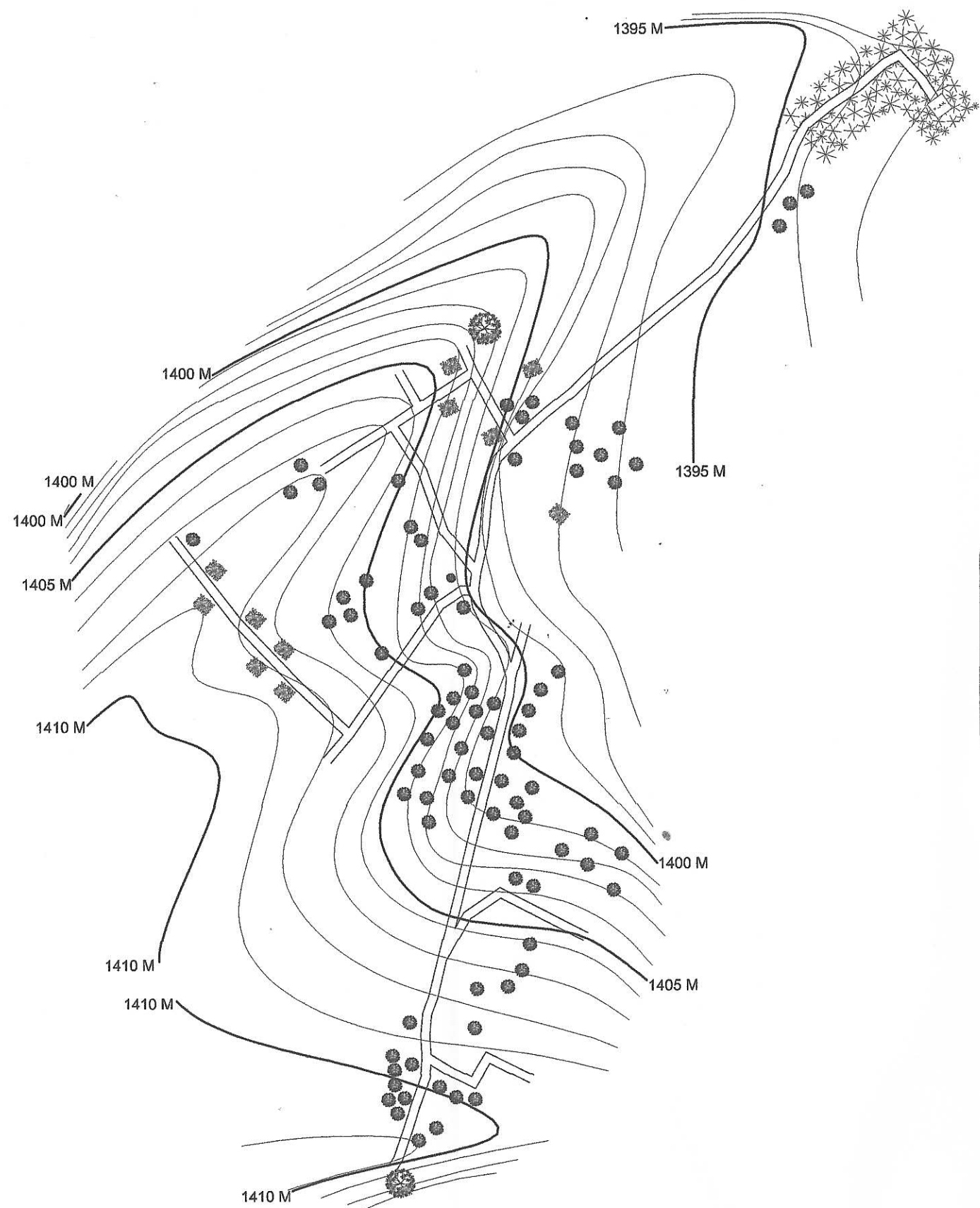
ESCALA: 1/75



SIMBOLOGIA

- TOMACORRIENTE DOBLE 110V (H = 0.30M)
- DUCTO PARED Y/O SUELO Ø 3/4"
- CONDUCTOR NEUTRO
- CONDUCTOR POSITIVO

 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
PROYECTO: AMPLIACION EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES ALDEA EL DURAZNO, CHIMAUTLA	
CONTENIDO: PLANTA DE FUERZA	ESCALA: INDICADA FECHA: SEPTIEMBRE 2010
DISEÑO: KEVIN OTTONIEL RODRIGUEZ CAHUEQUE CARNET: 2012-20112	DISEÑO: KEVIN OTTONIEL RODRIGUEZ CAHUEQUE CARNET: 2012-12494
INGA. MAYRA REBECA VARELA BORJA DE SIERRA Unidad de Supervisión de EPS Ingeniería y EPS	
HOJA No.: 20 20	

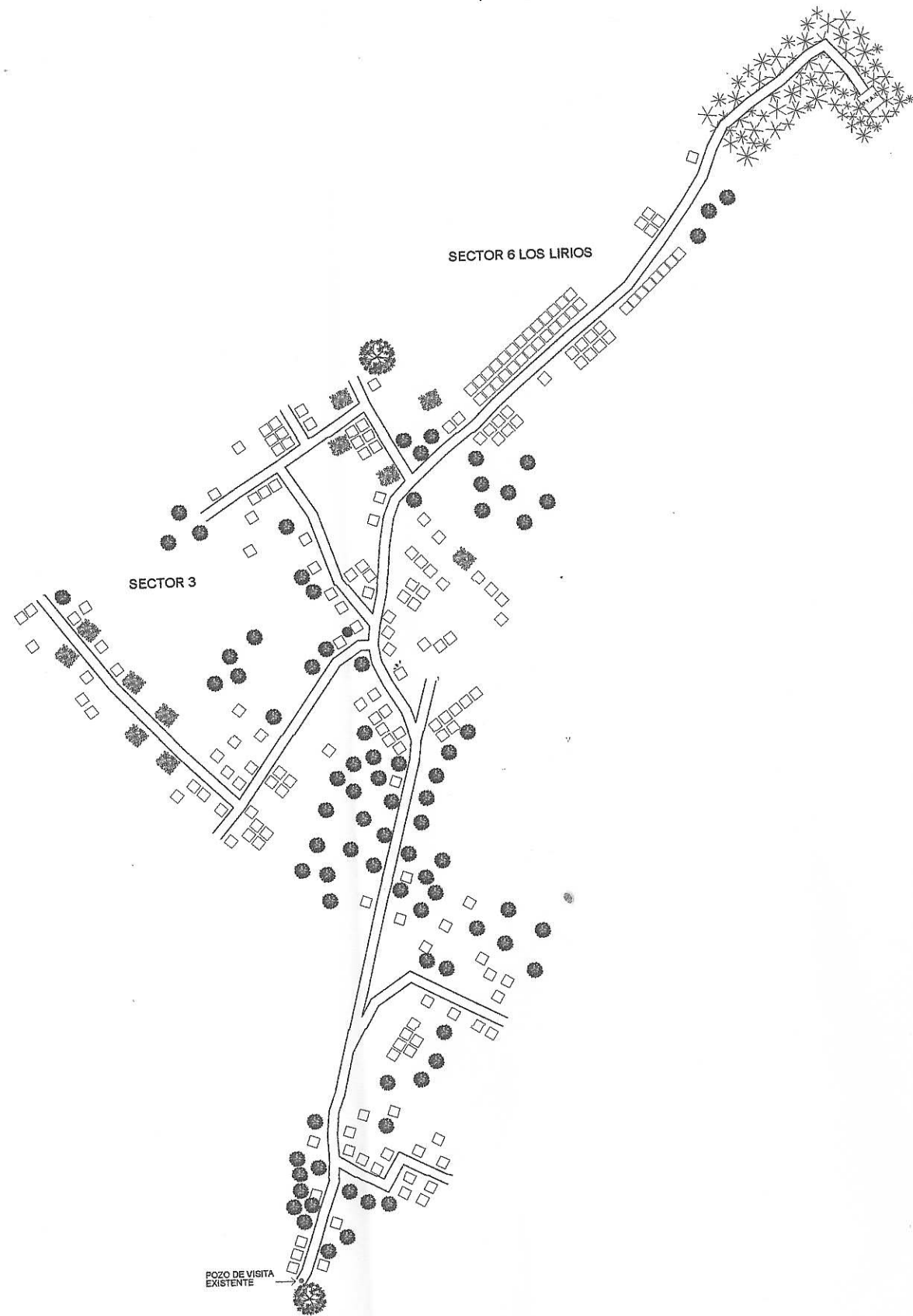


SIMBOLOGÍA	
	CURVAS DE NIVEL
	CAMINO
CT	COTA DEL TERRENO
EST	NÚMERO DE ESTACIÓN
	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

PLANTA TOPOGRÁFICA

ESCALA: 1/1,300

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO				
PROYECTO: SISTEMA DE ALCANTRILLADO SANITARIO ALDEA SACO, ITO, CHIRAUTLA					
CONTENIDO: PLANTA TOPOGRÁFICA	FECHA INDICADA: SEPTIEMBRE 2018				
DISEÑO: KEVIN OTTONIEL RODRÍGUEZ CAHUEQUE CARNET: 2012-2012	DIBUJO: KEVIN OTTONIEL RODRÍGUEZ CAHUEQUE CARNET: 2012-2012				
 Inga. Mery Boria de Sierra INGENIERA EN SISTEMAS DE AGUAS RESIDUALES EPS SUPERVISOR DE EPS Unidad de Ingeniería y EPS					
<table border="1"> <tr> <td>HOJA No:</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td></td> <td>14</td> </tr> </table>		HOJA No:	1		14
HOJA No:	1				
	14				



SIMBOLOGIA	
	VIVIENDAS
	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
	MILPA
	PLANTAS
	ARBOLES

PLANTA DE DENSIDAD POBLACIONAL

ESCALA: 1/1,300

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
	PROYECTO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO ALDEA SACOJITO, CHINAUTLA
CONTENIDO: PLANTA DE DENSIDAD POBLACIONAL	INDICADA: SEPTIEMBRE 2010
DISEÑO: KEVIN OTTONIEL RODRIGUEZ CAHUEQUE CARNET: 2012-12498	DISEÑO: KEVIN OTTONIEL RODRIGUEZ CAHUEQUE CARNET: 2012-12498
ASISTENTE: INGENIERA FEBELIA ROSARIO DE SIERRA EPS Unidad de Asistencia Técnica en Ingeniería y EPS	
	HOJA No: 2 14

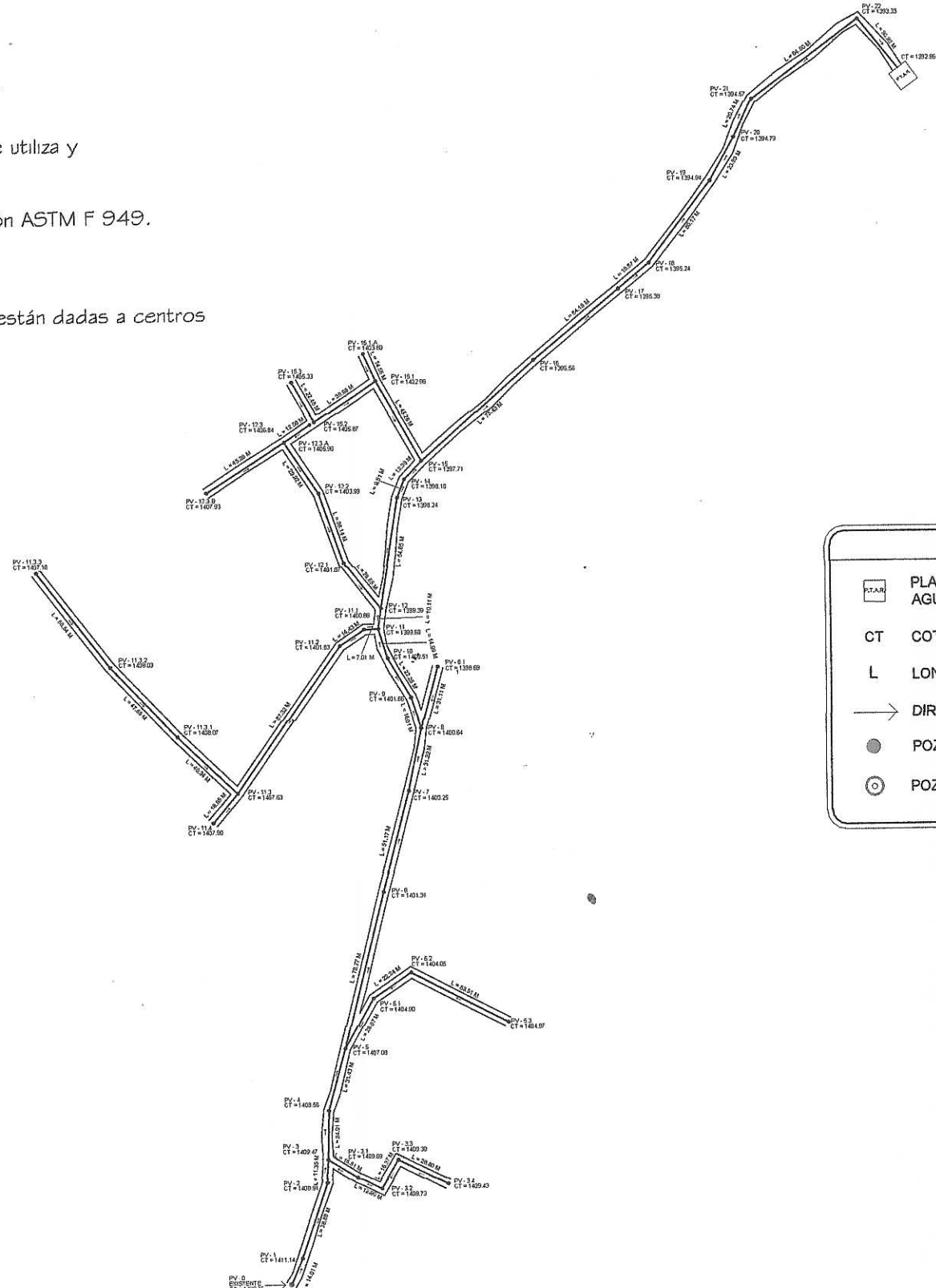
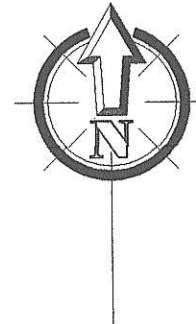
ESPECIFICACIONES:

La profundidad mínima de las tuberías depende del \varnothing que se utiliza y el tipo de tráfico que circula por el lugar (liviano o pesado).

Todas las tuberías a utilizar deberán estar bajo la designación ASTM F 949.

Los anchos mínimos de zanja dependen del \varnothing de la tubería.

Las longitudes de cada tramo del sistema de alcantarillado están dadas a centros de los pozos.

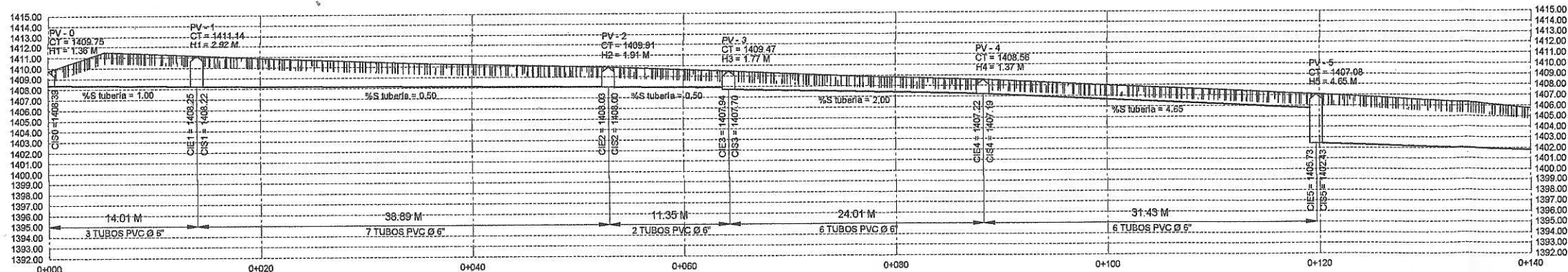


SIMBOLOGÍA	
	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
CT	COTA DEL TERRENO
L	LONGITUD DE TUBERÍA EN METROS
	DIRECCIÓN DEL FLUJO
	POZO DE VISITA
	POZO DE VISITA EXISTENTE

PLANTA DE DISEÑO HIDRAULICO

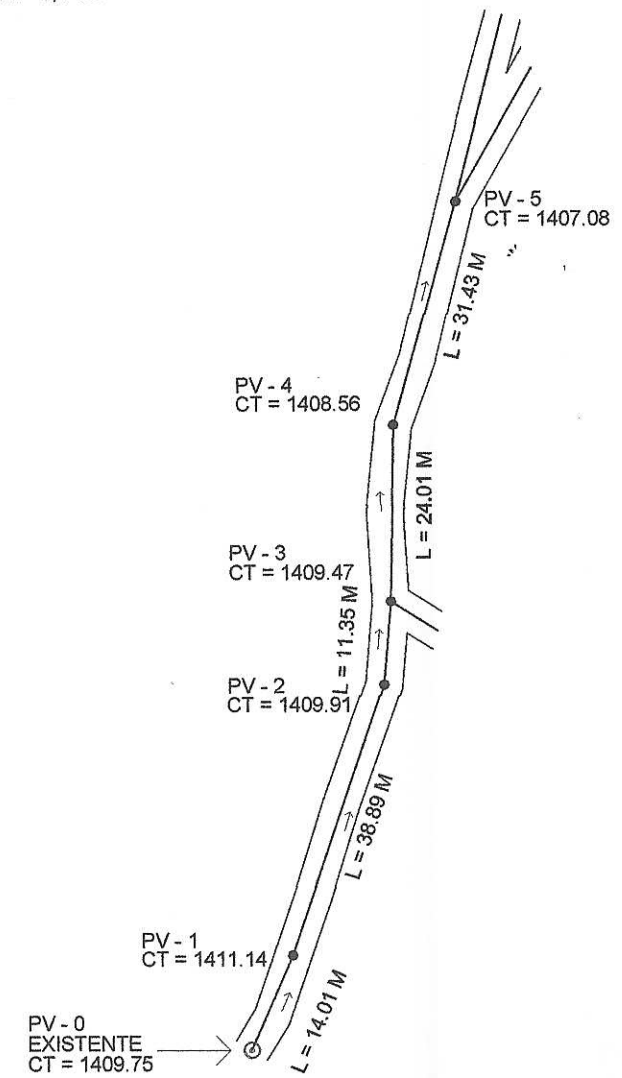
ESCALA: 1/1,300

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
	PROYECTO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO ALDEA SACOJITO, CIBUUTLA	
CONTENIDO: PLANTA DE DISEÑO HIDRAULICO	FECHA: REVISADA SEPTIEMBRE 2018	HOJA NO: 3 14
DISEÑO: KEVIN OTTONEL RODRIGUEZ CAHUQUE CARNET: 2012-20112	DIBUJO: KEVIN OTTONEL RODRIGUEZ CAHUQUE CARNET: 2012-12494	ASOCIACION DE INGENIEROS DE SIERRA UNIDAD DE SUPERVISOR DE EPS UNIDAD DE INGENIERIA Y EPS



PERFIL DE PV EXISTENTE A PV-5

ESCALA: 1/150



PLANTA DE PV EXISTENTE A PV-5

ESCALA: 1/300

ESPECIFICACIONES:

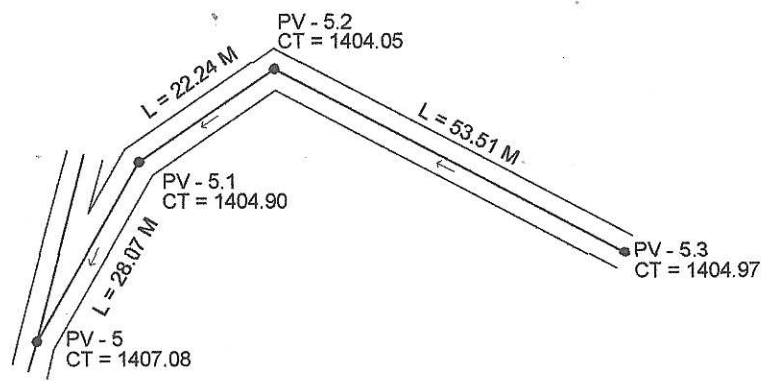
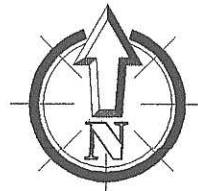
La profundidad mínima de las tuberías depende del \varnothing que se utiliza y el tipo de tráfico que circula por el lugar (liviano o pesado).

Todas las tuberías a utilizar deberán estar bajo la designación ASTM F 949.

Los anchos mínimos de zanja dependen del \varnothing de la tubería.

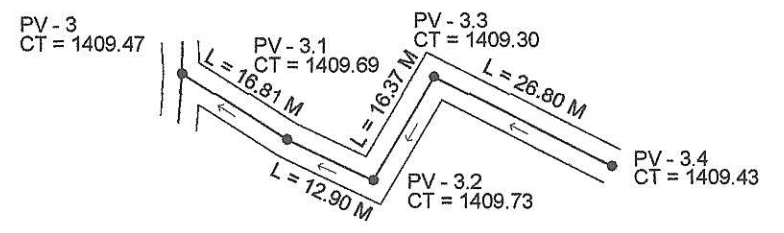
Las longitudes de cada tramo del sistema de alcantarillado están dadas a centros de los pozos.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
PROYECTO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO ALDEA SACO, ITO, CHINAUTLA	
CONTENIDO: PLANTA-PERFIL DE PV EXISTENTE A PV-5	FECHA INDICADA: SEPTIEMBRE 2019
DISEÑO: KEVIN OTTONIEL RODRIGUEZ CAHUEQUE CARNET: 2012-2012	DIBUJO: KEVIN OTTONIEL RODRIGUEZ CAHUEQUE CARNET: 2012-2012
ACCESO A LA VISORIA DE EPS INGA MAYRA ROSALBA ESCOBAR DE SIERRA Unidad Ejecutora EPS de Ingeniería y EPS	
HOJA N.º: 4 14	



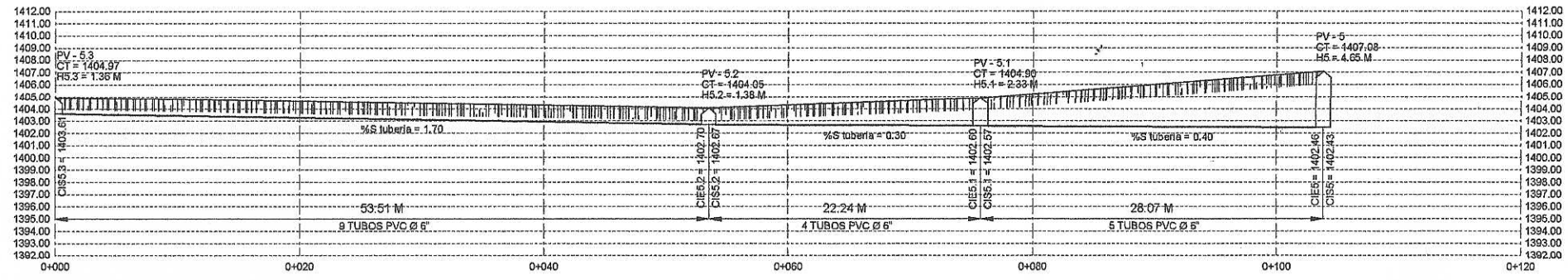
PLANTA DE PV-5.3 A PV-5

ESCALA: 1/300



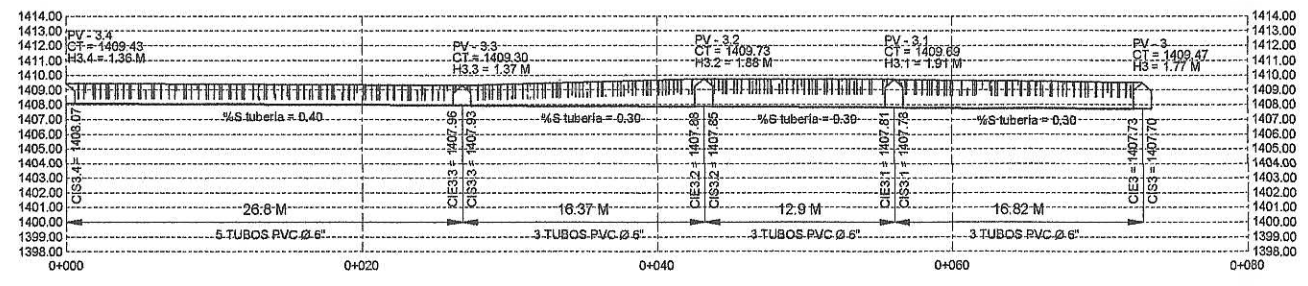
PLANTA DE PV-3.4 A PV-3

ESCALA: 1/300



PERFIL DE PV-5.3 A PV-5

ESCALA: 1/150



PERFIL DE PV-3.4 A PV-3

ESCALA: 1/150

ESPECIFICACIONES:

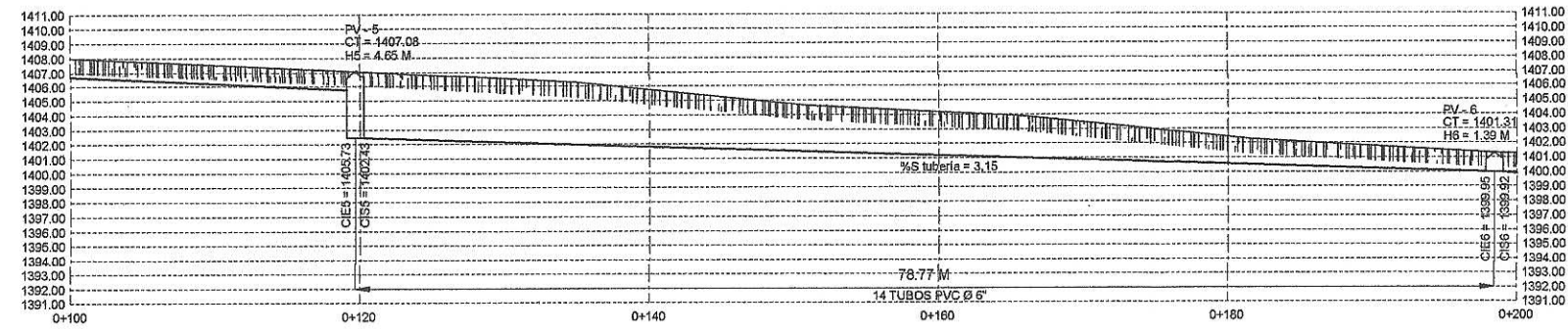
La profundidad mínima de las tuberías depende del Ø que se utiliza y el tipo de tráfico que circula por el lugar (liviano o pesado).

Todas las tuberías a utilizar deberán estar bajo la designación ASTM F 949.

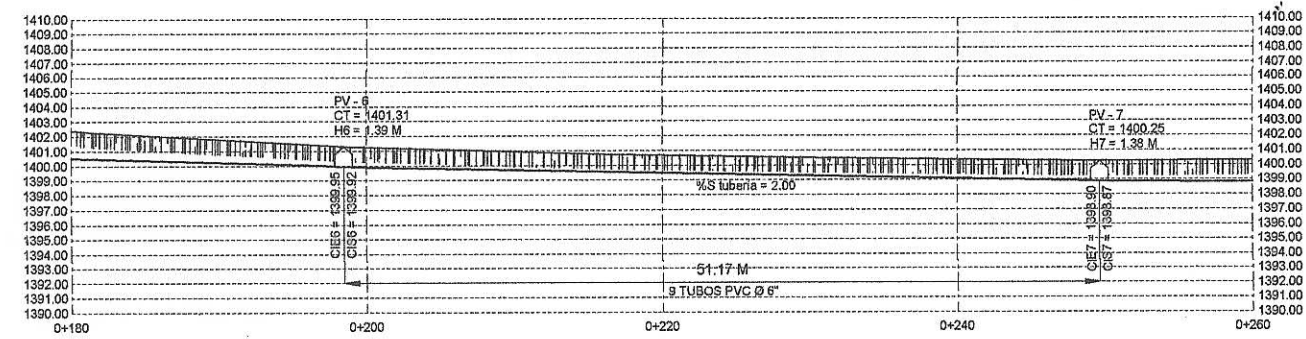
Los anchos mínimos de zanja dependen del Ø de la tubería.

Las longitudes de cada tramo del sistema de alcantarillado están dadas a centros de los pozos.

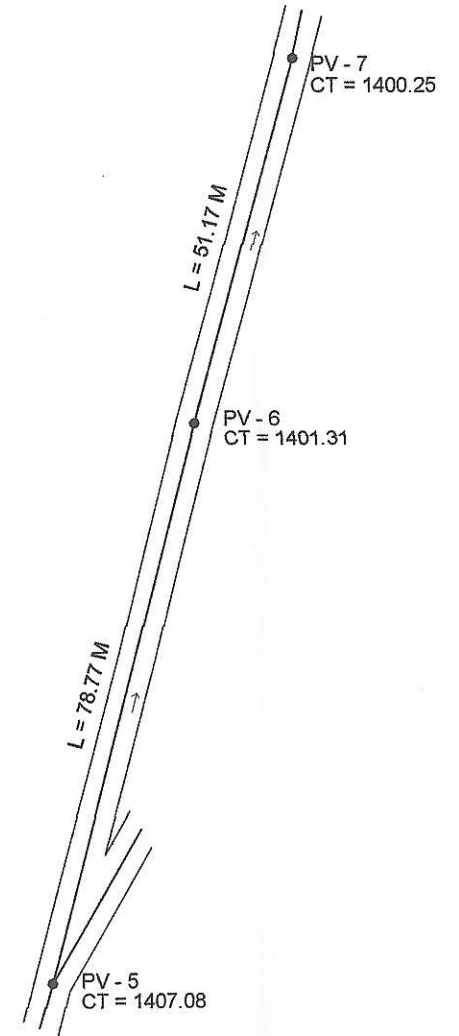
	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
	PROYECTO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO ALDEA SACOJITO, CHINAUTLA	
CONTENIDO: PLANTA-PERFIL PV-3.4 A PV-3 PLANTA-PERFIL PV-5.3 A PV-5	ESCALA: INDICADA FECHA: SEPTIEMBRE 2018	HOJA NO: 5 14
DISEÑO: KEVIN OTTONIEL RODRIGUEZ CAHUEQUE CARNET: 2012-00112		



PERFIL DE PV-5 A PV-6
ESCALA: 1/150





PERFIL DE PV-6 A PV-7
ESCALA: 1/150

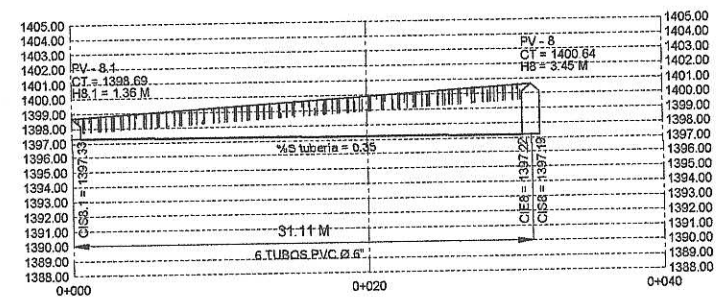


PLANTA DE PV-5 A PV-7
ESCALA: 1/300

ESPECIFICACIONES:

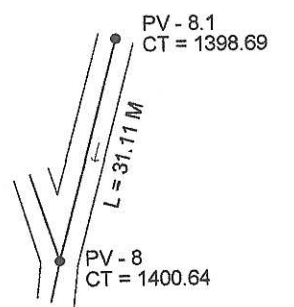
- La profundidad mínima de las tuberías depende del \varnothing que se utiliza y el tipo de tráfico que circula por el lugar (liviano o pesado).
- Todas las tuberías a utilizar deberán estar bajo la designación ASTM F 949.
- Los anchos mínimos de zanja dependen del \varnothing de la tubería.
- Las longitudes de cada tramo del sistema de alcantarillado están dadas a centros de los pozos.

 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
PROYECTO: SISTEMA DE ALICANTARILLADO SANITARIO ALDEA SACOJITO, CHINAUTLA	
CONTENIDO: PLANTA PERFIL PV-5 A PV-7	FECHA INDICADA: SEPTIEMBRE 2019
DISEÑO: KEVIN OTTONIEL RODRIGUEZ CAHUEQUE CARNET: 2012-2017	DIBUJO: KEVIN OTTONIEL RODRIGUEZ CAHUEQUE CARNET: 2012-2017
	
HOJA N.º 6 14	



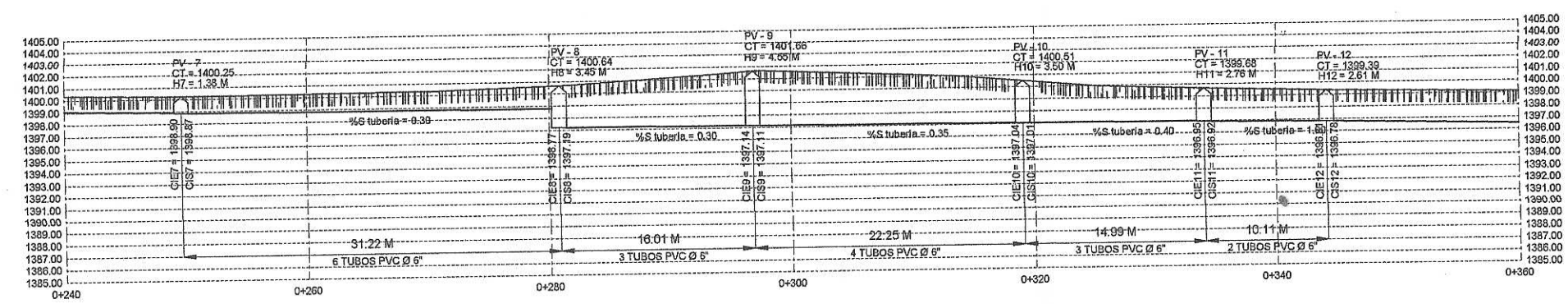
PERFIL DE PV-8.1 A PV-8

ESCALA: 1/150



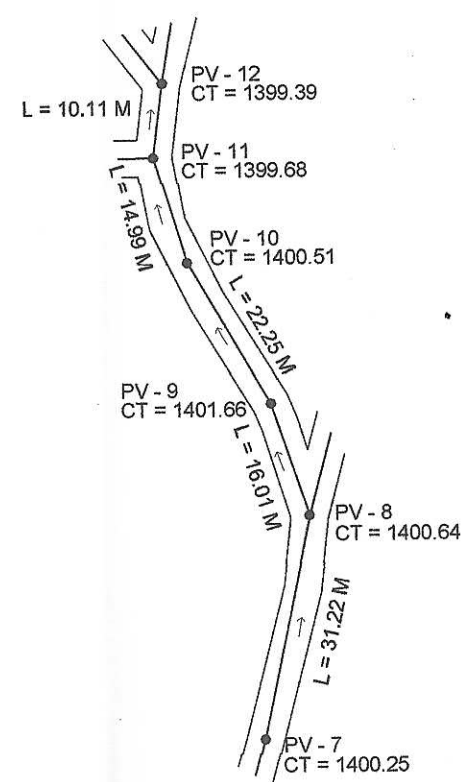
PLANTA DE PV-8.1 A PV-8

ESCALA: 1/300



PERFIL DE PV-7 A PV-12

ESCALA: 1/150



PLANTA DE PV-7 A PV-12

ESCALA: 1/300

ESPECIFICACIONES:

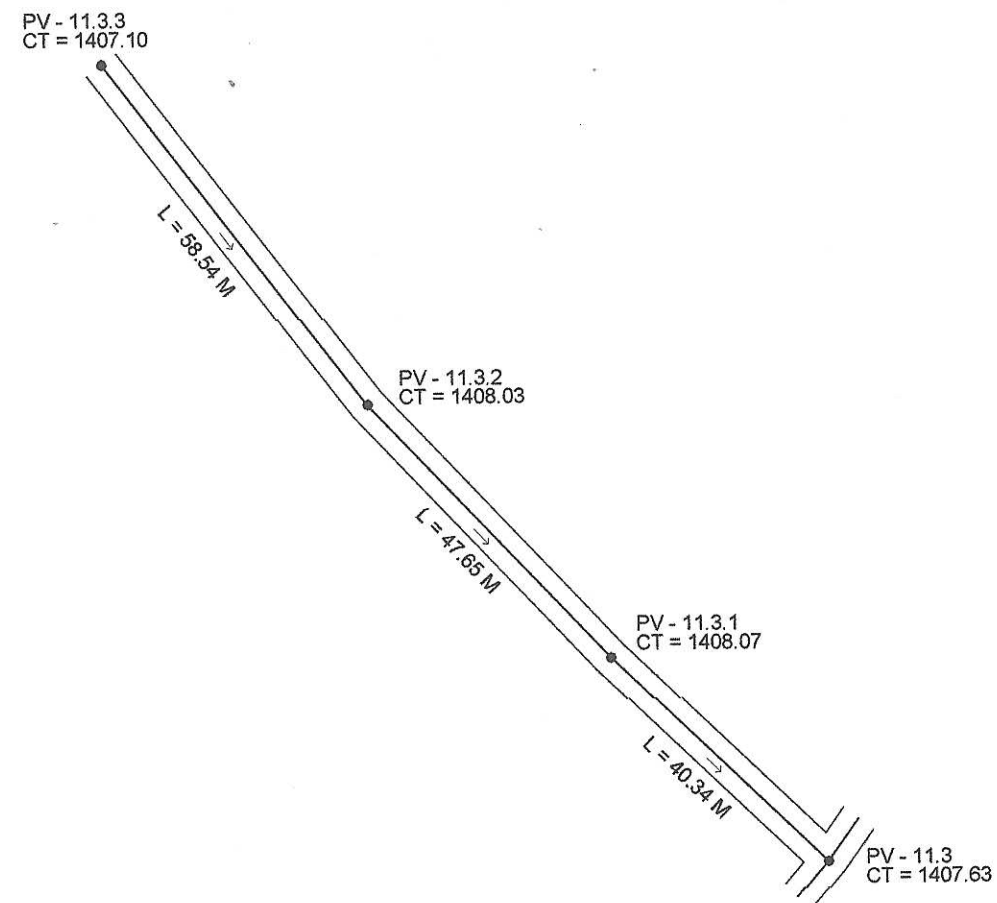
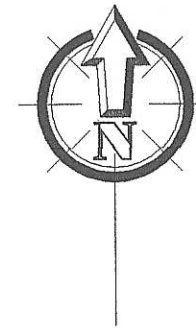
La profundidad mínima de las tuberías depende del \varnothing que se utiliza y el tipo de tráfico que circula por el lugar (liviano o pesado).

Todas las tuberías a utilizar deberán estar bajo la designación ASTM F 949.

Los anchos mínimos de zanja dependen del \varnothing de la tubería.

Las longitudes de cada tramo del sistema de alcantarillado están dadas a centros de los pozos.

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
	PROYECTO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO ALDEA SACACUTO, CHIMALTÚ	
CONTENIDO: PLANTA-PERFIL PV-7 A PV-12 PLANTA-PERFIL PV-8 A PV-8.1	de San Carlos de G.	FECHA INDICADA: SEPTIEMBRE 2019
DISEÑO: KEVIN OTTONIEL RODRIGUEZ CARRIQUE CARNET: 2019-2019	DIBUJO: KEVIN OTTONIEL RODRIGUEZ CARRIQUE CARNET: 2019-2019	HOJA NO. 7 14



ESPECIFICACIONES:

La profundidad mínima de las tuberías depende del \varnothing que se utiliza y el tipo de tráfico que circula por el lugar (liviano o pesado).

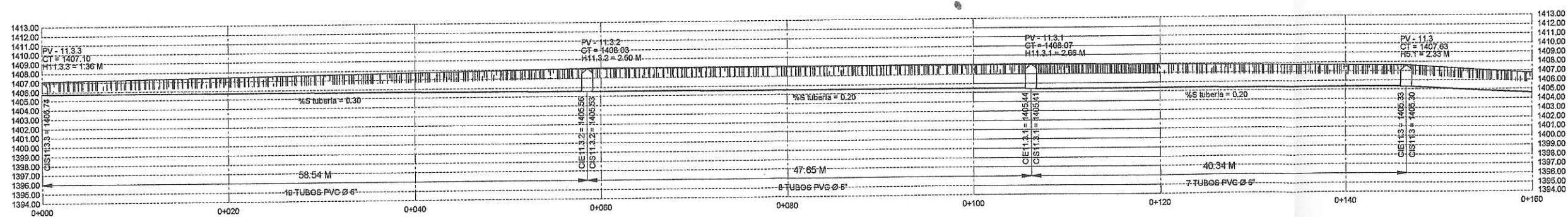
Todas las tuberías a utilizar deberán estar bajo la designación ASTM F 949.

Los anchos mínimos de zanja dependen del \varnothing de la tubería.

Las longitudes de cada tramo del sistema de alcantarillado están dadas a centros de los pozos.

PLANTA DE PV-11.3.3 A PV-11.3

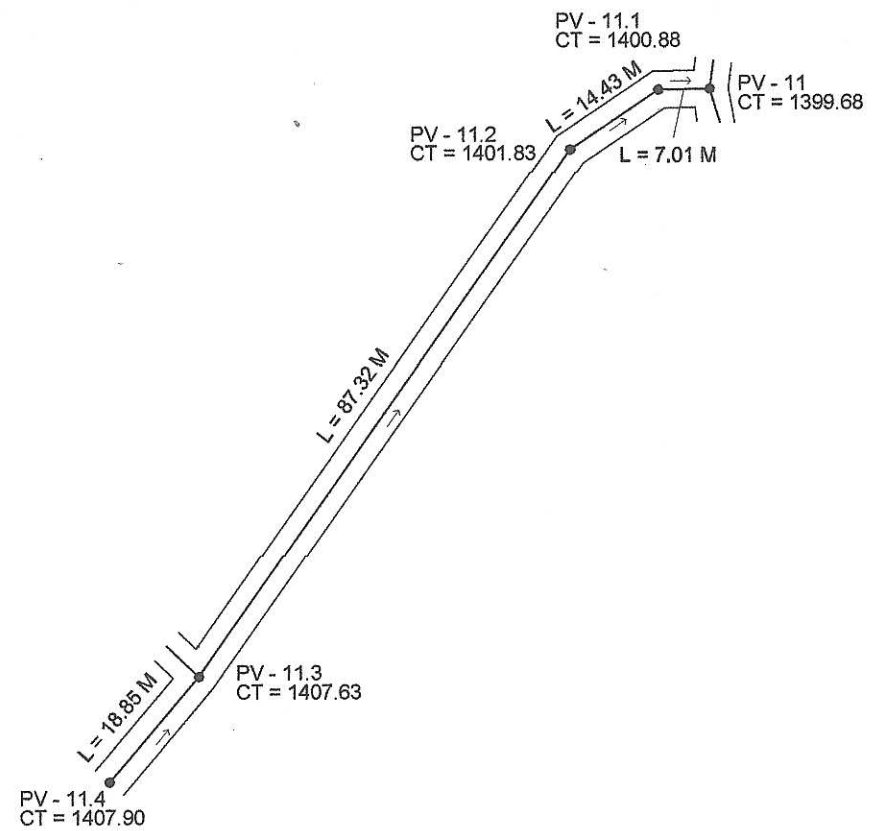
ESCALA: 1/300



PERFIL DE PV-11.3.3 A PV-11.3

ESCALA: 1/150

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
	PROYECTO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO ALDEA SACOJITO, CHINAUTLA
CONTENIDO: PLANTA-PERFIL PV-11.3.3 A PV-11.3	FECHA INDICADA: SEPTIEMBRE 2015
DISEÑO: KEVIN OTTONIEL RODRIGUEZ CAHUQUE CARNET: 2012-20112	DISEÑO: KEVIN OTTONIEL RODRIGUEZ CAHUQUE CARNET: 2012-12494
HOJA No. 8 / 14	



PLANTA DE PV-II.4 A PV-II

ESCALA: 1/300

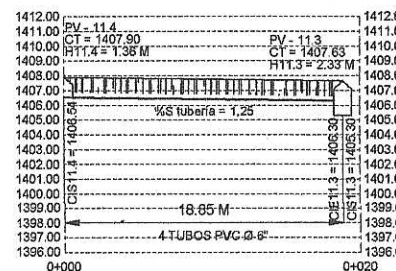
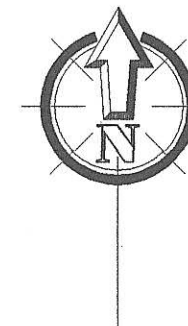
ESPECIFICACIONES:

La profundidad mínima de las tuberías depende del \varnothing que se utiliza y el tipo de tráfico que circula por el lugar (liviano o pesado).

Todas las tuberías a utilizar deberán estar bajo la designación ASTM F 949.

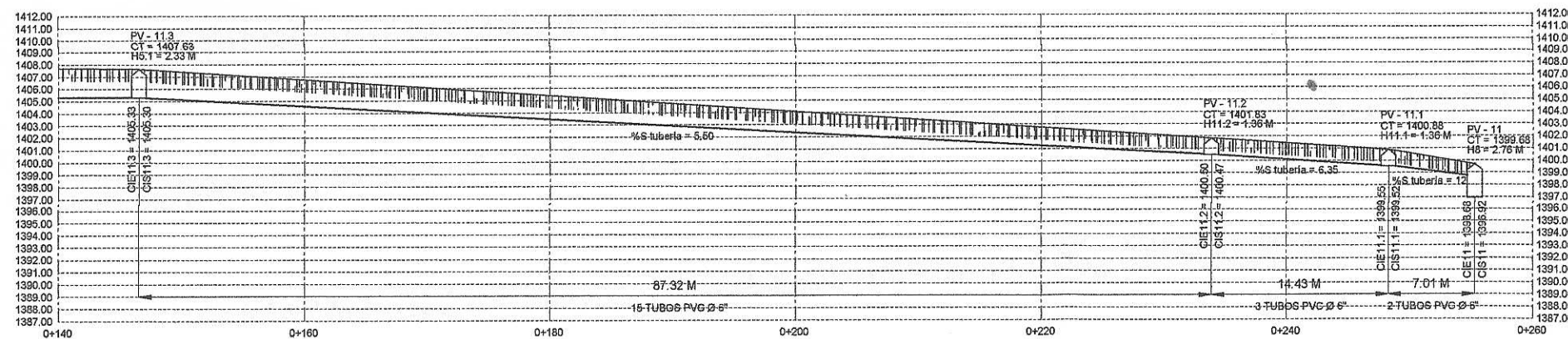
Los anchos mínimos de zanja dependen del \varnothing de la tubería.

Las longitudes de cada tramo del sistema de alcantarillado están dadas a centros de los pozos.



PERFIL DE PV-II.4 A PV-II.3

ESCALA: 1/150



PERFIL DE PV-II.3 A PV-II

ESCALA: 1/150



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO:
SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO
ALDEA SACOJITO, CHINAUTLA

CONTENIDO:
PLANTA PERFIL PV-II.4 A PV-II

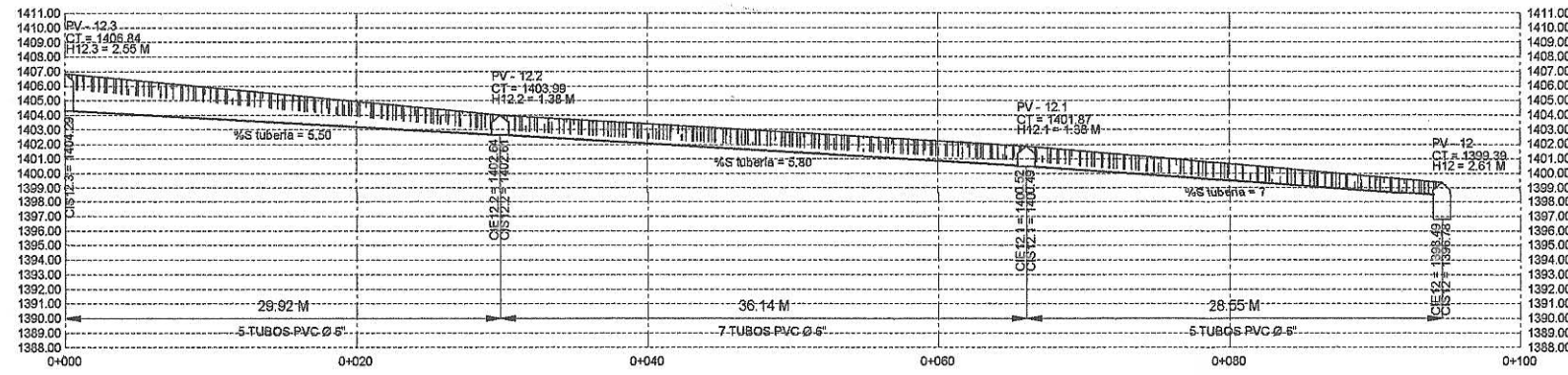
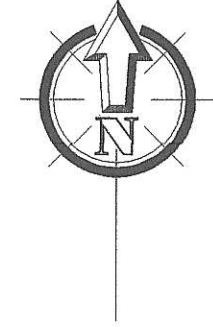
FECHA INDI-CADA:
SEPTIEMBRE 2019

DESIGNADO:
KEVIN OTTONIEL RODRIGUEZ CAHUEQUE
CARNET: 2012-2012

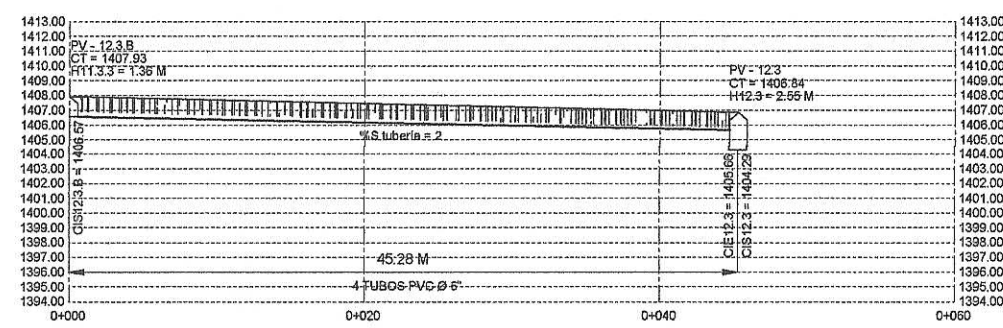
FECHA:
SEPTIEMBRE 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIDAD DE TRABAJO DE INGENIERIA Y EPS

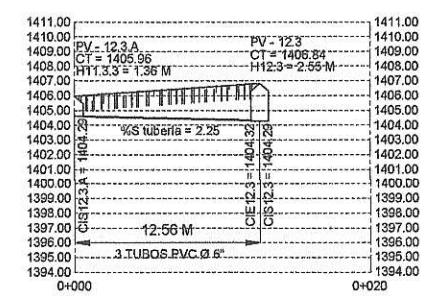
HORA: 9/14



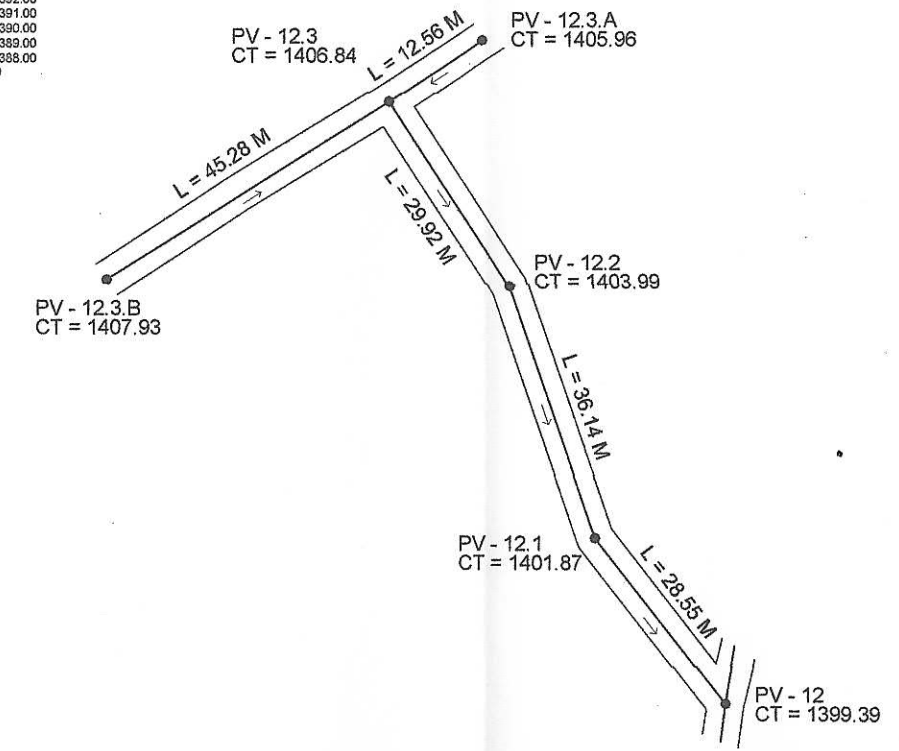
PERFIL DE PV-12.3 A PV-12
ESCALA: 1/150



PERFIL DE PV-12.3.B A PV-12.3
ESCALA: 1/150



PERFIL DE PV-12.3.A A PV-12.3
ESCALA: 1/150



PLANTA DE PV-12.3 A PV-12 Y RAMALES
ESCALA: 1/300

ESPECIFICACIONES:

- La profundidad mínima de las tuberías depende del \varnothing que se utiliza y el tipo de tráfico que circula por el lugar (liviano o pesado).
- Todas las tuberías a utilizar deberán estar bajo la designación ASTM F 949.
- Los anchos mínimos de zanja dependen del \varnothing de la tubería.
- Las longitudes de cada tramo del sistema de alcantarillado están dadas a centros de los pozos.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO:
SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO
ALDEA SACO, ITO, CHINAUTLA

CONTENIDO:
PLANTA PERFIL PV12.3.A A PV12.3
PLANTA PERFIL PV12.3.B A PV12.3
PLANTA PERFIL PV12.3.A A PV12.3

FECHA INICIADA: SEPTIEMBRE 2019

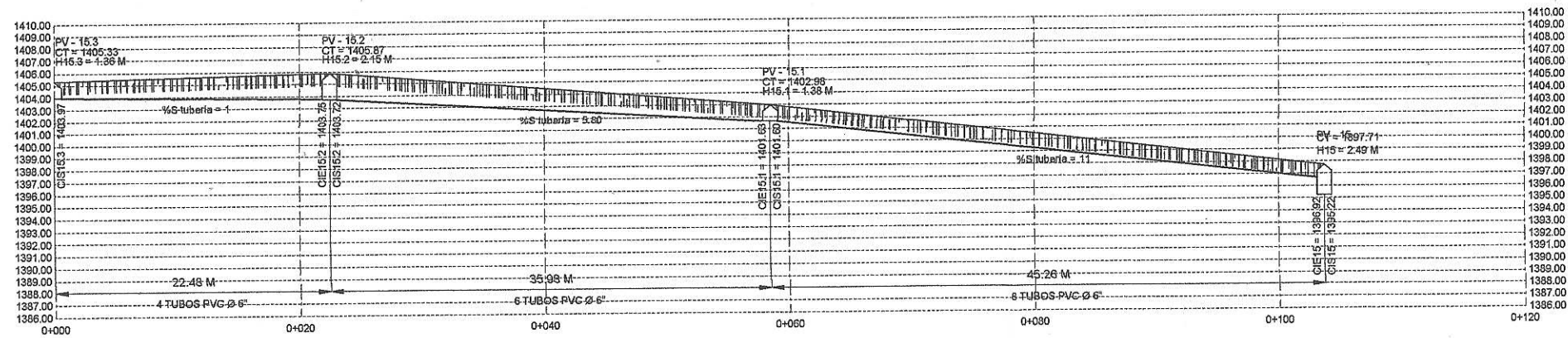
OSERO: KEVIN OTTOMEL RODRIGUEZ CAHUQUE
CARNET: 2012-20112

OSERO: KEVIN OTTOMEL RODRIGUEZ CAHUQUE
CARNET: 2012-12494

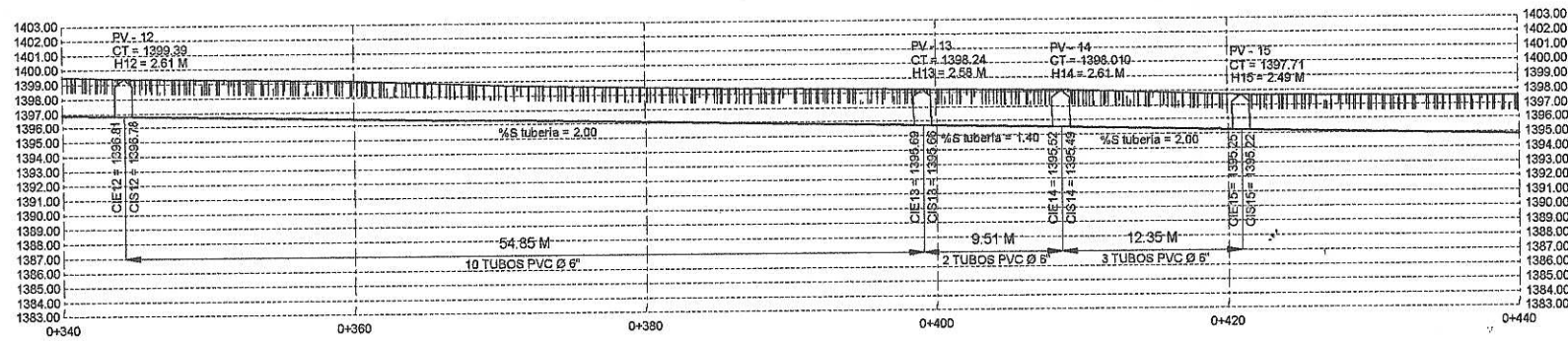
INGENIERO SUPERVISOR: [Signature]

UNIDAD DE INGENIERIA Y EPS

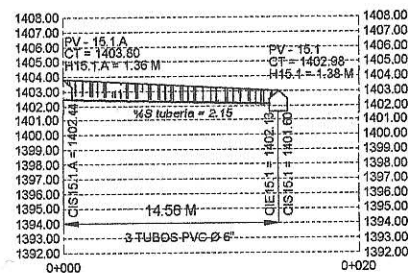
10/14



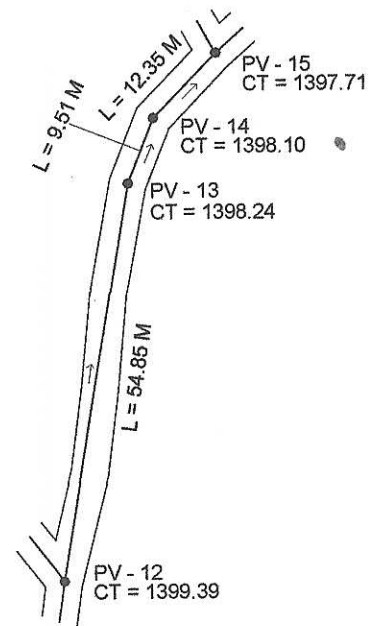
PERFIL DE PV-15.3 A PV-15
ESCALA: 1/150



PERFIL DE PV-12 A PV-15
ESCALA: 1/150



PERFIL DE PV-15.1.A A PV-15.1
ESCALA: 1/150



PLANTA DE PV-12 A PV-15
ESCALA: 1/300

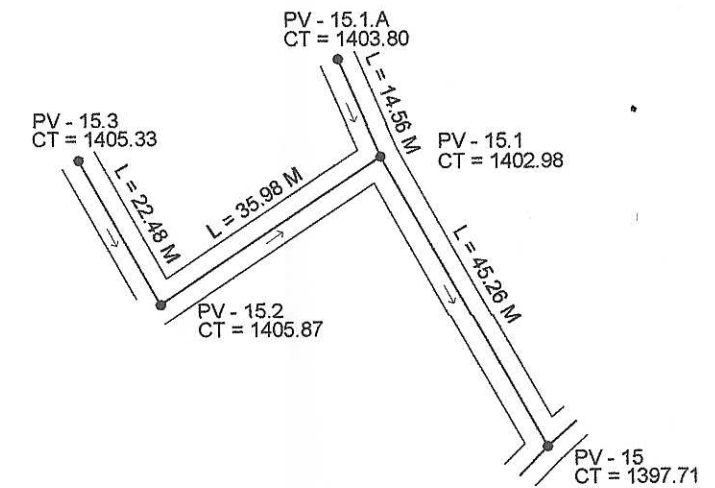
ESPECIFICACIONES:

La profundidad mínima de las tuberías depende del \varnothing que se utiliza y el tipo de tráfico que circula por el lugar (liviano o pesado).

Todas las tuberías a utilizar deberán estar bajo la designación ASTM F 949.

Los anchos mínimos de zanja dependen del \varnothing de la tubería.

Las longitudes de cada tramo del sistema de alcantarillado están dadas a centros de los pozos.



PLANTA DE PV-15.3 A PV-15
ESCALA: 1/300

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO ALDEA SACOJITO, CHINAUTLA

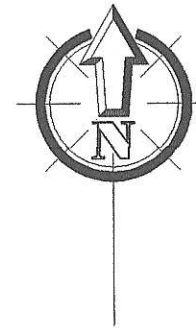
CONTENIDO: PLANTA-PERFIL PV-12 A PV-15
PLANTA-PERFIL PV-15.3 A PV-15

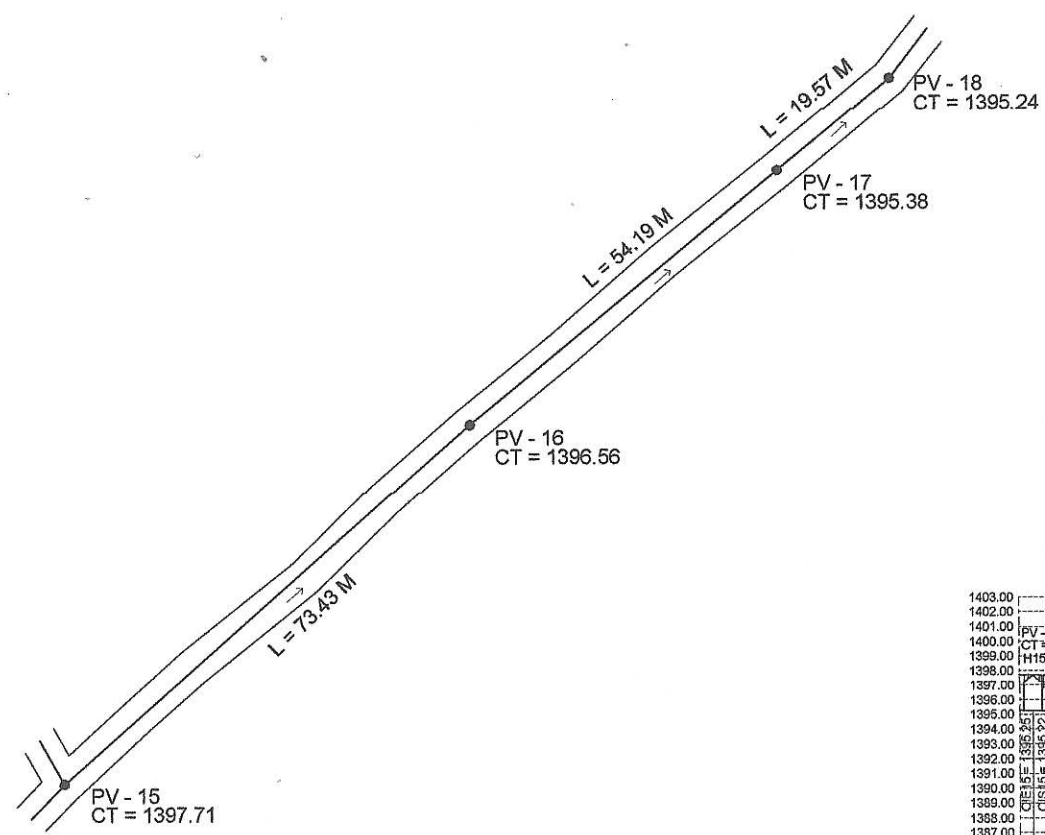
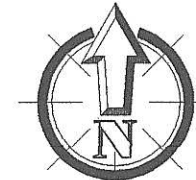
DESIGNADO: KEVIN OTTONIEL RODRIGUEZ CAHUEQUE
CARNET. 2012-20112

REVISADO: KEVIN OTTONIEL RODRIGUEZ CAHUEQUE
CARNET. 2012-12494

FECHA: 11/14
INDICADA: SEPTIEMBRE 2015

Ing. Msc. Kevin Ottoniel Rodríguez Cahueque
ING. MAESTRO EN INGENIERIA DE SIERRA
UNIDAD DE INGENIERIA DE SIERRA DE EPS
Facultad de Ingeniería y EPS



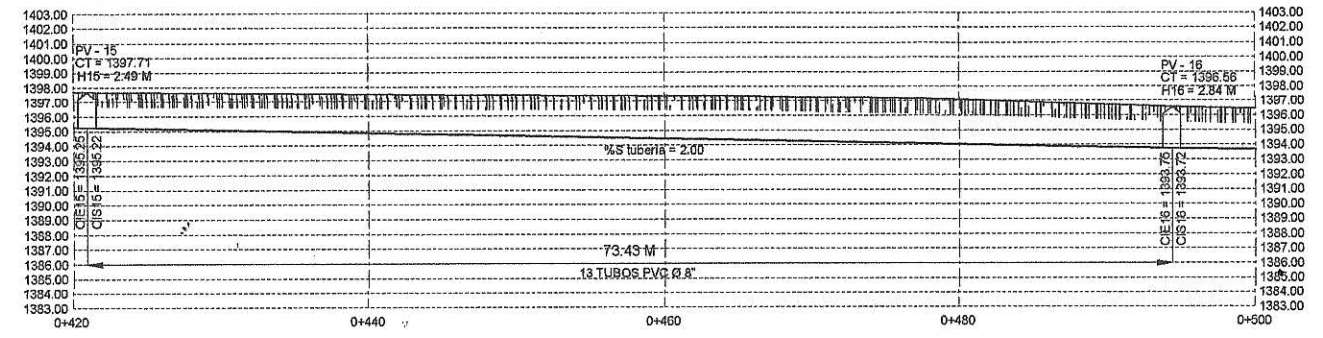


PLANTA DE PV-15 A PV-18

ESCALA: 1/300

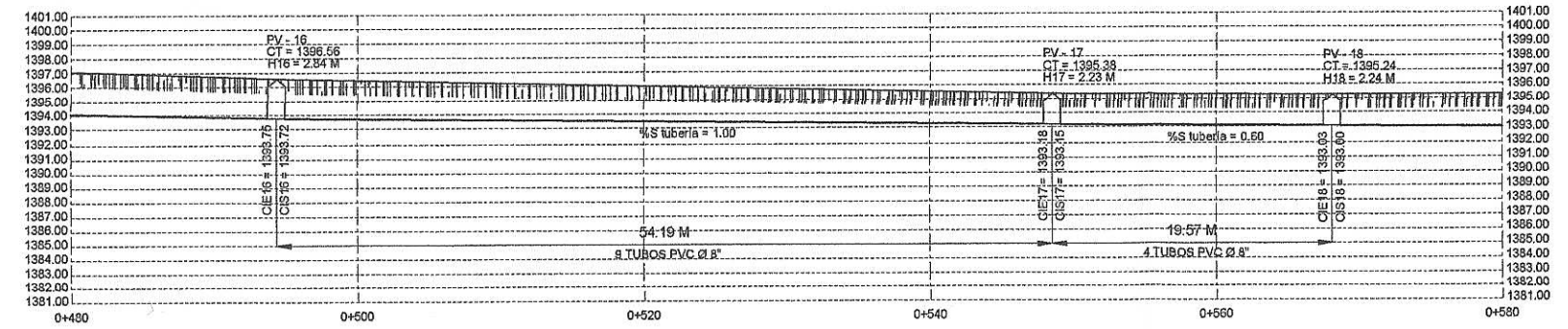
ESPECIFICACIONES:

- La profundidad mínima de las tuberías depende del \varnothing que se utiliza y el tipo de tráfico que circula por el lugar (liviano o pesado).
- Todas las tuberías a utilizar deberán estar bajo la designación ASTM F 949.
- Los anchos mínimos de zanja dependen del \varnothing de la tubería.
- Las longitudes de cada tramo del sistema de alcantarillado están dadas a centros de los pozos.



PERFIL DE PV-15 A PV-16

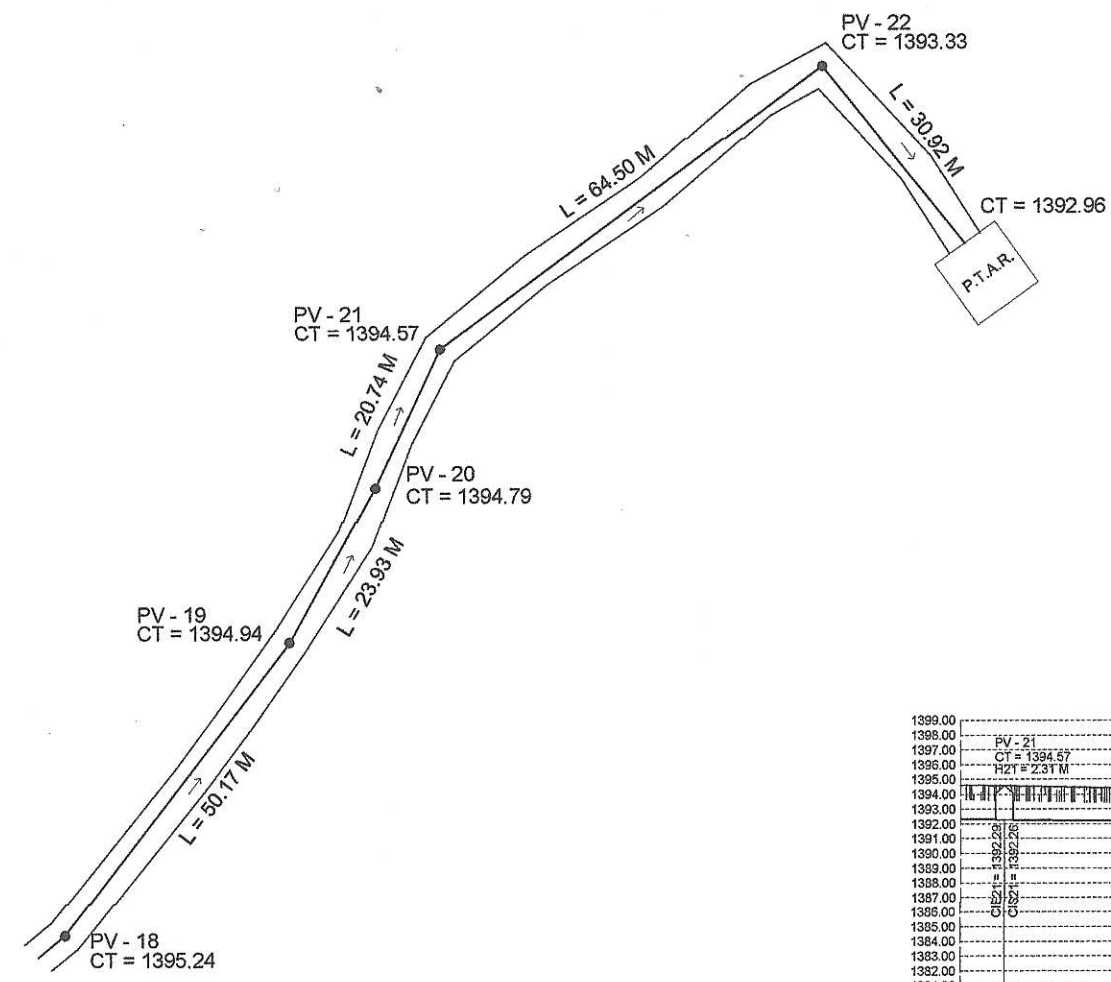
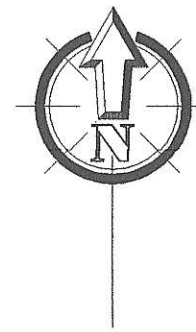
ESCALA: 1/150



PERFIL DE PV-16 A PV-18

ESCALA: 1/150

 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
PROYECTO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO ALDEA SACOJITO, CHINAUTLA	
CONTENIDO: PLANTA-PERFIL PV-15 A PV-18	FECHA INDICADA: SEPTIEMBRE 2015
CATEDRATICO: KEVIN OTTONIEL RODRIGUEZ CAHUEQUE CARNET: 2010-20112	CATEDRATICO: KEVIN OTTONIEL RODRIGUEZ CAHUEQUE CARNET: 2012-12484
HOJA No. 12 / 14	
	



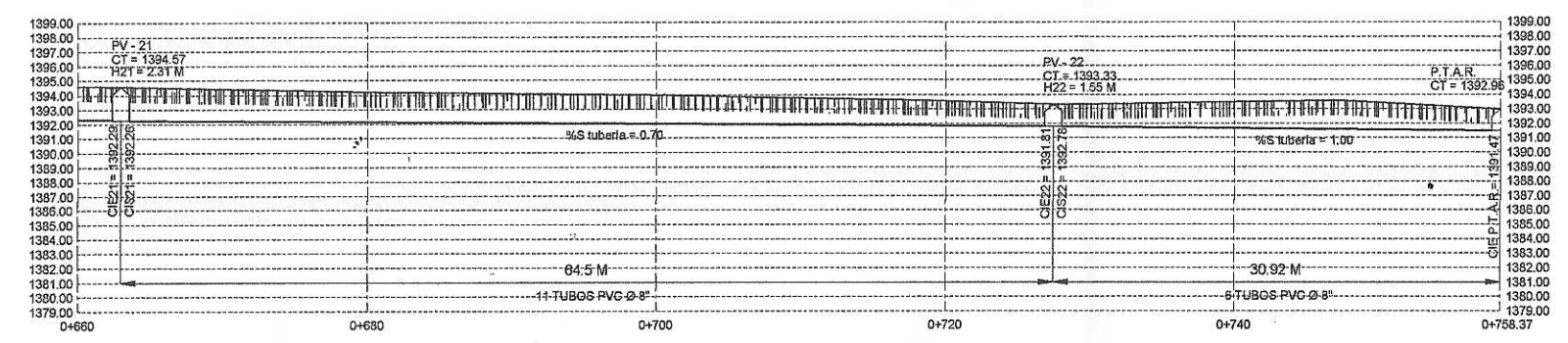
ESPECIFICACIONES:

La profundidad mínima de las tuberías depende del \varnothing que se utiliza y el tipo de tráfico que circula por el lugar (liviano o pesado).

Todas las tuberías a utilizar deberán estar bajo la designación ASTM F 949.

Los anchos mínimos de zanja dependen del \varnothing de la tubería.

Las longitudes de cada tramo del sistema de alcantarillado están dadas a centros de los pozos.

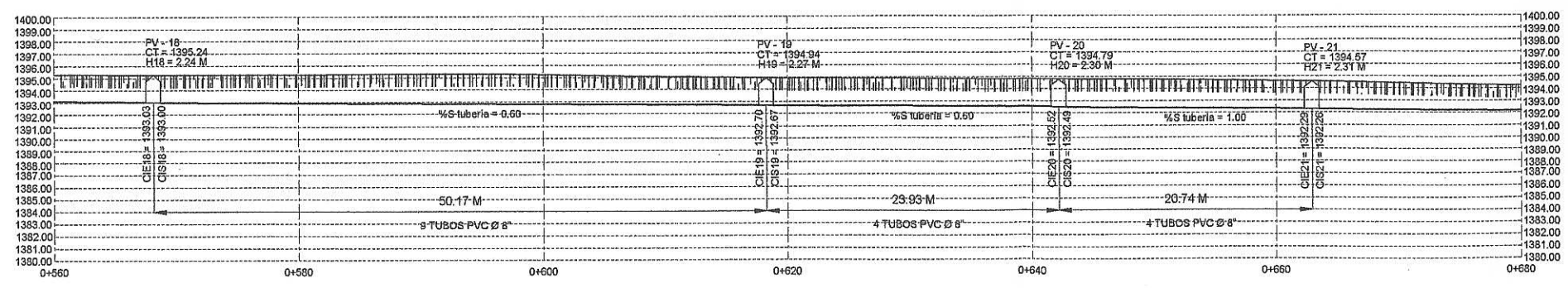


PLANTA DE PV-18 A P.T.A.R.

ESCALA: 1/300

PERFIL DE PV-21 A P.T.A.R.

ESCALA: 1/300



PERFIL DE PV-18 A PV-21

ESCALA: 1/300

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO:
 SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO
 ALDEA SACOJITO, CHINAUTLA

CONTENIDO:
 PLANTA-PERFIL PV-18 A P.T.A.R.

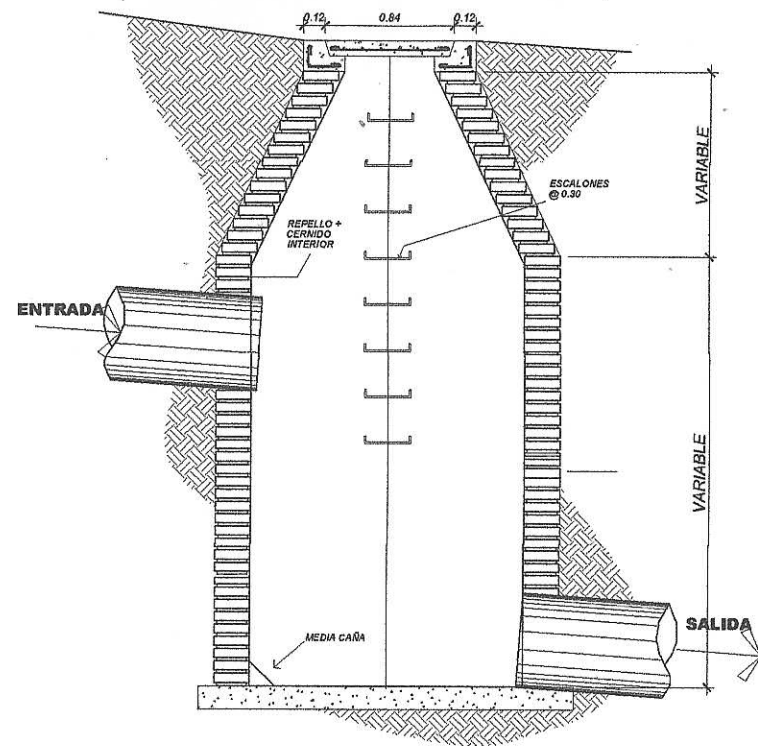
FECHA INDICADA:
 SEPTIEMBRE 2019

PROFESOR:
 KEVIN OTTONEL RODRIGUEZ CAHUEQUE
 CARNET: 2012-20112

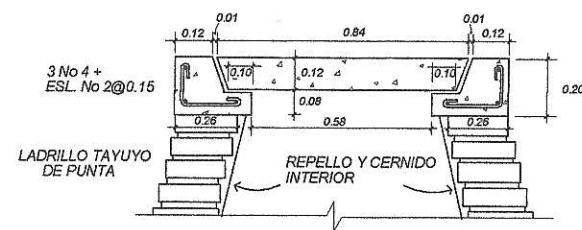
ALUMNO:
 KEVIN OTTONEL RODRIGUEZ CAHUEQUE
 CARNET: 2012-12404

HOJAS:
 13 / 14

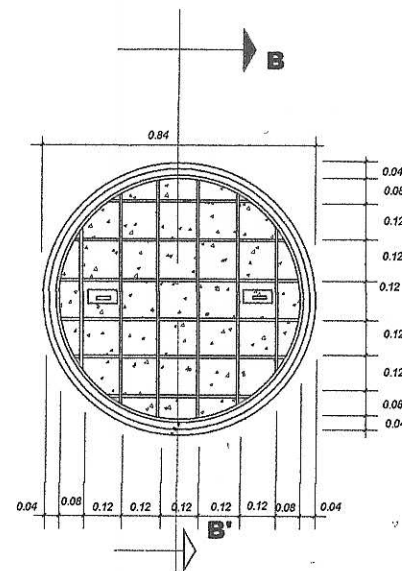
Logo of the University of San Carlos de Guatemala and the Faculty of Engineering.



CORTE A-A'
ESCALA: SIN ESCALA



DETALLE BROCAL POZO DE VISITA
ESCALA: SIN ESCALA



DETALLE DE ARMADO
ESCALA: SIN ESCALA

ESPECIFICACIONES:

TODAS LAS TUBERIAS A UTILIZAR DEBERAN ESTAR BAJO LA DESIGNACION ASTM F 949.

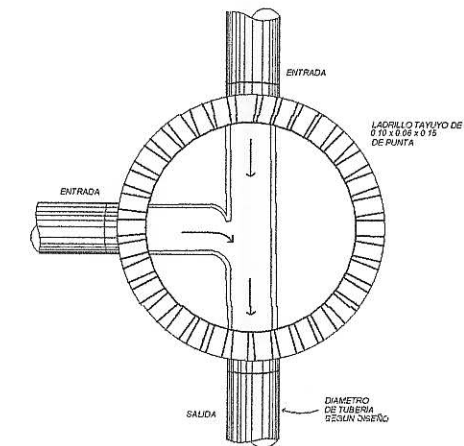
EL CONCRETO A UTILIZAR TENDRA UN PROPORCION VOLUMETRICA DE 1:2:3 O UNA PROPORCION QUE GARANTICE UNA RESISTANCIA F_c IGUAL A 210 KG/CM² (3000 PSI) A LOS 28 DIAS Y UNA RELACION AGUA/CEMENTO = 0.55.

EL MORTERO A UTILIZAR, SERÁ DE SABIETA DE CEMENTO Y ARENA DE RÍO CON PROPORCIÓN 1:3.

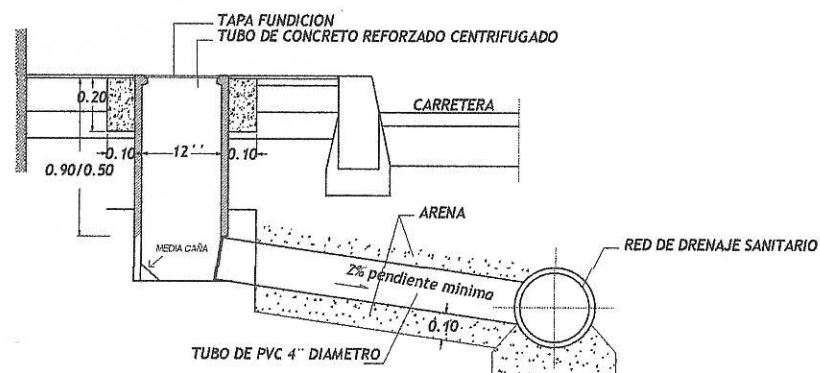
EL INTERIOR DE LAS ACOMETIDAS DOMICILIARES SE ALISARÁ CON SABIETA (CEMENTO Y ARENA DE RÍO 1:3) HASTA LA ALTURA DE 0.30 CM. SOBRE LA COTA DE CORONA DE LA TUBERÍA DE ENTRADA.)

EL ACERO DE REFUERZO SERA CON F_y = 2810KG/CM (GRADO 40).

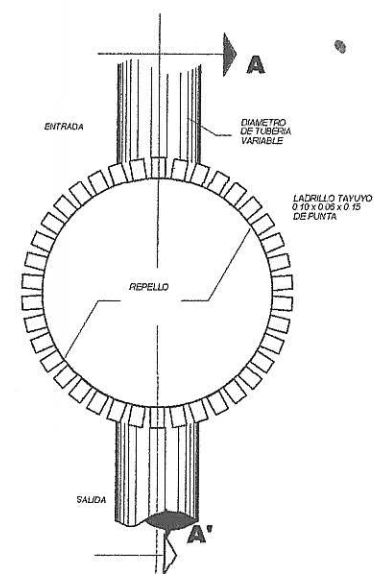
LAS CONEXIONES DOMICILIARES HACIA EL COLECTOR PRINCIPAL DEBERAN ESTAR CONECTADAS A UN ANGULO DE 45°.



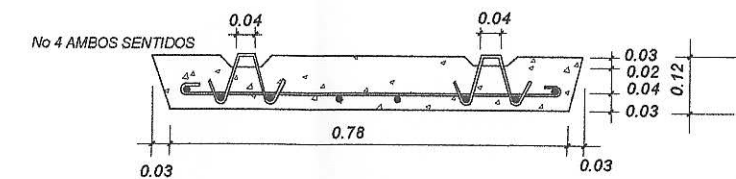
PLANTA POZO DE VISITA DOBLE ENTRADA
ESCALA: SIN ESCALA



DETALLE CONEXION DOMICILIAR
ESCALA: SIN ESCALA



PLANTA POZO DE VISITA UNA ENTRADA
ESCALA: SIN ESCALA



CORTE B-B'
ESCALA: SIN ESCALA



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO
SISTEMA DE ALCANTRILLADO SANITARIO
ALDEA SACO, ITO, CHINAUTLA

CONTENIDO:
DETALLES DE ARMADO DE POZOS Y CONEXIONES DOMICILIARES

DISENYO:
HEVIN OTTONEL RODRIGUEZ CAHUQUE
CARNET: 201220112

CONTENIDO:
HEVIN OTTONEL RODRIGUEZ CAHUQUE
CARNET: 201220112

ASESORIA:
INGENIERIA Y EPS
TINCA MAYRA REYES GARCIA
SUPERVISORA DE EPS

ESCALA INDICADA
FECHA: SEPTIEMBRE 2019

HOJA NO:
14
14

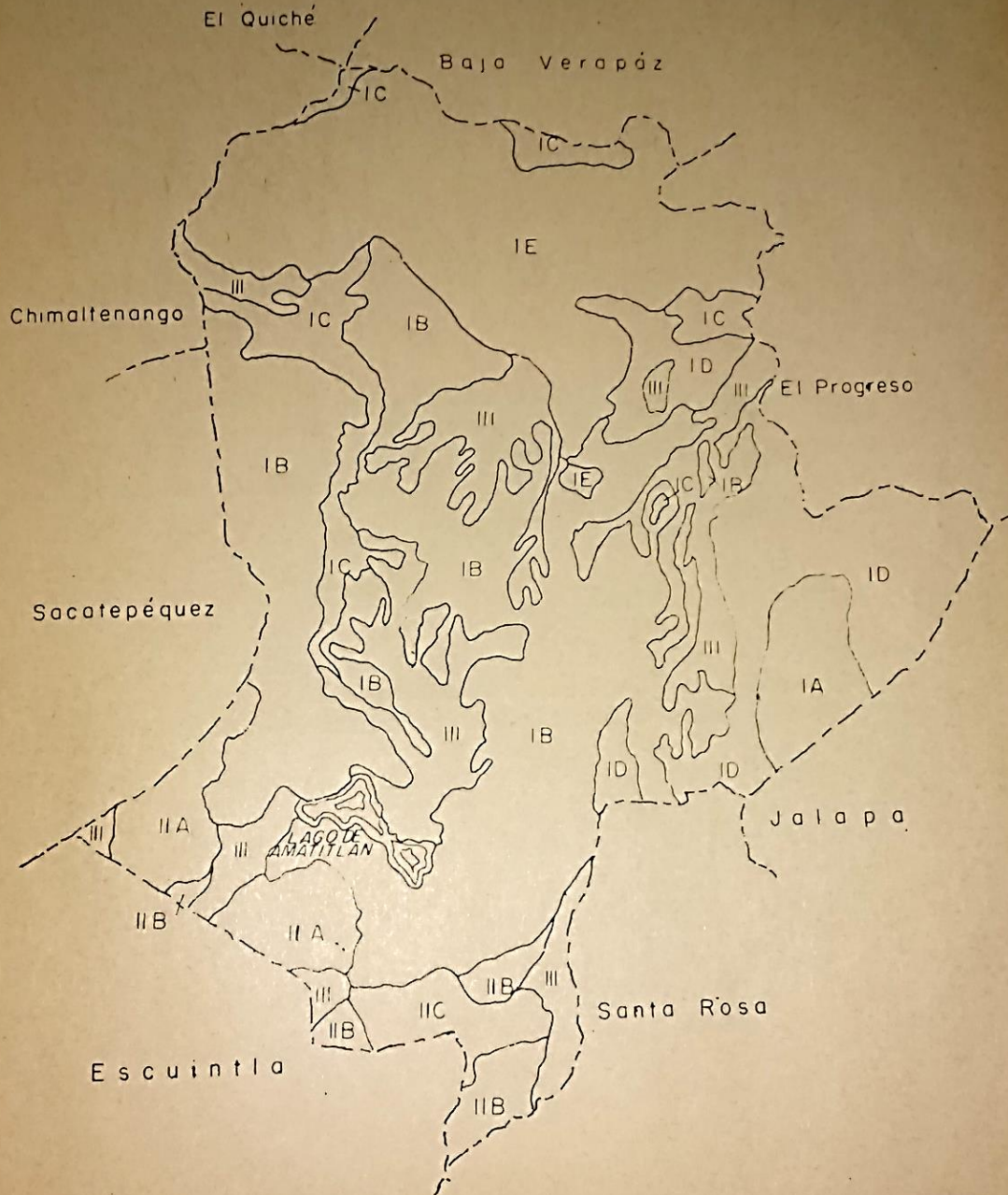


Fig. 4.—MAPA DEL DEPARTAMENTO DE GUATEMALA, MOSTRANDO LOCALIZACIÓN DE LOS DIFERENTES GRUPOS DE SUELOS



FORMATO DVGA-GA-002

DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES
VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-

EVALUACION AMBIENTAL INICIAL

ACTIVIDADES DE BAJO IMPACTO AMBIENTAL

(ACUERDO GUBERNATIVO 137-2016, REGLAMENTO DE EVALUACIÓN,
CONTROL Y SEGUIMIENTO AMBIENTAL Y SU REFORMA)

INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN
<p>El formato debe proporcionar toda la información solicitada en los apartados, de lo contrario ventanilla única no lo aceptará.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Completar el siguiente formato de Evaluación Ambiental Inicial, colocando una X en las casillas donde corresponda y debe ampliar con información escrita en cada uno de los espacios del documento, en donde se requiera. • Si necesita más espacio para completar la información, puede utilizar hojas adicionales e indicar el inciso o sub-inciso a que corresponde la información. • La información debe ser completada, utilizando letra de molde legible o a máquina de escribir. • Este formato también puede completarlo de forma digital, el MARN puede proporcionar copia electrónica si se le facilita el disquete, CD, USB; o bien puede solicitarlo a la siguiente dirección: vunica@mam.gob.gt • Todos los espacios deben ser completados, incluso el de aquellas interrogantes en que no sean aplicables a su actividad (explicar la razón o las razones por lo que usted lo considera de esa manera). • Por ningún motivo, puede modificarse el formato y/o agregarle los datos del proponente o logo(s) que no sean del MARN. 	<p>No. Expediente:</p> <p>Clasificación del Listado Taxativo</p> <p>Firma y Sello de Recibido</p>
<p>I. INFORMACION LEGAL</p>	
<p>1.1. Nombre del proyecto, obra, industria o actividad (Que tenga relación con el proyecto a realizar):</p>	
<p>Diseño de un sistema de alcantarillado sanitario para la aldea Sacojito</p>	
<p>1.1.2 Descripción del proyecto, obra o actividad para lo que se solicita aprobación de este instrumento.</p>	
<p>El proyecto consiste en 1,540 metros de construcción de alcantarillado sanitario (colector principal y líneas secundarias) y la construcción de 22 pozos de visita. La tubería a utilizar será de PVC Amanco Novafort, bajo la norma ASTM F-949. El Diámetro mínimo a utilizar será de 6".</p>	
<p>1.2. Información legal:</p>	
<p>A) Persona Individual:</p>	
<p>A.1. Representante Legal: Brenda Elizabeth del Cid Medrano</p>	
<p>B) De la empresa:</p>	
<p>Razón social: Municipalidad de Chinautla, Chinautla</p>	
<p>Nombre Comercial: Municipalidad de Chinautla, Chinautla</p>	
<p>No. De Escritura Constitutiva: Nombramiento, Acta No. 03-2016,</p>	
<p>Fecha de constitución: 15/01/2016</p>	
<p>Patente de Sociedad Registro No. _____ Folio No. _____ Libro No. _____</p>	
<p>Patente de Comercio Registro No. _____ Folio No. _____ Libro No. _____</p>	
<p>No. De Finca _____ Folio No. _____ Libro No. _____ de _____</p>	
<p>dónde se ubica el proyecto, obra, industria o actividad.</p>	
<p>Número de Identificación Tributaria (NIT): 299055-5</p>	



FORMATO

DVGA-GA-002

DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES
VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-

INSTRUCCIONES		PARA USO INTERNO DEL MARN
I.3 Teléfono 2245-9800 Correo electrónico: munidechinautla@gmail.com		
I.4 Dirección de donde se ubica la actividad: (identificando calles, avenidas, número de casa, zona, aldea, cantón, barrio o similar, así como otras delimitaciones territoriales; OBLIGATORIAMENTE indicar el municipio y departamento)		
El proyecto se ubica en la aldea Sacojito del municipio de Chinautla, del departamento de Guatemala, atravesando la colonia villas del milagro. El proyecto atraviesa lo que son el Sector 3 y el Sector 6 Los Lirios de la aldea Sacojito, hasta desfogar en un cuerpo receptor.		
Especificar Coordenadas UTM o Geográficas		
X: 766947.2252581371		14°42'29.8" N
Y: 1627527.1590736913		90°31'15.4" W
Zona 15		
I.5 Dirección para recibir notificaciones (dirección fiscal) (identificando calles, avenidas, número de casa, zona, aldea, cantón, barrio o similar, así como otras delimitaciones territoriales; OBLIGATORIAMENTE indicar el municipio y departamento)		
2a. calle F-2, Colonia Sauzalito, Chinautla		
I.6 Si para consignar la información en este formato, fue apoyado por una profesional, por favor anote el nombre y profesión del mismo		
II. INFORMACION GENERAL		
Se debe proporcionar una descripción de las actividades que serán efectuadas en el proyecto, obra, industria o actividad según etapas siguientes.		
II.1 Etapa de Construcción <ul style="list-style-type: none"> • Actividades a realizar <ol style="list-style-type: none"> 1. Topografía 2. Trazo 3. Excavación de zanja 4. Construcción de pozos 5. Colocación de tubería 6. Relleno de zanja 7. Limpieza final • Insumos necesarios <ol style="list-style-type: none"> 1. Diesel (maquinaria) 2. Materiales de construcción • Maquinaria <ol style="list-style-type: none"> 1. Estación total 2. Retroexcavadora 3. Camiones de volteo 	Operación <ol style="list-style-type: none"> 1. Actividades o procesos <ul style="list-style-type: none"> - El proyecto trabajará a gravedad, por lo que no se requerirá de mantenimiento constante - Revisiones de pozos de visita 2. Materia prima e insumos <ul style="list-style-type: none"> - Tubería en caso de colapso o fugas. 	Abandono <ul style="list-style-type: none"> • Acciones a tomar en caso de cierre <p>Dejar el área de trabajo libre de cualquier desecho y totalmente limpia, resguardo de los materiales en bodega provisional, retomo de maquinaria a predio correspondiente.</p>



DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES
VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-

4. Compactador tipo bailarina	vibratorio	
5. Concreteiras		

II.3 Área
 a) Área total de terreno en metros cuadrados: 1,540 metros lineales (5m de ancho de carretera)
 b) Área de ocupación del proyecto en metros cuadrados: 1,540 metros lineales (5m de ancho de carretera)
 Área total de construcción en metros cuadrados: 1,540 metros lineales (5m de ancho de carretera)

INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN
----------------------	----------------------------------

II.4 Actividades colindantes al proyecto:

NORTE	<u>Agricultura</u>	SUR	<u>Viviendas</u>
ESTE	<u>Viviendas</u>	OESTE	<u>Viviendas</u>

Describir detalladamente las características del entorno (viviendas, barrancos, ríos, basureros, iglesias, centros educativos, centros culturales, etc.):

DESCRIPCION	DIRECCION (NORTE, SUR, ESTE, OESTE)	DISTANCIA AL PROYECTO
Viviendas	Este y oeste	5 metros (a lo largo del proyecto)
Iglesia	Oeste	5 metros
Centro educativo	Este	100 metros

II.5 Dirección del viento:
Norte

II.6 En el área donde se ubica la actividad, a qué tipo de riesgo ha estado o está expuesto?

a) inundación () b) explosión () c) deslizamientos ()
 d) derrame de combustible () e) fuga de combustible () d) Incendio () e) Otro ()

Detalle la información _____

II.7 Datos laborales

a) Jornada de trabajo: Diurna (X) Nocturna () Mixta () Horas Extras _____
 b) Número de empleados por jornada 20 personas Total empleados 20 personas

II.8 USO Y CONSUMO DE AGUA, COMBUSTIBLES, LUBRICANTES, REFRIGERANTES, OTRO...
 Se requerirá el uso de agua, gasolina, diésel, lubricantes, entre otros.



FORMATO DVGA-GA-002

DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES
VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-

--

INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN
----------------------	----------------------------------

CONSUMO DE AGUA, COMBUSTIBLES, LUBRICANTES, REFRIGERANTES, OTROS...							
	Tipo	Sí/No	Cantidad/(mes día y hora)	Proveedor	Uso	Especificaciones u observaciones	Forma de almacenamiento
Agua	Servicio público	Sí	1500 Lt/día	Municipalidad	Constructivo	Ninguna	Cisterna
	Pozo	No					
	Agua especial	No					
	Superficial	No					
Combustible	Otro	No					
	Gasolina	Sí	5 Galones/día	Gasolinera	Maquinaria	Ninguna	Tanques
	Diesel	Sí	40 Galones/día	Gasolinera	Maquinaria	Ninguna	Tanques
	Bunker	No					
	Glp	No					
	Otro	No					
Lubricantes	Solubles	No					
	No solubles	No					
Refrigerantes		No					
Otros							

NOTA: si se cuenta con licencia extendida por la Dirección General de Hidrocarburos del Ministerio de Energía y Minas, para comercialización o almacenaje de combustible. Adjuntar copia

III. IMPACTO AL AIRE

GASES Y PARTICULAS

III.1 Las acciones u operaciones de la Actividad, producen gases o partículas (Ejemplo: polvo, vapores, humo, niebla, material particulado, etc.) que se dispersan en el aire? Ampliar la información e indicar la fuente de donde se generan?

Generación de humo producto por la maquinaria como resultado de actividades constructivas.
Generación de polvo por mezclas cementantes para elaboración de concreto



**DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES
VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-**

MITIGACION

III.2 ¿Qué se está haciendo o qué se hará para evitar que los gases o partículas impacten el aire, el vecindario o a los trabajadores?

Equipo de protección (mascarilla y gafas protectores)

INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN
RUIDO Y VIBRACIONES	
<p>III.3 Las operaciones de la empresa producen sonidos fuertes (ruido), o vibraciones?</p> <p>Ruido producido por maquinari</p>	
<p>III.4 En donde se genera el sonido y/o las vibraciones (maquinaria, equipo, instrumentos musicales, vehiculos, etc.)</p> <p>Retroexcavadoras, compactadoras y concreteras</p>	
<p>III.5 ¿Qué se está haciendo o que acciones se tomarán para evitar que el ruido o las vibraciones afecten al vecindario y a los trabajadores?</p> <p>Horarios adecuados de trabajo para minimizar el ruido y de esta forma afectar a la comunidad en lo menor posible.</p>	
OLORES	
<p>III.6 Si como resultado de sus actividades se emiten olores (ejemplo: cocción de alimentos, aromáticos, solventes, etc.), explicar con detalles la fuente de generación y el tipo o características del o los olores:</p> <p>No se emitirán olores</p>	
<p>III.7 Explicar que se está haciendo o se hará para evitar que los olores se dispersen en el ambiente?</p> <p>No se emitirán olores</p>	
IV. EFECTOS DE LA ACTIVIDAD EN EL AGUA	
AGUAS RESIDUALES	
CARACTERIZACION DE LAS AGUAS RESIDUALES	
<p>IV.1 Con base en el Acuerdo Gubernativo 236-2006, Reglamento de las Descargas y Re-uso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos, qué tipo de aguas residuales (aguas negras) se generan?</p> <p>a) <u>Ordinarias</u> (aguas residuales generadas por las actividades domésticas)</p> <p>b) <u>Especiales</u> (aguas residuales generadas por servicios públicos municipales, actividades de servicios, industriales, agrícolas, pecuarias, hospitalarias)</p> <p>c) <u>Mezcla</u> de las anteriores</p> <p>d) Otro;</p> <p>Cualquiera que fuera el caso, explicar la información, indicando el caudal (cantidad) de aguas residuales generado</p> <p>Se implementará el uso de baños portátiles, con un caudal de descarga de aproximadamente 250 L/día</p>	
<p>IV.2 Indicar el número de servicios sanitarios _____</p> <p>Se instalarán dos servicios de baños portátiles para el uso de los trabajadores del proyecto</p>	
INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN



**DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES
VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-**

TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

IV.3 Describir que tipo de tratamiento se da o se propone dar a las aguas residuales generadas por la actividad. (usar hojas adicionales)

- a) Sistema de tratamiento
- b) Capacidad
- c) Operación y mantenimiento
- d) Caudal a tratar
- e) Etc.

DESCARGA FINAL DE AGUAS RESIDUALES

IV. 4 Indique el punto de descarga de las aguas residuales, por ejemplo en pozo de absorción, colector municipal, río, lago, mar u otro e indicar si se le efectuó tratamiento de acuerdo con el numeral anterior

Cuerpo receptor (río)

AGUA DE LLUVIA (AGUAS PLUVIALES)

IV.5 Explicar la forma de captación de agua de lluvia y el punto de descarga de la misma (zanjones, ríos, pozos de absorción, alcantarillado, etc.)

No aplica, el agua pluvial seguirá circulando por los zanjones y ríos

V. EFECTOS DE LA ACTIVIDAD SOBRE EL SUELO (Sistema edáfico y lítico)

DESECHOS SÓLIDOS

VOLUMEN DE DESECHOS

V.1 Especifique el volumen de desechos o desperdicios genera la actividad desarrollada:

- a) Similar al de una residencia 11 libras/día
- b) Generación entre 11 a 222 libras/día
- c) Generación entre 222 libras y 1000 libras/día
- d) Generación mayor a 1000 libras por día

V.2 Además de establecer la cantidad generada de desechos sólidos, se deben caracterizar e indicar el tipo de desecho (basura común, desechos de tipo industrial o de proceso, desechos hospitalarios, orgánicos, etc.):

Desechos de materiales constructivos, retazos de varillas de acero, basura de sacos de cemento

V.3. Partiendo de la base que todos los Desechos Peligrosos, son todos aquellos que posean una o más de las características siguientes: corrosivos, reactivos, explosivos, tóxicos, inflamables, biológico infecciosos, se genera en su actividad algún tipo de desecho con estas características y en qué cantidad?

Ninguno

V.4 Se efectúa algún tipo de tratamiento de los desechos (comunes o peligrosos), Explicar el método y/o equipo utilizado

Se retirará todo el material de desecho y se depositará en el botadero municipal autorizado

V.5 Si los desechos se trasladan a otro lugar, para tratamiento o disposición final, indicar el tipo de transporte utilizado

Se utilizará un vehiculo liviano, en el caso de ser mucho se requerirá del uso de un camión

V.6 Contempla la empresa algún mecanismo o actividad para disminuir la cantidad o el tipo de desechos generados, o bien evitar que éstos sean dispuestos en un botadero?

Se contempla realizar reciclaje para que muchos de los materiales se puedan entregar a empresas recicladoras



**DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES
VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-**

V.7 Indicar el sitio de disposición final de los desechos generados (comunes y peligrosos)

En el botadero municipal autorizado

INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN
VI. DEMANDA Y CONSUMO DE ENERGIA	
CONSUMO	
VI.1 Consumo de energía por unidad de tiempo (kW/hr o kW/mes) _____	
VI.2 Forma de suministro de energía	
a) Sistema público ()	
b) Sistema privado ()	
c) generación propia (X)	
VI.3 Dentro de los sistemas eléctricos de la empresa se utilizan transformadores, condensadores, capacitores o inyectores eléctricos? SI () NO (X)	
VI.4 Qué medidas propone para disminuir el consumo de energía o promover el ahorro de energía?	
Todos los mecanismos se realización por combustión, por el uso de maquinaria pesada	
VII. POSIBILIDAD DE AFECTAR LA BIODIVERSIDAD (ANIMALES, PLANTAS, BOSQUES, ETC.)	
VII.1 En el sitio donde se ubica la empresa o actividad, existen:	
- Bosques (No)	
- Animales (No)	
- Otros _____	
Especificar información _____	
VII.2 La operación de la empresa requiere efectuar corte de árboles?	
No	
VII.3 Las actividades de la empresa, pueden afectar la biodiversidad del área? SI () NO (X) Por qué?	
Toda actividad constructiva estará lejos de la flora y fauna, por lo que estos no se verán afectados	
VIII. TRANSPORTE	
VIII.1 En cuanto a aspectos relacionados con el transporte y parqueo de los vehículos de la empresa, proporcionar los datos siguientes:	
a) Número de vehículos: 4 vehículos	
b) Tipo de vehículo: 1 maquinaria, 2 vehículos pesados y 1 vehículo liviano	
c) Sitio para estacionamiento y área que ocupa: Se utilizara el predio autorizado	
d) Horario de circulación vehicular: 7:00 a 17:00 horas	
e) Vías alternas: Ninguna	
IX. EFECTOS SOCIALES, CULTURALES Y PAISAJISTICOS	
ASPECTOS CULTURALES	
IX.1 En el área donde funciona la actividad, existe alguna (s) etnia (s) predominante, cuál? Ladina	



**DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES
VENTANILLA AMBIENTAL - DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-**

INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN
<p>RECURSOS ARQUEOLOGICOS Y CULTURALES</p> <p>IX.2 Con respecto de la actividad y los recursos culturales, naturales y arqueológicos, Indicar lo siguiente:</p> <p>a) <input checked="" type="checkbox"/> La actividad no afecta a ningún recurso cultural, natural o arqueológico _____</p> <p>b) <input type="checkbox"/> La actividad se encuentra adyacente a un sitio cultural, natural o arqueológico _____</p> <p>c) <input type="checkbox"/> La actividad afecta significativamente un recurso cultural, natural o arqueológico _____</p> <p>Ampliar información de la respuesta seleccionada</p> <p>No existen recursos naturales o arqueológicos cerca de la obra</p>	
<p>ASPECTOS SOCIAL</p> <p>IX.3. En algún momento se han percibido molestias con respecto a las operaciones de la empresa, por parte del vecindario? SI () NO (X)</p> <p>IX.4 Qué tipo de molestias?</p> <p>Ninguna</p> <p>IX.5 Qué se ha hecho o se propone realizar para no afectar al vecindario?</p> <p>Operación constructiva que beneficia totalmente a la población</p>	
<p>PAISAJE</p> <p>IX.6 Cree usted que la actividad afecta de alguna manera el paisaje? Explicar por qué</p> <p>El proyecto únicamente tiene alteración visual del paisaje durante la ejecución del proyecto, posteriormente en la finalización del proyecto todo se encuentra por debajo de la superficie terrestres, por tratarse de un proyecto de alcantarillado sanitario</p>	
<p>X. EFECTOS Y RIESGOS DERIVADOS DE LA ACTIVIDAD</p> <p>X.1 Efectos en la salud humana de la población circunvecina:</p> <p>a) <input type="checkbox"/> la actividad no representa riesgo a la salud de pobladores cercanos al sitio</p> <p>b) <input checked="" type="checkbox"/> la actividad provoca un grado leve de molestia y riesgo a la salud de pobladores</p> <p>c) <input type="checkbox"/> la actividad provoca grandes molestias y gran riesgo a la salud de pobladores</p> <p>Del inciso marcado explique las razones de su respuesta, identificar que o cuales serian las actividades riesgosas:</p> <p>Las personas no se verán muy afectadas, esto debido a que únicamente se efectuará ruido por la maquinaria y en el ambiente por la generación de polvo</p>	
<p>X.3 riesgos ocupacionales:</p> <p><input type="checkbox"/> Existe alguna actividad que representa riesgo para la salud de los trabajadores</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> La actividad provoca un grado leve de molestia y riesgo a la salud de los trabajadores</p> <p><input type="checkbox"/> La actividad provoca grandes molestias y gran riesgo a la salud de los trabajadores</p> <p><input type="checkbox"/> No existen riesgos para los trabajadores</p> <p>Ampliar información:</p> <p>Únicamente existirá el riesgo por enfermedades respiratorias debido a la generación de polvo</p>	



MINISTERIO DE AMBIENTE

Y RECURSOS NATURALES

FORMATO

DVGA-GA-002

**DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES
VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-**

Equipo de protección personal

X.4 Se provee de algún equipo de protección para los trabajadores? SI (X) NO ()

X.5 Detallar que clase de equipo de protección se proporciona:

- chaleco reflectivo
- Casco
- Guantes
- Tapones para oídos (de ser requeridos)
- Lentes (de ser requeridos)

X.6 ¿Qué medidas ha realizado ó que medidas propone para evitar las molestias o daños a la salud de la población y/o trabajadores?

Horarios prudentes para la ejecución de ciertas actividades (utilización de maquinaria)



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



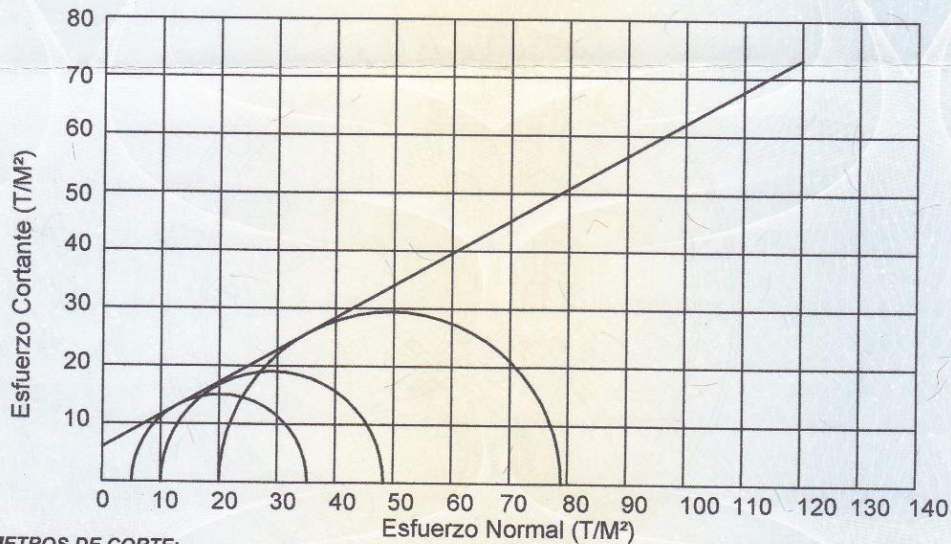
ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL, DIAGRAMA DE MOHR

No. 11613

INFORME No.: 174 S.S.

O.T.: 37.298

INTERESADO: Kevin Ottoniel Rodríguez Cahueque
 PROYECTO: EPS "Ampliación del Edificio Escolar de Dos Niveles para la Aldea El Durazno, Chinautla, Guatemala"
 UBICACIÓN: Chinautla, Guatemala
 FECHA: jueves, 11 de mayo de 2017
 POZO: 1 PROFUNDIDAD: 1,00 m MUESTRA: 1



PARAMETROS DE CORTE:

ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA : $\phi = 29,27^\circ$	COHESIÓN: $C_u = 6,05 \text{ Ton/m}^2$
---	--

TIPO DE ENSAYO: No consolidado y no drenado.
 DESCRIPCION DEL SUELO: Limo Arcilloso Color Beige
 DIMENSION Y TIPO DE LA PROBETA: 2.5" X 5.0"
 OBSERVACIONES: Muestra proporcionada por el interesado.

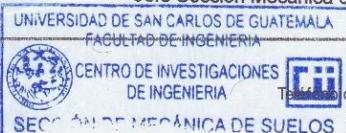
PROBETA No.	1	2	3
PRESION LATERAL (T/m ²)	5	10	20
DESVIADOR EN ROTURA q(T/m ²)	30,23	38,26	58,92
PRESION INTERSTICIAL u(T/m ²)	x	x	x
DEFORMACION EN ROTURA Er (%)	2,0	3,5	7,0
DENSIDAD SECA (T/m ³)	1,66	1,66	1,66
DENSIDAD HUMEDA (T/m ³)	1,83	1,83	1,83
HUMEDAD (%H)	10,39	10,39	10,39

Atentamente,

Vo. Bo.

Omar E. Medrano Méndez
 Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
 Jefe Sección Mecánica de Suelos

Francisco Javier Quiñonez de la Cruz
 Ing. Francisco Javier Quiñonez de la Cruz
 DIRECTOR CII/USAC



FACULTAD DE INGENIERÍA –USAC–
 Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
 Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
 Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

