



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

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA EL  
DURAZNO Y EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA SECTOR 2, SAN JULIÁN,  
CHINAUTLA, GUATEMALA**

**Cristian Ernesto Mena**

Asesorado por el Inga. Mayra Rebeca García Soria de Sierra

Guatemala, mayo de 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA EL  
DURAZNO Y EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA SECTOR 2, SAN JULIÁN,  
CHINAUTLA, GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**CRISTIAN ERNESTO MENA**

ASESORADO POR EL INGA. MAYRA REBECA GARCÍA SORIA DE SIERRA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO CIVIL**

GUATEMALA, MAYO DE 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Christian Moisés de la Cruz Leal
VOCAL V	Br. Kevin Vladimir Armando Cruz Lorente
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADORA	Inga. Mayra Rebeca García Soria de Sierra
EXAMINADORA	Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

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

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA EL DURAZNO Y EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA SECTOR 2, SAN JULIÁN, CHINAUTLA, GUATEMALA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 8 de noviembre de 2019.

**Cristian Ernesto Mena**

Guatemala, 1 de septiembre de 2020  
Ref.EPS.DOC.298.09.2020

Ing. Oscar Argueta Hernández  
Director Unidad de EPS  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ingeniero Argueta Hernández:

Por este medio atentamente le informo que como Asesora-Supervisora de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Cristian Ernesto Mena**, **Registro Académico 201503974** y **CUI 2961 75323 0101** de la Carrera de Ingeniería Civil, procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA EL DURAZNO Y EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA SECTOR 2, SAN JULIÁN, 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, 24 de febrero de 2021

EIC-AH-001-2021/pap

Ingeniero  
Armando Fuentes Roca  
Director Escuela Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos


Ingeniero Fuentes:

Le informo que he revisado el informe Final de EPS, **DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA EL DURAZNO Y EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA SECTOR 2, SAN JULIÁN, CHINAUTLA, GUATEMALA**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil **CRISTIAN ERNESTO MENA, CUI:2961753230101**, quien contó con la asesoría de la **INGA. MAYRA REBECA GARCÍA SORIA DE SIERRA**

Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte futuro 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. Civil Pedro Antonio Aguilar Polanco  
Jefe Del Departamento de Hidráulica

FACULTAD DE INGENIERIA  
DEPARTAMENTO  
DE  
HIDRAULICA  
U S A C

Cc: Estudiante xxxxxxxxxx  
Archivo





ESCUELA DE  
INGENIERÍA CIVIL

FACULTAD DE INGENIERÍA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen de la Asesora Inga. Mayra Rebeca García Soria de Sierra y del Coordinador de E.P.S. Ing. Oscar Argueta Hernández, y basado en las aprobaciones del área de hidráulica por el ingeniero Pedro Aguilar Polanco, además del área de estructuras por el suscrito, al trabajo de graduación del estudiante CRISTIAN ERNESTO MENA, CUI:2961753230101 titulado DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA EL DURAZNO Y EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA SECTOR 2, SAN JULIÁN, CHINAUTLA, GUATEMALA, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

Sin otro particular, le saludo muy atentamente.

Ing. Armando Fuentes Roca

Director Escuela Ingeniería Civil



Guatemala, febrero 2021

ID Y ENSEÑAD A TODOS

---

Más de 140 años de Trabajo y Mejora Continua  
<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>



Universidad de San Carlos de  
Guatemala



Facultad de Ingeniería  
Unidad de EPS

Guatemala, 26 de febrero de 2021  
**REF.EPS.D.42.02.2021**

Ing. Armando Fuentes Roca  
Director Escuela de Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ingeniero Fuentes Roca:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA EL DURAZNO Y EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA SECTOR 2, SAN JULIÁN, CHINAUTLA, GUATEMALA**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Cristian Ernesto Mena, CUI 2961 75323 0101 y Registro Académico 201503974**, 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 por parte de la Asesora-Supervisora, como Director apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”



Ing. Oscar Argueta Hernández  
Director Unidad de EPS

OAH/ra



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen de la Asesora Inga. Mayra Rebeca García Soria y del Coordinador de E.P.S. Ing. Oscar Argueta Hernández, al trabajo de graduación del estudiante Cristian Ernesto Mena titulado **DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA EL DURAZNO Y EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA SECTOR 2, SAN JULIÁN, CHINAUTLA, GUATEMALA** da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

Sin otro particular, le saludo muy atentamente.

ID Y ENSEÑAD A TODOS



Ing. Armando Fuentes Roca



Director Escuela Ingeniería Civil

Guatemala, mayo 2021

/mrrm.



DTG.211.2021

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA EL DURAZNO Y EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA SECTOR 2, SAN JULIÁN, CHINAUTLA, GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario: **Cristian Ernesto Mena**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Inga. Anabela Cordova Estrada  
Decana



Guatemala, mayo de 2021.

AACE/asga

## **ACTO QUE DEDICO A:**

- Dios** Por darme la vida, por permitirme alcanzar este objetivo y por brindarme la sabiduría para seguir adelante ante cualquier adversidad.
- Mi madre** Celeny Doménica Mena González, por su amor incondicional y, sobre todo, por ser la persona que me ha enseñado a nunca dejar de luchar por lo que deseo.
- Mi hermana** Hellen Celeny Mena, por ser la persona más valiente que he conocido y a la que más admiro; por motivarme diariamente y enseñarme que todo en la vida se puede lograr con disciplina y mucho esfuerzo, además de ofrecerme todo el apoyo necesario y brindarme todo su amor para poder culminar mi formación profesional.
- Mi hermano** Ángel Gabriel Mena González (q. d. e. p); porque perderte fue lo peor que nos ha pasado, pero sé que, desde el cielo, con tu luz de ángel, iluminas nuestro camino y nos bendices para no darnos por vencidos.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

**Universidad de San  
Carlos de Guatemala**

Por haberme permitido formarme como profesional y haber sido como un segundo hogar durante el proceso.

**Facultad de Ingeniería**

Por brindarme los conocimientos adecuados para lograr esta meta.

**Inga. Mayra García**

Por brindarme su tiempo y apoyo incondicional en todo el proceso del EPS.

**DMP Chinautla**

Por haberme apoyado durante el desarrollo del EPS y sobre todo por brindarme una experiencia grata e indeleble.



1.3.1.	Generalidades .....	10
1.3.1.1.	Ubicación geográfica .....	10
1.3.1.2.	Aspectos climáticos .....	11
1.3.1.3.	Vías de acceso .....	11
1.3.1.4.	Aspectos demográficos .....	13
	1.3.1.4.1. Población .....	13
	1.3.1.4.2. Distribución de la población.....	13
1.4.	Diagnóstico de la necesidad de servicios básicos e infraestructura del municipio de Chinautla .....	14
1.4.1.	Descripción de las necesidades de servicios básicos e infraestructura del municipio de Chinautla .....	14
1.4.2.	Análisis y priorización de las necesidades .....	15
1.5.	Servicios públicos.....	16
2.	FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL .....	17
2.1.	Diseño de sistema de alcantarillado sanitario para la aldea El Durazno .....	17
2.1.1.	Descripción del proyecto .....	17
2.1.2.	Levantamiento topográfico .....	18
	2.1.2.1. Levantamiento planimétrico.....	188
	2.1.2.2. Levantamiento altimétrico.....	19
2.1.3.	Normas que se utilizarán para el diseño .....	19
2.1.4.	Tipo de sistema que se utilizará .....	20
2.1.5.	Diseño del sistema de alcantarillado .....	21
	2.1.5.1. Periodo de diseño .....	211
	2.1.5.2. Velocidad del diseño .....	22

2.1.5.3.	Estimación de población para el diseño .....	222
2.1.5.4.	Dotación .....	23
2.1.5.5.	Factor de retorno .....	244
2.1.5.6.	Factor de Harmond.....	24
2.1.5.7.	Caudal sanitario.....	25
2.1.5.7.1.	Caudal domiciliar .....	26
2.1.5.7.2.	Caudal comercial.....	266
2.1.5.7.3.	Caudal industrial.....	277
2.1.5.7.4.	Caudal de infiltración ..	288
2.1.5.7.5.	Caudal de conexiones ilícitas .....	28
2.1.5.7.6.	Factor de caudal medio.....	29
2.1.5.7.7.	Caudal de diseño.....	30
2.1.5.8.	Tipo de tubería que se utilizará.....	311
2.1.5.9.	Diseño de secciones y pendientes ....	311
2.1.5.9.1.	Velocidades máximas y mínimas .....	31
2.1.5.9.2.	Cotas <i>invert</i> .....	312
2.1.5.9.3.	Profundidad de instalación de tubería ...	33
2.1.5.9.4.	Diámetro de la tubería ..	34
2.1.5.10.	Colectores.....	355
2.1.5.11.	Pozos de visita.....	35
2.1.5.12.	Conexiones domiciliarias.....	356
2.1.5.13.	Principios hidráulicos .....	378
2.1.5.14.	Ejemplo de diseño de un tramo .....	38
2.1.5.15.	Resumen de presupuesto.....	444

2.1.5.16.	Cronograma de actividades.....	455
2.1.5.17.	Estudios de impacto ambiental.....	45
2.1.5.17.1.	Marco legal.....	46
2.1.5.17.2.	Evaluación del Impacto ambiental.....	46
2.1.5.17.3.	Medidas de mitigación ..	47
2.1.5.18.	Elaboración de planos.....	57
2.2.	Diseño de edificio de dos niveles para el sector 2 de San Julián.....	57
2.2.1.	Descripción del proyecto .....	57
2.2.2.	Criterios para el diseño de centros educativos según el normativo propuesto por Mineduc.....	59
2.2.2.1.	Criterios para el diseño de un aula teórica.....	590
2.2.2.2.	Acceso peatonal.....	601
2.2.3.	Estudios preliminares .....	60
2.2.3.1.	Terreno disponible.....	61
2.2.3.2.	Estudio de suelo.....	612
2.2.3.2.1.	Ensayo triaxial.....	612
2.2.4.	Consideraciones de diseño .....	656
2.2.4.1.	AGIES 2018 .....	666
2.2.4.2.	ACI 318-2014 .....	667
2.2.5.	Diseño arquitectónico.....	67
2.2.5.1.	Ubicación del edificio.....	68
2.2.5.2.	Distribución de ambientes .....	69
2.2.5.3.	Altura del edificio .....	69
2.2.5.4.	Selección del sistema estructural que se utilizará .....	70
2.2.6.	Análisis estructural .....	70



2.2.6.1.	Predimensionamiento estructural .....	72
2.2.6.1.1.	Losa.....	72
2.2.6.1.2.	Viga .....	75
2.2.6.1.3.	Columnas .....	77
2.2.6.2.	Modelo matemático de marcos rígidos.....	78
2.2.6.3.	Integración de cargas verticales .....	80
2.2.6.4.	Integración de cargas horizontales por método de AGIES.....	88
2.2.6.4.1.	Calibración de espectro de respuesta sísmica según sitio .....	92
2.2.6.5.	Análisis de marcos rígidos por Método numérico Kani.....	119
2.2.6.5.1.	Kani para carga muerta eje 3, sentido X.....	128
2.2.6.5.2.	Kani para carga viva eje 3, sentido X.....	130
2.2.6.5.3.	Análisis de carga sísmica eje 3, sentido X.....	131
2.2.6.5.4.	Análisis de software ETABS.....	134
2.2.6.5.5.	Comparación de resultados Kani verus Etabs 2,016 .....	138
2.2.6.6.	Momentos últimos por envolventes de momentos.....	139

	2.2.6.7.	Cortes últimos .....	144
2.2.7.		Diseño estructural .....	149
	2.2.7.1.	Diseño de losa.....	1500
	2.2.7.2.	Diseño de viga.....	1644
	2.2.7.3.	Diseño de columnas.....	1767
	2.2.7.4.	Diseño de cimentación .....	1945
	2.2.7.5.	Diseño de módulo de gradas.....	2067
	2.2.7.6.	Diseño de rampa .....	2122
	2.2.7.7.	Nudo sísmico.....	21515
		2.2.7.7.1. Forma de falla .....	217
		2.2.7.7.2. Criterios de diseño .....	218
2.2.8.		Instalaciones hidráulicas y eléctricas .....	2211
	2.2.8.1.	Instalaciones eléctricas .....	2222
	2.2.8.2.	Instalaciones hidráulicas .....	2233
2.2.9.		Planos constructivos .....	2255
2.2.10.		Resumen de presupuesto .....	2255
2.2.11.		Cronograma de ejecución .....	22626
2.2.12.		Valor presente neto .....	22727
2.2.13.		Evaluación impacto ambiental.....	22828
CONCLUSIONES.....			2311
RECOMENDACIONES .....			2333
BIBLIOGRAFÍA.....			2355
APÉNDICES.....			23737
ANEXO .....			24341

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Ubicación del municipio de Chinautla.....	3
2.	Delimitación geográfica del municipio de Chinautla .....	4
3.	Mapa cartográfico base de Chinautla.....	5
4.	Ubicación de la aldea El Durazno .....	6
5.	Ubicación del sector 2 de San Julián .....	10
6.	Principales vías de acceso a San Julián .....	12
7.	Esquema de cotas <i>invert</i> .....	33
8.	Detalle de conexión domiciliar.....	36
9.	Factores de capacidad de carga de Terzaghi .....	63
10.	Planta de edificio escolar .....	68
11.	Ubicación del edificio en el terreno disponible .....	68
12.	Áreas tributarias en vigas principales.....	73
13.	Áreas tributarias modificadas .....	74
14.	Modelo matemático para elevación frontal del edificio .....	78
15.	Modelo matemático para perfil del edificio .....	79
16.	Área tributaria eje 3, sentido X .....	82
17.	Área tributaria eje B, sentido Y .....	85
18.	Índice de sismicidad según clase de obra .....	93
19.	Parámetros para el municipio de Chinautla.....	93
20.	Mapa de zonificación sísmica de la República de Guatemala .....	94
21.	Coeficientes Fa .....	95
22.	Coeficientes Fv .....	96
23.	Tipo de fuente Sísmica.....	96

24.	Coeficientes Na.....	96
25.	Coeficientes Nv.....	97
26.	Factor Kd .....	97
27.	Fuerzas por nivel según corte basal .....	103
28.	Centro de masa y rigidez para segundo nivel .....	112
29.	Centro de masa y rigidez para primer nivel .....	113
30.	Esquema de iteración de carga muerta eje 3, sentido X.....	129
31.	Esquema de iteración de carga viva eje 3, sentido X .....	130
32.	Esquema para carga sísmica eje 3, sentido X.....	133
33.	Edificio escolar en Etabs.....	135
34.	Diagrama de momentos en vigas debido a Cm eje 3, sentido X .....	135
35.	Diagrama de momentos en columnas debido a Cm eje 3, sentido X ..	136
36.	Diagrama de momentos en vigas debido a Cv eje 3, sentido X .....	136
37.	Diagrama de momentos en columnas debido a Cv eje 3, sentido X ...	137
38.	Diagrama de momentos en vigas debido a Csísmica eje 3, sentido X.....	137
39.	Diagrama de momentos en columnas debido a Csísmica eje 3, sentido X.....	138
40.	Cortes últimos para vigas, eje 3, sentido X.....	147
41.	Cortes últimos para columnas .....	149
42.	Losas acotadas, segundo nivel.....	151
43.	Losas acotadas, primer nivel .....	152
44.	Envolventes de momento para el segundo nivel .....	156
45.	Envolventes de momento para el primer nivel .....	156
46.	Envolventes de momento balanceadas, segundo nivel .....	158
47.	Envolventes de momento balanceadas, primer nivel.....	159
48.	Detalle de armado de la viga .....	171
49.	Detalle confinamiento de viga.....	175
50.	Área tributaria para columna.....	177

51.	Detalle de armado de columna .....	193
52.	Detalle de confinamiento de columna .....	194
53.	Corte simple en zapata .....	199
54.	Corte por punzonamiento a la zapata .....	201
55.	Detalle de huella y contrahuella .....	207
56.	Elementos estructurales de un módulo de gradas .....	207

## TABLAS

I.	Datos meteorológicos, Estación San Pedro Ayampuc .....	8
II.	Población actual aldea El Durazno .....	9
III.	Parámetros para caudal de infiltración INFOM .....	28
IV.	Profundidad mínima de instalación de tubería .....	34
V.	Datos que se utilizarán.....	38
VI.	Presupuesto alcantarillado sanitario .....	44
VII.	Cronograma .....	45
VIII.	Formulario para la evaluación del impacto ambiental (MARN) .....	49
IX.	Capacidad de alumnos por aula teórica.....	60
X.	Dimensiones del terreno .....	61
XI.	Datos del ensayo triaxial .....	62
XII.	Factores de carga $N_q$ , $N_c$ y $N_y$ .....	64
XIII.	Valor soporte permisible según el tipo de suelo .....	65
XIV.	Tabla de altura mínima de vigas no preesforzadas.....	75
XV.	Cargas muertas para pisos .....	81
XVI.	Cargas muertas para muros.....	81
XVII.	Cargas muertas para acabados .....	81
XVIII.	Carga muerta para edificación .....	81
XIX.	Datos para análisis eje 3, sentido X .....	83
XX.	Datos para análisis eje B, sentido Y.....	86

XXI.	Características de sitio para Chinautla, Guatemala .....	92
XXII.	Valores que se utilizarán.....	98
XXIII.	Distribución de fuerzas por nivel.....	103
XXIV.	Integración de cargas para el centro de masa de cada nivel.....	105
XXV.	Centro de masa en sentido X, segundo nivel .....	106
XXVI.	Centro de masa sentido Y, segundo nivel .....	106
XXVII.	Centro de masa sentido X, primer nivel .....	107
XXVIII.	Centro de masa sentido Y, primer nivel .....	107
XXIX.	Centro de rigidez para segundo nivel sentido X .....	110
XXX.	Centro de rigidez para segundo nivel sentido Y .....	110
XXXI.	Centro de rigidez para primer nivel sentido X .....	111
XXXII.	Centro de rigidez para primer nivel sentido Y .....	111
XXXIII.	Centros de rigidez para el edificio escolar .....	113
XXXIV.	Fuerza por marcos segundo nivel, sentido X.....	117
XXXV.	Fuerza por marcos segundo nivel, sentido Y.....	118
XXXVI.	Fuerza por marcos primer nivel, sentido X .....	118
XXXVII.	Fuerza por marcos primer nivel, sentido Y .....	118
XXXVIII.	Fuerzas horizontales por marcos, sentido X.....	119
XXXIX.	Fuerzas horizontales por marcos, sentidos Y .....	119
XL.	Rigidez de elementos por nodo .....	124
XLI.	Comparación de métodos.....	138
XLII.	Combinaciones en vigas. segundo nivel. tramo A-B.....	140
XLIII.	Combinaciones en vigas, segundo nivel, tramo B-C.....	140
XLIV.	Combinaciones en vigas, primer nivel, tramo D-E .....	141
XLV.	Combinaciones en vigas, primer nivel, tramo E-F.....	141
XLVI.	Combinaciones en columnas, segundo nivel, tramo A-D.....	142
XLVII.	Combinaciones en columnas, segundo nivel, tramo B-E.....	142
XLVIII.	Combinaciones en columnas, segundo nivel, tramo C-F.....	143
XLIX.	Combinaciones en columnas, primer nivel, tramo D-G.....	143

L.	Combinaciones en columnas, primer nivel, tramo E-H.....	144
LI.	Combinaciones en columnas, primer nivel, tramo F-I .....	144
LII.	Sentido de cada losa.....	152
LIII.	Cálculo de área de acero para el segundo nivel, sentido X .....	169
LIV.	Cálculo de área de acero para el primer nivel, sentido X.....	169
LV.	Cálculo de área de acero para segundo nivel, sentido Y .....	170
LVI.	Cálculo de área de acero para el primer nivel, sentido Y.....	170
LVII.	Armado final de viga sentido “X” .....	175
LVIII.	Armado final de vigas sentido Y .....	176
LIX.	Inercia y rigidez en elementos estructurales sentido X .....	183
LX.	Inercia y rigidez en elementos estructurales sentido Y .....	185
LXI.	Datos para diseño de zapata cuadrada.....	195
LXII.	Presupuesto edificio escolar .....	226
LXIII.	Cronograma de ejecución para la escuela .....	227





## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
@	A cada
<b>h</b>	Altura del elemento
<b>As</b>	Área de acero
<b>Asmax</b>	Área de acero máximo
<b>Asmin</b>	Área de acero mínimo
<b>Asreq</b>	Área de acero requerido
<b>b</b>	Base del elemento
<b>P'u</b>	Carga axial en columna
<b>Cm</b>	Carga muerta
<b>CU</b>	Carga última
<b>Cv</b>	Carga viva
<b>Q</b>	Caudal
<b>Qdis</b>	Caudal de diseño
<b>Qdom</b>	Caudal domiciliar
<b>Qsan</b>	Caudal sanitario
<b>cm</b>	Centímetros
<b>C. M.</b>	Centro de masa
<b>C. R.</b>	Centro de rigidez
<b>Cs</b>	Coefficiente sísmico
<b>Vb</b>	Cortante basal
<b>Vr</b>	Cortante resistente
<b>∅</b>	Diámetro de tubería
<b>Dot</b>	Dotación

<b>E</b>	Esbeltez en columna
<b>F<sub>y</sub></b>	Esfuerzo máximo del acero
<b>F<sub>c</sub></b>	Esfuerzo máximo del concreto
<b>F, R</b>	Factor de retorno
<b>F<sub>s</sub></b>	Factor de seguridad
<b>hab</b>	Habitantes
<b>I</b>	Inercia del elemento
<b>Kg/m</b>	Kilogramo por metro
<b>Kg/m<sup>2</sup></b>	Kilogramo por metro cuadrado
<b>Kg/m<sup>3</sup></b>	Kilogramo por metro cúbico
<b>Km</b>	Kilómetros
<b>l/día</b>	Litro por día
<b>l/s</b>	Litro por segundo
<b>L</b>	Longitud del elemento
<b>m</b>	Metro
<b>m<sup>2</sup></b>	Metro cuadrado
<b>m<sup>3</sup></b>	Metro cúbico
<b>m/s</b>	Metro por segundo
<b>mm</b>	Milímetro
<b>M(-)</b>	Momento negativo
<b>M(+)</b>	Momento positivo
<b>S<sub>a</sub>(t)</b>	Ordenada espectral
<b>t</b>	Peralte del elemento
<b>d</b>	Peralte efectivo del elemento
<b>Y<sub>s</sub></b>	Peso específico del suelo
<b>P<sub>o</sub></b>	Población actual
<b>P<sub>f</sub></b>	Población futuro
<b>PVC</b>	Policloruro de vinilo
<b>P<sub>v</sub></b>	Pozo de visita

<b>Df</b>	Profundidad de cimiento
<b>Pulg</b>	Pulgadas
<b>q/Q</b>	Relación de caudal
<b>d/D</b>	Relación de tirantes
<b>v/V</b>	Relación de velocidad
<b>K</b>	Rigidez del elemento
<b>Sc</b>	Sobre carga
<b>r</b>	Tasa de crecimiento poblacional
<b>VPN</b>	Valor presente neto
<b>Vs</b>	Valor soporte del suelo
<b>V</b>	Velocidad de diseño



## GLOSARIO

<b>Acero mínimo</b>	Cantidad de acero que se determina por el límite de fluencia del acero y la sección del elemento, necesaria para evitar grietas por expansión o contracción por temperatura en el concreto.
<b>AGIES</b>	Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica.
<b>AGIES</b>	Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica.
<b>Aguas pluviales</b>	Agua generada por la precipitación de lluvia y son producto de la esorrentía.
<b>Aguas residuales</b>	Es el agua servida de las viviendas, comercios o industrias, que se descarga en el alcantarillado sanitario.
<b>Alcantarillado</b>	Sistema de tuberías con instalaciones técnicas para llevar sus aguas hacia un punto de desfogue.
<b>Área tributaria</b>	Área de influencia que transmite cargas sobre un elemento estructural.

<b>ASTM</b>	Sociedad Americana para Pruebas y Materiales, por sus siglas en inglés, es una organización de normas internacionales que desarrolla y publica acuerdos voluntarios de normas técnicas para una amplia gama de materiales, productos, sistemas y servicios,
<b>Carga muerta</b>	Peso constante soportado por un elemento estructural durante su vida útil, incluyendo el propio.
<b>Carga viva</b>	Peso variable dado según el ambiente para la estructura, usuarios, muebles, maquinaria móvil, entre otros.
<b>Caudal</b>	Volumen de agua sobre unidad de tiempo.
<b>Columna</b>	Elemento estructural capaz de soportar cargas axiales de compresión.
<b>Corte basal</b>	Carga inducida para reemplazar el efecto del sismo en una edificación por fuerzas laterales equivalentes, que se distribuye en cada nivel del edificio.
<b>Esfuerzo</b>	Intensidad de fuerza por unidad de área.
<b>Estribo</b>	Refuerzo transversal empleado para absorber los esfuerzos de corte a los que está sometido un elemento estructural.

<b>Excentricidad</b>	Es un giro alrededor de un eje ocasionado entre el centro de masa del edificio y el centro de rigidez.
<b>Fluencia</b>	Capacidad del acero para resistir esfuerzos debido a cargas de tensión o compresión. El acero presenta deformaciones uniformes para luego regresar a su estado original posterior a la aplicación de la carga.
<b>Longitud de desarrollo</b>	Distancia mínima que debe tener una varilla de acero para ser capaz de transmitir su esfuerzo de tracción al concreto.
<b>Norma ACI 318-14</b>	Por sus siglas en inglés <i>American Concrete Institute</i> . Comité 318, requisitos de Reglamento de Construcción para Concreto Estructural, año 2014.
<b>Recubrimiento</b>	Espesor de concreto entre una barra de refuerzo y la cara exterior de la superficie de concreto.
<b>Valor soporte</b>	Capacidad que tiene el suelo para soportar cargas por cada unidad de área.
<b>Viga</b>	Elemento horizontal usado principalmente para resistir esfuerzos a flexión, en el cual la longitud predomina sobre las otras dos dimensiones.
<b>Zapata</b>	Elemento estructural que funciona como base de cimentación a una columna y transmite los esfuerzos que recibe de este al terreno.





## **RESUMEN**

El presente informe presenta el diseño y desarrollo de dos proyectos proporcionados por la municipalidad de Chinautla: el diseño de un alcantarillado sanitario para la aldea El Durazno y un edificio escolar de dos niveles para el sector 2 de San Julián.

El desarrollo del primer proyecto consta de realizar un alcantarillado sanitario que tendrá una longitud total de 1 866,20 m, el cual se realizará con tubería de PVC de 6" de diámetro; así mismo, estará compuesto de 63 pozos de visita y aproximadamente 102 conexiones domiciliarias, Para el diseño correcto del sistema se han tomado en consideración las normas estipuladas por el Instituto de Fomento Municipal (INFOM), y para la tubería de PVC, se tomó la norma ASTM F-949, Actualmente este sistema pretende beneficiar a 500 personas, aproximadamente,

Para el edificio escolar de dos niveles para el sector 2 de san Julián, se dispone a realizar un edificio escolar que tendrá dos módulos de aulas por nivel. Cada módulo dispondrá de acceso al pasillo del segundo nivel por medio de gradas. El edificio tendrá una altura total de 7,50 m y para el correcto análisis y diseño estructural, se han tomado en cuenta los normativos ACI 318-14 y AGIES 2018.



## **OBJETIVOS**

### **General**

Diseñar un sistema de alcantarillado sanitario para la aldea El Durazno y un edificio escolar de dos niveles para el sector 2 de San Julián, Chinautla, Guatemala.

### **Específicos**

1. Realizar una investigación para conocer la monografía del municipio y tener un diagnóstico de las necesidades de servicios básicos e infraestructura en los lugares en los que se realizarán los proyectos.
2. Proveer servicios básicos para mejorar la calidad de vida de los habitantes beneficiados por el sistema de alcantarillado sanitario.
3. Brindar el acceso a la educación que todas las personas se merecen mediante el edificio escolar de dos niveles y que este cumpla con los requisitos mínimos establecidos por las normas y códigos de construcción correspondientes.
4. Proporcionar a la Dirección Municipal de Planificación de Chinautla el respectivo presupuesto, cronograma y planos finales de cada proyecto.



## INTRODUCCIÓN

El municipio de Chinautla esta urbanizado en la mayor parte de su extensión territorial; sin embargo, debido a crecimiento excesivo de la población, se tienen algunos sectores que no cuentan con la suficiente infraestructura ni con los servicios básicos para cubrir la alta demanda de sus comunidades, lo cual reduce la calidad de vida de sus habitantes.

El Ejercicio Profesional Supervisado tiene como objetivos satisfacer las necesidades y contribuir en el desarrollo que exige la población, brindándoles proyectos profesionales de infraestructura y servicios básicos que cumplan con los requisitos mínimos para su diseño.

Se realizó un diagnóstico junto con la Dirección de Municipal de Planificación (DMP) para determinar la priorización de los proyectos disponibles y con base en este estudio, se eligió realizar los siguientes diseños: en la aldea El Durazno, un sistema de alcantarillado sanitario, dado que existen sectores que no cuentan con este servicio básico; y en el sector 2 de san Julián, un edificio escolar de dos niveles para brindar acceso a la educación a los pobladores aledaños que no podían hacer uso de esta debido a la poca capacidad de infraestructura del lugar.

La implementación de estos proyectos pretende brindar soluciones factibles, profesionales y viables ante la problemática que se tiene. Para ambos proyectos se han realizado planos finales, presupuestos y cronogramas de trabajo, así como sus respectivos estudios técnicos según sea el impacto social.



# **1. FASE DE INVESTIGACIÓN**

## **1.1. Monografía del municipio de Chinautla**

Se describirán los aspectos monográficos y las características de Chinautla, municipio del departamento de Guatemala.

### **1.1.1. Reseña histórica**

El municipio de Chinautla es uno de los 17 municipios que integran el departamento de Guatemala. Se encuentra situado en la región metropolitana del país, exactamente al norte de la ciudad Guatemala. Este municipio tiene la característica, junto con Mixco, de encontrarse muy cerca de la cabecera de la ciudad capital, lo cual hace que sus alrededores sean lugares menos rurales y mucho más urbanizados.

El municipio se fundó por decreto el 21 de mayo de 1723. Era gobernado inicialmente desde la capital hasta que, en 1791, quedó bajo la supervisión de las audiencias y adquirió el modelo español. La cabecera del municipio se conoció como Santa Cruz Chinautla hasta el terremoto de 1976, cuando el gobierno adquirió la finca San Julián, al lado oeste de la planicie de Jocotales en la zona 6 de la capital, a donde trasladaron la cabecera y la llamaron Nueva Chinautla; es allí en donde se encuentra instalada actualmente la municipalidad.

La economía se basa en la producción agropecuaria que está compuesta por el cultivo de café, caña de azúcar, maíz y frijol y algunas frutas. Sin embargo, dicha producción se ha ido agotando en los últimos años debido al

alto índice de pobreza que afecta al municipio. Las artesanías trabajadas en barro son de considerable fama en el país. Sobresalen los alfareros de la etnia Pocomam, de la población de Santa Cruz Chinautla y de la aldea Sacojito y Nueva Chinautla. Todo este trabajo es autóctono y artesanal, tanto en el procesamiento del barro como en el acabado manual de las piezas.

Entre las fiestas titulares del municipio está la celebración de la procesión de la imagen de la Virgen de Concepción, y es tradición no mover de su lugar, en el altar de la iglesia, la imagen del Niño Dios.

### **1.1.2. Aspectos geográficos**

El municipio de Chinautla se encuentra a una altura de 1 220 metros sobre el nivel del mar y está a una distancia de 12 kilómetros de la cabecera departamental. Sus coordenadas geográficas son latitud de 14° 42" 11' y longitud de 90° 30" 00'. Cuenta con una extensión territorial de hasta 80 kilómetros cuadrados aproximadamente. Se conforma por 113 poblados que están divididos en aldeas, cantones, colonias, asentamientos y fincas.

El norte del municipio se encuentra conformado por lugares poblados con características rurales de región montañosa y boscosa, por lo que el clima que lo rodea es templado, dado que a sus alrededores se encuentran bosques de pino y encinos; en estas áreas se encuentran las plantaciones de bambú y café.



Figura 1. **Ubicación del municipio de Chinautla**



Fuente: Municipalidad de Chinautla, Guatemala.

### **1.1.3. Topografía**

Chinautla tiene la característica de poseer una topografía irregular o accidentada: la mayor parte de sus sectores son montañosos y se encuentran a una altitud considerable; algunos otros, están conformados por barrancos lo que crea complicaciones para un acceso viable a los distintos sectores.

La mayoría de los suelos que componen el municipio están conformados por rocas de origen volcánica (pómez); algunos sectores del municipio tienen suelos con una composición rocosa y otros arenosa.

### **1.1.4. Límites y colindancias**

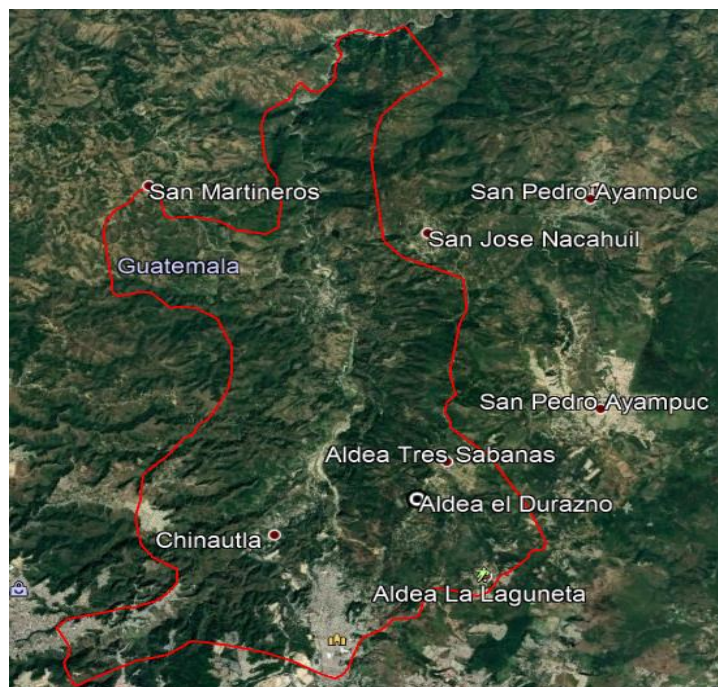
- Al norte con Charrancho.
- Al oeste con San Pedro Sacatepéquez, San Juan Sacatepéquez, San Raymundo y Mixco.

- Al Sur con Guatemala
- Al este con San Pedro Ayampuc

### 1.1.5. Aspecto social

El municipio de Chinautla está dividido en dos áreas: el área rural que está formada por al menos 12 comunidades, ubicadas al norte del municipio; y el área urbana que está conformada por al menos 50 comunidades. Esta última es predominante en municipio pues se aproxima que está dividido en un 80 % de área urbana y un 20 % de área rural. La mayoría de los habitantes alfabetos están distribuidos de la siguiente forma: casi el 60 % vive en el área urbana y el 40 % en el área rural.

Figura 2. **Delimitación geográfica del municipio de Chinautla**



Fuente: elaboración propia, utilizando Google Earth Pro.



## **1.2. Monografía de la aldea El Durazno**

Se describe la monografía de la aldea El Durazno, sus diferentes aspectos y características de incidencia en el municipio de Chinautla.

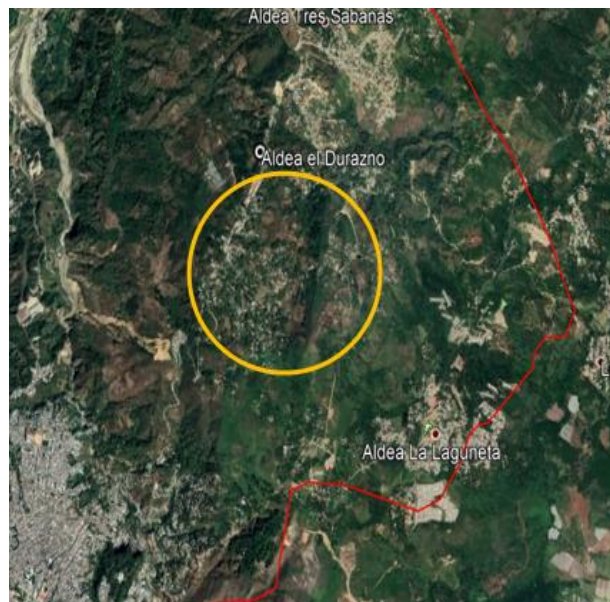
### **1.2.1. Generalidades**

A continuación, se detallan aspectos geográficos, topográficos, climáticos y demográficos de la aldea el Durazno del municipio de Chinautla.

#### **1.2.1.1. Ubicación geográfica**

En la figura 4 se muestra la ubicación de la aldea El Durazno.

**Figura 4. Ubicación de la aldea El Durazno**



Fuente: elaboración propia, utilizando Google Earth Pro.

### **1.2.1.2. Topografía aldea El Durazno**

La aldea El Durazno se encuentra al sur y sobre la altiplanicie este del municipio, que contiene suelos casi planos. La topografía en general del municipio es bastante irregular y en su región norte se encuentran los sectores menos elevados.

Sus suelos son firmes y cimentados; la ausencia de humedad hace que el clima sea templado. El suelo superficial es color café oscuro, de consistencia limo arcilloso y su subsuelo tiene un color anaranjado rojizo y amarillento; cuando se encuentra saturado su complexión es plástica y se torna duro cuando está seco.

### **1.2.1.3. Aspectos climáticos**

Chinautla se caracteriza por ser un municipio de temperatura cálida y templada; algunos de los sectores que lo componen tienden a ser más templados que otros debido a la altitud de cada uno.

Para determinar el comportamiento del clima, la municipalidad se basa en la estación meteorológica que se encuentra ubicada en San Pedro Ayampuc. Se ha recolectado la información en los últimos años; esto, según los datos del Instituto nacional de sismología, vulcanología, meteorología e hidrología (INSIVUMEH).

Tabla I. **Datos meteorológicos, Estación San Pedro Ayampuc**

<b>Estación San Pedro Ayampuc</b>	
Elevación	1 200 m,s,n,m
Temperatura máxima	27,8 °C / anual
Temperatura mínima	15,0 °C / anual
Temperatura del aire	21,73 °C / anual
Humedad relativa	48,80 % / mes
Velocidad del viento	3,59 km/h / mes
Evaporación	2,34 mm / mes

Fuente: elaboración propia, con datos del INSIVUMEH.

#### **1.2.1.4. Aspectos demográficos**

Se tomará de referencia el censo realizado en 2002 por el Instituto Nacional de Estadística (INE). Este contemplaba una tasa de crecimiento poblacional de 4,70 %.

##### **1.2.1.4.1. Población**

Existían 95 312 habitantes en el municipio: 22 570 hombres y 13 124 mujeres; según la municipalidad, 1 105 personas ocupaban la aldea El Durazno en ese año, de las cuales 463 eran hombres y 642 mujeres.

Tabla II. **Población actual aldea El Durazno**

<b>Año</b>	<b>Hombres</b>	<b>Mujeres</b>	<b>Total</b>
2002	463	642	1 105
2019	1 011	1 402	2 413
<b>Diferencia</b>	<b>548</b>	<b>760</b>	<b>1 308</b>

Fuente: elaboración propia.

#### **1.2.1.4.2. Distribución de la población**

La aldea tiene una extensión aproximada de 12 kilómetros cuadrados que se dividen en una parte urbana y otra rural: 81 % de la población habita en el área urbana y 19 % en área rural de la aldea, mientras que por sexo el 41 % son hombres el 59 % son mujeres. La distribución de la población se compone de la siguiente manera:

- 0 a 6 años: 24 %
- 7 a 14 años: 25 %
- 15 a 64: 43 %
- 65 y más: 8 %

#### **1.2.1.5. Servicios públicos**

La aldea El Durazno cuenta con servicios públicos tales como:

- Calles pavimentadas
- Alumbrado publico
- Servicio de alcantarillado en su área urbana

- Servicio de agua potable
- Transporte colectivo
- Acceso a la educación

### **1.3. Monografía del sector 2 San Julián**

Se describe la monografía del sector 2 San Julián, sus diferentes aspectos y características de incidencia en el municipio de Chinautla.

#### **1.3.1. Generalidades**

A continuación, se detallan aspectos geográficos, topográficos, climáticos y demográficos del sector 2 San Julián del municipio de Chinautla.

##### **1.3.1.1. Ubicación geográfica**

En la figura 5 se muestra la ubicación del sector 2 de San Julián

**Figura 5. Ubicación del sector 2 de San Julián**



Fuente: elaboración propia, utilizando Google Earth Pro.



### **1.3.1.2. Aspectos climáticos**

San Julián es la comunidad más cercana del centro del municipio de Chinautla. En este sector se encuentra instalada la municipalidad. Su temperatura marca un clima templado, similar al de la ciudad capital, dado que están aproximadamente al mismo nivel del mar. En temporada de lluvia se presentan cielos nublados y en época seca mayormente despejados. Es caliente durante todo el año; por lo regular, la temperatura máxima anual es de 27 °C y la mínima de 14 °C. En época de invierno se concentran 1 450 mm de precipitación pluvial. Por otro lado, el viento generalmente viaja de norte a sur a lo largo del municipio.

La estación meteorológica más cercana se encuentra San Pedro Ayampuc, perteneciente al departamento de Guatemala, y sus datos se encuentran establecidos en la tabla I.

### **1.3.1.3. Vías de acceso**

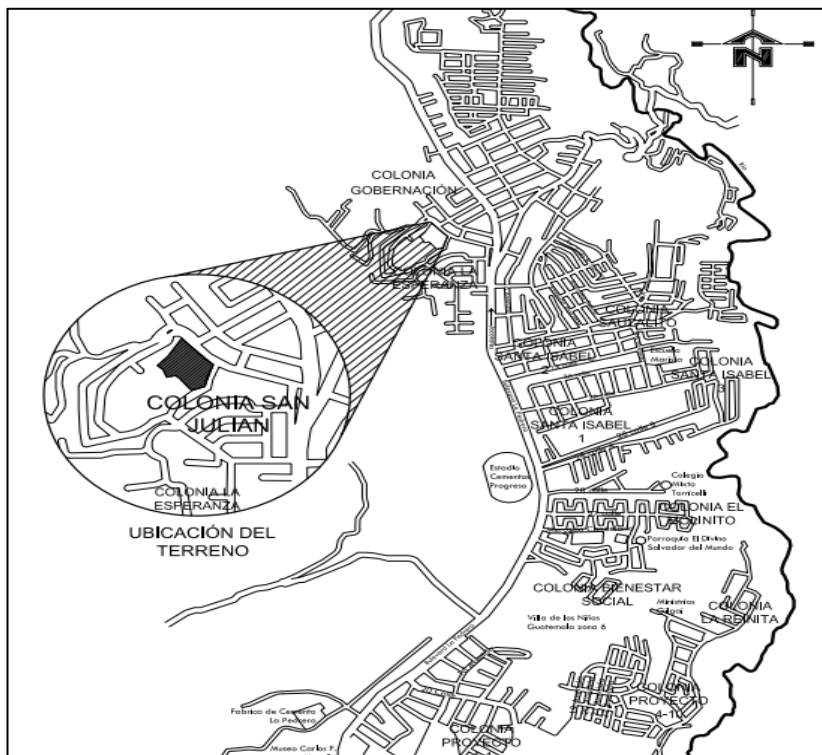
Para el acceso a San Julián se utiliza la misma ruta de la municipalidad de Chinautla. La CA-9, también conocida como ruta al Atlántico, proviene de la ciudad capital y conduce al norte del departamento de Guatemala. El municipio tiene comunicación directa con la ciudad capital, a través de la avenida La Pedrera zona 6, a través de las colonias El Molino, Proyectos, La Finca, Santa Isabel y Santa Luisa; a tres cuadras de esta última se encuentra la entrada a San Julián. El edificio educativo se construirá a 1,3 km del centro de Chinautla.

Las principales rutas de transporte identificadas son:

- De Chinautla viejo a la ciudad capital (vía Calle Martí, colonia La Parroquia, zona 6 de la ciudad de Guatemala).
- De Chinautla a zona 6 de la ciudad Capital (por medio de la antigua ruta de autobús 203).

El municipio tiene accesos rápidos a sus comunidades y la mayoría de sus vías están asfaltadas. No tiene mayor fluidez con transporte urbano, sino extraurbano. Estas líneas de buses cubren lugares intermedios de los poblados.

Figura 6. Principales vías de acceso a San Julián



Fuente: GARCIA, Dora. *Tesis Centro de capacitación técnica*, Chinautla, Guatemala. p. 44.

#### **1.3.1.4. Aspectos demográficos**

Se detallan aspectos demográficos de población y distribución de la población del sector 2 San Julián del municipio de Chinautla.

##### **1.3.1.4.1. Población**

San Julián es un sector bastante poblado, ya que es estrictamente urbano por lo que no tiene área rural y es el centro de la cabecera del municipio de Chinautla. Es importante mencionar que San Julián y Jocotales son las comunidades que más mueven la economía del municipio por sus comercios y mercados.

Los diversos sectores que componen San Julián son un caso típico de la sobrepoblación en la que se encuentra el municipio, pues por la migración de los últimos años, las personas que lo conforman se ven en la necesidad de asentarse en diversas partes de estos sectores. Es de esta manera como se ha ido incrementando la población.

Según el censo del año 2002 del INE, las edades para realizar trabajos u oficios oscila entre los 13 y los 65 años, las cuales representan más de un 50 % de la población del municipio. Actualmente, la municipalidad estima que en San Julián habitan 5 481 personas.

##### **1.3.1.4.2. Distribución de la población**

La población de San Julián para el año 2019, según la municipalidad de Chinautla, tiene esta distribución de género:

- 50,37 % mujeres
- 49,63 % hombres

La tasa de mortalidad general es de 2,27 %, los niveles de fecundidad oscilan alrededor de 10,50 % y, finalmente, la tasa de natalidad es de 2,88 %.

Cabe mencionar que la pirámide poblacional de Chinautla del año 2009 comprendía a jóvenes en edades de 14 a 29 años; esto hace al municipio bastante joven, debido a que encuentra concentrado en edades de 0 a 14 años y 25 a 45 años.

#### **1.4. Diagnóstico de la necesidad de servicios básicos e infraestructura del municipio de Chinautla**

La población estudiantil del municipio de Chinautla no cuenta con espacios físicos íntegros que ayuden al desarrollo educacional, así también se tiene deficiencia de herramientas e implementos que son necesarios para brindarles una enseñanza optima.

##### **1.4.1. Descripción de las necesidades de servicios básicos e infraestructura del municipio de Chinautla**

El municipio presenta diversos problemas por la falta de cobertura de los servicios básicos necesarios para el óptimo desarrollo humano, dentro de los cuales se pueden mencionar:

- Salud
- Alimentación
- Trabajo

- Abastecimiento de agua
- Áreas recreativas
- Infraestructura escolar

En el ámbito educativo, Chinautla cuenta con una tasa de escolaridad a nivel primario de 52 %, a nivel medio de 23 % y a nivel superior de tan solo 3,5 %. Por lo general, los fondos económicos provienen de entidades públicas, pues el gobierno central tiene la obligación de dar prioridad a la infraestructura de las escuelas para tener condiciones óptimas para los estudiantes y estos logren satisfacer a sus necesidades, así mismo, puedan desempeñarse académicamente de la mejor manera.

Por otra parte, los servicios sanitarios de las viviendas satisfacen las necesidades de higiene personal, permiten aliviar las tensiones físicas que provoca la retención de desechos corporales en el ser humano. Este servicio junto con la educación y el abastecimiento de agua son lo primordial que se debe cumplir y los que existen actualmente en el municipio están en buenas condiciones, pero desgraciadamente no pueden cubrirse en su totalidad debido a la sobrepoblación que rodea al municipio.

#### **1.4.2. Análisis y priorización de las necesidades**

Después de hacer el análisis de lo anterior, se comprueba que las principales necesidades del municipio son las mejoras en la infraestructura, la pavimentación de calles para tener un acceso vial óptimo, el abastecimiento de servicios sanitarios (drenajes y recolección de basura) y agua potable.

La necesidad de crear infraestructura escolar nace de no tener ambientes adecuados para la educación, lo cual genera bajos índices de escolaridad y, por

ende, escasas oportunidades de trabajo. Tener una infraestructura en óptimas condiciones mejora en todo aspecto al municipio, ya que esto contribuye a disminuir los índices de analfabetismo y deserción escolar. Por otro lado, los estudiantes tendrán la oportunidad de desarrollar un nivel intelectual elevado y así podrá desempeñarse de la mejor manera en su oficio o trabajo, de manera que pueda contribuir tanto con la economía de su hogar como con la del municipio.

### **1.5. Servicios públicos**

Los servicios públicos para el sector 2 de San Julián incluyen:

- Alumbrado eléctrico
- Acceso a la educación
- Transporte colectivo
- Sistemas de agua potable
- Sistemas de alcantarillado
- Calles pavimentadas

## **2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL**

### **2.1. Diseño de sistema de alcantarillado sanitario para la aldea El Durazno**

Este proyecto se basa en el desarrollo de un diseño de alcantarillado sanitario para la aldea El Durazno.

#### **2.1.1. Descripción del proyecto**

La propuesta nace de la priorización de las necesidades básicas que se desean cubrir en la aldea. Además, pretende brindar soluciones a la problemática en la que se encuentran los pobladores aledaños al lugar en donde se construirá dicho alcantarillado. El sistema se diseñará para que cumpla los criterios y normas de diseño para alcantarillados.

El sistema estará compuesto por 63 pozos de visita a diferentes alturas, que varían de 1,20 m hasta los 4,00 m; tendrá una longitud de 1 866,20 m lineales entre el ramal principal y los secundarios. El sistema contendrá sus respectivas conexiones domiciliarias aledañas a lo largo de todo el sistema colector. Se utilizará tubería de PVC de 6" de diámetro en todas las líneas de conducción. Es importante resaltar que se tomarán en consideración las normas para el diseño de alcantarillados del Instituto de Fomento Municipal (INFOM) y la ASTM F 949 para la tubería de PVC. Este proyecto pretende beneficiar aproximadamente a 500 personas.

## **2.1.2. Levantamiento topográfico**

El objetivo de este estudio es mostrar las características físicas del lugar. También, se podrán obtener antecedentes del terreno, tales como distancias reales y alturas de superficies de terreno; con esto es posible representarlos en un plano y utilizarlo para el diseño de algún proyecto.

El levantamiento se realizó por medio de radiaciones en todos los puntos disponibles con una estación total marca Sokkia, sus respectivos prisma, pintura y clavos para establecer los puntos de referencia para crear el plano.

### **2.1.2.1. Levantamiento planimétrico**

La planimetría consiste en la proyección sobre un plano horizontal de los diferentes elementos que componen una poligonal: sus puntos, líneas rectas, curvas, diagonales, contornos, cuerpos y superficies. Todo esto sin considerar su diferencia de elevación.

Los métodos más utilizados para los levantamientos planimétricos son:

- Distancias
- Rumbos
- Conservación del azimut

Para realizar el levantamiento planimétrico del terreno, primero se niveló el aparato desde la estación cero, se localizó el norte, seguidamente se establecen puntos de interés, se tomaron intersecciones y levantó el eje central. Luego, se tomaron distancias necesarias en la cantidad de puntos para lograr



cubrir toda la proyección en donde se encontrará la línea principal del alcantarillado sanitario.

#### **2.1.2.2. Levantamiento altimétrico**

La altimetría es la encargada de medir las alturas; estudia las técnicas y métodos para realizar una representación del relieve a escala del terreno, así como para determinar y representar la altura (también llamada cota) de cada uno de los puntos, respecto de un plano de referencia.

Los instrumentos utilizados en altimetría buscan perfección a la hora de la medición precisa de las alturas y elevaciones. El instrumento más importante es el nivel; este es empleado para la nivelación y determinación de alturas de distintos puntos del terreno sobre la superficie del nivel que se tomó como referencia. Este nivel se puede elegir de forma arbitraria y puede ser cualquiera, con la única condición de que todos los puntos de superficie del terreno estén situados por encima de este.

Para tener una precisa lectura de los datos que proporciona el levantamiento altimétrico, es necesario contar con el equipo completo de medición: nivel, estacas, cinta métrica, pintura y clavos.

#### **2.1.3. Normas que se utilizarán para el diseño**

Como se mencionó con anterioridad, la norma fundamental para el diseño de redes de alcantarillado es la ASTM F-949, con el objetivo de garantizar la idoneidad constructiva y ecológica para el manejo de aguas negras y residuales. Esto es de suma importancia en las gestiones ambientales que están sujetas a exigencias de desempeño de más rigurosidad.

La tubería que se rige bajo la norma ASTM F-949 es un tubo de PVC de doble pared fabricado mediante el proceso de extrusión. Posee paredes internas lisas y una pared externa corrugada para obtener un óptimo desempeño estructural e hidráulico.

Así mismo, se utilizarán las normas establecidas por el Instituto de Fomento Municipal (INFOM), que son generales para la ciudad de Guatemala. El objetivo es apoyar a las municipalidades en su labor de proveer desarrollo y prestaciones de los servicios directos que se brindan.

#### **2.1.4. Tipo de sistema que se utilizará**

La aldea El Durazno cuenta con un sistema de alcantarillado bastante amplio en la mayoría de sus sectores; sin embargo, hay alguno de ellos que carecen de este servicio y los pobladores tienen que verse en la necesidad de descargar sus aguas negras por medio de sistemas de tuberías que ellos mismos hacen. Como consecuencia del diseño inadecuado, estas tuberías colapsan y la mayoría de las aguas negras terminan en las calles o en cercanías del lugar, como los barrancos. Debido a que no se tiene un lugar en donde desfogar estas aguas negras, surgen enfermedades gastrointestinales que afectan tanto a la salud como al medio ambiente.

Si se tienen en cuenta los factores de la topografía, la hidráulica y funcionales, el alcantarillado que se diseñe será sanitario (aguas negras y grises). El objetivo primordial de diseñar y ejecutar este sistema para la aldea en cuestión es proveer el servicio básico que todas las personas deberían gozar. Así, se podrán disminuir los índices del calentamiento global que genera este tipo de contaminación y mejorar la calidad de vida de los habitantes que sean beneficiados por este proyecto.

### **2.1.5. Diseño del sistema de alcantarillado**

El sistema de alcantarillado está formado por una red de tuberías y una serie de instalaciones técnicas. El sistema recoge y transporta aguas residuales desde su origen hasta una planta de tratamiento.

Existen dos tipos de sistemas de alcantarillados: pluviales y sanitarios. Así también, el sistema de alcantarillado puede ser combinado o separado. El combinado transporta por la misma tubería aguas sanitarias y pluviales. La red de alcantarillado ramificada se divide en unidades más pequeñas denominadas:

- Latera
- Colector
- Troncal
- Colector de interceptación

Cabe mencionar que el sistema de alcantarillado trabaja por gravedad y, con fines de mantenimiento, se construyen pozos de visita a diversas distancias.

#### **2.1.5.1. Periodo de diseño**

El periodo de diseño es el tiempo estimado en que estará en funcionamiento de forma óptima el sistema; se establece mediante la consideración de diversos factores:

- La vida útil de los materiales que lo componen; hay que tener en cuenta el desgaste que genera el uso diario y su obsolescencia.
- La factibilidad o dificultad de la ampliación de las obras existentes.

- La tendencia de crecimiento de la población.
- La forma de comportamiento de la obra durante los primeros años o cuando los caudales iniciales son inferiores a los del diseño.

Para redes de distribución es conveniente poner un periodo de diseño que varía entre 25 a 30 años, para poblaciones pequeñas muy necesitadas, se debe considerar uno de 15 a 20 años. Para este diseño se estimó un periodo de 20 años, el cual se determinó con base en el área donde se realizará.

#### **2.1.5.2. Velocidad del diseño**

La velocidad del diseño se determina según el tipo de tubería que se utilizará, el diámetro y la pendiente del terreno. Según el normativo que estipula INFOM, la velocidad debe estar entre 0,6 m/s y 3,00 m/s; con esto, se pretende prolongar la vida útil del proyecto y en el caso de los materiales evitar la erosión que provocan los sedimentos como el desgaste en la tubería.

#### **2.1.5.3. Estimación de población para el diseño**

Existen diversos métodos para estimar los habitantes de una población a futuro, tales como el aritmético y el geométrico. Las precisiones de estos tienen una importancia relevante, ya que el correcto diseño del alcantarillado sanitario depende de la población que se abastecerá en el tiempo actual y futuro.

Se utilizó el método de crecimiento geométrico para estimar la población futura de la aldea El Durazno. Este método ofrece una precisión bastante puntual; para el cálculo de este se utilizó el último censo realizado para el municipio de Chinautla en el año 2002 por el INE y se utilizó un valor de tasa de

crecimiento poblacional de 4,70 %. Lo anterior, con base en que el crecimiento obedece a la siguiente expresión:

$$P_f = P_o * (1 + r)^n$$

Donde:

Pf= población futura

Po= población inicial

r= tasa de crecimiento poblacional

n= periodo de diseño

#### **2.1.5.4. Dotación**

La dotación es la cantidad de agua por día que se asigna a cada habitante e incluye el consumo de todos los servicios que se realiza durante un día, en promedio, en un año. Para determinar la dotación, la municipalidad de Chinautla utiliza normalmente un rango de 90 l/hab/día para los sectores rurales y 120 l/hab/día para los más urbanizados. Para este proceso, se deben considerar factores como:

- El nivel de la vida del sector
- Abastecimiento
- Calidad de agua
- Clima
- Actividades productivas
- Facilidad de drenajes

La dotación estimada que se asignará, según los parámetros anteriores, es de 120 l/hab/día.

#### 2.1.5.5. Factor de retorno

Este factor indica la cantidad de agua que las personas retornan al alcantarillado sanitario. Regularmente se expresa en forma de porcentaje y se encuentra contenido en un rango de 70 % al 90 %, dependiendo de factores como las actividades diarias de los usuarios. Este valor define la cantidad de agua de origen doméstico que se descarga al colector. Para este proyecto se designará un factor de 0,80, es decir, el 80 %.

#### 2.1.5.6. Factor de Harmond

También es conocido como factor de flujo instantáneo e indica el número de usuarios que están haciendo uso del servicio. Es un factor de seguridad que depende de la población y representa la probabilidad de que los accesorios sanitarios de las viviendas se estén utilizando simultáneamente en la comunidad.

Se determina principalmente en las horas de mayor consumo, es decir, las horas en las que se hace más uso del sistema. Este factor se calcula con la siguiente ecuación:

$$F.H. = \frac{18 + \sqrt{\frac{P}{1\,000}}}{4 + \sqrt{\frac{P}{1\,000}}}$$

Donde:

F.H= factor de Harmond

P= población acumulada del tramo de análisis (hab)

$$F.H. act = \frac{18 + \sqrt{\frac{12}{1\,000}}}{4 + \sqrt{\frac{12}{1\,000}}} = 4,41$$

$$F.H. fut = \frac{18 + \sqrt{\frac{30}{1\,000}}}{4 + \sqrt{\frac{30}{1\,000}}} = 4,35$$

#### 2.1.5.7. Caudal sanitario

El caudal sanitario se determina por medio de la sumatoria de los caudales domiciliar, industrial, comercial, de infiltración y de conexiones ilícitas. Se determina por medio de la siguiente ecuación:

$$Q_{sanitario} = Q_{dom} + Q_{ind} + Q_{com} + Q_{inf} + Q_{c.i.}$$

Donde:

$Q_{sanitario}$  = caudal sanitario

$Q_{dom}$  = caudal domiciliar

$Q_{ind}$  = caudal industrial

$Q_{com}$  = caudal comercial

$Q_{inf}$  = caudal de infiltración

$Q_{c.i.}$  = caudal de conexiones ilícitas

A continuación, se presentan los tipos de caudales que integran el sistema de alcantarillado sanitario.

### 2.1.5.7.1. Caudal domiciliar

El caudal domiciliar se define como la cantidad de agua que se utiliza en las viviendas, proveniente de actividades diarias como lavado de ropa, baño, descarga de inodoros, lavado de platos, riego de jardines, entre otros. Es calculado para cada tramo y está dado por la siguiente ecuación:

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

Donde:

$Q_{dom}$  = caudal domiciliar (l/s)

No. hab. = número de habitantes que contribuyen al tramo (hab)

Dot = dotación (l/hab/día)

F.R. = factor de retorno

$$Q_{dom} = \frac{12 * 120 * 0,80}{86\ 400} = 0,013 \text{ (actual)}$$

$$Q_{dom} = \frac{30 * 120 * 0,80}{86\ 400} = 0,033 \text{ (futuro)}$$

### 2.1.5.7.2. Caudal comercial

El caudal comercial está relacionado con el agua residual que se genera en los comercios ubicados en la comunidad, como restaurantes, hoteles, mercados y otros comercios. Por lo general, la dotación comercial se puede estimar entre 600 y 3 000 l/comercio/día. El caudal comercial está dado por la siguiente ecuación:



$$Q_{com} = \frac{No. com.* Dot}{86\ 400}$$

Donde:

$Q_{com}$  = caudal comercial (l/s)

No.com = número de comercios

Dot = dotación (l/día)

Al tener en cuenta que en el área de influencia no existen comercios, no se considerará caudal comercial, por lo tanto, es nulo.

### **2.1.5.7.3. Caudal industrial**

Es el agua residual generada por las industrias que se ubican en la comunidad, tales como: fábricas textiles, de alimentos, de bebidas, entre otros. El rango de estimación de caudal varía entre 1 000 y 18 000 l/industria/diaria. El caudal industrial puede calcularse con la siguiente ecuación:

$$Q_{ind} = \frac{No. ind.* Dot}{86\ 400}$$

Donde:

$Q_{ind}$  = caudal industrial (l/s)

No.ind = número de industrias

Dot = dotación (l/día)

Dado que en el área de influencia no existen industrias, no se considerará caudal industrial, por lo tanto, es nulo.

#### 2.1.5.7.4. Caudal de infiltración

Este caudal consiste en las aguas que se infiltran en la tubería y depende de la profundidad de esta. El caudal proviene del agua que corre en los mantos freáticos, de la escorrentía del suelo, de las uniones de los tubos y se relaciona con la calidad de la mano de obra de la construcción. Para este diseño se utilizará tubería de PVC y la infiltración se considerará con valor de 0. Según lo estipulado por la norma que propone el INFOM, se tienen que asumir los siguientes parámetros:

Tabla III. **Parámetros para caudal de infiltración INFOM**

<b>Parámetros</b>	<b>Cemento (pulg)</b>	<b>PVC (pulg)</b>
Tuberías sobre nivel freático	$Q_{inf} = 0,025 * \text{diámetro}$	$Q_{inf} = 0,010 * \text{diámetro}$
Tuberías bajo el nivel freático	$Q_{inf} = 0,015 * \text{diámetro}$	$Q_{inf} = 0,020 * \text{diámetro}$

Fuente: elaboración propia, con datos de INFOM.

Entonces:

$$Q_{inf} = 0,010 * 6" = 0,06 \text{ l/s}$$

#### 2.1.5.7.5. Caudal de conexiones ilícitas

Es el caudal que se produce por conexiones que se crean por errores de bajadas pluviales al alcantarillado sanitario. Este caudal produce daños en el sistema, por lo que se debe evitar, lo más que se pueda, para no provocar un posible colapso o destrucción completa del alcantarillado.

Para la estimación del caudal de conexiones ilícitas, el INFOM recomienda utilizar un valor de 10 % como mínimo del caudal domiciliar.

$$Q_{c.i} = 0,10 * Q_{dom}$$

Donde:

$Q_{c.i}$  = caudal por conexiones ilícitas (l/s)

$Q_{dom}$  = caudal domiciliar (l/s)

$$Q_{c.i.} = 0,10 * 0,033 = 0,0033 \text{ l/s}$$

#### **2.1.5.7.6. Factor de caudal medio**

Es el caudal que se implementará a la tubería; se determina por la sumatoria de todos los caudales que contribuyen con el sistema de alcantarillado sanitario. En otras palabras, es el caudal sanitario, dividido dentro del número de habitantes.

De lo anterior, el caudal medio se calcula por medio de la siguiente ecuación:

$$f_{qm} = \frac{Q_{sani}}{No. hab.}$$

Donde:

$f_{qm}$  = factor de caudal medio

$Q_{sani}$  = caudal sanitario (l/s)

No. hab. = número de habitantes (hab)

El INFOM establece que este factor de caudal medio debe encontrarse en un rango de 0,002 a 0,005 y cumplir con los siguientes criterios.

- Si el fqm es menor a 0,002 se debe usar 0,002.
- Si el fqm es mayor a 0,005 se debe usar 0,005.

Entonces:

$$fqm = \frac{0,077}{12} = 0,006 > 0,005 \text{ se utiliza } 0,005 \text{ (actual)}$$

$$fqm = \frac{0,097}{30} = 0,003 \text{ (futuro)}$$

#### **2.1.5.7.7. Caudal de diseño**

Es el caudal que define la cantidad de aguas residuales que trasportará el sistema en cualquier tramo de todo su recorrido en el alcantarillado sanitario. Este debe cumplir con el tirante hidráulico y con la velocidad. El caudal de diseño se calcula por medio de la siguiente ecuación:

$$Q_{dis} = fqm * No.hab * F.H.$$

Donde:

$Q_{dis}$  = caudal de diseño (l/s)

fqm = factor caudal medio

No. hab. = número de habitantes (hab)

F.H. = factor de Harmond

#### **2.1.5.8. Tipo de tubería que se utilizará**

Al tomar en cuenta la durabilidad, eficiencia, trabajabilidad y economía, se utilizará la tubería de PVC de AMANCO Novafort, según lo estipulado por la norma ASTM F-949.

#### **2.1.5.9. Diseño de secciones y pendientes**

Con el fin de disminuir el costo del proyecto, se trabajará con secciones circulares de tubería de PVC y funcionara el sistema como un canal abierto, de manera que no es necesario implementar sistemas de bombeo para generar el transporte de solidos en todo el sistema. La pendiente del terreno estará en función de la pendiente del terreno.

##### **2.1.5.9.1. Velocidades máximas y mínimas**

Es de suma importancia tomar en cuenta el tipo de tubería que se utilizará en el sistema. Según el INFOM, las velocidades deben estar entre 0,6 m/s y 3,00 m/s; esto no permitirá la suspensión de sólidos. Además, proporcionará durabilidad a la tubería para evitar que se sobrepase el límite máximo permisible y que se desgaste la tubería.

##### **2.1.5.9.2. Cotas Invert**

Es la distancia que existe entre el nivel inferior de la tubería y el nivel de rasante del terreno. La cota Invert debe ser al menos igual a la cota que permita

tener un recubrimiento mínimo necesario en la tubería. Para determinarla es importantes respetar ciertos criterios:

- La cota Invert de salida debe estar por lo menos 3 cm por debajo de la cota Invert de entrada al pozo de visita.
- La cota Invert de salida debe estar a una altura por debajo de la cota Invert de entrada, cuando la tubería de salida sea de mayor diámetro que la de entrada al pozo de visita.
- Cuando a un pozo de visita llega una tubería y salen tres ramales (dos iniciales y uno de corrimiento) la tubería de corrimiento deberá colocarse al menos un diámetro más bajo que la tubería de ramal inicial de mayor profundidad y, por lo menos 3 cm debajo de la tubería de llegada.

Para el cálculo de las cotas Invert se deben utilizar las siguientes ecuaciones:

- Pozos de visita iniciales

$$CIS_1 = C.T_1 - Hp_1 \text{ según cota de tubería}$$

$$CIE_2 = C.T_2 - Hp_2 \text{ según cota de tubería}$$

$$CIS_2 = CIE_2 - 0,03m$$

Donde:

$CIS_1$  = cota Invert de salida pozo de visita 1 (m)

$CIE_2$  = cota Invert de entrada pozo de visita 2 (m)

$CIS_2$  = cota Invert de salida pozo de visita 2 (m)

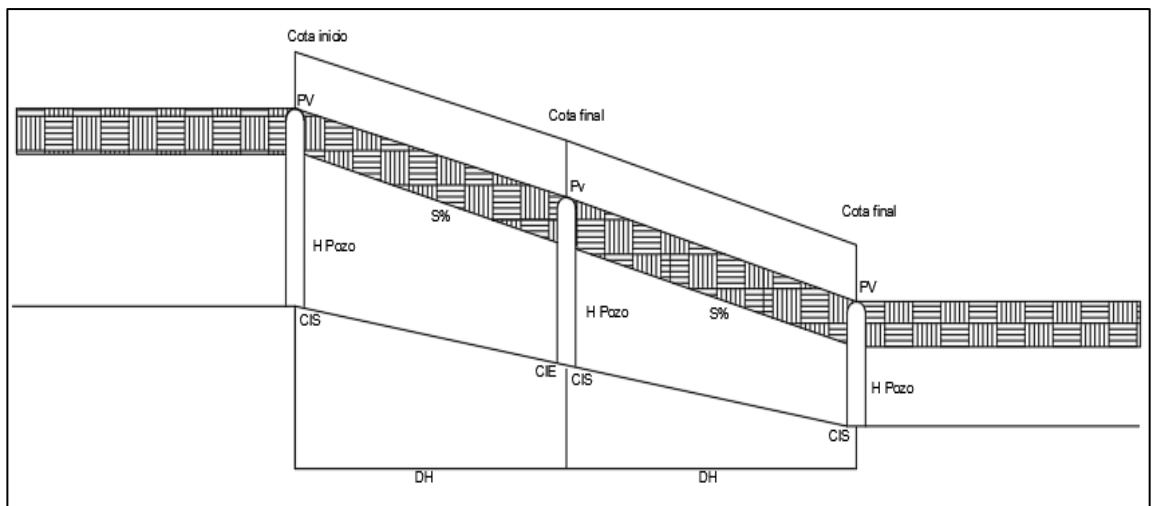
$C.T_1$  = cota de terreno tramo 1 (m)

$C.T_2$  = cota de terreno tramo 2 (m)

$H_{p1}$  = altura pozo visita 1 (m)

$H_{p2}$  = altura pozo visita 2 (m)

Figura 7. Esquema de cotas *invert*



Fuente: elaboración propia. utilizando AutoCAD, 2018.

### 2.1.5.9.3. Profundidad de instalación de tubería

Esta profundidad se verifica para que la tubería tenga un recubrimiento adecuado y que no se vea afectada por cargas vehiculares o peatonales. Este recubrimiento se implementa para que la tubería no sufra daños o fracturas en caso de que esté construida con concreto. Regularmente, su valor se encuentra entre 0,60 m y 1,40 m, más el diámetro de la tubería.

A continuación, se muestran los recubrimientos propuestos para alcantarillados sanitarios, según sus condiciones de tráfico pesado y liviano, por la norma ASTM F 949.

Tabla IV. **Profundidad mínima de instalación de tubería**

<b>Diámetro (m)</b>	<b>6"</b>	<b>8"</b>	<b>10"</b>	<b>12"</b>	<b>15"</b>	<b>18"</b>	<b>24"</b>	<b>36"</b>	<b>42"</b>	<b>48"</b>
<b>Tránsito liviano</b>	0,60	0,60	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	1,00	1,00	1,20
<b>Tránsito pesado</b>	0,90	0,90	0,90	1,10	1,10	1,20	1,20	1,20	1,40	1,40

Fuente: elaboración propia según norma ASTM F 949.

#### **2.1.5.9.4. Diámetro de la tubería**

Para determinar un correcto diámetro de tubería, se deben tomar en cuenta las especificaciones para el sistema. El diámetro dependerá del tipo de material del cual esté hecha la tubería y según lo normado por el INFOM, que menciona las siguientes características:

- Los diámetros mínimos serán de 6" para las tuberías de PVC y de 8" para las de concreto.
- Para conexiones domiciliarias se puede tomar un diámetro de 4" para las tuberías de PVC y de 6" para las de concreto.

Para el diseño de este alcantarillado sanitario, se utilizará tubería de PVC de 6" de diámetro en todo sistema de tubería y para las instalaciones domiciliarias se tomará uno de 4".



#### **2.1.5.10. Colectores**

Se le llaman colectores a las tuberías que componen todo el sistema de alcantarillado sanitario. Se pueden nombrar colectores principales, secundarios, terciarios, según la subdivisión de cada ramal; estos deberán cumplir con las normas que se estipularon en el diseño.

#### **2.1.5.11. Pozos de visita**

Los pozos de visita son estructuras que permiten el funcionamiento del sistema de alcantarillado, así como la inspección, limpieza y ventilación de cada tramo entre un pozo y otro. La construcción de los pozos puede ser de concreto o de mampostería, o bien, prefabricados. Los pozos de visita se diseñan según los siguientes parámetros.

- Al inicio del alcantarillado
- Al inicio de cada tramo
- En distancias no mayores a 100 m
- En cambios en la pendiente
- En cambios de tubería
- En cambios de dirección de la tubería
- En intersecciones de tubería
- En distancias no mayores a 300 m, en diámetros de 24" en adelante.

#### **2.1.5.12. Conexiones domiciliarias**

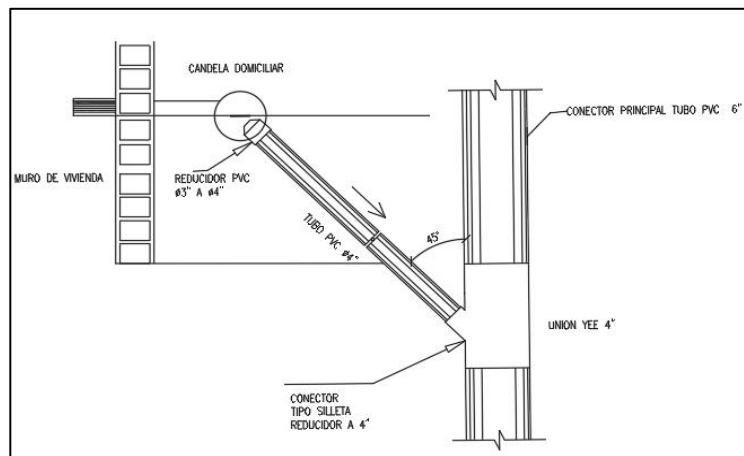
Es la tubería que recolecta las aguas residuales de cada propiedad y las desfoga al colector principal de cada ramal del alcantarillado. Normalmente son

de dos tipos: una de tipo T y otra de tipo Y. Las conexiones deben impermeabilizarse para no exponer la entrada de aguas subterráneas.

Esta conexión se hace por medio de una candela o caja de registro, la cual está construida por mampostería o tubos de cemento con orientación vertical. Esta une la tubería del drenaje de cada vivienda y desfogará en el colector principal. Según el INFOM, se debe cumplir lo siguiente:

- Deberá tener una pendiente entre 2 % y 6 %.
- La tubería de PVC debe ser de 4", como mínimo.
- Se deben formar un ángulo de 45° entre la línea de conducción y la conexión de la domiciliar.

Figura 8. **Detalle de conexión domiciliar**



Fuente: elaboración propia, utilizando AutoCAD 2018.

Las conexiones domiciliarias están compuestas por 3 partes esenciales que son:

- **Colector principal:** Es la tubería de mayor diámetro del sistema; se ubica generalmente en el centro de las calles. Transporta aguas provenientes de las viviendas hasta su punto final (planta de tratamiento). Usualmente son de sección circular y de diferentes diámetros, los cuales fueron establecidos en el diseño.
- **Candela:** Sirve de intermediaria para hacer la conexión del drenaje de la vivienda con la domiciliar. Tiene una orientación vertical y deberá ser construida con tubos de concreto y a una altura mínima de 1 m.
- **Cajas de registro:** Forman parte del sistema de alcantarillado sanitario y sirven para la limpieza de las diferentes partes del sistema de alcantarillado. Están contruidos de mampostería.

#### **2.1.5.13. Principios hidráulicos**

Un alcantarillado sanitario actúa por la acción generada de la gravedad; por tal caso, se diseñan como que fueran canales abiertos. No es recomendable que en el sistema de alcantarillado se trabaje a presión, a menos que esto se utilice para que circule el agua por la formación de gases o sedimentos en la tubería.

Para el correcto diseño de la red de alcantarillado, se deben cumplir con las siguientes relaciones hidráulicas:  $(q/Q)$  que modela el porcentaje del caudal de diseño respecto al máximo posible;  $(v/V)$  que modela la velocidad del caudal de diseño respecto al máximo posible; y  $(d/D)$  que modela la altura del caudal de diseño respecto a la tubería y deberá estar en un rango permisible de 0,10 a 0,75. Estos valores se buscan en las tablas para agilizar el procedimiento; esto simplifica el proceso del cálculo en los resultados que se determinan en la

relación del caudal a sección parcialmente llena y el caudal a sección totalmente llena.

#### 2.1.5.14. Ejemplo de diseño de un tramo

El diseño del tramo PV1 al PV2 se calculará con base en los datos anteriores.

Tramo: PV1-PV2

DH = 12 m

CIT = 99,94 m

CFT = 93,27 m

Diámetro de pozo = 1,50 m

Número de viviendas = 2 viviendas

Densidad de población = 6 hab/vivienda

Población actual = 12 habitantes

Población futura = 30 habitantes

Tabla V. **Datos que se utilizarán**

No.	DATOS QUE SE UTILIZARÁN	Cantidad
1	Habitantes por Casa	6
2	Periodo de Diseño (años)	20
3	Tasa crecimiento p. (%)	4,7
4	Coficiente de Manning	0,01
5	Dotación (l/hab/día)	120
6	Factor de retorno %	80

Fuente: elaboración propia.

- Pendiente del terreno

$$S = \frac{99,94 - 93,27}{22,66} * 100 = 29,44 \%$$

- Población

Actual

Futuro

Po= 2 casas \* 6 hab

$$P_f = 12 * (1 + 0,047)^{20}$$

Po= 12 habitantes

P<sub>f</sub>= 30 habitantes

- Caudal domiciliar

Actual

Futuro

$$Q_{dom} = \frac{120 * 12 * 0,80}{86\ 400} = 0,013$$

$$Q_{dom} = \frac{120 * 30 * 0,80}{86\ 400} = 0,033$$

- Caudal de conexiones ilícitas

Actual

Futuro

$$Q_{c.i.} = 0,10 * 0,013 = 0,0013 \text{ l/s}$$

$$Q_{c.i.} = 0,10 * 0,033 = 0,0033 \text{ l/s}$$

- Caudal de infiltración

$$Q_{inf} = 0,010 * 6" = 0,06 \text{ l/s}$$

- Caudal sanitario

Actual

$$Q_{sani} = 0,013 + 0,0013 + 0,06$$

$$Q_{sani} = 0,08 \text{ l/s}$$

Futuro

$$Q_{sani} = 0,013 + 0,0013 + 0,06$$

$$Q_{sani} = 0,10 \text{ l/s}$$

- Factor de Harmond

Actual

$$F.H. = \frac{18 + \sqrt{\frac{12}{1000}}}{4 + \sqrt{\frac{12}{1000}}} = 4,41$$

Futuro

$$F.H. = \frac{18 + \sqrt{\frac{30}{1000}}}{4 + \sqrt{\frac{30}{1000}}} = 4,35$$

- Factor de caudal medio

Actual

$$fqm = \frac{0,08}{12} = 0,005$$

Futuro

$$fqm = \frac{0,10}{30} = 0,003$$

- Caudal de diseño

Actual

$$Q_{dis} = 12 * 0,005 * 4,41 = 0,26 \text{ l/s}$$

$$0,42 \text{ l/s}$$

Futuro

$$Q_{dis} = 30 * 0,003 * 4,35 =$$

Estos resultados fueron analizados de forma individual para el tramo de 1 a 2; se tomará solamente el caudal que genera este tramo.

Diámetro de la tubería= 6"

Pendiente de la tubería= 29,44 %

- Velocidad a sección llena

$$V = \frac{0,03429}{0,01} * (6)^{\frac{2}{3}} * (0,2944)^{\frac{1}{2}} = 6,14 \text{ m/s}$$

- Caudal a sección llena

$$A = \left( \frac{\pi}{4} * (6" * 2,54)^2 \right) = 0,01824 \text{ m}^2 \approx 0,02 \text{ m}^2$$

$$Q = 6,14 * 0,01824 = 112,05 \text{ l/s}$$

- Relaciones hidráulicas:

Actual

$$q/Q = \frac{0,26}{112,05} = 0,0024$$

$$v/V = 0,2035$$

$$d/D = 0,035 \text{ (falla)}$$

Futuro

$$q/Q = \frac{0,42}{112,05} = 0,0038$$

$$v/V = 0,2364$$

$$d/D = 0,044 \text{ (falla)}$$

- Determinación de velocidad del diseño

Actual

$$v/V = 0,2035$$

$$V = 0,2035 * V$$

$$V = 0,2035 * 6,14$$

Futuro

$$v/V = 0,2364$$

$$V = 0,2364 * V$$

$$V = 0,2364 * 6,14$$

$$V = 1,25 \text{ m/s}$$

$$V = 1,45 \text{ m/s}$$

Por ser un tramo inicial, el sistema no generará mucho caudal; por ello, las relaciones de velocidad y de tirantes hidráulicos fallan. Sin embargo, el sistema es aceptable y funcional.

- Cotas Invert

A continuación, se utilizarán los siguientes datos de cotas de terreno y cotas de profundidad de tubería.

- Cotas invert tramo 1-2:

$$CIS_{1-2} = 99,94 \text{ m} - H_{\text{pozo}} \text{ según cota de tubería}$$

$$CIS_{\text{tubería } 1-2} = 99,94 \text{ m} - 1,20 \text{ m} = 98,74 \text{ m}$$

$$CIE_{1-2} = 93,27 \text{ m} - H_{\text{pozo}} \text{ según cota de tubería}$$

$$CIE_{\text{tubería } 1-2} = 93,27 \text{ m} - 1,20 \text{ m} = 92,07 \text{ m}$$

- Cotas invert tramo 2-3:

$$CIS_{2-3} = 93,27 \text{ m} - H_{\text{pozo}} \text{ según cota de tubería} - 0,03$$

$$CIS_{\text{tubería } 2-3} = 93,27 \text{ m} - 1,20 \text{ m} - 0,03 = 92,04 \text{ m}$$

$$CIE_{2-3} = 91,75 \text{ m} - H_{\text{pozo}} \text{ según cota de tubería}$$

$$CIE_{\text{tubería } 2-3} = 91,75 \text{ m} - 1,20 \text{ m} = 90,55 \text{ m}$$

Altura de pozos de visita



- Tramo 1-2:

$$H_{PV1} = C.T - CIE_{tuberia}$$

$$H_{PV1} = 99,94 - 98,74$$

$$H_{PV1} = 1,20 \text{ m}$$

$$H_{PV2} = 93,27 - 92,07$$

$$H_{PV2} = 1,20 \text{ m}$$

- Tramo 2-3:

$$H_{PV1} = C.T - CIE_{tuberia}$$

$$H_{PV2} = 93,27 - 92,04$$

$$H_{PV2} = 1,23 \text{ m}$$

$$H_{PV3} = 91,75 - 90,55$$

$$H_{PV3} = 1,20 \text{ m}$$

- Volumen de excavación

$$VOL_{Exc} = \frac{H1 + H2}{2} * D.R PV * A.Z$$

Donde:

H1 = altura de pozo de visita, tramo inicial (m)

H2 = altura de pozo de visita, tramo final (m)

D.R PV = distancia real entre pozos de visita (m)

A = ancho de zanja (m)

$$VOL_{Exc} = \frac{1,20 + 1,20}{2} * 22,66 * 0,60 = 16,32 \text{ m}^3$$

## 2.1.5.15. Resumen de presupuesto

A continuación, se presenta en la tabla VI, el resumen del presupuesto del alcantarillado sanitario.

Tabla VI. Presupuesto alcantarillado sanitario

MUNICIPALIDAD DE CHINAUTLA						
<b>Proyecto:</b> Diseño de sistema de alcantarillado sanitario						
<b>Lugar:</b> Aldea El Durazno, Chinautla, Guatemala						
NO,	Descripción	Cantidad	Unidad	P,U	Total	%
<b>1</b>	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>					
1,1	Elaboración de bodega provisional	40,00	m <sup>2</sup>	Q 219,73	Q 8 789,35	0,34
1,2	Trazo y nivelación	1 866,20	ml	Q 65,64	Q 122 496,80	4,74
1,3	Levantamiento topográfico con estación total	1 866,20	ml	Q 24,35	Q 45 445,82	1,76
<b>2</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>					
2,1	Excavación para construcción pozos de visita	220,00	m <sup>3</sup>	Q 521,16	Q 114 655,39	4,44
2,2	Excavación para instalación de tuberías	1 513,00	m <sup>3</sup>	Q 322,95	Q 488 617,59	18,92
<b>3</b>	<b>RED DE COLECTORES</b>					
3,1	Instalación de tubería de PVC de 6"	1 866,20	ml	Q 351,84	Q 656 596,57	25,42
<b>4</b>	<b>POZOS DE VISITA</b>					
4,1	Construcción de pozos de visita de 1,20 metro	38,00	unidad	Q 7 675,75	Q 291 678,47	11,29
4,2	Construcción de pozo de visita de 1,40 metros	23,00	unidad	Q 12 898,30	Q 296 660,84	11,49
4,3	Construcción de pozos de visita de 4 metros	2,00	unidad	Q 35 026,94	Q 70 053,89	2,71
<b>5</b>	<b>CONEXIONES DOMICILIARES</b>					
5,1	Instalación de tubería PVC de 4"	255,00	ml	Q 1 198,43	Q 305 599,76	11,83
<b>6</b>	<b>RELLENO Y COMPACTACIÓN DE ZANJAS</b>					
		774,00	m <sup>3</sup>	Q 130,46	Q 100 974,08	3,91
<b>7</b>	<b>LIMPIEZA FINAL</b>					
		1 866,20	ml	Q 43,49	Q 81 153,25	3,14
<b>Total del Presupuesto</b>					<b>Q 2 582 721,80</b>	<b>100,00</b>
(*Dos millones quinientos cincuenta y seis mil, novecientos treinta y dos con noventa y siete centavos*)						

Fuente: elaboración propia.

### 2.1.5.16. Cronograma de actividades

Se presenta el cronograma de actividades del sistema de alcantarillado sanitario, este realizó en base al tiempo de ejecución y su respectivo presupuesto para cada fase de construcción.

Tabla VII. Cronograma

0	DESCRIPCION	MES 1		MES 2		MES 3		MES 4		MES 5		MES 6	
		1 ERA.	2DA.	1 ERA.	2DA.	1 ERA.	2DA.	1 ERA.	2DA.	1 ERA.	2DA.	1 ERA.	2DA.
1	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>												
1.1	ELABORACION DE BODEGA PROVINCIONAL												
1.2	TRAZO Y NIVELACION												
1.3	LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO CON ESTACION TOTAL												
2	<b>MOVIMIENTO DE TIERRA</b>												
2.1	EXCAVACION PARA CONSTRUCCION DE POZOS												
2.2	EXCAVACION PARA INSTALACION DE TUBERIAS												
3	<b>RED DE COLECTORES</b>												
3.1	INSTALACION DE TUBO PVC DE 6"												
4	<b>POZOS DE VISITA</b>												
4.1	PV DE 120 M												
4.2	PV DE 140 M												
4.3	PV DE 4												
5	<b>CONEXIONES DOMICILIARES</b>												
5.1	TUBERIA PVC DE 4"												
6	<b>RELLENO Y COMPACTACION DE LAS ZANJAS</b>												
7	<b>LIMPIEZA FINAL</b>												
<b>TOTAL DEL PRESUPUESTO</b>													
TOTAL QUINCENAL		Q 172,574.35	Q 358,964.19	Q 244,308.79		Q 486,332.09	Q 157,100.01	Q 124,073.16	Q 100,721.86	Q 134,379.83	Q 33,658.03	Q 33,658.03	Q 79,144.20

Fuente: elaboración propia.

### 2.1.5.17. Estudios de impacto ambiental

Proveer de beneficios a una comunidad como es el caso del alcantarillado sanitario, genera satisfacción a las personas que se verán beneficiadas por la

dotación de este servicio básico. Este sistema busca mejorar la calidad de vida de las personas, pero también preservar la calidad de agua de los cuerpos hídricos en donde serán descargadas las aguas residuales. Las construcciones de esos sistemas regularmente pueden producir riesgos a la salud humana y con ello a los factores ambientales. Estos riesgos son llamados “impactos ambientales”; al ser medidos, proporcionan una idea de la incidencia que generan las operaciones de construcción y mantenimiento.

#### **2.1.5.17.1. Marco legal**

Cada vez que se realizan obras de construcción, se debe respetar las leyes que están estipuladas ya que los aspectos institucionales están relacionados con los legales. Estos últimos se interrelacionan con las variables ambientales dentro de la legislación nacional y los procedimientos establecidos, especialmente por la Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente, del Ministerio de Medio Ambiente y recursos Naturales (MARN).

Algunas de las leyes ambientales que se deben tomar en cuenta son los artículos 64, 82, 97 y 119 (inciso c) de la Constitución Política de la República de Guatemala; así también, el decreto 68-86 Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente.

#### **2.1.5.17.2. Evaluación del Impacto ambiental**

- Impacto positivo
  - Se reducirán las enfermedades gastrointestinales y la crianza de zancudos del sector, mediante la eliminación de las sustancias

que se encuentran superficialmente al tratar de estos focos de contaminación.

- Se estabilizará el terreno existente en el cual se encontrará todo el sistema del alcantarillado sanitario.
- Impacto negativo
  - Aumento de las concentraciones contaminantes de ruido producido por la maquinaria utilizada para la ejecución del proyecto. Así también, la contaminación visual, ya que el terreno transitado es de tierra y este genera polvo por las excavaciones para instalaciones del drenaje.
  - Degradación de la calidad del agua debida a la erosión durante la construcción y descarga excesiva de contaminantes.
  - Contaminación por el uso de combustibles u otros gases emanados.
  - Eliminación de la vegetación, si es necesario, durante la instalación de todo el sistema.

El enfoque ambiental debe realizarse con el fin de tener un equilibrio tanto para el desarrollo del proyecto como para el ambiente que lo rodea.

### **2.1.5.17.3. Medidas de mitigación**

Estas medidas se tienen que tomar en cuenta junto con la naturaleza del lugar y las técnicas adecuadas de menor costo. Estas se implementarán con el

fin de proporcionar a los encargados de ejecutar el proyecto especificaciones ambientales y normas de seguridad para lograr la conservación del ambiente. Se considerarán las siguientes medidas de mitigación para la reducción del impacto ambiental:

- El ente encargado de la realización del proyecto y la unidad ejecutora deberán de velar por proveer mascarillas para evitar enfermedades respiratorias por la presencia de polvo originadas por la cal y la tierra.
- La empresa ejecutora, tendrá la obligación de dotar al su personal de trabajo el acceso al servicio sanitario como también el uso del agua potable y así procurar su higiene y salud.
- Mejorar la educación sanitaria de los habitantes por medio de capacitaciones de parte de la municipalidad.
- Las unidades ejecutoras del proyecto tendrán la obligación de mantener el área de trabajo en condiciones sanitarias óptimas y aceptables.

La supervisión moderada de esta construcción, desde la planificación hasta la ejecución, contribuirá a disminuir el impacto ambiental generada por este tipo de obras.

A continuación, se presenta el formulario que propone el ministerio de ambiente y recursos naturales (MARN) que debe de tomarse en cuenta para la correcta evaluación del impacto ambiental de cualquier proyecto de construcción. Según el acuerdo gubernativo 137-2016, Reglamento de evaluación, control y seguimiento ambiental y su reforma.

Tabla VIII. **Formulario para la evaluación del impacto ambiental  
(MARN)**

INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN
<p><b>El formato debe proporcionar toda la información solicitada en los apartados, de lo contrario ventanilla única no lo aceptará.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 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.</li> <li>• Si necesita más espacio para completar la información, puede utilizar hojas adicionales e indicar el inciso o sub-inciso a que corresponde la información.</li> <li>• La información debe ser completada, utilizando letra de molde legible o a máquina de escribir.</li> <li>• 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: <a href="mailto:vunica@marn.gob.gt">vunica@marn.gob.gt</a></li> <li>• 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).</li> <li>• Por ningún motivo, puede modificarse el formato y/o agregarle los datos del proponente o logo(s) que no sean del MARN.</li> </ul>	<p style="text-align: center;">No. Expediente:</p>  <p style="text-align: center;"><b>Clasificación del Listado Taxativo</b></p>   <p style="text-align: center;"><b>Firma y Sello de Recibido</b></p>
<b>I. INFORMACION LEGAL</b>	
<b>I.1. Nombre del proyecto, obra, industria o actividad (OBLIGATORIAMENTE que tenga relación con la actividad a realizar):</b>	
Diseño del sistema de alcantarillado sanitario para la aldea El durazno, Chinautla, Guatemala.	
<b>1.1.2 Descripción del proyecto, obra o actividad para lo que se solicita aprobación de este instrumento.</b>	
Sistema de alcantarillado sanitario para la aldea El durazno, Chinautla, Guatemala.	
<b>I.2. Información legal:</b>	
<b>A) Persona Individual:</b>	
<b>A.1. Representante Legal: Cristian Ernesto Mena</b>	
<b>A.2. No. de CUI del Documento Personal de Identificación (DPI): 2961 75323 0101</b>	
<hr/>	
<b>B) De la empresa:</b>	
Razón social: Estado de	
Guatemala	
Nombre _____ Comercial: _____ Municipalidad _____ de	
Chinautla	
No. _____ De _____ Escritura _____ Constitutiva:	
Fecha _____ de _____ constitución:	
Patente de Sociedad      Registro No. _____ Folio No. _____ Libro No.	
_____ Patente de Comercio      Registro No. _____ Folio No. _____ Libro No.	
<hr/>	
<b>C) De la Propiedad:</b>	
No. De Finca _____ 214 _____ Folio No. _____ 42 _____ Libro No.	
_____ 10 _____ de _____	
_____ Chinautla _____ dónde se ubica el proyecto,	
obra, industria o actividad.	
<b>D) De la Empresa y/o persona individual:</b>	
Número de Identificación Tributaria (NIT): _452478- 4 _____	

Continuación de la tabla VIII.

INSTRUCCIONES		PARA USO INTERNO DEL MARN
I.3 Teléfono 5913-4217 _____ netomn1912@gmail.com		Correo electrónico:
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; <b>OBLIGATORIAMENTE</b> indicar el municipio y departamento).		
Callejón San Marcos ALDEA EL DURAZNO, GUATEMALA, GUATEMALA		
Especificar Coordenadas Geográficas		
<i>Coordenadas Geográficas Datum WGS84</i>		
Latitud: 14° 42'18" N		
Longitud: 90°28'37" O		
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; <b>OBLIGATORIAMENTE</b> indicar el municipio y departamento).		
2da calle F-2 Colonia Sauzalito, Chinautla		
I.6 Si para consignar la información en este formato, fue apoyado por un profesional, por favor anote el nombre, profesión, número de teléfono y correo electrónico del mismo.		
Cristian Ernesto Mena, 5913-4217, netomn1912@gmail.com		
<b>II. INFORMACION GENERAL</b>		
Se debe proporcionar una descripción de las actividades que serán efectuadas en el proyecto, obra, industria o actividad según etapas siguientes:		
<b>II.1 Etapa de Construcción</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Actividades para realizar</li> <li>1. Limpieza del terreno.</li> <li>2. Topografía</li> <li>3. Trazo para zanjeo.</li> <li>4. Zanjeo de terreno.</li> <li>5. Excavación de tubería.</li> <li>6. Construcción de pozos de visita</li> <li>7. Compactación material de relleno.</li> <li>8. Construcción domiciliars.</li> <li>• Insumos necesarios</li> <li>1. Palas, carretas</li> <li>2. Apisonadores, azadones</li> <li>3. Materiales de construcción.</li> <li>4. Gasolina</li> <li>5. Lubricante</li> <li>6. Tubería PVC</li> <li>• Maquinaria</li> <li>1. Retroexcavadora</li> <li>2. Concretara</li> <li>3. Camión de volteo</li> <li>4. Plato vibratorio</li> </ul>	<b>Operación</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Actividades o procesos</li> <li>2. Limpieza del terreno.</li> <li>3. Topografía</li> <li>4. Trazo para zanjeo.</li> <li>5. Zanjeo de terreno.</li> <li>6. Excavación de tubería</li> <li>7. Construcción de pozos de visita</li> <li>8. Compactación material de relleno.</li> <li>9. Construcción domiciliars.</li> </ol> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Insumos necesarios</li> <li>1. Palas, carretas</li> <li>2. Apisonadores, azadones</li> <li>3. Materiales de construcción.</li> <li>4. Gasolina</li> <li>5. Lubricante</li> <li>6. Tubería PVC</li> </ul>	<b>Abandono</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Acciones por tomar en caso de cierre</li> <li>1. Retiro de la maquinaria y equipo</li> <li>2. Limpieza del lugar de trabajo</li> </ul>
<b>II.3 Área</b>		
a) Área total de terreno en metros cuadrados: _____ 17,758 _____		
b) Área de ocupación del proyecto en metros cuadrados: _____		
Área total de construcción en metros cuadrados: _____ 5,285 _____		



Continuación de la tabla VIII.

INSTRUCCIONES		PARA USO INTERNO DEL MARN
<b>II.4 Actividades colindantes al proyecto:</b> NORTE___Carretera al durazno_____ESTE_____Carretera a Chinautla_____ OESTE _____Casas y terrenos _____SUR_____Desfogue aguas residuales_____		
Describir detalladamente las características del entorno (viviendas, barrancos, ríos, basureros, iglesias, centros educativos, centros culturales.):		
DESCRIPCION	DIRECCION (NORTE, SUR, ESTE, OESTE)	DISTANCIA AL PROYECTO
Carretera a la aldea el Durazno	Norte	5 metros
Carretera a Municipalidad de Chinautla	Este	5 metros
Casas y terrenos	Oeste	2 metros
Desfogue de aguas residuales	Sur	3 metros
<b>II.5 Dirección del viento:</b> <p style="text-align: center;">Norte a sur</p>		
<b>II.6 ¿En el área donde se ubica la actividad, a qué tipo de riesgo ha estado o está expuesto?</b> a) inundación ( X )                      b) explosión ( )                      c) deslizamientos ( ) d) derrame de combustible ( )                      e) fuga de combustible ( )                      d) Incendio ( ) e) Otro ( )		
Detalle la información__Se corre el riesgo de inundaciones debido a la falta de un alcantarillado sanitario que transporte sus aguas servidas a una planta de aguas residuales y desechos solidos. _____ _____		
<b>II.7 Datos laborales</b> a) Jornada de trabajo: Diurna ( X )    Nocturna ( )    Mixta ( ) Horas Extras_____No_____		
b)        Número        de        empleados        por        jornada_____7_____ Total empleados_____7_____		
<b>II.8 USO Y CONSUMO DE AGUA, COMBUSTIBLES, LUBRICANTES, REFRIGERANTES, OTRO...</b>		

Continuación de la tabla VIII.

CONSUMO DE AGUA, COMBUSTIBLES, LUBRICANTES, REFRIGERANTES, OTROS...							
	Tipo	Si/No	Cantidad/(meses día y hora)	Proveedor	Uso	Especificaciones u observaciones	Forma de almacenamiento
Agua	<b>Servicio público</b>	Si	120 L/día	Municipalidad	Fundición		Depositos de agua
	<b>Pozo</b>	No					
	<b>Agua especial Superficial</b>	No					
Combustible	<b>Otro</b>	No					
	<b>Gasolina</b>	Si	5 gal/día	Municipalidad	Maquinaria y equipo		Suministro de deposito
	<b>Diesel</b>	No					
	<b>Bunker</b>	No					
	<b>Glp</b>	No					
Lubricantes	<b>Solubles</b>	No					
	<b>No solubles</b>	No					
Refrigerante		No					
Otros		No					

**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 copi.a

### 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?

Se genera polvo debido a la excavación del terreno y el aire del lugar, y la maquinaria utilizada genera humo.

#### 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?

Se tratará de brindar mascarillas a los trabajadores y se advertirá a los vecinos para que tomen sus precauciones debido al humo y polvo.

Continuación de la tabla VIII.

INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN
<b>RUIDO Y VIBRACIONES</b>	
<p><b>III.3</b> ¿Las operaciones de la empresa producen sonidos fuertes (ruido), o vibraciones?</p> <p style="text-align: center;">Si</p> <p><b>III.4</b> En donde se genera el sonido y/o las vibraciones (maquinaria, equipo, instrumentos musicales, vehículos, entre otros).</p> <p style="text-align: center;">Sobre las calles en donde se realizará el proyecto.</p> <p><b>III.5</b> ¿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 style="text-align: center;">Se propone trabajar en horarios de 9:00-17:00 horas, para evitar molestias a los vecinos por las mañanas y en las noches.</p>	
<b>OLORES</b>	
<p><b>III.6</b> Si como resultado de sus actividades se emiten olores (ejemplo: cocción de alimentos, aromáticos, solventes, entre otros .), explicar con detalles la fuente de generación y el tipo o características del o los olores:</p> <p style="text-align: center;">No aplica</p> <p><b>III.7</b> Explicar que se está haciendo o se hará para evitar que los olores se dispersen en el ambiente?</p>	
<b>IV. EFECTOS DE LA ACTIVIDAD EN EL AGUA</b>	
<b>AGUAS RESIDUALES</b>	
<b>CARACTERIZACION DE LAS AGUAS RESIDUALES</b>	
<p><b>IV.1</b> 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><b>a)</b> Primarias:aguas residuales generadas por caudales domésticos.</p> <p>Cualquiera que fuera el caso, explicar la información, indicando el caudal (cantidad) de aguas residuales generado____Se tiene solamente agua que producen caudales domésticos, los cuales oscilan entre 15L/s a 20 L/s.</p> <p><b>IV.2</b> Indicar _____ el _____ número _____ de _____ servicios sanitarios _____ 97 _____</p>	
INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN
<b>TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES</b>	
<p><b>IV.3</b> Describir que tipo de tratamiento se da o se propone dar a las aguas residuales generadas por la actividad. (usar hojas adicionales)</p> <p><b>a)</b> sistema de tratamiento Se tratarán las aguas grises y negras por medios físicos para ser desfogados en la planta de tratamiento.</p> <p><b>b)</b> Capacidad Planta de tratamiento con capacidad para 1500 personas.</p> <p><b>c)</b> Mantenimiento Se dará revisión de la planta semestralmente para que tenga un periodo de vida las extenso.</p> <p><b>d)</b> Caudal a tratar Aguas grises y negras.</p>	

Continuación de la tabla VIII.

<b>DESCARGA FINAL DE AGUAS RESIDUALES</b>	
<p>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.</p> <p>Las aguas servidas de cada casa las depositan hacia los barrancos que rodean la aldea y en algunos casos se ven expuestos superficialmente en las calles de la comunidad.</p>	
<b>AGUA DE LLUVIA (AGUAS PLUVIALES)</b>	
<p>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, entre otros.)</p> <p>Al no existir un alcantarillado pluvial en las calles principales, estas se distribuyen hacia los lugares con pendientes pronunciadas regularmente barrancos o terrenos en donde se almacenan y finalmente se evaporan por el calor o la tierra de los terrenos las absorbe.</p>	
<b>V. EFECTOS DE LA ACTIVIDAD SOBRE EL SUELO (Sistema edáfico y lítico)</b>	
<b>DESECHOS SÓLIDOS</b>	
<b>VOLUMEN DE DESECHOS</b>	
<b>V.1 Especifique el volumen de desechos o desperdicios genera la actividad desarrollada:</b>	
x	a) Similar al de una residencia 11
libras/día	
<input type="text"/>	b) Generación entre 11 a 222
libras/día	
<input type="text"/>	c) Generación entre 222 libras y 1000
libras/día	
<input type="text"/>	d) Generación mayor a 1000 libras por día
<p>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, entre otros.):</p> <p style="text-align: center;">Basura común</p>	
<p>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?</p> <p style="text-align: center;">No aplica</p>	
<p>V.4 Se efectúa algún tipo de tratamiento de los desechos (comunes o peligrosos), Explicar el método y/o equipo utilizado.</p> <p style="text-align: center;">No</p>	
<p>V.5 Si los desechos se trasladan a otro lugar, para tratamiento o disposición final, indicar el tipo de transporte utilizado.</p> <p style="text-align: center;">No aplica</p>	
<p>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?</p> <p style="text-align: center;">No</p>	
<p>V.7 Indicar el sitio de disposición final de los desechos generados (comunes y peligrosos).</p> <p style="text-align: center;">No aplica</p>	

Continuación de la tabla VIII.

INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN
<b>VI. DEMANDA Y CONSUMO DE ENERGÍA</b>	
<b>CONSUMO</b>	
VI.1 Consumo de energía por unidad de tiempo (kW/hr o kW/mes) _____ No aplica _____	
VI. 2 Forma de suministro de energía	
a) Sistema público _____	
b) Sistema privado _____	
c) generación propia _____	
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?	
<b>VII. POSIBILIDAD DE AFECTAR LA BIODIVERSIDAD (ANIMALES, PLANTAS, BOSQUES, ETC.)</b>	
VII.1 En el sitio donde se ubica la empresa o actividad, existen:	
- Bosques _____	
- Animales _____	
- Otros _____	
Especificar información _____ Arboles, _____ plantas y bosques _____	
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?	
<b>VIII. TRANSPORTE</b>	
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 _____ 6 _____	
b) Tipo de vehículo _____ camiones _____ colectores _____ y un pick up _____	
c) sitio para estacionamiento y área que ocupa _____ predio de la municipalidad aproximadamente 60 metros cuadrados _____	
d) Horario de circulación vehicular _____ 9:00 _____ a _____ 17:00 hrs _____	
e) Vías alternas _____ No existen _____	
<b>IX. EFECTOS SOCIALES, CULTURALES Y PAISAJISTICOS</b>	
<b>ASPECTOS CULTURALES</b>	
IX.1 En el área donde funciona la actividad, existe alguna (s) etnia (s) predominante, ¿cuál? Ladinos	

Continuación de la tabla VIII.

INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN
<p><b>RECURSOS ARQUEOLOGICOS Y CULTURALES</b></p> <p><b>IX.2</b> Con respecto de la actividad y los recursos culturales, naturales y arqueológicos, Indicar lo siguiente:</p> <p>a) <input type="checkbox"/> La actividad no afecta a ningún recurso cultural, natural o arqueológico _____ No aplica _____</p> <p>b) <input type="checkbox"/> La actividad se encuentra adyacente a un sitio cultural, natural o arqueológico _____ No aplica _____</p> <p>c) <input type="checkbox"/> La actividad afecta significativamente un recurso cultural, natural o arqueológico _____ No aplica _____</p> <p style="text-align: center;">Ampliar información de la respuesta seleccionada</p>	
<p><b>ASPECTOS SOCIAL</b></p> <p><b>IX.3.</b> ¿En algún momento se han percibido molestias con respecto a las operaciones de la empresa, por parte del vecindario?</p> <p style="text-align: center;">SI ( X ) NO ( )</p> <p><b>IX.4</b> Qué tipo de molestias?</p> <p style="text-align: center;">De ruido y visuales</p> <p><b>IX.5</b> Qué se ha hecho o se propone realizar para no afectar al vecindario?</p> <p style="text-align: center;">Se ven afectadas por la generación de polvo a la hora de la ejecución</p>	
<p><b>PAISAJE</b></p> <p><b>IX.6</b> Cree usted que la actividad afecta de alguna manera el paisaje? ¿Explicar por qué?</p> <p style="text-align: center;">No aplica</p>	
<p><b>X. EFECTOS Y RIESGOS DERIVADOS DE LA ACTIVIDAD</b></p> <p><b>X.1 Efectos en la salud humana de la población circunvecina:</b></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 serían las actividades riesgosas:</p> <p style="text-align: center;">Existen riesgos por el polvo afecta en las enfermedades respiratorias</p>	
<p><b>X.3 riesgos ocupacionales:</b></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 style="text-align: center;">Existen riesgos por el polvo afecta en las enfermedades respiratorias</p>	
<p><b>Equipo de protección personal</b></p> <p><b>X.4</b> Se provee de algún equipo de protección para los trabajadores? SI ( X ) NO ( )</p> <p><b>X.5</b> Detallar que clase de equipo de protección se proporciona:</p> <p style="text-align: center;">Casco, botas punta de acero, lentes, mascarilla.</p> <p><b>X.6</b> ¿Qué medidas ha realizado ó que medidas propone para evitar las molestias o daños a la salud de la población y/o trabajadores?</p> <p style="text-align: center;">Dotar de mascarillas a los vecinos y a los trabajadores, y proveerles lentes de seguridad para que sus ojos no se vean expuestos al polvo generado por las manipulaciones del terreno.</p>	

Fuente: elaboración propia, con datos de MARN.

### **2.1.5.18. Elaboración de planos**

Se detalla a continuación los cuatro juegos de planos que se realizaron para efectuar la propuesta del proyecto.

- Planta de curvas de nivel
- Planta de densidad de población
- Planta y perfil de alcantarillado sanitario
- Detalle de armado de pozos

## **2.2. Diseño de edificio de dos niveles para el sector 2 de San Julián**

Este proyecto consiste en realizar el diseño de dos módulos de aulas de un edificio de dos niveles. El edificio escolar cuenta con los siguientes ambientes:

### **2.2.1. Descripción del proyecto**

Tanto la planta alta como la baja cuentan con dos módulos de aulas; cada aula tiene una dimensión de 6 m \* 7 m, un pasillo para el acceso al segundo nivel con un ancho de 2 m y su respectivo módulo de gradas.

El edificio estará conformado por elementos estructurales como vigas, losas, columnas, muros de separación, puertas, ventanas y zapatas. Los beneficiados serán niños en edades entre 7 y 15 años, de niveles primario y básico.

Para el sistema estructural del edificio se tomará en cuenta la tabla 1.6.14-1 - Coeficientes y factores para el diseño de sistemas sismoresistentes, del NSE 3 “Diseño estructural de edificaciones”.

En este caso se utilizará un sistema E1, el cual es sistema de marcos resistentes a momento, marcos rígidos de concreto reforzado.

El diseño de la edificación se realizará bajo la filosofía *Load and Resistance Factor Design* (LRFD), la cual propone mayorar las cargas de diseño y, a consecuencia, que las resistencias de los materiales se minoricen.

### **2.2.2. Criterios para el diseño de centros educativos según el normativo propuesto por Mineduc**

El Ministerio de Educación estipula diversos criterios que se describen en su Reglamento de Construcción de Edificios Escolares. Este tiene como objetivo la creación de espacios educativos para el desarrollo académico e integral de los estudiantes.

El reglamento presenta tres tipos de aulas para los centros educativos. Estas se describen a continuación:

- Aula de proyecciones; espacio en el que se resguardan tecnologías.
- Aulas unitarias; espacio el cual el profesor imparte diversos cursos.
- Aula teórica, espacio en donde se imparte la didáctica de los conocimientos.



Para este caso, el diseño que se adapta es el del aula teórica, debido a que este tipo de espacios es el adecuado para brindar educación ya que, por su flexibilidad y versatilidad, favorece el desarrollo del aprendizaje. Esta forma de enseñanza es la factible pues los estudiantes se encuentran en lugares fijos, lo cual les permite prestar atención completa al docente.

#### **2.2.2.1. Criterios para el diseño de un aula teórica**

- Forma: Para brindar condiciones óptimas de confort, la relación del ancho-largo del espacio no debe exceder 1:1,5 y debe tener una altura mínima de 2,5 m y una máxima de 3 m.
- Aspecto visual: La distancia máxima que deberá existir entre un alumno y el pizarrón será de 8 m y el ángulo de visión horizontal con respecto al pizarrón no puede ser menor que 30°.
- Iluminación: La superficie de ventana debe tener como mínimo 1/3 del área del local.
- Ventilación: Se deberán colocar parteluces cuando se tenga la exposición a la luz solar de forma directa. Se debe brindar una ventilación a todo el ambiente de forma constante.
- Capacidad: Esta se describe en la siguiente tabla.

Tabla IX. **Capacidad de alumnos por aula teórica**

<b>Alumnos</b>	<b>Capacidad por aula</b>	
	<b>Recomendable</b>	<b>Máximo</b>
Preprimario	25	30
Primario	30	40
Básico	30	40
Diversificado	30	40

Fuente: elaboración propia, con Criterios Normativos para el Diseño de Edificio Escolar, Mineduc.

#### **2.2.2.2. Acceso peatonal**

Permite el acceso directo para las áreas del edificio escolar, como los corredores o áreas de descanso.

- Capacidad: debe calcularse con aspectos extremos, en donde se tenga aumento de cargas considerables como las horas de entrada, salida o recreos. El área de circulación no deberá sobrepasar el 30 % del área total construida. Los pasillos deberán tener un ancho mínimo de 1,70 m y uno máximo de 3,50 m.

#### **2.2.3. Estudios preliminares**

A continuación, se hace la descripción de los estudios preliminares.

### **2.2.3.1. Terreno disponible**

El espacio físico que se tiene disponible para la construcción del edificio escolar en el sector 2, San Julián es el siguiente:

Tabla X. **Dimensiones del terreno**

<b>Largo (m)</b>	<b>Ancho (m)</b>	<b>Área real (m<sup>2</sup>)</b>
16	9	144

Fuente: elaboración propia.

### **2.2.3.2. Estudio de suelo**

La descripción del estudio de suelo se describe a continuación.

#### **2.2.3.2.1. Ensayo triaxial**

El ensayo triaxial es también llamado ensayo del valor soporte del suelo, capacidad de carga o apoyos de los cimientos. Este permite conocer las características físicas y mecánicas del suelo. La capacidad de carga varía para cada suelo. Para la precisión de este ensayo, deben tomarse en cuenta algunos parámetros como el tipo de suelo, el tamaño, la forma y la profundidad a la que se encuentra cimentado el elemento en donde se está aplicando la presión. Este ensayo consta de extraer una muestra inalterada del suelo a estado natural, de aproximadamente un pie cúbico. Se recomienda realizar un previo estudio de inspección visual para determinar si este es de origen arenoso, limoso, arcilloso, o una combinación de estos.

Se extrajo una muestra de suelo a 2 m de profundidad con respecto a la altura que estará enterrada la zapata. El estudio respectivo de este ensayo de compresión triaxial no consolidado y no drenado, muestra los siguientes resultados para la muestra: 29,4 % de límite líquido y 9,4 % de límite plástico. Además, se determinó que es un suelo del tipo arenoso-arcilloso de color café amarillento.

El capítulo tres (Cimentaciones superficiales) del libro *Fundamentos de ingeniería de cimentaciones* establece la siguiente ecuación de Terzaghi para cimentaciones cuadradas:

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

Donde:

C = cohesión del suelo

$\gamma_s$  = peso específico del suelo

$D_f$  = profundidad de cimiento

$N_c$ ,  $N_q$  y  $N_\gamma$  = valores de capacidad de carga por cohesión, sobrecarga y peso respectivamente.

Tabla XI. **Datos del ensayo triaxial**

Ensayo triaxial	
Cohesión	3,10 T/m <sup>2</sup>
∅ fricción	33,52°
B <sub>f</sub>	2 m
Dens, Seca	1,89 T/m <sup>3</sup>
Base	1,50 m
F <sub>s</sub>	3

Fuente: elaboración propia.

Figura 9. Factores de capacidad de carga de Terzaghi

$\phi'$	$N_c$	$N_q$	$N_\gamma$	$\phi'$	$N_c$	$N_q$	$N_\gamma$
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: BRAJA, Das. *Fundamentos de ingeniería de cimentaciones*. p. 140.

Terzaghi modificó la ecuación de las zapatas cuadradas mencionada con anterioridad, con el fin de tomar en cuenta factores de forma en la cimentación. También, esta modificación permite determinar la profundidad a la que estará empotrada o cimentada y la inclinación a la que estará sometida la carga. La modificación consta de la siguiente ecuación:

$$q = 0,826 * C * N_c + D_f * \gamma_s * N_q + 0,4 * B * \gamma_s * N_\gamma$$

Determinación de factores de capacidad de carga de Terzaghi, mediante la interpolación de los datos de los factores de capacidad de carga de Terzaghi, se determinaron los siguientes valores:

Tabla XII. Factores de carga  $N_q$ ,  $N_c$  y  $N_y$

Ángulo (°)	$N_c$	$N_q$	$N_y$
33,52	23,08	11,23	6,82

Fuente: elaboración propia.

- El valor soporte último del suelo será:

$$q = 0,826 * C * N_c + D_f * \gamma_s * N_q + 0,4 * B * \gamma_s * N_y$$

$$q = (0,826 * 3,10 * 23,08) + (2,00 * 1,89 * 11,23) + (0,4 * 1,50 * 1,89 * 6,82)$$

$$q = 109,28 \text{ Ton/m}^2$$

Se deberá aplicar un factor de seguridad no mayor a 3, pues esto se debe al error humano ante la realización del ensayo en laboratorio.

- Determinación del valor soporte:

$$V_s = \frac{q}{F_s} = \frac{109,28 \text{ Ton/m}^2}{3} = 36,43 \text{ Ton/m}^2$$

Tabla XIII. **Valor soporte permisible según el tipo de suelo**

<b>Material del suelo</b>	<b>Vs (ton/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Observaciones</b>
Roca sana	645	-
Roca regular	430	-
Roca intermedia	215	-
Roca agrietada	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: VILLALAZ, Carlos. *Mecánica de suelos y cimentaciones*. p. 193.

Con la tabla XII se realizará la descripción del suelo analizado. Ahí se muestra que es un suelo de tipo arena arcillosa, con un valor soporte de  $36,43 \text{ Ton/m}^2$  y se clasifica como un suelo del tipo duro que entra en el rango  $32 - 53 \text{ Ton/m}^2$ . Esto significa que es suelo apto con un valor soporte adecuado para la cimentación del edificio escolar.

#### **2.2.4. Consideraciones de diseño**

Dentro de las consideraciones de diseño que se tomaron para la elaboración de este proyecto, se tienen la normativa de criterios arquitectónicos para construcción de centros educativos del Mineduc, los requisitos de

reglamento para el concreto ACI 318-2014 y las normas de seguridad estructural AGIES 2018.

#### **2.2.4.1. AGIES 2018**

El AGIES recoge normas de seguridad estructural que se han convertido en documentos de suma importancia para la regulación del diseño estructural en Guatemala. En los últimos años se han ido desarrollando y mejorando las versiones anteriores con el fin de generar normas y códigos representativos y aplicables para la república de Guatemala.

Cada año se busca reformar las normas con el fin de hacerlas lo óptimas y funcionales posible; se han trabajado la actualización para obtener las normas de seguridad estructural 2018, por medio de la revisión y modificación a través de comités de actualización. Para el correcto diseño de este proyecto se utilizarán las normas que establece la versión del AGIES 2018, con el fin de estar lo más actualizado posible.

Se hará uso del NSE-2 *Demandas estructurales y condiciones de sitio*, sobre todo los capítulos 2 y 3 (Cargas muertas y Cargas vivas). Posteriormente, se determinará en el mismo código el espectro de respuesta sísmica y, finalmente, se llega al NSE-3 *Diseño estructural de edificaciones*.

#### **2.2.4.2. ACI 318-2014**

El ACI presenta los *Requisitos de reglamento para el concreto estructural*. Aquí se contienen los requisitos mínimos que se deben de cumplir para los materiales, diseño y detallado de edificaciones de concreto estructural y, donde es aplicable, en estructuras diferentes de edificaciones.



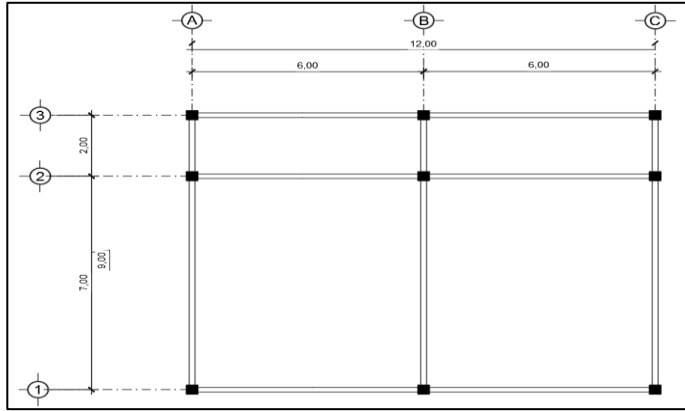
Este reglamento ha sido sustancialmente reorganizado y reformado con respecto a ediciones anteriores. En el ACI 318-2014 se han modificado principalmente los requisitos de diseño y se han detallado los referentes a los sistemas estructurales y miembros individuales. Se tomarán en consideración los criterios establecidos en esta edición del ACI para realizar el diseño de este establecimiento educativo.

Entre los capítulos que se utilizaron para el desarrollo de este proyecto se pueden mencionar el 4 (Requisitos para sistemas estructurales), 5 (Cargas), 8 (Losas en dos direcciones), 9 (Vigas), 10 (Columnas), 13 (Cimentaciones) y 18 (Estructura sismo resistente).

#### **2.2.5. Diseño arquitectónico**

Esta parte del diseño busca la optimización del espacio disponible de manera que quede distribuido a conveniencia de las necesidades que se tienen. Los diferentes ambientes serán salones de clase y otros espacios que formarán parte del diseño; esta fase se realiza con el fin de asegurar la funcionalidad del proyecto.

Figura 10. **Planta de edificio escolar**

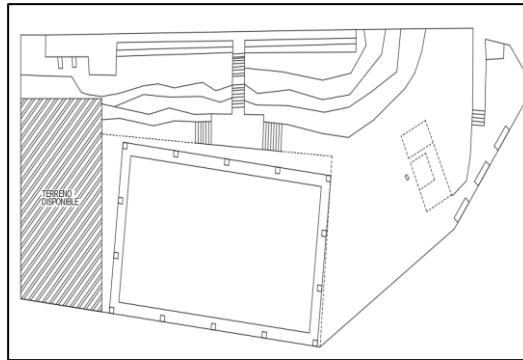


Fuente: elaboración propia, utilizando AutoCAD 2018.

### 2.2.5.1. **Ubicación del edificio**

El terreno disponible actualmente está a un costado del módulo que se tiene frente a la cancha deportiva; este espacio brindará iluminación y ventilación de todos los ambientes que se construirán.

Figura 11. **Ubicación del edificio en el terreno disponible**



Fuente: elaboración propia, utilizando AutoCAD 2018.

#### **2.2.5.2. Distribución de ambientes**

Esta distribución es realizada mediante el acoplamiento de la estructura en el terreno existente para garantizar ambientes funcionales, cómodos y estables. La distribución se realizó con base en los criterios del normativo para el diseño de edificación escolares. Ambos niveles tienen aulas puras especialmente para las clases didácticas; esto debido a que ya se cuenta con un área específica para la dirección y el servicio sanitario.

#### **2.2.5.3. Altura del edificio**

Con el fin de brindar ventilación y confort a los estudiantes, la altura del nivel de piso al nivel del cielo de la losa será de 3 m en cada nivel y 1,5 m entre el piso superficial al nivel de cimentación. Para el análisis estructural se considerará una altura total de 7,50 m desde la cimentación hasta la losa del segundo nivel.

#### **2.2.5.4. Selección del sistema estructural que se utilizará**

Toda estructura es diseñada con base en los criterios como su funcionalidad, su economía, la seguridad estructural y el confort de las personas que harán uso de esta. Siempre se procura que, al ser diseñadas estas estructuras cumplan con la vida útil con las fueron concebidas.

Las cargas de viento, sísmicas u otras producidas por distintos tipos de movimiento, como por ejemplo el sonido, son calculadas de forma un tanto imprecisa. En cambio, las cargas muertas y vivas se calculan de una forma más exacta. Es por ello que las estructuras sismo-resistentes tienen que ser: aptas,

para resistir los efectos producidos por las cargas y sismos; rígidas, para soportar deformaciones que se generan por la distribución de carga de los elementos estructurales que la contienen; y dúctiles, para actuar de forma elástica al momento de un sismo y, que, de esta manera, la estructura no colapse por completo en el instante.

Existen diversidad de métodos para poder hacer un correcto diseño y este cuenta con todos los parámetros mencionados con anterioridad. Para este diseño se utilizará el sistema E1 del normativo NSE-3 *Diseño estructural de edificaciones*, de AGIES 2,018, el cual es un sistema de marcos resistentes a momentos (marcos rígidos de concreto reforzado con muros tabiques o cerramiento).

#### **2.2.6. Análisis estructural**

Todos los elementos estructurales deben diseñarse con cargas que actuarán durante toda la vida útil de la estructura, tales como:

- Las combinaciones de carga vivas, muertas y de sismo que producen los momentos.
- Deformaciones y esfuerzos internos.
- Fuerzas cortantes.

Los análisis de estos aspectos permiten el correcto dimensionamiento de los elementos que conforman la estructura: vigas, columnas, losas y cimientos. También favorecen la correcta selección de los materiales. Estos análisis deberán cumplir con lo que establece el código ACI 318-2014.

En otro orden de ideas, las juntas de construcción se disponen con el fin de acortar las longitudes de un edificio en donde puedan surgir algunos fenómenos como los comportamientos de los sistemas de piso o diafragmas rígidos. Esto normalmente existe cuando se tiene una tendencia que ocasione vibraciones en la longitud del edificio.

De acuerdo con los códigos de diseño utilizados se establece que se deben colocar juntas de construcción a modo que el desplazamiento entre elementos sea libre y la estructura no se vea afectada. Al tomar en cuenta la simetría de la estructura y que el edificio no posee mayores dimensiones de longitud, no se han considerado juntas de construcción, salvo las uniones de los muros tabiques a los marcos rígidos. Según lo que dice la cartilla de diseño estructural de mampostería para albañiles y constructores, de AGIES, el espesor de block a block debe de ser de 1 cm. Así también Barrios, especifica que los muros tabiques tienen como objetivo principal la separación de ambientes, y al mismo tiempo, aislar los muros tabiques de los marcos rígidos para evitar el choque entre ellos. Además, para prevenir que estén en contacto uno con el otro, se le suele colocar un aislante, como duroport, para lo cual se recomienda una separación de 1" máximo; es por ello que, para el presente diseño de junta de construcción se ha tomado una separación de 2,50 cm.

#### **2.2.6.1. Predimensionamiento estructural**

Los elementos que conforman toda la estructura son predimensionados de forma que cumplen con los códigos, normas o parámetros establecidos, esto con el fin de determinar dimensiones que sean capaces de soportar cargas que fueron estimadas. Posteriormente, mediante la verificación del normativo de diseño, se determinará si son definitivas o si pueden modificarse para que estas cumplan el diseño y sean las óptimas.

### 2.2.6.1.1. Losa

Para el predimensionamiento de losas, primero se debe determinar hacia qué lado va a trabajarse y se deben tomar en cuenta los siguientes criterios:

$m = \frac{a}{b} < 0,5$  losa en una dirección ;  $m = \frac{a}{b} \geq 0,5$  losa en dos direcciones

Donde:

a = Sentido corto

b = Sentido largo

- Determinación de direcciones de las losas:

Losa 1 y Losa 2 =  $\frac{2}{6} = 0,33$  (losa en una dirección)

Losa 3 y 4 =  $\frac{6}{7} = 0,85$  (losa en dos direcciones)

Para determinar el espesor de la losa se utilizará lo estipulado en el capítulo 9 (Losas en dos direcciones) del documento *Diseño simplificado de concreto reforzado* de Parker de tal manera se tomará la expresión:

$$t = \frac{\text{Perímetro de la losa}}{180}$$

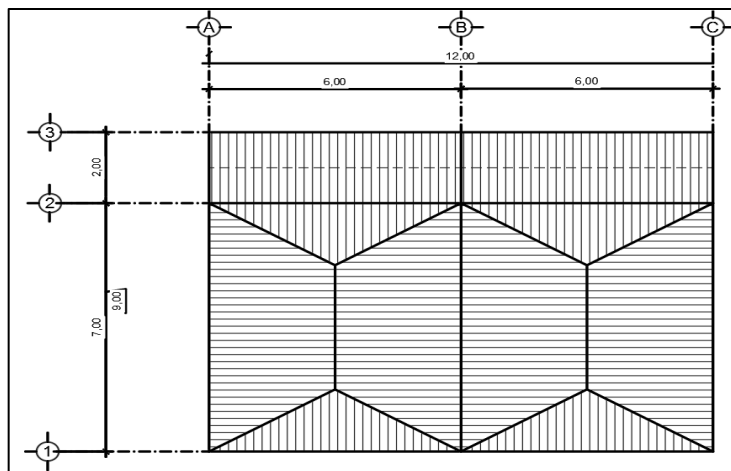
Entonces al considerar la planta arquitectónica, se tienen los siguientes espesores:

$$\text{Losa 1 y Losa 2} = t = \frac{2(2,00)+2(6,00)}{180} = 0,09 \text{ m}$$

$$\text{Losa 3 y Losa 4} = t = \frac{2(6,00)+2(7,00)}{180} = 0,14 \text{ m}$$

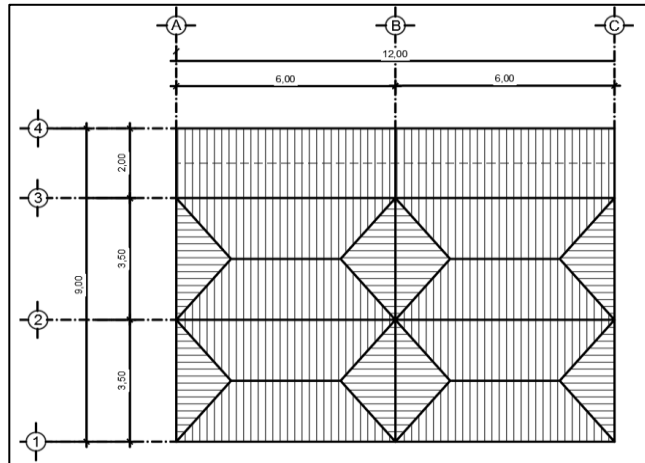
Las losas 3 y 4 son las que cuentan con peraltes mayores; en este caso de 14 cm. Dado que el espesor de losa máximo permisible es de  $t = 0,12 \text{ m}$ , se debe reducir por medio de vigas secundarias que distribuirán entre los apoyos laterales el área que tributa en ellas.

Figura 12. **Áreas tributarias en vigas principales**



Fuente: elaboración propia, utilizando AutoCAD 2018.

Figura 13. **Áreas tributarias modificadas**



Fuente: elaboración propia, utilizando AutoCAD 2018.

- Determinación del espesor de losa modificado:

$$t = \frac{2(3,50) + 2(6,00)}{180} = 0,11 \text{ m}$$

Se utilizará un peralte de 0,11 m para el diseño de losa del proyecto.

#### 2.2.6.1.2. **Viga**

Las vigas se diseñan con el objetivo primordial de soportar deformaciones debidas a las cargas axiales o gravitacionales tales como las deflexiones, los cortes y la torsión. Estas pueden ser vigas primarias o secundarias, y la diferencia de estas es que la viga secundaria es la que está apoyada en una primaria.



El ACI 318-14 presenta la altura mínima de vigas no preesforzadas, según los siguientes parámetros:

Tabla XIV. **Tabla de altura mínima de vigas no preesforzadas**

Condición de apoyo	Altura mínima, $h$ [1]
Simplemente apoyada	$l/16$
Con un extremo continuo	$l/18.5$
Ambos extremos continuos	$l/21$
En voladizo	$l/8$

Fuente: ACI 318-14. *Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural*. p. 138.

Entonces:

Con un extremo continuo:  $h = l/18,5 = 7/18,5 = 0,38$  m

La sección quedaría de manera aproximada de altura 0,40 m y de base 0,20 m. Esto significa una sección demasiado pequeña y, por lo tanto, hay que aumentarla para que cumpla con los límites de diseños requeridos.

Para tal caso de estudio se han considerado vigas de pórticos especiales resistentes a momento. Esto, según el capítulo 18.6 del ACI 318-14, lo cual dice literalmente lo siguiente:

18.6.1.1. “Esta sección aplica a las vigas de los pórticos especiales resistentes a momentos que forman parte del sistema resistente ante fuerzas sísmicas y que se diseñan principalmente para resistir flexión y cortante”.

18.6.1.2. “Las vigas de los pórticos especiales resistentes a momentos deben interconectarse a columnas de pórticos especiales resistentes a momento que cumplen con 18,7”.

#### 18.6.2. “Límites dimensionales”

18.6.2.1. “Las vigas deben cumplir los siguientes enunciados”.

(a) La luz libre  $l_n$  no debe ser menor que 4 d.

(b) El ancho  $w_b$  debe ser al menos igual al menor dato de las siguientes propuestas (0,3 h y 250 mm).

Para una sección de 0,30 x 0,50 m

(a)  $l_n = 6,00 > (4 * 0,50)$

Entonces:

$$l_n = 6,00 > 2,00 \text{ m} \rightarrow \text{Sí cumple}$$

(b)  $0,3 \text{ h y } 250 \text{ mm} = 0,30 \text{ m} > 0,25 \text{ m} \rightarrow \text{Sí cumple}^1$

Entonces la sección propuesta de 0,30 m x 0,50 m, es aceptable y cumple con lo requerido por el ACI.

### 2.2.6.1.3. Columnas

Las columnas son elementos estructurales que sirven para transmitir las cargas axiales de la estructura a los cimientos. Estas deberán ser rígidas en comparación con las vigas, que son flexibles. Su longitud deberá ser de, al

---

<sup>1</sup> Norma ACI 318-14 American Concrete Institute. *Reglamento de Construcción para Concreto Estructural ya disponible*. p. 291.

menos, tres veces la de su menor dimensión. El código ACI recomienda que la sección límite sea de 0,30 m. Para determinar la sección de las columnas se deberá calcular la rigidez de los elementos por medio de la siguiente ecuación:

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

Donde:

$K$  = Rigidez

$I$  = Inercia

$L$  = Longitud entre elementos

Las rigideces del diseño son obtenidas con la ecuación anterior, la cual deberá multiplicarse por el factor de rigidez de 0,70 para las columnas y de 0,35 para las vigas.

Entonces, se utilizará una sección de columna de 0,35 m x 0,35 m y una para las vigas principales de 0,30 m x 0,50 m, calculando las rigideces se obtiene:

$$K_{Col} = \frac{\left(\left(\frac{1}{12}\right) * 35 * 35^3\right)}{300} = 416,84 \text{ cm}^4$$

$$K_{Viga\ principal} = \frac{\left(\left(\frac{1}{12}\right) * 30 * 50^3\right)}{600} = 520,83 \text{ cm}^4$$

Al factorizar las rigideces con su respectivo valor, se obtiene:

$$K_{Columna} = 416,84 \text{ cm}^4 * 0,70 = 291,79 \text{ cm}^4$$

$$K_{Viga} = 520,83 \text{ cm}^4 * 0,35 = 182,29 \text{ cm}^4$$

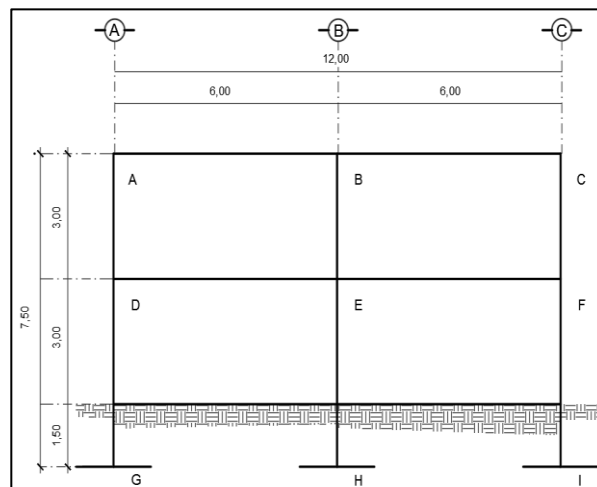
Estos valores representan el valor de la rigidez en los diversos elementos estructurales, de manera que la columna propuesta de dimensión 0,35 m x 0,35 m cumple con la filosofía de diseño propuesta, la cual establece que la columna deberá ser más rígida que la viga.

$$K_{Columna} > K_{Viga} \rightarrow 291,79 \text{ cm}^4 > 182,29 \text{ cm}^4 \rightarrow \text{Cumple}$$

### 2.2.6.2. Modelo matemático de marcos rígidos

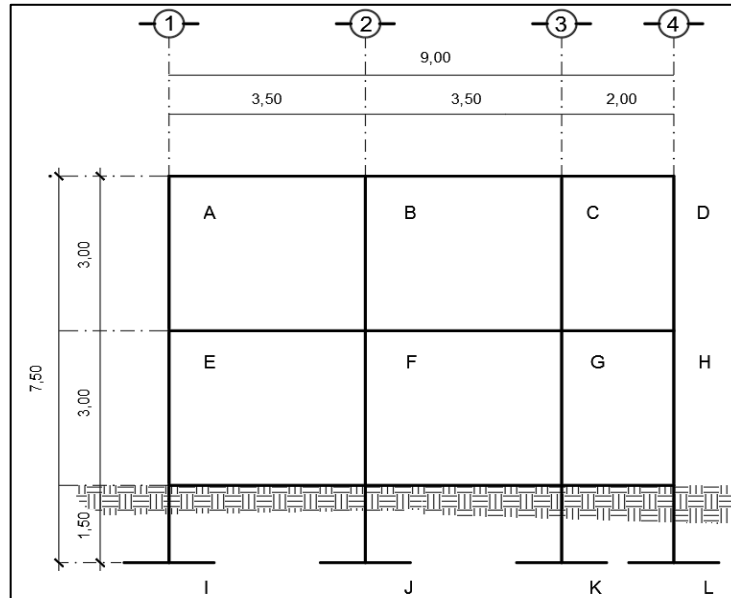
Los modelos matemáticos para los marcos rígidos representan de manera gráfica la forma de un marco, con base en los ejes de coordenadas X y Y para los ejes de las columnas y de las vigas. Esto permite distribuir los elementos que la conforman de mejor manera, así como realizar el análisis estructural de una manera más sencilla.

Figura 14. **Modelo matemático para elevación frontal del edificio**



Fuente: elaboración propia, utilizando AutoCAD 2018.

Figura 15. **Modelo matemático para perfil del edificio**



Fuente: elaboración propia, utilizando AutoCAD 2018.

### 2.2.6.3. Integración de cargas verticales

Las cargas aplicadas a los marcos rígidos se pueden clasificar en dos grupos: cargas verticales y horizontales o cargas estáticas y dinámicas.

Las cargas estáticas, también llamadas permanentes, son aquellas que se generan por el peso propio del edificio más las que se generan por el peso propio de los elementos que se adhieren a la estructura (muros, pisos, acabados, entre otros). En este caso, serán las sobrecargas y las cargas muertas.

Las cargas dinámicas serán aquellas que actuarán sobre la estructura de manera inesperada; estas podrán variar su magnitud y su ubicación durante el transcurso del tiempo. En este caso, las cargas vivas y sísmicas.

Las cargas verticales se dividen en cargas vivas (CV), cargas muertas (CM) y sobrecargas (SC).

- Cargas vivas (CV)

Estas cargas generalmente son producidas por las ocupaciones y uso que se le dará a cada uno de los ambientes de la edificación. Para determinar las distintas referencias mínimas para cada ambiente se utilizó el código AGIES 2018 que propone en el NSE-2, *Demandas estructurales y condiciones de sitio*, que las cargas vivas por ocupaciones son las siguientes:

- Carga viva (CV)

Según tabla 3.7.1-1 (Tipo de ocupación o uso “Educativo”)

- Aulas = 200 kg/m<sup>2</sup>.
- Pasillos y escaleras = 500 kg/m<sup>2</sup>.
- Cubiertas pesadas como azoteas de concreto con acceso = 200 kg/m<sup>2</sup>.

- Carga muerta (CM)

Según Anexo B- Cargas muertas mínimas de diseño, tabla B-1, integración según listado “Demandas estructurales y condiciones de sitio”.

Es la carga producida por los elementos estructurales que se encuentran fijos durante toda la vida útil del edificio, tales como: vigas, muros, losas, columnas, pisos, entre otros. A continuación, se desglosan las cargas muertas integradas, con base en el código AGIES 2018.

Tabla XV. **Cargas muertas para pisos**

<b>Piso</b>	<b>Kgf/m<sup>2</sup></b>
Concreto ligero por mm	1,5
Azulejo en base de mortero	110
<b>Total</b>	<b>112</b>

Fuente: elaboración propia con base en AGIES 2018.

Tabla XVI. **Cargas muertas para muros**

<b>Muros</b>	<b>Kgf/m<sup>2</sup></b>
Muros block hueco de concreto	172
Repello en concreto	24
<b>Total</b>	<b>196</b>

Fuente: elaboración propia con base en AGIES 2018.

Tabla XVII. **Cargas muertas para acabados**

<b>Acabados</b>	<b>Kgf/m<sup>2</sup></b>
Ventanas, vidrios y marco	38
Pizarra	48
<b>Total</b>	<b>86</b>

Fuente: elaboración propia con base en AGIES 2018.

Tabla XVIII. **Carga muerta para edificación**

<b>Cargas Muertas</b>	<b>Peso</b>
Peso específico del concreto	2 400 Kg/m <sup>3</sup>
Pisos	112 Kg/m <sup>2</sup>
Muros	196 Kg/m <sup>2</sup>
Acabados	86 Kg/m <sup>2</sup>

Fuente: elaboración propia con base en AGIES 2018.

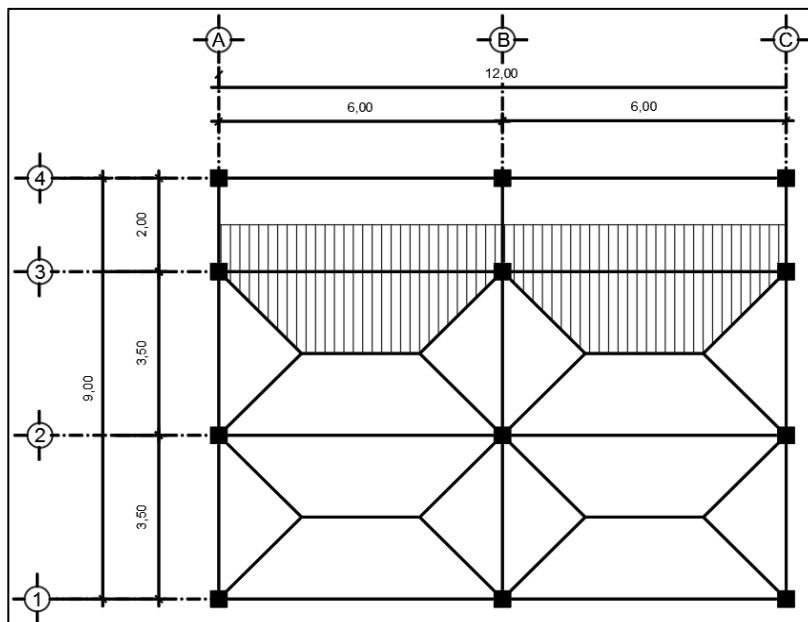
- Sobrecarga (SC)

Es un factor de seguridad que se asigna por las posibles cargas que se generen de forma adicional a la estructura que las soportará. Se considerará un valor de sobrecarga de  $60 \text{ kg/m}^2$  y un valor de sobrecarga de pañuelos de  $90 \text{ kg/m}^2$ .

- Integración de carga vertical

A continuación, se presenta el procedimiento para la integración de cargas verticales para el edificio escolar. Para ello se deben considerar los ejes más críticos, en otras palabras, los ejes en donde se tribute mayor área, que en este caso es el eje 3 en sentido X y el eje B en sentido Y.

Figura 16. **Área tributaria eje 3, sentido X**



Fuente: elaboración propia, utilizando AutoCAD 2018.



Tabla XIX. **Datos para análisis eje 3, sentido X**

<b>Datos eje 3, sentido X</b>	
Longitud total de viga	12,00 m
Área tributaria	26,88 m <sup>2</sup>

Fuente: elaboración propia.

- Segundo nivel en sentido X del eje 3
  - Carga muerta (CM)

$$\text{Losa} = (t_{\text{losa}} * A_t * \gamma_{\text{específico}}) / L$$

$$\text{Losa} = (0,11 \text{ m} * 26,88 \text{ m}^2 * 2400 \text{ kg/m}^3) / 12,00 \text{ m} = 591,36 \text{ kg/m}$$

$$\text{Viga} = (\text{Base} * (\text{Altura} - t_{\text{losa}}) * L * \gamma_{\text{específico}}) / L$$

$$\text{Viga} = (0,30 \text{ m} * (0,50 \text{ m} - 0,11 \text{ m}) * 12,00 \text{ m} * 2400 \text{ kg/m}^3) / 12,00 \text{ m} = 280,80 \text{ kg/m}$$

$$\text{Acabados} = (\text{Carga acabados} * A_t) / L$$

$$\text{Acabados} = (86,00 \text{ kg/m}^2 * 26,88 \text{ m}^2) / 12,00 \text{ m} = 192,64 \text{ kg/m}$$

$$\text{SC pañuelos} = (\text{Carga de pañuelos} * A_t) / L$$

$$\text{SC pañuelos} = (90 \text{ kg/m}^2 * 26,88 \text{ m}^2) / 12,00 \text{ m} = 201,60 \text{ kg/m}$$

$$\Sigma \text{Total} = 1266,40 \text{ kg/m}$$

- Carga Viva (CV)

Techo de concreto con acceso =  $(A_t * CV \text{ Ocupacional}) / L$

Techo de concreto con acceso =  $(26,88 \text{ m}^2 * 200 \text{ kg/m}^2) / 12,00 \text{ m} = 448,00 \text{ kg/m}$

$$\Sigma \text{Total} = 448,00 \text{ kg/m}$$

- Primer nivel en sentido X del eje 3

- Carga muerta (CM)

Losa =  $(t_{losa} * A_t * \gamma_{específico}) / L$

Losa =  $(0,11 \text{ m} * 26,88 \text{ m}^2 * 2400 \text{ kg/m}^3) / 12,00 \text{ m} = 591,36 \text{ kg/m}$

Viga =  $(\text{Base} * (\text{Altura} - t_{losa}) * L * \gamma_{específico}) / L$

Viga =  $(0,30 \text{ m} * (0,50 \text{ m} - 0,11 \text{ m}) * 12,00 \text{ m} * 2400 \text{ kg/m}^3) / 12,00 \text{ m} = 280,80 \text{ kg/m}$

Muros =  $(h * L * \text{Carga muro}) / L$

Muros =  $(3,00 \text{ m} * 12,00 \text{ m} * 196 \text{ kg/m}^2) / 12,00 \text{ m} = 588,00 \text{ kg/m}$

Pisos =  $(\text{Carga Piso} * A_t) / L$

Pisos =  $(112,00 \text{ kg/m}^2 * 26,88 \text{ m}^2) / 12,00 \text{ m} = 250,88 \text{ kg/m}$

Acabados =  $(\text{Carga acabados} * A_t) / L$

Acabados =  $(86 \text{ kg/m}^2 * 26,88 \text{ m}^2) / 12,00 \text{ m} = 192,64 \text{ kg/m}$

SC =  $(\text{Carga de sobrecarga} * A_t) / L$

SC =  $(60 \text{ kg/m}^2 * 26,88 \text{ m}^2) / 12,00 \text{ m} = 134,40 \text{ kg/m}$

$$\Sigma Total = 2\,038,08 \text{ kg/m}$$

- Carga viva (CV)

$$\text{Aulas} = (A_t * \text{CV Ocupacional}) / L$$

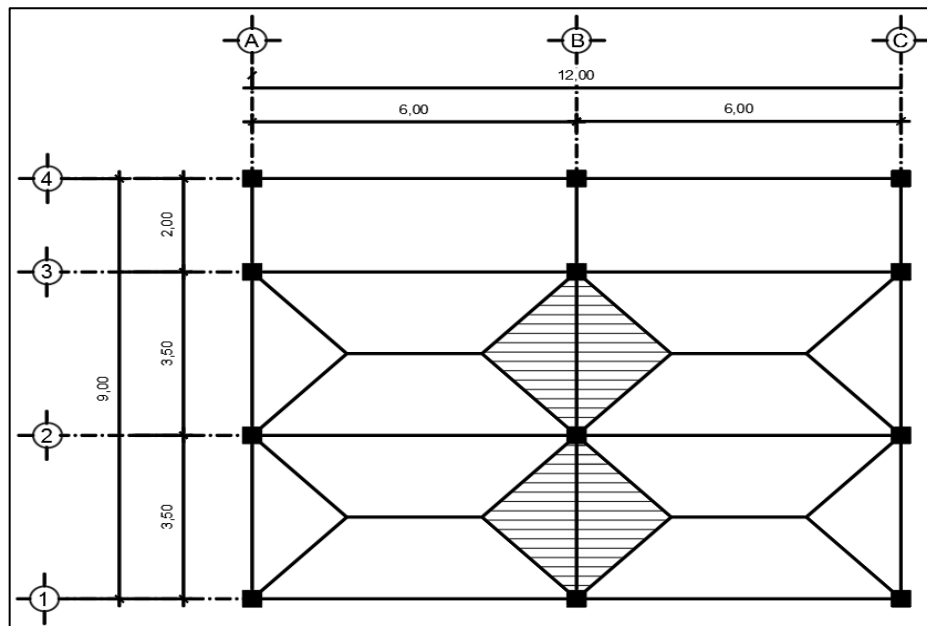
$$\text{Aulas} = (14,88 \text{ m}^2 * 200 \text{ kg/m}^2) / 12,00 \text{ m} = 247,92 \text{ kg/m}$$

$$\text{Pasillos} = (A_t * \text{CV Ocupacional}) / L$$

$$\text{Pasillos} = (12,00 * 500 \text{ kg/m}^2) / 12,00 \text{ m} = 500,00 \text{ kg/m}$$

$$\Sigma Total = 747,92 \text{ kg/m}$$

Figura 17. Área tributaria eje B, sentido Y



Fuente: elaboración propia, utilizando AutoCAD 2018.

Tabla XX. **Datos para análisis eje B, sentido Y**

<b>Datos eje B, sentido Y</b>	
Longitud total de viga	9,00 m
Área tributaria	12,25 m <sup>2</sup>

Fuente: elaboración propia.

Para la integración del eje B en sentido Y, se realizará de la misma manera que se integró el eje 3 en sentido X, de tal manera que:

- Segundo nivel en sentido Y del eje B

- Carga muerta (CM)

$$\text{Losa} = (t_{\text{losa}} * A_t * \gamma_{\text{específico}}) / L$$

$$\text{Losa} = (0,11 \text{ m} * 12,25 \text{ m}^2 * 2400 \text{ kg/m}^3) / 9,00 \text{ m} = 359,33 \text{ kg/m}$$

$$\text{Viga} = (\text{Base} * (\text{Altura} - t_{\text{losa}}) * L * \gamma_{\text{específico}}) / L$$

$$\text{Viga} = (0,30 \text{ m} * (0,50 \text{ m} - 0,11 \text{ m}) * 9,00 \text{ m} * 2400 \text{ kg/m}^3) / 9,00 \text{ m} = 280,80 \text{ kg/m}$$

$$\text{Acabados} = (\text{Carga acabados} * A_t) / L$$

$$\text{Acabados} = (86 \text{ kg/m}^2 * 12,25 \text{ m}^2) / 9,00 \text{ m} = 117,06 \text{ kg/m}$$

$$\text{SC pañuelos} = (\text{Carga de pañuelos} * A_t) / L$$

$$\text{SC pañuelos} = (90 \text{ kg/m}^2 * 12,25 \text{ m}^2) / 9,00 \text{ m} = 122,50 \text{ kg/m}$$

$$\Sigma \text{Total} = 879,69 \text{ kg/m}$$

- Carga viva (CV)

$$\text{Techo de concreto con acceso} = (A_t * \text{CV Ocupacional}) / L$$

$$\text{Techo de concreto con acceso} = (12,25 \text{ m}^2 * 200 \text{ kg/m}^2) / 9,00 \text{ m} = 272,22 \text{ kg/m}$$

$$\Sigma \text{Total} = 272,22 \text{ kg/m}$$

- Primer nivel en sentido Y del eje B

- Carga muerta (CM)

$$\text{Losa} = (t_{\text{losa}} * A_t * \gamma_{\text{especifico}}) / L$$

$$\text{Losa} = (0,11 \text{ m} * 12,25 \text{ m}^2 * 2400 \text{ kg/m}^3) / 9,00 \text{ m} = 359,33 \text{ kg/m}$$

$$\text{Viga} = (\text{Base} * (\text{Altura} - t_{\text{losa}}) * L * \gamma_{\text{especifico}}) / L$$

$$\text{Viga} = (0,30 \text{ m} * (0,50 \text{ m} - 0,11 \text{ m}) * 9,00 \text{ m} * 2400 \text{ kg/m}^3) / 9,00 \text{ m} = 280,80 \text{ kg/m}$$

$$\text{Muros} = (A_t * \text{Carga de muros}) / L$$

$$\text{Muros} = (3,00 \text{ m} * 7,00 \text{ m} * 196 \text{ kg/m}^2) / 9,00 \text{ m} = 457,33 \text{ kg/m}$$

$$\text{Piso} = (\text{Carga de piso} * A_t) / L$$

$$\text{Pisos} = (112,00 \text{ kg/m}^2 * 12,25 \text{ m}^2) / 9,00 \text{ m} = 152,44 \text{ kg/m}$$

$$\text{Acabados} = (\text{Carga acabados} * A_t) / L$$

$$\text{Acabados} = (12,25 \text{ m}^2 * 86 \text{ kg/m}^2) / 9,00 \text{ m} = 117,06 \text{ kg/m}$$

$$\text{SC} = (\text{Carga de sobrecarga} * A_t) / L$$

$$\text{SC} = (12,25 \text{ m}^2 * 60 \text{ kg/m}^2) / 9,00 \text{ m} = 81,67 \text{ kg/m}$$

$$\Sigma Total = 1\ 448,63\ \text{kg/m}$$

- Carga viva (CV)

$$\text{Aulas} = (A_t * \text{CV Ocupacional}) / L$$

$$\text{Aulas} = (12,25\ \text{m}^2 * 200\ \text{kg/m}^2) / 9,00\ \text{m} = 272,22$$

$$\Sigma Total = 272.22\ \text{kg/m}$$

#### **2.2.6.4. Integración de cargas horizontales por método de AGIES**

Las cargas horizontales se consideran como cargas dinámicas que son generalmente ocasionadas por la acción del viento, de las fuentes sísmicas o de las cargas de impacto. Guatemala no sufre mucho análisis para este tipo de cargas, sin embargo, la que se produce con mayor frecuencia son las cargas sísmicas. Estas son ocasionadas por movimientos verticales y horizontales, todo esto se debe a la liberación de energía por medio de las placas tectónicas en la que se encuentra el país. La geometría de la estructura es proporcional a la respuesta sísmica.

Por medio el método propuesto por AGIES se determinarán los pesos por nivel:

- Segundo nivel
  - Carga muerta (CM)

$$\text{Losa} = (t_{\text{losa}} * A_t * \gamma_{\text{específico}})$$

$$\text{Losa} = 0,11 \text{ m} * (12,00 \text{ m} + 0,35 \text{ m}) * (9,00 \text{ m} + 0,35 \text{ m}) * 2400 \text{ kg/m}^3 = 30484,74 \text{ kg/m}$$

$$\text{Columna} = (\text{Base} * \text{Altura} * L_1 * L_t * \gamma_{\text{específico}})$$

$$\text{Columna} = (0,35 \text{ m} * 0,35 \text{ m} * 1,50 \text{ m} * 12) * 2400 \text{ kg/m}^3 = 5292,00 \text{ kg/m}$$

$$\text{Viga} = (\text{Base} * (\text{Altura} - t_{\text{losa}}) * L * \gamma_{\text{específico}})$$

$$\text{Viga} = [0,30 \text{ m} * (0,50 \text{ m} - 0,11 \text{ m}) * 12,00 \text{ m} * 4] + [0,30 \text{ m} * (0,60 \text{ m} - 0,11 \text{ m}) * 9,00 \text{ m} * 3] * 2400 \text{ kg/m}^3 = 21060,00 \text{ kg/m}$$

$$\text{Muros} = (A_t * \text{Carga de muros})$$

$$\text{Muros} = (1,50 \text{ m} * 12,00 \text{ m} * 3) + (1,50 * 9,00 * 3) * 196 \text{ kg/m}^2 = 18522,00 \text{ kg/m}$$

$$\text{Acabados} = (A_t * \text{Carga de acabados})$$

$$\text{Acabados} = 12,00 \text{ m} * 9,00 \text{ m} * 86 \text{ kg/m}^2 = 9288,00 \text{ kg/m}$$

$$\text{SC pañuelos} = (A_t * \text{Carga de SC de pañuelos})$$

$$\text{SC pañuelos} = 12,00 * 9,00 * 90 \text{ kg/m}^2 = 9720,00 \text{ kg/m}$$

$$\Sigma \text{Total} = 94366,74 \text{ kg/m}$$

- Carga Viva (CV)

$$\text{Techo de concreto con acceso} = (A_t * \text{CV Ocupacional})$$

$$\text{Techo de concreto con acceso} = 12,00 \text{ m} * 9,00 \text{ m} * 200 \text{ kg/m}^2 = 21600,00 \text{ kg/m}$$

$$\Sigma \text{Total} = 21600,00 \text{ kg/m}$$

- Primer Nivel

- Carga muerta (CM)

$$\text{Losa} = (t_{\text{losa}} * A_t * \gamma_{\text{específico}})$$

$$\text{Losa} = 0,11 \text{ m} * (12,00 + 0,35 \text{ m}) * (9,00 \text{ m} + 0,35 \text{ m}) * 2400 \text{ kg/m}^3 = 30484,74 \text{ kg/m}$$

$$\text{Columna} = (\text{Base} * \text{Altura} * L_1 * L_t * \gamma_{\text{específico}})$$

$$\text{Columna} = (0,35 \text{ m} * 0,35 \text{ m} * 6,00 \text{ m} * 12) * 2400 \text{ kg/m}^3 = 21168,00 \text{ kg/m}$$

$$\text{Viga} = (\text{Base} * (\text{Altura} - t_{\text{losa}}) * L * \gamma_{\text{específico}})$$

$$\text{Viga} = [0,30 \text{ m} * (0,50 \text{ m} - 0,11 \text{ m}) * 12,00 * 4] + [0,30 \text{ m} * (0,60 - 0,11 \text{ m}) * 9,00 \text{ m} * 3] * 2400 \text{ kg/m}^3 = 21060,00 \text{ kg/m}$$

$$\text{Muros} = (A_t * \text{Carga de muros})$$

$$\text{Muros} = [(6,00 \text{ m} * 12,00 \text{ m} * 3) + (6,00 \text{ m} * 9,00 \text{ m} * 3)] * 196 \text{ kg/m}^2 = 74088,00 \text{ kg/m}$$

$$\text{Pisos} = (A_t * \text{Carga de pisos})$$

$$\text{Pisos} = 12,00 \text{ m} * 9,00 \text{ m} * 112,00 \text{ kg/m}^2 = 12096,00 \text{ kg/m}$$

$$\text{Acabados} = (A_t * \text{Carga de acabados})$$

$$\text{Acabados} = 12,00 \text{ m} * 9,00 \text{ m} * 86 \text{ kg/m}^2 = 9288,00 \text{ kg/m}$$

$$\text{SC pañuelos} = (A_t * \text{Carga de SC de pañuelos})$$

$$\text{SC} = 12,00 \text{ m} * 9,00 \text{ m} * 90 \text{ kg/m}^2 = 6480,00 \text{ kg/m}$$



$$\Sigma Total = 174\ 664,74 \text{ kg/m}$$

- Carga viva (CV)

$$\text{Aulas} = (A_t * \text{CV Ocupacional})$$

$$\text{Aulas} = 12,00 \text{ m} * 7,00 \text{ m} * 200 \text{ kg/m}^2 = 16\ 800,00 \text{ kg/m}$$

$$\text{Pasillos} = (A_t * \text{CV Ocupacional})$$

$$\text{Pasillos} = 12,00 \text{ m} * 2,00 * 500 \text{ kg/m}^2 = 12\ 000,00 \text{ kg/m}$$

$$\Sigma Total = 28\ 800,00 \text{ kg/m}$$

- Peso total del edificio

El capítulo 1, sección 1.11.3 de la NSE-3 se menciona que el peso sísmico efectivo  $w_s$  es el peso que participa en el sismo (AGIES, 2018). Es por ello que en su inciso (f), menciona que se debe aplicar el 25 % de las cargas vivas de 500 kg/m<sup>2</sup> o según sea la carga viva para ocupaciones.

Entonces para determinar el peso total del edificio deberán sumarse todas las cargas muertas y vivas y a estas se les deberá aplicar el 25 % respectivamente:

$$W_{total} = WN2 + WN1$$

Donde:

$$WN2 = \text{peso del segundo nivel (CMnivel2 + 25 \% CVnivel2)}$$

$$WN1 = \text{peso del primer nivel (CMnivel1 + 25 \% CVnivel1)}$$

$$W_{total} = (94\,366,74 + 25\% (21\,600,00)) + (174\,664,74 + 25\% (28\,800,00))$$

$$W_{total} = 281\,631,48\text{ kg} \cong 281,63\text{ ton}$$

#### 2.2.6.4.1. Calibración de espectro de respuesta sísmica según sitio

- Índice de sismicidad

Para el efecto de lo establecido por AGIES, el territorio de Guatemala se divide en macro-zonas de amenaza sísmica, caracterizadas por su índice de sismicidad que varía en valores de entre  $I_0 = 2$  y  $I_0 = 4$ . Para el presente proyecto se considerarán los siguientes valores:

Tabla XXI. **Características de sitio para Chinautla, Guatemala**

<b>Clasificación según sitio</b>	
Suelo	Importante D
Distancia de falla	10 km
Tipo de fuente	B
Ubicación	Chinautla, Guatemala
Estructura	E-1

Fuente: elaboración propia

Figura 18. Índice de sismicidad según clase de obra

Índice de Sismicidad <sup>[b]</sup>	Clase de obra <sup>[a]</sup>			
	Esencial	Importante	Ordinaria	Utilitaria
Io = 4	E	D	D	C
Io = 3	D	C	C	B
Io = 2	C	B	B	A
Probabilidad de exceder el sismo de diseño <sup>[c]</sup>	5% en 50 años <sup>[d]</sup>	5% en 50 años <sup>[d]</sup>	10% en 50 años	Sismo mínimo <sup>[e]</sup>

Fuente: Norma AGIES NSE-2 2018. Sección 4.2.2-1. Nivel de protección sísmica y probabilidad del sismo de diseño. p. 4-2.

Para Chinautla, el índice de sismicidad es exactamente Io= 4,2, dada la siguiente figura:

Figura 19. Parámetros para el municipio de Chinautla

No.	Municipio	Departamento	Amenaza sísmica			Velocidad básica del viento (kph)
			Io	S <sub>cr</sub>	S <sub>r</sub>	
25	Chicamán	Quiché	4.1	1.30 g	0.50 g	100
26	Chiché	Quiché	4.2	1.50 g	0.55 g	100
27	Chichicastenango	Quiché	4.2	1.50 g	0.55 g	100
28	Chimaltenango	Chimaltenango	4.2	1.50 g	0.55 g	100
29	Chinautla	Guatemala	4.2	1.50 g	0.55 g	100
30	Chinique	Quiché	4.1	1.30 g	0.50 g	100
31	Chiquimula	Chiquimula	4.1	1.30 g	0.50 g	100
32	Chiquimulilla	Santa Rosa	4.3	1.65 g	0.60 g	110
33	Chisec	Alta Verapaz	3.1	0.90 g	0.35 g	100
34	Chuarrancho	Guatemala	4.1	1.30 g	0.50 g	100
35	Ciudad Vieja	Sacatepéquez	4.2	1.50 g	0.55 g	100
36	Coatepeque	Quetzaltenango	4.3	1.65 g	0.60 g	110
37	Cobán (Norte)	Alta Verapaz	3.1	0.90 g	0.35 g	100
	Cobán (Sur)	Alta Verapaz	3.2	1.10 g	0.43 g	100
38	Colomba	Quetzaltenango	4.3	1.65 g	0.60 g	100
39	Colotenango	Huehuetenango	4.1	1.30 g	0.50 g	100
40	Comapa	Jutiapa	4.2	1.50 g	0.55 g	100
41	Comitancillo	San Marcos	4.2	1.50 g	0.55 g	100
42	Concepción	Sololá	4.2	1.50 g	0.55 g	100
43	Concepción Chiquirichapa	Quetzaltenango	4.2	1.50 g	0.55 g	100
44	Concepción Huista	Huehuetenango	4.1	1.30 g	0.50 g	100
45	Concepción Las Minas	Chiquimula	4.1	1.30 g	0.50 g	100
46	Concepción Tutuapa	San Marcos	4.2	1.50 g	0.55 g	100
47	Conguaco	Jutiapa	4.3	1.65 g	0.60 g	100
48	Cubulco	Baja Verapaz	4.1	1.30 g	0.50 g	100
49	Cuilapa	Santa Rosa	4.2	1.50 g	0.55 g	100
50	Cuilco	Huehuetenango	4.1	1.30 g	0.50 g	100

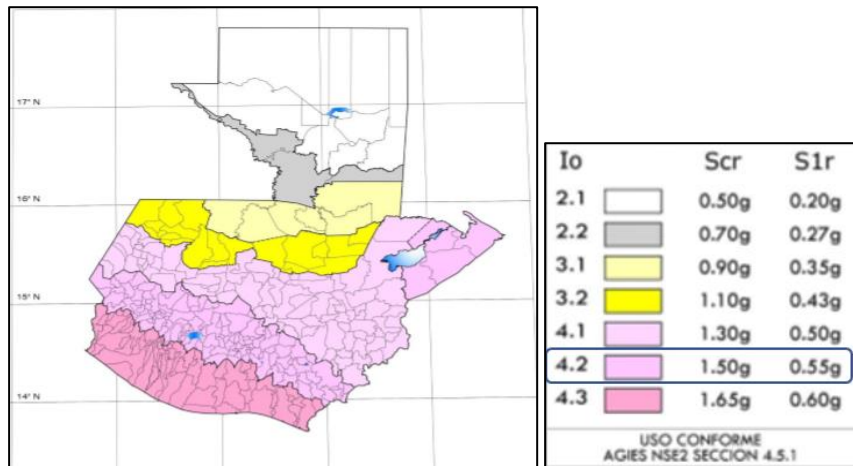
Fuente: Norma AGIES NSE-2 2018. Sección 4.2.2-1. Nivel de protección sísmica y probabilidad del sismo de diseño. p. B-10.

Para el municipio de Chinautla se tiene el índice de sismicidad y espectrales de:

- $I_0 = 4,2$
- $Scr = 1,50 \text{ g}$
- $S1r = 0,55 \text{ g}$

También estos valores de Chinautla pueden encontrarse por medio del mapa de zona sísmica de la República de Guatemala que tiene el AGIES 2018.

Figura 20. **Mapa de zonificación sísmica de la República de Guatemala**



Fuente: Norma AGIES NSE-2. Sección 4.5-1. *Normas de Seguridad Estructural para Guatemala*. p. 4-6.

- Periodo de vibración empírico

Según la sección 2.1.6 de la normativa NS3-2018 AGIES, 2018, se tiene que:

$$T_a = K_t(h_n)^X$$

Donde:

$T_a$  = periodo fundamental de vibración de la estructura

$K_t, X$  = parámetros de acuerdo con el sistema estructural

$h_n$  = altura desde la base hasta el techo del piso más alto

Para el sistema estructural E-1 se tienen los siguientes parámetros:

$$K_t = 0,047 \quad X = 0,90$$

$$h_n = 6,00 \text{ m (sobre la base)}$$

$$T_a = 0,047(6,00)^{0,90} = 0,24$$

- Determinación de coeficientes sísmicos:

Figura 21. **Coefficientes Fa**

Tabla 4.5-1 — Coeficientes de sitio  $F_a$

Clase de sitio	Índice de sismicidad					
	2.1	2.2	3.1	3.2	4.1	4.2 4.3
AB	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C [1]	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
D	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0
E	1.7	1.3	1.1	1.0	1.0	0.9
F	Se requiere evaluación específica - ver Sección 4.4					

Fuente: Norma AGIES NSE-2 2018. Sección 4.5-1. *Normas de Seguridad Estructural para Guatemala*. p. 4-7.

## Figura 22. Coeficientes Fv

Tabla 4.5-2 — Coeficientes de sitio F<sub>v</sub>

Clase de sitio	Índice de sismicidad					
	2.1	2.2	3.1	3.2	4.1	4.2 4.3
AB	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4	1.4
D <sup>(1)</sup>	2.2	2.0	1.9	1.8	1.7	1.7
E	3.3	2.8	2.6	2.4	2.2	2.2
F	Se requiere evaluación específica - ver Sección 4.4					

Fuente: Norma AGIES NSE-2 2018. Sección 4.5-1. *Normas de Seguridad Estructural para Guatemala*. p. 4-7.

## Figura 23. Tipo de fuente Sísmica

Tabla 4.6.2-1 — Tipo de fuente sísmica

Tipo de fuente	Descripción	Máxima magnitud-momento	Tasa de corrimiento (mm por año)
A	Fallas geológicas capaces de generar eventos de gran magnitud y con alta tasa de sismicidad <sup>(1)</sup>	$M_o \geq 7.0$	$TC \geq 5$
B	Fallas geológicas que no son A o C	$M_o \geq 7.0$ $M_o < 7.0$ $M_o \geq 6.5$	$TC < 5$ $TC > 2$ $TC < 2$
C	Fallas geológicas incapaces de generar eventos de gran magnitud y que tienen baja tasa de sismicidad	$M_o < 6.5$	$TC \leq 2$

Fuente: Norma AGIES NSE-2. Sección 4.5-1. *Normas de Seguridad Estructural para Guatemala*. p. 4-7.

## Figura 24. Coeficientes N<sub>a</sub>

Tabla 4.6.2-2 — Factor N<sub>a</sub> para períodos cortos de vibración

Tipo de fuente	Distancia horizontal más cercana a fuente sísmica <sup>(1)</sup>		
	≤ 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

Fuente: Norma AGIES NSE-2. Sección 4.5-1. *Normas de Seguridad Estructural para Guatemala*. p. 4-7.

Figura 25. **Coeficientes  $N_v$**

Tabla 4.6.2-3 — Factor  $N_v$  para períodos largos de vibración

Tipo de fuente	Distancia horizontal más cercana a fuente sísmica <sup>[1] [2]</sup>			
	≤ 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

Fuente: Norma AGIES NSE-2. Sección 4.5-1. *Normas de Seguridad Estructural para Guatemala*. p. 4-7.

Figura 26. **Factor  $K_d$**

Tabla 4.5.5-1 — Factores  $K_d$  de acuerdo al nivel de sismo

Nivel de sismo	Factor $K_d$
Sismo ordinario — 10% probabilidad de ser excedido en 50 años	0.66
Sismo severo — 5% probabilidad de ser excedido en 50 años	0.80
Sismo extremo — 2% probabilidad de ser excedido en 50 años	1.00
Sismo mínimo — condición de excepción	0.55

Fuente: Norma AGIES NSE-2. Sección 4.5-1. *Normas de Seguridad Estructural para Guatemala*. p. 4-7.

Valores obtenidos:

Tabla XXII. Valores que se utilizarán

Valores obtenidos	
lo	4,2
Scr	1,50
S1r	0,55
Fa	1,2
Fv	1,4
Na	1
Nv	1
Kd	0,80

Fuente: elaboración propia.

- Ajustes por sitio

(Sección 4.5.5, AGIES NS2-2018)

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

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

Donde:

$S_{cs}$  = Ordenada espectral que se ajusta al sismo en el sitio en donde se requiera con el periodo de vibración corto.

$S_{1r}$  = Ordenada espectral que se ajusta al sismo en donde se requiera con periodo de vibración de 1 s.

$N_a, N_v$  = Coeficientes por proximidad para periodos cortos y largos, por amenazas especiales.

$F_a, F_v$  = Coeficientes de sitio para los periodos de vibración cortos y largos.



Entonces:

$$S_{cs} = 1,50 * 1,20 * 1,00 = 1,35$$

$$S_{1s} = 0,55 * 1,40 * 1,00 = 0,77$$

- Espectro calibrado al nivel de diseño requerido

El factor  $K_d$  depende del tipo de sismo que se tomará; para este proyecto se consideró un sismo severo con 5 % de probabilidad de ser excedido en 50 años y se utilizará un factor de 0,80.

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

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

Donde:

$S_{cd}$  = Espectro calibrado al sismo del diseño

$S_{1d}$  = Espectro calibrado a 1 segundo

Donde los valores son:

$$S_{cd} = 0,80 * 1,35 = 1,08$$

$$S_{1d} = 0,80 * 0,77 = 0,62$$

- Periodo de transición

Sección 4.5.5, AGIES NS2-2018. El periodo  $T_s$  separa los periodos cortos de los largos.

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

$$T_s = \frac{1,08}{0,62} ; T_s = 0,57$$

- Ordenadas espectrales

Sección 4.5.6, AGIES NS2-2018.

$$S_a(T) = S_{cd} \text{ si } T \leq T_s$$

Debido a que T es igual a 0,24 y Ts es 0,57, se cumple con la ecuación requerida:

$$0,24 \leq 0,57$$

Entonces:

$$S_a(T) = 1,08$$

- Coeficiente sísmico al límite de cedencia

Sección 2.1.3, AGIES NS3-2018.

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

Donde:

$C_s$  = Coeficiente sísmico de diseño

$S_a(T)$  = Demanda sísmica de diseño con un periodo obtenido del espectro de diseño sísmico que se estableció.

$R$  = Factor de reducción de respuesta sísmica

Este valor de  $R$  depende del sistema estructural que se va a utilizar, la tabla 1.6.14-1 de la NSE-3 de las normas AGIES 2018, el sistema estructural E-1, son sistemas de marcos estructurales de concreto reforzado y tiene un valor de  $R= 8$ .

Entonces:

$$C_s = \frac{1,08}{8} = 0,14$$

- Corte Basal ( $V_b$ )

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

Donde:

$V_b$  = Corte basal

$C_s$  = Coeficiente sísmico de diseño

$W_{Total}$  = Peso total de la estructura

- Valores mínimos de  $C_s$ , Según sección 2.1.4 AGIES NSE-3-2018

$$C_s \geq 0,044 \quad S_{cd} \geq 0,001$$

$$0,14 \geq 0,05 \geq 0,001 \text{ OK}$$

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

$$0,14 \geq 0,04 \text{ OK}$$

Al ver que los coeficientes sísmicos cumplen con los valores mínimos requeridos, entonces el corte basal es el siguiente:

$$V_b = 0,14 * 281,63$$

$$V_b = 39,43 \text{ Ton}$$

- Fuerzas por nivel

A continuación, se distribuirán las fuerzas de sismo sobre cada uno de los niveles en donde actuarán en la estructura.

La distribución de fuerzas está de acuerdo con el capítulo 2 en su sección 2.2 del NSE-3 del AGIES 2018, el cual establece lo siguiente:

- Distribución vertical de las fuerzas sísmicas

2.2.1 El cortante basal de cedencia (VB) se distribuirá a lo alto del edificio de acuerdo con:

$$F_x = C_{yx} V_b$$

Donde:

$$C_{xy} = \frac{W_x H_x^k}{\sum_{l=n}^n (W_l H_l^k)}$$

- Distribución horizontal de las fuerzas sísmicas

La sección 2.3 del NSE-3 establece a distribución de las fuerzas sísmicas, además dice literalmente lo siguiente:

- La Distribución directa según la sección 2.3.1
  - La fuerza sísmica ( $V_x$ ), acumulada desde arriba hasta el nivel "x", se distribuirá a los diversos miembros verticales del sistema sismo-resistente que están en el piso debajo del nivel "x", tomando en cuenta las rigideces relativas de esos miembros verticales y las del diafragma en el nivel "x".

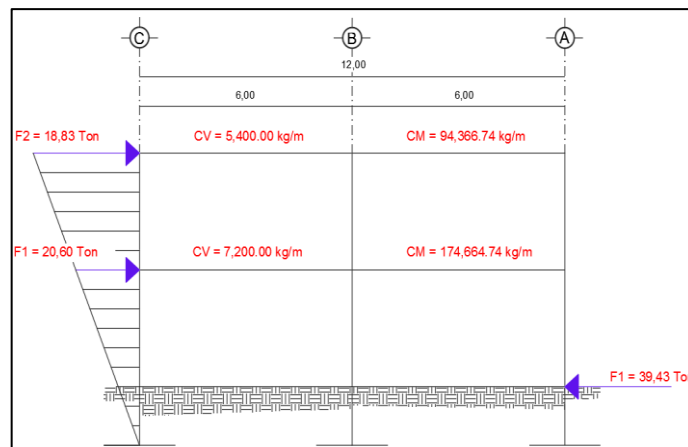
Al tomar en cuenta lo mencionado con anterioridad, se tiene lo siguiente:

Tabla XXIII. **Distribución de fuerzas por nivel**

Distribución de fuerzas por nivel						
Nivel	Vb (Ton)	W peso (Ton)	h Altura (m)	W x h	Fx (Ton)	Vx (Ton)
2	39,43	99,77	7,50	748,25	18,83	18,83
1	39,43	181,86	4,50	818,39	20,60	39,43
				<b>1 566,64</b>	<b>39,43</b>	

Fuente: elaboración propia.

Figura 27. **Fuerzas por nivel según corte basal**



Fuente: elaboración propia, utilizando AutoCAD 2018.

La figura 27 muestra gráficamente la distribución lineal correcta del cortante basal hasta el límite de cedencia dado por el método de la carga sísmica estática, equivalente de acuerdo al capítulo 2 del NSE-3 del AGIES 2018.

- Centro de masas

Teniendo en cuenta el inciso (b) de la sección 2.3.1 del NSE-3 se tiene que:

- En el proceso de distribuir las fuerzas sísmicas se tomará en cuenta el momento de giro causado por la excentricidad del centro de masa del entrepiso respecto de su centro de rigidez cuando el diafragma tenga rigidez en cortante. En casos de diafragmas sin rigidez cortante, las fuerzas inerciales se aplicarán según la posición de las masas que las generan.

Para poder aproximar el centro de masa de la estructura para cada nivel, tanto el primer nivel como el segundo, se calcularán de acuerdo con la integración de todas sus cargas gravitacionales, proceso en el cual se incluirían las siguientes: cargas gravitacionales, peso propio de losa, peso propio de muros interiores y exteriores, peso de sobrecarga y peso de la carga viva según la ocupación del ambiente. Para esto se toman en consideración el centroide de cada carga, para lo cual se utiliza el método de sumas vectoriales, lo cual incluiría las siguientes ecuaciones:

$$C_{mx} = \frac{\sum_{i=1}^m W_i * X_i}{\sum_{i=1}^m W_i}$$

$$C_{my} = \frac{\sum_{i=1}^m W_i * Y_i}{\sum_{i=1}^m W_i}$$

Donde:

$X_i, Y_i$  = distancia al centro de las coordenadas

$W_i$  = peso de la losa

$C_{mx}, C_{my}$  = longitud entre elementos según su sentido

Tabla XXIV. **Integración de cargas para el centro de masa de cada nivel**

Losa	Área	CM Nivel 2		CM Nivel 1		CV Nivel 2	CV Nivel 1
		W Losa	SC	W Losa	SC	W Losa	W losa
1	12	3 168	2 112	3 168	3 096	2 400	6 000
2	12	3 168	2 112	3 168	3 096	2 400	6 000
3	21	5 544	3 696	5 544	5 418	4 200	4 200
4	21	5 544	3 696	5 544	5 418	4 200	4 200
5	21	5 544	3 696	5 544	5 418	4 200	4 200
6	21	5 544	3 696	5 544	5 418	4 200	4 200

Fuente: elaboración propia.

- Determinación de centros de masa por nivel en sentido X y Y:

Tabla XXV. Centro de masa en sentido X, segundo nivel

CM en sentido X Segundo nivel						
Losa	Área	Wcm +SC	Wcv	Wi	Li	Wi x Li
1	12,00	5 280,00	2 400,00	7 680,00	3,00	23 040,00
2	12,00	5 280,00	2 400,00	7 680,00	9,00	69 120,00
3	21,00	9 240,00	4 200,00	13 440,00	3,00	40 320,00
4	21,00	9 240,00	4 200,00	13 440,00	9,00	120 960,00
5	21,00	9 240,00	4 200,00	13 440,00	3,00	40 320,00
6	21,00	9 240,00	4 200,00	13 440,00	9,00	120 960,00
			<b>Total</b>	<b>69 120,00</b>	<b>Total</b>	<b>414 720,00</b>

Fuente: elaboración propia.

$$C_{mx} = \frac{414\,720,00}{69\,120,00} = 6,00\,m$$

Tabla XXVI. Centro de masa sentido Y, segundo nivel

CM en sentido Y Segundo nivel						
Losa	Área	Wcm +SC	Wcv	Wi	Li	Wi x Li
1	12,00	5 280,00	2 400,00	7 680,00	8,00	61 440,00
2	12,00	5 280,00	2 400,00	7 680,00	8,00	61 440,00
3	21,00	9 240,00	4 200,00	13 440,00	5,25	70 560,00
4	21,00	9 240,00	4 200,00	13 440,00	5,25	70 560,00
5	21,00	9 240,00	4 200,00	13 440,00	1,75	23 520,00
6	21,00	9 240,00	4 200,00	13 440,00	1,75	23 520,00
			<b>Total</b>	<b>69 120,00</b>	<b>Total</b>	<b>311 040,00</b>

Fuente: elaboración propia.

$$C_{my} = \frac{311\,040,00}{69\,120,00} = 4,50\,m$$



Tabla XXVII. Centro de masa sentido X, primer nivel

CM en sentido X Primer nivel						
Losa	Área	Wcm +SC	Wcv	Wi	Li	Wi x Li
1	12,00	6 264,00	6 000,00	12 264,00	3,00	36 792,00
2	12,00	6 264,00	6 000,00	12 264,00	9,00	110 376,00
3	21,00	10 962,00	4 200,00	15 162,00	3,00	45 486,00
4	21,00	10 962,00	4 200,00	15 162,00	9,00	136 458,00
5	21,00	10 962,00	4 200,00	15 162,00	3,00	45 486,00
6	21,00	10 962,00	4 200,00	15 162,00	9,00	136 458,00
<b>MUROS</b>				3 7044,00	6,00	222 264,00
			<b>Total</b>	<b>122 220,00</b>	<b>Total</b>	<b>733 320,00</b>

Fuente: elaboración propia.

$$C_{mx} = \frac{733\,320,00}{122\,220,00} = 6,00\,m$$

Tabla XXVIII. Centro de masa sentido Y, primer nivel

CM en sentido Y Primer nivel						
Losa	Área	Wcm +SC	Wcv	Wi	Li	Wi x Li
1	12,00	6 264,00	6 000,00	12 264,00	8,00	98 112,00
2	12,00	6 264,00	6 000,00	12 264,00	8,00	98 112,00
3	21,00	10 962,00	4 200,00	15 162,00	5,25	79 600,50
4	21,00	10 962,00	4 200,00	15 162,00	5,25	79 600,50
5	21,00	10 962,00	4 200,00	15 162,00	1,75	26 533,50
6	21,00	10 962,00	4 200,00	15 162,00	1,75	26 533,50
<b>MUROS</b>				37 044,00	4,50	166 698,00
			<b>Total</b>	<b>122 220,00</b>	<b>Total</b>	<b>575 190,00</b>

Fuente: elaboración propia.

$$C_{my} = \frac{575\,190,00}{122\,220,00} = 4,71\,m$$

Se define el centro de masa por nivel:

Nivel 2 = 6,00 m en el eje X y 4,50 m en el eje Y

Nivel 1 = 6,00 m en el eje X y 4,71 m en el eje Y

- Centro de rigidez

Para el cálculo de la rigidez se utilizará la ecuación de Willbur, la cual se aplica a marcos regulares formadas por piezas de momentos de inercias constantes, en los que las deformaciones axiales son despreciables y las columnas poseen puntos de inflexión. Esto con base en las siguientes hipótesis:

- Para el segundo nivel del edificio escolar, que será el último nivel, dado que está apoyado sobre el primero, se supone como un nivel en voladizo y se utiliza la siguiente ecuación (para columnas de último nivel):

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

- Para el primer nivel del edificio se considera como doblemente empotrado, y la rigidez de las columnas del nivel se determina con la siguiente ecuación (para columnas de pisos intermedios):

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

Donde:

$K_c$  = coeficiente de rigidez

$F$  = fuerza actuante en el nivel analizado

$h$  = altura de columna

$I$  = inercia de sección

$G = 0,4 EC$  = módulo cortante

$E_c = 15\ 100\sqrt{f'c}$  = módulo de elasticidad del concreto

$A$  = área de la sección

Obtención de coeficientes de rigidez para columnas de piso más alto y pisos intermedios:

$$K_c = \frac{1}{\frac{Fh^3}{3E_cI} + \frac{1,2Fh}{AG}}$$
$$= \frac{1}{\frac{18\ 831,57 * (300)^3}{3 * (15\ 100\sqrt{210}) * (\frac{1}{12} * 35 * 35^3)} + \frac{1,2 * (18\ 831,57) * (300)}{(35 * 35 * 0,4 * 15\ 100\sqrt{210})}} = 0,16$$
$$= \frac{1}{\frac{20\ 596,84 * (450)^3}{12 * (15\ 100\sqrt{210}) * (\frac{1}{12} * 35 * 35^3)} + \frac{1,2 * (20\ 596,84) * (450)}{(35 * 35 * 0,4 * 15\ 100\sqrt{210})}} = 0,17$$

Al considerar los siguientes datos, se determinó la tabla posterior:

Centro: X = 6,00 m Y = 4,50 m

Para las columnas de segundo nivel se utilizará el  $K_c = 0,16$  y para las de primer nivel el  $K_c = 0,17$

Tabla XXIX. Centro de rigidez para segundo nivel sentido X

Segundo nivel, sentido X					
Marco	#Col	Kc (Cm-1)	Kc (Cm-1)	L (m)	Km x L
A	3	0,16	0,48	0	0,00
B	3	0,16	0,48	6	2,88
C	3	0,16	0,48	12	5,75
		<b>Total</b>	<b>1,44</b>	<b>Total</b>	<b>8,63</b>

Fuente: elaboración propia.

$$CR_x = \frac{8,63}{1,44} = 6,00 \text{ m}$$

Tabla XXX. Centro de rigidez para segundo nivel sentido Y

Segundo nivel, sentido Y					
Marco	# Col	Kc (Cm-1)	Kc (Cm-1)	L (m)	Km x L
1	4	0,16	0,64	0	0,00
2	4	0,16	0,64	3,5	2,24
3	4	0,16	0,64	7	4,48
4	4	0,16	0,64	9	5,75
		<b>Total</b>	<b>2,56</b>	<b>Total</b>	<b>12,47</b>

Fuente: elaboración propia.

$$CR_y = \frac{12,47}{2,56} = 4,88 \text{ m}$$

Tabla XXXI. Centro de rigidez para primer nivel sentido X

Primer nivel, sentido X					
Marco	# Col	Kc (Cm-1)	Kc (Cm-1)	L (m)	Km x L
A	3	0,17	0,52	0	0,00
B	3	0,17	0,52	6	3,09
C	3	0,17	0,52	12	6,19
		<b>Total</b>	<b>1,55</b>	<b>Total</b>	<b>9,28</b>

Fuente: elaboración propia.

$$CR_x = \frac{9,28}{1,55} = 6,00 \text{ m}$$

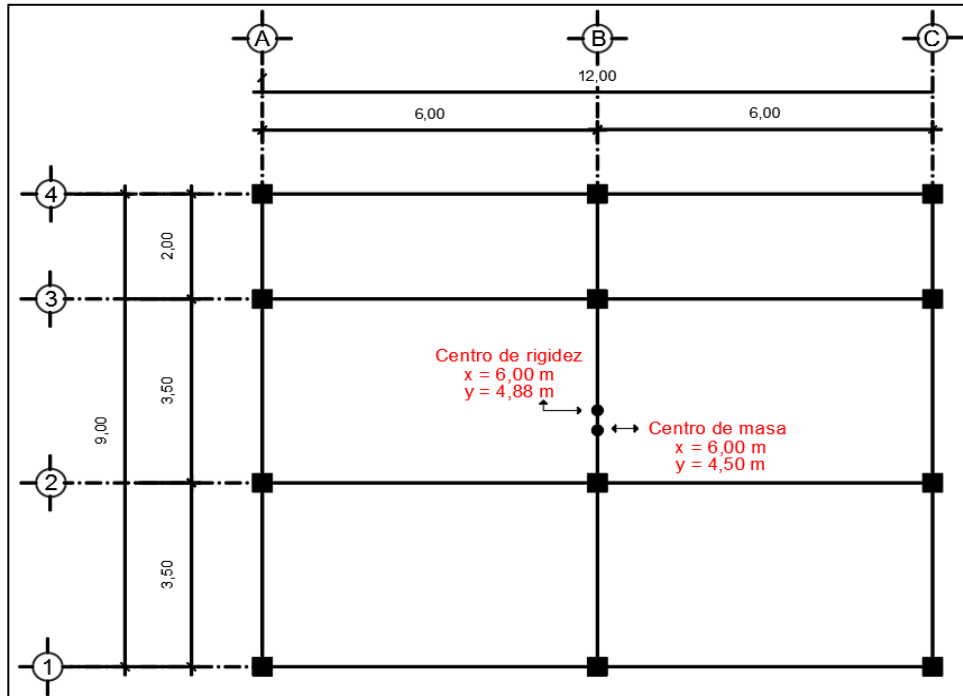
Tabla XXXII. Centro de rigidez para primer nivel sentido Y

Primer nivel, sentido Y					
Marco	# Col	Kc (Cm-1)	Kc (Cm-1)	L (m)	Km x L
1	4	0,17	0,69	0	0,00
2	4	0,17	0,69	3,5	2,41
3	4	0,17	0,69	7	4,81
4	4	0,17	0,69	9	6,19
		<b>Total</b>	<b>2,75</b>	<b>Total</b>	<b>13,40</b>

Fuente: elaboración propia.

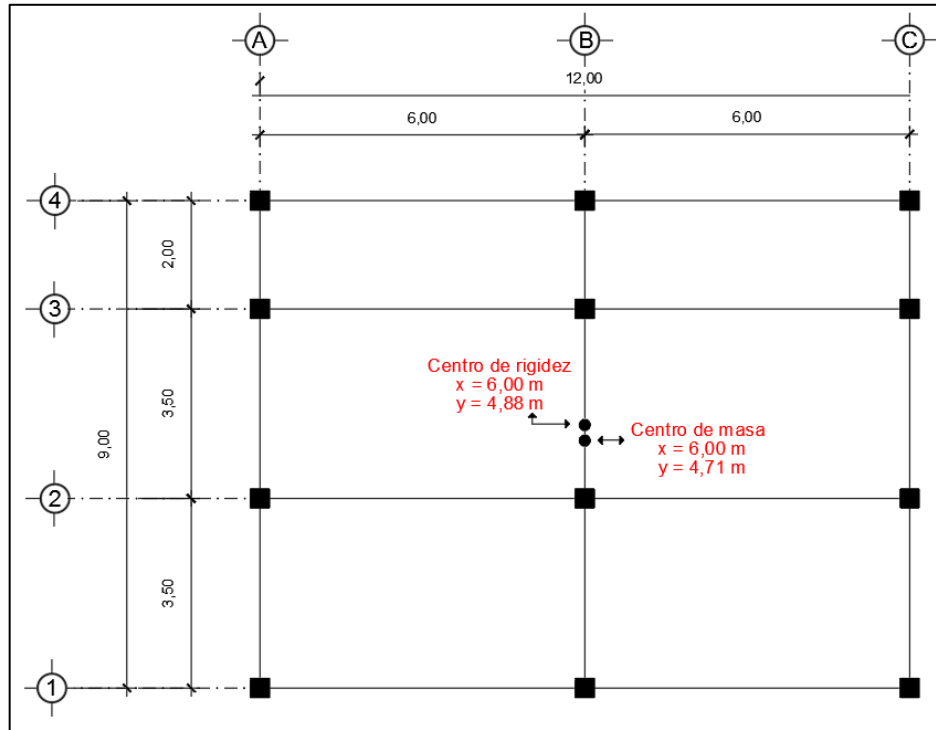
$$CR_y = \frac{13,40}{2,75} = 4,88 \text{ m}$$

Figura 28. Centro de masa y rigidez para segundo nivel



Fuente: elaboración propia, utilizando AutoCAD 2018.

Figura 29. Centro de masa y rigidez para primer nivel



Fuente: elaboración propia, utilizando AutoCAD 2018.

Tabla XXXIII. Centros de rigidez para el edificio escolar

Centros de rigidez		
<b>Segundo nivel</b>		
Sentido X	6,00	metros
Sentido Y	4,88	metros
<b>Primer nivel</b>		
Sentido X	6,00	metros
Sentido Y	4,88	metros

Fuente: elaboración propia.

- Excentricidades

Se le considera excentricidad estructural a una respuesta torsional excesiva, lo cual es una de las causas más importantes de los daños o colapsos de las estructuras cuando se presentan sismos de grandes intensidades. Así mismo, es considerada como la distancia entre el punto de aplicación de la carga y en donde se concentra la fuerza resultante. En otras palabras, la excentricidad es la diferencia entre el centro de masa y el centro de rigidez, en los ejes en sentido X y Y.

- Excentricidad directa

Es la diferencia en valor absoluto entre el centro de masa y el centro de rigidez y se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$e_x = | C_{mx} - C_{Rx} |$$

$$e_y = | C_{my} - C_{Ry} |$$

Donde:

$e$  = excentricidad

$C_m$  = fuerza actuante en el nivel que se analiza

$C_R$  = alturas de columnas

Entonces:



- Segundo nivel

$$e_x = | 6,00 - 6,00 | = 0$$

$$e_y = | 4,50 - 4,88 | = 0,38 \text{ m}$$

- Primer nivel

$$e_x = | 6,00 - 6,00 | = 0$$

$$e_y = | 4,71 - 4,88 | = 0,17 \text{ m}$$

- Excentricidades accidentales

El capítulo 3 del NSE-3 en la sección 3.2.4 estipula que excentricidad accidental según el inciso a) dice literalmente; que las fuerzas aplicadas paralelas a algunas direcciones de análisis se sumaran al momento inherente de giro un momento accidental producto de la fuerza inercia, igual al 5 % de la dimensión del nivel perpendicular a la fuerza considerada. Para el cálculo de las excentricidades accidentales se tienen las siguientes ecuaciones:

$$e_x = | C_{mx} - C_{Rx} | \pm 0,05b$$

$$e_y = | C_{my} - C_{Ry} | \pm 0,05b$$

Donde:

$e_{x,y}$  = excentricidad según sentido X y Y

$C_m$  = fuerza actuante en el nivel que se analiza

$C_R$  = alturas de columnas

b = longitud de la edificación desde el eje

Entonces:

- Segundo nivel

$$e_{1x} = | 6,00 - 6,00 | + 0,05 (12,00) = 0,60 \text{ m}$$

$$e_{2x} = | 6,00 - 6,00 | - 0,05 (12,00) = -0,60 \text{ m}$$

$$e_{1y} = | 4,50 - 4,88 | + 0,05 (9,00) = 0,83 \text{ m}$$

$$e_{2y} = | 4,50 - 4,88 | - 0,05 (9,00) = -0,07 \text{ m}$$

- Primer nivel

$$e_{1x} = | 6,00 - 6,00 | + 0,05 (12,00) = 0,60 \text{ m}$$

$$e_{2x} = | 6,00 - 6,00 | - 0,05 (12,00) = -0,60 \text{ m}$$

$$e_{1y} = | 4,71 - 4,88 | + 0,05 (9,00) = 0,62 \text{ m}$$

$$e_{2y} = | 4,71 - 4,88 | - 0,05 (9,00) = -0,28 \text{ m}$$

A continuación, se detallan las ecuaciones para determinar las fuerzas cortantes para cada marco:

- Corte por torsión

- Corte por sismo

$$V_s = \frac{Km \times Fx}{\sum_{i=1}^m (Km)}$$

- Corte por torsión

$$V_t = \frac{e_{xy} \times Fx \times (Km \times di)}{\sum_{i=1}^m (km \times di^2)}$$

- Corte total

$$V_T = V_s + V_t$$

Donde:

$Km$  = rigidez del marco que se está analizando.

$\sum_{i=1}^m(Km)$  = sumatoria de rigideces de los marcos que se encuentran paralelos a la carga.

$F_x$  = fuerza cortante por nivel del edificio ya sea sentido x o y.

$e$  = excentricidades.

$d_i$  = distancia entre el centro de rigidez de la estructura y el eje de cada marco; las distancias que se encuentren del lado izquierdo y por debajo del centro de rigidez se tomarán como negativos.

Tabla XXXIV. **Fuerza por marcos segundo nivel, sentido X**

Segundo nivel, Sentido X											
Marco	e		Fi	Km	di	Km x Fi	Km x di	Km x di <sup>2</sup>	Vs	Vt	Vs + Vt
A	e1x	0.60	18831.57	0.48	-6.00	9029.12	-2.88	17.26	6277.19	-941.58	5335.61
	e2x	-0.60								941.58	<b>7218.77</b>
B	e1x	0.60	18831.57	0.48	0.00	9029.12	0.00	0.00	6277.19	0.00	6277.19
	e2x	-0.60								0.00	<b>6277.19</b>
C	e1x	0.60	18831.57	0.48	6.00	9029.12	2.88	17.26	6277.19	941.58	<b>7218.77</b>
	e2x	-0.60								-941.58	5335.61
			<b>Total</b>	<b>1.44</b>				<b>Total</b>	<b>34.52</b>		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXV. Fuerza por marcos segundo nivel, sentido Y

Segundo nivel, Sentido Y											
Marco	e		Fi	Km	di	Km x Fi	Km x di	Km x di <sup>2</sup>	Vs	Vt	Vs + Vt
1	e1y	0.83	18831.57	0.64	-4.50	12038.82	-2.88	12.95	4707.89	-1473.00	3234.89
2	e1y	0.83	18831.57	0.64	-1.00	12038.82	-0.64	0.64	4707.89	-327.33	4380.56
	e2y	-0.07								27.61	4735.50
3	e1y	0.83	18831.57	0.64	2.50	12038.82	1.60	4.00	4707.89	818.34	5526.23
	e2y	-0.07								-69.02	4638.88
4	e1y	0.83	18831.57	0.64	4.50	12038.82	2.88	12.95	4707.89	1473.00	6180.90
	e2y	-0.07								-124.23	4583.66
			<b>Total</b>	<b>2.56</b>				<b>Total</b>	<b>30.53</b>		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXVI. Fuerza por marcos primer nivel, sentido X

Primer nivel, Sentido X											
Marco	e		Fi	Km	di	Km x Fi	Km x di	Km x di <sup>2</sup>	Vs	Vt	Vs + Vt
A	e1x	0.60	20596.84	0.52	-6.00	10617.73	-3.09	18.56	6865.61	-1029.84	5835.77
	e2x	-0.60								1029.84	7895.45
B	e1x	0.60	20596.84	0.52	0.00	10617.73	0.00	0.00	6865.61	0.00	6865.61
	e2x	-0.60								0.00	6865.61
C	e1x	0.60	20596.84	0.52	6.00	10617.73	3.09	18.56	6865.61	1029.84	7895.45
			<b>Total</b>	<b>1.55</b>				<b>Total</b>	<b>37.12</b>		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXVII. Fuerza por marcos primer nivel, sentido Y

Primer nivel, Sentido Y											
Marco	e		Fi	Km	di	Km x Fi	Km x di	Km x di <sup>2</sup>	Vs	Vt	Vs + Vt
1	e1y	0.62	20596.84	0.69	-4.50	14156.97	-3.09	13.92	5149.21	-1203.46	3945.75
	e2y	-0.28								543.50	5692.71
2	e1y	0.62	20596.84	0.69	-1.00	14156.97	-0.69	0.69	5149.21	-267.44	4881.77
	e2y	-0.28								120.78	5269.99
3	e1y	0.62	20596.84	0.69	2.50	14156.97	1.72	4.30	5149.21	668.59	5817.80
	e2y	-0.28								-301.94	4847.27
4	e1y	0.62	20596.84	0.69	4.50	14156.97	3.09	13.92	5149.21	1203.46	6352.67
	e2y	-0.28								-543.50	4605.71
			<b>Total</b>	<b>2.75</b>				<b>Total</b>	<b>32.82</b>		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXVIII. **Fuerzas horizontales por marcos, sentido X**

<b>Fuerza por marcos en sentido X</b>			
<b>Nivel</b>	<b>Marco A</b>	<b>Marco B</b>	<b>Marco C</b>
2	7,22	6,28	7,22
1	7,90	6,87	7,90

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXIX. **Fuerzas horizontales por marcos, sentidos Y**

<b>Fuerza por marcos en sentido Y</b>				
<b>Nivel</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
2	4,83	4,74	5,53	6,18
1	5,69	5,27	5,82	6,35

Fuente: elaboración propia.

#### **2.2.6.5. Análisis de marcos rígidos por Método numérico Kani**

Kani es un método numérico que se desarrolla para la resolución de un sistema de ecuaciones de rotación en un sistema estructural que es también llamado pórtico plano. Se basa fundamentalmente en aproximaciones sucesivas que se corrigen sucesivamente; esto hace que los resultados se logren con la exactitud y precisión que se requiera.

Para este método iterativo se suponen 2 tipos de factores que se deben tomar en cuenta:

- La estructura deberá poseer nudos rígidos (solo para marcos que no presenten ladeo). Esto se realiza para calcular reacciones verticales como las cargas vivas y muertas.
- La estructura deberá poseer nudos desplazables en sentido horizontal (para marcos con ladeo), esto se realiza para calcular reacciones de carga horizontal como la carga sísmica, viento, entre otras.

Para determinar el Método de Kani se deberá realizar primero el cálculo de la rigidez de cada elemento que forma parte del marco; esto es posible por medio de la siguiente ecuación:

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

Donde:

$K$  = rigidez

$I$  = inercia

$L$  = longitud del elemento

- Inercia

La inercia es determinada por medio de la siguiente ecuación:

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

Donde:

$b$  = base del elemento

$h$  = altura del elemento

Cálculo de inercia de elementos:

$$I_{viga} = \frac{30 \text{ cm} * (50 \text{ cm})^3}{12} = 312\,500,00 \text{ cm}^4$$

$$I_{col} = \frac{35 \text{ cm} * (35 \text{ cm})^3}{12} = 125\,052,08 \text{ cm}^4$$

- Inercia relativa

La inercia relativa se calcula por medio de la siguiente ecuación:

$$I_{rel-viga} = \frac{I_{viga}}{I_{col}} ; \quad I_{rel-col} = \frac{I_{col}}{I_{col}}$$

Donde:

$I_{viga}$  = inercia de viga

$I_{col}$  = inercia de columna

Determinación de la inercia relativa de elementos:

- Inercia relativa viga

$$I_{rel-viga} = \frac{I_{viga}}{I_{col}}$$

$$I_{rel-viga} = \frac{312\,500,00 \text{ cm}^4}{125\,052,08 \text{ cm}^4}$$

$$I_{rel-viga} = 2,50$$

- Inercia relativa columna

$$I_{rel-col} = \frac{I_{col}}{I_{col}}$$

$$I_{rel-viga} = \frac{125\,052,08\text{ cm}^4}{125\,052,08\text{ cm}^4}$$

$$I_{rel-viga} = 1,00$$

- Momentos fijos

Los momentos fijos son calculados cuando la carga es distribuida uniformemente y se obtiene por medio de la siguiente ecuación:

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

Donde:

$MF$  = momento fijo

$W$  = carga

$L$  = longitud de viga

Cálculo de momentos fijos para marco eje 3, sentido x:

$$MF_{AB} = - \frac{1\,266,40 * (6,00)^2}{12} = -3\,799,20\text{ kg} - m$$



$$MF_{BA} = -MF_{AB} = 3\,799,20 \text{ kg} - m$$

$$MF_{BC} = -\frac{1\,266,40 * (6,00)^2}{12} = -3\,799,20 \text{ kg} - m$$

$$MF_{CB} = -MF_{BC} = 3\,799,20 \text{ kg} - m$$

$$MF_{DE} = -\frac{2\,038,08 * (6,00)^2}{12} = -6\,114,24 \text{ kg} - m$$

$$MF_{ED} = -MF_{DE} = 6\,114,24 \text{ kg} - m$$

$$MF_{EF} = -\frac{2\,038,08 * (6,00)^2}{12} = -6\,114,24 \text{ kg} - m$$

$$MF_{FE} = -MF_{EF} = 6\,114,24 \text{ kg} - m$$

- Rigidez de elementos

$$Ki = \frac{I_{rel}}{L}$$

Donde:

$I$  = inercia relativa de elemento

$L$  = longitud de elemento

$$k_{AB} = \frac{2,50}{6,00} = 0,42$$

De la misma manera se determinaron todas las rigideces para los distintos nodos.

Tabla XL. Rigidez de elementos por nodo

Nodo	Rigidez	Nodo	Rigidez	
Kab	0,42	Kba	0,42	<b>Viga</b>
Kbc	0,42	Kcb	0,42	
Kde	0,42	Ked	0,42	
Kef	0,42	Kfe	0,42	
Kad	0,33	Kda	0,33	<b>Columna</b>
Kbe	0,33	Keb	0,33	
Kcf	0,33	Kfc	0,33	
Kdg	0,22	Kgd	0,22	
Keh	0,22	Khe	0,22	
Kfi	0,22	Kif	0,22	

Fuente: elaboración propia.

- Factores de giro

$$\mu_{ik} = -\frac{1}{2} \left( \frac{K_i}{\sum_{l=1}^n K_l} \right)$$

A continuación, se procede a determinar los factores de giro en el siguiente orden: A-B-C-D-E-F.

- Nodo A

$$AB = -\frac{1}{2} \left( \frac{0,42}{0,42 + 0,33} \right) = -0,28$$

$$AD = -\frac{1}{2} \left( \frac{0,72}{0,72 + 0,33} \right) = -0,22$$

$$\sum total = AB + AD = -0,28 + (-0,22) = -0,50$$

- Nodo B

$$BA = -\frac{1}{2} \left( \frac{0,42}{0,42 + 0,42 + 0,33} \right) = -0,18$$

$$BC = -\frac{1}{2} \left( \frac{0,42}{0,42 + 0,42 + 0,33} \right) = -0,18$$

$$BE = -\frac{1}{2} \left( \frac{0,33}{0,42 + 0,42 + 0,33} \right) = -0,14$$

$$\sum total = BA + BC + BE = -0,18 + (-0,18) + (-0,14) = \mathbf{-0,50}$$

- Nodo C

$$CB = -\frac{1}{2} \left( \frac{0,42}{0,42 + 0,33} \right) = -0,28$$

$$CF = -\frac{1}{2} \left( \frac{0,42}{0,42 + 0,33} \right) = -0,22$$

$$\sum total = CB + CF = -0,28 + (-0,22) = \mathbf{-0,50}$$

- Nodo D

$$DA = -\frac{1}{2} \left( \frac{0,33}{0,72 + 0,22 + 0,33} \right) = -0,17$$

$$DE = -\frac{1}{2} \left( \frac{0,42}{0,42 + 0,22 + 0,33} \right) = -0,21$$

$$DG = -\frac{1}{2} \left( \frac{0,22}{0,42 + 0,22 + 0,33} \right) = -0,11$$

$$\sum total = DA + DE + DG = -0,17 + (-0,21) + (-0,11) = -\mathbf{0,50}$$

○ Nodo E

$$EB = -\frac{1}{2} \left( \frac{0,33}{0,42 + 0,42 + 0,22 + 0,33} \right) = -0,12$$

$$ED = -\frac{1}{2} \left( \frac{0,42}{0,42 + 0,42 + 0,22 + 0,33} \right) = -0,15$$

$$EF = -\frac{1}{2} \left( \frac{0,42}{0,42 + 0,42 + 0,22 + 0,33} \right) = -0,15$$

$$EH = -\frac{1}{2} \left( \frac{0,22}{0,42 + 0,42 + 0,22 + 0,33} \right) = -0,08$$

$$\begin{aligned} \sum total &= EB + ED + EF + EH = -0,12 + (-0,15) + (-0,15) \\ &\quad + (-0,08) = -\mathbf{0,50} \end{aligned}$$

○ Nodo F

$$FC = -\frac{1}{2} \left( \frac{0,33}{0,42 + 0,22 + 0,33} \right) = -0,17$$

$$FE = -\frac{1}{2} \left( \frac{0,42}{0,42 + 0,22 + 0,33} \right) = -0,21$$

$$FI = -\frac{1}{2} \left( \frac{0,22}{0,42 + 0,22 + 0,33} \right) = -0,11$$

$$\sum total = FC + FE + FI = -0,17 + (-0,21) + (-0,11) = -0,50$$

- Momentos de sujeción

Los momentos de sujeción están dados por la siguiente ecuación:

$$M_s = \sum MF$$

Determinación de los momentos de sujeción por nodo:

$$A = MF_{AB} = 3\,799,20 \text{ kg} - m$$

$$B = MF_{BA} + MF_{BC} = 3\,799,20 + (-3\,799,20) = 0 \text{ kg} - m$$

$$C = MF_{CB} = 3\,799,20 \text{ kg} - m$$

$$D = MF_{DE} = -6\,114,24 \text{ kg} - m$$

$$E = MF_{ED} + MF_{EF} = 6\,114,24 + (-6\,114,24) = 0 \text{ kg} - m$$

$$F = MF_{FE} = 6\,114,24 \text{ kg} - m$$

- Influencia de giro

Una vez se tienen los momentos fijos y los factores de giro, se realizará a continuación la primera iteración del Método Kani en el siguiente orden lógico A-B-C-F-E-D

- Nodo A

$$AB = (-3\,799,20) * (-0,28) = 1\,055,14 \text{ kg} - m$$

$$AD = (-3\,799,20) * (-0,22) = 844,46 \text{ kg} - m$$

- Nodo B

$$BA = (0,00 * 1\,055,14) * (-0,18) = -188,40 \text{ kg} - m$$

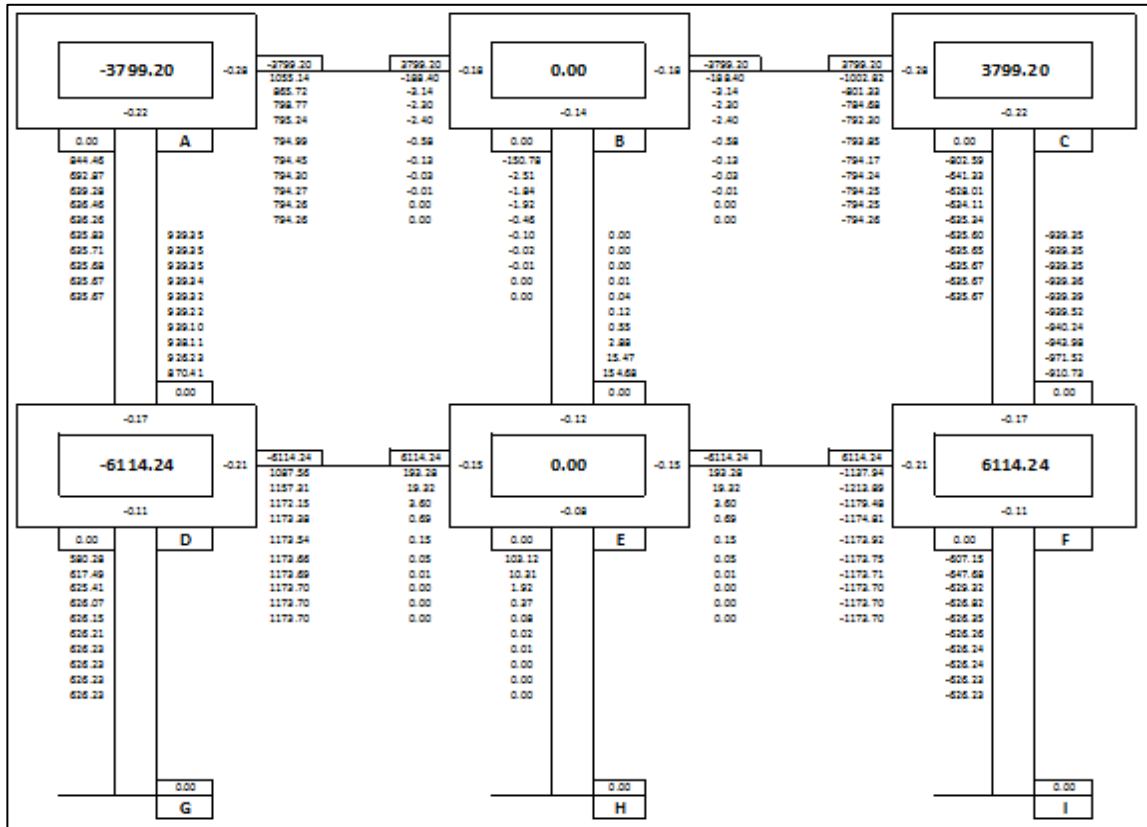
$$BE = (0,00 * 1\,055,14) * (-0,14) = -150,78 \text{ kg} - m$$

$$BC = (0,00 * 1\,055,14) * (-0,18) = -188,40 \text{ kg} - m$$

#### **2.2.6.5.1. Kani para carga muerta eje 3, sentido X**

Se presenta el modelo Kani para carga muerta del eje 3 en sentido X, del edificio escolar

Figura 30. Esquema de iteración de carga muerta eje 3, sentido X



Fuente: elaboración propia.

- Momentos finales

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

- Momentos en vigas A-B-C

$$M_{AB} = -3799,20 + 2(794,26) + 0,00 = -2210,69 \text{ kg} - m$$

$$M_{BA} = 3799,20 + 2(0,00) + 794,26 = 4593,46 \text{ kg} - m$$

$$M_{BC} = -3799,20 + 2(0,00) + (-794,26) = -4593,46 \text{ kg} - m$$

$$M_{CB} = 3\,799,20 + 2(-794,26) + 0,00 = 2\,210,69 \text{ kg} - m$$

- Momentos en columnas AD, BE, CF

$$M_{AD} = 0,00 + 2(635,67) + 939,35 = 2\,210,69 \text{ kg} - m$$

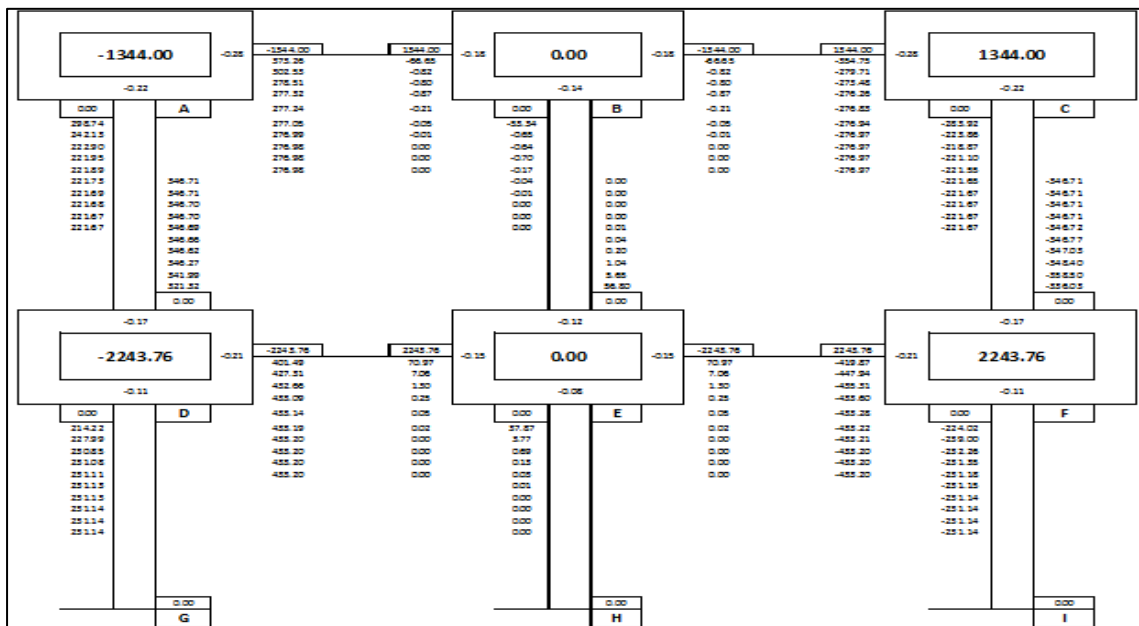
$$M_{BE} = 0,00 + 2(0,00) + 0,00 = 0,00 \text{ kg} - m$$

$$M_{CF} = 0,00 + 2(-635,67) + (-939,35) = -2\,210,69 \text{ kg} - m$$

### 2.2.6.5.2. Kani para carga viva eje 3, sentido X

Se presenta el modelo Kani para carga viva del eje 3 en sentido X, del edificio escolar.

Figura 31. Esquema de iteración de carga viva eje 3, sentido X



Fuente: elaboración propia.



- Momentos finales

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

- Momentos en vigas A-B-C

$$M_{AB} = -1\,344,00 + 2(276,98) + 0,00 = -790,05 \text{ kg} - m$$

$$M_{BA} = 1\,344,00 + 2(0,00) + 276,98 = 1\,620,97 \text{ kg} - m$$

$$M_{CB} = 1\,344,00 + 2(0,00) + (-276,98) = 790,05 \text{ kg} - m$$

$$M_{BC} = 1\,344,00 + 2(-276,98) + 0,00 = -1\,620,97 \text{ kg} - m$$

- Momentos en columnas AD, BE, CF

$$M_{AD} = 0,00 + 2(221,67) + 346,71 = 790,05 \text{ kg} - m$$

$$M_{BE} = 0,00 + 2(0,00) + 0,00 = 0,00 \text{ kg} - m$$

$$M_{CF} = 0,00 + 2(-221,67) + (-346,71) = -790,05 \text{ kg} - m$$

### 2.2.6.5.3. Análisis de carga sísmica eje 3, sentido X

Para el análisis de carga sísmica se toman los mismos valores de rigidez y los factores de giro que se utilizaron para determinar las cargas muerta y viva. Se aplican a las fuerzas laterales que intervienen en cada nivel, los factores de corrimiento de las columnas y un momento de piso de todas las columnas existentes.

- Factor de corrimiento

$$\mu = -\frac{3}{2} \left( \frac{K_{col}}{\sum K_{col}} \right)$$

Donde:

$\mu$  = factor de corrimiento

$K_{col}$  = rigidez de columna

$\sum K_{col}$  = sumatoria de rigideces por columna de cada nivel

$$\mu_{nivel 1} = -\frac{3}{2} \left( \frac{0,33}{0,33 + 0,33 + 0,33} \right) = -0,500$$

$$\mu_{nivel 2} = -\frac{3}{2} \left( \frac{0,22}{0,22 + 0,22 + 0,22} \right) = -0,500$$

- Fuerza cortante en piso

$$F_1 = 6\,674,90 \text{ kg} \quad ; \quad F_2 = 13\,259,74 \text{ kg}$$

- Momentos de piso

$$M_p = \frac{F_h(h_{niveles})}{3}$$

Donde:

$M_p$  = momento de piso

$F_h$  = fuerza horizontal acumulada



- Momentos finales

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

- Momentos en vigas A-B-C

$$M_{AB} = 2 (593,00) + 257,85 = 1\,443,85 \text{ kg} - m$$

$$M_{BA} = 2 (257,85) + 593,00 = 1\,108,70 \text{ kg} - m$$

$$M_{BC} = 2 (257,85) + (911,17) = 1\,426,87 \text{ kg} - m$$

$$M_{CB} = 2 (911,17) + 257,85 = 2\,080,19 \text{ kg} - m$$

- Momentos en columnas AD, BE, CF

$$M_{AD} = 0,00 + 2 (474,60) + 2\,363,42 + (-4\,756,46) = -1\,443,84 \text{ kg} - m$$

$$M_{BE} = 0,00 + 2 (206,37) + 984,65 + (-3\,932,96) = -2\,535,58 \text{ kg} - m$$

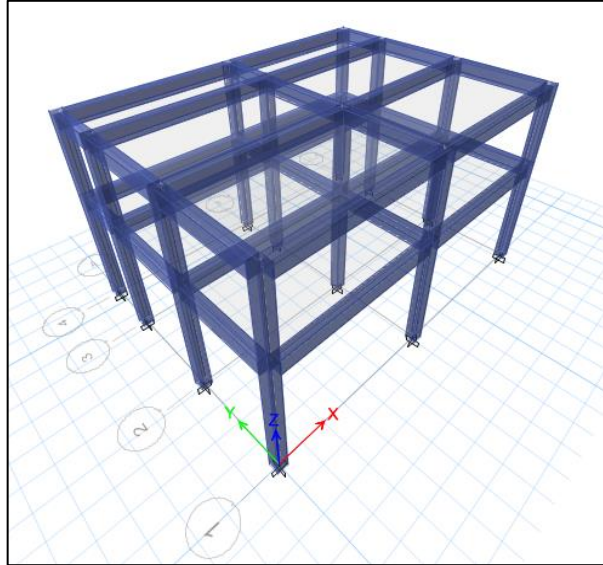
$$M_{CF} = 0,00 + 2 (729,24) + 326,79 + (-3\,865,46) = -2\,080,19 \text{ kg} - m$$

#### 2.2.6.5.4. Análisis de software ETABS

El *software* de comprobación Etabs sirve para dimensionar, analizar y diseñar estructuras. Este puede programarse de diversas maneras para determinar todo lo que se necesite conocer de forma estática y dinámica. Regularmente se calibra para que se tomen en cuenta las propiedades de todos los materiales y los elementos estructurales que forman parte de todo el edificio.

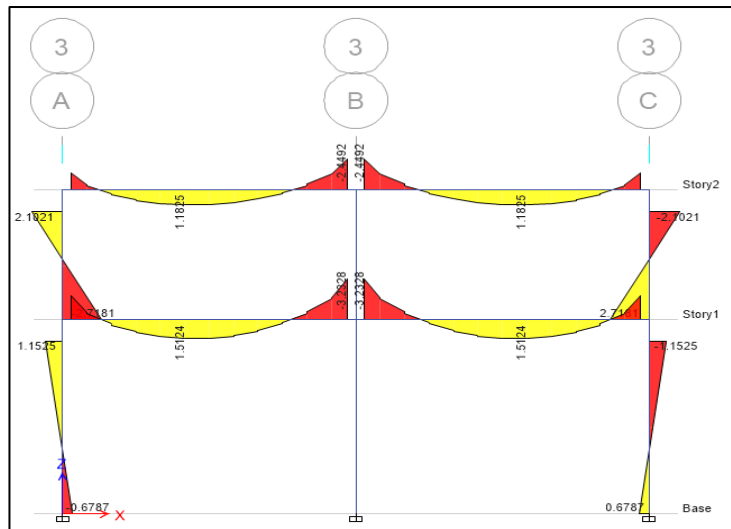
Para la comprobación el método numérico Kani realizado anteriormente, se programó el programa Etabs 2016 según las cargas horizontales y verticales que actúan en la estructura, así también, se tomaron las secciones que corresponden a cada elemento estructural para tener los datos más precisos posibles.

Figura 33. Edificio escolar en Etabs



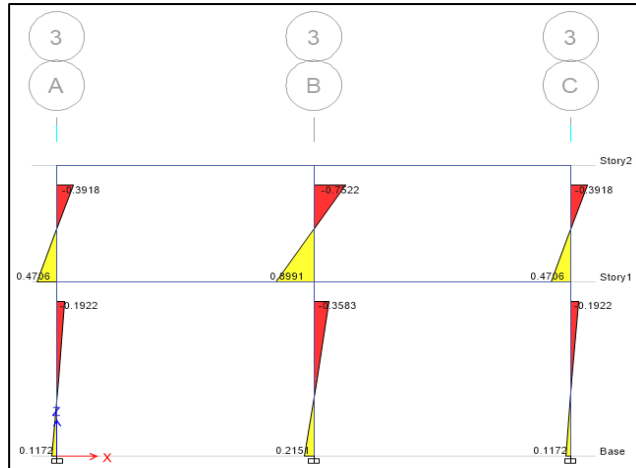
Fuente: elaboración propia, utilizando Etabs 2016.

Figura 34. Diagrama de momentos en vigas debido a  $C_m$  eje 3, sentido X



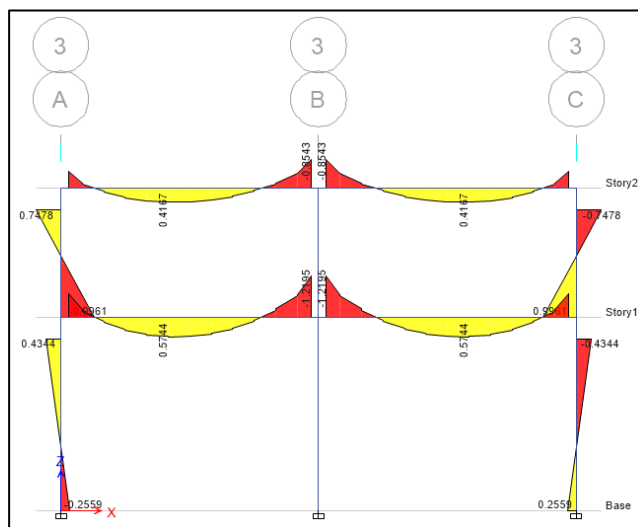
Fuente: elaboración propia, utilizando Etabs 2016.

Figura 35. Diagrama de momentos en columnas debido a  $C_m$  eje 3, sentido X



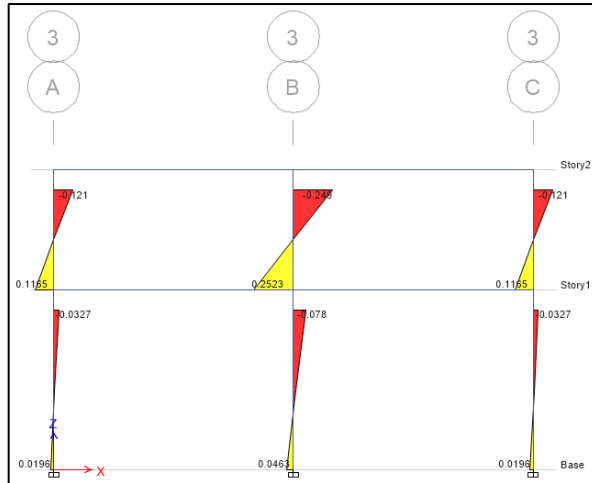
Fuente: elaboración propia, utilizando Etabs 2016.

Figura 36. Diagrama de momentos en vigas debido a  $C_v$  eje 3, sentido X



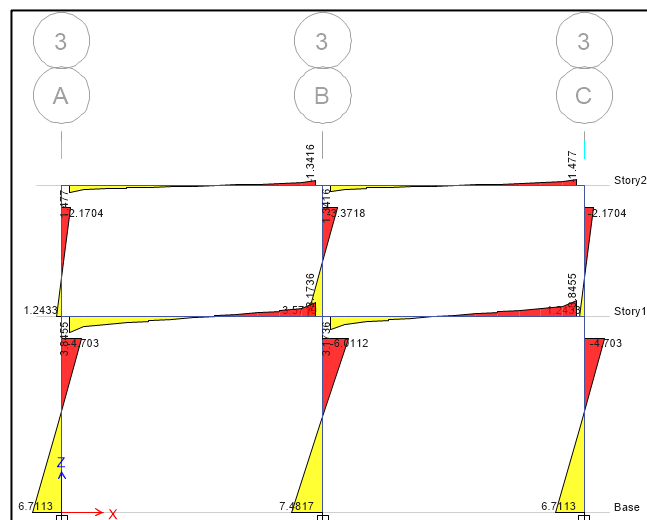
Fuente: elaboración propia, utilizando Etabs 2016.

Figura 37. Diagrama de momentos en columnas debido a  $C_v$  eje 3, sentido X



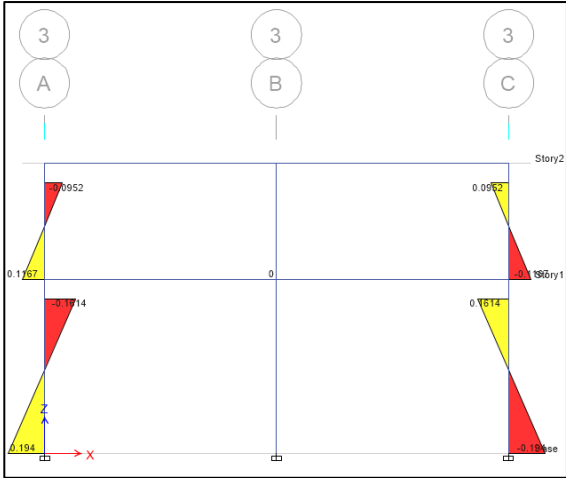
Fuente: elaboración propia, utilizando Etabs 2,016.

Figura 38. Diagrama de momentos en vigas debido a  $C_{sismica}$  eje 3, sentido X



Fuente: elaboración propia, utilizando Etabs 2,016.

Figura 39. Diagrama de momentos en columnas debido a  $C_{sismica}$  eje 3, sentido X



Fuente: elaboración propia, utilizando Etabs 2,016.

**2.2.6.5.5. Comparación de resultados Kani versus Etabs 2,016**

Para la correcta comparación de resultados se tomarán en cuenta los valores de momento de viga del tramo A-B, para las cargas muerta, viva y sísmica del segundo nivel del eje 3, sentido X.

Tabla XLI. Comparación de métodos

Momentos de carga para viga A-B			
A-B	Carga muerta	Carga viva	Carga sísmica
Etabs	2 449,24	854,35	1 477,03
Kani	2 210,69	790,05	1 443,85
Diferencia	238,55	64,3	33,18
%	9,74	7,53	2,25

Fuente: elaboración propia.



La tabla XLI muestra los valores obtenidos por el método numérico y el *software* Etabs. La variación mayor es de 9,74 % en carga muerta entre uno y otro; el mejor porcentaje fue la carga sísmica con 2,25 %; y la carga viva obtuvo un porcentaje de variación de 7,53 %; ninguno de estos superó un 10 % de variación permisible, entonces para el diseño de la edificación se utilizarán los valores por el método numérico Kani.

#### **2.2.6.6. Momentos últimos por envolventes de momentos**

Son las representaciones de esfuerzos máximos que se pueden presentar ante la exposición de efectos de carga a los elementos estructurales viga y columna; para esto se consideran todos los tipos de cargas (vivas, muertas y sísmicas). A continuación, se utilizarán las siguientes combinaciones según el capítulo 8 del NSE-2.

$1,4 M$	(CR1)
$1,2 M + 1,6V$	(CR2)
$1,2 M + V + 1,6 S$	(CR3)
$1,2 M + V + S$	(CR4)
$0,9 M - S$	(CR5)
$1,2 M + V + 0,5$	(CR6)

Donde:

$M$  = carga muerta

$V$  = carga viva

$S$  = carga sísmica

Realización de la primera iteración para determinar las envolventes de momentos:

- Combinaciones de carga para vigas (Tramo A-B)

$$M_{AB} = 1,4 (-2\ 210,69) + 0,00(-790,05) = -3\ 094,96 \text{ kg-m}$$

$$M_{AB} = 1,20 (-2\ 210,69) + 1,60(-790,05) = -3\ 916,91 \text{ kg-m}$$

$$M_{AB} = 1,20 (-2\ 210,69) + 1,00 (-790,05) = -3\ 442,88 \text{ kg-m}$$

$$M_{AB} = 1,20 (-2\ 210,69) + 1,00 (-790,05) + 1,00 (1\ 443,85) = -1\ 999,03 \text{ kg-m}$$

$$M_{AB} = 0,90 (-2\ 210,69) + 0,00(-790,05) - 1,00 (-1\ 443,85) = -3\ 433,47 \text{ kg-m}$$

$$M_{AB} = 1,20 (-2\ 210,69) + 1,00 (-790,05) = -3\ 442,88 \text{ kg-m}$$

Tabla XLII. **Combinaciones en vigas. segundo nivel. tramo A-B**

MARCO A-B			
	Mab (-)	Mab (+)	Mba (-)
1	-3 094,96	3 215,42	6 430,84
2	-3 916,91	4 052,85	8 105,71
3	-3 442,88	3 566,56	7 133,12
4	-1 999,03	3 566,56	8 241,82
5	-3 433,47	2 067,06	3 025,41
6	-3 442,88	3 566,56	7 133,12

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLIII. **Combinaciones en vigas, segundo nivel, tramo B-C**

MARCO B-C			
	Mbc (-)	Mbc (+)	Mcb (-)
1	-6 430,84	3 215,42	3 094,97
2	-8 105,71	4 052,85	3 916,91
3	-7 133,12	3 566,56	3 442,88
4	-5 706,25	3 566,56	5 523,07
5	-5 560,98	2 067,05	-90,57
6	-7 133,12	3 566,56	3 442,88

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLIV. **Combinaciones en vigas, primer nivel, tramo D-E**

<b>COMBINACIONES EN VIGAS</b>			
<b>MARCO D-E</b>			
	Mde (-)	Mde (+)	Med (-)
1	-5 273,58	5 101,56	10 203,12
2	-6 723,98	6 514,33	13 028,67
3	-5 897,57	5 711,24	11 422,49
4	1 238,83	5 711,24	16 836,14
5	-10 526,56	3 279,57	1 145,50
6	-5 897,57	5 711,24	11 422,49

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLV. **Combinaciones en vigas, primer nivel, tramo E-F**

<b>MARCO E-F</b>			
	Mef (-)	Mef (+)	Mfe (-)
1	-10 203,12	5 101,56	5 273,58
2	-13 028,67	6 514,33	6 723,98
3	-11 422,49	5 711,24	5 897,56
4	-6 118,70	5 711,24	12 814,24
5	-11 862,94	3 279,57	-3 526,52
6	-11 422,49	3 279,57	-3 526,52

Fuente: elaboración propia.

- Combinaciones de carga para columnas (Tramo A-D)

$$M_{AD} = 1,4(2\ 210,69) + 0,00(790,05) = 3\ 094,96 \text{ kg-m}$$

$$M_{AD} = 1,20(2\ 210,69) + 1,60(790,05) = 3\ 916,91 \text{ kg-m}$$

$$M_{AD} = 1,20(2\ 210,69) + 1,00(790,05) = 3\ 442,88 \text{ kg-m}$$

$$M_{AD} = 1,20(2\ 210,69) + 1,00(790,05) + 1,00(-1\ 443,85) = 1\ 999,03 \text{ kg-m}$$

$$M_{AD} = 0,90(2\ 210,69) + 0,00(790,05) - 1,00(-1\ 443,85) = 3\ 433,47\ \text{kg-m}$$

$$M_{AD} = 1,20(2\ 210,69) + 1,00(790,05) = 3\ 442,88\ \text{kg-m}$$

Tabla XLVI. **Combinaciones en columnas, segundo nivel, tramo A-D**

<b>COMBINACIONES COLUMNAS</b>		
<b>MARCO A-D</b>		
	Mad (-)	Mda (-)
1	3 094,97	3 520,12
2	3 916,91	4 481,38
3	3 442,88	3 932,33
4	1 999,04	4 377,31
5	3 433,46	1 817,95
6	3 442,88	3 932,33

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLVII. **Combinaciones en columnas, segundo nivel, tramo B-E**

<b>MARCO B-E</b>		
	Mbe (-)	Meb (-)
1	0,00	0,00
2	0,00	0,00
3	0,00	0,00
4	-2 535,58	-1 757,29
5	2 535,57	1 757,29
6	0,00	0,00

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLVIII. **Combinaciones en columnas, segundo nivel, tramo C-F**

<b>MARCO C-F</b>		
	Mcf (-)	Mfc (-)
1	-3 094,96	-3 520,12
2	-3 916,91	-4 481,38
3	-3 442,88	-3 932,33
4	-5 523,07	-3 932,33
5	90,57	-3 932,33
6	-3 442,88	-3 932,33

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLIX. **Combinaciones en columnas, primer nivel, tramo D-G**

<b>COMBINACIONES COLUMNAS</b>		
<b>MARCO D-G</b>		
	Mdg (-)	Mgd (-)
1	1 753,46	876,73
2	2 242,60	1 121,30
3	1 965,24	982,62
4	-5 156,55	-7 714,79
5	8 249,01	9 261,02
6	1 965,24	982,62

Fuente: elaboración propia.

Tabla L. **Combinaciones en columnas, primer nivel, tramo E-H**

<b>MARCO E-H</b>		
	Meh (-)	Mhe (-)
1	0,00	0,00
2	0,00	0,00
3	0,00	0,00
4	-9 350,30	-10 006,73
5	9 350,30	10 006,73
6	0,00	0,00

Fuente: elaboración propia.

Tabla LI. **Combinaciones en columnas, primer nivel, tramo F-I**

<b>MARCO F-I</b>		
	Mfi (-)	Mif (-)
1	-1 753,46	-876,73
2	-2 242,60	-1 121,30
3	-1 965,24	-982,62
4	908,21	-982,62
5	-4 000,67	-982,62
6	-4 000,67	-982,62

Fuente: elaboración propia.

### **2.2.6.7. Cortes últimos**

Se deben realizar para los elementos estructurales viga y columna. Estos cortes se obtienen por medio del código del ACI 318-14 y deberá realizarse el cálculo de cada corte último con base en las cargas viva, muerta y sísmica. Los cortes últimos están dados por las siguientes ecuaciones:

- Corte último para vigas

$$V_v = 0,75 * \left[ \left( \frac{1,4 * (W_{cm} * L)}{2} \right) + \left( \frac{1,7 * (W_{cv} * L)}{2} \right) + \left( \frac{1,87 * (W_{s1} + W_{s2})}{2} \right) \right]$$

Donde:

$V_v$  = corte último en vigas

$W_{cm}$  = carga muerta distribuida

$W_{cv}$  = carga viva distribuida

$W_{s1}$  = momento producido por carga sísmica lado izquierdo

$W_{s2}$  = momento producido por carga sísmica lado derecho

$L$  = longitud de la viga

- Corte último para columnas

$$V_c = \frac{M_{sup} + M_{inf}}{L}$$

Donde:

$V_c$  = corte último en columnas

$M_{sup}$  = momento último superior de la columna

$M_{inf}$  = momento último inferior de la columna

$L$  = longitud de la columna

- Corte último para vigas del segundo nivel

- Tramo A-B

$$V_v = 0,75 * \left[ \left( \frac{1,4 * (1\ 338,40 * 6,00)}{2} \right) + \left( \frac{1,7 * (448,00 * 6,00)}{2} \right) + \left( \frac{1,87 * (1\ 443,85 + 1\ 108,70)}{2} \right) \right]$$

$$V_v = 7\ 719,53\ kg$$

- Tramo B-C

$$V_v = 0,75 * \left[ \left( \frac{1,4 * (1\ 338,40 * 6,00)}{2} \right) + \left( \frac{1,7 * (448,00 * 6,00)}{2} \right) + \left( \frac{1,87 * (1\ 426,87 + 2\ 080,19)}{2} \right) \right]$$

$$V_v = 8\ 388,89\ kg$$

- Corte último para vigas del primer nivel

- Tramo D-E

$$V_v = 0,75 * \left[ \left( \frac{1,4 * (2\ 110,08 * 6,00)}{2} \right) + \left( \frac{1,7 * (747,92 * 6,00)}{2} \right) + \left( \frac{1,87 * (7\ 136,40 + 5\ 413,65)}{2} \right) \right]$$

$$V_v = 18\ 308,27\ kg$$

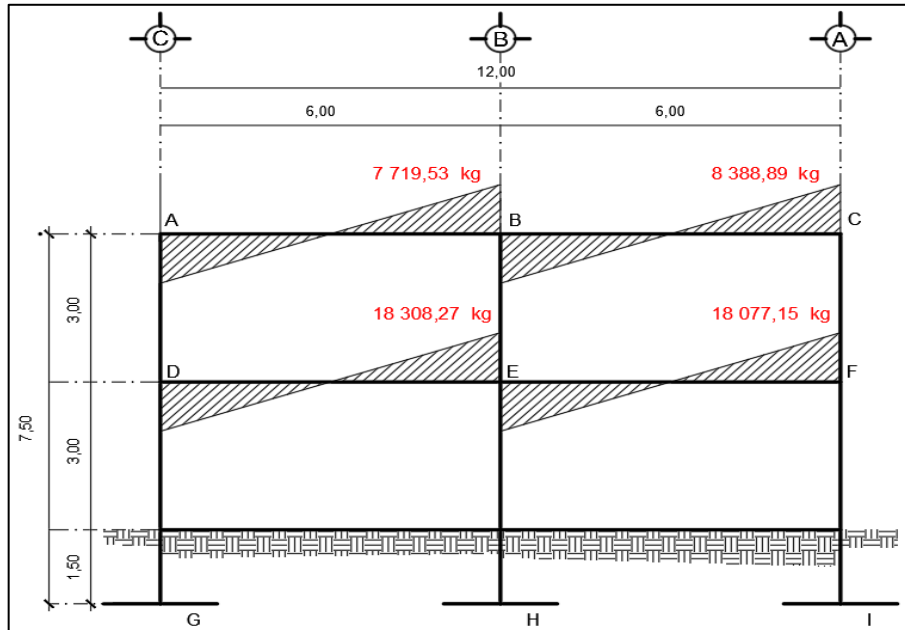
- Tramo E-F

$$V_v = 0,75 * \left[ \left( \frac{1,4 * (2\ 110,08 * 6,00)}{2} \right) + \left( \frac{1,7 * (747,92 * 6,00)}{2} \right) + \left( \frac{1,87 * (5\ 303,79 + 6\ 916,68)}{2} \right) \right]$$

$$V_v = 18\ 077,15\ kg$$



Figura 40. **Cortes últimos para vigas, eje 3, sentido X**



Fuente: elaboración propia, utilizando AutoCAD 2018.

- Corte último para columnas del segundo nivel

- Tramo A-D

$$V_c = \frac{3\,916,91 + 4\,481,38}{3} = 2\,799,43 \text{ kg}$$

- Tramo B-E

$$V_c = \frac{0,00 + 0,00}{3} = 0,00 \text{ kg}$$

- Tramo C-F

$$V_c = \frac{-3\,916,91 + (-4\,481,38)}{3} = -2\,799,43 \text{ kg}$$

- **Corte último para columnas del primer nivel**

- Tramo D-G

$$V_c = \frac{2\,242,60 + 1\,121,30}{4,5} = 747,53 \text{ kg}$$

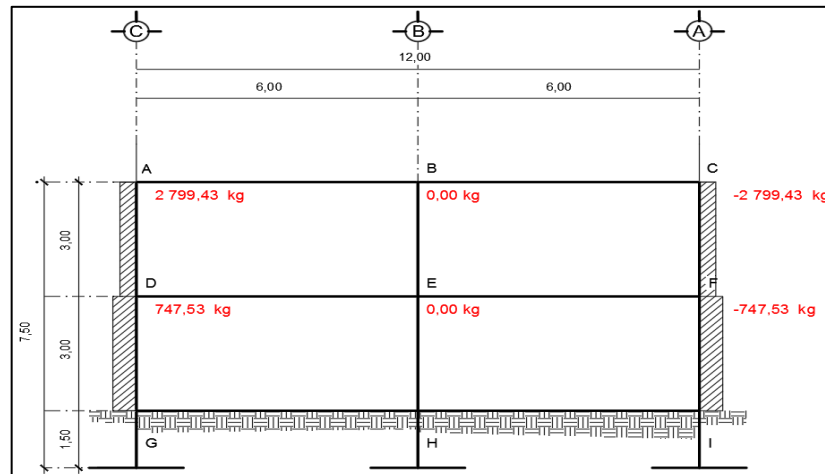
- Tramo E-H

$$V_c = \frac{0,00 + 0,00}{4,5} = 0,00 \text{ kg}$$

- Tramo F-I

$$V_c = \frac{-2\,242,60 + (-1\,121,30)}{4,5} = -747,53 \text{ kg}$$

Figura 41. Cortes últimos para columnas



Fuente: elaboración propia, utilizando AutoCAD 2018.

### 2.2.7. Diseño estructural

El objetivo de este diseño es encontrar las dimensiones definitivas del cada elemento estructural que formará parte de la estructura, con el fin de que cada elemento soporte las cargas y los momentos que se generan y logren su una óptima funcionalidad a lo largo de la vida útil del edificio. Para calcularlo se usará como base el código ACI 318-14. El diseño estará de acuerdo con la filosofía LRFD.

Se considerarán los siguientes datos para el diseño correspondiente de estos elementos:

- Resistencia de concreto =  $f'_c = 3\,000\text{ PSI} = 210\text{ kg/m}^2$
- Resistencia de acero =  $f_y = 40\,000\text{ psi} = 2\,810\text{ kg/m}^2$
- Espesor de losa = 0,11 cm

- Sección de columna propuesta= 0,35 m x 0,35 m
- Sección de viga propuesta = 0,30 m x 0,50 m

En esta sección ya debe considerarse la parte del cajón de módulo de gradas. Este se diseña de manera independiente y por tal motivo no se considera en el análisis estructural.

### 2.2.7.1. Diseño de losa

El objetivo de las losas es trabajar en forma de diafragmas para transmitir cargas horizontales que se reciben de las vigas, dependiendo el tipo de losa según sea de un sentido o de dos; finalmente, estas transfieren sus cargas a las columnas.

El ACI 318-14 nombra tres tipos de losa según el peralte, las cuales son:

- Casarones  $t \leq 0,09$
- Planas  $0,09 < t < 0,12$
- Nervadas  $t \geq 0,12$

Para el diseño estructural de este edificio se utilizará la losa plana con un peralte de  $t = 0,11$  cm.

Se debe determinar si la losa va a trabajar en uno o dos sentidos y esto se hace por medio de la siguiente ecuación:

$$m = \frac{A}{B}$$

Donde:

$m$  = relación de sentidos

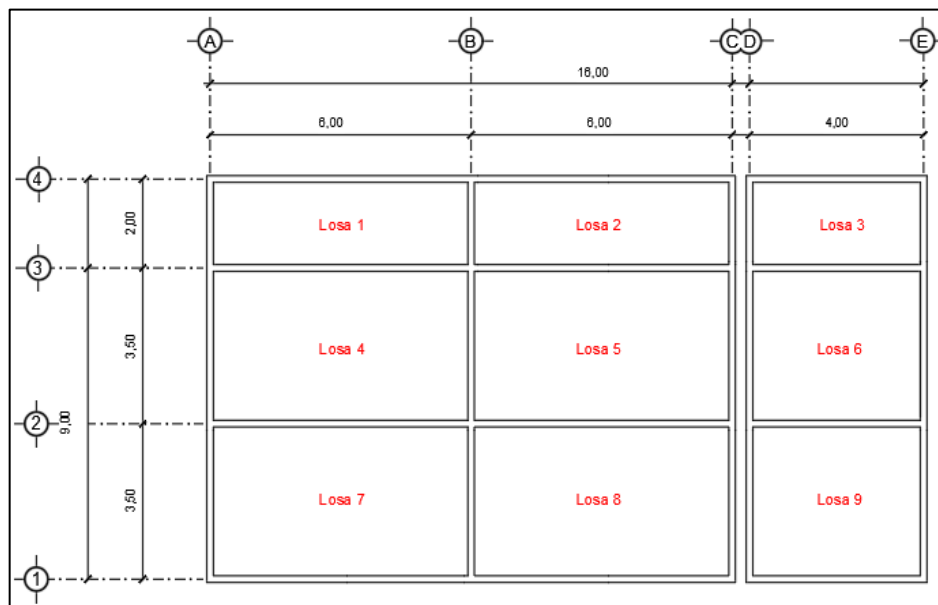
A = lado corto

B = lado largo

Se toma en cuenta la siguiente condición:

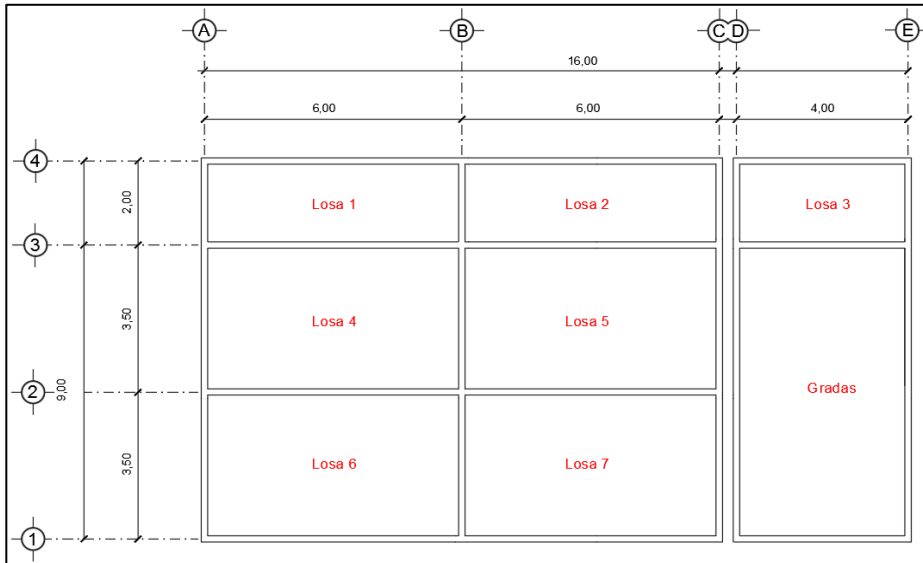
- Si  $m \geq 0,5$  = losa en dos sentidos
- Si  $m \leq 0,5$  = losa en un sentido

Figura 42. **Losas acotadas, segundo nivel**



Fuente: elaboración propia, utilizando AutoCAD 2018.

Figura 43. Losas acotadas, primer nivel



Fuente: elaboración propia, utilizando AutoCAD 2018.

Entonces:

$$\text{Losas 1,2} = m = \frac{2}{6} = 0,33$$

Tabla LII. Sentido de cada losa

Losa	m= A/B	Sentido	Caso
1	0,33	1	-
2	0,33	1	-
3	0,50	2	6
4	0,58	2	9
5	0,58	2	9
6	0,88	2	5
7	0,58	2	4
8	0,58	2	4
9	0,88	2	6

Fuente: elaboración propia.

Se determina la carga última de cada losa con base en el siguiente factor:

$$Cu = 1,2 CM + 1,6 CV$$

Donde:

$Cu$  = carga última

$CM$  = carga muerta actuante en losa

$CV$  = carga viva actuante en losa

- Carga última

$$Cu = 1,2 ((0,11m * 2400kg/m^3) + 90 + 86) + 1,6 (200)$$

$$Cu = 528,00 + 320,00$$

$$Cu = 848,00 \text{ kg/m}^2$$

Esto se calcula para una franja unitaria de 1,00 m de ancho, entonces:

$$Cu = 848,00 * 1,00$$

$$Cu = 848,00 \text{ kg/m}$$

Se calculan los momentos actuantes en el sentido que va cada losa.

- Momentos actuantes
  - Para momento negativo

$$M_{(-)} = Coef * Cu * L^2$$

$$M_{(+)} = Coef * Cu * L^2$$

Donde:

$M_{(-)}$  = momento negativo

$Coef$  = coeficientes tablas ACI

$Cu$  = carga última

$L^2$  = dimensión del lado de losa analizada

#### Análisis para la losa 4

Caso = 9

$m = 0,58$

- Momentos negativos

$$M_{(-)A} = 0,085 * 848,00 \text{ kg} * (3,50 \text{ m})^2 = 882,98 \text{ kg} - m$$

$$M_{(-)B} = 0,006 * 848,00 \text{ kg} * (6,00 \text{ m})^2 = 183,17 \text{ kg} - m$$

- Momentos positivos dada la carga muerta

$$M_{(+)A} = 0,036 * 528,00 \text{ kg} * (3,50 \text{ m})^2 = 232,85 \text{ kg} - m$$

$$M_{(+)B} = 0,004 * 528,00 \text{ kg} * (6,00 \text{ m})^2 = 76,03 \text{ kg} - m$$

- Momentos positivos dada la carga viva

$$M_{(+)A} = 0,059 * 320,00 \text{ kg} * (3,50 \text{ m})^2 = 231,28 \text{ kg} - m$$

$$M_{(+)B} = 0,007 * 320,00 \text{ kg} * (6,00 \text{ m})^2 = 80,64 \text{ kg} - m$$



- Momentos positivos en losas

$$M_{(+)_A} = 232,85 \text{ kg} - m + 231,28 \text{ kg} - m = 464,13 \text{ kg} - m$$

$$M_{(+)_A} = 76,03 \text{ kg} - m + 80,64 \text{ kg} - m = 156,67 \text{ kg} - m$$

- Momentos extremos discontinuos

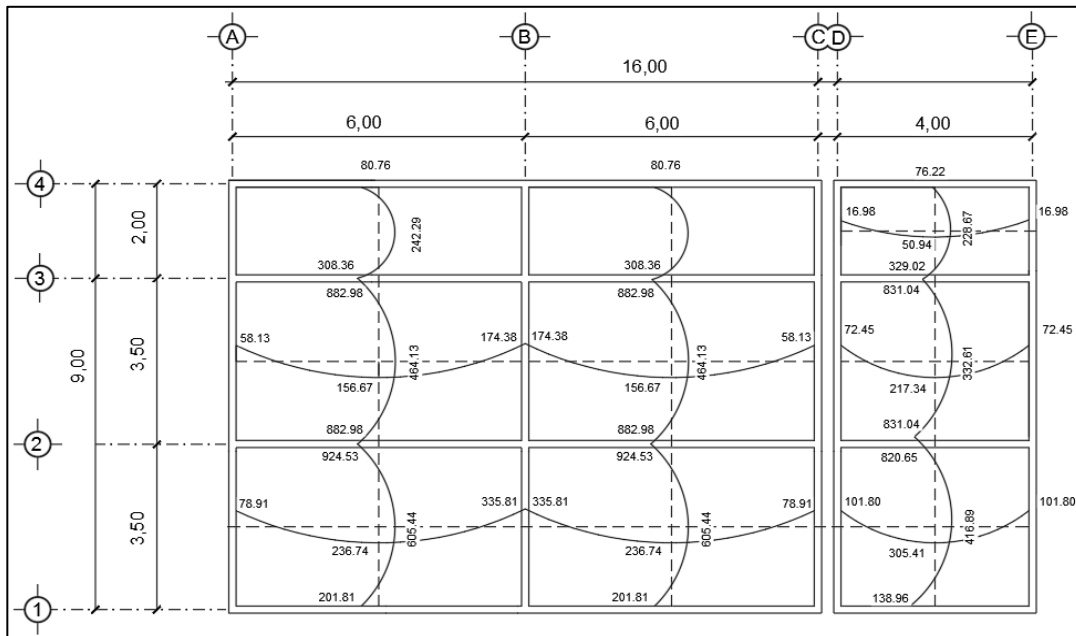
$$M_{(-)_A} = \frac{1}{3}(M_{(+)})$$

$$M_{(-)_A} = \frac{1}{3}(464,13 \text{ kg} - m) = 154,71 \text{ kg} - m$$

$$M_{(-)_A} = \frac{1}{3}(156,67 \text{ kg} - m) = 52,22 \text{ kg} - m$$

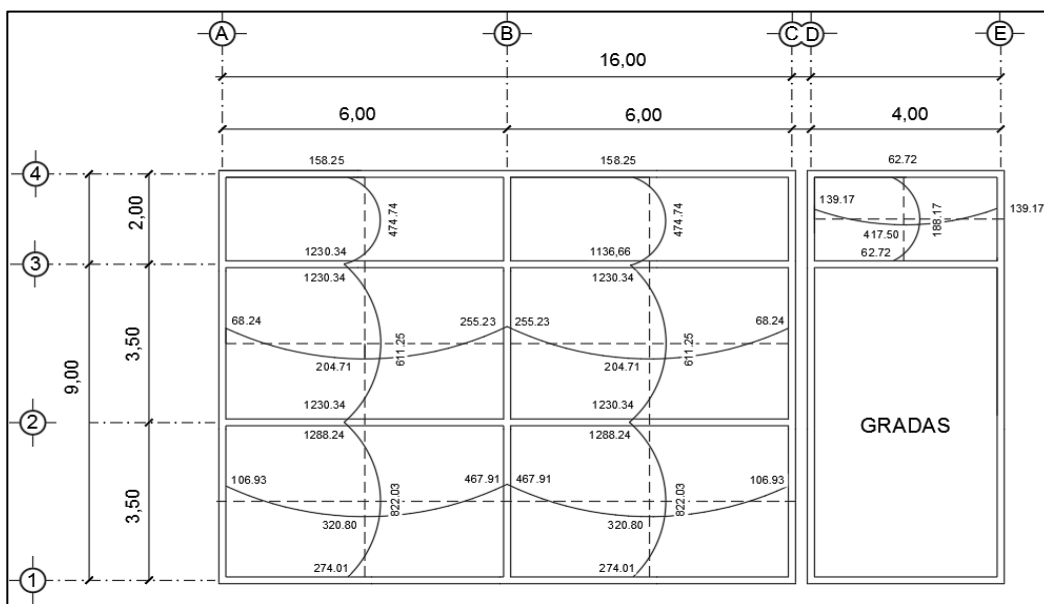
Se realizará el mismo procedimiento para las losas de las mismas condiciones, así como para las que, por su caso de continuidad, cambian sus coeficientes.

Figura 44. **Envolventes de momento para el segundo nivel**



Fuente: elaboración propia, utilizando AutoCAD 2018.

Figura 45. **Envolventes de momento para el primer nivel**



Fuente: elaboración propia, utilizando AutoCAD 2018.

- Balanceo de momentos

Se deberá realizar el balanceo de momentos debido a que los momentos actuantes en los lados continuos de las losas son distintos. Deberá determinarse tomando en cuenta las siguientes condiciones:

$$\text{Si } 0,8 * M_{mayor} \leq M_{menor} \equiv M_b = \frac{M_{mayor} + M_{menor}}{2}$$

$$\text{Si } 0,8 * M_{mayor} > M_{menor} \equiv \text{Deberá balancearse por rigidez}$$

Deberá balancearse por rigidez de la siguiente forma:

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

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

Donde:

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

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

$$K_{1,2} = \frac{1}{L_{1,2}}$$

Se procede a realizar el balanceo entre la losa 1 y 4 del edificio, tomando en cuenta los siguientes valores:

$$M_1 = 308,36 ; M_2 = 882,98$$

$$0,8 * 882,98 \leq 308,36$$

$$706,38 \leq 308,36 \text{ No cumple con la primera condición}$$

Realización del balanceo para la segunda condición:

$$0,8 * 882,98 \leq 308,36$$

706,38 > 308,36 Cumple con la segunda condición

Entonces:

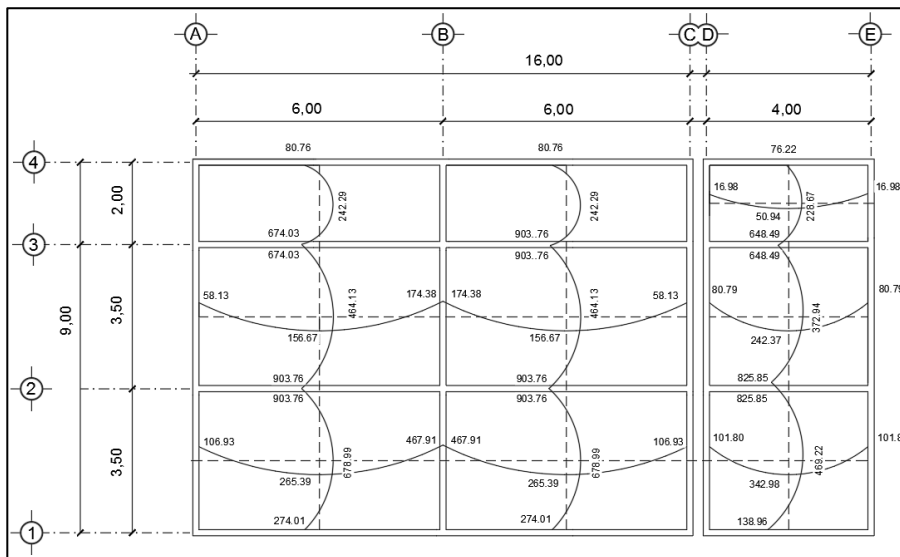
$$K_1 = \frac{1}{2,00} = 0,50 ; K_2 = \frac{1}{3,50} = 0,29$$

$$D_1 = \frac{0,50}{0,50+0,29} = 0,64 ; D_2 = \frac{0,29}{0,50+0,29} = 0,36$$

$$M_{bal\ 1} = 308,36 + [(882,98 - 308,36) * 0,64] = 674,03\ kg - m$$

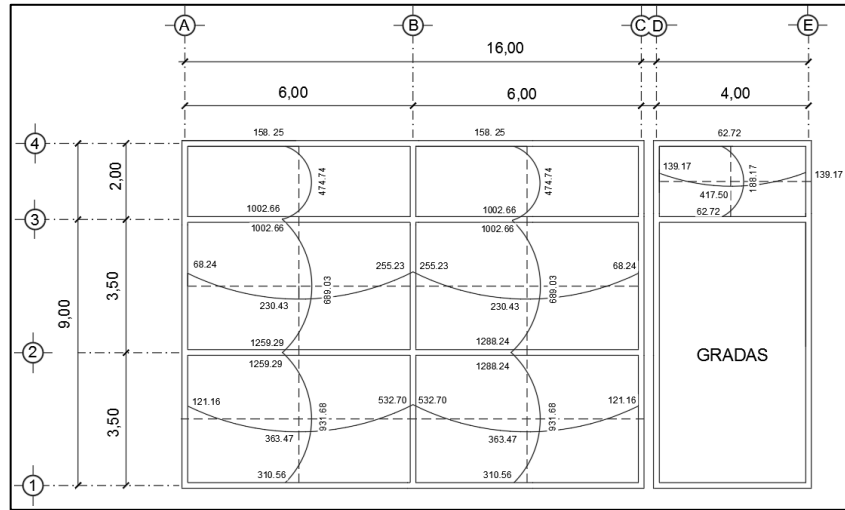
$$M_{bal\ 2} = 882,98 - [(882,98 - 308,36) * 0,36] = 674,03\ kg - m$$

Figura 46. **Envolventes de momento balanceadas, segundo nivel**



Fuente: elaboración propia, utilizando AutoCAD 2018.

Figura 47. **Envolventes de momento balanceadas, primer nivel**



Fuente: elaboración propia, utilizando AutoCAD 2018.

- **Diseño del acero de refuerzo**

Se deberá determinar el área de acero que se necesita para resistir los momentos actuantes en las losas y se deberá contemplar para una franja unitaria de 1,00 m de ancho. Primero, se deberá determinar el peralte efectivo de la losa por medio de la siguiente expresión:

$$d = t - rec - \frac{\phi_{varilla}}{2}$$

Donde:

$d$  = peralte efectivo de la losa

$t$  = espesor de losa

$rec$  = recubrimiento

$\phi_{varilla}$  = diámetro de varilla a utilizar

Se tomará en consideración para el diseño de losa, la utilización de varilla N° 3, con un recubrimiento de 2,00 cm.

$$d = 0,11 - 2,00 - \frac{0,95}{2}$$

$$d = 8,52 \text{ cm}$$

- Determinación del acero mínimo

El cálculo del acero mínimo se establece en la sección 9.6.1.2 del ACI 318-14, por medio de la siguiente ecuación:

$$A_{s_{min}} = 0,4 * \frac{14,1}{f_y} * b * d$$

Donde:

$A_{s_{min}}$  = acero mínimo

$f_y$  = influencia del acero

$b$  = franja unitaria con ancho de 1,00 m.

$d$  = peralte efectivo de la losa

$$A_{s_{min}} = 0,4 * \frac{14,1}{2810} * 100 * 8,52 = 1,71 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{min}} = 0,4 * 0,8 * \frac{\sqrt{210}}{2,810} * 100 * 8,52 = 1,41 \text{ cm}^2$$

Se determina el espaciamiento máximo, lo cual se estipula en la sección 8.7.2.2 del ACI 318-14, lo cual dictamina que el espaciamiento no deberá

exceder o sobrepasar dos veces el valor del espesor de losa, o bien la expresión de la siguiente ecuación:

$$S_{max} = 2t$$

$$S_{max} = 2(0,11) = 0,22 \text{ cm}$$

El espaciamiento para el acero mínimo se define en la sección 25.4 del ACI 318-14 puede determinarse con una regla de tres, utilizando el valor de la franja unitaria, el acero mínimo y el área de la varilla de la siguiente manera:

$$S = \frac{100 * 0,71}{1,71} = 41,65 \text{ cm}$$

Se propone un espaciamiento de 20 cm, ya que el máximo permisible por el código ACI será de 22 cm, entonces se utilizará varilla N° 3 a cada 20 cm. Por lo tanto:

$$AS = \frac{100 * 0,71}{20} = 3,56 \text{ cm}$$

- Momento máximo que resiste el acero mínimo

$$M = 0,9 * As * fy * \left( d - \frac{As * fy}{1,7 * f'c * 100} \right)$$

$$M = 0,9 * 3,56 * 2810 * \left( 8,52 - \frac{3,56 * 2810}{1,7 * 210 * 100} \right) = 74274,67 \text{ kg} - \text{cm}$$

$$M = 742,75 \text{ kg} - \text{m}$$

- Determinación del área de acero máximo

Según la sección 18.6.3.1, estipula que la cuantía de refuerzo  $\rho$  no deberá exceder 0,025; esto con el fin de no congestionar de acero al elemento.

$$\rho = \frac{A_s}{b * d}$$

$$A_s = 0,025 * b * d$$

Donde:

$\rho$ = cuantía de refuerzo

$b$ = base viga

$d$ = peralte efectivo

Entonces:

$$A_s = 0,025 * 30 \text{ cm} * 852 \text{ cm} = 6,39 \text{ cm}^2$$

- Momento máximo que resiste el acero máximo

$$M = 0,9 * 6,39 * 2810 * \left( 8,52 - \frac{6,39 * 2810}{1,7 * 210 * 100} \right)$$

$$M = 2900,79 \text{ kg} - \text{m}$$



- Chequeo por corte

Las losas estarán bajo esfuerzos de corte; esto solo debe soportarlo el concreto. Deberá verificarse si el espesor propuesto es el adecuado, este se verifica por medio de las siguientes solicitaciones:

- Corte máximo

$$V_{m\acute{a}x} = \frac{Cu * L}{2}$$

Donde:

$V_{m\acute{a}x}$  = cortante máximo

$Cu$  = carga última

$L$  = lado corto losa que se analiza

$$V_{m\acute{a}x} = \frac{956,00 * 3,50}{2} = 1\ 673,00\ kg$$

- Cortante resistente

$$V_r = 45 * \sqrt{f'c} * t$$

Donde:

$V_r$  = cortante resistente

$f'c$  = resistencia a compresión del concreto

$t$  = espesor de losa

$$V_r = 45 * \sqrt{210} * 0,11 = 7\,173,23 \text{ kg}$$

Por último, se verifica que la condición  $V_r > V_{m\acute{a}x}$  satisfaga el diseño de losa realizado con anterioridad; esto, para verificar que el peralte de cada losa resista para soportar los efectos de cargas y momentos que se le asignen. Si en dado caso no cumple, deberá aumentarse el peralte hasta que se cumpla.

Entonces:

$$V_r > V_{m\acute{a}x}$$

$$7\,173,23 \text{ kg} > 1\,673,00 \text{ kg}$$

#### **2.2.7.2. Diseño de viga**

Las vigas son elementos estructurales que regularmente son sometidas a esfuerzos de corte, tensión y compresión. Para las vigas que son diseñadas por medio de concreto reforzado, este soportará los esfuerzos de compresión y el acero de refuerzo resistirá los que se generan por los momentos flectores.

Para el diseño se utilizará la siguiente sección propuesta de viga de base 30 cm y de altura 50 cm, además de utilizar para el diseño el  $f_y$  y el  $f'_c$  propuesto desde el diseño estructural.

Según el capítulo 18, en su sección 18.6.3 establece el refuerzo longitudinal, establece literalmente lo siguiente.

18.6.3.1 Las vigas deben tener al menos dos barras continuas tanto en la cara superior como inferior. En cualquier sección, tanto para el refuerzo superior

como para el inferior, la cantidad de refuerzo no debe ser inferior a lo requerido por 9.6.1.2. y la cuantía de refuerzo  $\rho$  no debe exceder 0,025.<sup>2</sup>

- Diseño a flexión
  - Primero se determina el peralte efectivo de la viga (d)

$$d = h - rec - \phi_{trans} - \frac{\phi_{long}}{2}$$

Donde:

$d$ = peralte efectivo de viga

$h$ = altura de viga

$rec$ = recubrimiento por ACI

$\phi_{trans}$ = diámetro varilla transversal

$\phi_{long}$ = diámetro varilla longitudinal

$$d = 50 - 4,00 - 0,9525 - \frac{1,9105}{2}$$

$$d = 44,10 \text{ cm}$$

- Determinación del acero mínimo

El código ACI 318-14 establece en la sección 9.6.1.2 la ecuación para determinar el  $A_{smin}$ , de tal manera será la siguiente:

$$A_{smin} = \frac{14,1}{f_y} * b * d$$

<sup>2</sup> ACI 318S-14. *Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural y Comentario*. p. 292.

Donde:

$AS_{min}$  = acero mínimo

$b$  = base de la viga

$d$  = peralte efectivo

$f'c$  = resistencia a compresión del concreto

$fy$  = influencia del acero

$$AS_{min} = \frac{14,1 * 30 * 44,10}{2 * 810} = 6,64 \text{ cm}^2$$

- Acero máximo

De acuerdo con el ACI 318-14 en su sección 18.6.3.1 la cuantía de refuerzo  $\rho$  no deberá exceder 0,025, esto con el fin de congestionar de acero al elemento,

$$\rho = \frac{As}{b * d}$$

$$As = 0,025 * b * d$$

Donde:

$\rho$  = cuantía de refuerzo

$b$  = base de la viga

$d$  = peralte efectivo

Entonces:

$$As = 0,025 * 30 \text{ cm} * 44,10 \text{ cm} = 33,08 \text{ cm}^2$$

El área de acero de las vigas deberá estar contenida en el rango de:

$$6,64 \text{ cm}^2 < A_s < 33,08 \text{ cm}^2$$

- Área de acero de refuerzo longitudinal

El cálculo del acero requerido para una viga se determina mediante la hipótesis de diseño que se encuentra en el ACI 318-14 y donde se establecen los refuerzos longitudinales de las vigas.

Las secciones 18.6.3.1, 18.6.3.2 y 18.6.3.3 del ACI 318-14 establecen que:

$$A_{S_{req}} = \left[ b * d - \sqrt{(b - d)^2 - \frac{Mu * b}{0,003825 * f'c}} \right] * 0,85 * \frac{f'c}{fy}$$

Donde:

$A_{S_{req}}$  = acero longitudinal

$b$  = base viga

$d$  = peralte efectivo

$Mu$  = momento último

$f'c$  = resistencia a compresión del concreto

$fy$  = influencia del acero

Se realizará el cálculo utilizando los momentos últimos del tramo A-B

$$M_{(-)A-B} = 3\,916,91 \text{ kg} * \text{m}$$

$$M_{(-)B-A} = 8\,105,71 \text{ kg} * \text{m}$$

$$M_{(+)\text{A-B}} = 4\,052,85 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

$$AS_{req(-)} = \left[ 30 * 44,10 - \sqrt{(30 - 44,10)^2 - \frac{3\,916,91 * 30}{0,003825 * 210}} \right] * 0,85 * \frac{210}{2\,810}$$

$$AS_{req} = 3,59 \text{ cm}^2$$

$$\text{Número de varillas} = AS_{min}/A_{var} = 3,59/2,85 = 1,26 = 2 \text{ varillas N}^\circ 6$$

$$AS_{req(+)} = \left[ 30 * 44,10 - \sqrt{(30 - 44,10)^2 - \frac{8\,105,71 * 30}{0,003825 * 210}} \right] * 0,85 * \frac{210}{2\,810}$$

$$AS_{req} = 7,61 \text{ cm}^2$$

Se propone un armado de dos varillas N° 6 y un bastón N° 5 para que, al comparar el área de acero propuesta con respecto al área de acero requerido, se tenga  $AS_{pro} > AS_{req} = 7,68 \text{ cm}^2 > 7,61 \text{ cm}^2$ . Con esto se trata de no sobre reforzar la estructura.

$$AS_{req(-)} = \left[ 30 * 44,10 - \sqrt{(30 - 44,10)^2 - \frac{4\,052,85 * 30}{0,003825 * 210}} \right] * 0,85 * \frac{210}{2\,810}$$

$$AS_{req} = 3,72 \text{ cm}^2$$

$$\text{Número de varillas} = AS_{req}/A_{var} = 3,72/2,85 = 1,30 = 2 \text{ varillas N}^\circ 6$$

**Tabla LIII. Cálculo de área de acero para el segundo nivel, sentido X**

Losa	Sentido	Momento (kg*m)	b (cm)	d (cm)	ASreq (cm <sup>2</sup> )	Cant, Var
A-B	(-)	3 916,91	30,00	44,10	3,59	2
	(+)	4 052,85	30,00	44,10	3,72	2
	(-)	8 105,71	30,00	44,10	7,61	3
B-C	(-)	8 105,71	30,00	44,10	7,61	3
	(+)	4 052,85	30,00	44,10	3,72	2
	(-)	3 916,91	30,00	44,10	3,59	2

Fuente: elaboración propia.

**Tabla LIV. Cálculo de área de acero para el primer nivel, sentido X**

Losa	Sentido	Momento (kg*m)	b (cm)	d (cm)	ASreq (cm <sup>2</sup> )	Cant, varillas
D-E	(-)	6 723,98	30,00	44,10	6,26	3
	(+)	6 514,33	30,00	44,10	6,06	3
	(-)	16 836,14	30,00	44,10	16,77	6
E-F	(-)	13 028,67	30,00	44,10	12,63	5
	(+)	6 514,33	30,00	44,10	6,06	3
	(-)	12 814,24	30,00	44,10	12,41	5

Fuente: elaboración propia.

Tabla LV. **Cálculo de área de acero para segundo nivel, sentido Y**

Losa	Sentido	Momento (kg*m)	b (cm)	d (cm)	ASreq (cm <sup>2</sup> )	Cant Var
A-B	(-)	1 125,36	30,00	44,10	1,02	1
	(+)	1 016,63	30,00	44,10	0,92	1
	(-)	3 020,52	30,00	44,10	2,75	1
B-C	(-)	1 762,74	30,00	44,10	1,60	1
	(+)	792,77	30,00	44,10	0,71	1
	(-)	1 985,72	30,00	44,10	1,80	1
C-D	(-)	1 058,58	30,00	44,10	0,95	1
	(+)	174,54	30,00	44,10	0,16	1
	(-)	1 733,94	30,00	44,10	1,57	1

Fuente: elaboración propia.

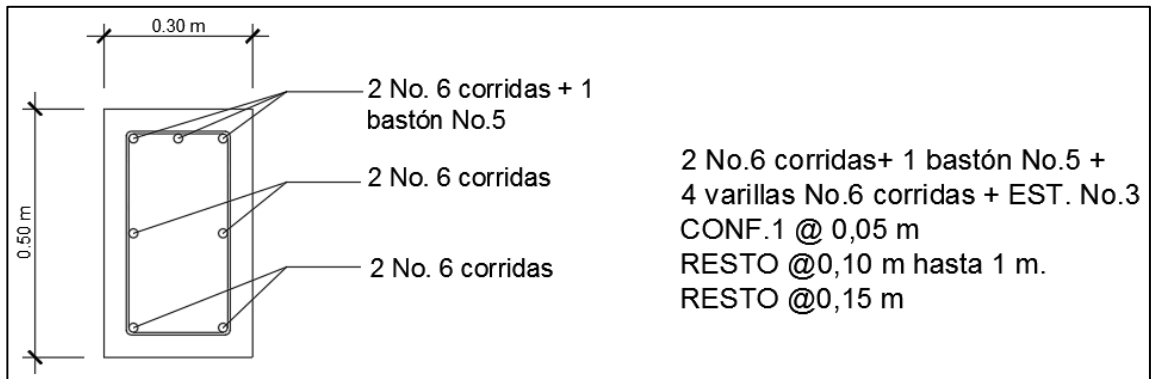
Tabla LVI. **Cálculo de área de acero para el primer nivel, sentido Y**

Losa	Sentido	Momento (kg*m)	b (cm)	d (cm)	ASreq (cm <sup>2</sup> )	Cant, Var
E-F	(-)	6 800,30	30,00	44,10	6,34	3
	(+)	1 436,47	30,00	44,10	1,30	1
	(-)	8 473,63	30,00	44,10	7,98	3
F-G	(-)	2 531,52	30,00	44,10	2,30	1
	(+)	1 162,44	30,00	44,10	1,05	1
	(-)	5 226,39	30,00	44,10	4,83	2
G-H	(-)	5 704,28	30,00	44,10	5,28	2
	(+)	277,99	30,00	44,10	0,25	1
	(-)	8 578,47	30,00	44,10	8,08	3

Fuente: elaboración propia.



Figura 48. **Detalle de armado de la viga**



Fuente: elaboración propia, utilizando AutoCAD 2018.

El acero longitudinal quedará distribuido de la siguiente manera; pueden observarse sus detalles en el plano de cortes y su armado de vigas en la sección de planos estructurales.

- Refuerzo a corte

Según la sección 18.6.4 del ACI 318-14, se tienen las especificaciones para determinar el refuerzo trasversal:

- Se deberán colocar estribos cerrados de confinamiento en una longitud igual a dos veces la altura de la viga, medida desde la cara de miembros de apoyo hacia el centro de la luz, en ambos extremos de la viga.
- En longitudes iguales a dos veces la altura de la viga a ambos lados de la sección donde pueda ocurrir fluencia por flexión,

debido a los desplazamientos laterales más allá del rango elástico de comportamiento.

- Zona de confinamiento:

$$Zona\ conf = 2 * 50\ cm = 100\ cm$$

El ACI 318-14 en su sección 18.6.4.4. dictamina que “el primer estribo cerrado de confinamiento debe estar situado a no más de 2 pulgadas de la cara de la columna de apoyo”. El espaciamiento de los estivos cerrados de confinamiento no deberá exceder el menor de:

- $d/4$
- 6 veces el diámetro de la varilla longitudinal
- 6 pulgadas

Espaciamiento de estribos en zona confinada

- $d/4 = \frac{44,10\ cm}{4} = 11,02\ cm$
- $6\ db = 6 * 1,59\ cm = 9,54\ cm$
- $6\ pulgadas = 6 * 2,54\ cm = 15,24\ cm$

Según la sección 18.6.4.6, “cuando no se requieran de estribos cerrados de confinamiento, se deberán colocar estribos con ganchos sísmicos en ambos extremos, espaciados a no más de  $d/2$  en toda la longitud de la viga.

Así también, la sección 18.6.5.1, indica que “la fuerza cortante de diseño debe determinarse en la parte de la viga comprendida entre las caras del nudo”, además brinda las siguientes ecuaciones:

$$V_e = \frac{M_{pr1} + M_{pr2}}{l_n} \pm \frac{W_u * l_n}{2}$$

$$a = \frac{1,25 * A_s * f_y}{0,85 * f'_c * b}$$

$$M_{pr} = 1,25 * f_y * A_s * \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$W_u = 1,2D + 1,0L$$

Para la viga A-B del segundo nivel, marco X:

$$a_{izq} = \frac{1,25 * 8,56 \text{ cm}^2 * 2\,810 \text{ kg/cm}^2}{0,85 * 210 \text{ kg/cm}^2 * 30 \text{ cm}^2} = 5,61 \text{ cm}$$

$$a_{der} = \frac{1,25 * 10,34 \text{ cm}^2 * 2\,810 \text{ kg/cm}^2}{0,85 * 210 \text{ kg/cm}^2 * 30 \text{ cm}^2} = 6,78 \text{ cm}$$

$$M_{pr1} = \frac{1,25 * 2\,810 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} * 9,48 \text{ cm}^2 * \left(44,10 \text{ cm} - \frac{5,61 \text{ cm}}{2}\right)}{100} = 13\,750,62 \text{ kg} - \text{m}$$

$$M_{pr2} = \frac{1,25 * 2\,810 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} * 10,34 \text{ cm}^2 * \left(44,10 \text{ cm} - \frac{6,78 \text{ cm}}{2}\right)}{100} = 14\,785,57 \text{ kg} - \text{m}$$

$$W_u = 1,2(1\,266,40 \text{ kg/m}) + 1,0(448 \text{ kg/m}) = 1\,967,68 \text{ kg/m}$$

$$V_e = \frac{13\,750,62 \text{ kg} - \text{m} + 14\,785,57 \text{ kg} - \text{m}}{6,00 \text{ m}} + \frac{1\,967,68 \frac{\text{kg}}{\text{m}} * 6,00 \text{ m}}{2}$$

$$V_e = 10\,659,07 \text{ kg}$$

- Cálculo de estribos en la zona confinada

$$S = \frac{\emptyset * A_v * f_y * d}{V_e}$$

Donde:

S= estribos en zona confinada

$\emptyset = 0,75$

$A_v$  = área de acero de refuerzo por corte

$$A_v = 2 * 0,71 \text{ cm}^2 = 1,42 \text{ cm}^2$$

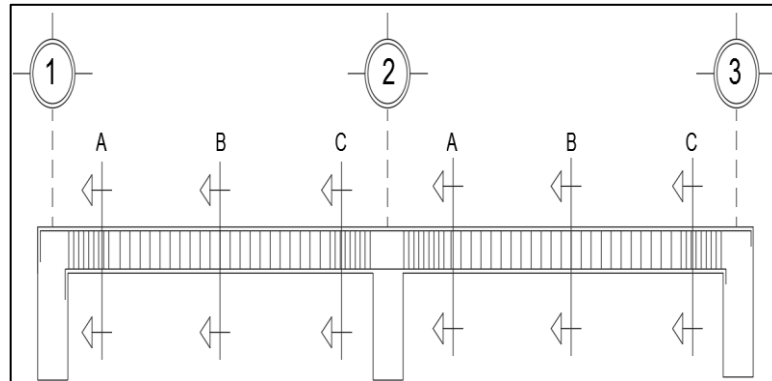
$$S = \frac{0,75 * 1,42 \text{ cm}^2 * 2\,810 \text{ kg/cm}^2 * 44,10 \text{ cm}}{10\,659,07 \text{ kg}} = 12,38 \text{ cm}$$

- Cálculo para la zona no confinada

$$\frac{d}{2} = \frac{44,10 \text{ cm}}{2} = 22,05 \text{ cm}$$

Entonces para la zona confinada se tendrá un espaciamiento de 10 cm y un espaciamiento de 0,20 cm para la zona no confinada. Una vez se tiene este diseño, la viga quedaría confinada de la siguiente manera:

Figura 49. **Detalle confinamiento de viga**



Fuente: elaboración propia, utilizando AutoCAD 2018.

Tabla LVII. **Armado final de viga sentido "X"**

Ejes A, B y C			
Viga V-1			
	M (-) Izq	M (+) Centro	M (-) Der
Ref. Sup	2 N°. 6 Corridas	2 N°. 6 Corridas	2 N°. 6 Corridas + 1 Bastón N°. 5
Ref. Inf	4 N°. 6 Corridas	4 N°. 6 Corridas	2 N°. 6 Corridas
Ejes 1, 2, 3 y 4			
Viga V-2			
	M (-) Izq	M (+) Centro	M (-) Der
Ref. Sup	2 N°. 6 Corridas	2 N°. 6 Corridas	2 N°. 6 Corridas + 1 Bastón N°. 5
Ref. Inf	4 N°. 6 Corridas	4 N°. 6 Corridas	2 N°. 6 Corridas
Ejes D y E			
Viga V-3			
	M (-) Izq	M (+) Centro	M (-) Der
Ref. Sup	2 N°. 6 Corridas	2 N°. 6 Corridas	2 N°. 6 Corridas + 1 Bastón N°. 5
Ref. Inf	2 N°. 6 Corridas	2 N°. 6 Corridas	2 N°. 6 Corridas

Fuente: elaboración propia.

Tabla LVIII. **Armado final de vigas sentido Y**

Ejes A, B y C			
Viga V-1			
	M (-) Izq	M (+) Centro	M (-) Der
Ref. Sup	4 N°. 6 Corridas	4 N°. 6 Corridas	2 N°. 6 Corridas
Ref. Inf	2 N°. 6 Corridas + 1 Bastón N°. 5	2 N°. 6 Corridas	2 N°. 6 Corridas
Ejes 1, 2, 3 y 4			
Viga V-2			
	M (-) Izq	M (+) Centro	M (-) Der
Ref. Sup	4 N°. 6 Corridas	4 N°. 6 Corridas	2 N°. 6 Corridas
Ref. Inf	2 N°. 6 Corridas + 1 Bastón N°. 5	2 N°. 6 Corridas	2 N°. 6 Corridas
Ejes D y E			
Viga V-3			
	M (-) Izq	M (+) Centro	M (-) Der
Ref. Sup	2 N°. 6 Corridas	2 N°. 6 Corridas	2 N°. 6 Corridas
Ref. Inf	2 N°. 6 Corridas + 1 Bastón N°. 5	2 N°. 6 Corridas	2 N°. 6 Corridas

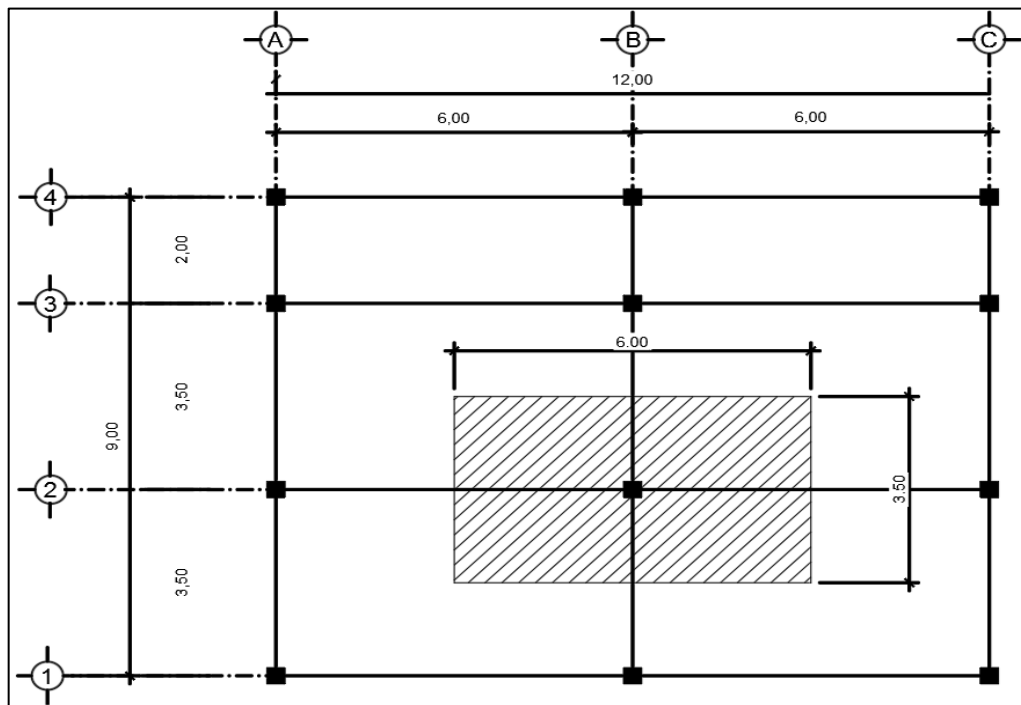
Fuente: elaboración propia.

### 2.2.7.3. **Diseño de columnas**

Las columnas son elementos estructurales que se diseñan a flexo compresión, es decir, su función principal es resistir cargas axiales y deben diseñarse para que resistan esfuerzos cortantes y momentos flectores.

Se tomarán solamente la(s) columna(s) crítica(s) o la que produzca mayor esfuerzo, y, el diseño que se obtenga sobre esta sección propuesta, es la que se utilizará para todas las columnas del edificio.

Figura 50. Área tributaria para columna



Fuente: elaboración propia, utilizando AutoCAD 2018.

Base = 6,00 m

Altura = 3,50 m

$$A_t = 6,00 * 3,50 = 21,00 \text{ m}^2$$

- Integración de carga, segundo nivel

- Cargas muertas

$$\text{Losa} = (t_{\text{losa}} * A_t * \gamma_{\text{específico}})$$

$$\text{Losa} = 0,11 \text{ m} * 21,00 \text{ m}^2 * 2\,400 \text{ kg/m}^2 = 5\,544,00 \text{ kg/m}$$

$$\text{Acabados} = (\text{Carga de acabados} * A_t)$$

$$\text{Acabados} = 86 \text{ kg/m} * 21,00 \text{ m}^2 = 1\,806 \text{ kg/m}$$

$$\text{SC pañuelos} = (\text{Carga de SC pañuelos} * A_t)$$

$$\text{SC pañuelos} = 90 \text{ kg/m} * 21,00 \text{ m}^2 = 1\,890 \text{ kg/m}$$

$$\Sigma \text{Total} = 9\,240,00 \text{ kg/m}$$

- Carga viva

$$\text{Techo de concreto con acceso} = (\text{CV Ocupacional} * A_t)$$

$$\text{Techo con acceso} = 200 \text{ kg/m} * 21,00 \text{ m}^2 = 4\,200 \text{ kg/m}$$

$$\Sigma \text{Total} = 4\,200 \text{ kg/m}$$

- Integración de carga primer nivel

- Carga muerta

$$\text{Losa} = (t_{\text{losa}} * A_t * \gamma_{\text{específico}})$$

$$\text{Losa} = 0,11 \text{ m} * 21,00 \text{ m}^2 * 2\,400 \text{ kg/m}^2 = 5\,544,00 \text{ kg/m}$$

$$\text{Piso} = (\text{Carga de pisos} * A_t)$$

$$\text{Piso} = 112 \text{ kg/m} * 21,00 \text{ m}^2 = 2\,352,00 \text{ kg/m}$$



$$\text{Muro} = (\text{Carga de muros} * \text{Ancho} * \text{Alto})$$

$$\text{Muro} = 196 \text{ kg/m} * 3,00 \text{ m} * 3,50 \text{ m} = 2\ 058 \text{ kg/m}$$

$$\text{Acabados} = (\text{Carga de acabados} * A_t)$$

$$\text{Acabados} = 86 \text{ kg/m} * 21,00 \text{ m}^2 = 1\ 806 \text{ kg/m}$$

$$\text{SC} = (\text{Carga de SC} * A_t)$$

$$\text{SC} = 60 \text{ kg/m} * 21,00 \text{ m}^2 = 1\ 260 \text{ kg/m}$$

$$\Sigma \text{Total} = 13\ 020 \text{ kg/m}$$

- Carga viva

$$\text{Aulas} = 200 \text{ kg/m} * 21,00 \text{ m}^2 = 4\ 200,00 \text{ kg/m}$$

$$\Sigma \text{Total} = 4\ 200 \text{ kg/m}$$

- Carga última

$$Cm \text{ total} = Cm_{\text{nivel 2}} + Cm_{\text{nivel 1}}$$

$$Cm \text{ total} = 9\ 240,00 \text{ kg/m} + 13\ 020,00 \text{ kg/m} = 22\ 260,00 \text{ kg/m}$$

$$Cv \text{ total} = Cv_{\text{nivel 2}} + Cv_{\text{nivel 1}}$$

$$Cv \text{ total} = 4\ 200 \text{ kg/m} + 4\ 200 \text{ kg/m} = 8\ 400 \text{ kg/m}$$

$$Cu = 1,2 \text{ CM} + 1,6 \text{ CV}$$

$$Cu = 1,2 (22\ 260,00) + 1,6 (8\ 400,00) = 40\ 152,00 \text{ kg/m}$$

- Determinación del factor de carga última

$$F_{cu} = \frac{Cu}{Cm\ total + Cv\ total}$$

Donde:

$F_{cu}$  = factor de carga última

$Cu$  = carga última

$Cm\ total$  = carga muerta total

$Cv\ total$  = carga viva total

$$F_{cu} = \frac{40\ 152,00}{22\ 260,00 + 8\ 400,00} = 1,31$$

- Determinación de la carga axial

$$PU = CU * Pviga * F_{cu} * Pcol\ n1 * F_{cu} * Pcol\ n2 * F_{cu}$$

$$PU = 40\ 152,00 * 2\ 667,60 * 1,31 * 882,00 * 1,31 * 1\ 323,00 * 1,31 =$$

$$PU = 46\ 533,10\ kg$$

- Efectos de esbeltez

La esbeltez en columnas es considerada cuando los lados de la sección transversal son menores en relación con la longitud del elemento. Las columnas se clasifican por medio de las siguientes condiciones; esto ayudará a definir las bajo efectos de carga y determinar su diseño.

La sección 6.2.5 del ACI 318-14 establece los siguientes efectos de esbeltez.

- “Columna corta: ( $E < 22$ ), el diseño se realiza con los datos determinados en el análisis estructural”.
- “Columna intermedia: ( $22 < E < 100$ ), se deben magnificar los momentos actuantes para realizar el diseño”.
- “Columna larga: ( $E > 100$ ), no es recomendable la sección y por ende el diseño está insatisfactorio, ya que la columna presentará falla por pandeo”.

Para el cálculo de la esbeltez deberá utilizarse la siguiente ecuación:

$$E = \frac{K * Lu}{\sigma}$$

Donde:

$E$  = relación de esbeltez

$K$  = factor de longitud efectiva de pandeo

$Lu$  = longitud libre de la columna

$\sigma$  = radio de giro, de  $0,3 * \text{lado menor}$ , para secciones rectangulares y  $0,25 * \text{diámetro}$  para secciones circulares.

$$E = \frac{K * Lu}{\sigma}$$

- Coeficiente grado de empotramiento

Es el grado de empotramiento en la rotación en las columnas y se representa por el coeficiente ( $\Psi$ ). Se determina para ambos extremos, por medio de la siguiente ecuación:

$$\Psi_A = \frac{\sum K_{col}}{\sum K_{viga}}$$

$$\Psi_B = 0,00 \rightarrow (\text{por empotramiento en la base})$$

Deberán tomarse en cuenta las siguientes ecuaciones para determinar el factor:

La figura R 6.2.5 y la tabla 6.6.3.1.1 indican las ecuaciones para el cálculo de momentos de inercia de la sección transversal.

$$K = \frac{I}{L} \quad ; \quad I = \frac{1}{12} * b * h^3$$

- Factor de longitud efectiva de pandeo

$$K = \frac{20 - \Psi_{prom}}{20} * \sqrt{1 + \Psi_p} \rightarrow \text{para } \Psi_p < 2$$

$$K = 0,9 * \sqrt{1 + \Psi_p} \rightarrow \text{para } \Psi_p \geq 2$$

$$\Psi_p = \frac{\Psi_A + \Psi_B}{2}$$

Donde:

$K$ = factor de longitud efectiva de pandeo

$\Psi_p$  = coeficiente promedio del grado de empotramiento

- Cálculos para el diseño de la columna
  - Coeficiente grado de empotramiento

Tabla LIX. **Inercia y rigidez en elementos estructurales sentido X**

Elemento	Tramo	Base (m)	Altura (m)	Longitud (m)	Inercia (m <sup>4</sup> )	Rigidez
Columna	A-D	0,35	0,35	3	0,00125052	0,00041684
	B-E	0,35	0,35	3	0,00125052	0,00041684
	C-F	0,35	0,35	3	0,00125052	0,00041684
Viga	A-B	0,3	0,5	6	0,003125	0,00052083
	B-C	0,3	0,5	6	0,003125	0,00052083

Fuente: elaboración propia.

Al determinar el coeficiente del grado de empotramiento, se obtiene:

$$\Psi_A = \frac{(0,00041684 + 0,00041684 + 0,00041684)}{(0,00052083 + 0,00052083)} = 1,20$$

$$\Psi_B = 0,00 \rightarrow \text{por caso de empotramiento}$$

$$\Psi_p = \frac{1,20 + 0,00}{2} = 0,60$$

- Factor de longitud efectiva
  - Para  $\Psi_p < 2$

$$K = \frac{20 - 0,60}{20} * \sqrt{1 + 0,60} = 1,201$$

- Para  $\Psi_p \geq 2$

$$0,60 \geq 2 \rightarrow \text{No cumple}$$

$$K = 0,00$$

- Efecto de esbeltez

$$E = \frac{K * Lu}{\sigma}$$

$$E = \frac{1,201 * 3,00}{0,3(0,35)} = 35,06$$

La relación de esbeltez entra en el rango de  $22 \leq E < 100$ , dado que  $E = 35,06$ , por lo tanto, la clasificación de la columna sería:

$$22 \leq 35,06 < 100 \rightarrow \text{Columna intermedia}$$

Al verificar los valores de esbeltez en sentido Y, se tiene que:

Tabla LX. Inercia y rigidez en elementos estructurales sentido Y

Elemento	Tramo	Base (m)	Altura (m)	Longitud (m)	Inercia (m <sup>4</sup> )	Rigidez
Columna	A-D	0,35	0,35	3	0,00125052	0,00041684
	B-E	0,35	0,35	3	0,00125052	0,00041684
	C-F	0,35	0,35	3	0,00125052	0,00041684
	D-H	0,35	0,35	3	0,00125052	0,00041684
Viga	A-B	0,3	0,5	6	0,003125	0,00052083
	B-C	0,3	0,5	6	0,003125	0,00052083

Fuente: elaboración propia.

$$\Psi_A = 1,60$$

$$\Psi_B = 0,00 \rightarrow \text{por caso de empotramiento}$$

$$\Psi_{prom} = 0,80$$

$$K = 1,288$$

$$E = 36,80 \text{ (Clasificación columna intermedia)}$$

Tanto en X como en Y, el diseño dictamina que los momentos deben magnificarse para el correcto diseño del elemento.

- Magnificación de momentos
  - Factor de flujo plástico

$$Bd = \frac{CM_u}{Cu_{total}}$$

$$Bd = \frac{22\ 260,00}{40\ 152,00} = 0,554$$

- Material total

$$EI = \frac{Ec * I}{2,5 * (1 + Bd)}$$

Donde:

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

I= inercia de columna

$$I = \frac{1}{12} * (35) * (35)^3 = 125\ 52,00$$

$$EI = \frac{15\ 100 \sqrt{210} * 125\ 052,00}{2,5 * (1 + 0,554)} = 7\ 041\ 685\ 106,77\ kg - cm^2$$

$$EI = 704,17\ t - m^2$$

- Carga crítica de Euler

De acuerdo con la sección 6.6.4.4.4 se muestra la manera de determinar el  $P_c$  para columnas no compuestas.

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

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 * (704,17)}{(1,23 * 3,00)^2} = 512,88\ ton$$



- Factor de ampliación de momento

Según se indica en la sección 6.6.4.6.2b se muestra la ecuación para magnificar el momento:

$$\delta = \frac{1}{1 - \frac{P_u}{\phi * P_{cr}}} \geq 1$$

Donde:

$\phi = 0,70$  para estribos

$$\delta = \frac{1}{1 - \frac{45,38}{0,70 * 512,88}} \geq 1 \rightarrow \delta = 1,14 \geq 1$$

- Momento de diseño modificado

$$M_x = 1,14 * -2 535,58 = -2 885,09 \text{ kg} - m$$

$$M_y = 1,14 * -1 757,26 = -1 999,48 \text{ kg} - m$$

- Refuerzo longitudinal

El ACI 318-14 propone un caso en consideración que todas las columnas sean de tipo de carga axial y momento biaxial. El método que se utilizará es el Bressler para la forma de aproximar el perfil hacia la superficie en donde ocurrirá la falla.

- Determinación de los límites de acero

Conforme a la sección 18.7.5 se determina el refuerzo transversal,

Para el cálculo del área de acero de la columna debe tomarse en consideración que deberá estar contenida en el siguiente rango:

$$1 \% A_g \leq A_s \leq 8 \% A_g$$

$$A_{s_{min}} = 0,01(35 * 35) = 12,25 \text{ cm}^2 \quad A_{s_{max}} = 0,08(35 * 35) = 98,00 \text{ cm}^2$$

- Propuesta de armado

Propuesta de armado =  $0,015 A_g$

Armado =  $0,015 (35 * 35) = 18,38 \text{ cm}^2$

- Armado que se utilizará

La propuesta de acero constará de cuatro varillas N°. 8 para cubrir el acero propuesto, de la siguiente forma:

$$\frac{\pi}{4} \left( \frac{8}{8} * 2,54 \right)^2 = 5,07 \text{ cm}^2 * 4 \text{ varillas} = 20,27 \text{ cm}^2$$

- Diseño de columna con diagrama de iteración

Primero se calcula que gráfica se utilizará:

- Valor de la gráfica

$$\gamma = \frac{b_{col} - (2 * recubrimiento)}{h_{col}}$$

$$\gamma = \frac{0,35 - 2(0,03)}{0,35} = 0,83 \cong 0,85$$

Se procede a encontrar los valores de k por medio de las gráficas, para lo cual se utilizan las siguientes ecuaciones:

- Valor de la curva

$$P_{\mu} = \frac{A_s * f_y}{A_g * f'_c * 0,85} = \frac{20,27 * 2\ 810}{1\ 225 * 210 * 0,85} = 0,26$$

- Valor de la diagonal

$$E_{x,y} = \frac{M_{x,y}}{P_u} = \frac{\left(\frac{2\ 890,56\ kg - m}{45\ 376,80\ kg}\right)}{0,35\ m}; \frac{\left(\frac{2\ 003,28\ kg - m}{45\ 376,80\ kg}\right)}{0,35\ m}$$

$$\frac{E_x}{h_x} = -0,18 ; \frac{E_y}{h_y} = -0,13$$

- Variables de Bressler

$$K'_x = 0,64$$

$$K'_y = 0,42$$

- Cargas de resistencias de columna con ambas excentricidades

$$P'_{ux,uy} = K'_{x,y} * f'c * b * h$$

$$P'_{ux} = 0,64 * 210 * 35 * 35 = 164\ 640,00\ kg$$

$$P'_{uy} = 0,42 * 210 * 35 * 35 = 108\ 045,00\ kg$$

Por último, se calcula la carga última que resistirá la columna sin la excentricidad; es decir, la carga axial pura, por medio de la siguiente ecuación:

$$P'_o = \phi [0,85 * f'c * (A_g - A_s) + A_s * f_y]$$

$$P'_o = 0,70 * [0,85 * 210 * (1\ 225 - 20,27) + 20,27 * 2\ 810] = 190\ 402,10\ kg$$

- Se aplica la fórmula de Bressler de la siguiente forma:

$$P'_u = \frac{1}{\left(\frac{1}{P'_{ux}}\right) + \left(\frac{1}{P'_{uy}}\right) + \left(\frac{1}{P'_o}\right)} = 48\ 587,58\ kg$$

Se debe determinar si cumple la condición establecida:  $P'_u > Pu$ . Entonces,  $48\ 587,58 > 46\ 533,10\ kg$ ; como el área de acero propuesto cumple la condición, está bien. En dado caso la condición no cumpliera, se deberá aumentar el área de acero o la sección de la columna.

- Refuerzo transversal

$$V_c = 0,85 * 0,53 \sqrt{f'c} * b * d$$

$$V_c = 0,85 * 0,53 \sqrt{210} * 35 * 30,10 = 6\ 877,63\ kg$$

$$V_a = 1\,430,96 \text{ kg}$$

- Separación máxima

$$\text{Como } V_c > V_a \rightarrow 6\,877,63 \text{ kg} > 1\,430,96 \text{ kg}$$

Se deberá utilizar la separación de estribos que está dada por la siguiente condición:

- $S = D/2$

$$S = \frac{30,10}{2} = 15,05$$

- Confinamiento de columna

A tener en consideración las siguientes condiciones, se establece el confinamiento.

- $L/6 = 3\text{m}/6 = 0,50 \text{ m}$  (un sexto de la luz libre del elemento).
- Lado mayor columna = 0,35 m (altura del elemento en la cara de nudo o la sección en donde se puede dar fluencia por esfuerzos a flexión).
- 450 mm

Se utilizará el caso 1 debido a que es el valor más crítico de las tres condiciones; por lo tanto, el confinamiento será de 0,50 m.

- Determinación de la relación volumétrica

$$\rho_{s1} = 0,45 * \left( \frac{Ag}{Ach} - 1 \right) * \left( \frac{0,85 * f'c}{fy} \right) ; \rho_{s2} \geq 0,12 \left( \frac{f'c}{fy} \right)$$

Donde:

$\rho_s$  = relación volumétrica

$Ag$  = área gruesa (35\*35)

$Ach$  = área de la sección transversal de un elemento, que es medida a partir de los bordes exteriores,  $35 - 2 * (3,00) = 29$

Se deberá cumplir con la siguiente condición:

$$\rho_{s1} > \rho_{s2}$$

$$\rho_{s1} = 0,45 * \left( \frac{35 * 35}{29 * 29} - 1 \right) * \left( \frac{0,85 * 210}{2810} \right) = 0,01305$$

$$\rho_{s2} \geq 0,12 \left( \frac{210}{2810} \right) = 0,00897$$

$$0,01305 \geq 0,00897 \rightarrow Ok$$

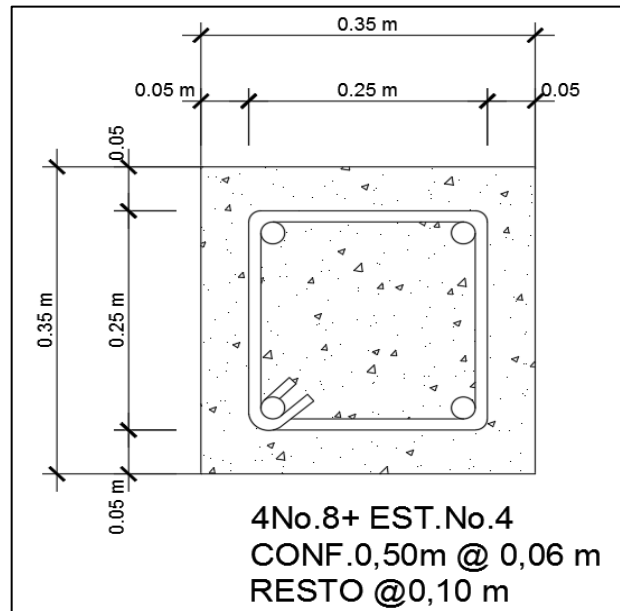
Se utilizará el dato mayor el cual es  $\rho_s = 0,01305$

- Determinación del espaciamiento de estribos en zona de confinamiento

$$S = \frac{2 * \text{Area varilla}}{\rho_s * Ln} = \frac{2 * 1,27 \text{ cm}^2}{0,01305 * 29,00 \text{ cm}} = 6,70 \text{ cm}$$

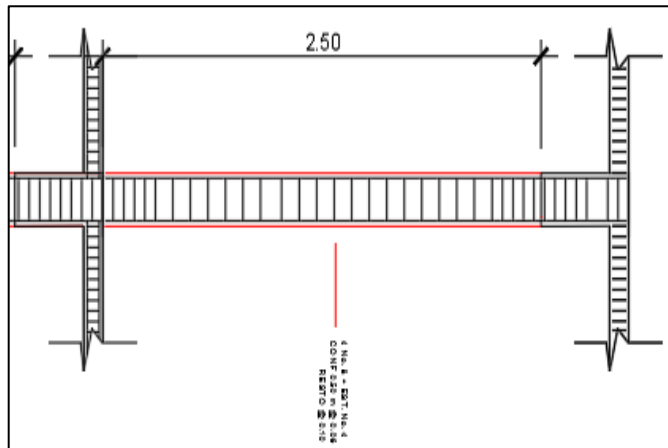
El diseño de la columna tendrá un armado final de cuatro varillas N°. 8 en el refuerzo longitudinal y el esfuerzo transversal contará con estribos N°. 4 confinados a 0,50 m a cada 6 cm y el resto serán a cada 10 cm.

Figura 51. **Detalle de armado de columna**



Fuente: elaboración propia, utilizando AutoCAD 2018.

Figura 52. **Detalle de confinamiento de columna**



Fuente: elaboración propia, utilizando AutoCAD 2018.

#### **2.2.7.4. Diseño de cimentación**

Los cimientos o cimentaciones se pueden clasificar como un conjunto de elementos estructurales en una edificación y su objetivo principal es la transmisión de cargas propias al suelo en donde este apoyada, de tal manera que se distribuyan de forma que no sobrepase su presión de soporte o presión admisible. Para la correcta elección del tipo de cimentación deberá tomarse en cuenta el tipo de superestructura, la forma de aplicación de sus cargas y, en gran medida, la relación que existe entre las condiciones del suelo y la posibilidad económica del proyecto.

- Elección de tipo de cimentación:

Este proyecto es de un sistema estructural de marcos rígidos de concreto reforzado, de manera que los muros son totalmente independientes al sistema estructural que se está utilizando. Es por ello que su función principal en la



estructura es solo de separación, por esto son llamados muros de cerramiento. Para la conformación de estos muros se tendrán los diferentes tipos de solera que lo conforman y columnas; los muros tendrán una separación respecto a los marcos estructurales de 2,50 cm.

Para este diseño se utilizarán zapatas aisladas concéntricas de tipo cuadrado.

- Diseño de zapata aislada concéntrica de tipo cuadrado Z-1

Se utilizarán algunos valores que se determinaron en el diseño de la columna y los utilizados para determinar el valor soporte del suelo que son los siguientes:

Tabla LXI. **Datos para diseño de zapata cuadrada**

<b>Datos para el diseño</b>	
Pu col	45 376,80 kg
FCU col	1,48
Mx col	2 885,09 kg-m
My col	1 999,48 kg-m
Df	2,00 m
Ys	1,89 Ton/m <sup>3</sup>
Vs	36,43 Ton/m <sup>3</sup>
Peralte Z-1	0,35 m
Sección	1,50 m*1,50 m
Yc concreto	2,4 Ton/m <sup>3</sup>

Fuente: elaboración propia.

Según la sección 18.7.5.6 “la longitud de desarrollo de las barras longitudinales, en relación con las columnas con las zapatas, tendrán 300 mm,

de tal manera que para el diseño se considerara el peralte mínimo de zapata de 0,35 m, teniendo más del mínimo y se verificara si es el adecuado para los chequeos correspondientes”.

- Cargas y momentos de trabajo

$$P't = \frac{Pu}{FCU} ; M'_{tx-y} = \frac{M_{x,y}}{FCU}$$

Donde:

$P't$  = carga axial de trabajo sobre zapata

$M'_{tx-y}$  = momentos de trabajo según sentido

$M_{x,y}$  = momentos últimos según sentido

$Pu$  = carga axial última de columna

$FCU$  = factor de carga última de columna

Entonces:

$$P't = \frac{45\,376,80\text{ kg}}{1,48} = 30\,660,00\text{ kg}$$

$$M'_{tx} = \frac{2\,885,09\text{ kg} - m}{1,48} = 1\,949,38\text{ kg} - m$$

$$M'_{ty} = \frac{1\,999,48\text{ kg} - m}{1,48} = 1\,351,01\text{ kg} - m$$

- Predimensionamiento

Se deberá verificar si el área propuesta por la sección de zapata que se utilizará chequea con el área de la zapata de la siguiente forma:

- Área de zapata

$$A_{zap} = \frac{1,50 * P't}{V_s} = \frac{1,50 * 30\,660,00 \text{ kg}}{36\,420 \text{ kg/cm}^2} = 1,87 \text{ cm}^2$$

- Área de sección propuesta

$$A_{sec} = b * h = 1,50 \text{ m} * 1,50 \text{ m} = 2,25 \text{ m}^2$$

- Chequeo por presión sobre el suelo

Se deben calcular la carga máxima permisible que no deberá ser mayor al valor soporte del suelo, pero será mayor que la carga mínima permisible. El cálculo se realiza de la siguiente manera:

$$q_{m\acute{a}x} = \frac{P_{total}}{A_{sec}} + \frac{M'_{tx}}{S_x} + \frac{M'_{ty}}{S_y} ; q_{m\acute{i}n} = \frac{P_{total}}{A_{sec}} - \frac{M'_{tx}}{S_x} - \frac{M'_{ty}}{S_y}$$

Sabiendo que:

$$S_x = S_y = \frac{1}{6} * b * h^2 ; P_{total} = P't + P_{col_{1,2}} + P_{suelo} + P_{zapata}$$

- Calculando  $S_x$  y  $S_y$

$$S_x = S_y = \frac{1}{6} * 1,50 \text{ m} * (1,50 \text{ m})^2 = 0,5625 \text{ m}^2$$

- Calculando  $P_{total}$

$$P_{total} = 30\,660,00 \text{ kg} + (0,35 \text{ m} * 0,35 \text{ m} * 3,00 \text{ m} * 2\,400 \text{ kg/m}^3) + (0,35 \text{ m} * 0,35 \text{ m} * 4,50 \text{ m} * 2\,400 \text{ kg/m}^3) + (2,25 \text{ m}^2 * 2,00 \text{ m} * 1\,890 \text{ kg/m}^3) * (2,25 \text{ m}^2 * 0,30 \text{ m} * 1\,980 \text{ kg/m}^3) = 42\,990,00 \text{ kg}$$

- Determinación del chequeo por presión

$$q_{m\acute{a}x} = \frac{42\,990,00 \text{ kg}}{2,25 \text{ m}^2} + \frac{1\,949,38 \text{ kg}}{0,56 \text{ m}^2} + \frac{1\,351,01 \text{ kg}}{0,56 \text{ m}^2} = 25\,000,22 \text{ kg/m}^2$$

$$q_{min} = \frac{42\,990,00 \text{ kg}}{2,25 \text{ m}^2} - \frac{1\,949,38 \text{ kg}}{0,56 \text{ m}^2} - \frac{1\,351,01 \text{ kg}}{0,56 \text{ m}^2} = 13\,213,11 \text{ kg/m}^2$$

- Comparación del valor soporte al chequeo por presión

Como  $V_s > q_{m\acute{a}x} \rightarrow 36\,430,00 \text{ kg/m}^3 > 25\,000,22 \text{ kg/m}^2$ , de tal manera el  $q_{min} > 0$ , entonces la sección de zapata propuesta de (1,50 m x 1,50 m) es adecuada y soportará las presiones que se ejercerán en el suelo.

- Presión última de diseño

La presión de la zapata está distribuida en forma variable, por lo tanto, deberá diseñarse con la presión máxima permisible al ser este el más crítico, además de considerarse la siguiente condición para su diseño:

$$q_{dise\tilde{n}o} = q_{m\acute{a}x} * FCU$$

$$q_{dise\tilde{n}o} = 26\,129,09 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} * 1,48 = 38\,671,05 \text{ kg/m}^2$$

- Peralte efectivo de zapata

Se propone una varilla N°. 6 que tiene un  $\varnothing = 1,91 \text{ cm}$  y se tiene en cuenta que, según el código ACI 318-14, el espesor mínimo de recubrimiento es de 7,50 cm.

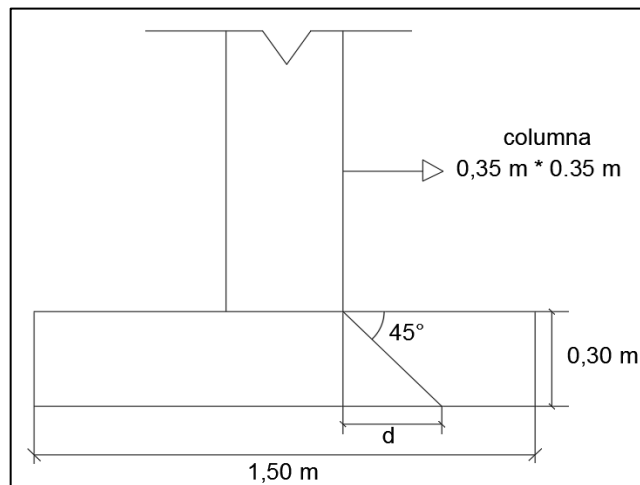
$$d_{zapata} = t_{zapata} - rec_{ACI} - \frac{\varnothing_{varilla}}{2}$$

$$d_{zapata} = 35 \text{ cm} - 7,50 \text{ cm} - \frac{1,91 \text{ cm}}{2} = 26,55 \text{ cm}$$

- Chequeo por corte simple

El esfuerzo cortante en una zapata es un tipo de falla que se ocasiona a una distancia horizontal igual al peralte efectivo ( $d_{zapata}$ ) al borde de la columna, ocurre en forma de diagonal más o menos a  $45^\circ$ .

Figura 53. Corte simple en zapata



Fuente: elaboración propia, utilizando AutoCAD 2018.

- Corte actuante simple

$$V_{act} = A_{cz} * q_{diseño}$$

$$A_{cz} = bz * \left( \frac{bz - bcol}{2} - dz \right)$$

Donde:

$V_{act}$  = corte actuante

$A_{cz}$  = área de corte actuante de zapata

$q_u$  = presión última

- Cálculo del área de corte actuante para zapata

$$A_{cz} = 1,50 \text{ m} * \left( \frac{1,50 \text{ m} - 0,35 \text{ m}}{2} - 0,2655 \text{ m} \right) = 0,4643 \text{ m}^2$$

- Cálculo del corte actuante

$$V_{act} = 0,46 \text{ m}^2 * 38\,671,05 * 210 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} = 17\,953,03 \text{ kg}$$

- Corte resistente

$$V_r = 0,85 * 0,53 * \sqrt{f'c} * b * d$$

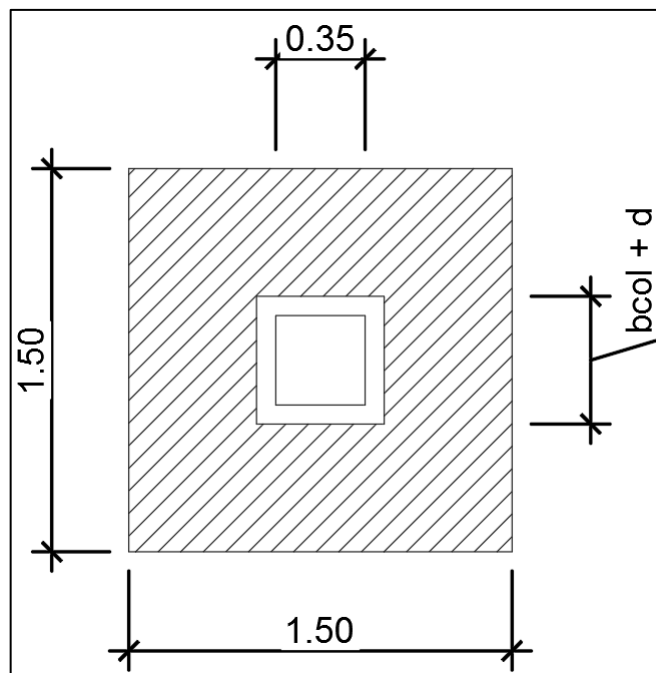
$$V_r = 0,85 * 0,53 * \sqrt{210 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}} * 150 \text{ cm} * 26,55 \text{ cm} = 25\,999,21 \text{ kg}$$

Entonces al hacer la comparación del corte resistente contra el corte actuante, se tiene  $V_r > V_{act} = 25\,999,21\text{ kg} > 17\,953,03\text{ kg}$ , esto significa que el espesor de zapata que se propuso resistirá el corte simple.

- Corte por punzonamiento

El corte por punzonamiento se produce por esfuerzos de corte que le trasfiere la columna a la zapata. Estos se generan a una distancia  $d_z/2$  del perímetro de la columna.

Figura 54. **Corte por punzonamiento a la zapata**



Fuente: elaboración propia, utilizando AutoCAD 2018.

- Cortante actuante por punzonamiento

$$V_{act} = A_{cp} * q_{diseño}$$

$$A_{cp} = A_z - (b_{col} + d_z)$$

Entonces:

$$A_{cp} = 2,25 \text{ m}^2 - (0,35 \text{ m} + 0,2655 \text{ m})^2 = 1,8711 \text{ m}^2$$

$$V_{acp} = 1,87 \text{ m}^2 * 38\,67,05 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} = 73\,314,86 \text{ kg}$$

- Cortante resistente por punzonamiento

$$V_r = \phi * 1,06 * \sqrt{f'c} * b_o * d$$

Donde:

$$b_o = 4 * (b_{col} + d_z)$$

$$b_o = 4 * (35 \text{ cm} + 26,55 \text{ cm}) = 246,20 \text{ cm}$$

Entonces:

$$V_r = 0,85 * 1,06 * \sqrt{\frac{210 \text{ kg}}{\text{m}^2}} * 246,20 \text{ cm} * 26,55 \text{ cm} = 85\,346,75 \text{ kg}$$

Al hacer la comparación del corte resistente contra el corte actuante, se tiene  $V_r > V_{act} = 85\,346,75 \text{ kg} > 73\,314,86 \text{ kg}$ ; esto significa que todo lo propuesto sigue siendo el adecuado.



- Diseño de refuerzo por flexión

Se deberá reforzar con acero para que el diseño de la zapata sea capaz de resistir el momento flector y este se diseña para una franja unitaria de 1,00 metro. Este momento flector último se debe analizar tomando la losa de forma de voladizo por medio de la siguiente ecuación:

$$M_{fu} = \frac{q_{diseño} * L^2}{2} * F.U$$

$$M_{fu} = \frac{38\,671,05 \text{ kg/m}^2 * \left(\frac{1,50 \text{ m}}{2} - \frac{0,35 \text{ m}}{2}\right)^2}{2} * 1,00 \text{ m} = 6\,392,81 \text{ kg} - \text{m}$$

- Cálculo de acero mínimo

$$A_{s_{min}} = \frac{14,1}{f_y} * b_{F.U} * d_z$$

$$A_{s_{min}} = \frac{14,1}{2\,810 \text{ kg/m}^2} * 100 \text{ cm} * 26,55 \text{ cm} = 13,32 \text{ cm}^2$$

- Acero requerido

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

$$A_{s_{req}} = \left[ (100 \text{ cm} * 26,55 \text{ cm}) - \sqrt{(100 \text{ cm} * 26,55 \text{ cm})^2 - \frac{6\,392,81 \text{ kg-m} * 100 \text{ cm}}{0,003825 * 210 \text{ kg/m}^2}} \right] * 0,85 * \frac{210 \text{ kg/m}^2}{2\,810 \text{ kg/m}^2}$$

$$A_{s_{req}} = 9,81 \text{ cm}^2$$

Por ser el  $A_{s_{min}} > A_{s_{req}}$ , se utilizará el valor más crítico para proponer el armado de la zapata:  $A_{s_{min}} = 13,32 \text{ cm}^2$ .

- Determinación del armado de acero en la zapata
  - Varillas

Utilizando varilla N°. 6

$$A_{var} = \frac{\pi}{4} * \left(\frac{6}{8} * 2,54 \text{ cm}\right)^2 = 2,85 \text{ cm}^2$$

$$cant \text{ var} = \frac{A_{s_{min}}}{A_{var}} = \frac{13,32 \text{ cm}^2}{2,85 \text{ cm}^2} = 5,67 \cong 6 \text{ varillas N}^\circ. 6$$

- Espaciamiento entre varillas

$$S = \frac{L}{cant \text{ var}} = \frac{100 \text{ cm}}{5} = 0,20 \text{ cm}$$

Se utilizará un espaciamiento de 0,20 cm.

- Refuerzo de acero eje Y

Identificando el  $d_y$  (peralte efectivo) de la varilla N°. 6

$$d_y = d_x - \phi_{var}$$

$$d_y = 26,55 \text{ cm} - \left(\frac{6}{8} * 2,54 \text{ cm}\right) = 24,65 \text{ cm}$$

- Acero mínimo para el  $d_y$

$$A_{S_{min}} = \frac{14,1}{f_y} * b_{F.U} * d_y$$

$$A_{S_{min}} = \frac{14,1}{2810 \text{ kg/m}^2} * 100 \text{ cm} * 24,65 \text{ cm} = 12,37 \text{ cm}^2$$

- Acero requerido para el  $d_y$

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

$$A_{S_{req}} = \left[ (100 \text{ cm} * 24,65 \text{ cm}) - \sqrt{(100 \text{ cm} * 24,65 \text{ cm})^2 - \frac{6392,81 \text{ kg-m} * 100 \text{ cm}}{0,003825 * 210 \text{ kg/m}^2}} \right] * 0,85 * \frac{210 \text{ kg/m}^2}{2810 \text{ kg/m}^2}$$

$$A_{S_{req}} = 10,61 \text{ cm}^2$$

Por ser el  $A_{S_{min}} > A_{S_{req}}$ , se utilizará el valor más crítico para proponer el armado de la zapata, que en este caso es el  $A_{S_{min}} = 12,37 \text{ cm}^2$ .

- Varillas

Utilizando varilla N°. 6

$$A_{var} = \frac{\pi}{4} * \left( \frac{6}{8} * 2,54 \text{ cm} \right)^2 = 2,85 \text{ cm}^2$$

$$cant \text{ var} = \frac{A_{S_{min}}}{A_{var}} = \frac{12,37 \text{ cm}^2}{2,85 \text{ cm}^2} = 5,34 \cong 6 \text{ varillas N}^\circ. 6$$

- Espaciamiento entre varillas

$$S = \frac{L}{cant\ var} = \frac{100\ cm}{5} = 0,20\ cm$$

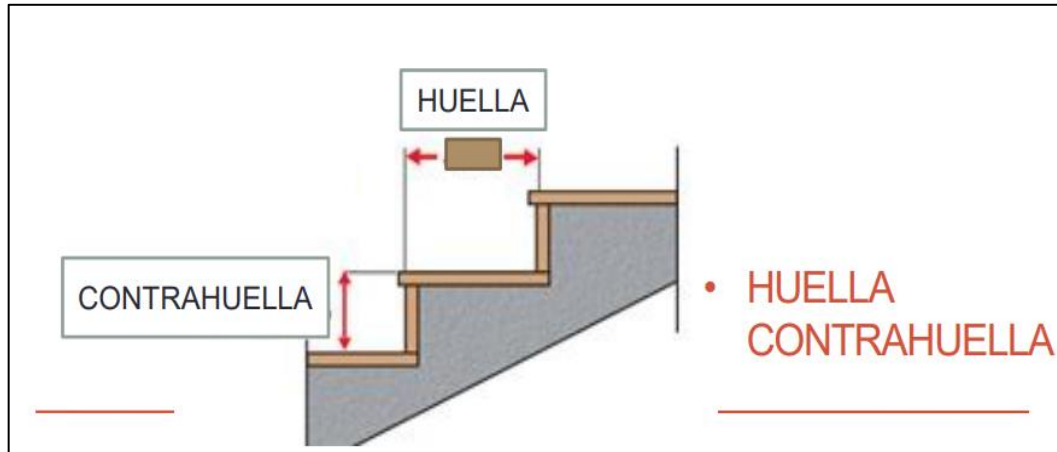
Se utilizará un espaciamiento de 0,20 cm.

#### **2.2.7.5. Diseño de módulo de gradas**

Los módulos de gradas son elementos estructurales diseñados con el fin de conectar dos o más ambientes de forma vertical. Entre los elementos que forman parte del módulo de gradas se pueden mencionar: la huella (H), que es un elemento de tipo horizontal; la contrahuella (C), que es un elemento de tipo vertical); y los escalones, que son los que estarán apoyados en una losa continua en forma de inclinación para que tenga la capacidad de resistencia bajo efectos de flexión.

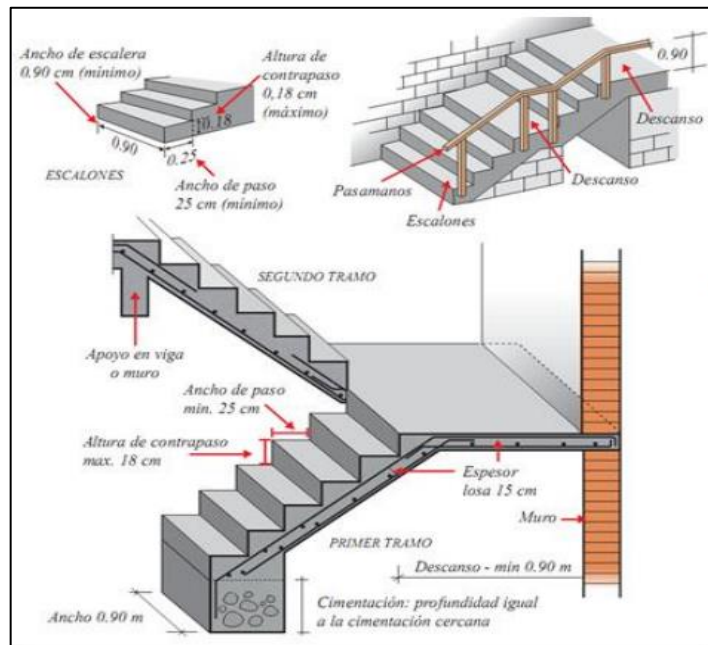
A continuación, se presentan los elementos que se deben tomar en cuenta para el diseño del módulo de gradas. Cabe mencionar que se tomarán en cuenta los requisitos que propone el *Manual de criterios normativos para el diseño arquitectónico de centros educativos oficiales* del Mineduc.

Figura 55. **Detalle de huella y contrahuella**



Fuente: Módulo de gradas. *Manual de técnica complementaria 2*, Ingeniería, USAC 2017.

Figura 56. **Elementos estructurales de un módulo de gradas**



Fuente: Módulo de gradas. *Manual de técnica complementaria 2*, Ingeniería USAC 2017.

Según el manual de módulo de gradas del curso de *Técnicas complementarias 2*, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, las siguientes son las condiciones para el diseño:

- Las escaleras pueden ser construidas dentro o fuera de la vivienda.
- Las escaleras contarán con un máximo de diecisiete pasos entre un piso y otro.
- Si el número es mayor, se deberá intercalar un descanso que tendrá como mínimo 0,90 m de longitud.
- En cada tramo de escalera, los pasos y los contrapasos serán uniformes, y deberán cumplir con un mínimo de 30 cm para las huellas y un máximo de 20 cm para la contrahuella.

Entonces se tiene lo siguiente:

Requisitos mínimos

Datos para diseño

Huella mínima = 30 cm

$$f'c = 210 \text{ kg/m}^2$$

Contra huella máxima= 20 cm

$$fy = 2810 \text{ kg/m}^2$$

Descanso mínimo = 0,90 m

$$h = 3,00 \text{ m}$$

Pasos máximos = 17

Según Morales, establece las siguientes relaciones que garantizan comodidad y funcionalidad al módulo de gradas:

- $C + H = 45 - 48 \text{ cm}$
- $C * H = 480 - 500 \text{ cm}^2$
- $2C + H \leq 64 \text{ cm}$
- $H > C$

Si propone una huella = 30 cm, contrahuella = 16 cm y un descanso = 2,20 m, y sentido largo de para gradas = 3,00 m.

- Número de huellas

$$No. H = \frac{L \text{ sent largo}}{\text{huella}} = \frac{3,00 \text{ m}}{0,30 \text{ m}} = 10$$

- Comprobando relaciones
  - $46 = 45 - 48 \text{ cm} \rightarrow Ok$
  - $480 = 480 - 500 \text{ cm}^2 \rightarrow Ok$
  - $62 \leq 64 \text{ cm} \rightarrow Ok$
  - $30 > 16$

Al determinar el número total de huellas para ambos sentidos, se tendrán un total de 19 huellas y 20 contrahuellas, según la siguiente expresión:  $H + 1 = C \leftrightarrow 19 + 1 = 20$ . La altura total se tomará como:  $H * C = h \leftrightarrow 19 * 0,16 = 3,04 \text{ m}$ .

- Integración de cargas

$$CU = 1,2 \text{ CM} + 1,6 \text{ CV}$$

Sabiendo que Carga viva =  $500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \rightarrow \text{Pasillos y escaleras}$

$$CU = 1,2 (0,16 * 2,20) * 2400 + 1,6 (500 * 2,20) = 2773,76 \text{ kg/m}^2$$

- Cálculo de momento negativo y positivos actuantes

$$M(-) = \frac{CU * L^2}{9} ; M(+) = \frac{CU * L^2}{14}$$

$$M(-) = \frac{2\,773,76 * (2,20)^2}{9} = 1\,491,68 \text{ kg} - \text{m} ; M(+) = \frac{3\,052,72 * (2,20)^2}{14} = 958,93 \text{ kg} - \text{m}$$

- Cálculo de refuerzo

Se utiliza un ancho unitario de 1,00 m y un d = 8 cm

- Acero mínimo

$$A_{s_{min}} = \frac{14,1}{f_y} * b * d = \frac{14,1}{2\,810} * 100 * 8 = 4,01 \text{ cm}^2$$

- Acero requerido

$$A_{s_{req}(\pm)} = \left[ b * d - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{Mu * b}{0,003825 * f'c}} \right] * 0,85 * \frac{f'c}{f_y}$$

$$A_{s_{req}(-)} = \left[ (100 * 8) - \sqrt{(100 * 8)^2 - \frac{1\,641,68 * 100}{0,003825 * 210}} \right] * 0,85 * \frac{210}{2\,810} = 8,89 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{req}(+)} = \left[ (100 * 8) - \sqrt{(100 * 8)^2 - \frac{1\,055,37 * 100}{0,003825 * 210}} \right] * 0,85 * \frac{210}{2\,810} = 5,52 \text{ cm}^2$$



- Cálculo del espaciamiento

El espaciamiento mínimo se define en la sección 25.4 del ACI 318-14

Utilizando varilla N°. 4

- Área de varilla

$$A_{var} = \left(\frac{4}{8} * 2,54\right) = 1,27 \text{ cm}^2$$

- Espaciamiento (-)

$$S(-) = \frac{1,27 \text{ cm}^2 * 100 \text{ cm}}{8,89 \text{ cm}^2} = 14,29 \text{ cm}$$

Se deberá utilizar la varilla N°. 4 a cada 10 cm

- Espaciamiento (+)

$$S(+) = \frac{1,27 \text{ cm}^2 * 100 \text{ cm}}{5,52 \text{ cm}^2} = 23,00 \text{ cm}$$

Se deberá utilizar la varilla N°. 4 a cada 20 cm

- Espaciamiento máximo

$$S_{max} = 2t = 2(0,16) = 0,32 \text{ cm}$$

$$As_t = 0,002b * t = 0,002(100) * (16) = 3,20 \text{ cm}^2$$

Para este espaciamiento se recomienda varilla N°. 4 a cada 0,30 cm

### 2.2.7.6. Diseño de rampa

Las rampas son elementos que facilitan la alternativa de la solución de escaleras para personas que sufren algún tipo de discapacidad; las rampas son esenciales para los edificios escolares pues esto proveerá que no se le limite la educación a ninguna persona. El ancho mínimo de una rampa deberá proponerse a partir de 1 m.

A continuación, se describe el análisis y diseño de rampa

- Sentido de losa

a= 1,20 m

b= 4,50 m

$$a/b = 1,20/4,50 = 0,27 \text{ m} < 0,5 \text{ losa en un sentido}$$

- Peralte de losa

$$t_{rampa} = \frac{L}{24} = \frac{1,20}{24} = 0,05 \text{ m}$$

Dado que el espesor es muy pequeño y no cumple con lo requerido, se propondrá un espesor de 10 cm.

- Integración de cargas

- Carga muerta

$$C_m = (0,10 * 2\ 400) + 86 = 326\ kg/m^2$$

$$C_{v_{rampa}} = 500\ kg/m^2$$

- Carga última

$$C_{u_{rampa}} = 1,2\ C_m + 1,6\ C_v$$

$$C_{u_{rampa}} = 1,2\ (326) + 1,6\ (500) = 1\ 191,20\ kg/m^2$$

- Momentos de empotramiento

Se analizará para una franja unitaria de ancho de 1 m.

$$M(-) = \frac{CU * L^2}{9} \quad ; \quad M(+) = \frac{CU * L^2}{14}$$

$$M(-) = \frac{1\ 191,20 * (1,00)^2}{9} = 1\ 32,36\ kg - m \quad ; \quad M(+) = \frac{1\ 191,20 * (1,00)^2}{14} = 85,09\ kg - m$$

- Peralte efectivo

Utilizando varilla N°. 3

$$d_{rampa} = 10\ cm - 2,50\ cm - \frac{0,95\ cm}{2} = 7,02\ cm$$

- Acero mínimo

$$A_{S_{min}} = \frac{14,1}{f_y} * b * d = \frac{14,1}{2810} * 100 * 7,02 = 3,52 \text{ cm}^2$$

- Acero requerido

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

$$A_{S_{req}(-)} = \left[ (100 * 7,02) - \sqrt{(100 * 7,02)^2 - \frac{132,36 * 100}{0,003825 * 210}} \right] * 0,85 * \frac{210}{2810} = 0,75 \text{ cm}^2$$

$$A_{S_{req}(+)} = \left[ (100 * 7,02) - \sqrt{(100 * 7,02)^2 - \frac{85,09 * 100}{0,003825 * 210}} \right] * 0,85 * \frac{210}{2810} = 0,48 \text{ cm}^2$$

Entonces:

$$0,75 \text{ cm}^2 < 3,52 \text{ cm}^2$$

$$0,48 < 3,52 \text{ cm}^2$$

En ambos casos el diseño se hará con el acero mínimo por ser el dato mayor. La propuesta será de varilla N°. 3 a cada 15 cm.

- Determinando acero por temperatura

$$A_{S_{tem}} = 0,0020 * b_{rampa} * d_{rampa}$$

$$A_{S_{tem}} = 0,0020 * 100 * 7,02 = 1,40 \text{ cm}^2$$

- Espaciamiento máximo

$$S_{max} = 2 * t_{rampa}$$
$$S_{max} = 2 * 0,10 \text{ cm} = 0,20 \text{ cm}$$

El acero por temperatura irá con varilla N°. 3 a cada 20 cm.

#### **2.2.7.7. Nudo sísmico**

Se supone que el análisis columna fuerte-viga débil evita las roturas plásticas que se presentaran en la viga durante la acción sísmica.

La manera en que se comportan los nodos de viga y columna busca brindar completa estabilidad a las estructuras que están hechas por concreto estructural. Cuando se pierde rigidez y resistencia, el nodo puede quedar vulnerable y producir así fallas en general en toda la estructura,

De acuerdo con el código ACI 352 2002, los nodos pueden clasificarse en dos tipos:

- El nodo 1: Se encargan de la unión de miembros que se diseñan para que sean capaces de resistir de permanencia cargas gravitacionales y de viento. Para este diseño no se consideran requisitos especiales que sean a fines de brindar ductilidad, ya que por la naturaleza de la estructura no se espera que se presenten deformaciones inelásticas que sean de gran magnitud.
- El nodo 2: Se encargan de unir miembros que son diseñados estrictamente para resistir todas las acciones del nodo 1, además de

cargas eólicas de gran magnitud, cargas sísmicas y explosiones. En este diseño sí deben considerarse algunos requisitos especiales que sean a fin de brindar ductilidad, y con esto pues se requiere que la estructura libere la energía a un intervalo inelástico.

Estos nodos pueden ser interiores, exteriores y de esquina

Además, el Código ACI 318-14, en su sección 18.8, muestra algunos parámetros que debe de cumplir el nodo, las cuales tomándolas literalmente indican lo siguiente:

- 18.8.2.1 Las fuerzas en el refuerzo longitudinal de la viga en la cara del nudo debe determinarse suponiendo que la resistencia en el refuerzo de tracción por flexión es de  $1,25 * f_y$ .
- 18.8.2.2 El refuerzo longitudinal de una viga que termine en una columna, debe prolongarse hasta la cara del núcleo confinado de la columna más distante y anclarse en tracción.
- 18.8.2.3 Donde el refuerzo longitudinal de la viga atraviese el nudo viga-columna, la dimensión no deberá ser mayor que 20 veces el diámetro de la barra longitudinal de viga de mayor diámetro.
- 18.8.2.4 La altura  $h$  del nudo no debe ser menor que la mitad de la altura de cualquier viga que llegue al nudo.

### 2.2.7.7.1. Forma de falla

- La falla dúctil se presenta por flexión en las vigas que se encuentran de manera adyacente al nodo, o bien se dan cuando estas presentan roturas plásticas la viga. La viga permite la liberación de energía por medio de deformaciones sin que esta pierda su resistencia en la estructura.
- La falla dúctil por flexión en las columnas que se encuentran de manera adyacente al nodo debe evitarse debido a que las columnas pueden generar un tipo de falla o inclinación que quedará de manera permanente en la estructura y, de tal manera, será casi imposible de reparar.
- La falla por pérdida de recubrimiento del acero de refuerzo longitudinal de las columnas que se encuentran en el núcleo del nodo es poco común y debe evitarse de cualquier manera; al perderse el recubrimiento establecido en el diseño, se reducirá la capacidad que tendrá esa columna de soportar a compresión y, de tal manera, fallará.
- La pérdida por adherencia del acero es de vital importancia que no se presente nunca, porque hará que la estructura sea incapaz de transferir el cortante lateral.
- La falla por corte se da cuando se presentan roturas plásticas y se reduce la capacidad que tendrá la estructura de liberar la energía inelástica; es por ello, que se debe velar porque no se presente.

Con un adecuado diseño de nodos sísmicos se pretende confinar de la mejor manera los diferentes elementos estructurales que conformarán la

estructura, para que estas tengan un adecuado comportamiento ante un movimiento sísmico. Así también prevenir fallas frágiles que puedan presentarse por corte, es por ello que los nodos se diseñan a modo que tengan la capacidad de cubrir la demanda de las fuerzas cortantes que se presenten durante el evento sísmico y, por último, brindar un adecuado anclaje o suficiente longitud de desarrollo para que los elementos como viga y columna sean capaces de transferir sus esfuerzos de tensión unos con otros para que el sistema sea monolítico en sus transferencias de esfuerzos.

#### **2.2.7.7.2. Criterios de diseño**

A continuación, se presentan algunos criterios que deben considerarse para el correcto diseño de los nodos sísmicos de viga–columna:

- Ante una posible disminución de la resistencia del nodo, la resistencia de la columna no deberá disminuir.
- Cuando se presenten sismos de acción moderada, los nodos no deben pasar del rango elástico al rango inelástico.
- Cuando el nodo se deforme, este no debe intervenir ante un desplazamiento del entrepiso.
- La resistencia deberá ser por lo menos igual o, de preferencia mayor, que la resistencia de los elementos que se le conecten.
- Cuando se diseñe el nodo sísmico, estos no deben contener excesivo acero, de otra manera, estos no deben estar sobre diseñados.



Lo recomendado es que los nodos dispongan de carteleras en los extremos de las vigas, así también se debe doblar el acero longitudinal de las caras superiores e inferiores. Se deberá también aumentar la cantidad necesaria de acero de refuerzo en estas mismas caras, de manera que, si el acero de refuerzo superior es 25 %, el de refuerzo deberá ser de al menos el 50 % del superior y el de la resistencia al corte debe ser al menos el 30 %, también del superior.

Utilizando la sección 18.8.4.1 del ACI 318-14, se procede a calcular la resistencia cortante del nudo:

Entonces

$$V_n = 5,3 * \lambda * \sqrt{f'c} * A_j$$

Donde:

$V_n$  = resistencia cortante del nudo

$\lambda$  = valor 1 para concreto normal

$A_j$  = Área del nudo

$$V_n = 5,3 * \lambda * \sqrt{f'c} * A_j$$

$$V_n = 5,3 * 1 * \sqrt{210 \frac{kg}{cm^2}} * 35 \text{ cm} * 35 \text{ cm}$$

$$V_n = 94\ 085,26 \text{ kg} * 0,75 = 70\ 563,95 \text{ kg}$$

Al tener en cuenta que el cortante en el nudo, debido a los mayores momentos que se producen en la viga, es menor (determinado por la sección 18.8 del ACI 318-14), tendrá que confinarse con estribos de la misma manera que la columna.

- Chequeo a corte

Según lo establecido por el capítulo 18, sección 18.7.3.2 y tomando los valores de la sección de diseño de viga 2.2.7.2 *Diseño de vigas*.

se debe de cumplir con lo siguiente:

$$\sum M_{nc} \geq \frac{6}{5} * \sum M_{nb}$$

$$a = \frac{1,25 * A_s * f_y}{0,85 * f'_c * b}$$

$$M_p = 1,25 * f_y * A_s * \left( d - \frac{a}{2} \right)$$

Entonces:

$$a_{izq} = \frac{1,25 * 3,59 * 2\ 810}{0,85 * 210 * 30} = 2,35\ cm$$

$$a_{der} = \frac{1,25 * 7,61 * 2\ 810}{0,85 * 210 * 30} = 5,00\ cm$$

$$M_{p\ izq} = \frac{1,25 * 2\ 810 * 3,59 * \left( 44,10 - \frac{2,35}{2} \right)}{100} = 5\ 412,79\ kg - m$$

$$M_{p,der} = \frac{1,25 * 2\,810 * 7,61 * \left(44,10 - \frac{5,00}{2}\right)}{100} = 11\,119,73 \text{ kg} - m$$

La carga axial de la columna es de  $P_u = 46,53$  toneladas y cuenta con un momento nominal de  $34,12$  toneladas metro, ambos momentos para el primer y segundo nivel son iguales, ya que la sección es la misma.

Por lo tanto, se tiene que:

$$\sum M_{nc} \geq \frac{6}{5} * \sum M_{nb}$$

$$2 * (34,12) \geq \left(\frac{6}{5}\right) (5,41 + 11,12)$$

$$68,24 \text{ ton} - m \geq 19,84 \text{ ton} - m$$

De manera que se ha comprobado que la columna cumple con el criterio establecido de columna fuerte-viga débil. Para este proyecto se cumplieron de manera correcta todos los lineamientos que se mencionaron con anterioridad, con el fin de brindar el óptimo desempeño estructural en los diferentes nodos de viga–columna que se tenían en el edificio.

### **2.2.8. Instalaciones hidráulicas y eléctricas**

Las instalaciones hidráulicas y eléctricas son indispensables para que el edificio escolar tenga un óptimo funcionamiento.

### 2.2.8.1. Instalaciones eléctricas

Estas instalaciones deben suplir las condiciones requeridas, y deben diseñarse de acuerdo con la cantidad de personas que harán usos de los distintos servicios.

- Iluminación

Para la iluminación es necesario establecer si el circuito no excederá la corriente permisible de caja de fliplón, y se puede determinar por medio de la siguiente ecuación:

$$I = \frac{P}{V}$$

Donde:

$I$  = corriente en amperios

$P$  = potencia en watts

$V$  = voltaje en volts

La alimentación eléctrica del edificio será de 120 volts; para tal caso, se utilizarán plafoneras que serán capaces de soportar 100 watts. En los circuitos se recomienda utilizar un máximo de 10 plafoneras en promedio. Se propone un circuito en cada nivel; para tal caso en el segundo nivel se utilizarán 13 plafoneras, lo cual incluye también el módulo de gradas. En el primer nivel se propone utilizar 11 plafoneras.

$$P = 100 * 13 = 1\ 300\ \text{watts}$$

$$I = \frac{1\,300 \text{ watts}}{120} = 11 \text{ amperios}$$

Entonces, la cantidad de plafoneras que se colocarán no sobrepasa la corriente permisible de la caja de flipones, que es de 20 amperios.

- **Fuerza**

Se tomarán tomacorrientes que consuman 180 watts; el circuito deberá contener un máximo de siete tomacorrientes, en promedio. Se contemplarán nueve, dado que, por ser salones de clases, estos no tendrán mayor cantidad de aparatos eléctricos para conectar en el circuito.

$$P = 180 * 9 = 1\,620 \text{ watts}$$

$$I = \frac{1\,620 \text{ watts}}{120 \text{ volts}} \cong 14 \text{ amperios}$$

Entonces, la corriente que se produce por el total de tomacorrientes para el primer nivel no sobrepasa tampoco la corriente permisible de la caja de flipones.

### **2.2.8.2. Instalaciones hidráulicas**

Esta es una ampliación de construcción de un módulo de aulas de dos niveles para una escuela que ya está construida. Dicha escuela cuenta con su propio sistema de drenaje, de la misma forma, tiene un abastecimiento de agua potable; es por ello que para este edificio solo se considera el diseño de la instalación hidráulica de las bajadas de aguas pluviales.

- Cálculo de caudal

Para aguas pluviales se determina por medio del método racional propuesto por la siguiente ecuación:

$$Q = \frac{C * I * A}{360}$$

Donde:

$Q$  = caudal

$C$  = coef. escorrentía de la tubería para superficies de concreto  $c = 1,2$

$I$  = intensidad de lluvia

$A$  = área del techo

- Determinación de la intensidad de lluvia

Si se asume un tiempo de concentración de 30 minutos, se tiene que:

$$I = \frac{1\ 008}{(t + 4)^{0,668}} = \frac{1\ 008}{(0,5\ hora + 4)^{0,668}} = 370\ mm/hora$$

- Con base en el método racional para el cálculo del caudal, se tiene:

$$Q = \frac{1,2 * 370\ mm/hora * 0,0027\ h.a}{360} * 1000 = 3,33\ L/s$$

Para poder transportar este caudal de 3,33 L/s, se utilizarán dos tubos de PVC de 6 pulgadas de diámetro en cada módulo, lo cual implica que serán dos

tubos por cada módulo de aulas y dos para el módulo de gradas. Esto hace un total de seis tubos para la correcta descarga de aguas pluviales.

### **2.2.9. Planos constructivos**

La elaboración de planos constará de los siguientes:

- Elevaciones
- Planta amueblada y acotada
- Planta de iluminación y fuerza
- Planta de bajada de aguas pluviales
- Planta de acabados
- Detalle de armado de losas
- Detalle de cimentaciones y armado de zapatas
- Detalle de cajón de módulo de gradas
- Detalle de armado de columnas
- Detalle de corte de vigas
- Detalle de armado de vigas
- Detalle de módulo de rampa y nudo sísmico.

### **2.2.10. Resumen de presupuesto**

Se presenta el presupuesto para el edificio escolar, este se realizó en base a la integración de precios unitarios, integración de costos directos, mano de obra y materiales de construcción.

Tabla LXII. Presupuesto edificio escolar

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA						
Proyecto: DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES						
Ubicación: SECTOR 2, SAN JULIÁN, MUNICIPIO DE CHINAUTLA, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA						
INTEGRACION DE PRECIOS UNITARIOS						
No.	Descripción del ítem	Unidad	Cantidad	P. U	Total	%
1	Limpieza preliminar	M2	144.00	Q 71.77	Q 10,334.75	1.04%
2	Trazo, estaqueado y nivelación	M2	144.00	Q 40.25	Q 5,795.99	0.58%
3	Excavación de zanja	ML	74.00	Q 104.74	Q 7,751.06	0.78%
4	Zapata Z-1	UNIDAD	12.00	Q 4,248.46	Q 50,981.51	5.13%
5	Zapata Z-2	UNIDAD	8.00	Q 4,085.84	Q 32,686.75	3.29%
6	Cimiento CC-1	ML	74.00	Q 671.98	Q 49,726.74	5.00%
7	Levantado en CC-1	M2	56.00	Q 328.49	Q 18,395.72	1.85%
8	Solera de humedad	ML	74.00	Q 228.03	Q 16,873.94	1.70%
9	Columna 1	ML	146.74	Q 583.01	Q 85,550.87	8.61%
10	Columna 2	ML	134.21	Q 229.92	Q 30,856.99	3.10%
11	Columna 3	ML	37.28	Q 218.98	Q 8,163.75	0.82%
12	Levantado de muro en solera de humedad	M2	221.00	Q 312.00	Q 68,952.00	6.94%
13	Solera intermedia	ML	135.24	Q 275.00	Q 37,191.00	3.74%
14	Losas	ML	280.00	Q 676.34	Q 189,375.20	19.05%
15	Viga 1	ML	64.46	Q 924.68	Q 59,604.87	6.00%
16	Viga 2	ML	35.48	Q 911.42	Q 32,337.18	3.25%
17	Viga 3	ML	12.74	Q 901.63	Q 11,486.77	1.16%
18	Repello total	M2	312.47	Q 94.18	Q 29,428.42	2.96%
19	Ventana V-1	UNIDAD	4.00	Q 1,200.00	Q 4,800.00	0.48%
20	Puerta P-1	UNIDAD	4.00	Q 1,400.00	Q 5,600.00	0.56%
21	Instalaciones eléctricas	UNIDAD	32.00	Q 736.14	Q 23,556.48	2.37%
22	Instalaciones hidráulicas	UNIDAD	3.00	Q 74.13	Q 222.39	0.02%
23	Piso cerámico	M2	300.00	Q 532.41	Q 159,723.00	16.07%
24	Pintura general	M2	522.00	Q 55.67	Q 29,059.74	2.92%
<b>TOTAL DEL PRESUPUESTO</b>					<b>Q 993,955.12</b>	<b>100.00%</b>
(*Novecientos noventa y tres mil, novecientos cincuenta y cinco con 12/100*)						

Fuente: elaboración propia.

### 2.2.11. Cronograma de ejecución

Se presenta el cronograma de ejecución para el edificio escolar.



Tabla LXIII. Cronograma de ejecución para la escuela

Meses de ejecución					Mes No.1				Mes No.2				Mes No.3				Mes No.4				
No.	Descripción del ítem	Unidad	Cantidad	%	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
1	Limpieza preliminar	M2	144.00	1.04%	■																
2	Trazo, estaqueado y nivelación	M2	144.00	0.58%		■															
3	Excavación de zanja	ML	74.00	0.73%		■															
4	Zapata Z-1	UNIDAD	12.00	5.13%			■														
5	Zapata Z-2	UNIDAD	8.00	3.29%			■														
6	Cimiento CO-1	ML	74.00	5.00%				■													
7	Levantado en CO-1	M2	56.00	1.85%					■												
8	Solera de humedad	ML	74.00	1.70%						■											
9	Columna 1	ML	145.74	8.61%							■										
10	Columna 2	ML	134.21	3.10%								■									
11	Columna 3	ML	37.28	0.82%									■								
12	Levantado de muro solera de humedad	M2	221.00	6.94%										■							
13	Solera intermedia	ML	135.24	3.74%											■						
14	Losas	ML	280.00	19.05%												■					
15	Viga 1	ML	64.48	6.00%													■				
16	Viga 2	ML	35.48	3.25%														■			
17	Viga 3	ML	12.74	1.16%															■		
18	Repele total	M2	312.47	2.96%																■	
19	Ventana V-1	UNIDAD	4.00	0.43%																	■
20	Puerta P-1	UNIDAD	4.00	0.56%																	■
21	Instalaciones eléctricas	UNIDAD	32.00	2.37%																	■
22	Instalaciones hidráulicas	UNIDAD	3.00	0.02%																	■
23	Piso cerámico	M2	300.00	16.07%																	■
24	Pintura general	M2	522.00	2.92%																	■

Fuente: elaboración propia.

### 2.2.12. Valor presente neto

El valor presente neto (VPN) es un procedimiento que permite calcular el valor presente de un determinado costo general; este puede definirse como la sumatoria de los flujos netos de caja anuales que, al ser exigidos a una tasa de

descuento o rendimiento mínimo requerido, se pueden comparar con el valor de la inversión inicial realizada en el presente.

El edificio escolar es una inversión de carácter social; no generará ganancias y de tal caso no es auto sostenible.

$$VPN = Ingresos - Egresos$$

$$VPN = Q. 0,00 - Q. 993,955.12 = - Q. 993,955.12$$

El valor presente neto da un resultado negativo dado que, al no ser un proyecto auto sostenible, no genera utilidades y sus ingresos no cubren sus gastos.

### **2.2.13. Evaluación impacto ambiental**

El análisis de impacto ambiental se hace con el objetivo de realizar estudios, informes técnicos o consultas que permiten determinar las consecuencias de la ejecución de determinado proyecto hacia el medio ambiente. Esto, como medidas sustitutivas para determinar si el proyecto es viable o si es necesario rechazarlo. En este caso, si algún proyecto no es aceptable por los protocolos propuestos, deberá rediseñarse para que se acople a los estatutos establecidos por las instituciones que realizan dichos estudios.

- Impacto positivo

Este proyecto mejorar de gran manera la infraestructura en general del municipio, específicamente en el sector 2 de San Julián, mediante la ejecución

de la escuela. Esto se debe a que es un lugar en donde será notable el cambio por la falta de infraestructura del sector, con el objetivo primordial de brindar una educación óptima, segura y que ayude a mejorar la calidad de vida de los estudiantes, así mismo el uso de las nuevas instalaciones generará empleos para nuevos maestros y, de esta forma, se verá beneficiada la economía de la comunidad.

- Impacto negativo
  - Suelo: Se producen erosiones, sedimentaciones, alteraciones en algunas partes de las vegetaciones, alteración por corte y relleno.
  - Residuos sólidos: El mayor volumen se genera durante la ocupación diaria del edificio durante la vida útil que se genere.
  - Aguas: Alteraciones en aguas superficiales y subterráneas.
  - Visual: Generadas por el polvo de los segmentos de tierra que sobresalen en el ambiente.
  - Ruido: Debido a maquinaria que se utilizará en el lugar para la ejecución del proyecto.
  - Normas de protección: Por ser una ampliación independiente a un módulo existe la circulación de niños cercanos a la obra.
  
- Medidas de mitigación:
  - Se deberá tener un manejo óptimo del suelo, sobre todo cuando se trate de cortes y relleno.
  - Mantener una limpieza diaria al finalizar las labores para que cada día que se inicie con el trabajo y que las personas encargadas del proyecto tengan un espacio limpio y esto les evite correr riesgos.

- Contemplar un manejo específico para no dañar ningún medio de abastecimiento de agua, ya que es un recurso que no puede desperdiciarse por la escasez de algunos sectores.
- Se deberán mantener húmedas las áreas de trabajo para evitar que se genere polvo.
- Se utilizarán las máquinas en horas pico para que a los vecinos aledaños no les afecte tanto el ruido; será durante el transcurso del día.
- Se mantendrán señales y cinta para restringir el área de trabajo y delimitar el paso a los niños y, con esto, se eviten accidentes que pongan en riesgo la integridad de cada uno.

## CONCLUSIONES

1. Por medio del diagnóstico de necesidades de priorización que se realizó, se desarrollaron los respectivos diseños de alcantarillado sanitario y el edificio escolar de dos niveles, los cuales pretenden brindar soluciones para la aldea El Durazno y el sector 2 de San Julián, respectivamente, para mejorar las condiciones de vida de los habitantes del municipio de Chinautla.
2. El sistema de alcantarillado tendrá una longitud total de 1 866,20 m, conformado por tubería de PVC que cumpla con lo establecido en la norma ASTM F-949, con un diámetro de 6" en todo su trayecto y sus respectivos pozos de visita e instalaciones domiciliarias. El proyecto tendrá un costo total de Q. 2 585 721,80 y pretende beneficiar a 500 personas; la construcción de la planta de tratamiento será responsabilidad de la municipalidad de Chinautla.
3. El diseño del edificio escolar de dos niveles para el sector 2 de San Julián, tendrá un área total de 252,00 metros cuadrados, el cual consta de dos módulos de aulas por nivel que tienen dimensiones de 6 metros de ancho por 7 metros de largo y tendrá su respectivo módulo de gradas para el acceso al segundo nivel y su pasillo; esto, para brindar el acceso a la educación a los pobladores y ampliar su infraestructura. El proyecto tendrá un costo total de Q. 999 955,12.
4. La construcción de la escuela será un proyecto de primera necesidad para el beneficio de los pobladores del lugar; esta puede ser financiada

por entidades privadas o gubernamentales. Esta fue diseñada en función de las cargas ocupacional y sísmica; además, respeta las características de su suelo. Esto para brindar una infraestructura óptima, segura y funcional para todo el que hará uso de esta.

## RECOMENDACIONES

A la municipalidad de Chinautla, Guatemala.

1. Realizar estudios de priorización de obras con base en diagnósticos que ayuden a identificar los sectores que se encuentren vulnerables ante la falta de servicios básicos o infraestructura en general; esto, para continuar con la mejora constante de sus servicios y con ello lograr el desarrollo municipio.
2. Brindar un mantenimiento constante a los proyectos para evitar el deterioro del sistema sanitario y del edificio de manera que se garantice que los proyectos lograrán cumplir su vida útil y, sobre todo, mantendrán su óptimo desempeño.
3. Proveer fuentes de trabajo por medio de la ejecución de estos proyectos, disponiendo de las personas que se encuentren aledaños a estos y con ello lograr la reducción de mano de obra y la contribución directa con el desarrollo económico del municipio.
4. Evitar realizar cambios a los planos finales y especificaciones de cada proyecto sin haber consultado con un profesional capacitado.
5. Revisar los precios de mano de obra y de materiales para mantenerlos lo más actualizado que se pueda al momento de su ejecución y que esto no produzca variaciones en el costo final del proyecto.





## BIBLIOGRAFÍA

1. AMANCO. *Manual técnico de tubosistemas*. 1a ed. Guatemala: Mexichem. 2010. 107 p.
2. Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica. *Normas de seguridad estructural de edificios y obras de infraestructura para la República de Guatemala*. Guatemala: AGIES. 2018. 45 p.
3. American Concrete Institute. *Requisitos de reglamento para concreto estructural (ACI 318-14) y comentario (ACI 318-14)*. USA: ACI; 2014. 587 p.
4. BARRIOS, Ricardo. *Diseño de edificio escolar de tres niveles para la ampliación de edificio municipal, santa Catarina Pinula Guatemala*. 2014. 206 p.
5. BRAJA M., Das. *Fundamentos de ingeniería de cimentaciones*. 7a ed. Estados Unidos: California State University, Sacramento. 2011. 136 p.
6. GARCIA, Dora. *Centro de capacitación técnica, Chinautla, Guatemala*. Tesis de Arq. Facultad de Arquitectura, Universidad de San Carlos de Guatemala. 2015. 177 p.

7. Instituto Nacional de Estadística. *Característica de la población y de los locales de habitantes censados, Censos nacionales XI población y VI de habitantes, 2002*. Guatemala: INE. 2003. 266 p.
8. Instituto de Fomento Municipal. *Normas generales para el diseño de alcantarillados sanitarios*. Guatemala: INFOM, 2012, 33 p.
9. MORALES, Estuardo. *Criterio de Análisis, ejecución y ejemplos de aplicación sobre sistemas de escaleras de concreto armado*. Facultad de ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala. 58 p.
10. NILSON, Arthur. *Diseño de estructuras de concreto*. 12 ed. México: McGraw-Hill interamericana. 2001. 722 p.
11. SEGEPLAN. *Plan de desarrollo, Chinautla, Guatemala*. [en línea]. <<https://www.segeplan.gob.gt/nportal/index.php/municipio-chinautla>>. [Consulta: mayo de 2019].



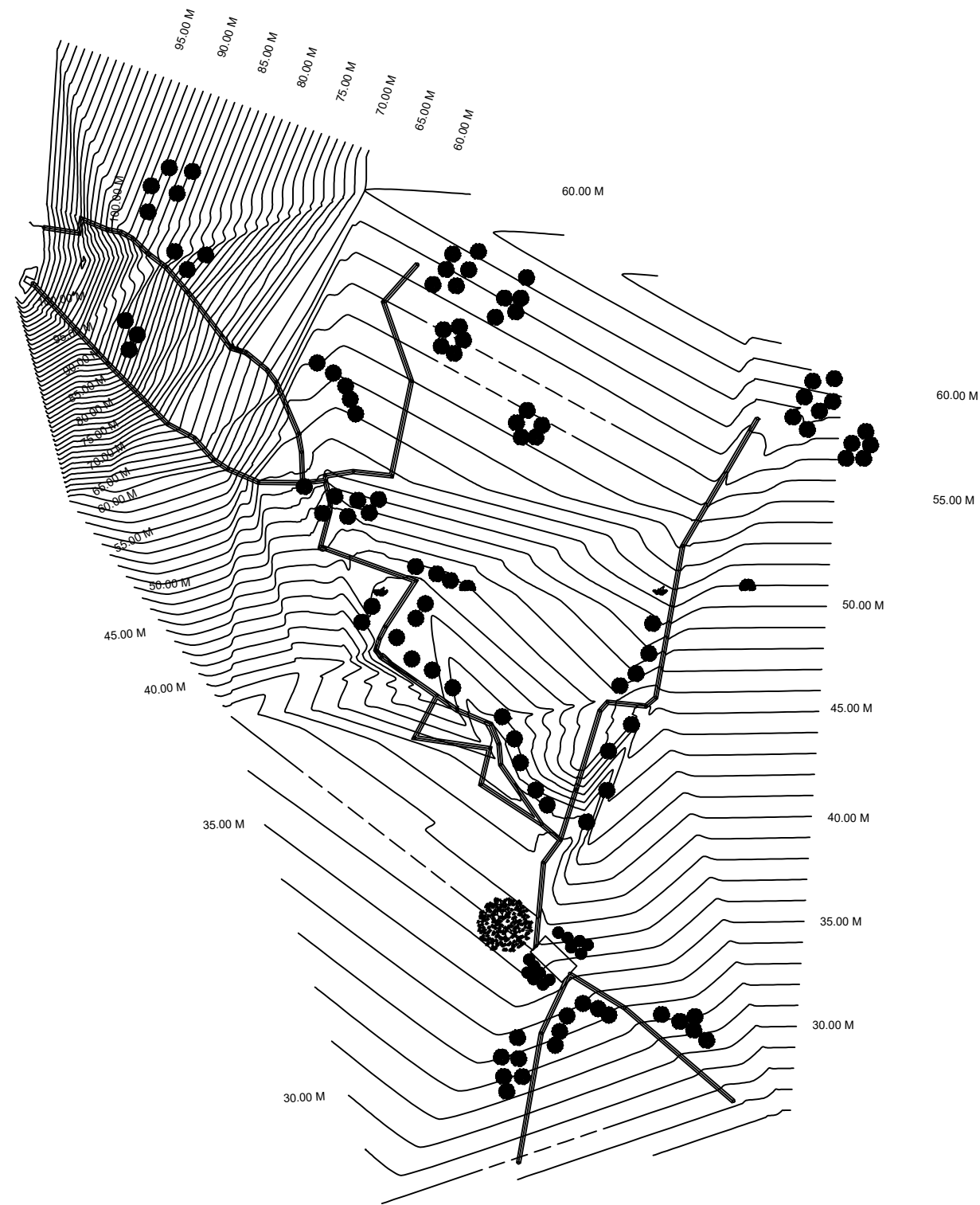
Continuación del apéndice 1.





<b>RAMAL CALLEJON SAN MARCOS</b>																													
35	36	800.74	816	70.01	21.34	4	4	24	60	4.31	4.30	0.0033	0.0022	0.41	0.57	6	21.34	5.82	0.02	101.39	0.236842	Falls	0.26353	Falls	0.26353	80.40	120	120	
36	37	816	65.35	54.03	30.08	4	6	48	120	4.32	4.22	0.0026	0.002	0.55	1.02	6	30.02	6.20	0.02	113.16	0.236843	Falls	0.31032	Falls	0.31032	80.37	123	120	
37	38	65.35	63.21	19.19	11.5	0	8	48	120	4.32	4.22	0.0026	0.002	0.55	1.02	6	11.00	3.15	0.02	66.43	0.238427	Falls	0.36176	Falls	0.36176	64.12	123	120	
38	39	63.21	60.14	16.19	16.88	1	9	54	135	4.31	4.21	0.0025	0.002	0.53	1.14	6	16.11	4.63	0.02	84.43	0.238623	Falls	0.35073	Falls	0.35073	61.96	123	120	
39	40	60.14	57.8	10.92	21.63	2	11	66	165	4.29	4.18	0.0023	0.002	0.65	1.38	6	21.35	5.23	0.02	95.43	0.238719	Falls	0.35304	Falls	0.35304	58.31	123	120	
40	41	57.8	51.76	21.32	26.33	1	12	72	180	4.28	4.16	0.0022	0.002	0.68	1.50	6	28.19	6.01	0.02	103.66	0.237617	Falls	0.35073	Falls	0.35073	56.57	123	120	
41	42	51.76	51.4	27.92	1.29	0	12	72	180	4.28	4.16	0.0022	0.002	0.68	1.50	6	1.16	1.23	0.02	22.45	0.447102	Ok	0.36773	Ok	0.36773	50.20	123	120	
42	43	51.4	50.25	14.53	7.91	0	12	72	180	4.28	4.16	0.0022	0.002	1.39	4.65	6	7.71	3.14	0.02	57.34	0.466885	Ok	0.60027	Ok	0.60027	50.17	49.05	123	120
<b>RAMAL 3</b>																													
43	44	58.76	56.35	32.13	5.63	2	2	12	30	4.41	4.35	0.005	0.0032	0.26	0.42	6	5.63	2.69	0.02	49.02	0.236328	Falls	0.30451	Falls	0.30451	57.56	55.75	120	120
44	45	56.35	54.95	53.29	3.75	3	5	30	75	4.35	4.28	0.0034	0.0020	0.44	0.65	6	3.70	2.16	0.02	33.71	0.330704	Falls	0.32253	Falls	0.32253	53.72	53.75	123	120
45	46	54.95	51.84	61.35	4.91	4	9	54	135	4.31	4.21	0.0025	0.002	0.59	1.14	6	4.86	2.50	0.02	45.52	0.345215	Falls	0.42915	Ok	0.42915	53.72	50.74	123	120
46	47	51.84	51.43	24.41	2.09	0	9	54	135	4.31	4.21	0.0025	0.002	0.59	1.14	6	1.97	1.53	0.02	26.96	0.336055	Falls	0.48424	Ok	0.48424	50.71	50.23	123	120
47	48	51.43	50.83	11.71	3.39	0	9	54	135	4.31	4.21	0.0025	0.002	0.59	1.14	6	3.22	2.03	0.02	31.05	0.367713	Falls	0.44396	Ok	0.44396	50.20	49.63	123	120
48	49	50.83	50.25	2.87	20.21	0	9	54	135	4.31	4.21	0.0025	0.002	0.59	1.14	6	19.16	4.86	0.02	30.41	0.237919	Falls	0.34241	Ok	0.34241	49.60	49.05	123	120
<b>RAMAL 4</b>																													
49	50	44.63	43.7	27.34	3.54	1	1	6	15	4.43	4.40	0.005	0.005	0.13	0.33	6	3.30	2.06	0.02	37.54	0.232842	Falls	0.30753	Falls	0.30753	43.49	42.50	120	120
50	51	43.7	42.5	48.02	3.00	4	5	30	75	4.35	4.28	0.0034	0.0020	0.44	0.65	6	2.44	1.77	0.02	32.24	0.330786	Falls	0.33606	Falls	0.33606	42.47	41.30	123	120
51	52	42.5	41.1	23.47	5.97	4	9	54	135	4.31	4.21	0.0025	0.002	0.59	1.14	6	5.84	2.74	0.02	43.30	0.33319	Falls	0.41123	Ok	0.41123	41.27	39.30	123	120
52	53	41.1	39.23	46.09	4.06	3	12	72	180	4.28	4.16	0.0022	0.002	0.68	1.50	6	3.39	2.26	0.02	41.27	0.372532	Falls	0.47301	Ok	0.47301	39.87	38.03	123	120
<b>RAMAL CALLEJON SAN JUAN</b>																													
53	54	53.28	53.36	94.04	4.53	6	6	36	90	4.34	4.26	0.0031	0.002	0.48	0.77	6	4.81	2.48	0.02	45.28	0.325235	Falls	0.37519	Falls	0.37519	57.08	52.56	120	140
54	55	53.36	45.46	97.53	8.72	3	9	54	135	4.31	4.21	0.0025	0.002	0.59	1.14	6	8.68	3.34	0.02	60.86	0.336466	Falls	0.38572	Falls	0.38572	52.53	44.06	143	140
55	56	45.46	45.11	8.25	4.24	2	11	66	165	4.29	4.18	0.0023	0.002	0.65	1.38	6	3.88	2.23	0.02	40.68	0.338839	Falls	0.46383	Ok	0.46383	44.03	43.71	143	140
56	57	45.11	46.58	24.42	-6.02	4	15	30	226	4.26	4.13	0.002	0.002	0.79	1.66	6	1.97	1.53	0.02	26.96	0.435316	Ok	0.53963	Ok	0.53963	43.68	43.20	143	3.38
57	58	46.58	46.37	7.28	-5.36	1	16	96	241	4.25	4.12	0.002	0.002	0.82	1.86	6	2.34	1.73	0.02	31.56	0.428416	Ok	0.55585	Ok	0.55585	43.17	43.00	3.41	3.97
58	59	46.37	42.73	52.15	8.13	4	20	120	301	4.22	4.08	0.002	0.002	1.01	2.45	6	3.14	2.01	0.02	36.63	0.433721	Ok	0.56773	Ok	0.56773	42.97	41.33	4.00	1.40
59	60	42.73	38.85	33.67	11.52	1	21	126	316	4.21	4.07	0.002	0.002	1.06	2.57	6	11.29	3.80	0.02	63.38	0.364415	Ok	0.47327	Ok	0.47327	41.30	37.50	1.43	1.35
<b>RAMAL 3</b>																													
60	61	35.25	32.33	90.38	2.55	2	2	12	30	4.41	4.35	0.005	0.0032	0.26	0.42	6	2.55	1.81	0.02	32.38	0.238427	Falls	0.34522	Falls	0.34522	34.05	31.73	120	120
61	62	32.33	21.1	41.23	14.14	2	4	24	60	4.37	4.30	0.0033	0.0022	0.41	0.57	6	14.07	4.25	0.02	71.46	0.236328	Falls	0.32827	Falls	0.32827	31.70	25.30	123	120
<b>RAMAL 4</b>																													
62	63	23.41	26.67	83.35	0.83	4	4	24	60	4.37	4.30	0.0033	0.0022	0.41	0.57	6	1.77	1.50	0.02	27.45	0.361764	Falls	0.40116	Ok	0.40116	28.21	27.47	120	120
63	64	26.67	21.1	41.9	3.75	3	7	42	105	4.33	4.24	0.0028	0.002	0.51	0.89	6	1.84	1.54	0.02	26.04	0.383103	Falls	0.45464	Ok	0.45464	21.44	25.30	123	120

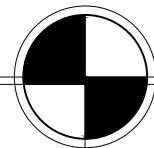
Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. **Juego de planos del sistema de alcantarillado sanitario para la aldea el Durazno**

Fuente: elaboración propia, utilizando AutoCAD 2018.



SIMBOLOGÍA	
	CURVAS DE NIVEL
	ANCHO DE CALLE
	PLANTA DE TRATAMIENTO AGUAS RESIDUALES
	ARBOLES
C.T.	COTA DE TERRENO



# PLANTA TOPOGRÁFICA

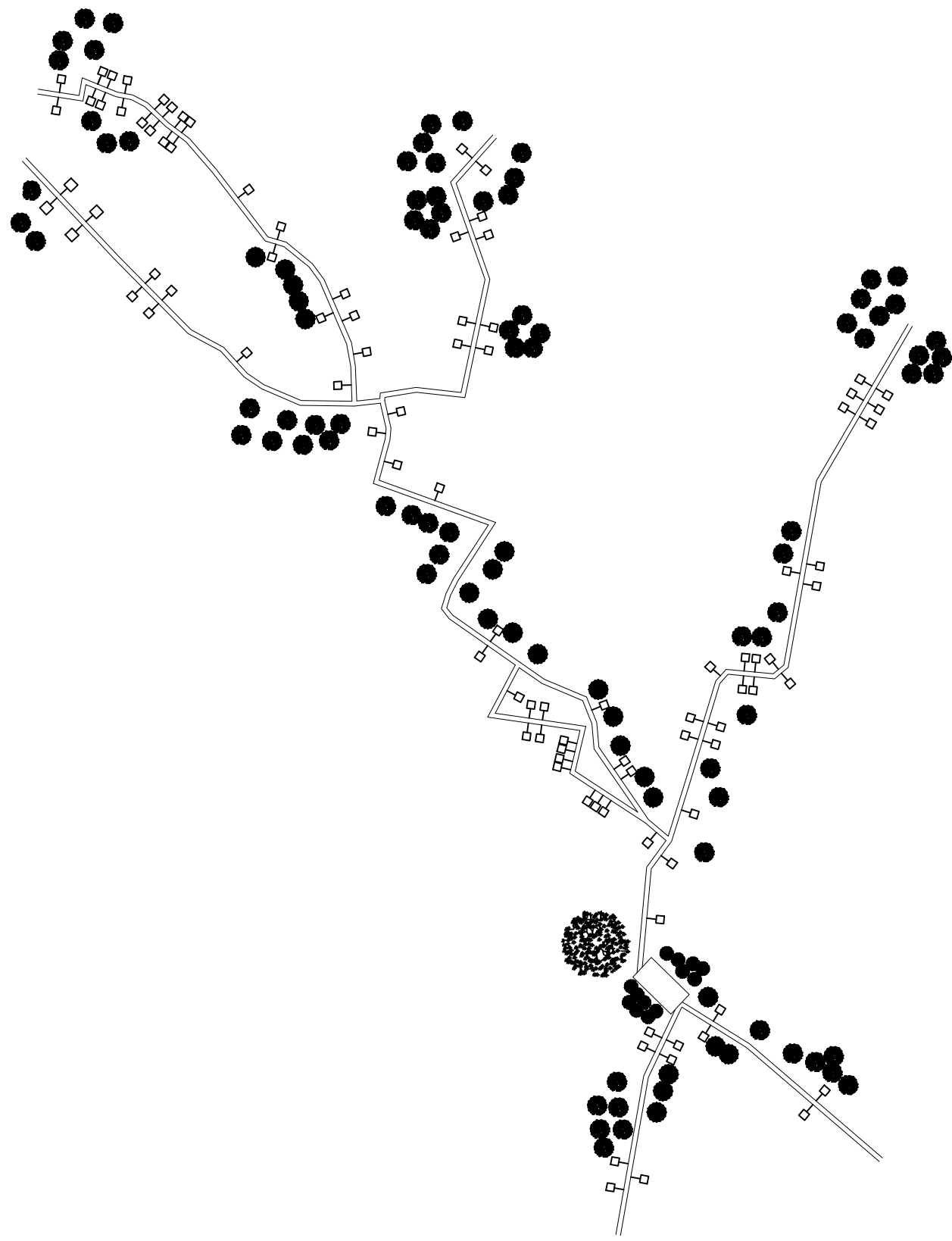
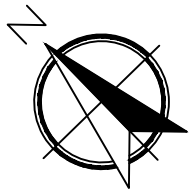
ESCALA: 1/1,300








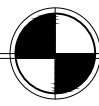
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO E.P.S

PROYECTO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO, ALDEA EL DURAZNO, CHINAUTLA

CONTENIDO: PLANTA DE CURVAS DE NIVEL	DISEÑO: CRISTIAN ERNESTO MENA CARRÉ: 2015-03974	HOJA: <b>1</b> 19
REVISOR:  INGA MAYRA REBECCA SORIANO GARCÍA DE OBANDO SUPERVISOR DE E.P.S	ESCALA: 1/1300 FECHA: FEBRERO 2,020	




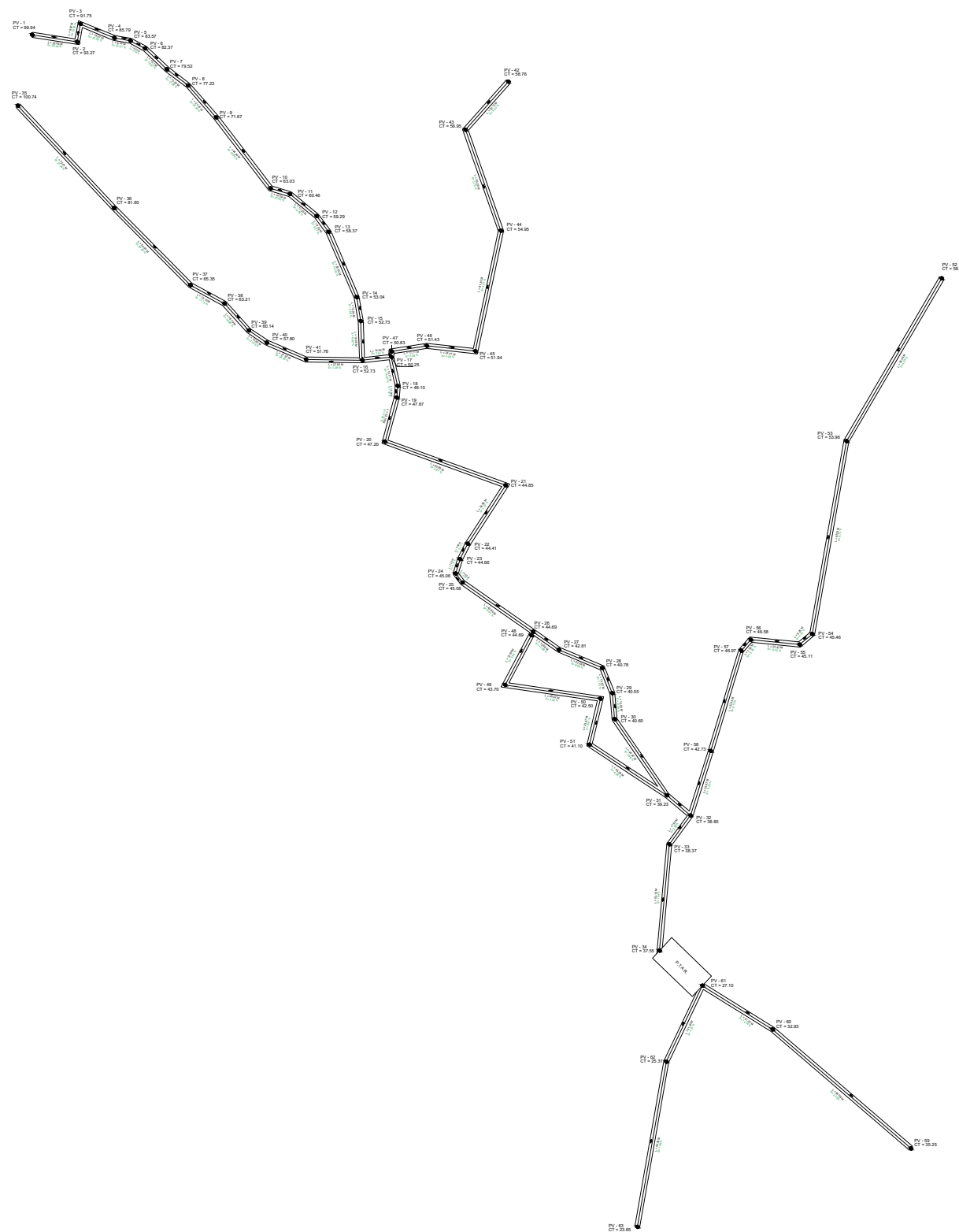
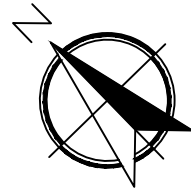
SIMBOLOGÍA	
	VIVIENDAS
	ANCHO DE CALLE
	PLANTA DE TRATAMIENTO AGUAS RESIDUALES
	ARBOLES
	VEGETACIÓN



# PLANTA DE DENSIDAD POBLACIONAL

ESCALA: 1/1,300

		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO E.P.S	
PROYECTO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO, ALDEA EL DURAZNO, CHINAUTLA			
CONTENIDO:	PLANTA DE CURVAS DE NIVEL	DISEÑO:	CRISTIAN ERNESTO MENA CARE: 2015-03974
REVISOR:		ESCALA:	1/1300
ING. MARTIN BELLA ESPINOSA DE CERDA SUPERVISOR DE E.P.S		FECHA:	FEBRERO 2,020
			<b>2</b> 19



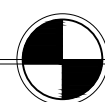
SIMBOLOGÍA	
	POZOS DE VISITA
	ANCHO DE CALLE
	PLANTA DE TRATAMIENTO AGUAS RESIDUALES
	DIRECCIÓN DEL FLUJO
C.T	COTA DE TERRENO
L	LONGITUD DE TUBERIA EN METROS
S	PENDIENTE DE TUBERIA

**ESPECIFICACIONES:**

Todas las tuberías a utilizar deberán estar bajo la designación ASTM F 949.

Todo el sistema esta diseñado para un  $\varnothing = 6"$  de la tubería.

Las longitudes de cada tramo del sistema de alcantarillado están dadas a centros de los pozos.



**PLANTA DE DISEÑO HIDRAULICO**

ESCALA: 1/1,300



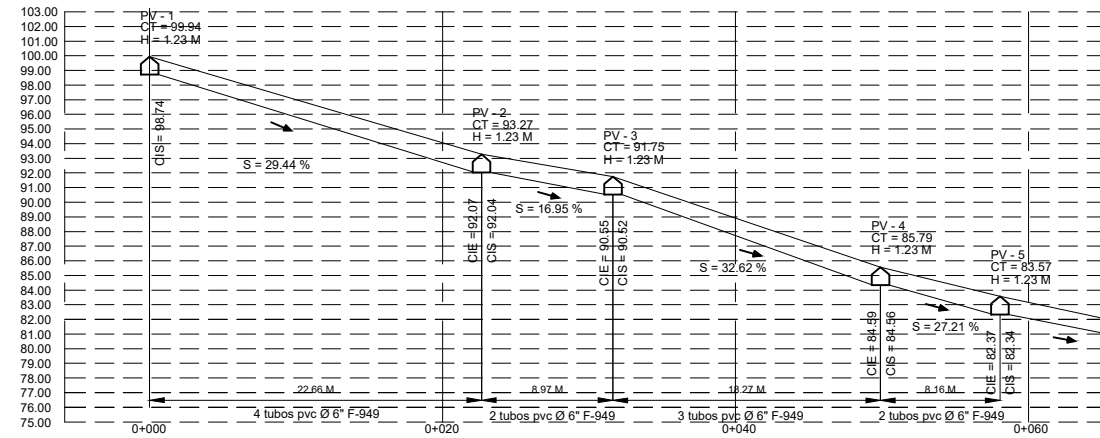
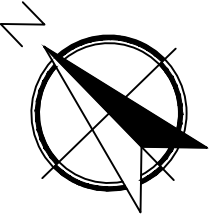
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO E.P.S

PROYECTO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO, ALDEA EL DURAZNO, CHINAUTLA

CONTENIDO: PLANTA DE CURVAS DE NIVEL	DISEÑO: CRISTIAN ERNESTO MENA CORRE: 2015-03974
REVISIÓN: ING. MAYRA REBECA GARCIA DE GONZALEZ SUPERVISOR DE E.P.S	FECHA: FEBRERO 2,020

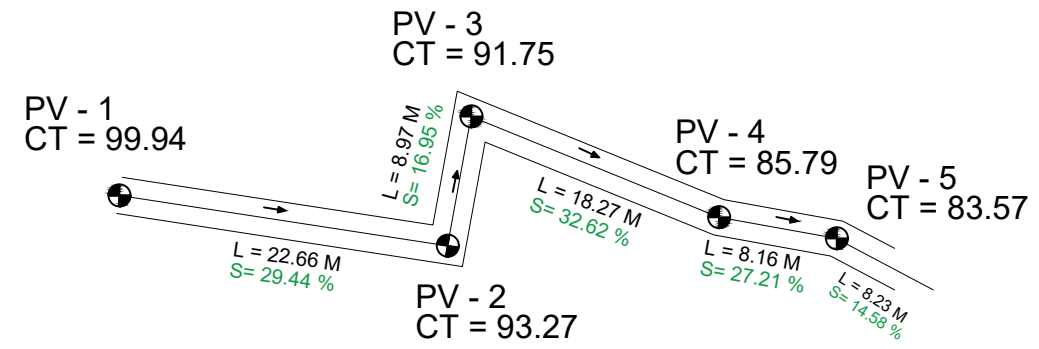
3  
19





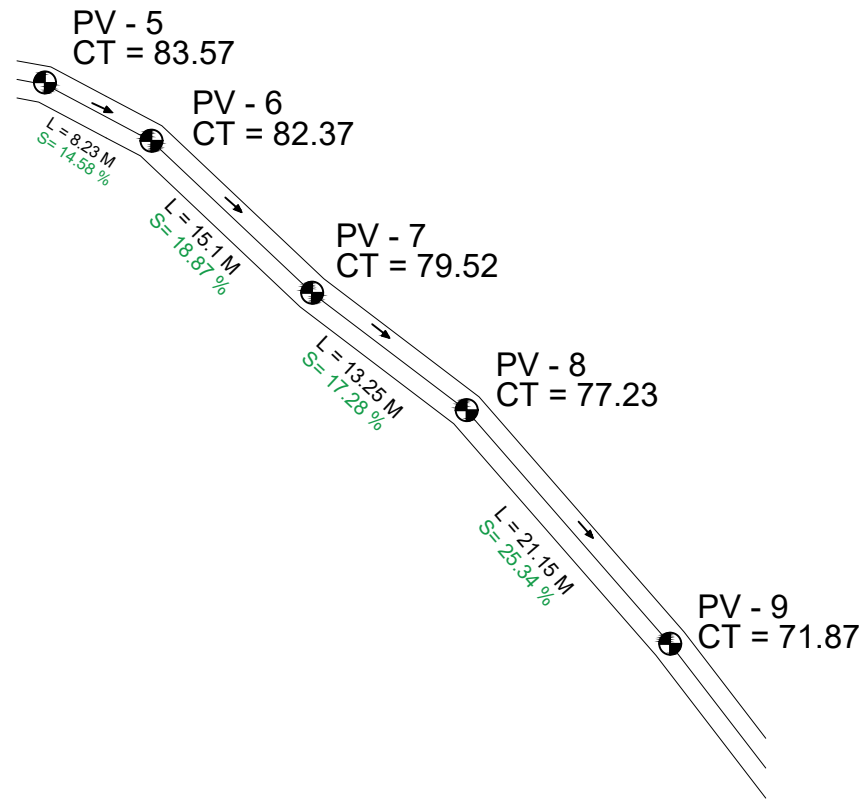
PERFIL DE PV-1 A PV-5

ESCALA: 1/150



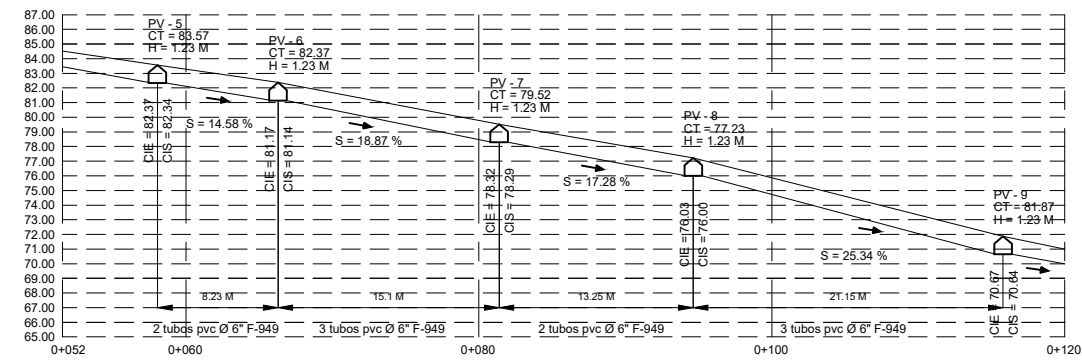
PLANTA DE PV-1 A PV-5

ESCALA: 1/300



PERFIL DE PV-5 A PV-9

ESCALA: 1/300



PERFIL DE PV-6- A PV-9

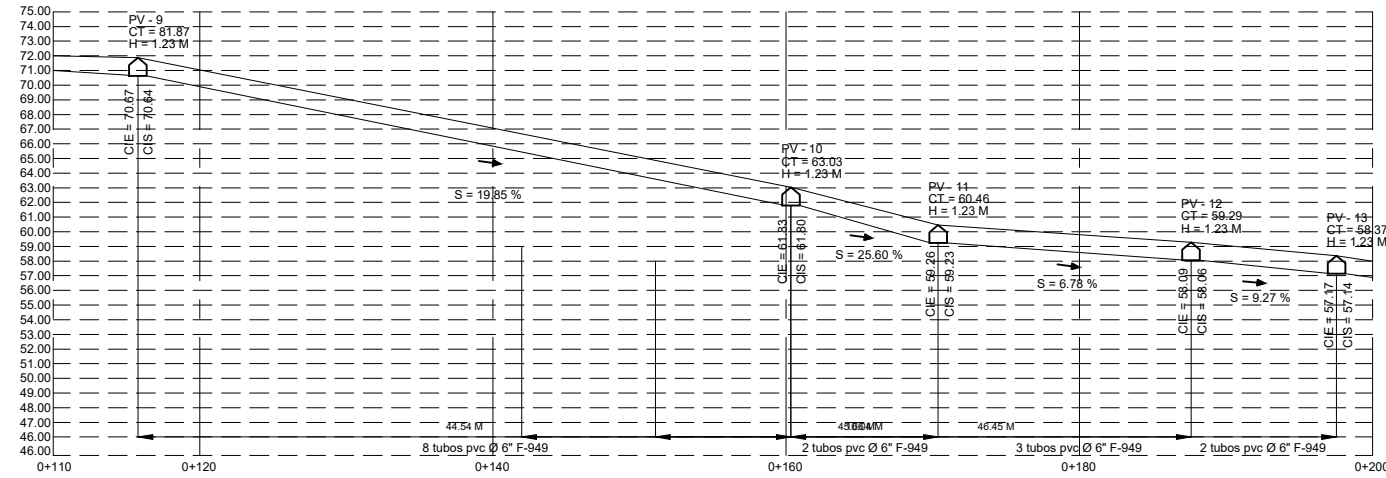
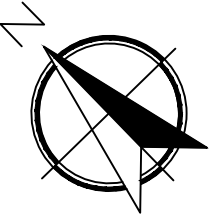
ESCALA: 1/150



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO E.P.S

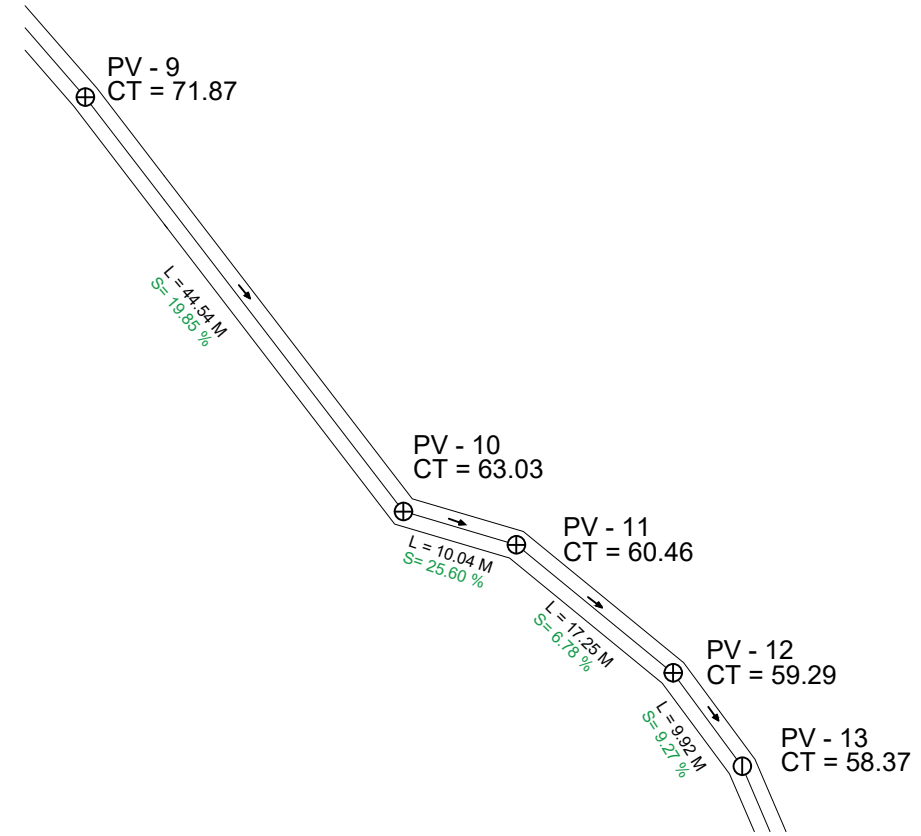
PROYECTO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO, ALDEA EL DURAZNO, CHINAUTLA

CONTENIDO: PLANTA DE CURVAS DE NIVEL	DISEÑO: CRISTIAN ERNESTO MENA CARNE: 2015-03874
REVISIÓN:	ESC: 1/20 FECHA: FEBRERO 2, 020



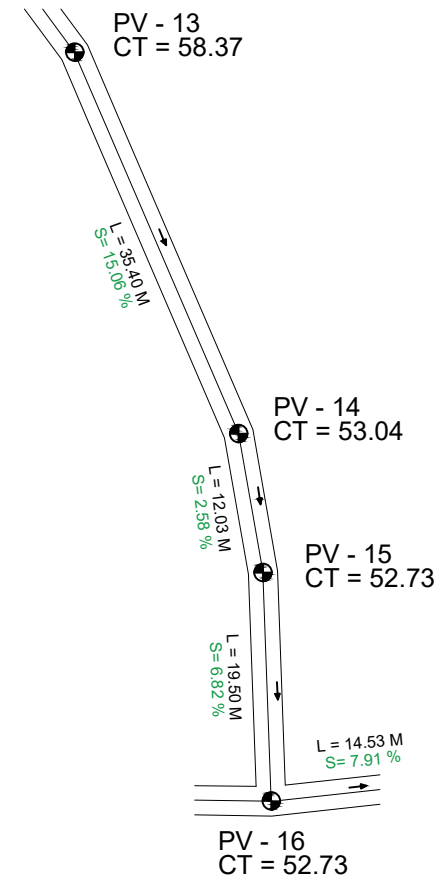
PERFIL DE PV-9 A PV-13

ESCALA: 1/150



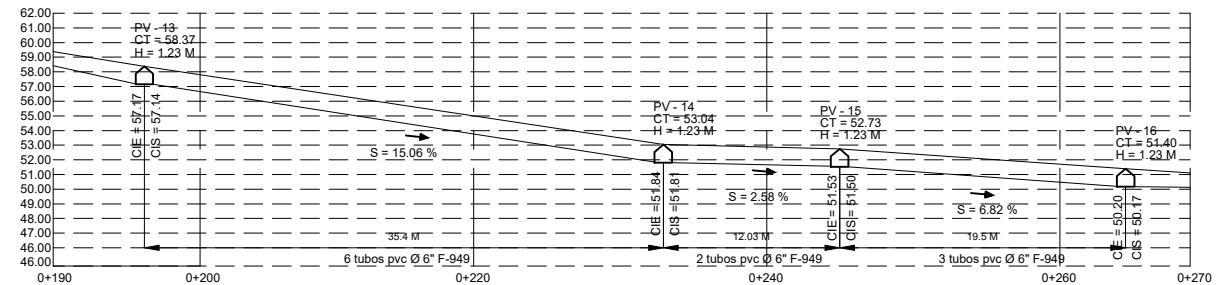
PLANTA DE PV-9 A PV-13

ESCALA: 1/500



PLANTA DE PV-13 A PV-16

ESCALA: 1/500



PERFIL DE PV-13 A PV-16

ESCALA: 1/150

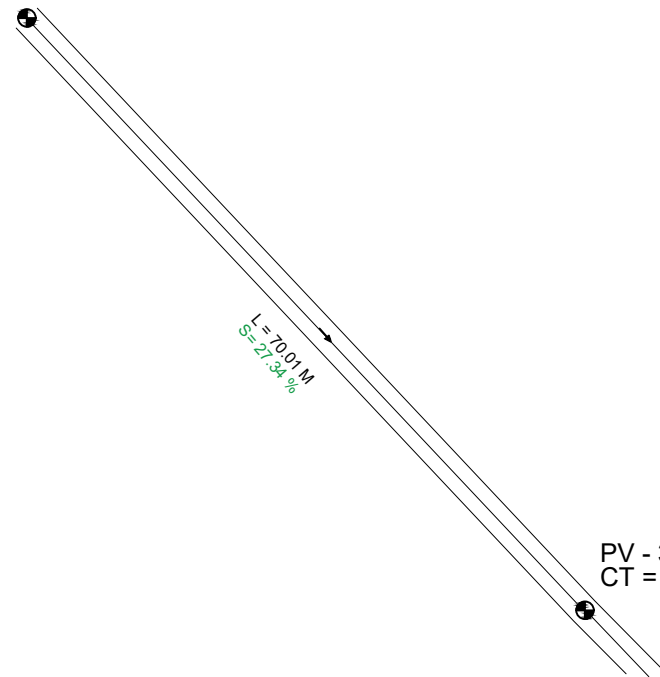


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO E.P.S

PROYECTO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO, ALDEA EL DURAZNO, CHINAUTLA

CONTENIDO: PLANTA DE CURVAS DE NIVEL	DISEÑO: CRISTIAN ERNESTO MENA CARNE: 2015-03874
REVISIÓN:	ESC.: 1/20 FECHA: FEBRERO 2, 020

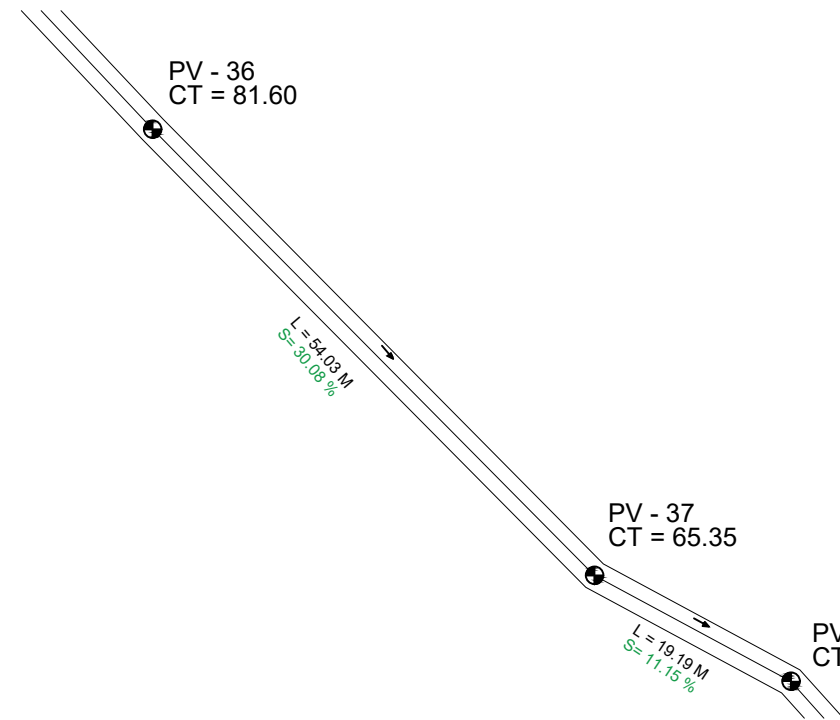
PV - 35  
CT = 100.74



PLANTA DE PV-35 A PV-36

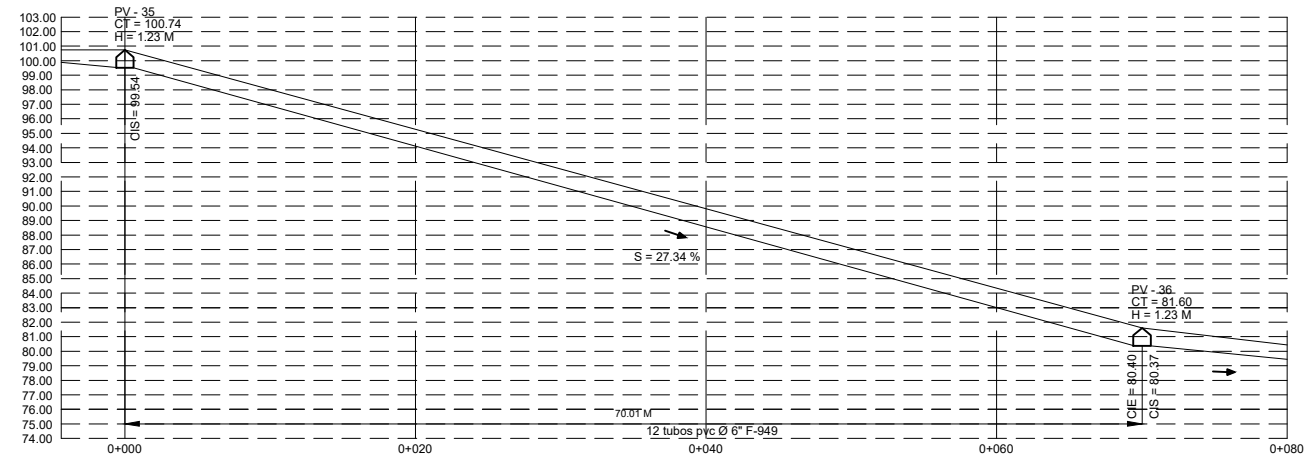
ESCALA: 1/500

PV - 36  
CT = 81.60



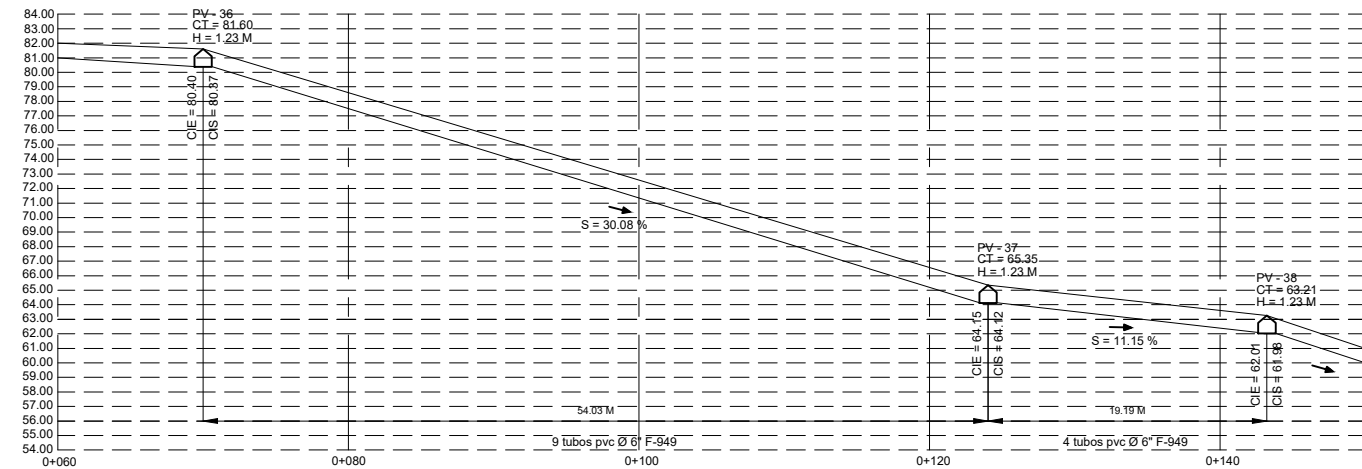
PLANTA DE PV-36 A PV-38

ESCALA: 1/500



PERFIL DE PV-35 A PV-36

ESCALA: 1/300



PERFIL DE PV-36 A PV-38

ESCALA: 1/300

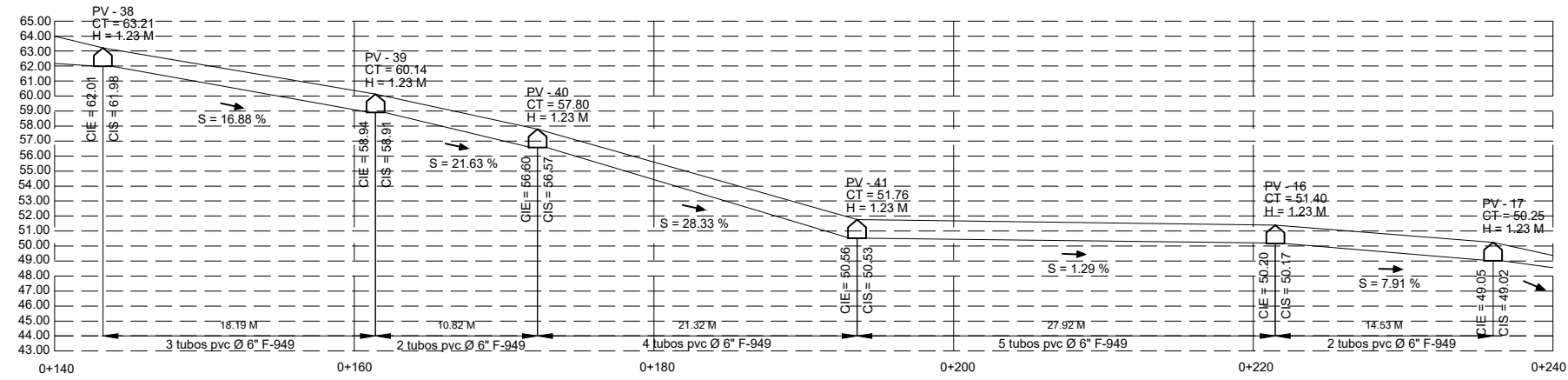
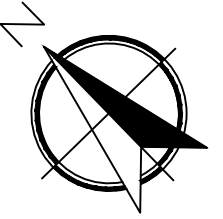


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO E.P.S

PROYECTO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO, ALDEA EL DURAZNO, CHINAUTLA

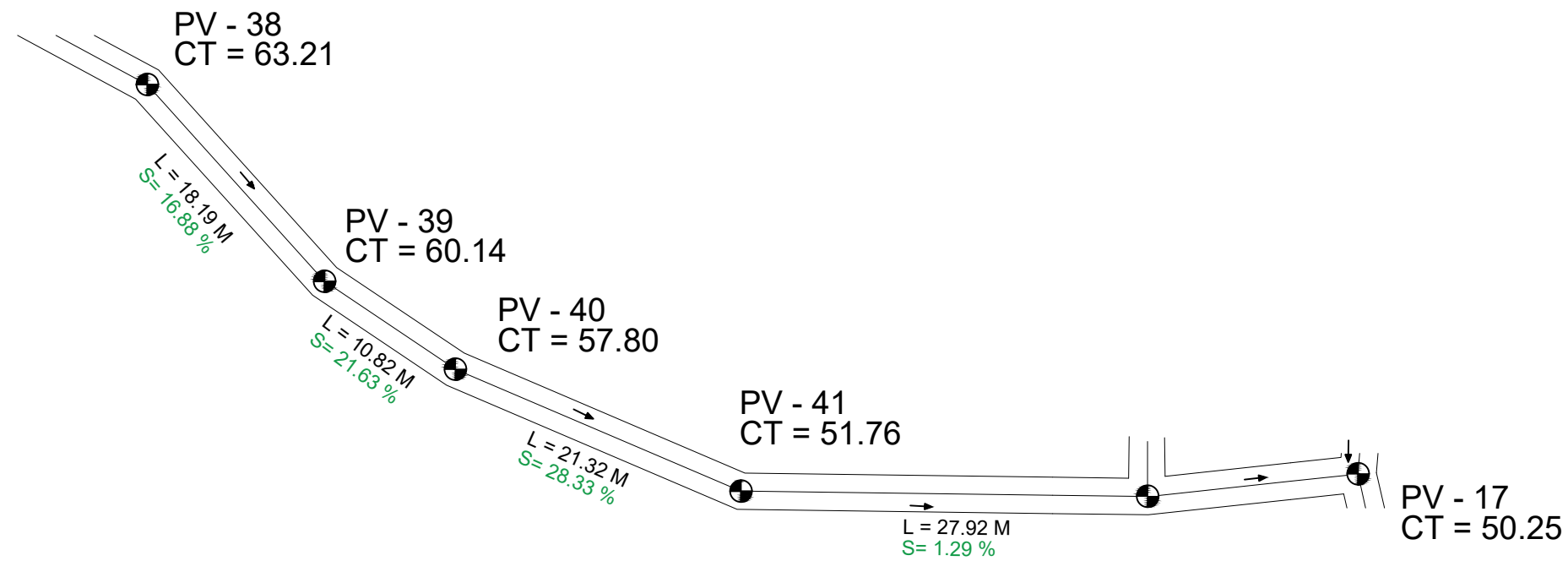
CONTENIDO: PLANTA DE CURVAS DE NIVEL	DISEÑO: CRISTIAN ERNESTO MENA CARE: 2015-03974
REVISIÓN: ING. MAYRA PEREIRA ROSA GARCÍA DE SIERRA SUPERVISOR DE E.P.S.	ESCALA: 1/20 FECHA: FEBRERO 2,020

6/19



PERFIL DE PV-38 A PV-17

ESCALA: 1/150



PLANTA DE PV-38 A PV-17

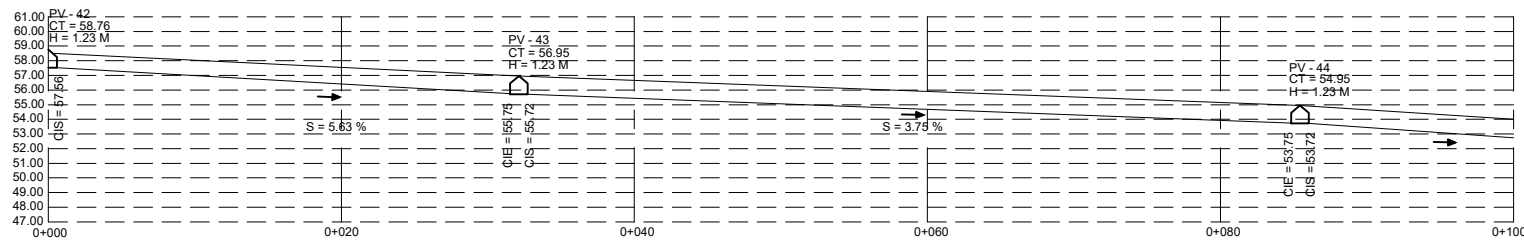
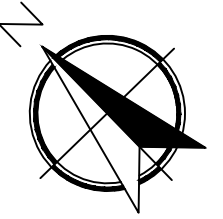
ESCALA: 1/300



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO E.P.S

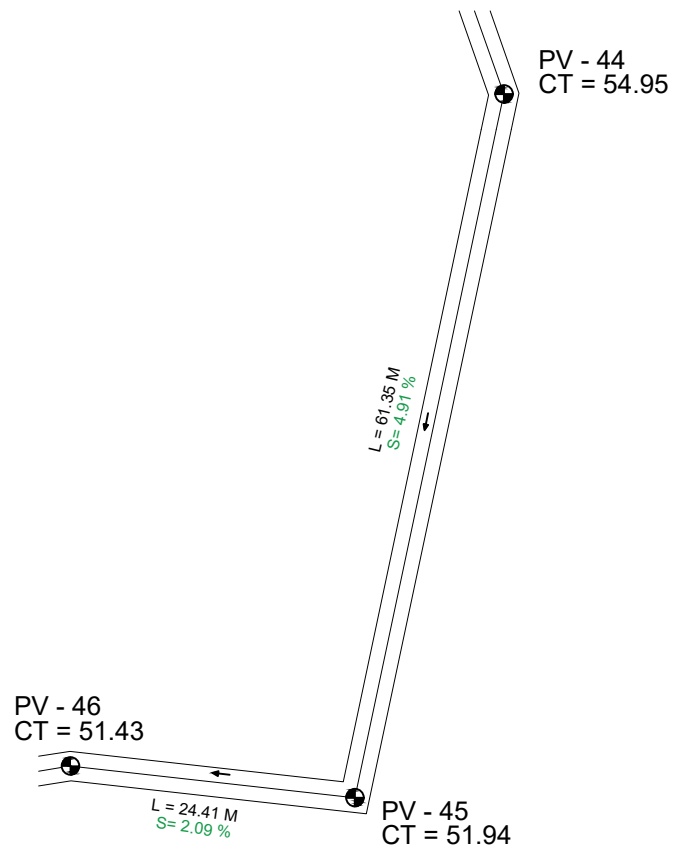
PROYECTO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO, ALDEA EL DURAZNO, CHINAUTLA

CONTENIDO: PLANTA DE CURVAS DE NIVEL	DISEÑO: CRISTIAN ERNESTO MENA CARNE: 2015-03874
REVISIÓN: ING. MAYRA REBECA SORIA GARCIA DE SIERRA SUPERVISOR DE E.P.S	ESC: 1/20 FECHA: FEBRERO 2, 020



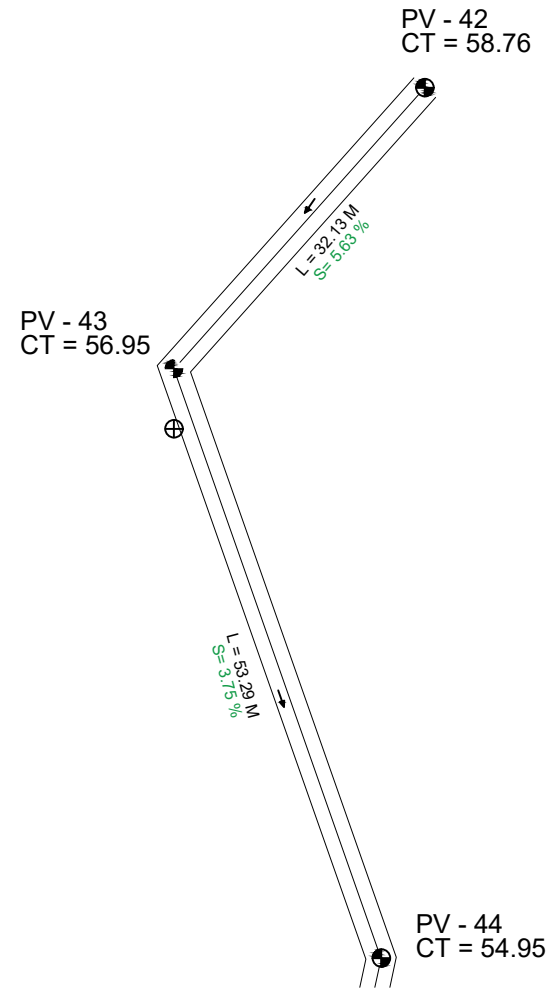
PERFIL DE PV-42 A PV-44

ESCALA: 1/150



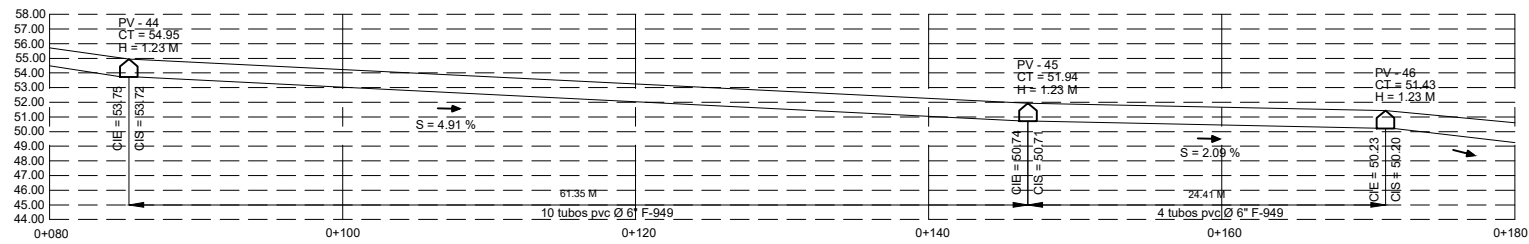
PLANTA DE PV-44 A PV-46

ESCALA: 1/500



PLANTA DE PV-42 A PV-44

ESCALA: 1/500



PERFIL DE PV-44 A PV-46

ESCALA: 1/150

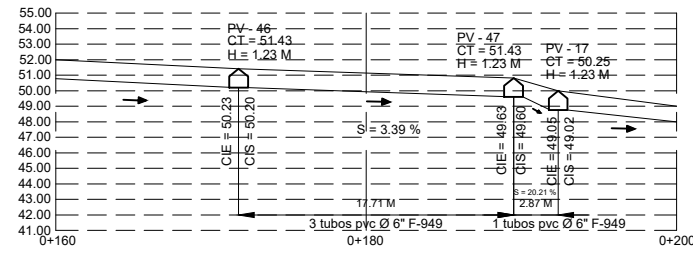
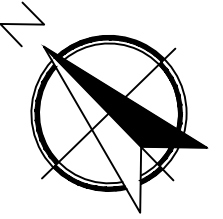


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO E.P.S

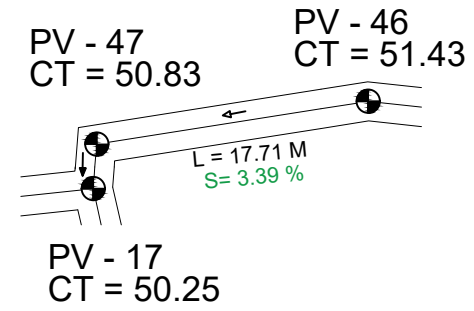
PROYECTO:  
SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO, ALDEA EL DURAZNO, CHINAUTLA

CONTENIDO: PLANTA DE CURVAS DE NIVEL	DISEÑO: CRISTIAN ERNESTO MENA CARNE: 2015-03874
REVISIÓN: ING. MAYRA REBECA SOUSA LARCA DE SIERRA SUPERVISOR DE E.P.S	ESCALA: 1/20 FECHA: FEBRERO 2, 2020

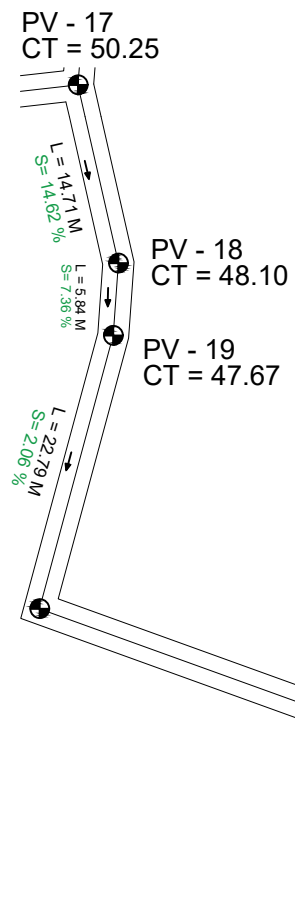
Hoja:  
8  
19



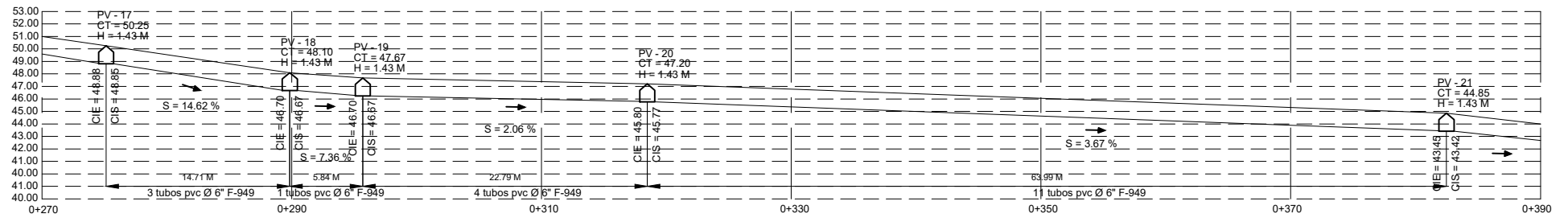
PERFIL DE PV-46 A PV-17  
ESCALA: 1/150



PLANTA DE PV-46 A PV-17  
ESCALA: 1/300



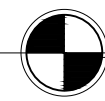
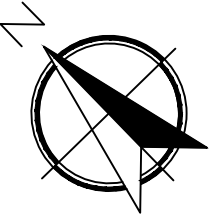
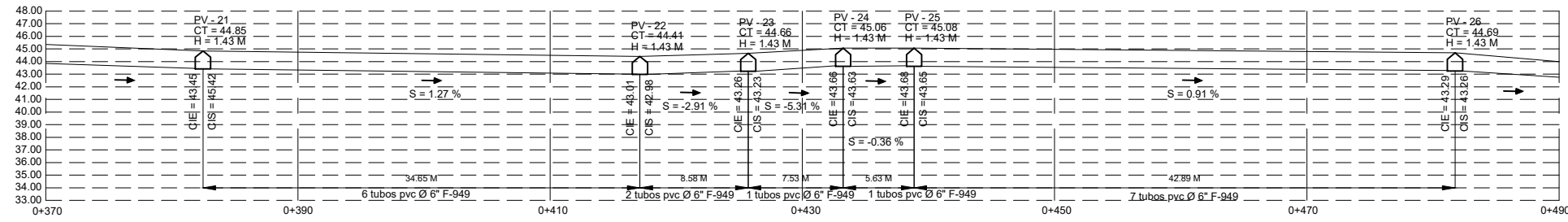
PLANTA DE PV-17 A PV-21  
ESCALA: 1/500



PERFIL DE PV-17 A PV-21  
ESCALA: 1/150

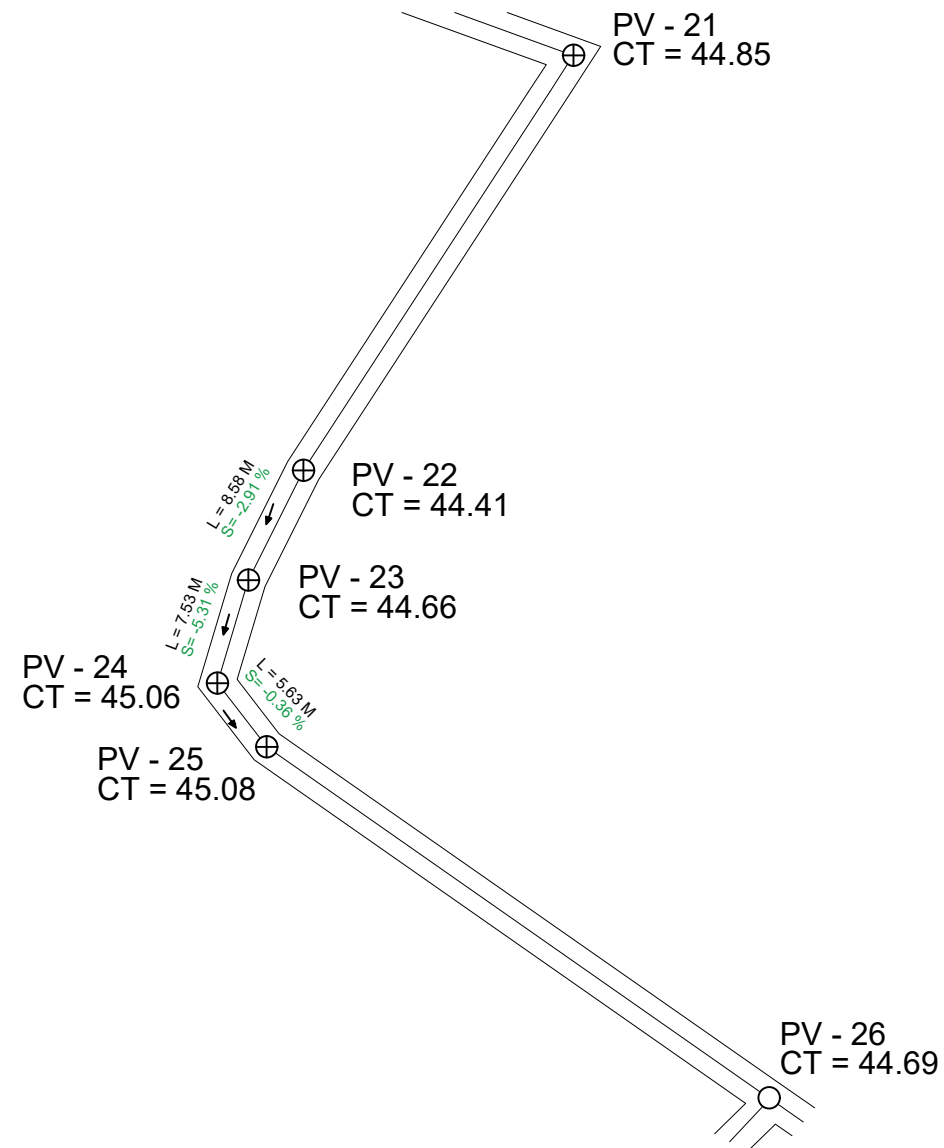
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO E.P.S.  
PROYECTO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO, ALDEA EL DURAZNO, CHINAUTLA

CONTENIDO: PLANTA DE CURVAS DE NIVEL	DISEÑO: CRISTIAN ERNESTO MENA CARNE: 2015-03974
REVISIÓN:	ESC: 1/20 FECHA: FEBRERO 2,020



PERFIL DE PV-21 A PV-26

ESCALA: 1/150



PLANTA DE PV-21 A PV-26

ESCALA: 1/300

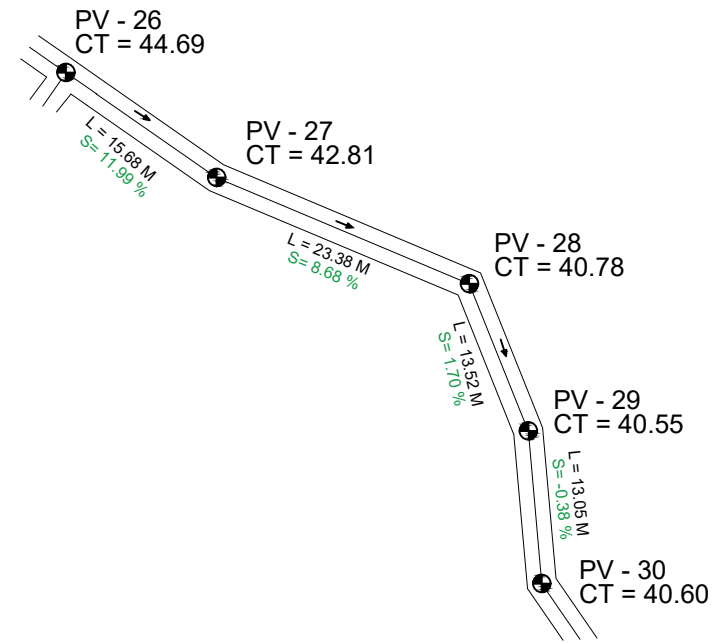
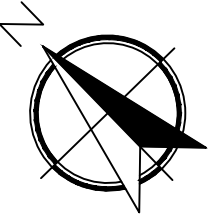


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO E.P.S

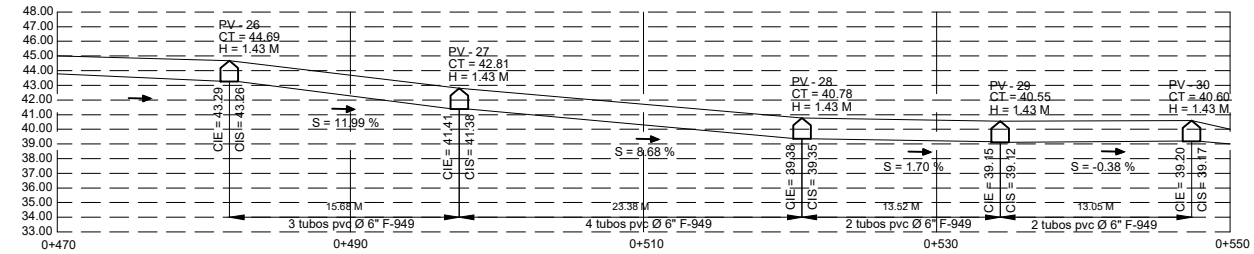
PROYECTO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO, ALDEA EL DURAZNO, CHINAUTLA

CONTENIDO: PLANTA DE CURVAS DE NIVEL	DISEÑO: CRISTIAN ERNESTO MENA CARNE: 2015-03874
REVISIÓN: ING. MAYRA REBECA SORIA GARCIA DE SIERRA SUPERVISOR DE E.P.S	ESC.: 1/20 FECHA: FEBRERO 2, 020

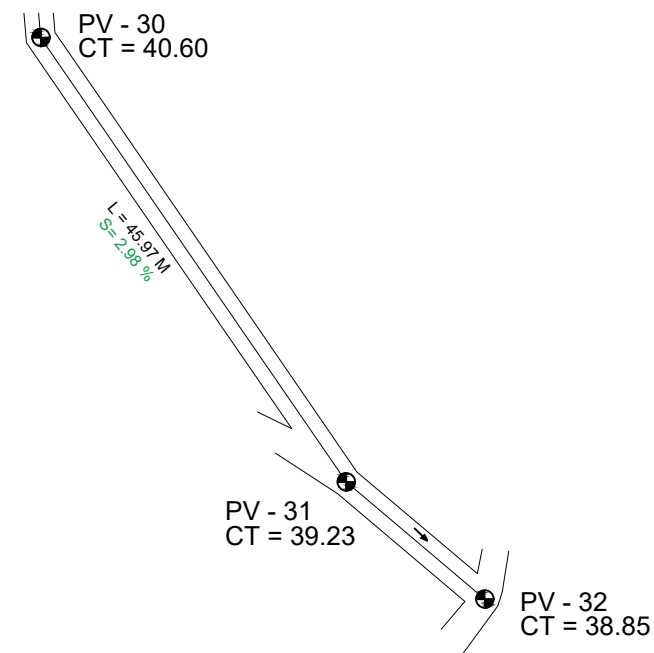
Hoja: 10/19



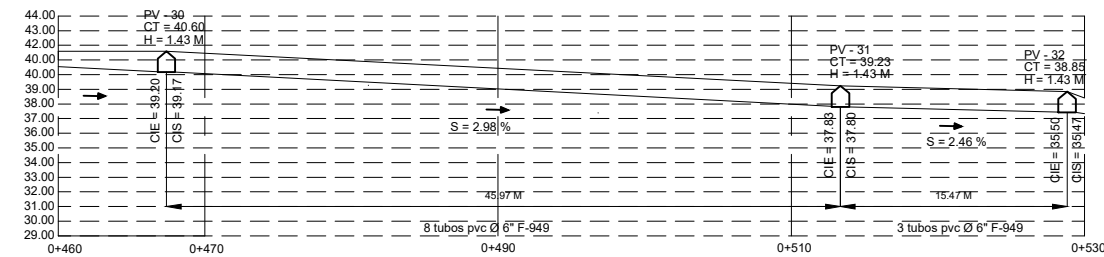
**PLANTA DE PV-26 A PV-30**  
 ESCALA: 1/500



**PERFIL DE PV-26 A PV-30**  
 ESCALA: 1/150



**PLANTA DE PV-30 A PV-32**  
 ESCALA: 1/500



**PERFIL DE PV-30 A PV-32**  
 ESCALA: 1/150

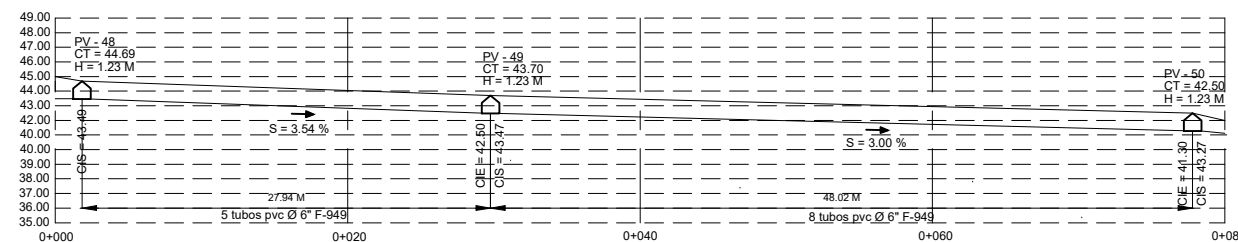
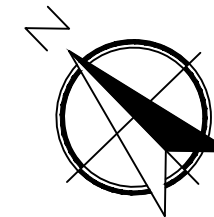


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO E.P.S

PROYECTO:  
 SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO, ALDEA EL DURAZNO, CHINAUTLA

CONTENIDO: PLANTA DE CURVAS DE NIVEL	DISEÑO: CRISTIAN ERNESTO MENA CARNE: 2015-03874
REVISIÓN: INGA MAYRA REBECA SORIA GARCIA DE BERRA SUPERVISOR DE E.P.S	ESC: 1/20 FECHA: FEBRERO 2, 020

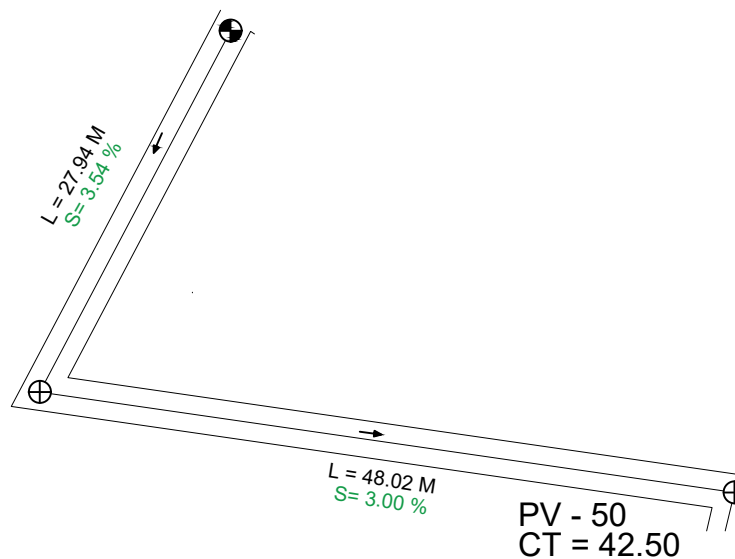




PERFIL DE PV-48 A PV-50

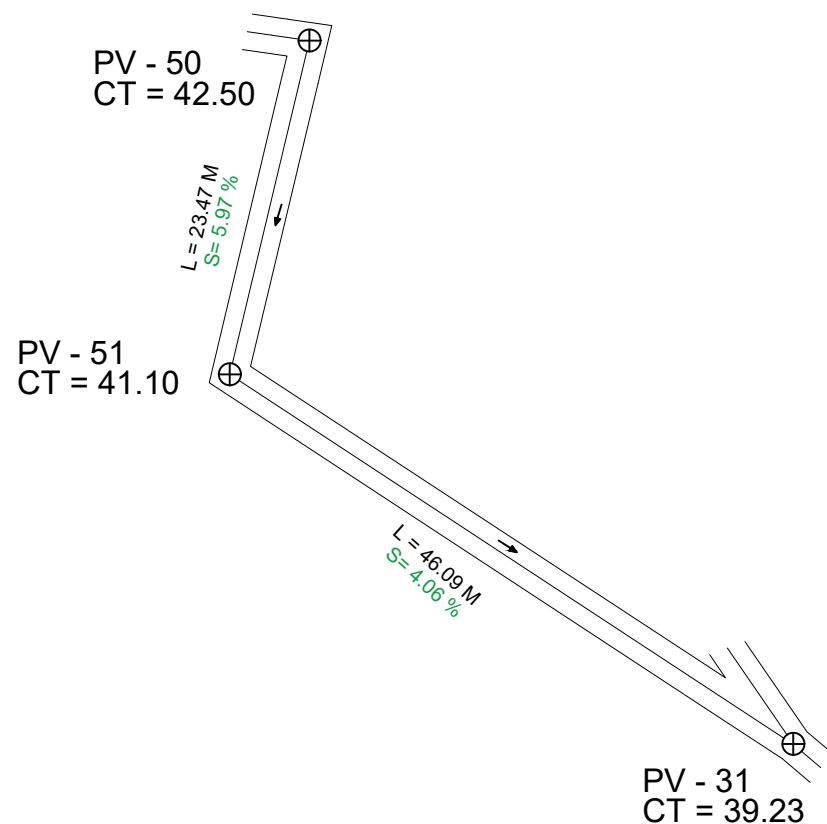
ESCALA: 1/150

PV - 49  
CT = 43.70



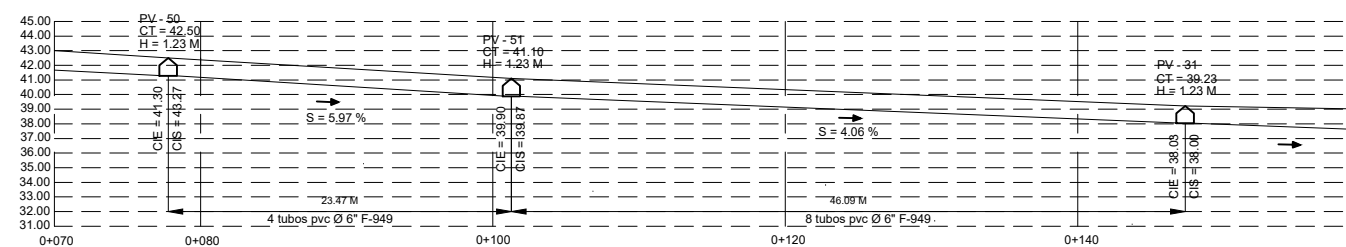
PLANTA DE PV-48 A PV-50

ESCALA: 1/300



PLANTA DE PV-50 A PV-31

ESCALA: 1/300



PERFIL DE PV-50 A PV-31

ESCALA: 1/150



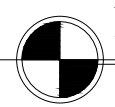
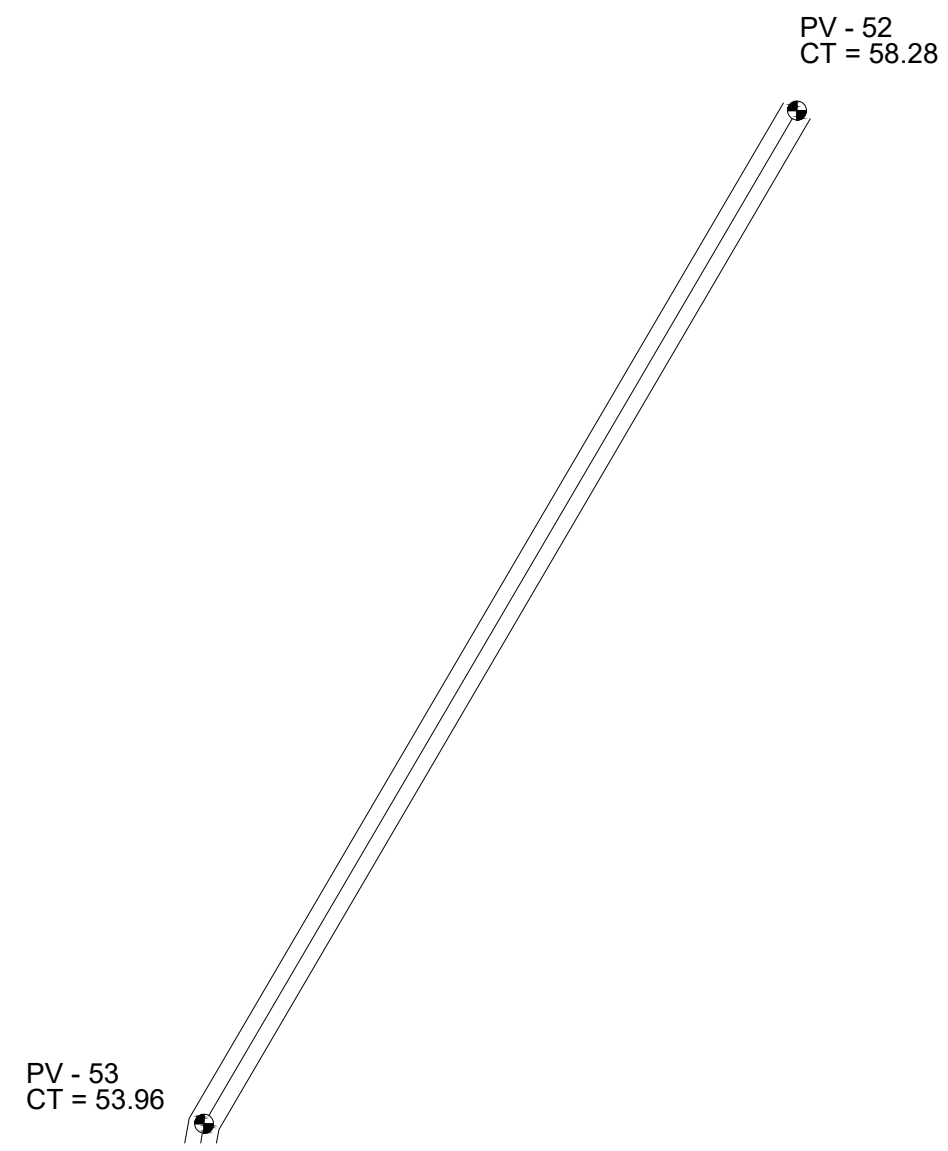
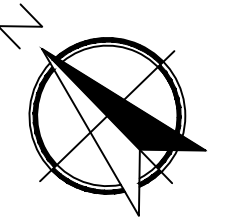
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO E.P.S

PROYECTO:  
SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO, ALDEA EL DURAZNO, CHINAUTLA

CONTENIDO: PLANTA DE CURVAS DE NIVEL	DISEÑO: CRISTIAN ERNESTO MENA CARNE: 2015-03974
REVISIÓN:	ESC: 1/20 FECHA: FEBRERO 2, 020

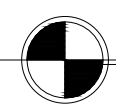
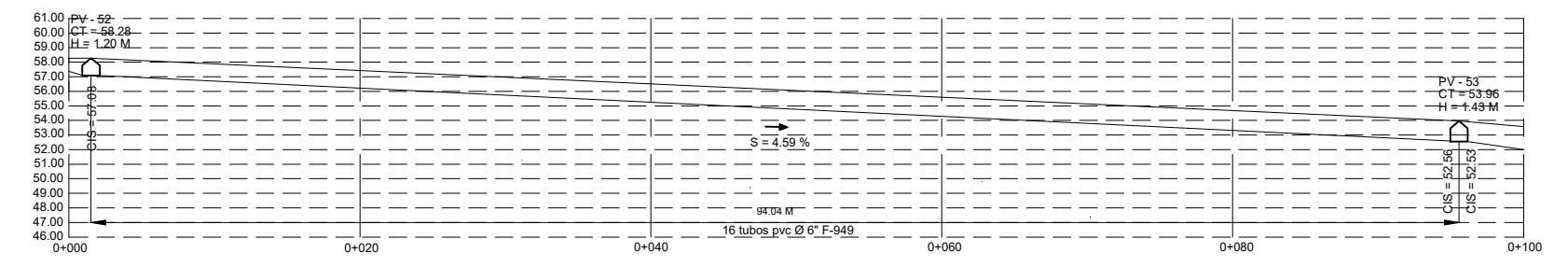
HOJA:  
12/19

ING. MAYRA REBECCA SORIA GARCIA DE SIERRA  
SUPERVISORA DE E.P.S



PLANTA DE PV-52 A PV-53

ESCALA: 1/500



PERFIL DE PV-52 A PV-53

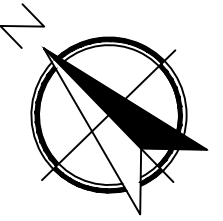
ESCALA: 1/150



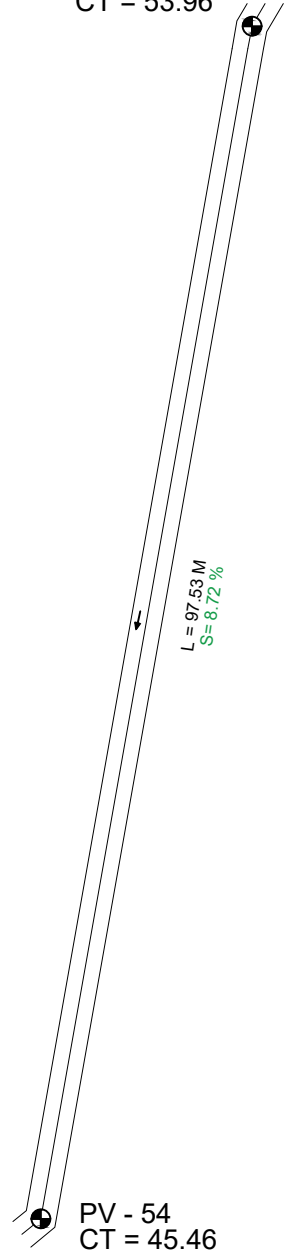
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO E.P.S

PROYECTO:  
SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO, ALDEA EL DURAZNO, CHINAUTLA

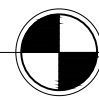
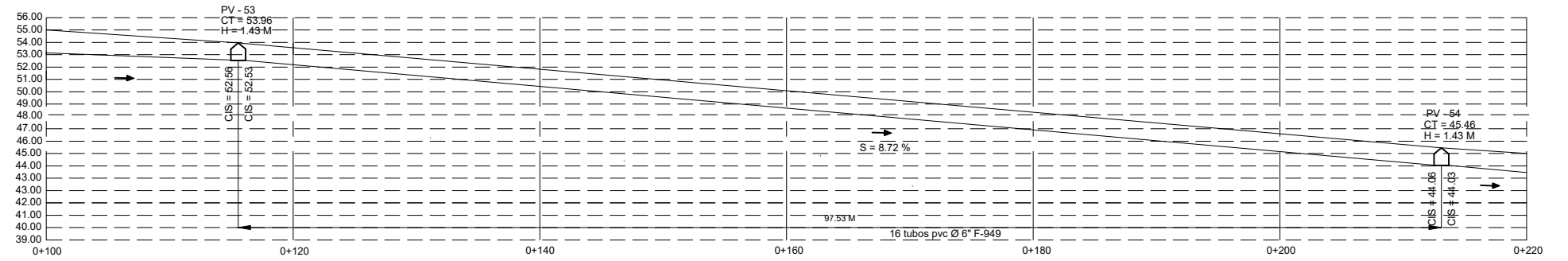
CONTENIDO: PLANTA DE CURVAS DE NIVEL	DISEÑO: CRISTIAN ERNESTO MENA CARNE: 2015-03974
REVISIÓN: ING. MAYRA REBECA FORGA GARCIA DE SIERRA SUPERVISOR DE E.P.S.	ESCR.: 1/20 FECHA: FEBRERO 2, 2020 HOJA: 13/19



PV - 53  
CT = 53.96



PV - 54  
CT = 45.46



PERFIL DE PV-53 A PV-54

ESCALA: 1/150



PLANTA DE PV-53 A PV-54

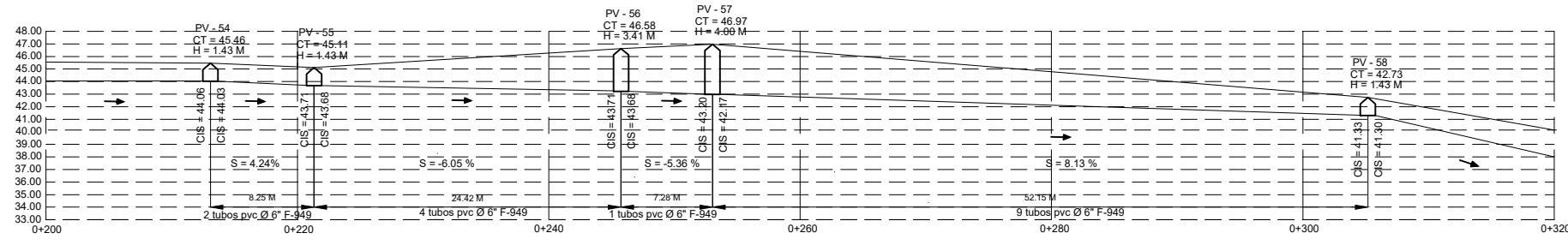
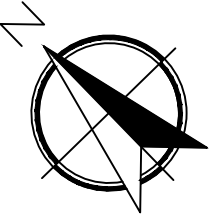
ESCALA: 1/500



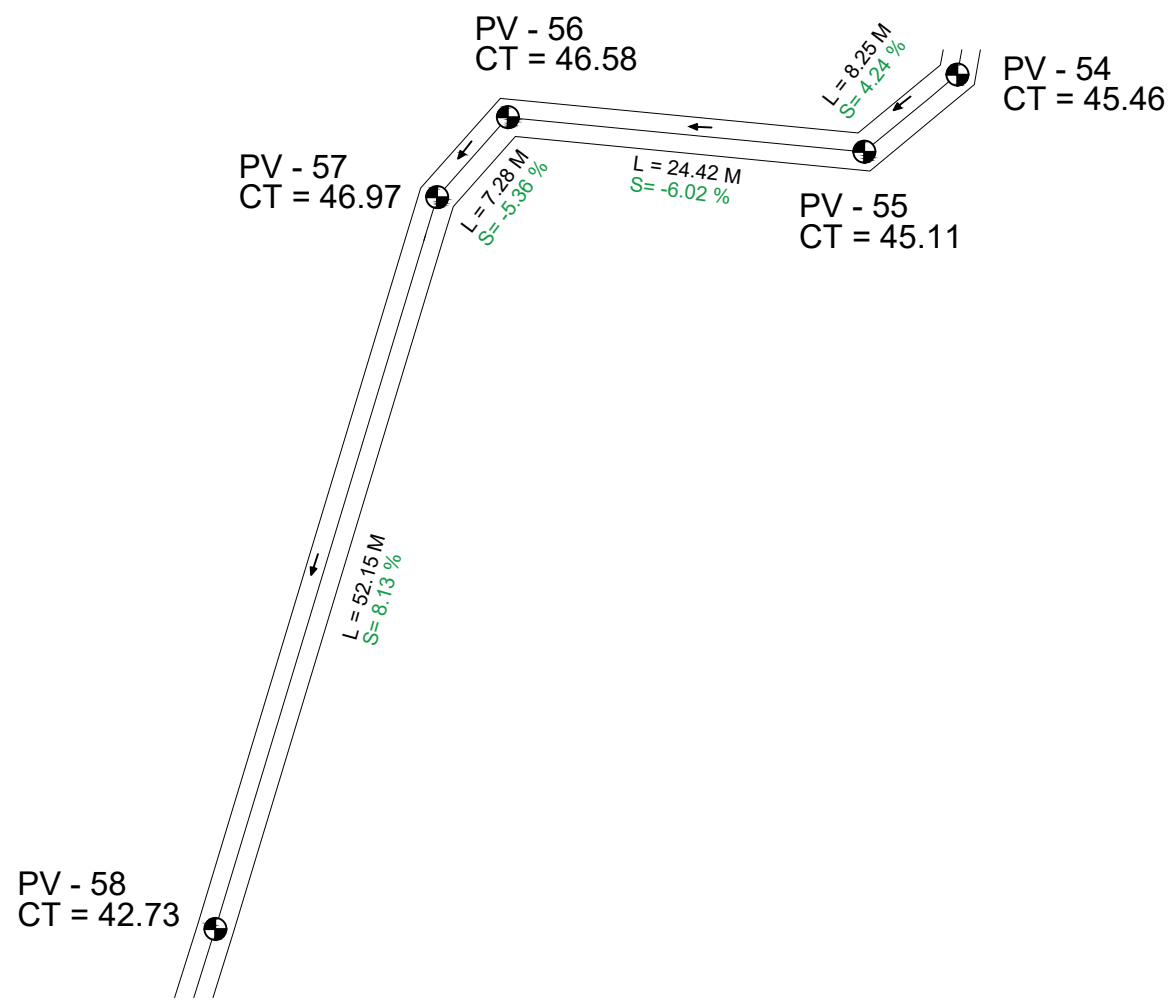
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO E.P.S

PROYECTO:  
SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO, ALDEA EL DURAZNO, CHINAUTLA

CONTENIDO: PLANTA DE CURVAS DE NIVEL	DISEÑO: CRISTIAN ERNESTO MENA CARNE: 2015-03874
REVISIÓN: ING. MAYRA REBECA SORJA GARCÍA DE SERRA SUPERVISOR DE E.P.S	ESC: 1/20 FECHA: FEBRERO 2, 020 <div style="float: right; font-size: 2em; border: 1px solid black; padding: 5px;">14 19</div>



**PERFIL DE PV-54 A PV-58**  
 ESCALA: 1/150



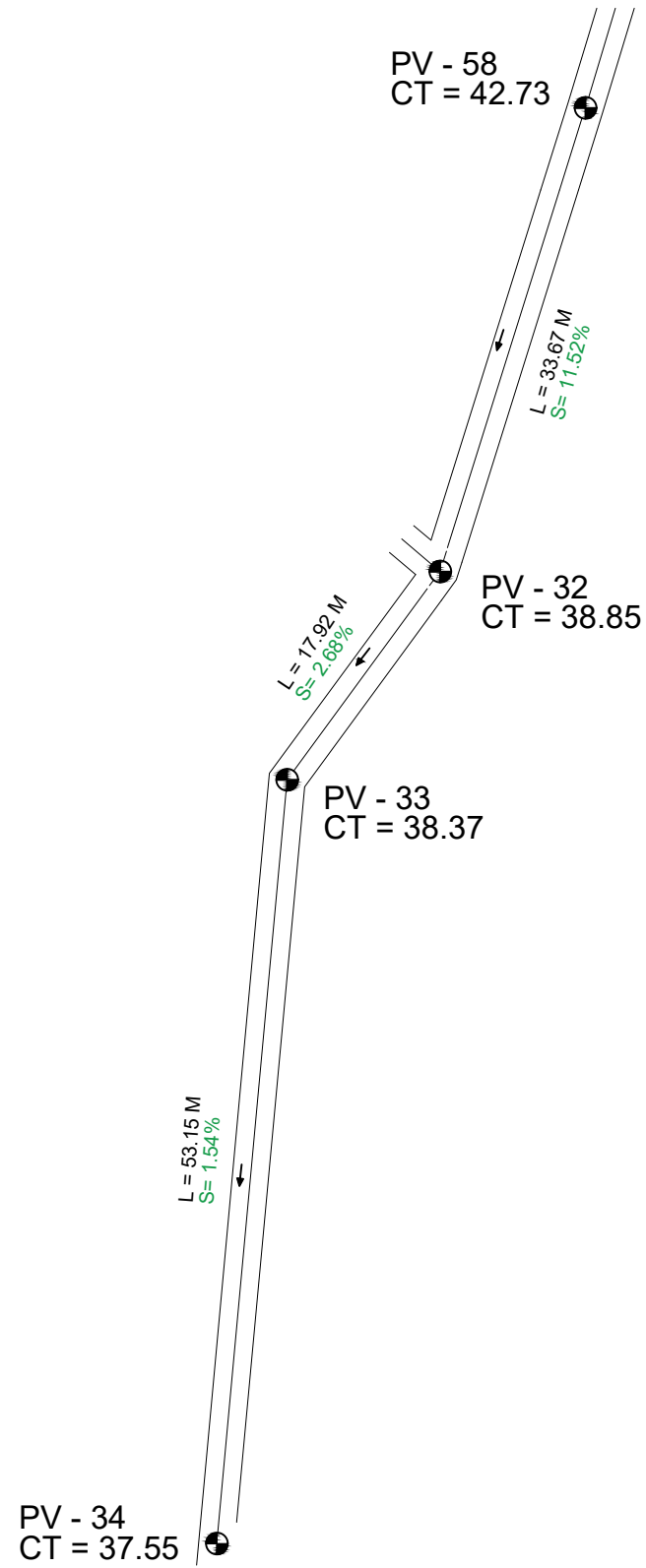
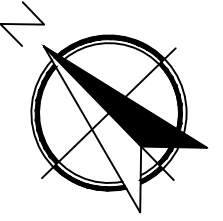
**PLANTA DE PV-54 A PV-58**  
 ESCALA: 1/300



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO E.P.S

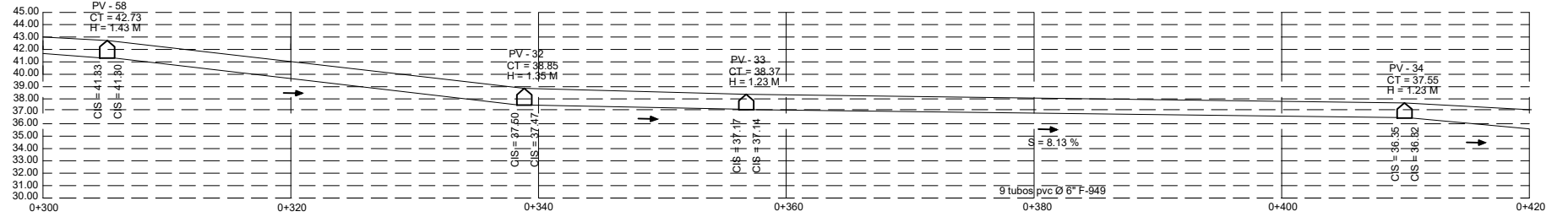
PROYECTO:  
 SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO, ALDEA EL DURAZNO, CHINAUTLA

CONTENIDO: PLANTA DE CURVAS DE NIVEL	DISEÑO: CRISTIAN ERNESTO MENA CARNE: 2015-03874
REVISIÓN: INGA MAYRA REBECA SORJA GARCIA DE SIERRA SUPERVISOR DE E.P.S	ESCALA: 1/20 FECHA: FEBRERO 2, 020



PLANTA DE PV-58 A PV-34

ESCALA: 1/300



PERFIL DE PV-58 A PV-34

ESCALA: 1/150



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO E.P.S

PROYECTO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO, ALDEA EL DURAZNO, CHINAUTLA

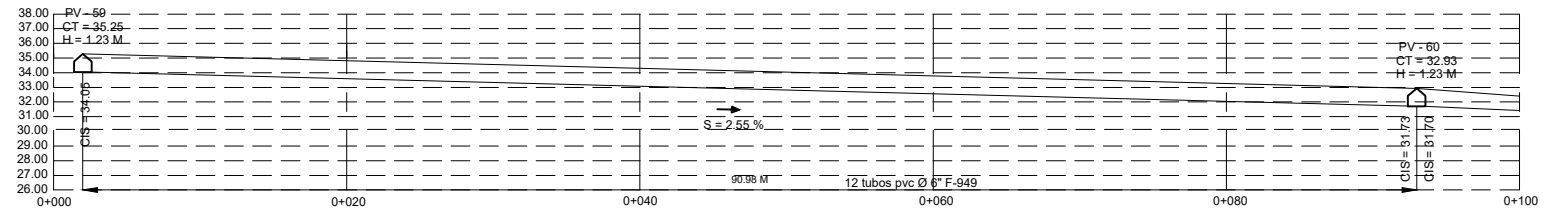
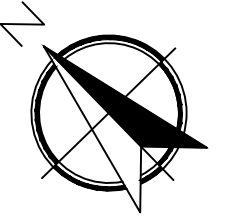
CONTENIDO: PLANTA DE CURVAS DE NIVEL	DISEÑO: CRISTIAN ERNESTO MENA CARNE: 2015-03874
REVISIÓN:	ESC: 1/20 FECHA: FEBRERO 2, 2020 INGA MAYRA REBECA SORIA GARCIA DE SIERRA SUPERVISOR DE E.P.S.

16/19

PV - 60  
CT = 32.93

L = 90.98 M  
S = 2.55%

PV - 59  
CT = 35.25

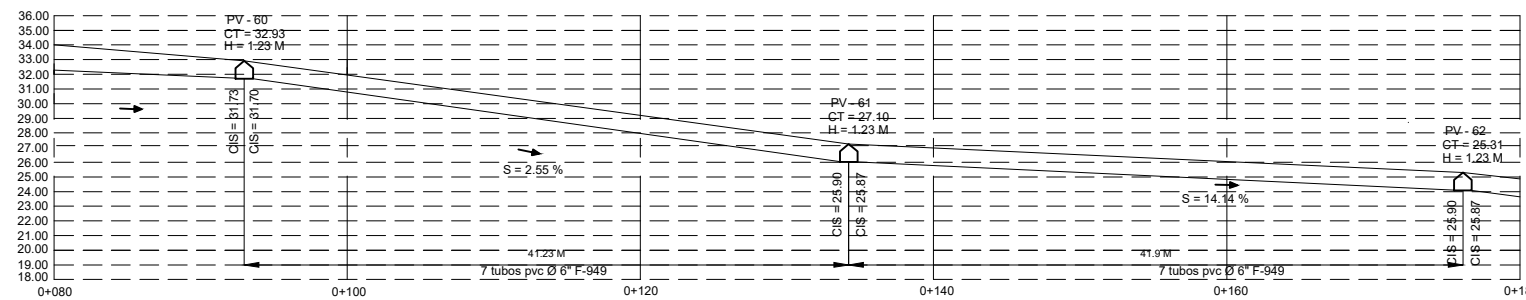


PERFIL DE PV-59 A PV-60

ESCALA: 1/150

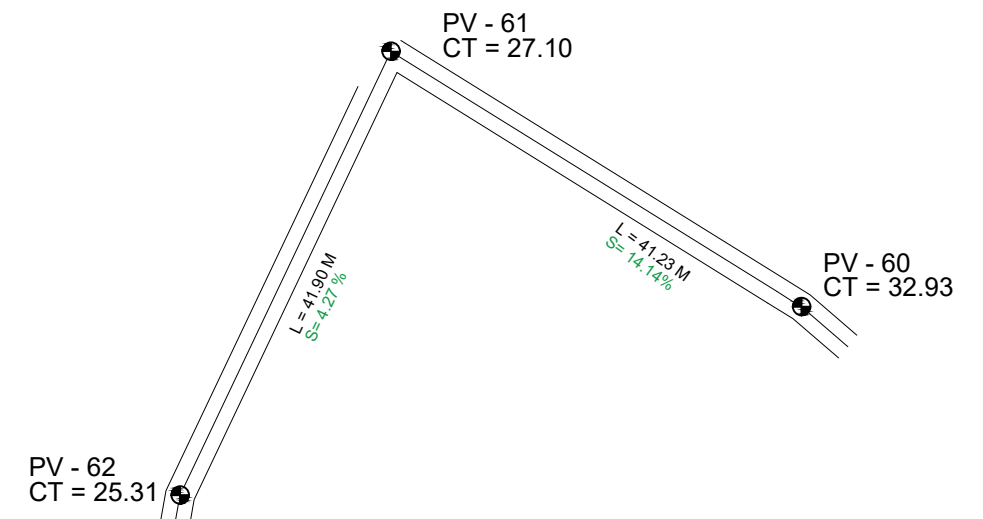
PLANTA DE PV-59 A PV-60

ESCALA: 1/500



PERFIL DE PV-60 A PV-62

ESCALA: 1/150



PLANTA DE PV-60 A PV-62

ESCALA: 1/500

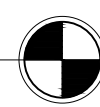
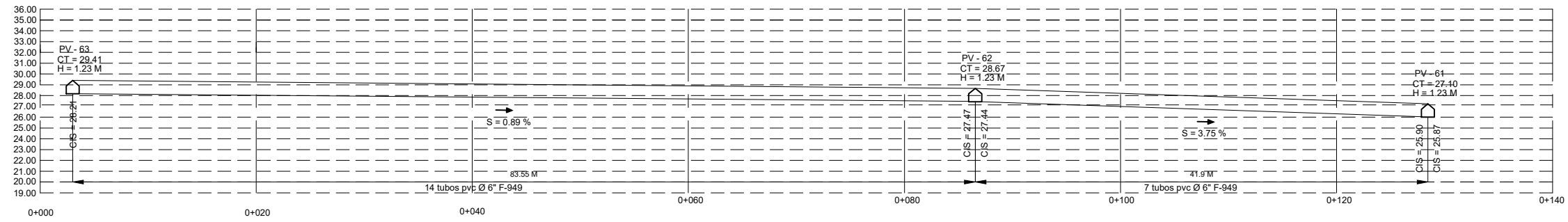
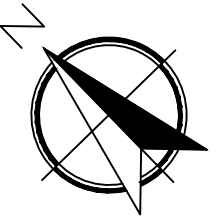


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO E.P.S

PROYECTO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO, ALDEA EL DURAZNO, CHINAUTLA

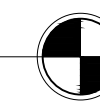
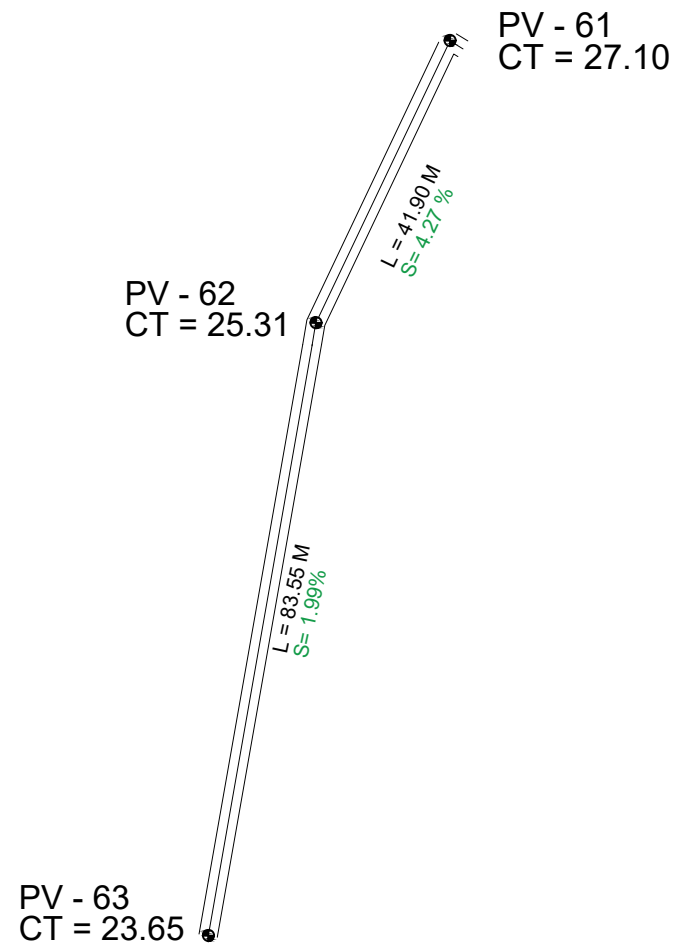
CONTENIDO: PLANTA DE CURVAS DE NIVEL	DISEÑO: CRISTIAN ERNESTO MENA CARNE: 2015-03874
REVISIÓN: ING. MAYRA REBECA SORIA GARCIA DE SIERRA SUPERVISOR DE E.P.S	ESC: 1/20 FECHA: FEBRERO 2,020

HORA:  
17/19



PERFIL DE PV-63 A PV-61

ESCALA: 1/150



PLANTA DE PV-63 A PV-61

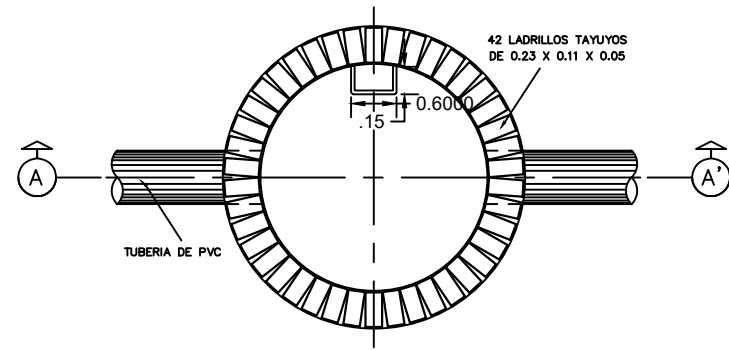
ESCALA: 1/700



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO E.P.S

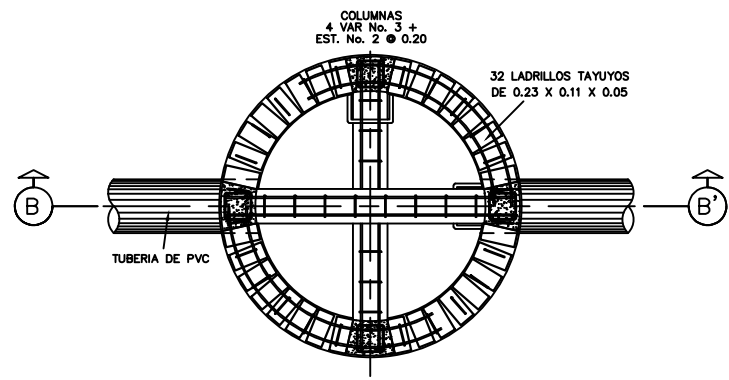
PROYECTO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO, ALDEA EL DURAZNO, CHINAUTLA

CONTENIDO: PLANTA DE CURVAS DE NIVEL	DISEÑO: CRISTIAN ERNESTO MENA CARNE: 2015-03874
REVISIÓN: ING. MAYRA REBECCA SORJA GARCIA DE SIERRA SUPERVISOR DE E.P.S	ESC: 1/20 FECHA: FEBRERO 2, 020 <div style="float: right; border: 1px solid black; padding: 5px;">           18 19         </div>



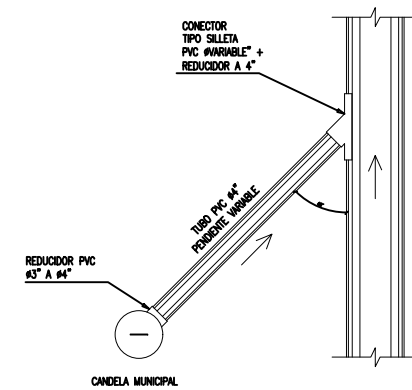
PLANTA POZO DE VISITA

ESCALA: 1/40



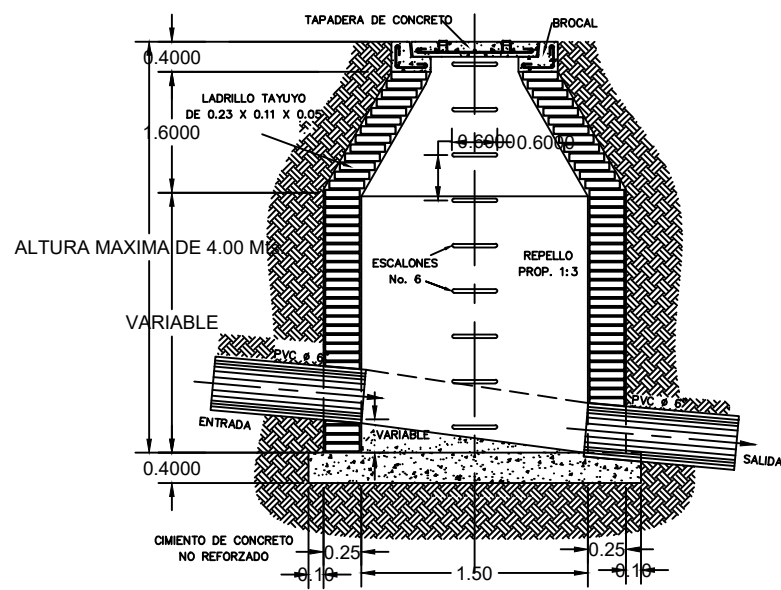
PLANTA POZO DE VISITA

ESCALA: 1/40



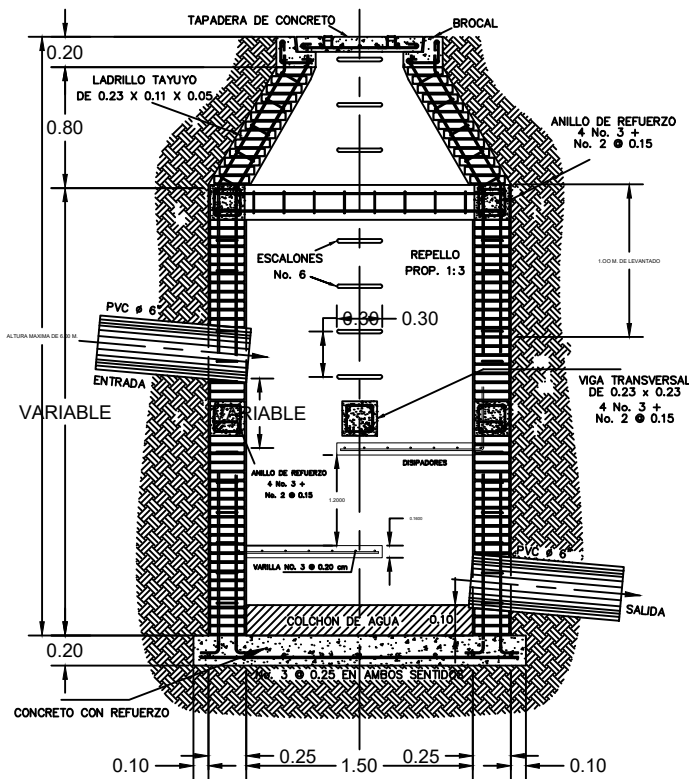
PLANTA CONEXIÓN DOMICILIAR

ESCALA: 1/30



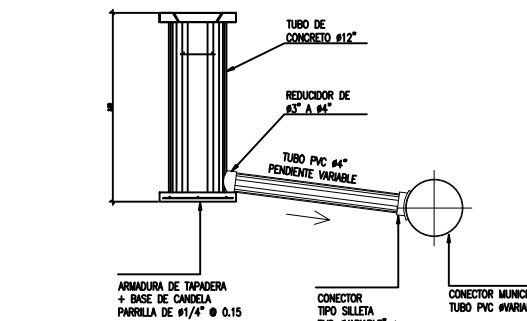
SECCIÓN A-A'

ESCALA: 1/25



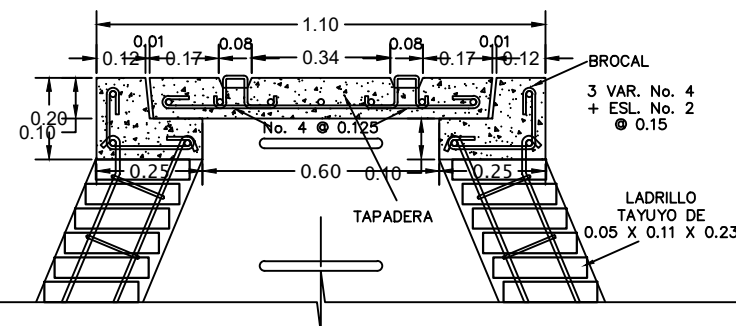
SECCIÓN B-B'

ESCALA: 1/25



PERFIL CONEXIÓN DOMICILIAR

ESCALA: 1/30



BROCAL Y TAPADERA PARA POZO DE VISITA

ESCALA: 1/40

ESPECIFICACIONES:

POZOS DE VISITA Ø 1.50 m  
PARA ALTURAS VARIABLES DE 0 A 4 m

TODAS LAS TUBERIAS QUE SE UTILIZARÁ  
DEBERÁ ESTAR BAJO LA NORMA ASTM F-949

LAS CONEXIONES DOMICILIARES HACIA EL COLECTOR  
DEBERÁN ESTAR CONECTADAS A UN ÁNGULO DE 45°



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO E.P.S

PROYECTO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO, ALDEA EL DURAZNO, CHINAUTLA

CONTENIDO: PLANTA DE CURVAS DE NIVEL	DISEÑO: CRISTIAN ERNESTO MENA CARNE: 2015-03974
REVISIÓN: ING. MAYRA REBECA SORJA GARCÍA DE SIERRA SUPERVISOR DE E.P.S.	ESCALA: INDICADA FECHA: FEBRERO 2, 020

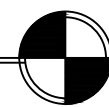
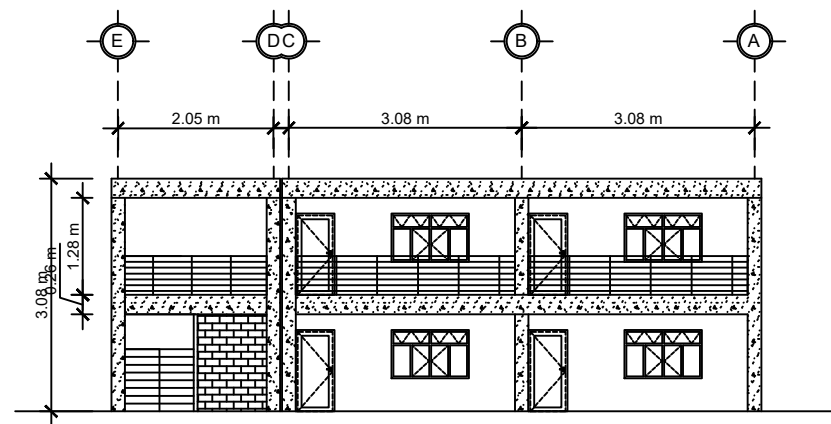
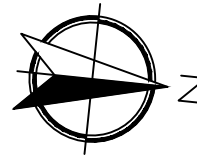
19  
19





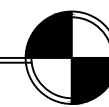
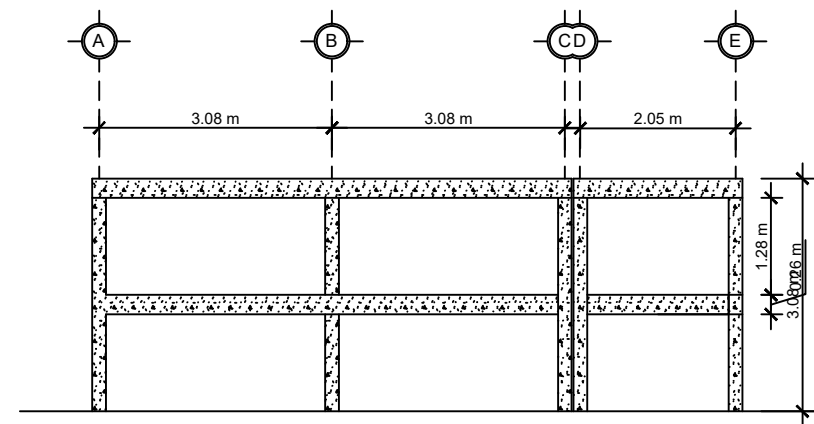
Apéndice 3. **Juego de planos el edificio escolar de dos niveles del sector 2 de San Julián**

Fuente: elaboración propia, utilizando AutoCAD 2018.



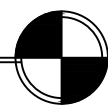
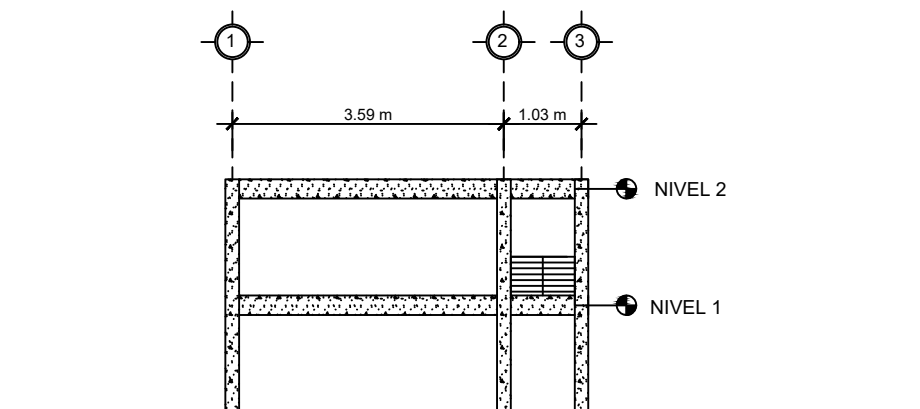
ELEVACIÓN FRONTAL

ESCALA: 1/100



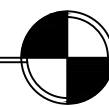
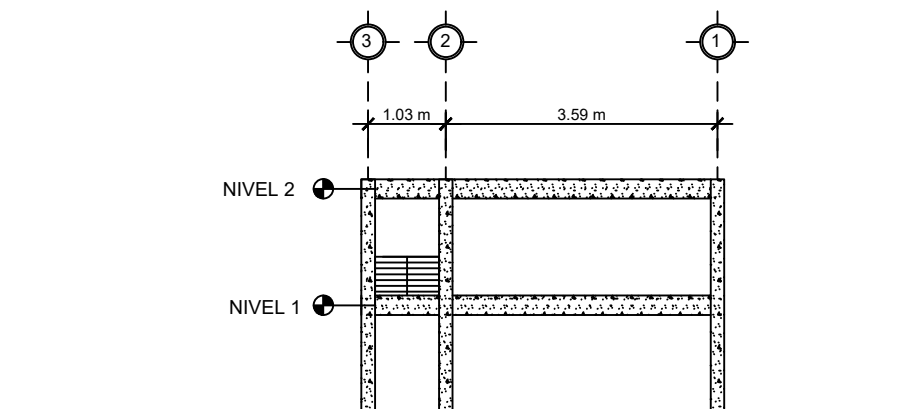
ELEVACIÓN POSTERIOR

ESCALA: 1/100



ELEVACIÓN LATERAL

ESCALA: 1/100



ELEVACIÓN LATERAL

ESCALA: 1/100

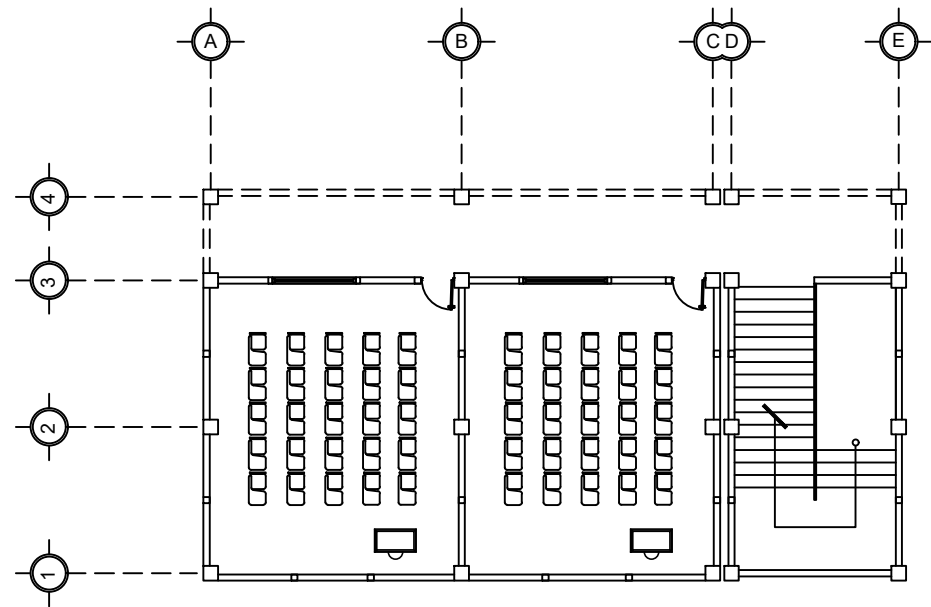
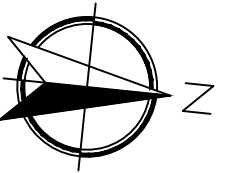


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO E.P.S

PROYECTO:  
EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA SECTOR 2, SAN JULIAN, CHINAUTLA

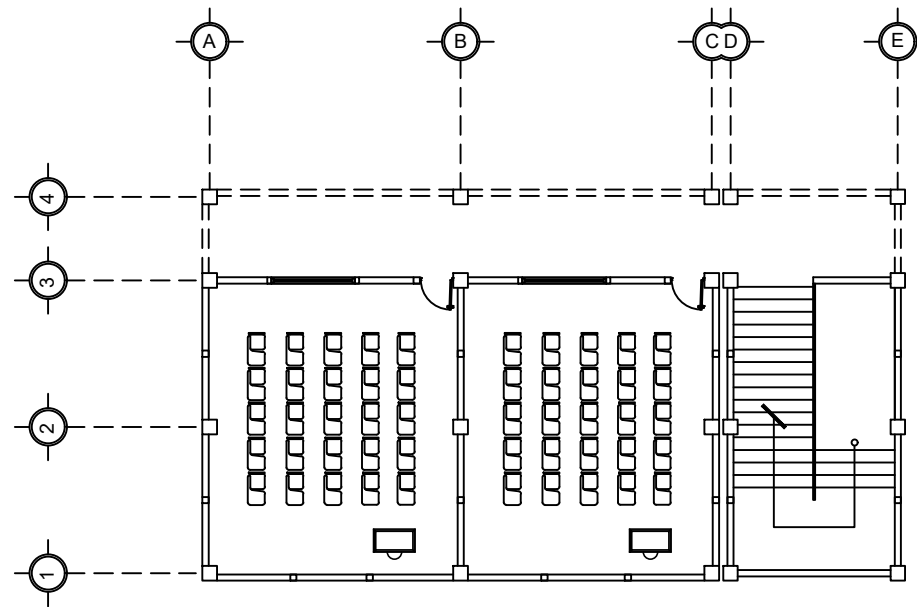
CONTENIDO: ELEVACIONES	DISERO: CRISTIAN ERNESTO MENA CARNE: 2015-03974
---------------------------	--

REVISIÓN:  INGA. MAYRA REBECA SORIA GARCÍA DE SIERRA SUPERVISOR DE E.P.S	ESC: INDICADA FECHA: JUNIO 2020	HOJA: 1 13
---	--	------------------



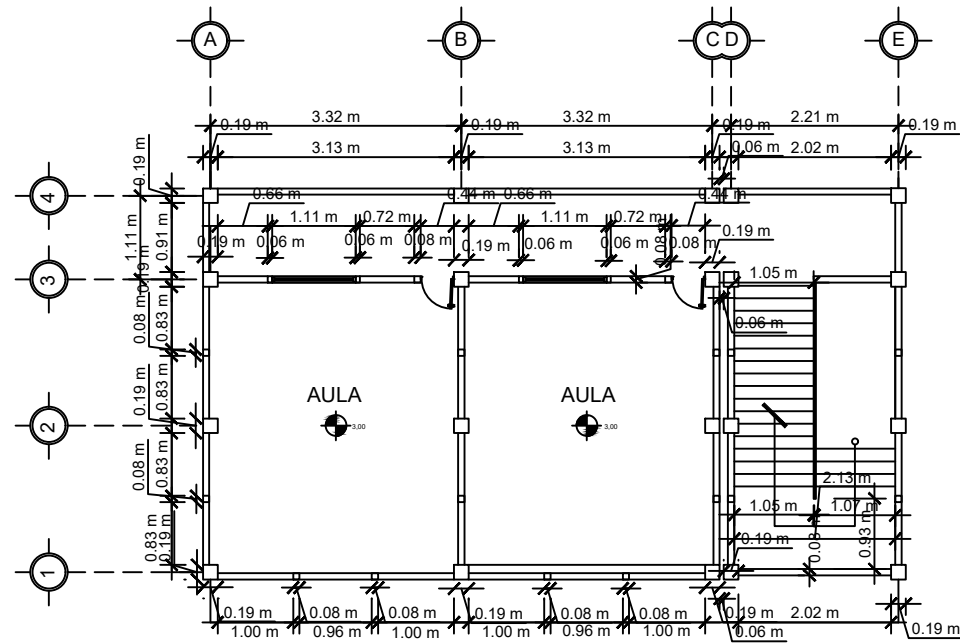
PLANTA AMUEBLADA SEGUNDO NIVEL

ESCALA: 1/100



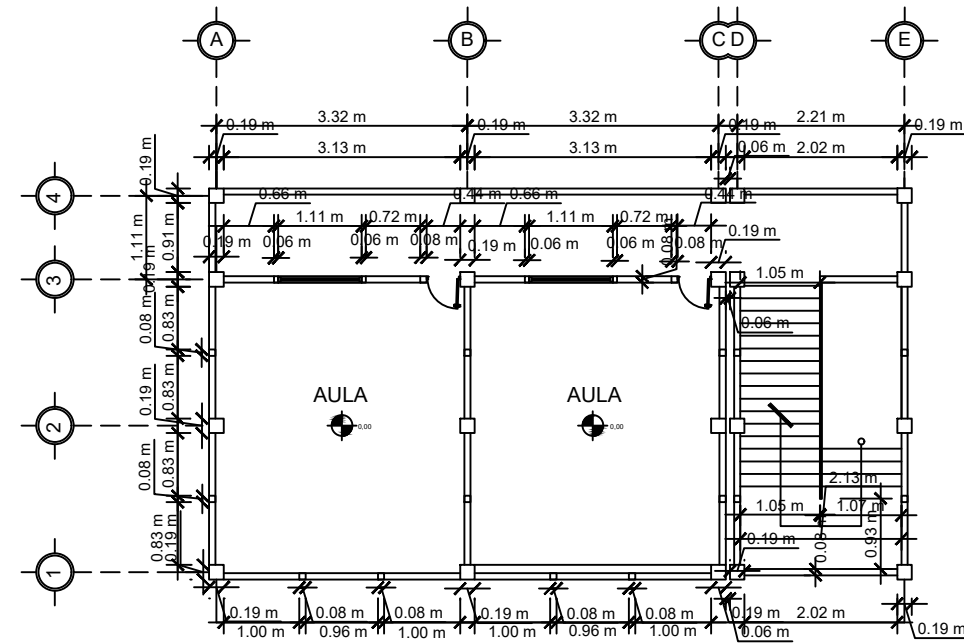
PLANTA AMUEBLADA PRIMER NIVEL

ESCALA: 1/100



PLANTA ACOTADA SEGUNDO NIVEL

ESCALA: 1/100



PLANTA ACOTADA PRIMER NIVEL

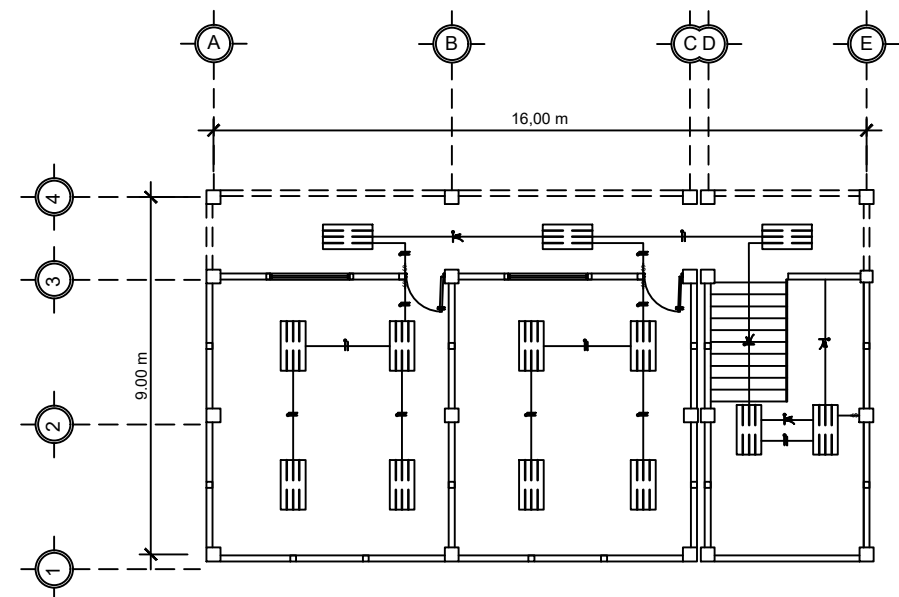
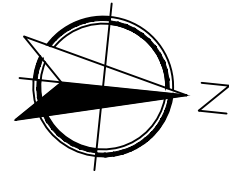
ESCALA: 1/100



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO E.P.S

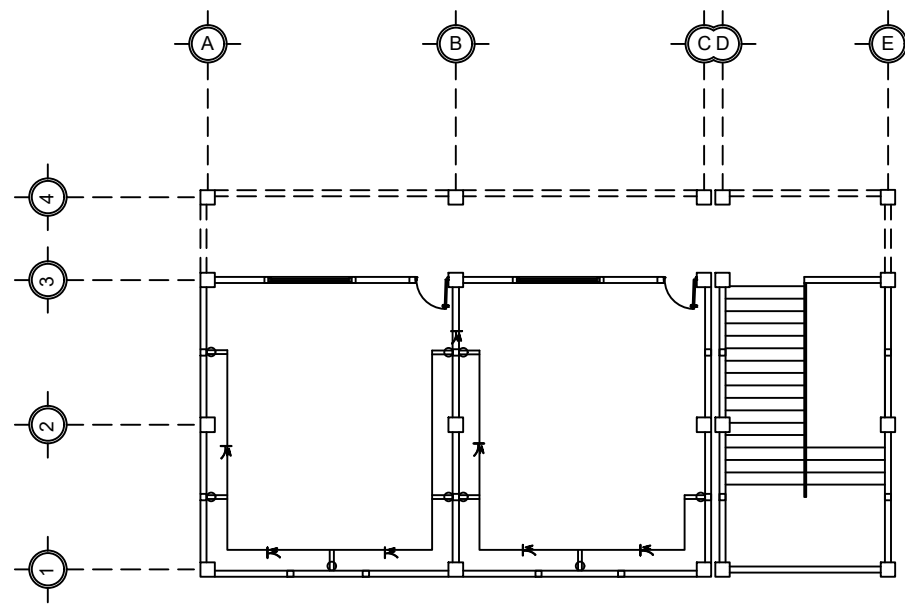
PROYECTO:  
EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA SECTOR 2, SAN JULIAN, CHINAUTLA

CONTENIDO: PLANTA AMUEBLADA Y ACOTADA	DISEÑO: CRISTIAN ERNESTO MENA CARNÉ: 2015-03974		
REVISIÓN:  INGA. MAYRA REBECA SORIA GARCÍA DE SIERRA SUPERVISOR DE E.P.S	ESC: INDICADA FECHA: JUNIO 2020		
<table border="1"> <tr> <td>HQJA: 2</td> <td>13</td> </tr> </table>		HQJA: 2	13
HQJA: 2	13		



PLANTA ILUMINACIÓN SEGUNDO NIVEL

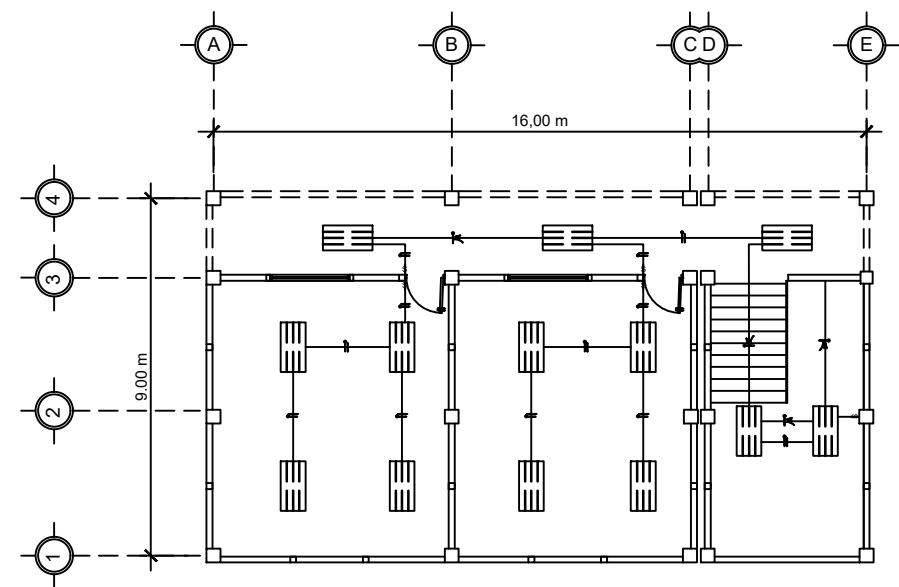
ESCALA: 1/75



PLANTA DE FUERZA SEGUNDO NIVEL

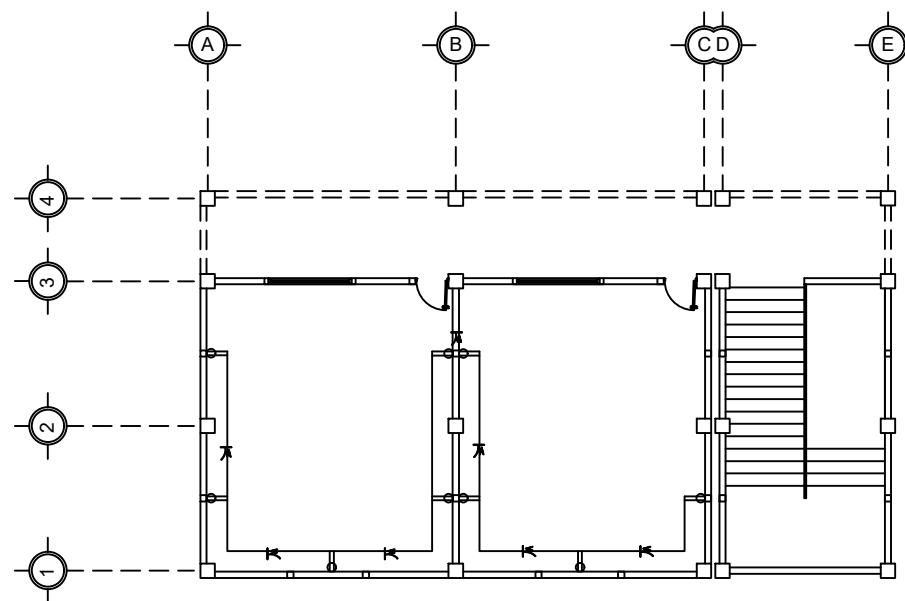
ESCALA: 1/100

SIMBOLOGIA ILUMINACIÓN	
	CANDELA DE 1' X 2'
	DUCTO PARED Ø 3/4"
	INTERRUPTOR SIMPLE (ALTURA= 2 m)
	CONDUCTOR RETORNO
	CONDUCTOR NEUTRO
	CONDUCTOR POSITIVO



PLANTA ILUMINACIÓN PRIMER NIVEL

ESCALA: 1/75



PLANTA DE FUERZA PRIMER NIVEL

ESCALA: 1/100

SIMBOLOGIA FUERZA	
	TOMACORRIENTE DE 110V (ALTURA= 0,30 m)
	DUCTO PARED Ø 3/4"
	CONDUCTOR NEUTRO
	CONDUCTOR POSITIVO

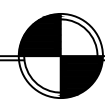
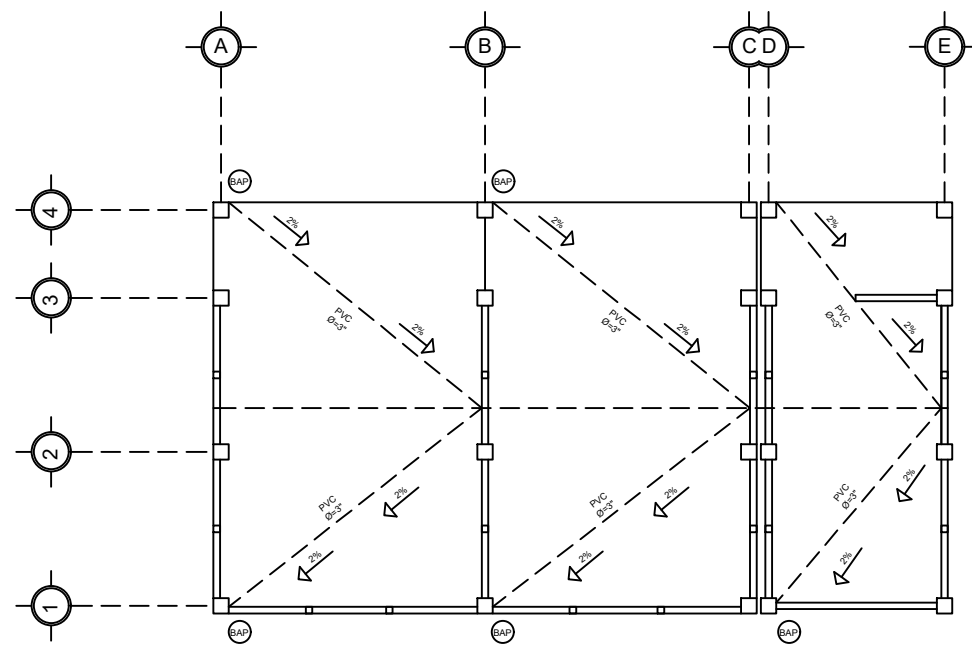
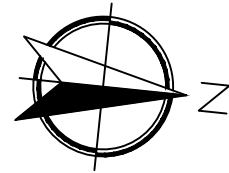


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO E.P.S

PROYECTO:  
EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA SECTOR 2, SAN JULIAN, CHINAUTLA

CONTENIDO: PLANTA ILUMINACIÓN Y FUERZA	DISEÑO: CRISTIAN ERNESTO MENA CARNÉ: 2015-03974
---	--

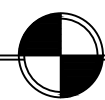
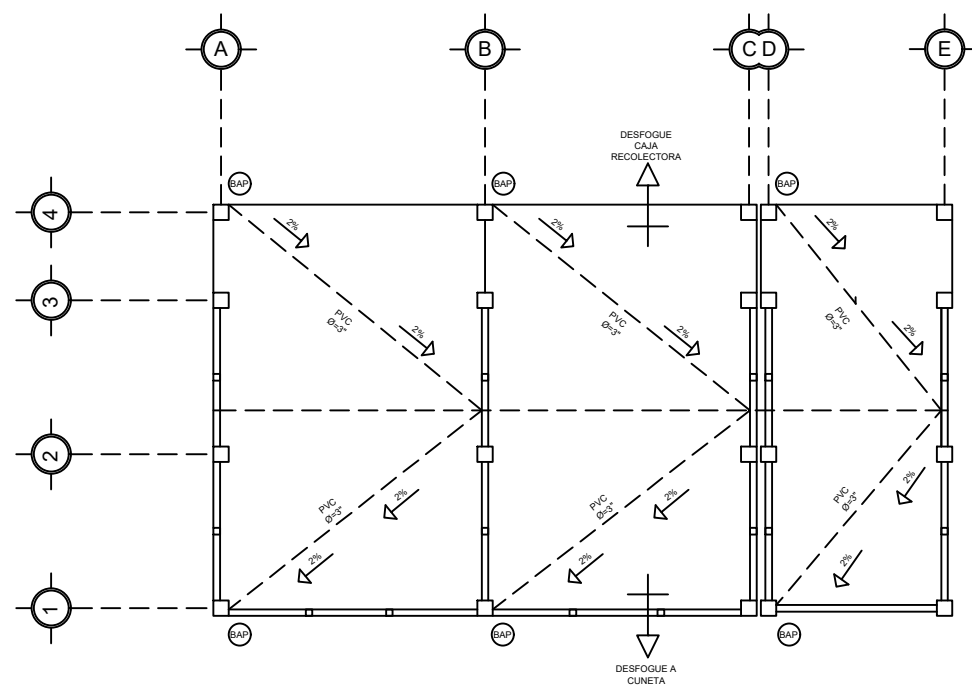
REVISIÓN:	ESC: INDICADA	HOJA: 3
INGA. MAYRA REBECA SORIA GARCÍA DE SIERRA SUPERVISOR DE E.P.S	FECHA: JUNIO 2020	13



BAJADA DE AGUA PLUVIAL SEGUNDO NIVEL

ESCALA: 1/100

SIMBOLOGIA	
	BAJADA DE AGUA PLUVIAL
	PENDIENTE DE TUBERIA
	CONDUCCIÓN A.P
	TIPO DE VIGA



BAJADA DE AGUA PLUVIAL PRIMER NIVEL

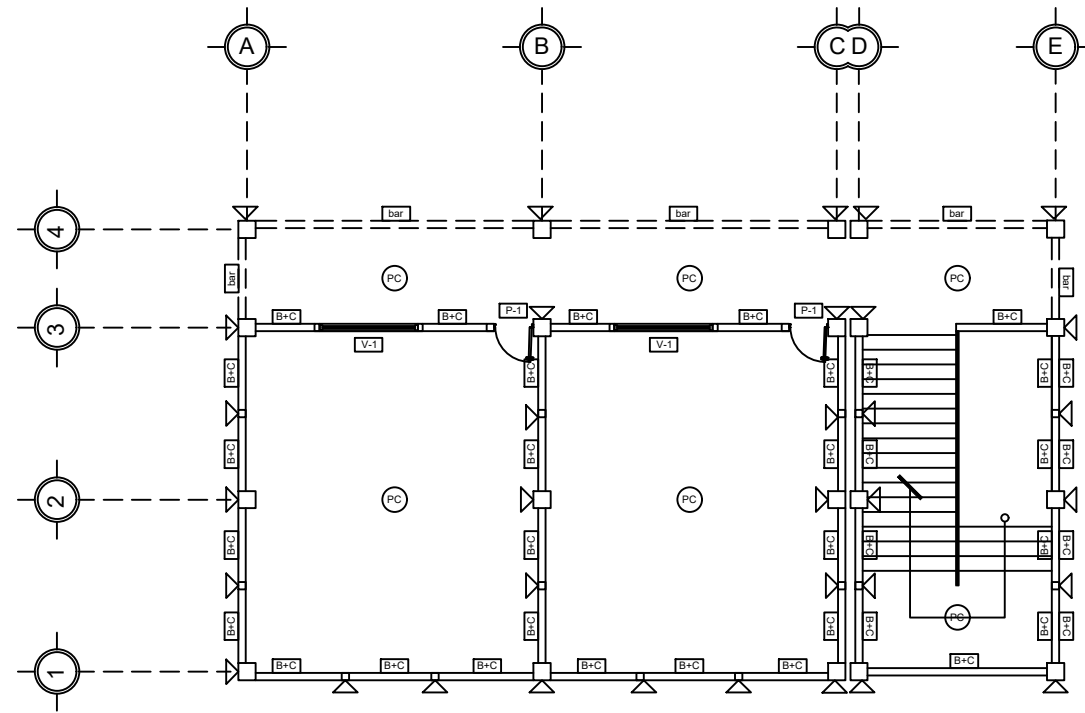
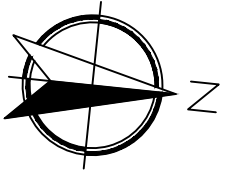
ESCALA: 1/100



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO E.P.S

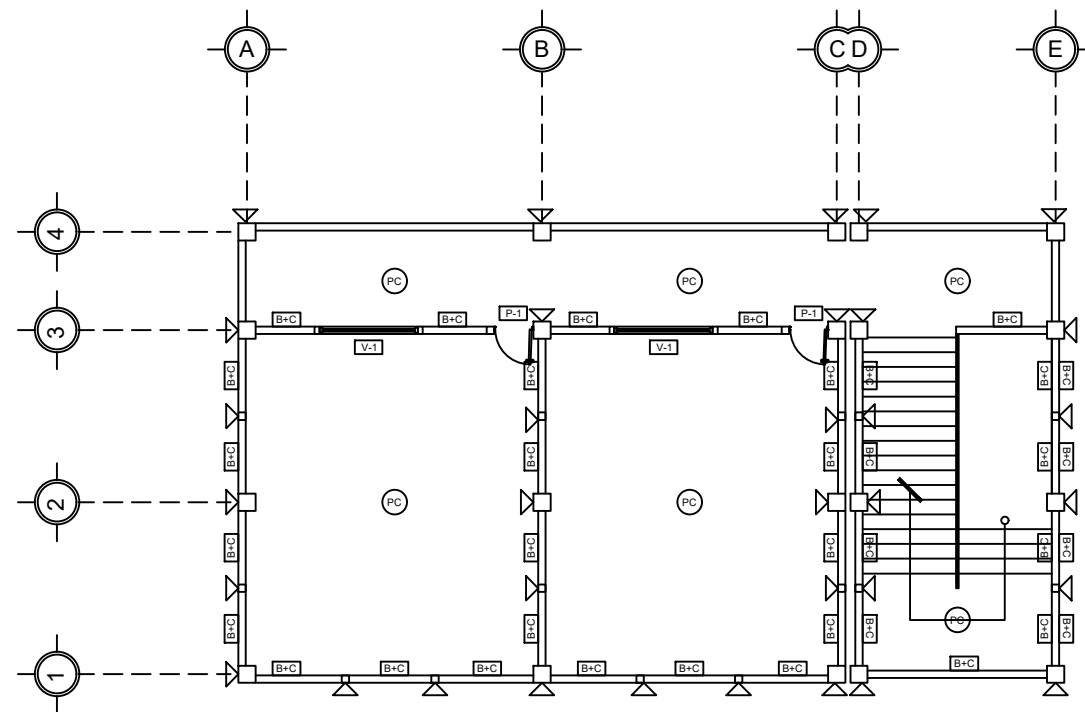
PROYECTO:  
EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA SECTOR 2, SAN JULIAN, CHINAUTLA

CONTENIDO: BAJADAS DE AGUAS PLUVIALES	DISEÑO: CRISTIAN ERNESTO MENA CARNÉ: 2015-03974
REVISIÓN: INGA MAYRA REBECA SORIA GARCÍA DE SIERRA SUPERVISOR DE E.P.S	ESC. INDICADA FECHA: JUNIO 2020
	HQJA: 4 13



PLANTA DE ACABADOS SEGUNDO NIVEL

ESCALA: 1/100



PLANTA DE ACABADOS PRIMER NIVEL

ESCALA: 1/100

ESPECIFICACIONES:

PLANILLA DE PUERTAS Y VENTANAS

4 PUERTAS TIPO P-1 CON ANCHO DE 0.80 m Y ALTO DE 2.10 m

4 VENTANAS TIPO V-1 CON ANCHO DE 2.00 m Y ALTO DE 1.25 m

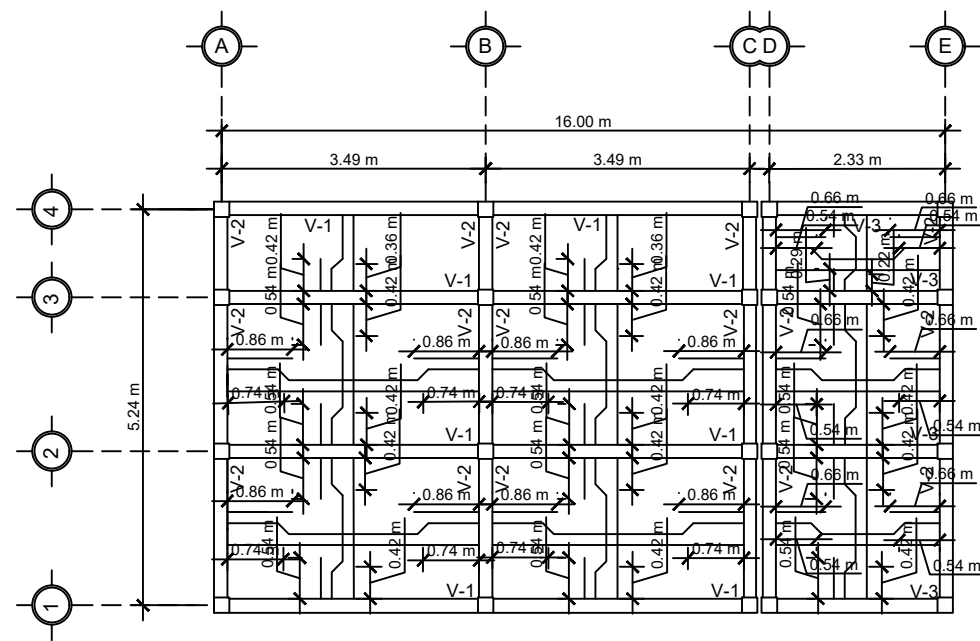
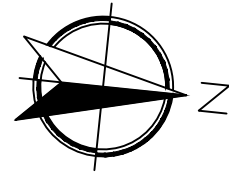
SIMBOLOGIA	
	PUERTA TIPO 1
	VENTANA TIPO 1
	BLOCK + CIZA V-H
	REPELLO + CERNIDO FINO Y ACABADO LISO
	PISO CERAMICO ANTIDESLIZANTE
	BARANDA DE PROTECCION DE 1.00 M DE ALTURA



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO E.P.S

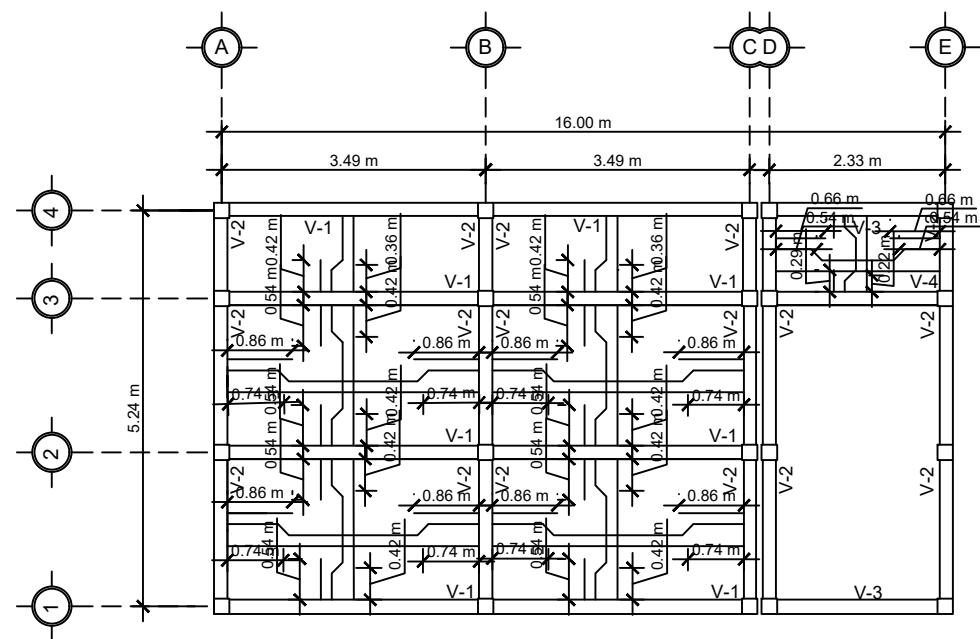
PROYECTO:  
EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA SECTOR 2, SAN JULIAN, CHINAUTLA

CONTENIDO: PLANTA DE ACABADOS	DISEÑO: CRISTIAN ERNESTO MENA CARNE: 2015-03974
REVISION:	ESC: INDICADA FECHA: JUNIO 2020
INGA. MAYRA REBECA SORIA GARCÍA DE SIERRA SUPERVISOR DE E.P.S	HQJA: 5 13



ARMADO DE LOSAS SEGUNDO NIVEL

ESCALA: 1/100



ARMADO DE LOSAS PRIMER NIVEL

ESCALA: 1/100

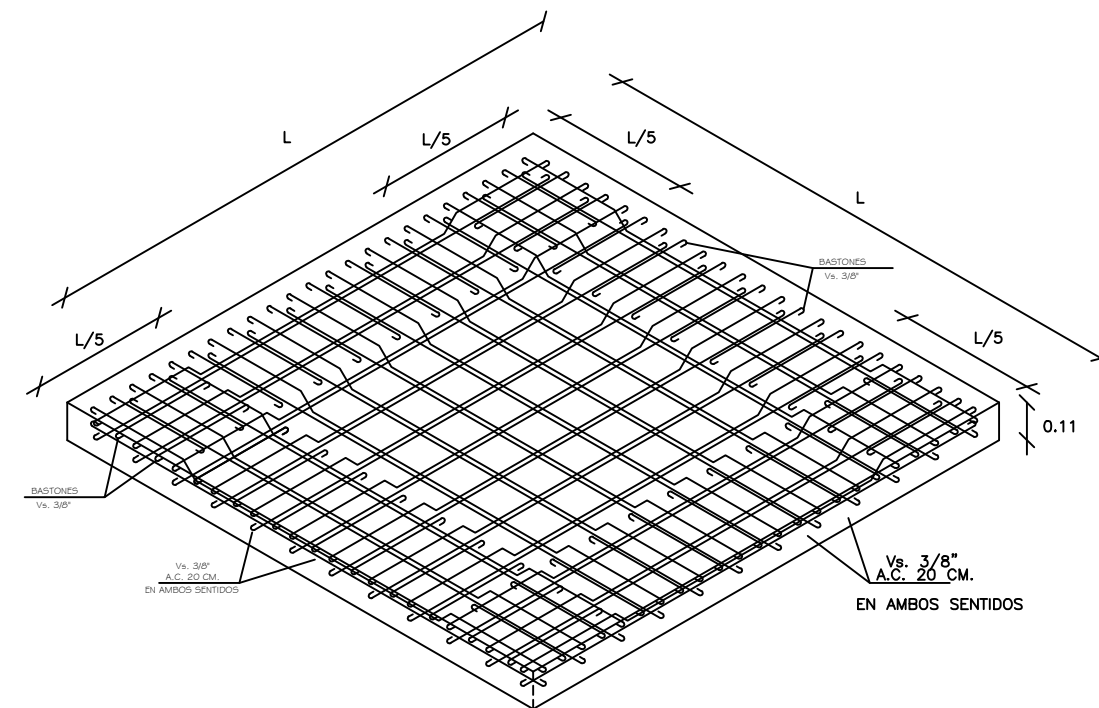
SIMBOLOGIA	
	INDICA BASTÓN
	INDICA TENSION
	INDICA RIEL
V-1	TIPO DE VIGA

ESPECIFICACIONES:

Diseño de losas: Método 3 ACI 318-14  
 Concreto 3,000 PSI  
 Acero Grado 40  
 Espesor de losa 0.11m  
 Recubrimiento 2.54cm

Armado segundo y primer nivel:  
 No. 3 @ 0.20m en ambos sentidos

Armado losa en pasillo:  
 No. 3 @ 0.20m en ambos sentidos.

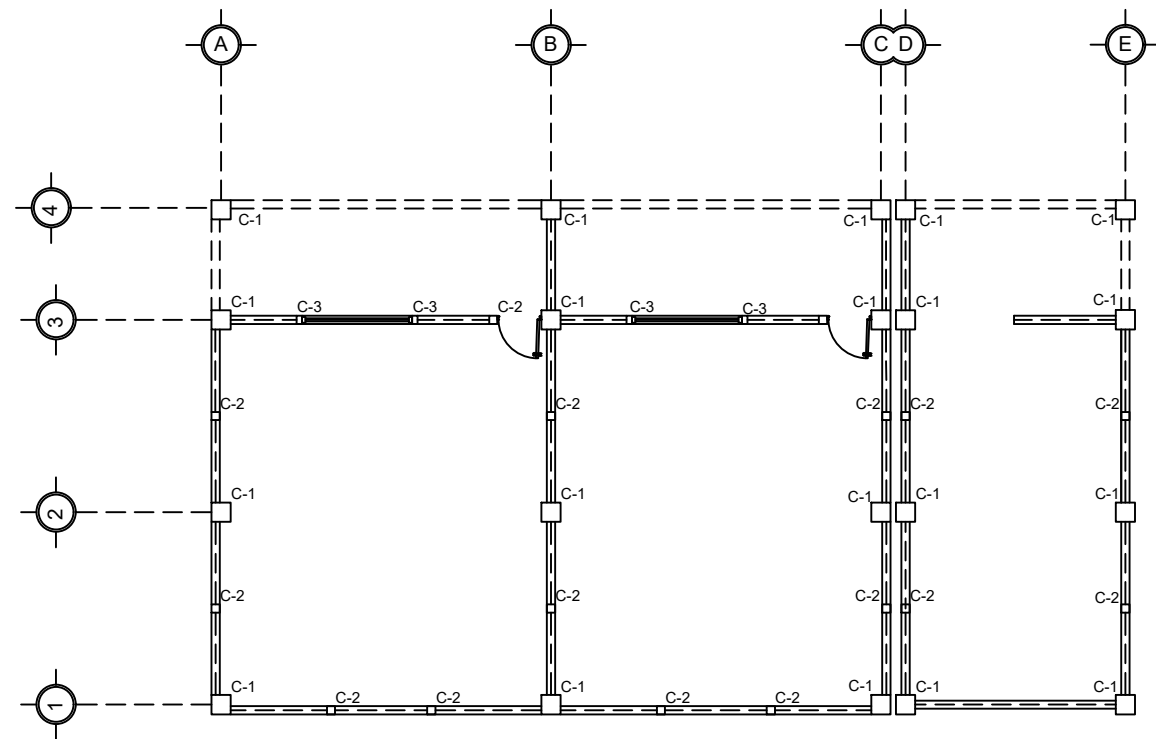
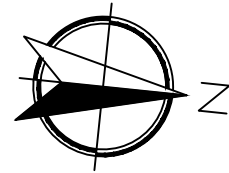


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO E.P.S

PROYECTO:  
 EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA SECTOR 2, SAN JULIAN, CHINAUTLA

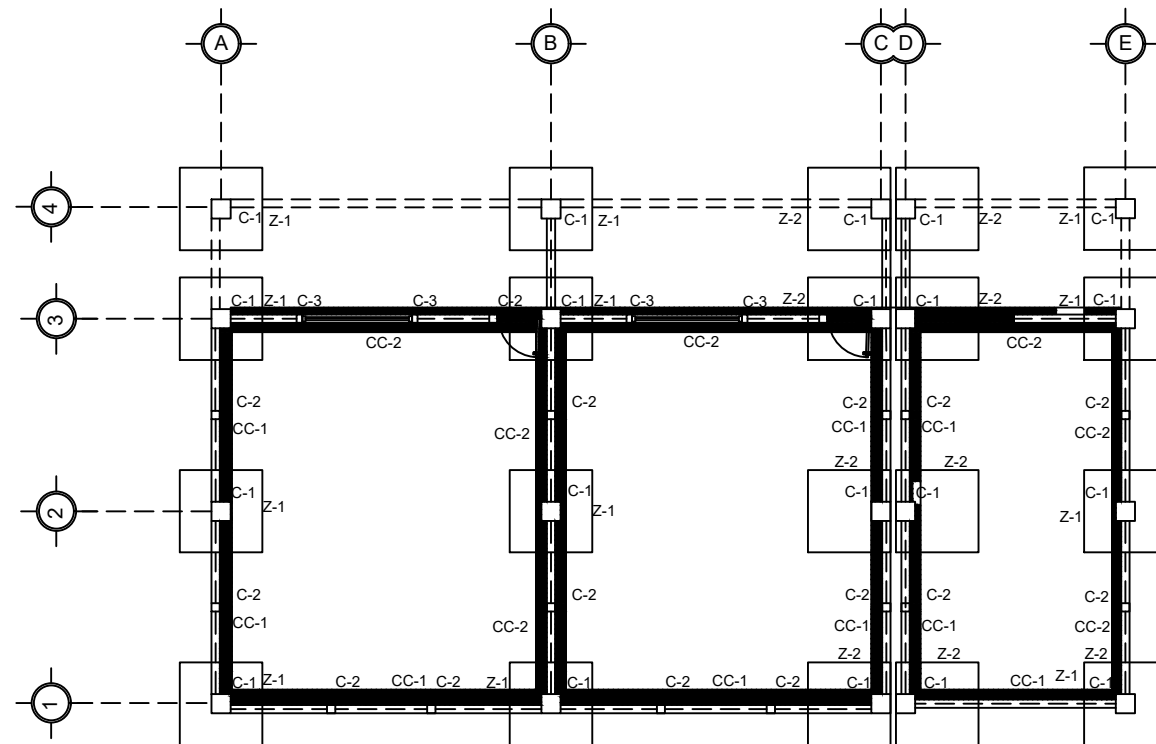
CONTENIDO: DETALLE DE ARMADO DE LOSAS	DISEÑO: CRISTIAN ERNESTO MENA CARNÉ: 2015-03974
REVISIÓN: INGA MAYRA REBECA SORIA GARCÍA DE SIERRA SUPERVISOR DE E.P.S	ESC: INDICADA FECHA: JUNIO 2020
	HQJA: 6





CIMENTACIONES Y COLUMNAS SEGUNDO NIVEL

ESCALA: 1/75



CIMENTACIONES Y COLUMNAS PRIMER NIVEL

ESCALA: 1/75

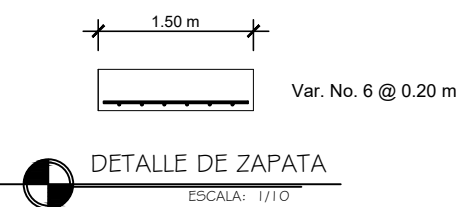
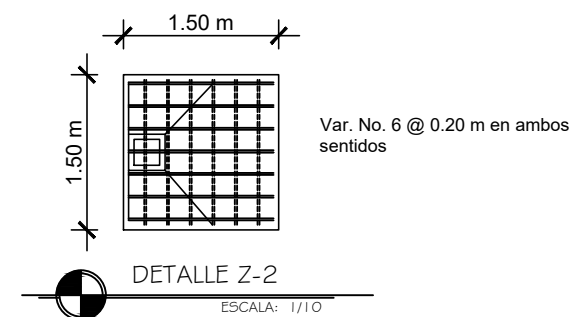
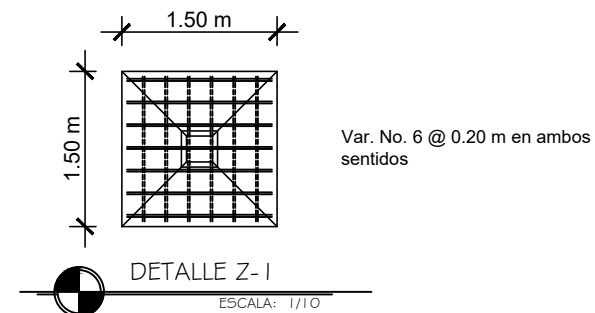
ESPECIFICACIONES:

F'C = CONCRETO 3000 PSI  
 FY = GRADO 40 = 2810 kg/cm<sup>2</sup>

TIPO DE JUNTA DE MARCOS RIGIDOS CON  
 MUROS DE CERRAMIENTO, CC-1  
 4 No.3 + ESL. No.3 @ 0.15 m

ZAPATAS TIPO Z-1 Y Z-2

RECUBRIMIENTOS:  
 -HORIZONTAL 5 cm  
 -VERTICAL 7.5 cm



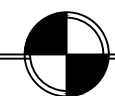
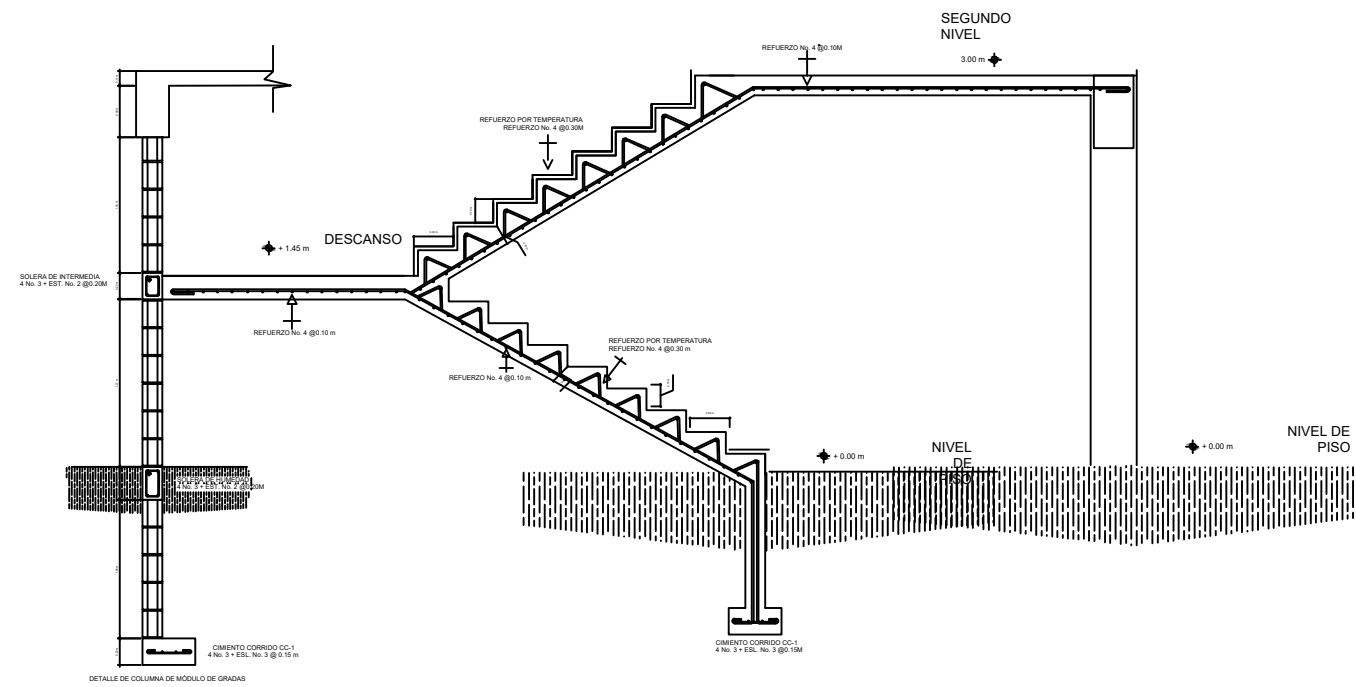
SIMBOLOGIA	
Z-1	TIPO DE ZAPATA
C-1	TIPO DE COLUMNA
CC-1	TIPO DE CIMIENTO CORRIDO



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO E.P.S

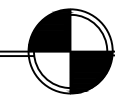
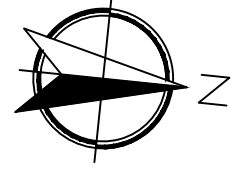
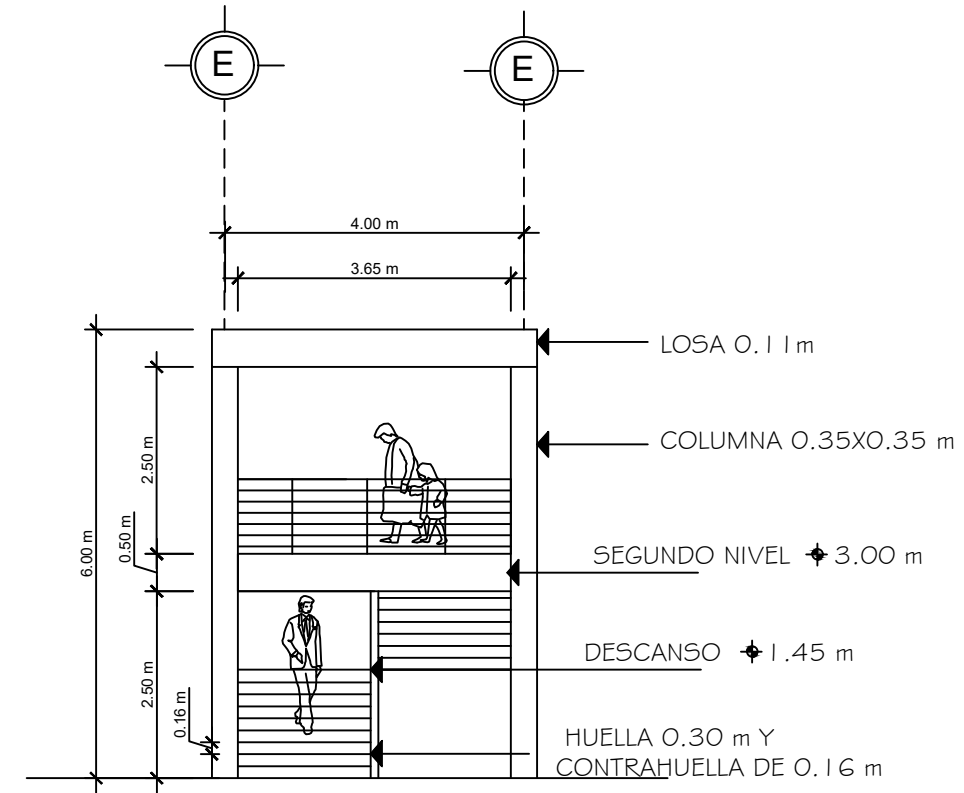
PROYECTO:  
 EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA SECTOR 2, SAN JULIAN, CHINAUTLA

CONTENIDO: DETALLE DE CIMENTACIONES Y ARMADO DE ZAPATAS	DISEÑO: CRISTIAN ERNESTO MENA CARNE: 2015-03974	ESC: INDICADA	HQJA: 7
REVISION:	INGA. MAYRA REBECA SORIA GARCIA DE SIERRA SUPERVISOR DE E.P.S	FECHA: JUNIO 2020	13



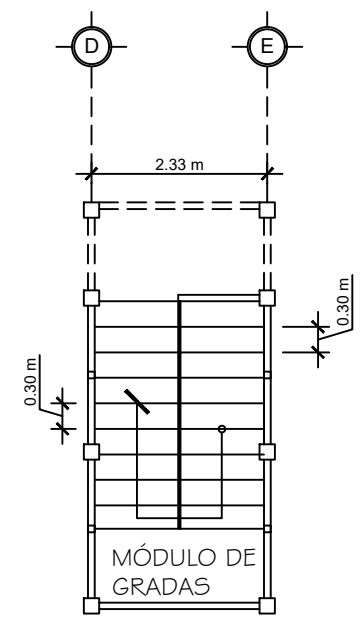
DETALLE DE MÓDULO DE GRADAS

ESCALA: 1/25



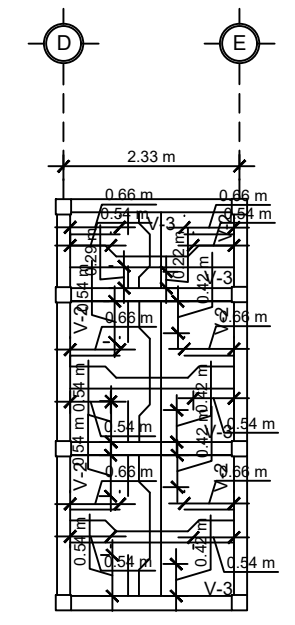
CAJÓN DE MÓDULO DE GRADAS

ESCALA: 1/25



CAJÓN DE MÓDULO DE GRADAS

ESCALA: 1/100



ARMADO DE MÓDULO DE GRADAS

ESCALA: 1/100

ESPECIFICACIONES:

F'C = CONCRETO 3000 PSI  
 FY = GRADO 40 = 2810 kg/cm<sup>2</sup>

H = 16.00 cm  
 C = 30.00 CM

TIPO DE JUNTA DE MARCOS RIGIDOS CON MUROS DE CERRAMIENTO, CC-1  
 4 No.3 + ESL. No.3 @ 0.15 m

ARMADO DE VIGA V-1, V-2 Y V-3

POR SIMETRÍA SE UTILIZARÁ EL MISMO ARMADO DE COLUMNA C-1 CON ARMADO 4No.8 + EST. No.4 CONF. 0.50 m @ 0.06 RESTO @ 0.10

LEVANTADO DE MURO CON BLOCK DE RESISTENCIA DE 60 Kg/cm<sup>2</sup>

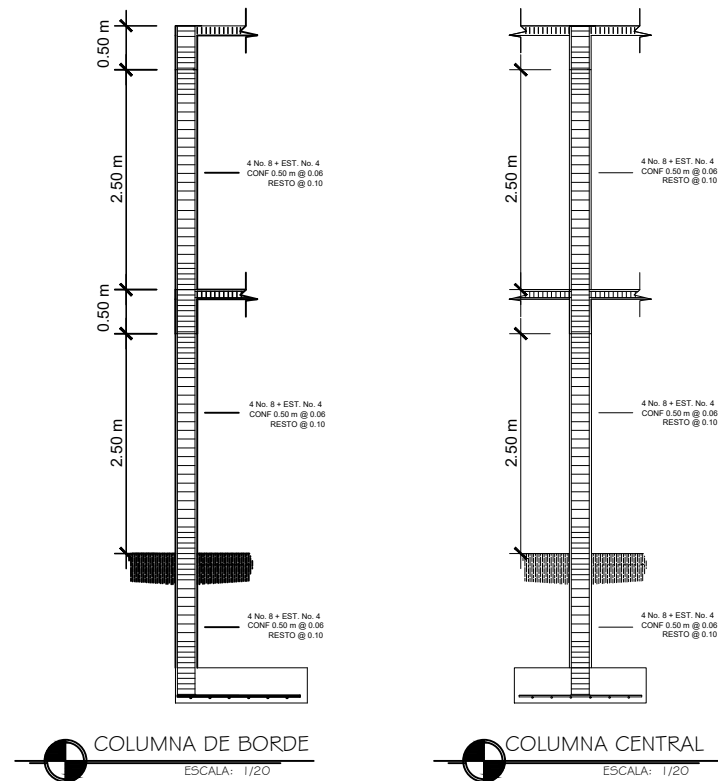
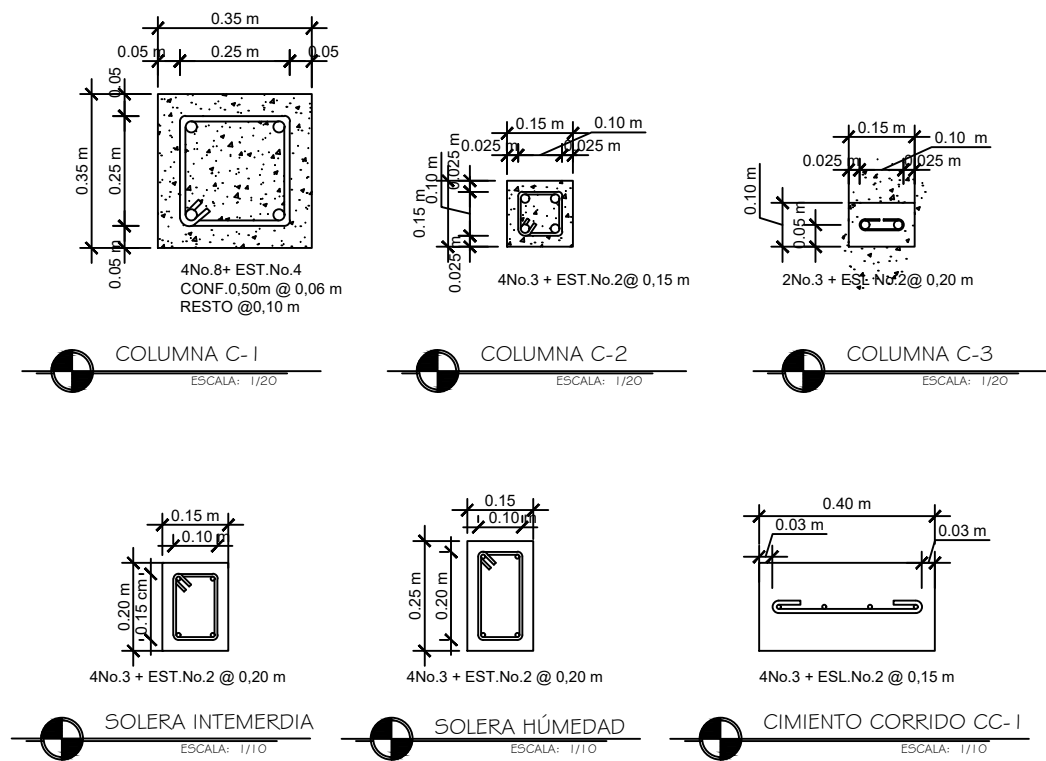
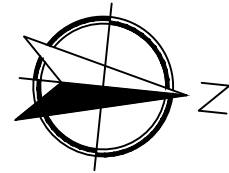
HILADAS DE BLOCK DE 0.15 m x 0.20 m x 0.40 m



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO E.P.S

PROYECTO: EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA SECTOR 2, SAN JULIAN, CHINAUTLA

CONTENIDO: DETALLE DE CAJÓN DE MÓDULO DE GRADAS	DISEÑO: CRISTIAN ERNESTO MENA CARNÉ: 2015-03974
REVISIÓN:	ESC.: INDICADA FECHA: JUNIO 2020
INGA. MAYRA REBECA SORIA GARCÍA DE SIERRA SUPERVISOR DE E.P.S	HQJA: 8 13



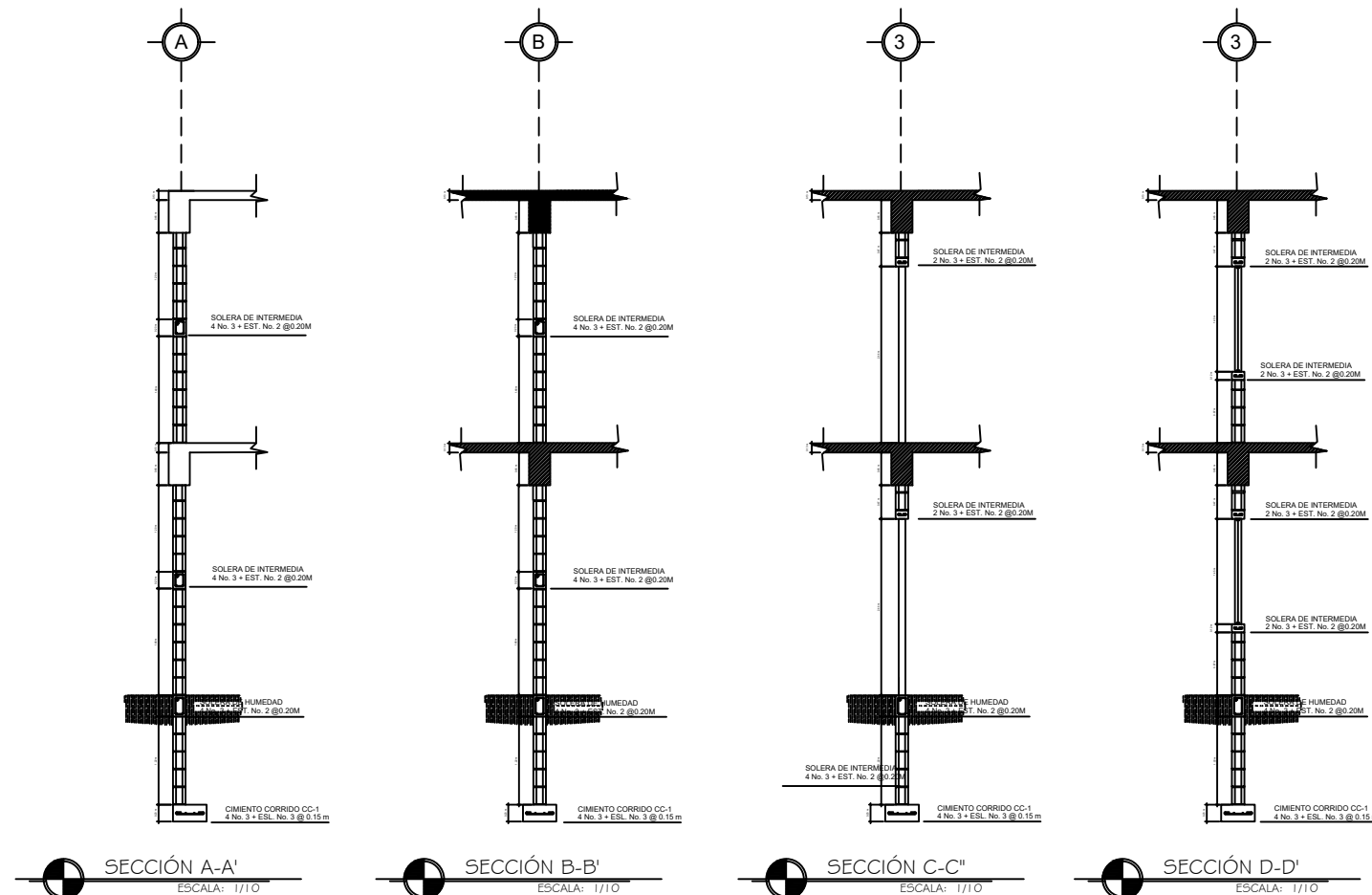
**ESPECIFICACIONES:**

F'C= CONCRETO 3000 PSI  
 FY= GRADO 40 = 2810 kg/cm<sup>2</sup>

MAMPOSTERIA  
 HILADAS DE BLOCK DE  
 0.15 X 0.20 X 0.40 m.

RECUBRIMIENTOS  
 CIMIENTOS= 7 cm.  
 ZAPATAS= 7.5 cm.  
 COLUMNAS= 5 cm.  
 VIGAS= 4 cm:

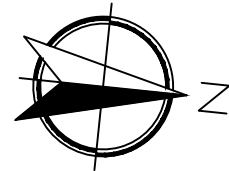
CÓDIGOS  
 ACI 318-14  
 AGIES 2018



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO E.P.S

PROYECTO:  
 EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA SECTOR 2, SAN JULIAN, CHINAUTLA

CONTENIDO: DETALLE DE ARMADO DE COLUMNAS	DISEÑO: CRISTIAN ERNESTO MENA CARNÉ: 2015-03974
REVISIÓN:  INGA. MAYRA REBECA SORIA GARCÍA DE SIERRA SUPERVISOR DE E.P.S	ESC: INDICADA FECHA: JUNIO 2020
HJUA: 9 13	



**ESPECIFICACIONES:**

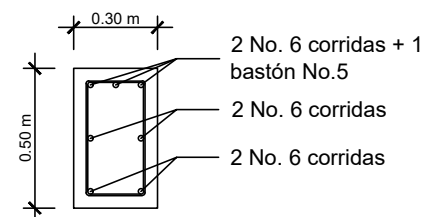
F'C= CONCRETO 3000 PSI  
 FY= GRADO 40 = 2810 kg/cm<sup>2</sup>

MAMPOSTERIA  
 HILADAS DE BLOCK DE  
 0.15 X 0.20 X 0.40 m.

RECUBRIMIENTOS  
 CIMIENTOS= 7 cm.  
 ZAPATAS= 7.5 cm.  
 COLUMNAS= 5 cm.  
 VIGAS= 4 cm:

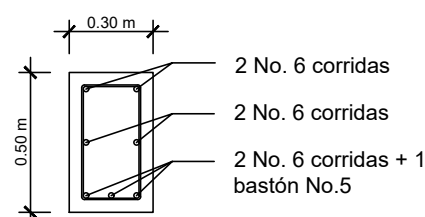
CÓDIGOS  
 ACI 318-14  
 AGIES 2018

2 No.6 corridas+ 1 bastón No.5 +  
 4 varillas No.6 corridas + EST. No.3  
 CONF.1 @ 0,05 m  
 RESTO @0,10 m hasta 1 m.  
 RESTO @0,15 m



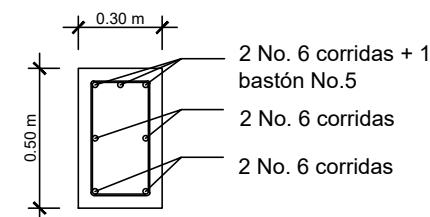
**CORTE A-B'**

ESCALA: 1/10



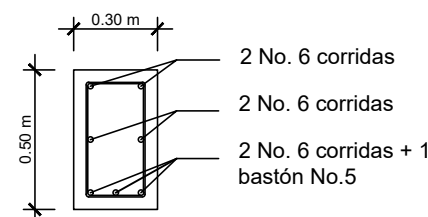
**CORTE B-A'**

ESCALA: 1/10



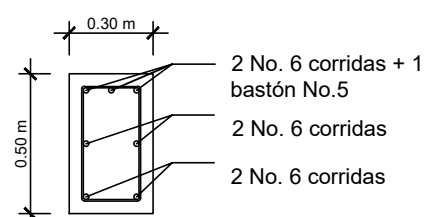
**CORTE B-C'**

ESCALA: 1/10



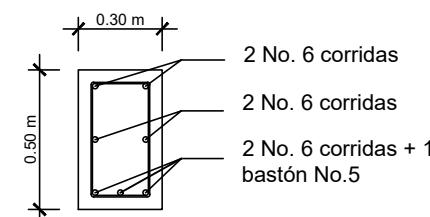
**CORTE C-B'**

ESCALA: 1/10



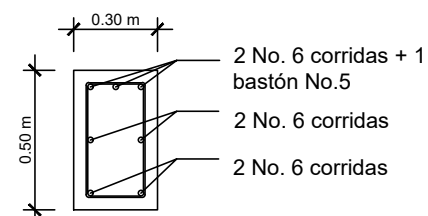
**CORTE E-D'**

ESCALA: 1/10



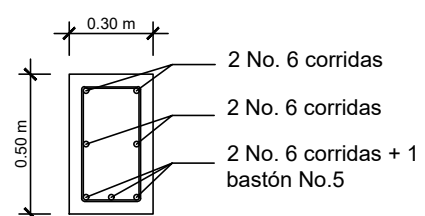
**CORTE E-D'**

ESCALA: 1/10



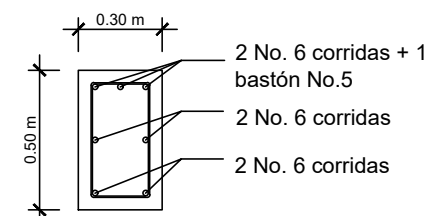
**CORTE 1-2**

ESCALA: 1/10



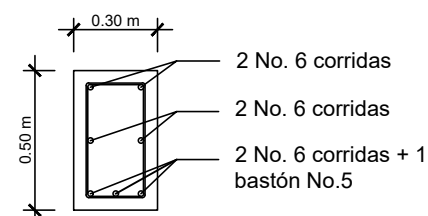
**CORTE 2-1'**

ESCALA: 1/10



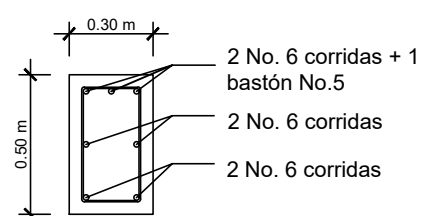
**CORTE 2-3'**

ESCALA: 1/10



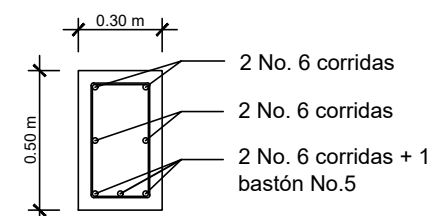
**CORTE 3-2'**

ESCALA: 1/10



**CORTE 3-4'**

ESCALA: 1/10



**CORTE 4-3'**

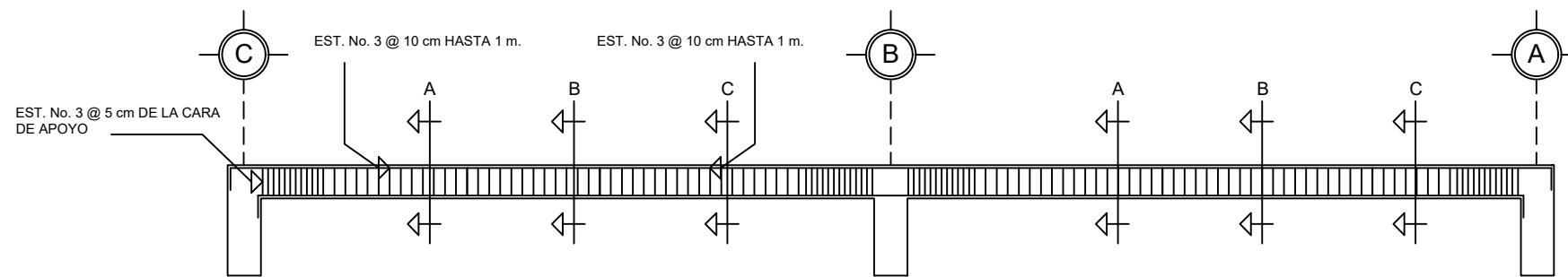
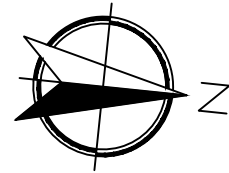
ESCALA: 1/10



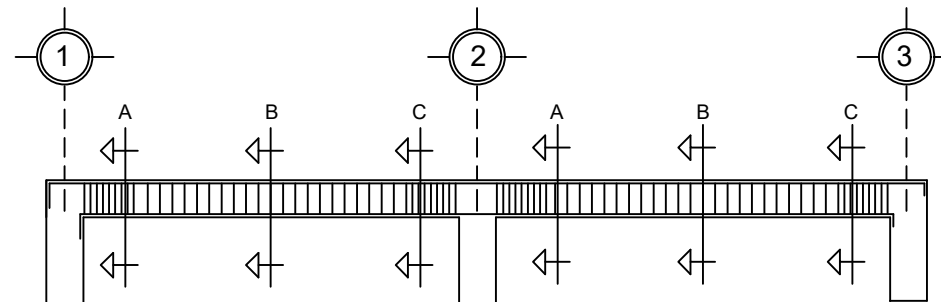
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO E.P.S

PROYECTO:  
 EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA SECTOR 2, SAN JULIAN, CHINAUTLA

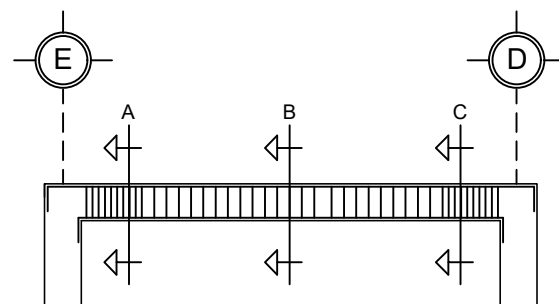
CONTENIDO: DETALLE DE CORTE DE VIGAS	DISEÑO: CRISTIAN ERNESTO MENA CARNÉ: 2015-03974	HQJA: 10
REVISIÓN:  INGA. MAYRA REBECA SORIA GARCÍA DE SIERRA SUPERVISOR DE E.P.S	ESC: INDICADA FECHA: JUNO 2020	13



 **DETALLE DE ARMADO V-1**  
ESCALA: 1/10



 **DETALLE DE ARMADO V-2**  
ESCALA: 1/10



 **DETALLE DE ARMADO V-3**  
ESCALA: 1/10

**ESPECIFICACIONES:**

F'C= CONCRETO 3000 PSI  
FY= GRADO 40 = 2810 kg/cm<sup>2</sup>

**CÓDIGOS**  
ACI 318-14  
AGIES 2018

EST.No. 3 @5 cm de la cara de apoyo de la viga

EST.No.3 @10 cm de cada extremo hasta 1,00 m

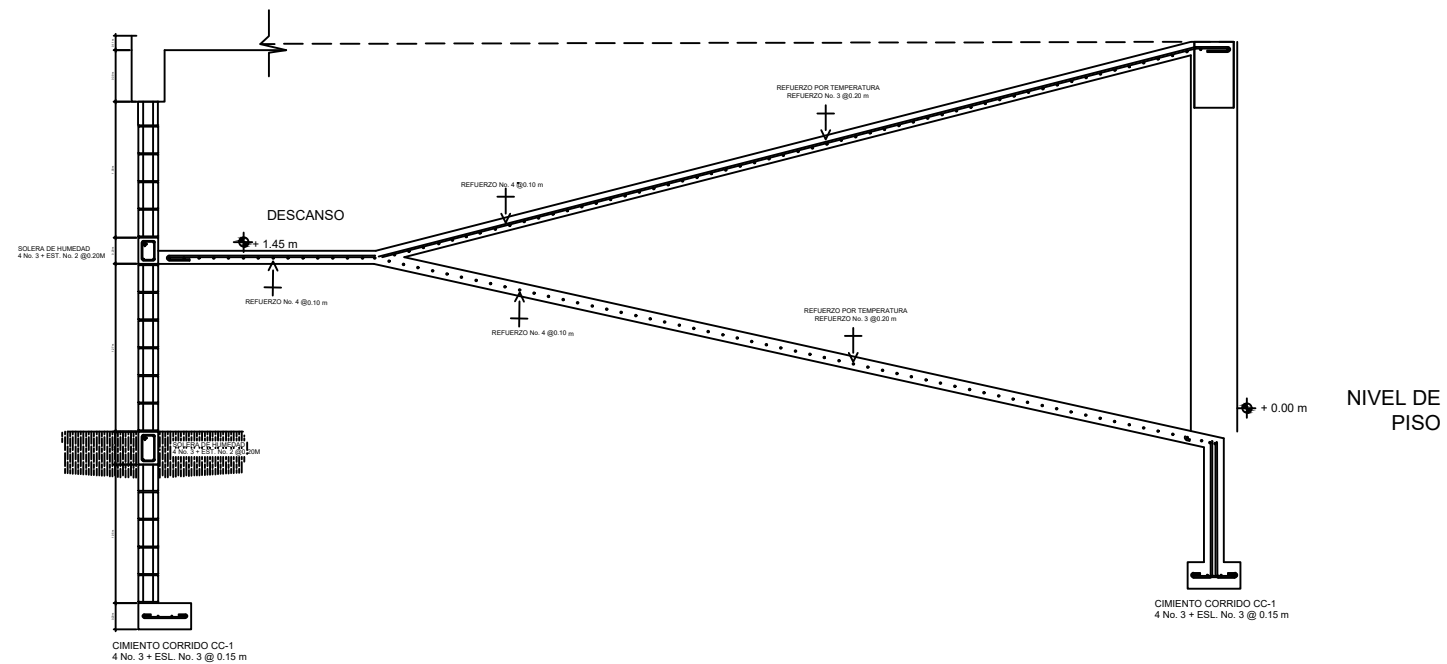
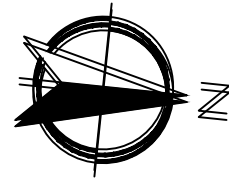
EST.No.3 @15 cm al resto de la viga



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO E.P.S

PROYECTO:  
SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO, ALDEA EL DURAZNO, CHINAUTLA

CONTENIDO: DETALLE DE ARMADO DE VIGAS	DISEÑO: CRISTIAN ERNESTO MENA CARNE: 2015-03974	HQJA: 11
REVISIÓN:  INGA. MAYRA REBECA SORIA GARCÍA DE SIERRA SUPERVISOR DE E.P.S	ESC:  FECHA:	13



ARMADO DE MÓDULO DE RAMPA

ESCALA: 1/25

ESPECIFICACIONES:

F'C= CONCRETO 3000 PSI  
 FY= GRADO 40 = 2810 kg/cm<sup>2</sup>

CÓDIGOS

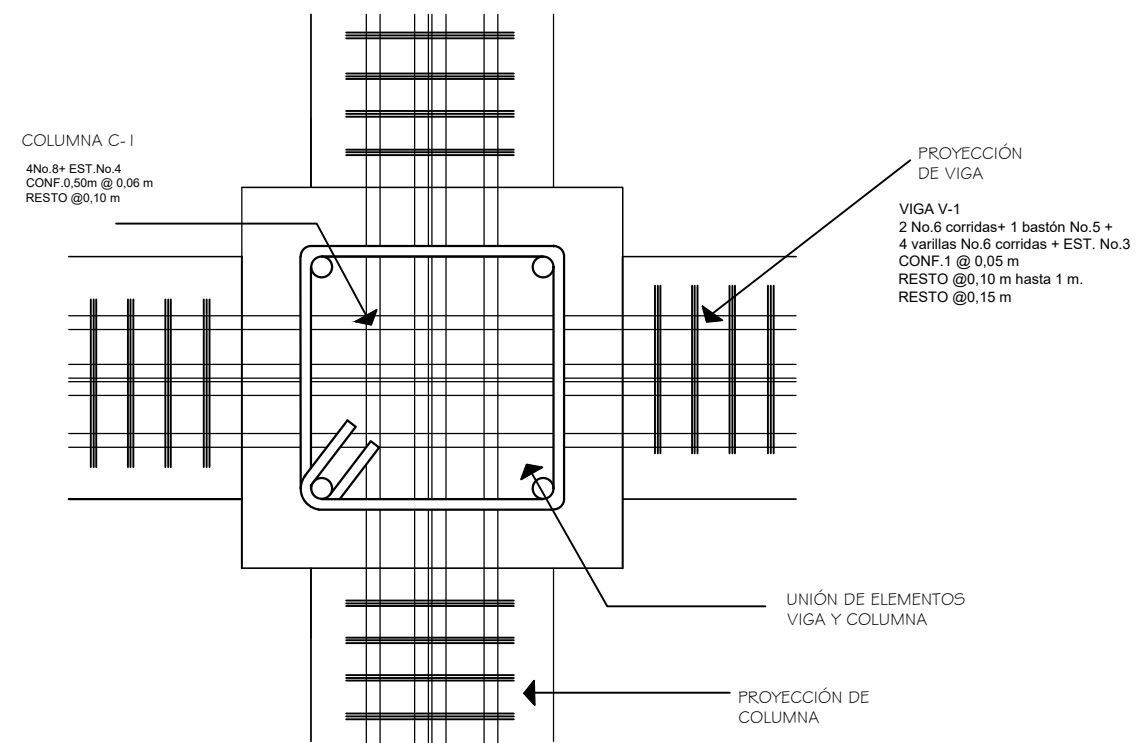
ACI 318-14  
 AGIES 2018

ARMADO DE RAMPA

MOMENTO POSITIVO No.4 @ 0,10 m  
 MOMENTO NEGATIVO No.4 @ 0,10 m

ARMADO DE RAMPA POR TEMPERATURA

No.3 @ 0,20 m



DETALLE DE NUDO SÍSMICO

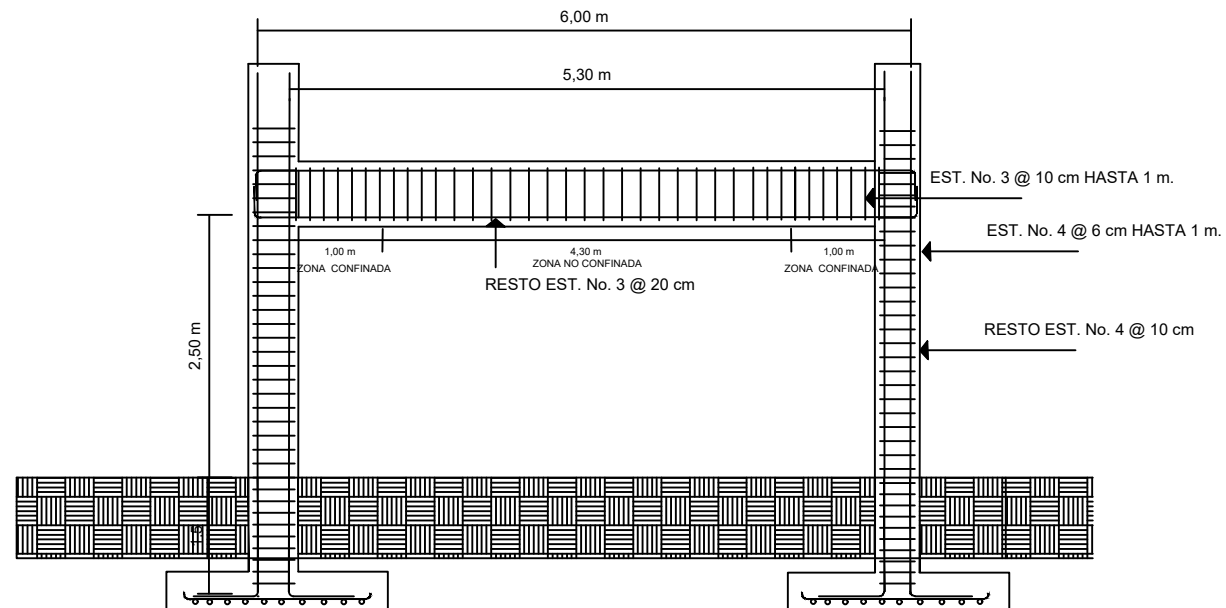
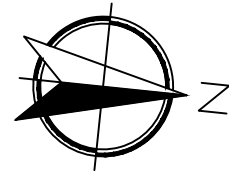
ESCALA: 1/25



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO E.P.S

PROYECTO:  
 EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA SECTOR 2, SAN JULIAN, CHINAUTLA

CONTENIDO: DETALLE DE MÓDULO DE GRADAS Y NUDO SÍSMICO	DISEÑO: CRISTIAN ERNESTO MENA CARNÉ: 2015-03974
REVISIÓN:	ESC: INDICADA FECHA: JUNO 2020
INGA. MAYRA REBECA SORIA GARCÍA DE SIERRA SUPERVISOR DE E.P.S	HQJA: 12 13

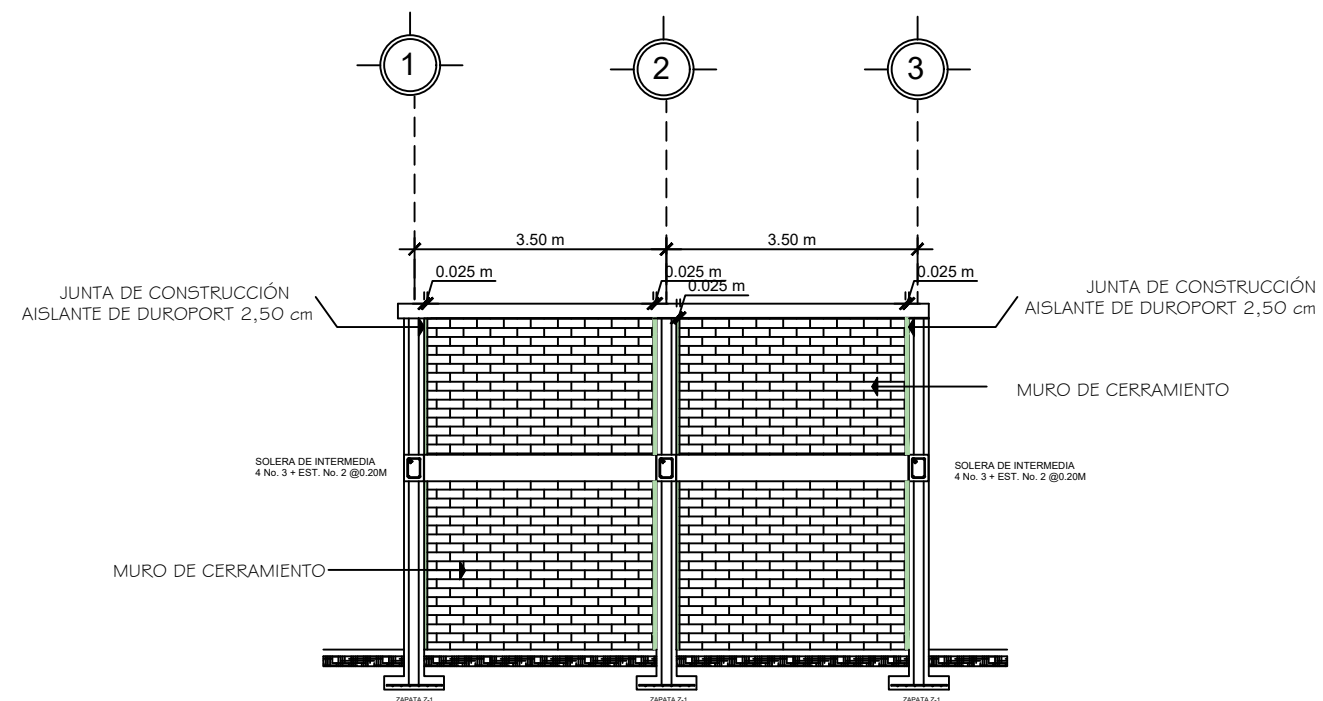


**DETALLE DE NUDO VIGA Y COLUMNA**  
 ESCALA: 1/10

ESPECIFICACIONES:

CÓDIGOS  
 ACI 318-14  
 AGIES 2018

JUNTA DE CONSTRUCCIÓN  
 CONFINAMIENTO DE MURO TABIQUE  
 RESPECTO AL MARCO RÍGIDO  
 AISLANTE SEPARATIVO 2,50 cm



**DETALLE JUNTA DE CONSTRUCCIÓN**  
 ESCALA: 1/10



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO E.P.S

PROYECTO:  
 SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO, ALDEA EL DURAZNO, CHINAUTLA

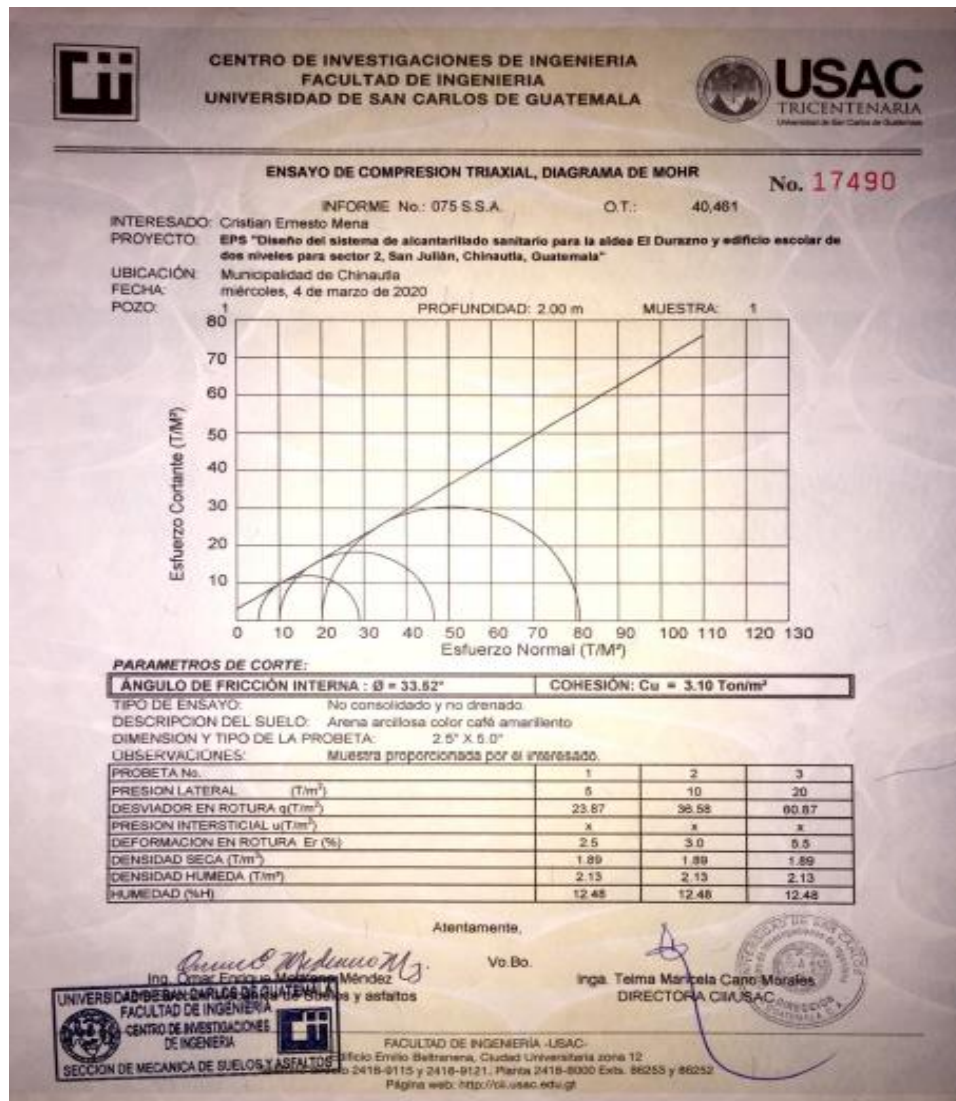
CONTENIDO: DETALLE DE JUNTA DE CONSTRUCCIÓN	DISEÑO: CRISTIAN ERNESTO MENA CARNÉ: 2015-03974
REVISIÓN: INGA. MAYRA REBECA SORIA GARCÍA DE SIERRA SUPERVISOR DE E.P.S	ESC: FECHA: HGJA: 13 13





# ANEXO

## Anexo 1. Resultados del ensayo triaxial, laboratorio de suelos



Fuente: Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería. Ensayo de compresión triaxial. Laboratorio de suelos. Municipalidad de Chinautla, Guatemala.

