



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

**DISEÑO DE ESTACIÓN POLICIAL Y ALCALDÍA AUXILIAR EN LA ALDEA LA SALVADORA
1 Y SISTEMA DE ALCANTARILLADO SEPARATIVO EN LA ALDEA EL MANZANO LA
LIBERTAD SECTOR 1, SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA**

Miguel Angel Villatoro Estrada

Asesorado por Inga. Mayra Rebeca García Soria de Sierra

Guatemala, febrero de 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE ESTACIÓN POLICIAL Y ALCALDÍA AUXILIAR EN LA ALDEA LA SALVADORA
1 Y SISTEMA DE ALCANTARILLADO SEPARATIVO EN LA ALDEA EL MANZANO LA
LIBERTAD SECTOR 1, SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

MIGUEL ANGEL VILLATORO ESTRADA

ASESORADO POR INGA. MAYRA REBECA GARCIA SORIA DE SIERRA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, FEBRERO DE 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordoba Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martinez
VOCAL III	Ing. Jose Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Bladimir Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordoba Estrada
EXAMINADOR	Ing. José Estuardo Galindo Escobar
EXAMINADOR	Ing. Oscar Argueta Hernández
EXAMINADOR	Ing. Mayra Rebeca García Soria de Sierra
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 DE ESTACIÓN POLICIAL Y ALCALDÍA AUXILIAR EN LA ALDEA LA SALVADORA
1 Y SISTEMA DE ALCANTARILLADO SEPARATIVO EN LA ALDEA EL MANZANO LA
LIBERTAD SECTOR 1, SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 3 de agosto de 2020.



Miguel Angel Villatoro Estrada

Universidad de San Carlos de
Guatemala



Facultad de Ingeniería
Unidad de EPS

Guatemala, 21 de enero de 2022
REF.EPS.DOC.06.01.2022

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 **Miguel Angel Villatoro Estrada**, CUI 2705 91753 0101 y **Registro Académico 201325552** de la Carrera de Ingeniería Civil, procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **DISEÑO DE ESTACIÓN POLICIAL Y ALCALDÍA AUXILIAR EN LA ALDEA LA SALVADORA 1 Y SISTEMA DE ALCANTARILLADO SEPARATIVO EN LA ALDEA EL MANZANO LA LIBERTAD SECTOR 1, SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA.**

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”

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

c.c. Archivo

Edificio de EPS, Facultad de Ingeniería, Ciudad Universitaria, zona 12.
Teléfono directo: 2442-3509

Universidad de San Carlos de
Guatemala



Facultad de Ingeniería
Unidad de EPS

Guatemala, 08 de julio de 2022
REF.EPS.D.230.07.2022

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 DE ESTACIÓN POLICIAL Y ALCALDÍA AUXILIAR EN LA ALDEA LA SALVADORA 1 Y SISTEMA DE ALCANTARILLADO SEPARATIVO EN LA ALDEA EL MANZANO LA LIBERTAD SECTOR 1, SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Miguel Angel Villatoro Estrada, CUI 2705 91753 0101 y Registro Académico 201325552**, 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



ESCUELA DE
INGENIERÍA CIVIL
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Guatemala, 23 de mayo 2022

Para:

Miguel Angel Villatoro Estrada
Estudiante Universitario
Escuela de Ingeniería Civil
Presente

Por este medio se informa que el Departamento de Estructuras, ha aprobado ante proyecto del trabajo de graduación: **“DISEÑO DE ESTACIÓN POLICIAL Y ALCALDÍA AUXILIAR EN LA ALDEA LA SALVADORA 1 Y SISTEMA DE ALCANTARILLADO SEPARATIVO EN LA ALDEA EL MANZANO LA LIBERTAD SECTOR 1, SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA.”**, el cual fue presentado por el estudiante de Ingeniería Civil **Miguel Angel Villatoro Estrada**, con CUI **2705917530101** y registro académico No. **201313652**, quien contó con la asesoría del **Ingeniera Civil Mayra Rebeca Garcia Soría de Sierra**. Y después de haber realizado las correcciones pertinentes por el estudiante de la Carrera de Ingeniería Civil.

Por lo que considero que este trabajo llena los requisitos planteados y que representa un aporte para la Facultad de Ingeniería, por lo que se aprueba al mismo, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, le saludo muy atentamente.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Armando Fuentes Roca
Coordinador del Departamento de Estructuras
Departamento de Estructura

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





Ingeniero
Armando Fuentes Roca
Directo de la Escuela de Ingeniería Civil
Guatemala

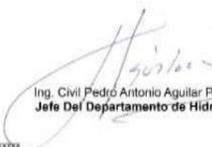
Ingeniero Fuentes.

Por medio de la presente comunico a usted, que a través del Departamento de Hidráulica de la Escuela de Ingeniería Civil se ha revisado el Informe Final de EPS, **DISEÑO DE ESTACIÓN POLICIAL Y ALCALDÍA AUXILIAR EN LA ALDEA LA SALVADORA 1 Y SISTEMA DE ALCANTARILLADO SEPARATIVO EN LA ALDEA EL MANZANO LA LIBERTAD SECTOR 1, SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA**, del estudiante de la Carrera de Ingeniería Civil **MIGUEL ANGEL VILLATORO ESTRADA**, Registro Académico, **2013 25552**, como Asesor al la **INGA. MAYRA REBECA GARCÍA SORIA DE SIERRA**.

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

Sin otro particular, le saludo muy atentamente.

ID Y ENSEÑADA TODOS


FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
HIDRAULICA
U S A C
Ing. Civil Pedro Antonio Aguilar Polanco
Jefe Del Departamento de Hidráulica

Cc: Estudiante xxxxxxxx
Archivo

Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Coordinador del Departamento de Hidráulica

Asesor
Interesado

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



LNG.DIRECTOR.026.EIC.2023

El Director de la Escuela de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador de Área y la aprobación del área de lingüística del trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DE ESTACIÓN POLICIAL Y ALCALDÍA AUXILIAR EN LA ALDEA LA SALVADORA 1 Y SISTEMA DE ALCANTARILLADO SEPARATIVO EN LA ALDEA EL MANZANO LA LIBERTAD SECTOR 1, SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA**, presentado por: **Miguel Angel Villatoro Estrada**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



Ing. Armando Fuentes Roca
Director
Escuela de Ingeniería Civil



Guatemala, febrero de 2023





Decanato
Facultad de Ingeniería
24189101- 24189102
secretariadecanato@ingenieria.usac.edu.gt

LNG.DECANATO.OI.183.2023

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 DE ESTACIÓN POLICIAL Y ALCALDÍA AUXILIAR EN LA ALDEA LA SALVADORA 1 Y SISTEMA DE ALCANTARILLADO SEPARATIVO EN LA ALDEA EL MANZANO LA LIBERTAD SECTOR 1, SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA**, presentado por: **Miguel Angel Villatoro Estrada**, después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Inga. Aureilia Anabeia Cordova Estrada
Decana



Guatemala, febrero de 2023

AACE/gaoc

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por bendecirme y darme la fuerza para continuar
Mis padres	Alicia Estrada y Miguel Villatoro. Su amor será siempre mi inspiración.
Mi hermana	Sucely Villatoro. Por siempre alegrar mis días.
Mis tíos	Luis Pérez y Rosa Estrada. Por su amor y ejemplo de vida.
Mis primos	Luis, Ruby y Marvin Pérez. Por todo el apoyo incondicional.
Mis sobrinos	Milena, Allan, Guillermo y Emma Perez. Por ser mi motivación y alegría para permitirme alcanzar este triunfo.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por haberme albergado todos estos años en esta prestigiosa casa de estudio.
Facultad de Ingeniería	Por brindarme los conocimientos técnicos y teóricos para desempeñarme profesionalmente como ingeniero civil.
Municipalidad de Santa Catarina Pinula	Por permitirme desarrollar este trabajo de graduación en su localidad.
Ing. Victor Hugo Mancilla Castellanos	Por fomentar mi desarrollo como un profesional ético y trabajador.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO	XV
RESUMEN.....	XVII
OBJETIVOS.....	XIX
INTRODUCCIÓN	XXI
1. MONOGRAFIA DEL MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PINULA	1
1.1. Datos históricos	1
1.1.1. Origen del nombre	1
1.1.2. Feria patronal.....	2
1.2. Análisis geográfico	2
1.2.1. Colindancias	3
1.2.2. Distribución territorial	4
1.2.3. Topografía	4
1.3. Análisis demográfico del municipio.....	4
1.3.1. Crecimiento poblacional	5
1.3.2. Indicadores de desarrollo	5
1.4. Aspecto socioeconómico	5
1.4.1. Comercio	5
1.4.2. Comunicación	6
1.4.3. Educación.....	6
1.4.4. Salud	6
1.4.5. Seguridad	6
1.4.6. Infraestructura.....	7
1.5. Necesidades del municipio	7

1.5.1.	Descripción de las necesidades	7
1.5.2.	Priorización de la necesidad.....	8
2.	FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL	9
2.1.	Diseño de estación policial y alcaldía auxiliar de dos niveles en la aldea La Salvadora 1.....	9
2.1.1.	Descripción del proyecto	9
2.1.2.	Estudio topográfico.....	9
2.1.2.1.	Planimetría	10
2.1.2.2.	Altimetría	10
2.1.3.	Estudio de suelos	10
2.1.3.1.	Ensayo triaxial	11
2.1.3.2.	Características del terreno	12
2.1.3.3.	Dimensión y área	12
2.1.3.4.	Ubicación del edificio.....	12
2.1.3.5.	Diseño arquitectónico.....	12
2.1.4.	Sistema estructural a utilizar	12
2.1.5.	Método de análisis estructural del edificio.....	13
2.1.5.1.	Procedimiento de análisis.....	13
2.1.6.	Componentes de la mampostería reforzada	14
2.1.6.1.	Mampostería	15
2.1.6.2.	Mortero.....	17
2.1.6.3.	Mochetas.....	18
2.1.6.4.	Soleras	18
2.1.6.5.	Vigas	19
2.1.6.6.	Refuerzo interblock	20
2.1.6.7.	Losa	20
2.1.7.	Diseño de la estructura	21
2.1.7.1.	Criterios según AGIES NSE 2018.....	21
2.1.7.2.	Tipo de cargas.....	25

2.1.7.3.	Cargas gravitacionales	25
2.1.7.4.	Integración de cargas	28
2.1.7.5.	Cálculo de cargas laterales.....	30
2.1.7.6.	Cálculo de momento por volteo	35
2.1.7.7.	Cálculo de centro de masa	36
2.1.7.8.	Cálculo de centro de rigidez	45
2.1.7.9.	Cargas y momentos en los muros	50
2.1.7.10.	Resultados de las cargas y momentos	51
2.1.7.11.	Esfuerzos admisibles.....	54
2.1.7.12.	Máximo esfuerzo axial permitido	54
2.1.7.13.	Esfuerzo flexionante máximo.....	55
2.1.7.14.	Diseño de los muros críticos.....	57
2.1.7.15.	Diseño de losas	65
2.1.7.16.	Cálculo de momentos	70
2.1.7.17.	Armado de losa.....	76
2.1.7.18.	Diseño de vigas	79
2.1.7.19.	Diseño modulo de gradas.....	87
2.1.7.20.	Diseño de cimentación	91
2.1.7.21.	Determinación del valor soporte	91
	2.1.7.21.1 Instalaciones.....	98
	2.1.7.21.2 Hidráulicas.....	98
	2.1.7.21.3 Sanitarias	101
	2.1.7.21.4 Eléctricas.....	106
2.1.8.	Elaboración de planos finales.....	109
2.1.9.	Presupuesto general.....	109
2.1.10.	Cronograma.....	111
2.1.11.	Estudio de impacto ambiental.....	112
2.2.	Diseño de sistema de alcantarillado sanitario en la aldea El Manzano La Libertad sector 1.	118

2.2.1.	Descripción del proyecto	118
2.2.2.	Estudio topográfico.....	118
2.2.2.1.	Altimetría	119
2.2.2.2.	Planimetría	119
2.2.3.	Periodo de diseño	119
2.2.4.	Cálculo de población futura	120
2.2.5.	Factor de Hardmon	121
2.2.6.	Factor de retorno	121
2.2.7.	Caudales sanitarios	122
2.2.7.1.	Dotación	122
2.2.7.2.	Caudal domiciliar.....	122
2.2.7.3.	Caudal comercial.....	123
2.2.7.4.	Caudal industrial.....	123
2.2.7.5.	Caudal de infiltración.....	124
2.2.7.6.	Caudal de conexiones ilícitas	125
2.2.7.7.	Factor de caudal medio	125
2.2.7.8.	Factor de caudal máximo	126
2.2.8.	Relaciones hidráulicas	126
2.2.9.	Diseño hidráulico.....	130
2.2.9.1.	Determinación de las velocidades.....	130
2.2.9.2.	Determinación de las pendientes	131
2.2.9.3.	Determinación de caudal.....	132
2.2.10.	Cotas <i>invert</i>	132
2.2.11.	Ejemplo del cálculo de drenajes sanitarios.....	133
2.2.12.	Pozos de visita	135
2.2.12.1.	Especificaciones físicas.....	136
2.2.12.2.	Especificaciones de colocación.....	137
2.2.12.3.	Normas y recomendaciones.....	137
2.2.12.4.	Volumen de excavación	138

	2.2.12.5.	Tratamiento.....	141
	2.2.13.	Elaboración de planos finales	142
	2.2.14.	Presupuesto general.....	142
	2.2.15.	Cronograma.....	144
	2.2.16.	Estudio de impacto ambiental.....	144
2.3.		Diseño de sistema de alcantarillado pluvial en la aldea El Manzano La Libertad sector 1	151
	2.3.1.	Descripción del proyecto	151
	2.3.2.	Estudio topográfico	152
		2.3.2.1. Altimetría.....	152
		2.3.2.2. Planimetría.....	152
	2.3.3.	Normas y detalles de diseño de drenaje pluvial....	152
	2.3.4.	Diseño del sistema	153
		2.3.4.1. Tuberías	153
		2.3.4.2. Diámetro mínimo	153
		2.3.4.3. Velocidades mínimas y máximas.....	154
		2.3.4.4. Profundidad de las tuberías	157
		2.3.4.5. Pozos de visitas.....	157
		2.3.4.6. Diseño de tragantes.....	158
	2.3.5.	Método racional para el sistema pluvial.....	165
		2.3.5.1. Caudal de diseño.....	165
		2.3.5.2. Tiempo de concentración	166
		2.3.5.3. Coeficiente de escorrentía	166
		2.3.5.4. Intensidad de lluvia	168
		2.3.5.5. Área tributaria	169
		2.3.5.6. Periodo de retorno	170
	2.3.6.	Determinación de las velocidades	171
	2.3.7.	Cotas <i>invert</i>	171
	2.3.8.	Ejemplo de cálculo para el drenaje pluvial.....	172

2.3.9.	Volumen de excavación	174
2.3.10.	Elaboración de planos finales.....	175
2.3.11.	Presupuesto general	175
2.3.12.	Cronograma	177
2.3.13.	Estudio de impacto ambiental	177
CONCLUSIONES.....		185
RECOMENDACIONES		187
REFERENCIAS		189
APÉNDICES.....		193
ANEXO		223

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Ubicación del municipio de Santa Catarina Pinula	3
2.	Colindancia del municipio de Santa Catarina Pinula	3
3.	Falla de capacidad de carga en un suelo bajo una cimentación rígida corrida.....	11
4.	Detalles de mochetas y soleras en un muro de mampostería.....	19
5.	Detalles de unión entre mochetas, solera y viga en un muro de mampostería	20
6.	Índice de sismicidad según departamento	23
7.	Altura por niveles y espesor de losa.....	28
8.	Resumen de cálculos del corte basal.....	35
9.	Diagrama de corte basal por altura	35
10.	Resumen de cálculos de momentos	36
11.	Distancias de muros primer nivel	38
12.	Diagrama de centros de masa y rigideces con excentricidades.....	49
13.	Diseño a flexo-compresión.....	56
14.	Diseño a corte	57
15.	Relación modular	59
16.	Detalle de mocheta principal C1.....	63
17.	Detalle de mocheta secundaria C2	64
18.	Detalle de soleras principales.....	65
19.	Losas y áreas tributarias	66
20.	Losas de la estructura por nivel.....	68
21.	Áreas tributarias en losa 8.....	69

22.	Diagrama de momentos balanceados en las losas.....	75
23.	Vigas en segundo nivel.....	80
24.	Armado de vigas.....	86
25.	Elevación de las vigas.....	86
26.	Detalle del armado del módulo de gradas.....	90
27.	Detalle de cimiento corrido.....	98
28.	Sección típica de un pozo de visita.....	136
29.	Volumen de excavación.....	139
30.	Figura 30. Detalle de conexión domiciliar.....	141
31.	Sección típica de un pozo transversal de visita.....	158
32.	Esquema de canal abierto de sección triangular formado en cuneta....	161
33.	Esquema del diseño de rejilla en cuneta.....	163
34.	Cronograma.....	177

TABLAS

I.	Resistencia mínima según clase de mampostería.....	15
II.	Medidas de bloques de concreto según su uso.....	16
III.	Unidades de block DT características según su clase.....	16
IV.	Unidades de block DT características según su clase.....	17
V.	Tipo de mortero según su uso.....	18
VI.	Clase de obra según índice de sismicidad.....	24
VII.	Cargas vivas para edificaciones.....	26
VIII.	Cargas muertas mínimas para edificaciones.....	27
IX.	Determinación de las cargas gravitacionales y peso por nivel.....	29
X.	Resumen de pesos por niveles.....	30
XI.	Centro de masa muros primer nivel.....	40
XII.	Centro de masa de losas entrepiso.....	41
XIII.	Centro de masa, muros segundo nivel.....	42

XIV.	Centro de masa de losas azotea.....	43
XV.	Cálculo de centro de rigidez, entrepiso	46
XVI.	Cálculo del centro de rigidez, azotea	47
XVII.	Resultados de análisis en mampostería en entrepiso sentido X-X´	51
XVIII.	Resultados de análisis en mampostería en entrepiso sentido Y-Y´	52
XIX.	Resultados de análisis en mampostería en azotea sentido X-X´	52
XX.	Resultados de análisis en mampostería en azotea sentido Y-Y´	53
XXI.	Resumen de resultados entrepiso.....	53
XXII.	Resumen de resultados azotea.....	54
XXIII.	Resumen de esfuerzos actuantes y as necesario para el primer nivel...	61
XXIV.	Resumen de esfuerzos actuantes y as necesario para el segundo nivel.....	62
XXV.	Momentos actuantes en losa	72
XXVI.	Balance de momentos en losa	74
XXVII.	Armado de losa.....	79
XXVIII.	Resumen de cargas ultimas por viga	81
XXIX.	Resumen de momentos por viga.....	82
XXX.	Área de acero a utilizar	84
XXXI.	Factores de capacidad de carga de Terzaghi	92
XXXII.	Unidades de gasto para el cálculo de las tuberías de distribución de agua en los edificios.....	99
XXXIII.	Demanda máxima probable	100
XXXIV.	Unidades de descarga y diámetro mínimo en derivaciones simples y sifones de descarga.....	102
XXXV.	Diámetro de la derivación en colector	103
XXXVI.	Diseño de instalación eléctrica.....	108
XXXVII.	Presupuesto general de la estación oficial y alcaldía auxiliar en la aldea la Salvadora 1, Santa Catarina Pinula, Guatemala.	110
XXXVIII.	Cronograma de actividades	111

XXXIX.	Estudio de impacto ambiental de la estación oficial y alcaldía auxiliar en la aldea La Salvadora 1, Santa Catarina, Pinula, Guatemala.....	112
XL.	Especificaciones para las relaciones hidráulicas	126
XLI.	Relaciones hidráulicas de sección transversal circular	127
XLII.	Anchos mínimos de zanja	138
XLIII.	Presupuesto general del sistema de alcantarillado sanitario en la aldea el Manzano la Libertad sector 1.	143
XLIV.	Cronograma del sistema de alcantarillado sanitario en la aldea el Manzano la Libertad sector 1.....	144
XLV.	Estudio de impacto ambiental del sistema de alcantarillado sanitario en la aldea el Manzano la Libertad Sector 1.....	145
XLVI.	Velocidades y caudales, según la pendiente y su diámetro.....	154
XLVII.	Resumen de cálculos para la rejilla de la cuneta	164
XLVIII.	Coeficientes de escorrentía para tipos de superficie	167
XLIX.	Datos mensuales de precipitación de la estación INSIVUMEH	169
L.	Periodo de retorno	170
LI.	Ancho de zanga según diámetro	174
LII.	Presupuesto general del sistema de alcantarillado sanitario en la aldea el Manzano la Libertad sector 1.	176
LIII.	Estudio de impacto ambiental del sistema de alcantarillado sanitario en la aldea el Manzano la Libertad sector 1	178

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
h	Altura
As	Área de acero
At	Área total
q	Capacidad soporte del suelo
CM	Carga muerta
P	Carga puntual
CU	Carga ultima
CV	Carga viva
Qllena	Caudal a sección llena
qdis	Caudal de distribución
Qm	Caudal medio
cm	Centímetro
Cm	Centro de masa
Cr	Centro de rigidez
n	Coeficiente de rugosidad
CI	Cota invert inicial
CF	Cota invert final
Vb	Corte Basal
Ø	Diámetro de la tubería
f'm	Esfuerzo básico de ruptura en la mampostería
S	Espaciamiento del refuerzo
tm	Espesor del muro
Est	Estación

e	Excentricidad
Q	Factor de calidad Sismorresistente
F.H.	Factor de Hardmon
R	Factor de reducción
Ro	Factor genérico de reducción de respuesta sísmica
Fni	Fuerza por nivel
D(T)	Función de ampliación dinámica
Ha	Hectáreas
Io	Índice de sismicidad
I	Inercia
I.lluvia	Intensidad de lluvia
kg	Kilogramos
L	Longitud
Lts/Hab/dia	Litros habitantes día
Lts/seg	Litros por segundo
PVC	Material fabricado a base de cloruro de polivinilo
m	Metro
m/seg	Metros por segundo
Em	Módulo de elasticidad de la mampostería
MB	Momento balanceado
Mv	Momento de volteo
M (-)	Momento negativo
M (+)	Momento positivo
S%	Pendiente en porcentaje
T(a)	Periodo de vibración
fy	Resistencia a la fluencia del acero
f'c	Resistencia del concreto a compresión
Po	Población inicial

Pf	Población futura
PV	Pozo de visita
v/V	Relación de velocidades
d/D	Relación de diámetros
a/A	Relación de alturas
q/Q	Relación de caudales
V	Velocidad a sección llena
v	Velocidad de diseño a sección parcialmente llena
V max	Velocidad máxima
K	Rigidez
Ton	Tonelada

GLOSARIO

AGIES	Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica.
Agua domiciliar	Son las aguas utilizadas en domicilio; es decir, las que ya han pasado por un proceso de contaminación.
Agua servida	El agua que se desecha. Puede ser doméstica, comercial o industrial, también se le llama aguas negras.
Alcantarillas	Son los conductos por donde corren las aguas negras, pluviales o ambas, que provienen de las calles, casas, industrias, comercios, entre otros.
ASTM	Sociedad Americana para Pruebas y Materiales.
Candela	Receptáculo donde se reciben las aguas negras provenientes del interior de la vivienda y que conduce al sistema de drenaje.
Carga Viva	Son aquellas producidas por el uso y la ocupación de la edificación, no incluyendo cargas de viento y sismo.

Caudal	Volumen de agua expresado generalmente en litros sobre unidad de tiempo (segundos).
COGUANOR	Comisión Guatemalteca de Normas.
Colector	Conjunto de tuberías, y obras accesorias para el desalojo de aguas negras o pluviales.
Cota Invert	Altura de la parte inferior interior del tubo ya instalado.
Descarga	Lugar hacia donde se vierten las aguas negras del sistema.
Dotación	Cantidad de agua en litros asignada a un usuario.
Excentricidad	Distancia entre el centro de masa y el centro de rigidez.
Factor de Hardmon	Es el valor estadístico, que determina la probabilidad del número de usuarios que estarán haciendo uso del servicio.
INE	Instituto nacional de estadística.
INSIVUMEH	Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología.
PVC	Cloruro de polivinilo.

RESUMEN

Para el desarrollo de una comunidad, es necesaria la implementación de infraestructura que permita satisfacer las necesidades de servicios a las personas y al medio que lo rodea, para ello, se propusieron dos aldeas que manifestaban problemas prioritarios.

En la aldea La Salvadora 1, a lo largo del tiempo los habitantes han manifestado la inexistencia de un lugar que asesore legalmente y proporcione seguridad a la comunidad, sintiéndose marginados por la municipalidad, para ello la propuesta consistía el diseño de un edificio de mampostería confinada utilizando bloque huecos de concreto que funcionara como estación policial y alcaldía auxiliar, que garantice un control y orden, utilizando las Normas de Seguridad Estructural emitidas por la Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica (AGIES) según el NSE 7.4 “Diseño de Mampostería Reforzada”, Normas Técnicas Guatemaltecas (NTG) y extranjeras como el Instituto Americano de Concreto ACI.

En la aldea El Manzano La Libertad Sector 1, no existe un sistema de alcantarillado de aguas negras y pluviales provocando enfermedades, generación de malos olores, deterioro estético de la comunidad y problemas de erosión en el suelo, para ello la propuesta consiste en el diseño de un sistema de alcantarillado sanitario que conduzca las aguas a una zona adecuada que permita el desfogue en la parte más baja, para ello la metodología empleada es el Código y Normas Generales para el diseño de Alcantarillados, del Instituto de Fomento Municipal (INFOM), de cual se usaron los criterios de diseño.

Además de los cálculos hidráulicos se realizó una serie de planos con las especificaciones técnicas y físicas necesarias para la construcción de los sistemas y la cuantificación de materiales para cada proyecto.

OBJETIVOS

General

Diseñar una edificación institucional de mampostería con refuerzo confinante, de acuerdo con el Diseño de Mampostería Reforzada AGIES NSE 7.4 edición 2018, que sirva como estación policial y alcaldía auxiliar y un sistema de alcantarillado separativo basado en las Normas Generales para el Diseño de Alcantarillados del INFOM para la aldea El Manzano La Libertad Sector 1, satisfaciendo así las necesidades de la población.

Específicos

1. Diseñar un sistema de alcantarillado separativo que evite el deterioro del suelo, construcciones y mejorar la salud de la comunidad.
2. Capacitar a los miembros del COCODE de la aldea El Manzano La Libertad Sector 1, por medio de charlas acerca del mantenimiento y operación de los sistemas de alcantarillado.
3. Aplicar las normas estructurales de diseño que el AGIES 2018 presenta, para el diseño de las instituciones con el fin de cumplir con los requisitos y criterios sísmicos que se puedan producir en la región.
4. Diseñar un edificio que promueva la seguridad pública y el control legal dentro del sector utilizando un sistema estructural E2 que permita resistir las cargas gravitacionales y laterales mediante muros estructurales.

INTRODUCCIÓN

La Universidad de San Carlos de Guatemala trabaja a través del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) el cual tiene como meta contribuir con el desarrollo de las comunidades en el área rural del país, así como diseñar información técnica adquirida en el transcurso de la carrera a los colaboradores del área, el cual se realizó en la Municipalidad de Santa Catarina Pinula.

Con base a lo expuesto por la población y el diagnóstico proporcionado por la dirección municipal de planificación (DMP) se priorizaron dos proyectos siendo estos: el diseño de la estación policial y alcaldía auxiliar y un sistema de alcantarillado separativo, que para el presente caso corresponden a la aldea La Salvadora 1 y El Manzano La Libertad Sector 1 respectivamente.

Actualmente estas aldeas no cuentan con infraestructura, que proporcione un entorno ideal, el cual permita un desarrollo eficiente, siendo estos un edificio de muros confinados utilizando bloques huecos de concreto que permita el cuidado de los ciudadanos y el correcto funcionamiento legal como lo es una estación policial y una alcaldía auxiliar, de la misma manera un desalojo de las aguas sanitarias y pluviales como lo es el caso del sistema de alcantarillado separativo mediante tuberías de cloruro de polivinilo (PVC).

Los proyectos que se proponen pretenden mantener una mejor calidad de vida hacia los habitantes de estas dos aldeas ya que proveerán seguridad, orden social, protección a la salud y al medio ambiente, contribuyendo así al fortalecimiento de la población y el desarrollo integral, utilizando las normas de

seguridad estructural en su edición final del 2018 dadas por la Asociación Guatemalteca de Ingeniería.

1. MONOGRAFIA DEL MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PINULA

1.1. Datos históricos

Su origen vario previo a la llegada del conquistador Pedro de Alvarado cuando los indígenas de ese entonces fundaron el pueblo de *Pankaj* o *Pinula*, durante la conquista, los españoles, trajeron muchos indígenas mexicanos, quienes trajeron consigo gran cantidad de elementos culturales, los cuales fueron apropiados por los grupos locales.

A lo largo de la historia es mencionado en varias bibliografías, entre los siglos XVII y XIX, en la cual explican la morfología de su nombre, el área limítrofe, razones culturales y detalles específicos sobre la infraestructura y su población.

1.1.1. Origen del nombre

El pueblo debe su nombre a la lengua indiana *Pancac*, cuyo significado etimológico es: *Pan* que significa “dentro o entre” y *Ca* que tiene 3 significados, el primero, “fuego”, el segundo “nigua” y el tercero “guayaba”. Se puede suponer que el significado que corresponde es “Entre guayabas”.

La palabra Pinula tiene un sentido etimológico. *Pinul* que significa harina y *a* que significa “agua”, en la lengua Pipil significa “harina de agua”. Esto muy bien podría relacionarse con el pinole, una bebida muy conocida entre los pueblos mexicanos.

El nombre oficial del municipio corresponde a Santa Catarina Pinula, y se cree que fue el padre Juan Godínez, quien influyo en ponerle el nombre de Santa Catarina al pueblo de *Pankaj* o *Pinola* en honor a Catarina Mártir de Alejandría.

1.1.2. Feria patronal

En el municipio de Santa Catarina Pinula, la fiesta de la patronal inicia 8 días antes de que se inicie la feria, se celebran 13 albas, las cuales simbolizan los 13 días de martirio que sufrió la Virgen culminado estas el 25 de noviembre.

Este día se realizan los actos litúrgicos en la iglesia de la localidad, durante todo el día. Por la noche se lleva a cabo un baile llamado “noche de recuerdo” en la cual participan marimbas de renombre. Dichas fiestas hacen honor a la reina de la comunidad, Santa Catalina de Alejandría, también se realizan jaripeos, carreras de cintas de caballos, juegos mecánicos, entre otras cosas.

1.2. Análisis geográfico

El nombre geográfico oficial es de Santa Catarina Pinula, cuenta con un área de 51.95 km². La cabecera se encuentra situado al extremo suroeste en la zona central del departamento de Guatemala en la Sierra Canales y tiene diferentes accesos, esta se encuentra a 9 km de la ciudad capital, posee una altitud de 1,550 msnm, latitud de 14°34'13”, longitud de 90°29'45”, dicho banco de marca se encuentra localizado en la escuela.

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



Fuente: elaboración propia, utilizando AutoCAD Civil 3D 2016.

1.2.1. **Colindancias**

Al estar ubicado en una zona central del departamento, colinda con municipalidades del mismo departamento; al norte con Guatemala, al este con San José Pinula y Fraijanes, al sur con Fraijanes y Villa Canales y al oeste con Villa Canales y Guatemala.

Figura 2. **Colindancia del municipio de Santa Catarina Pinula**



Fuente: elaboración propia, realizado con AutoCAD Civil 3D 2016.

1.2.2. Distribución territorial

El municipio de Santa Catarina Pinula cuenta con 15 aldeas, colonias privadas, lotificaciones urbanizadas y condominios. El área urbana la constituye la cabecera municipal y el área rural la conforma las aldeas y los caseríos.

Las aldeas que lo conforman son; San José el Manzano, Piedra Parada el Rosario, Piedra Parada Cristo Rey, Laguna Bermeja, El Canchón, Nueva Concepción, El Pueblito, El Carmen, El Pajón, EL Manzano la Libertad, Don Justo, Puerta Parada, Cuchilla del Carmen, Salvadora I y Salvadora II.

1.2.3. Topografía

Este municipio cuenta con una topografía bastante accidentada ya que presenta pendientes entre el 5 y el 32 %, presenta relieves montañosos, colinas, mesetas y llanuras, aunque predominan las montañas, esto índice a caminos serpenteantes que rompen la elevación orográfica.

Entre los accidentes topográficos de Santa Catarina Pinula se encuentran dos en particular, siendo el Cerro Guachizote y el Cerro Tabacal.

1.3. Análisis demográfico del municipio

Según el XII Censo de Población del Instituto Nacional de Estadística para el año 2,018 el municipio contaba con una población de 103,288 habitantes; según las proyecciones para el año 2020 se estima una población de 107,610 habitantes en el Municipio de Santa Catarina Pinula.

El municipio de Santa Catarina Pinula cuenta con 15 aldeas, colonias privadas, lotificaciones urbanizadas y condominios. El área urbana la constituye la cabecera municipal y el área rural la conforma las aldeas y los caseríos.

1.3.1. Crecimiento poblacional

Al formar parte del departamento de Guatemala, existe una demanda alta hacia las obras civiles, tales como colonias, edificios, centros comerciales, entre otros. Aumentando la población significativamente, generando así una migración de trabajo hacia la municipalidad y un aumento de desarrollo.

1.3.2. Indicadores de desarrollo

En lo referente al Índice de Desarrollo Humano, el municipio cuenta con un IDH de 0.803, un porcentaje de analfabetismo del 2.85 % y un porcentaje de pobreza general del 12.7 % para el año 2020

1.4. Aspecto socioeconómico

Son aquellos elementos que están relacionados con la sociedad y aquellos en los que depende la economía del municipio.

1.4.1. Comercio

Existen dos actividades económicas que se realiza en el municipio, siendo una de ellas la producción agrícola que se desarrollan en toda el área del municipio en su mayoría de subsistencia, se dedica al cultivo del maíz y frijol, en las áreas en donde aún no se ha urbanizado, y la producción pecuaria, la cual

consiste en la crianza, destace y distribución de productos porcinos al mercado nacional.

1.4.2. Comunicación

En material de comunicación posee servicios de correos convencionales en la cabecera y en Puerta Parada, además existen teléfonos públicos instalados en algunas aldeas y en la cabecera. También existe el servicio de internet el cual facilita las comunicaciones tanto a nivel local como al exterior del país.

1.4.3. Educación

Se cuenta con escuelas oficiales en la Cabecera Municipal, y en cada una de las aldeas y algunos caseríos. Colegios privados en El Carmen, Canchón, Rosario, Cuchilla del Carmen, Piedra Parada, Cristo Rey, Puerta Parada, Pajón, Don Justo, Cabecera Municipal. Academias de mecanografía en: Cabecera Municipal, Puerta Parada, Cristo Rey, Puerta Parada, El Carmen, Don Justo, Pajón. También se cuenta con sedes universitarias en la cabecera.

1.4.4. Salud

Posee Centro de Salud en la Cabecera Municipal, Piedra Parada Cristo Rey; Puestos de Salud en Aldea El Pajón y Aldea El Carmen.

1.4.5. Seguridad

Cuenta con Sub-Estaciones de Policía Nacional Civil ubicada en la Cabecera Municipal, y en las aldeas Piedra Parada Cristo Rey y El Carmen. Un Juzgado de Paz en la Cabecera Municipal de Santa Catarina Pínula.

1.4.6. Infraestructura

El 95 % del territorio cuenta con servicios agua potable, el 40 % cuenta con servicios de drenaje y se cuenta con calles pavimentadas y transporte en su mayoría.

1.5. Necesidades del municipio

El diagnóstico del municipio de Santa Catarina Pinula, permite determinar las necesidades que inciden en este, para poder dar el aporte técnico profesional donde se requiera.

1.5.1. Descripción de las necesidades

La Salvadora 1 es una aldea comunicadora entre dos municipios, y en esta han existido grandes riesgos por delincuencia y violencia, por su gran afluencia vehicular y al no tener una estación policial próxima, los habitantes se encuentran atemorizados por la falta de protección. Del mismo modo han exigido un lugar en donde ellos puedan participar en la solución de problemas y mantenerse informados acerca de la administración municipal.

Por otra parte, la aldea El Manzano La Libertad sector 1 no cuenta con servicios de drenaje sanitario y pluvial. Dicho problema ha ocasionado daños humanos, ambientales y materiales por no poder transportar las aguas sanitarias adecuadamente.

1.5.2. Priorización de la necesidad

Según los acontecimientos sucedidos en la aldea La Salvadora 1 ha incentivado a la municipalidad de Santa Catarina Pinula a realizar el diseño y construcción de una edificación de mampostería de dos niveles, realizado con el primero como una estación policial municipal y el segundo como una alcaldía auxiliar.

Según los acontecimientos sucedidos en la aldea El Manzano La Libertad sector 1, es de sum importancia la realización de una red de drenaje que permitirá el transporte adecuado y una mejor calidad de vida para los habitantes y a su vez ayudará al medio ambiente.

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

2.1. Diseño de estación policial y alcaldía auxiliar de dos niveles en la aldea La Salvadora 1.

En este capítulo se describirá el funcionamiento del proyecto y el diseño para la creación de este.

2.1.1. Descripción del proyecto

La municipalidad de Santa Catarina Pinula se ha interesado en el diseño y construcción de una edificación de mampostería de dos niveles, realizado con el primero como una estación policial municipal y el segundo como una alcaldía auxiliar, para ello se ha analizado un predio ubicado en una zona estratégica, que permitirá un control y un acceso rápido para la población.

La edificación constará de dos niveles completos, donde se ubicará en el primer nivel la estación policial y en el segundo nivel la alcaldía auxiliar, siendo la loza final una terraza.

Actualmente en el lugar no se encuentra ningún tipo de edificación y es un terreno inutilizado, se ubica en esquina para mayor accesibilidad.

2.1.2. Estudio topográfico

Este es realizado con el fin de determinar las posiciones relativas de puntos situados sobre la superficie (arriba, sobre o debajo) de la tierra y

posteriormente su representación en un plano, por medio de medidas sobre distancias, direcciones y elevaciones, para ello se utilizó como equipo una estación total, prisma, una cinta métrica con longitud de 50 metros y bastón porta prisma.

2.1.2.1. Planimetría

Es aquella aplicada en los casos en que la precisión requerida es tan baja que las correcciones por curvatura resultarían despreciables al compararlos con los errores de las mediciones, por tal motivo se considera a la superficie de la tierra como un plano. Se utilizó el método de conservación de azimut, el cual consiste en conservar el azimut leído en uno de los lados del polígono, para que a partir de este se vaya midiendo el azimut de la segunda estación y así sucesivamente hasta completar el levantamiento.

2.1.2.2. Altimetría

Son mediciones de altura o elevaciones, es utilizado para determinar las posiciones verticales relativas de los elementos de una obra civil. Se utilizó la nivelación trigonométrica como método para la medición de niveles, la cual consiste en medir las distancias horizontales y el ángulo vertical que une dos puntos y con ayuda de razones trigonométricas se obtiene la diferencia de nivel entre ambos puntos.

2.1.3. Estudio de suelos

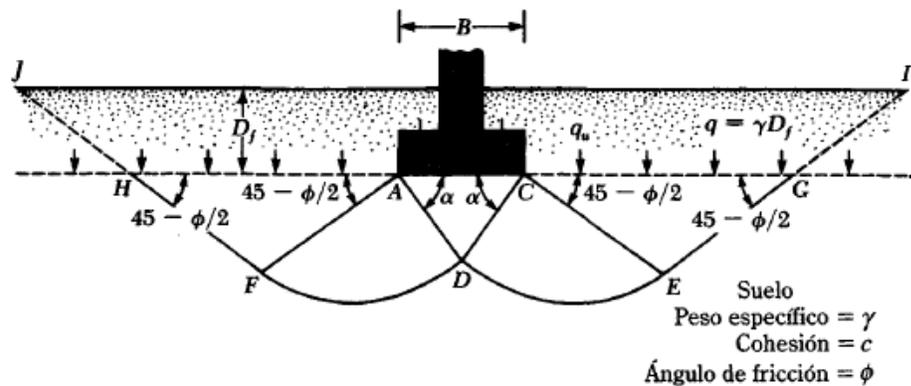
Determinar las características físicas y mecánicas de los suelos nos permite diseñar adecuadamente la cimentación, proporcionando así un sistema seguro y confiabilidad a los usuarios.

2.1.3.1. Ensayo triaxial

Este método consiste en excavar a una profundidad específica para extraer una muestra de suelo inalterada de un pie cubico, posteriormente se ensaya para determinar la resistencia al corte:

- Descripción del suelo: limo arcilloso color café oscuro
- Ángulo de fricción interna: $\Phi=23.28^\circ$
- Cohesión: $C_u=7.66 \text{ ton/m}^2$
- Densidad seca: 1.38 ton/m^3
- Densidad húmeda: 1.80 ton/m^3
- Desplante: 1.50

Figura 3. **Falla de capacidad de carga en un suelo bajo una cimentación rígida corrida**



Fuente: Braja Das. (2012). *Principios de ingeniería de cimentación*.

El cálculo de la capacidad última y la capacidad admisible se encuentra en la sección 2.1.5.14.1. Determinación del valor soporte.

2.1.3.2. Características del terreno

En este se identifican algunas particularidades que puede concebir la ubicación en donde se realizara la cimentación de la infraestructura.

2.1.3.3. Dimensión y área

La parcela es de forma trapezoidal, siendo esta con dos lados de misma longitud al este y oeste de 12 m, al norte de 8 m y al sur de 8.19 m, siendo un área de 96.9865 m².

2.1.3.4. Ubicación del edificio

Ubicado en la aldea La Salvadora 1, sobre la avenida principal se encuentra la estación de buses, frente a ella está posicionado un terreno de esquina propiedad del gobierno.

2.1.3.5. Diseño arquitectónico

Este se refiere a la distribución correcta de los ambientes, para permitirles un lugar cómodo y funcional, realizado con la “norma de planificación y construcción” regida por el Instituto de Fomento de Hipotecas Aseguradas, se determinan dimensiones óptimas.

2.1.4. Sistema estructural a utilizar

El sistema estructural por utilizar será el denominado como muros confinados, esto se refiere a los muros de mampostería que tienen el refuerzo vertical y horizontal concentrado en elementos de concreto.

2.1.5. Método de análisis estructural del edificio

Para el diseño de la estación policial y la alcaldía auxiliar se utilizará el método de análisis simplista o llamado también el método de las rigideces, para muros de mampostería confinada, el cual se basa en que los esfuerzos se encuentren en el rango elástico de los materiales, el cual se analiza mediante los parámetros establecidos en las Normas de Seguridad Estructural para Guatemala 2018 con las actualizaciones de julio 2020, NSE-2 “Demandas estructurales y condiciones del sitio” y NSE-7.4 “Diseño de Mampostería Reforzada”. Para ser utilizado este método debe cumplir con los siguientes parámetros:

- Los esfuerzos son proporcionales a las deformaciones y estos a la vez son proporcionales a la distancia al eje neutro.
- El módulo de elasticidad es constante a través del miembro.
- La mampostería no actuara a tensión.
- La tensión actúa en el refuerzo en el centro de gravedad de las barras.

2.1.5.1. Procedimiento de análisis

Para poder realizar este análisis, el primer aspecto a tomar en cuenta será la determinación de las cargas, posteriormente se procederá a calcular la rigidez de los muros que están únicamente en la dirección del sismo, realizado con así las ecuaciones de muros en voladizo o empotrados. Los pasos para realizar el análisis son los siguientes:

- Cálculo de centro de masa y del centro de rigidez de la estructura.
- Análisis de sismo.
- Cálculo de momentos de volteo.

- Distribución de cargas y momentos en muros.

De igual manera se deben tomar en cuenta las siguientes suposiciones para este método, las cuales son:

- Los muros tienden a experimentar ladeo paralelo al plano que contiene el muro, en el sentido contrario no se considera.
- Los muros en general se comportan como miembros verticales sujeto a fuerzas horizontales concentradas en los niveles de piso.
- Para la distribución de la fuerza lateral a cada muro se deben considerar únicamente los muros paralelos a la dirección en que ésta actúa, presentándose dos efectos sobre ellos los cuales son: uno de traslación en la misma dirección y otro de rotación respecto al centro de rigidez cuando no coincide con el centro de masa.

2.1.6. Componentes de la mampostería reforzada

Para la construcción de cualquier tipo de infraestructura es necesario considerar que Guatemala es un país altamente sísmico, por tal motivo el refuerzo es indispensable, haciendo que una construcción sea duradera y segura para el uso. El sismo-resistencia ayuda a controlar el daño, pero no lo puede evitar por completo. Entre más complicada sea la edificación, habrá más posibilidad de que sufra algún daño: grietas en paredes, repellos caídos, algunos vidrios rotos, pero realizado con métodos correctos de construcción el daño será limitado o no existirá.

En la mampostería reforzada existen varios elementos que permiten una construcción eficiente y sismo-resistente.

2.1.6.1. Mampostería

Son unidades prefabricadas de distintos materiales, estas van unidas una sobre otra, utilizadas para el levantado de los muros de mampostería reforzada, generalmente son ladrillos de barro cocido o bloques huecos de concreto cuya función será de dividir ambientes y soportar esfuerzos de compresión. Se utilizan dos tipos de mamposterías para la construcción de mampostería reforzada, las cuales son:

- Ladrillos de barro cocido: Unidades de barro o arcilla cocida, con forma rectangular las cuales pueden ser con agujeros o totalmente rellenas. Este tipo de unidades deberá cumplir con la Norma COGUANOR NGO 41 022 en lo referente a calidad, dimensiones, absorción y clasificación por resistencia.
- Bloques de concreto: Llamados coloquialmente en el medio como “blocks” estos son bloques huecos de concreto de un tabique en el centro (UT) y de dos tabiques en el centro (DT) y que en tamaño de elevación son de dimensiones uniformes y en espesor varía.

Tabla I. Resistencia mínima según clase de mampostería

Clase	Resistencia mínima ^A a compresión, calculada sobre área neta del bloque (1) kg/cm ² (Mpa)	
	Promedio de 5 bloques ó más	Mínimo de bloque individual ^B
A	133.0 (13.0)	113.0 (11.1)
B	100.0 (9.8)	85.0 (8.3)
C	66.0 (6.5)	56.0 (5.5)

Fuente: Asociación Guatemalteca de Seguridad Estructural. (2014). *DSE 4.1 Manual de diseño sísmo resistente simplificado para Guatemala, mampostería de block de concreto.*

Tabla II. **Medidas de bloques de concreto según su uso**

USO	Medidas principales nominales ó modulares (centímetros)			Medidas principales reales (centímetros)		
	Ancho	Alto	Largo	Ancho	Alto	Largo
Bloque de muro	20	20	40	19	19	39
	15	20	40	14	19	39
Medio bloque de muro	20	20	20	19	19	19
	15	20	20	14	19	19
Bloque de tabique	10	20	40	9	19	39
Medio bloque de tabique	10	20	20	9	19	19

Fuente: Asociación Guatemalteca de Seguridad Estructural. (2014). *DSE 4.1 Manual de diseño sísmico resistente simplificado para Guatemala, mampostería de block de concreto.*

La resistencia con la que se deben fabricar los blocks en Guatemala está especificada en la Norma COGUANOR NTG 41 054. Esta norma establece 4 clases de block: A (azul), B (rojo), C (verde) y en algunos casos D (negro). Cada clase tiene una cierta resistencia y un límite de absorción de humedad. Todas las clases deben cumplir los mismos requisitos de área neta.

Tabla III. **Unidades de block DT características según su clase**

BLOCK DT	COLOR	RESISTENCIA			PESO aproximado en libras	
		Capacidad de carga	Requisito numérico de resistencia	Protección contra la humedad	espesor 14 cm	espesor 19 cm
					Área neta 53% a 57%	Área neta 52% a 56%
CLASE A	AZUL	Superior	140	Superior	32 a 35	37 a 41
CLASE B	ROJO	Alta	100	Alta	27 a 31	33 a 36
CLASE C	VERDE	Media	66	Media	24 a 27	29 a 33
CLASE "D"	NEGRO	Baja	50	Menor	21 a 23	24 a 27

Fuente: Asociación Guatemalteca de Seguridad Estructural. (2015). *Cartilla de Diseño Estructural de Mampostería Reforzada para Albañiles y Constructores.*

Tabla IV. **Unidades de block DT características según su clase**

BLOCK DT	COLOR	RESISTENCIA			PESO aproximado en libras	
		Capacidad de carga	Requisito numérico de resistencia	Protección contra la humedad	espesor 14 cm	espesor 19 cm
					Área neta 53% a 57%	Área neta 52% a 56%
CLASE A	AZUL	Superior	140	Superior	32 a 35	37 a 41
CLASE B	ROJO	Alta	100	Alta	27 a 31	33 a 36
CLASE C	VERDE	Media	66	Media	24 a 27	29 a 33
CLASE "D"	NEGRO	Baja	50	Menor	21 a 23	24 a 27

Fuente: Asociación Guatemalteca de Seguridad Estructural. (2015). *Cartilla de Diseño Estructural de Mampostería Reforzada para Albañiles y Constructores*.

2.1.6.2. Mortero

La resistencia final de los levantados no depende solo de la resistencia de los blocks o ladrillos sino también del mortero que se usa para unir entre sí las unidades. En Guatemala la norma COGUANOR NTG 41050, es aquella que nos rige los tipos de mortero, existiendo 4 clases principales de mortero de pega: el M, el S, el N y el O. El M es el más resistente, el S es intermedio y el N tiene menor resistencia, en el siguiente cuadro se analiza el tipo de mortero a utilizar según su funcionamiento.

Tabla V. Tipo de mortero según su uso

Localización	Parte de la construcción	Tipo de mortero	
		Recomendado	Alternativa
Exterior, arriba del nivel de terreno	Muro con carga Muro sin carga Pared	N O ^B M	S ó M N ó S S
Exterior, a nivel o por debajo del nivel del terreno	Muro de fundación, muro de contención, pozos de inspección, pavimentos, caminos y patios.	S ^C	M ó N ^C
Interior	Muro de carga Tabiques sin carga	N O	S ó M N
Interior o Exterior	Reparación o acabado	Véase el anexo X3	Véase el Anexo X3

^A Esta Tabla no proporciona morteros de uso especializado, tales como chimeneas, mampostería reforzada y morteros resistentes al ácido.
^B El mortero tipo O es recomendado para ser usado cuando la mampostería no tiene riesgo de congelamiento, cuando se satura o cuando no va a estar sujeto a fuertes vientos o a otras cargas laterales significativas. El mortero tipo N ó S debe ser usado en otros casos.
^C La mampostería expuesta a condiciones ambientales en una superficie nominal horizontal, es extremadamente vulnerable a la alteración por exposición a la intemperie. El mortero para dicha mampostería debe ser seleccionado con la debida precaución.

Fuente: Comisión Guatemalteca de Normas (2012). Norma COGUANOR NTG 41 050.

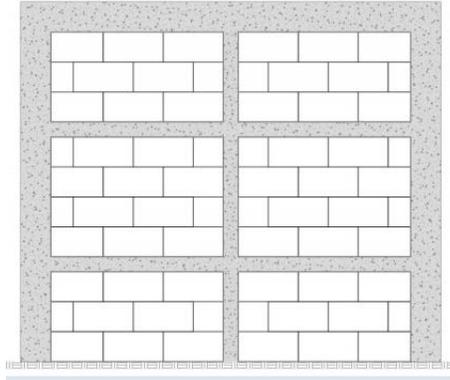
2.1.6.3. Mochetas

Son utilizadas como elementos de refuerzo vertical, se colocan en esquinas, los bordes e intersecciones de las paredes con el propósito de enmarcar los extremos de un panel de mampostería tomando efectos de volteo, especialmente aquellos generados por sismos, la sección de la mocheta principal estará dictada por esfuerzos axiales en el concreto.

2.1.6.4. Soleras

Junto con las mochetas principales, las soleras principales forman marcos rectangulares que confinan los paños de levantado y en el caso de las complementarias son refuerzos verticales colocados entre las mochetas principales, aplicables en mampostería de unidades sólidas y electivamente aplicables en levantados con unidades huecas que permiten paredes menos vulnerables al sismo.

Figura 4. **Detalles de mochetas y soleras en un muro de mampostería**



Fuente: Asociación Guatemalteca de Seguridad Estructural. (2014). *DSE 4.1 Manual de diseño sísmo resistente simplificado para Guatemala, mampostería de block de concreto.*

2.1.6.5. Vigas

Son elementos horizontales que sirven para soportar las losas cuando no existen paredes, para así transmitir las cargas transversales de la losa a las que está sometido hacia la mocheta de carga.

En las estructuras tipo cajón una viga no es un elemento sísmo resistente por su baja rigidez fracturada relativa, de tal manera que no deben cargar paredes que a su vez carguen otras losas encima. Esta situación se llama “transferencia de cargas” y no debe ocurrir.

Figura 5. **Detalles de unión entre mochetas, solera y viga en un muro de mampostería**



Fuente: Asociación Guatemalteca de Seguridad Estructural. (2014). *DSE 4.1 Manual de diseño sísmo resistente simplificado para Guatemala, mampostería de block de concreto.*

2.1.6.6. Refuerzo interblock

Es un refuerzo vertical secundario que produce paredes menos vulnerables a grietas sísmicas. Se utilizan varillas que van dentro de la celda de block o ladrillo y se rodea con *graut* que permite la unión de la varilla con la mampostería.

2.1.6.7. Losa

Elementos estructurales de concreto armado o materiales prefabricados, su utilización en la construcción es conformar pisos y techos en, estos se apoyan en las vigas o muros a las cuales transmiten las cargas, pueden llegar a tener uno o varios tramos continuos.

2.1.7. Diseño de la estructura

Para la creación de cualquier obra civil es indispensable definir los procesos que respectan a la creación de un nuevo proyecto, para ello se requiere estudios previos que permitan proyectar las situaciones y concretar elementos capaces de sobrellevar los requerimientos antes analizados.

2.1.7.1. Criterios según AGIES NSE 2018

- Clasificación de las obras según AGIES 2018 con actualizaciones de julio 2020 NSE 3 “Diseño estructural de edificaciones” Las obras se clasifican según lo estipulado en la sección 1.6 la cual se divide en categorías ocupacionales para los requisitos de diseño por sismo, viento e inundaciones y toda obra nueva o existente se clasifica en una de cuatro categorías ocupacionales.
 - Categoría I Obras utilitarias: Son las obras que albergan personas de manera incidental, y que no tienen instalaciones de estar, de trabajo o no son habitables, tales como; Instalaciones agrícolas, bodegas y obras auxiliares de infraestructura.
 - Categoría II Obras ordinarias: Son las obras que no están en las categorías I, III o IV y que tienen una carga de ocupación inferior a 300 personas.
 - Categoría III Obras importantes: Son las que albergan o pueden afectar a gran cantidad de personas; aquellas donde los ocupantes estén restringidos a desplazarse; las que prestan servicios importantes (pero no esenciales después de un desastre) a gran número de personas o entidades; obras que albergan valores culturales reconocidos.

- Categoría IV Obras esenciales: Son las que deben permanecer en operación continua durante y después de un siniestro, se incluyen obras estatales, las cuales son:
 - Instalaciones de salud con servicios de emergencia, de cuidado intensivo, salas de neonatología o quirófanos; los hospitales de día pueden exceptuarse.
 - Instalaciones de defensa civil, bomberos, policía y de comunicaciones asociadas con la atención de desastres.
 - Centrales telefónicas, de telecomunicación y de radiodifusión
 - Aeropuertos, hangares de aeronaves, estaciones ferroviarias y sistemas masivos de transporte.
 - Plantas de energía e instalaciones para la operación continua de las obras que clasifiquen como esenciales.
 - Líneas troncales de transmisión eléctrica y sus centrales de operación y control.
 - Instalaciones de captación y tratamiento de agua y sus centrales de operación y control.

Para este proyecto se utilizará la categoría estructural III “importante” ya que al ser una alcaldía y una estación policial se pueden categorizar como obras que presentan servicios importantes, pero no esenciales después de un desastre.

- Índice de sismicidad: El índice de sismicidad (I_0) es una medida relativa de la severidad esperada del sismo en una localidad, incide sobre el nivel de protección sísmica que se hace necesario para diseñar la obra o edificación e incide en la selección del espectro sísmico de diseño, el territorio de Guatemala se divide en macro-zonas de amenaza sísmica caracterizadas por su índice de sismicidad que varía desde $I_0 = 2$ a $I_0 = 4$.

El departamento de Guatemala se encuentra ubicado en la zona 4.2 la cual se muestra en la siguiente figura.

Figura 6. Índice de sismicidad según departamento



Fuente: Asociación Guatemalteca de Seguridad Estructural. (2014). *DSE 4.1 Manual de diseño sismo resistente simplificado para Guatemala, mampostería de block de concreto.*

- Nivel de protección requerido: Es el nivel de seguridad que garantiza la continuidad operacional de una edificación luego de un sismo severo, este es determinado según la clasificación de la obra y el índice de sismicidad, de la siguiente tabla.

Tabla VI. **Clase de obra según índice de sismicidad**

Índice de Sismicidad ^[b]	Clase de obra ^[a]			
	Esencial	Importante	Ordinaria	Utilitaria
$I_0 = 4$	E	D	D	C
$I_0 = 3$	D	C	C	B
$I_0 = 2$	C	B	B	A
Probabilidad de exceder el sismo de diseño ^[c]	5% en 50 años ^[d]	5% en 50 años ^[d]	10% en 50 años	Sismo mínimo ^[e]

Fuente: Asociación Guatemalteca de Seguridad Estructural. (2014). *DSE 4.1 Manual de diseño sismo resistente simplificado para Guatemala, mampostería de block de concreto.*

- Clasificación del sitio: El sitio de proyecto se clasificará con base en las características del perfil de suelo bajo los cimientos. Los sitios se clasificarán en alguna de las siguientes categorías: AB, C, D, E o F. La clasificación del sitio será necesaria para configurar correctamente el espectro del sismo de diseño. A y B son sitios en roca; C y D son perfiles de suelo firmes; E es un perfil de suelo blando; F es un perfil de suelo extremadamente complicado. Para el territorio de Guatemala no se ha considerado distinguir entre perfil A y B. Se utilizan los parámetros correspondientes al perfil B.
- Tipología estructural: La estructura de una edificación se clasificará conforme a lo estipulado en la Norma AGIES NS-1 el cual corresponde a “Normas de Seguridad Estructural Para Guatemala”. Cada estructura o cada parte significativa de la misma se clasificarán independientemente, en cada dirección de análisis, en una de seis posibles familias E1 a E6. Las estructuras de mampostería reforzada serán en general sistemas E2 en los cuales la mayor parte de las demandas gravitacionales y todas las demandas laterales son resistidas por muros estructurales, que en este

caso serán mayoritariamente de mampostería con refuerzo y será considerada un sistema constructivo de ductilidad reducida.

2.1.7.2. Tipo de cargas

Se entiende como la configuración que se va a realizar en la infraestructura para soportar diferentes tipos de elementos.

2.1.7.3. Cargas gravitacionales

Son aquellas cargas que actúan sobre una estructura como consecuencia de la acción de la gravedad, siendo así que cada elemento estructural o no, posee su propio peso.

- **Cargas Vivas:** Las cargas vivas son aquellas producidas por el uso y la ocupación de la edificación. En la siguiente tabla se encuentra las cargas vivas para edificaciones.

Tabla VII. Cargas vivas para edificaciones

Tipo de ocupación o uso	Wv (kg/m ²)	Pv (kg)
Vivienda		
Balcones	300 [R]	
Habitaciones y pasillos	200 [R]	
Escaleras	300	
Oficina		
Pasillos y escaleras	300	
Oficinas	250 [R]	800
Áreas de cafetería	500	
Hospitales		
Pasillos y rampas	500	450
Clínicas y encamamiento	250 [R]	
Servicios médicos y laboratorio	350 [R]	800
Farmacia	500	
Escaleras	500	
Cafetería y cocina	500	

Tipo de ocupación o uso	Wv (kg/m ²)	Pv (kg)
Hoteles, carga de escaleras y de elevadores		
Habitaciones	200 [R]	450
Servicios y áreas públicas	500	800
Educativos		
Aulas	200 [R]	400
Pasillos y escaleras	500	
Salones de lectura de biblioteca	200 [R]	400
Área de estanterías de biblioteca	700	800
Áreas de reunión		
Escaleras privadas	300 [R]	Ver 3.2 (d)
Escaleras públicas	500	Ver 3.2 (d)
Balcones	500	
Vestíbulos públicos	500	
Plazas a nivel de la calle	500	800
Salones con asiento fijo	300 [R]	
Salones sin asiento fijo	500	800
Esoenarios y circulaciones	500	
Estacionamientos		
Garajes para automóviles de pasajeros	250	Ver 3.2 (c)
Garajes para automóviles de carga (2000 Kg.)	500	Ver 3.2 (c)
Rampas vehiculares de uso colectivo	500	Ver 3.2 (c)
Áreas de circulación vehicular	250	Ver 3.2 (c)
Áreas de servicio y reparación	500	Ver 3.2 (c)
Instalaciones deportivas públicas		
Zonas de circulación	500	
Zonas de asientos fijos	400	
Zonas sin asientos	800	
Canchas deportivas	Ver nota [a]	

Tipo de ocupación o uso	Wv (kg/m ²)	Pv (kg)
Almacenes		
Minoristas	500	800
Mayoristas	600	1200
Bodegas		
Cargas livianas	600	800
Cargas pesadas	1200	1200
Fábricas		
Industrias livianas	500	800
Industrias pesadas	1000	1200
Cubiertas pesadas (Inciso 3.3 (g))		
Azoteas de concreto con acceso	200	
Azoteas sin acceso horizontal o inclinadas	100	
Azoteas con inclinación mayor de 20°	75 [R]	
Azoteas usadas para jardín o para reuniones	500	
Cubiertas livianas (Inciso 3.3 (h))		
Techos de láminas, tejas, cubiertas plásticas, lonas, etc. (aplica a la estructura que soporta la cubierta final)	50 [R] ^(d)	135

[a] Carga depende del tipo de cancha
 [b] Sobre proyección horizontal
 [c] Carga no reducible
 [R] Puede aplicar reducción de carga viva según Sección 3.5.

3.7.2 Para pasarelas o puentes peatonales, la carga viva mínima es de 500 kg/m². No aplica reducción de carga viva.

3.7.3 Para cargas no contempladas en la Tabla 3.7.1-1 referirse a la Tabla 4.3-1 o Tabla C4.3-1 de ASCE/SEI 7 – 2016.

Fuente: Asociación Guatemalteca de Seguridad Estructural. (2014). *DSE 4.1 Manual de diseño sísmo resistente simplificado para Guatemala, mampostería de block de concreto*.

- Cargas muertas: Las cargas muertas comprenden todas las cargas de elementos permanentes de la construcción. Incluyen, pero no necesariamente están limitadas al peso propio de la estructura, pisos, rellenos, cielos, vidrieras, tabiques fijos y equipo permanente rígidamente

anclado a la estructura. En la siguiente tabla se encuentra las cargas muertas mínimas para edificaciones.

Tabla VIII. Cargas muertas mínimas para edificaciones

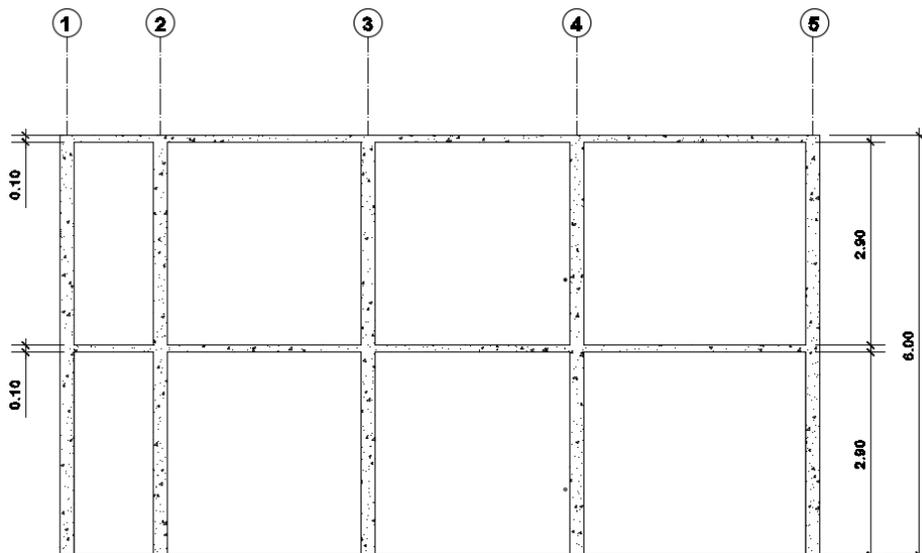
Componente	Carga (Kg/m ²)	Componente	Carga (Kg/m ²)
TECHOS		PAREDES DE MARCO	
Tablero de fibra acústica	5	Paredes para vigas exteriores:	
Tablero de yeso (por mm de espesor)	0.8	• 51 mm x 102 mm @ 406 mm, yeso de 16 mm, aislado, revestimiento de 10 mm	53
Deducción mecánica del conducto	19	• 51 mm x 152 mm a 406 mm, yeso de 16 mm, aislado, revestimiento de 10 mm	57
Repello sobre baldosa o concreto	24	Paredes exteriores con revestimiento de ladrillo	230
Repello sobre regletas de madera	38	Ventanas, vidrio y marco	38
Sistema de canales de acero suspendido	10	Sogas de ladrillo de arcilla:	
Franjas metálicas suspendidas y repello de cemento	72	• 102 mm	187
Franjas de metal suspendido y repello de yeso	48	• 203 mm	378
Sistema de suspensión de recubrimiento de madera	12	• 305 mm	551
• 406 mm			742
REVESTIMIENTOS, TECHOS Y PAREDES		[1] A los pesos de la mampostería incluyen el mortero, pero no el repello. Para yeso, añadir 24 kg/m ² para cada cara repellada. Los valores dados representan promedios. En algunos casos hay una gama considerable de peso para la misma construcción.	
Shingles de asbesto-cemento	19	PISOS Y ACABADOS DE SUELOS	
Shingles de asfalto	10	Cubierta, metal, calibre 18	14
Tejas de cemento 0.77	77	Madera de 51 mm	24
Tejas de arcilla (para mortero agregar 0.48 kN / m ²)		Madera de 76 mm	38
• Tejas de 51 mm	57	Tablero de fibras, 13 mm	4
• Tejas de 76 mm	96	Revestimiento de yeso, 13 mm 0,10	10
• Teja tipo Ludowici	48	Aislamiento, tableros de techo (por mm de espesor)	
• Teja Romana	57	• Vidrio celular	0.13
• Teja Española	91	• Vidrio fibroso	0.21
Composición:		• Fibra de madera	0.28
• Techos de tres capas listos	5	• Perlite	0.15
• Fielto de cuatro capas y grava	26	• Espuma de poliestireno	0.04
• Fielto de cinco capas y grava	20	• Espuma de uretano con piel	0.09
Cobre o estaño	5	Plywood (por mm de espesor)	0.6
Revestimiento de asbesto-cemento corrugado	19	Aislamiento rígido, 13 mm	4
Cubierta, metal, calibre 20	12	Skylight de marco metálico, vidrio con cables de 10 mm	38
		Pizarra, 5 mm	34
		Pizarra, 6 mm	48
		Membranas impermeabilizantes:	
		• Bituminoso, cubiertos de grava	26
		• Superficie bituminosa, lisa	7
		• Líquido aplicado	5
		• Hoja de pliegue sencillo	3
		Revestimiento de madera (por mm de grosor)	
		• Plywood	0.57
		• Tableros de fibra orientada	0.62
		Tejas de madera	14
		RELLENO DE PISO	
		Concreto pómez, por milímetro	1.7
		Concreto ligero, por milímetro	1.5
		Arena, por milímetro	1.5
		Concreto ciclópeo, por milímetro	2.3
PARTICIONES DE MARCOS			
Tabiques móviles de acero	19		
Clavos de madera o de acero, tablero de yeso de 13 mm cada lado	38		
Clavos de madera, 51 x 102, sin repello 0,19	19		
Clavos de madera, 51 x 102, repello en un lado 0.57	57		
Postes de madera, 51 x 102, repello en ambos lados 0,96	96		

Fuente: Asociación Guatemalteca de Seguridad Estructural. (2014). DSE 4.1 Manual de diseño sísmo resistente simplificado para Guatemala, mampostería de block de concreto.

2.1.7.4. Integración de cargas

Se debe Integrar las cargas vivas y muertas que afectan a la estructura realizado con las tablas anteriores, de esta forma es posible encontrar el peso total de la estructura, que, a su vez, es indispensable para encontrar las fuerzas horizontales que afectan a la misma.

Figura 7. **Altura por niveles y espesor de losa**



Fuente: elaboración propia, realizado con AutoCAD Civil 3D 2016.

- Bloque de concreto: 14x19x39 cm
- Altura primer y segundo nivel: 2.90 m colocar imagen
- Espesor de la losa: 0.10 cm (ver sección 2.1.5.11. Diseño de losa)
- Peso específico concreto estructural: 2 400 kg/m³
- Peso específico del cemento 1 400 kg/m³
- Área losa azotea: 75.95 m²

- Área losa entrepiso: 75.95 m²
- Cargas vivas
- Azoteas de concreto con acceso: 200kg/m²
- Entrepiso: 500kg/m²

Tabla IX. **Determinación de las cargas gravitacionales y peso por nivel**

Azotea		
Carga Muerta (D.L.)		
Losa:	2400kg/m ³ x 0.10m =	240 kg/m ²
Sobrecarga:		5 kg/m ²
Relleno de Pañuelos:	1400kg/m ³ x 0.02m =	28 kg/m ²
Carga Muerta total en Azotea=		273 kg/m ²
Carga Viva (L.L)		
Carga viva azotea:		200 kg/m ²
Muros segundo Nivel		
Peso del bloque:		170 kg/m ²
Longitud de muro:		64.71 m
Altura muro		2.90 m
Peso del muro:	170kg/m ² x 64.71m ² x 2.90m =	31,902.03 kg
2.2 Entrepiso		
Carga Muerta (D.L.)		
Losa:	2400kg/m ³ x 0.10m =	240 kg/m ²
Sobrecarga:		10 kg/m ²
Piso cerámico:		70 kg/m ²
Carga Muerta total en Entrepiso=		363 kg/m ²
Carga Viva (L.L)		
Carga viva entrepiso:		500 kg/m ²
Muros Primer Nivel		
Peso del bloque:		170 kg/m ²
Longitud de muro:		71.31 m
Altura muro		2.90 m
Peso del muro:	170 kg/m ² x 71.31 m x 2.90m	35,160.76 kg

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 2016.

Tabla X. **Resumen de pesos por niveles**

Peso segundo nivel		
Carga muerta:	$273 \text{ kg/m}^2 \times 75.95 \text{ m}^2 =$	20,734.35 kg \approx 20.73 ton
Muro:	$(64.71 \text{ m} \times 1.45 \text{ m}) \times 170 \text{ kg/m}^2 =$	15,951.02 kg \approx 15.95 ton
Peso total segundo nivel=		36,685.37 kg \approx 36.69 ton
Peso primer nivel		
Carga muerta:	$363 \text{ kg/m}^2 \times 75.95 \text{ m}^2 =$	27,569.85 kg \approx 27.57 ton
Muro:	$(71.31 \text{ m} \times 4.35 \text{ m}) \times 170 \text{ kg/m}^2 =$	52,733.75 kg \approx 52.73 ton
Peso total primer nivel=		80,303.60 kg \approx 80.30 ton
Peso total Niveles		
Nivel azotea	$36,685.37 \text{ kg} + [200 \text{ kg/m}^2 \times 75.95 \text{ m}^2] \times 0.25 =$	40,482.87 kg \approx 40.48 ton
Nivel entrepiso	$80,303.60 \text{ kg} + [500 \text{ kg/m}^2 \times 75.95 \text{ m}^2] \times 0.25 =$	89,797.35 kg \approx 89.80 ton
Peso total del edificio=		130,280.22 kg \approx 130.28 ton

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 2016.

2.1.7.5. **Cálculo de cargas laterales**

Las cargas laterales que afectarán la estructura son, la des viento y las de sismo, las cuales serán calculadas a continuación.

- Esfuerzo por viento: El factor a considerar es la velocidad del viento que debe ser considerada en el diseño de la estructura, el cual dependerá de la localización de la altura a la cual estará expuesta, las edificaciones serán diseñadas para resistir los empujes y succiones provocadas por la acción del viento, ya que esta estructura no es un elemento de gran altura, no se tomara en cuenta para este diseño.

- Esfuerzo por sismo: Todo edificio debe ser diseñado y construido para resistir un mínimo total de fuerza sísmica lateral, a lo largo y ancho de la edificación; para éste caso, dicha fuerza será resistida por medio de muros de corte. Para ello se han utilizado valores obtenidos en las tablas de las normas NSE 2 2018 “Demandas estructurales y condiciones de sitio” según el municipio de Santa Catarina Pinula:
 - Categoría de la estructura: Categoría III “Importante”.
 - Tipo de estructura: E2 “Estructuras tipo cajón”.
 - Amenaza sísmica: $I_0=4.2$, $S_{cr}=1.50$ g, $S_{1r}= 0.55$ g.
 - Tipo de suelo: E “Perfil de suelo blando”.
 - Fuentes sísmica tipo A.

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

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

Donde

H_n = altura total del edificio.

$K_t = 0.049$.

$X = 0.90$.

$$T_a = 0.049(5.8)^{0.90} = 0.24 \text{ segundos}$$

Ajuste por intensidades sísmicas especiales:

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

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

Donde:

- F_a = Coeficiente de sitio extraído de la tabla 4.5-1 NSE 3 “normas de seguridad estructural para Guatemala”.

- Fv = Coeficiente de sitio extraído de la tabla 4.5-2 NSE 3 “normas de seguridad estructural para Guatemala”.
- Na = Factor para periodos cortos de vibración extraído de la tabla 4.6.2-2 NSE 3 “normas de seguridad estructural para Guatemala”.
- Nv = Factor para periodos largos de vibración extraído de la tabla 4.6.2-3 NSE 3 “normas de seguridad estructural para Guatemala”.

$$Scs = 1.50 * 1.0 * 1.0 = 1.50 g$$

$$S1s = 0.55 * 1.7 * 1.5 = 1.40 g$$

Espectro calibrado al nivel de diseño:

$$Scd = kd * Scs$$

$$S1d = kd * S1s$$

Donde:

- Kd = Factor de acuerdo al nivel del sismo extraído de la tabla 4.5.5-1 NSE 3 “normas de seguridad estructural para Guatemala”. Igual a 0.80.

$$Scd = 0.80 * 1.50 = 1.20$$

$$S1d = 0.80 * 1.40 = 1.12$$

- Periodo de Vibración de Transición:

$$Ts = \frac{S1s}{Scs}$$

$$To = 0.2(Ts)$$

Donde:

- Ts = Periodo que separa los periodos cortos de los largos.
- To = Periodo que define el inicio de la meseta de periodos cortos del espectro.

$$Ts = \frac{1.40}{1.50} = 0.93 \text{ segundos}$$

$$To = 0.2(0.93) = 1.86 \text{ segundos}$$

- Espectros genéricos probables: Cuando se puedan utilizar los espectros de diseño genéricos, las ordenadas espectrales $Sa(T)$ para cualquier período de vibración T , se definen con las siguientes expresiones para este caso.

$$Sa(t) = Scd \left[0.4 + 0.6 \frac{T}{T_0} \right] \text{ cuando } T < T_s$$

$$Sa(t) = 1.20 \left[0.4 + 0.6 \frac{0.241}{1.86} \right] = 0.57$$

- Coeficiente sísmico al límite de la cadencia: El coeficiente sísmico en cada dirección de análisis se establecerá de la manera siguiente:

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

Donde:

- $Sa(T)$ = es la demanda sísmica de diseño (pseudo-aceleración inducida en función del periodo) para una estructura con período T obtenida del espectro de diseño sísmico establecido para el sitio, según la probabilidad de ocurrencia requerida.
- R = Es el factor de reducción en este caso es 4.
- T = Es el período fundamental de vibración de la estructura.

$$C_s = \frac{0.57}{4} = 0.14$$

Se debe verificar que el C_s cumpla con lo siguiente:

$$C_s \geq 0.044Scd \geq 0.01$$

$$C_s \geq 0.05 \geq 0.01 \text{ (Cumple)}$$

- Corte Basal y Momento de volteo: El total de las fuerzas sísmicas equivalentes que actúan sobre la edificación, en cada dirección de análisis,

se representará por medio del cortante estático equivalente al límite de cedencia en la base sísmica de la estructura; en adelante simplemente se le llamará “cortante basal estático a cedencia”; se obtendrá con la expresión:

$$V_B = C_s W_s$$

Donde:

- W_s = es la parte del peso de la edificación.
- C_s = es el coeficiente sísmico de diseño.

$$V_B = 0.14 * 130280.22 \text{ kg} = 18,239.23 \text{ kg}$$

- Distribución vertical de las fuerzas sísmicas: El cortante basal de cedencia se distribuirá a lo alto del edificio de acuerdo con:

$$F_x = C_{xy} V_B$$

$$C_{xy} = \frac{W_x H_x^k}{\sum_{i=1}^k (W_i H_i^k)}$$

- F_x = es el cortante de cedencia en el nivel de la edificación;
- h_x = es la altura del nivel sobre la base sísmica;
- $k = 1$, para $T \leq 0.5$ segundos;
- $k = 0.75 + 0.5 T_s$, para $0.5 < T \leq 2.5$ segundos;
- $k = 2$, para $T > 2.5$ segundos;
- Los términos W_x , W_i , H_x y h_i han sido previamente definidos.

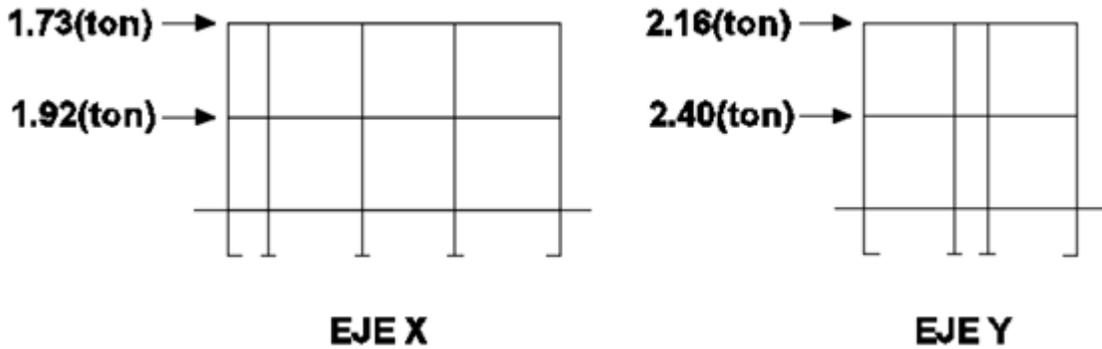
En la siguiente tabla se resumen los cálculos:

Figura 8. **Resumen de cálculos del corte basal**

Nivel	W1 (ton)	Hx (m)	W1*Hx	Cvx	Fx (Ton)	Eje X	Fy (ton)	Eje Y
2	40.48	5.8	234.784	0.474	8.65	2.16	8.65	1.73
1	89.8	2.9	260.42	0.526	9.59	2.40	9.59	1.92
Total	130.28		495.204	1				

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 2016.

Figura 9. **Diagrama de corte basal por altura**



Fuente: elaboración propia, realizado con AutoCAD Civil 3D 2016.

2.1.7.6. **Cálculo de momento por volteo**

Pueden causar grandes fuerzas de compresión que requieren de un aumento en la resistencia de la mampostería ($f''m$) que se pretende utilizar, o requiriendo un aumento en el acero de refuerzo o en el ancho de las unidades de mampostería, se utiliza para verificar si produce tensiones en los muros.

Figura 10. **Resumen de cálculos de momentos**

Nivel	Hi (m)	Fix (ton)	Fix*Hi	Mvx (ton-m)	Fiy (ton)	Fiy*Hi	Mvy (ton-m)
azotea	5.8	2.16	12.53	6.26	1.73	10.03	5.02
entrepiso	2.9	2.4	6.96	6.96	1.92	5.56	5.56
Total			19.49			15.59	

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 2016.

2.1.7.7. Cálculo de centro de masa

El centro de masa es el punto matemático donde todo el peso o masa de la estructura se ha de concentrar, se encuentra en función del peso de los muros y losa, y su centro geométrico. El peso lineal de los muros se determina por medio de la siguiente expresión, según la unidad de mampostería:

$$W_{\text{bloque de concreto}} \left(\frac{Kg}{m} \right) = \frac{\text{Peso (kg)}}{\text{unidad}} * \frac{\text{No. unidades}}{m^2} * \text{altura del muro (m)}$$

Para el entrepiso y azotea se calculará el mismo peso de la unidad de mampostería:

$$W_{\text{bloque de concreto}} = 12 \frac{kg}{\text{unidad}} * 12.5 \frac{\text{unidades}}{m^2} * 2.9 (m) = 435 kg/m$$

Por lo tanto, el peso de cada muro corresponde al producto del peso lineal de la unidad de mampostería por la longitud del muro.

$$wi = W_{\text{unidad de mamposteria}} * \text{Longitud}_{\text{muro}}$$

Para el muro 1 entrepiso

$$w_i = 435 \frac{kg}{m} * 4.28 m = 1861.8 kg$$

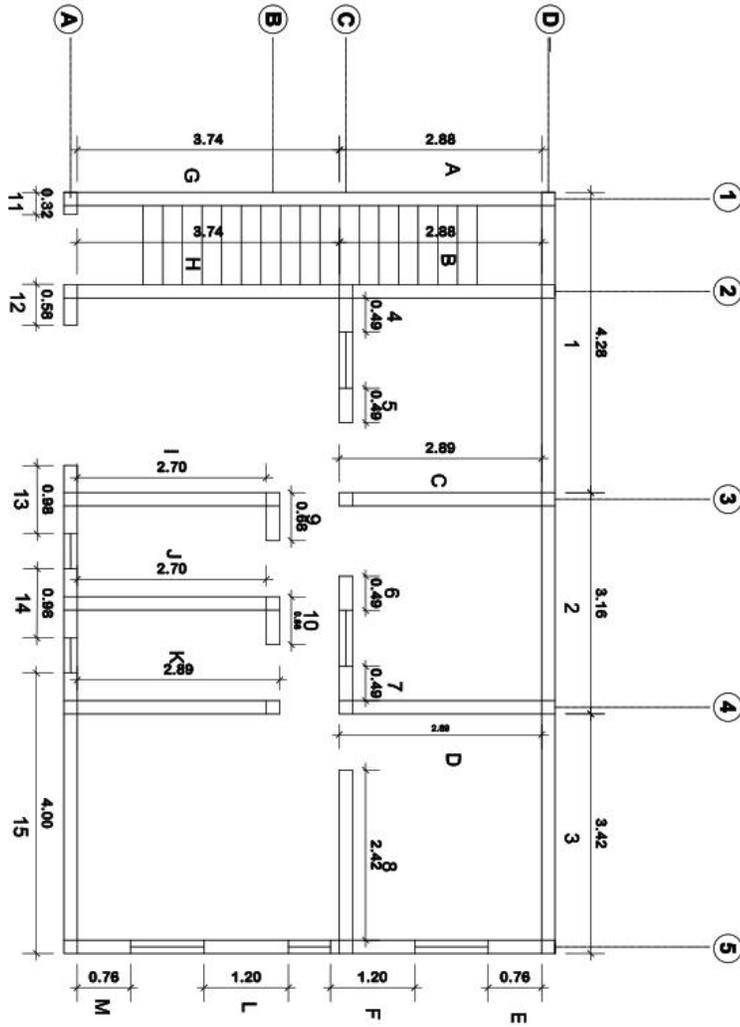
El peso de cada losa se determina por medio del área de las mismas, el peso propio de la losa y la sobrecarga (SC). Se utilizará para la losa 1

$$W_i = Area * (t * Peso\ específico + S.C.)$$

$$W_{losa\ 1} = 8.6 * (0.1 * 2400 + 5) = 2068.3 kg/m$$

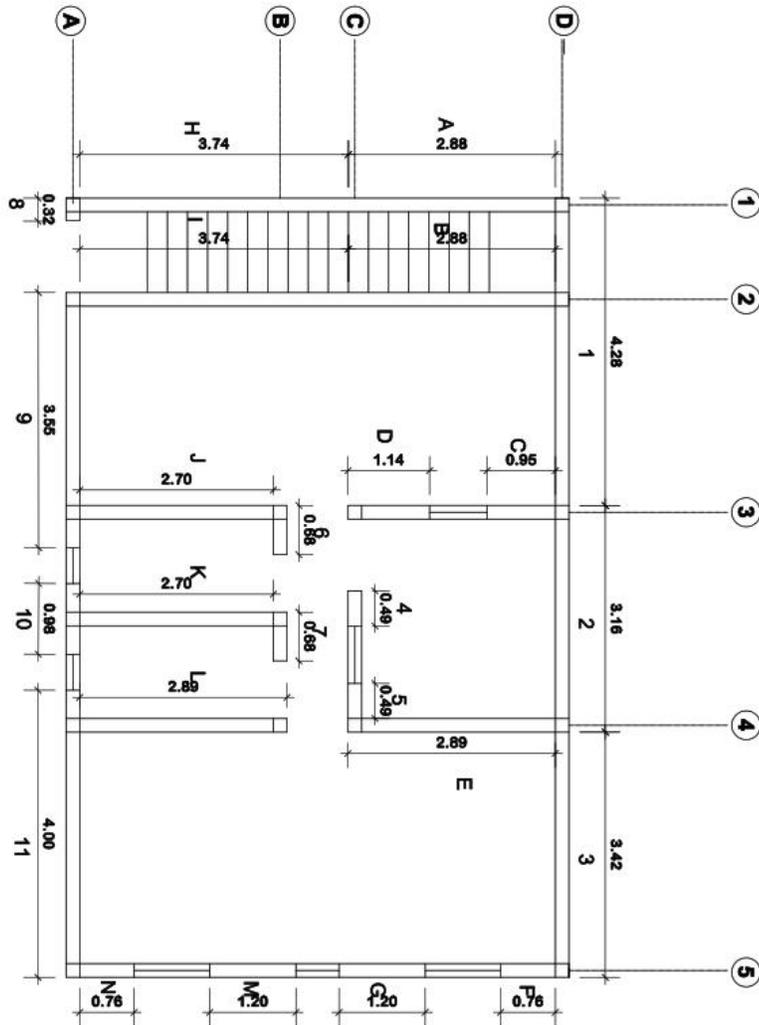
Para el cálculo de estas se utilizaron las figuras siguientes

Figura 11. Distancias de muros primer nivel



Continuación figura 11.

Distancias de muros segundo nivel



Fuente: elaboración propia, realizado con CivilCAD 2016.

En los siguientes cuadros se encuentran los resúmenes de datos calculados para el centro de masa el muro y la losa de cada nivel respectivamente:

Tabla XI. Centro de masa muros primer nivel

Muro	Longitud (m)	Peso Wi (kg)	X (m)	Y (m)	Wi*Xi (kg/m)	Wi*Yi (kg/m)
1	4.28	1861.8	2.1	7.2	3984.3	13442.2
2	3.16	1374.6	5.9	7.2	8055.2	9924.6
3	3.42	1487.7	9.2	7.2	13612.5	10741.2
4	0.49	213.2	1.8	4.1	374.1	880.3
5	0.49	213.2	3.0	4.1	649.0	880.3
6	0.49	213.2	5.7	4.1	1218.2	880.3
7	0.49	213.2	7.0	4.1	1493.1	880.3
8	2.42	1052.7	9.0	4.1	9490.1	4347.7
9	0.68	295.8	4.6	3.1	1357.7	914.0
10	0.68	295.8	6.1	3.1	1807.3	914.0
11	0.32	139.2	0.2	0.0	22.3	0.0
12	0.58	252.3	1.6	0.0	406.2	0.0
13	0.98	426.3	4.4	0.0	1867.2	0.0
14	0.98	426.3	5.9	0.0	2498.1	0.0
15	4.00	1740.0	8.9	0.0	15399.0	0.0
A	2.88	1252.8	0	5.18	0.0	6489.5
B	2.88	1252.8	1.52	5.18	1904.3	6489.5
C	0.95	413.3	4.48	5.18	1851.4	2140.6
D	1.14	495.9	7.45	5.18	3694.5	2568.8
E	2.89	1257.2	10.68	6.24	13426.4	7844.6
F	0.76	330.6	10.68	4.21	3530.8	1391.8
G	1.20	522.0	0	1.87	0.0	976.1
H	3.74	1626.9	1.52	1.87	2472.9	3042.3
I	3.74	1626.9	4.48	1.35	7288.5	2196.3
J	2.70	1174.5	5.97	1.35	7011.8	1585.6
K	2.70	1174.5	7.45	1.445	8750.0	1697.2
L	2.89	1257.2	10.68	2.41	13426.4	3029.7
M	1.20	522.0	10.68	0.38	5575.0	198.4
TOTAL		23111.6			131165.9	83455.4

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 2016.

$$CM_{murox} = \frac{\sum Wi * Xi}{\sum Wi} = \frac{131165.9}{23111.6} = 5.68 \text{ m}$$

$$CM_{muroy} = \frac{\sum Wi * Yi}{\sum Wi} = \frac{83455.4}{23111.6} = 3.61 \text{ m}$$

Tabla XII. Centro de masa de losas entrepiso

Losa	Área (m2)	Peso Wi (kg)	X (m)	Y (m)	Wi*Xi (kg/m)	Wi*Yi (kg/m)
1	8.60	2068.3	2.8	5.5	5837.8	11323.9
2	8.60	2068.3	5.8	5.5	11975.5	11323.9
3	10.20	2453.1	9.1	5.5	22225.1	13430.7
4	11.70	2813.9	2.8	2.0	7942.1	5564.4
5	3.10	745.6	4.5	3.4	3369.9	2561.0
6	4.30	1034.2	5.1	1.5	5294.8	1574.5
7	4.30	1034.2	6.6	1.5	6825.4	1574.5
8	13.60	3270.8	9.1	2.0	29633.4	6468.0
TOTAL		15488.2			93104.0	53821.0

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 2016.

$$CM_{losa x} = \frac{\sum Wi * Xi}{\sum Wi} = \frac{93104.0}{15488.2} = 6.01 \text{ m}$$

$$CM_{losa y} = \frac{\sum Wi * Yi}{\sum Wi} = \frac{53821.0}{15488.2} = 3.47$$

Tabla XIII. Centro de masa, muros segundo nivel

Muro	Longitud (m)	Peso Wi (kg)	X (m)	Y (m)	Wi*Xi (kg/m)	Wi*Yi (kg/m)
1	4.3	1861.8	2.14	7.01	3984.252	13051.22
2	3.2	1374.6	5.86	7.01	8055.156	9635.946
3	3.4	1487.7	9.15	7.01	13612.46	10428.78
4	0.5	213.2	5.715	3.94	1218.152	839.811
5	0.5	213.2	7.005	3.94	1493.116	839.811
6	0.7	295.8	4.62	2.9	1366.596	857.82
7	0.7	295.8	6.11	2.9	1807.338	857.82
8	0.3	139.2	0.16	0	22.272	0
9	3.6	1544.3	3.095	0	4779.454	0
10	1.0	426.3	5.86	0	2498.118	0
11	4.0	1740.0	8.85	0	15399	0
A	2.9	1252.8	0.00	5.18	0.00	6489.50
B	2.9	1252.8	1.52	5.18	1904.26	6489.50
C	1.0	413.3	4.48	6.34	1851.36	2617.94
D	1.1	495.9	4.48	4.50	2221.63	2231.55
E	2.9	1257.2	7.45	5.38	9365.77	6757.18
F	0.8	330.6	10.86	6.43	3590.32	2125.76
G	1.2	522.0	10.86	4.40	5668.92	2296.80
H	3.7	1626.9	0.00	5.18	0.00	8427.34
I	3.7	1626.9	1.52	5.18	2472.89	8427.34
J	2.7	1174.5	4.48	1.35	5261.76	1585.58
K	2.7	1174.5	5.97	1.35	7011.77	1585.58
L	2.9	1257.2	7.45	1.45	9365.77	1816.58
M	1.2	522.0	10.86	2.60	5668.92	1357.20
N	0.8	330.6	10.86	0.48	3590.32	157.04
TOTAL		22828.8			112209.6	88876.1

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 2016.

$$CM_{murox} = \frac{\sum Wi * Xi}{\sum Wi} = \frac{112209.6}{22828.8} = 4.92 \text{ m}$$

$$CM_{muroy} = \frac{\sum Wi * Yi}{\sum Wi} = \frac{88876.1}{22828.8} = 3.89 \text{ m}$$

Tabla XIV. Centro de masa de losas azotea

Losa	Área (m2)	Peso Wi (kg)	X (m)	Y (m)	Wi*Xi (kg/m)	Wi*Yi (kg/m)
9	3.8	913.9	0.71	5.48	644.3	5003.6
10	8.6	2068.3	2.82	5.48	5837.8	11323.9
11	8.6	2068.3	5.79	5.48	11975.5	11323.9
12	10.2	2453.1	9.06	5.48	22225.1	13430.7
13	5.2	1250.6	0.71	1.98	881.7	2473.1
14	11.7	2813.9	2.82	1.98	7942.1	5564.4
15	3.1	745.6	4.52	3.44	3369.9	2561.0
16	4.3	1034.2	5.12	1.52	5294.8	1574.5
17	4.3	1034.2	6.60	1.52	6825.4	1574.5
18	13.8	3318.9	9.06	1.98	30069.2	6563.1
TOTAL		17700.8			95065.7	61392.7

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 2016.

$$CM_{losax} = \frac{\sum Wi * Xi}{\sum Wi} = \frac{95065.7}{17700.8} = 5.37 \text{ m}$$

$$CM_{losay} = \frac{\sum Wi * Yi}{\sum Wi} = \frac{95065.7}{17700.8} = 3.47 \text{ m}$$

- Resumen de centros de masa por nivel

	Muro	Losa
Entrepiso	Cmx = 5.68 m Cmy = 3.61 m	Cmx = 6.01 m Cmy = 3.47 m
Azotea	Cmx = 4.92 m Cmy = 3.89 m	Cmx = 5.37 m Cmy = 3.47 m

- Centro de masa combinado Losa+ Muro

$$\begin{aligned} W \text{ losa entrepiso} &= \text{carga muerta entrepiso} * \text{área losa} \\ &= 363\text{kg/m}^2 * 75.95\text{m}^2 \\ &= 27,569.85 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W \text{ losa azotea} &= \text{carga muerta entrepiso} * \text{área losa} \\ &= 273\text{kg/m}^2 * 75.95\text{m}^2 \\ &= 20,734.35 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$W \text{ muro entrepiso} = 35,160.76 \text{ kg}$$

$$W \text{ muro Azotea} = 31,902.03 \text{ kg}$$

- Centro de masa del primer nivel

$$C_{mx} = \frac{(W_{entrepiso} * X_{cm \text{ losa}}) + (W_{muro \text{ primer nivel}} * X_{cm \text{ muro}})}{W_{losa} + W_{entrepiso}}$$

$$C_{mx} = \frac{(27569.85 * 6.01) + (35160.76 * 5.68)}{27569.85 + 35160.76} = 5.92$$

$$C_{my} = \frac{(W_{entrepiso} * Y_{cm \text{ losa}}) + (W_{muro \text{ primer nivel}} * Y_{cm \text{ muro}})}{W_{losa} + W_{entrepiso}}$$

$$C_{my} = \frac{(27569.85 * 3.47) + (35160.76 * 3.61)}{27569.85 + 35160.76} = 3.55$$

Centro de masa de la azotea

$$C_{mx} = \frac{(W_{azotea} * X_{cm \text{ losa}}) + (W_{muro \text{ segundo nivel}} * X_{cm \text{ muro}})}{W_{losa} + W_{azotea}}$$

$$C_{mx} = \frac{(20734.35 * 5.37) + (31902.03 * 4.92)}{20734.35 + 31902.03} = 5.1$$

$$C_{my} = \frac{(W_{azotea} * Y_{cm \text{ losa}}) + (W_{muro \text{ segundo nivel}} * Y_{cm \text{ muro}})}{W_{losa} + W_{azotea}}$$

$$C_{my} = \frac{(20734.35 * 3.47) + (31902.03 * 3.89)}{20734.35 + 31902.03} = 3.72$$

2.1.7.8. Cálculo de centro de rigidez

Es el punto central de los elementos verticales de un sistema que resiste a las fuerzas laterales. Se determina a partir de las rigideces de los muros y la distancia del centro geométrico a un punto de referencia, x o y. Para la determinación del centro de rigidez de un muro se debe tomar en cuenta si este se encuentra empotrado o tiene un grado de fijación tanto superior como inferior, la expresión simplificada para calcularlo es la siguiente:

$$R = \frac{1}{\frac{F}{E_m t} \left(1 \left[\frac{h}{d} \right]^3 + 3 \left[\frac{h}{d} \right] \right)}$$

Donde:

F = fuerza actuante en el nivel analizado.

Em = Módulo de elasticidad de la mampostería $900 f' m$.

t = Grosor del muro.

d = Largo del muro.

h = altura de muro.

Tabla XV. Cálculo de centro de rigidez, entrepiso

Muro	X (m)	Y (m)	Kx (m)	Ky (m)	Ky*X (m2)	Kx*Y (m2)
1	2.14	7.22	0.1496	0.0071	0.0152	1.0801
2	5.86	7.22	0.6105	0.0071	0.0416	4.4078
3	9.15	7.22	0.9977	0.0071	0.065	7.2034
4	1.755	4.13	0.1035	0.004	0.007	0.4275
5	3.045	4.13	0.2635	0.004	0.0122	1.0883
6	5.715	4.13	0.5931	0.004	0.0229	2.4495
7	7.005	4.13	0.7467	0.004	0.028	3.0839
8	9.015	4.13	0.982	0.004	0.0361	4.0557
9	4.59	3.09	0.4565	0.003	0.0138	1.4106
10	6.11	3.09	0.6404	0.003	0.0183	1.9788
11	0.16	0	0.0002	0	0	0
12	1.61	0	0.0872	0	0	0
13	4.38	0	0.4306	0	0	0
14	5.86	0	0.6105	0	0	0
15	8.85	0	0.9628	0	0	0
A	0	5.18	0	0.66	0	0
B	1.52	5.18	0.0012	0.66	1.0032	0.0062
C	4.48	5.18	0.0035	0.66	2.9568	0.0181
D	7.45	5.18	0.0058	0.66	4.917	0.03
E	10.68	6.24	0.0083	0.82	8.7576	0.0518
F	10.68	4.21	0.0083	0.51	5.4468	0.0349
G	0	1.87	0	0.15	0	0
H	1.52	1.87	0.0012	0.15	0.228	0.0022
I	4.48	1.35	0.0035	0.07	0.3136	0.0047
J	5.97	1.35	0.0047	0.07	0.4179	0.0063
K	7.45	1.445	0.0058	0.09	0.6705	0.0084
L	10.68	2.41	0.0083	0.23	2.4564	0.02
M	10.68	0.38	0.0083	0	0	0.0032
TOTAL			7.6937	4.7773	27.4279	27.3714

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 2016.

$$X_{cr} = \frac{27.4279}{4.7773} = 5.7413 \text{ m}$$

$$Y_{cr} = \frac{27.3714}{7.6937} = 3.5576 \text{ m}$$

Tabla XVI. Cálculo del centro de rigidez, azotea

Muro	X (m)	Y (m)	Kx (m)	Ky (m)	Ky*X (m2)	Kx*Y (m2)
1	2.14	7.01	0.1658	0.0076	0.0163	1.1623
2	5.86	7.01	0.6769	0.0076	0.0445	4.7451
3	9.15	7.01	1.1061	0.0076	0.0695	7.7538
4	5.715	3.94	0.6576	0.0043	0.0246	2.5909
5	7.005	3.94	0.8279	0.0043	0.0301	3.2619
6	4.62	2.9	0.5102	0.0031	0.0143	1.4796
7	6.11	2.9	0.71	0.0031	0.0189	2.059
8	0.16	0	0.0002	0	0	0
9	3.095	0	0.2991	0	0	0
10	5.86	0	0.6769	0	0	0
11	8.85	0	1.0675	0	0	0
A	0	5.18	0	0.73	0	0
B	1.52	5.18	0.0038	0.73	1.1096	0.0197
C	4.48	6.335	0.0218	0.92	4.1216	0.1381
D	4.48	4.5	0.0218	0.61	2.7328	0.0981
E	7.45	5.375	0.0394	0.76	5.662	0.2118
F	10.86	6.43	0.0589	0.94	10.2084	0.3787
G	10.86	4.4	0.0589	0.6	6.516	0.2592
H	0	5.18	0	0.73	0	0
I	1.52	5.18	0.0038	0.73	1.1096	0.0197
J	4.48	1.35	0.0218	0.08	0.3584	0.0294
K	5.97	1.35	0.0307	0.08	0.4776	0.0414
L	7.45	1.445	0.0394	0.1	0.745	0.0569
M	10.86	2.6	0.0589	0.29	3.1494	0.1531
N	10.86	0.475	0.0589	0.01	0.1086	0.028
TOTAL			7.1163	7.3476	36.5172	24.4867

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 2016.

$$X_{cr} = \frac{36.5172}{7.3476} = 4.9699 \text{ m}$$

$$Y_{cr} = \frac{24.4867}{7.1163} = 3.4409 \text{ m}$$

- Cálculo de excentricidad directa con respecto al centro de rigidez: se determinan mediante la comparación de las ubicaciones del centro de masa y centro de rigidez y esta es el valor absoluto de la diferencia entre estas, siendo esta la siguiente ecuación:

$$e_x = |X_{cm} - X_{cr}|$$

$$e_y = |Y_{cm} - Y_{cr}|$$

Entrepiso

$$e_{x1} = |5.92 - 5.74| = 0.18$$

$$e_{y1} = |3.55 - 3.56| = 0.01$$

Azotea

$$e_{x1} = |5.10 - 4.97| = 0.13$$

$$e_{y1} = |3.72 - 3.44| = 0.28$$

Las excentricidades anteriores deben cumplir para $x \leq 10\% * 10.85$ m y para $y \leq 10\% * 7.00$ m.

	Eje X	Eje Y
Entrepiso	$0.18 \leq 1.085$	$0.01 \leq 0.7$
Azotea	$0.13 \leq 1.085$	$0.28 \leq 0.7$

Al cumplir con las condiciones anteriores, se procede a determinar la excentricidad de diseño, según la norma AGIES 3 sección 2.3.1. Son una variación de las excentricidades directas en un 5 % del lado de la estructura, en tal sentido debemos aplicar esa sección en un +- 5 %, para este cálculo se utilizan las siguientes formulas:

$$e_x = |X_{cm} - X_{cr}| + 0.05 * (\text{Longitud sentido X})$$

$$e_y = |Y_{cm} - Y_{cr}| + 0.05 * (\text{Longitud sentido Y})$$

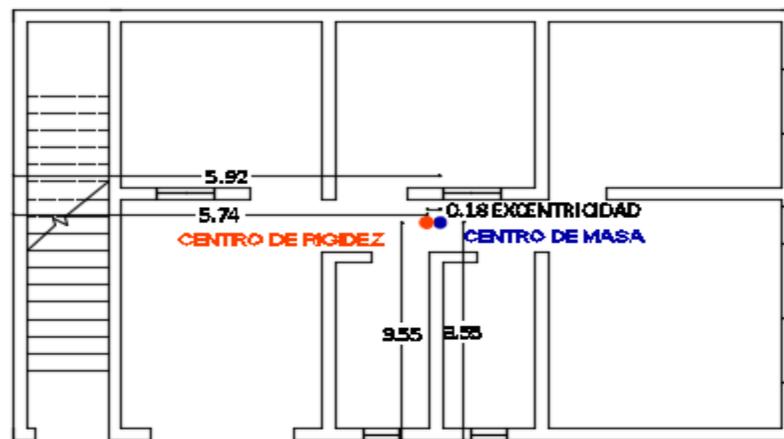
Entrepiso

$$e_{x1} = |5.92 - 5.74| + 0.05 * 10.85 = 0.72 \quad e_{y1} = |3.55 - 3.56| + 0.05 * 7 = 0.34$$

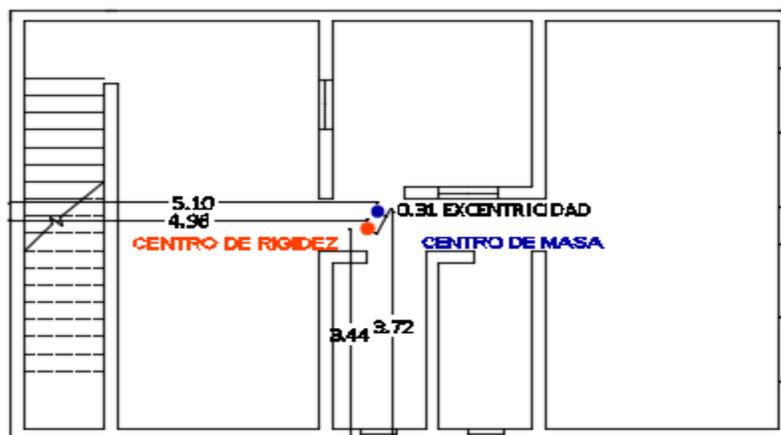
Azotea

$$e_{x1} = |5.10 - 4.97| + 0.05 * 10.85 = 0.67 \quad e_{y1} = |3.72 - 3.44| + 0.05 * 7 = 0.63$$

Figura 12. Diagrama de centros de masa y rigideces con excentricidades



ENTREPISO



AZOTEA

Fuente: elaboración propia, realizado con CivilCAD 2016.

2.1.7.9. Cargas y momentos en los muros

Las fuerzas de corte se distribuirán de acuerdo con las rigideces relativas de los muros:

$$Fv = \frac{R}{\sum R} * 2V$$

Los muros de mampostería reforzada se diseñarán para resistir dos veces la fuerza de corte que actúa sobre ellas, la cual fue determinada anteriormente.

$$2V = \text{cortante}$$

Las fuerzas de corte debidas al momento torsionante sobre el edificio se obtendrán por medio de la siguiente ecuación:

$$FT = \frac{Rd}{\sum Rd^2} * MT$$

Donde

MT = e*V siendo

e = excentricidad directa – (0.05*longitud X-X' o Y-Y')

Los momentos de volteo se distribuirán de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$M_{vi} = \frac{R}{\sum R} * Mv$$

Mv se determinó en la sección 2.1.5.4.1.

2.1.7.10. Resultados de las cargas y momentos

A continuación, se describen los resultados del análisis realizado para el entrepiso y la azote, de la siguiente manera:

Tabla XVII. Resultados de análisis en mampostería en entrepiso sentido X-X'

Muro	Rigidez	Y (m)	dY (m)	R*dY	R*dY ²	Fv (ton)	Ft (ton)	F= Fv+Ft	Mvi	Mti	M dis.
1	0.15	7.22	3.66	0.55	2.00	0.09	-0.009	0.081	0.14	-0.026	0.11
2	0.61	7.22	3.66	2.23	8.18	0.38	-0.036	0.344	0.56	-0.104	0.46
3	1.00	7.22	3.66	3.65	13.36	0.63	-0.058	0.572	0.91	-0.168	0.74
4	0.10	4.13	0.57	0.06	0.03	0.07	-0.001	0.069	0.09	-0.003	0.09
5	0.26	4.13	0.57	0.15	0.09	0.17	-0.002	0.168	0.24	-0.006	0.23
6	0.59	4.13	0.57	0.34	0.19	0.37	-0.005	0.365	0.54	-0.015	0.53
7	0.75	4.13	0.57	0.43	0.24	0.47	-0.007	0.463	0.68	-0.02	0.66
8	0.98	4.13	0.57	0.56	0.32	0.62	-0.009	0.611	0.9	-0.026	0.87
9	0.46	3.09	-0.47	-0.21	0.10	0.29	0.003	0.293	0.42	0.009	0.43
10	0.64	3.09	-0.47	-0.30	0.14	0.4	0.005	0.405	0.58	0.015	0.6
11	0.00	0	-3.56	0.00	0.00	0	0.000	0	0	0	0
12	0.09	0	-3.56	-0.31	1.11	0.05	0.005	0.055	0.08	0.015	0.1
13	0.43	0	-3.56	-1.53	5.46	0.27	0.024	0.294	0.39	0.07	0.46
14	0.61	0	-3.56	-2.17	7.74	0.38	0.035	0.415	0.56	0.102	0.66
15	0.96	0	-3.56	-3.43	12.20	0.6	0.055	0.655	0.88	0.16	1.04
Total	7.63				51.16						

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 2016.

Tabla XVIII. **Resultados de análisis en mampostería en entrepiso sentido Y-Y'**

Muro	Rigidez	X (m)	dX (m)	R*dX	R*dX ²	Fv (ton)	Ft (ton)	F= Fv+Ft	Mvi (ton-m)	Mti (ton-m)	M dis.
A	0.66	0	-5.74	-3.79	21.76	0.54	0.032	0.572	0.78	0.093	0.87
B	0.66	1.52	-4.22	-2.79	11.76	0.54	0.023	0.563	0.78	0.067	0.85
C	0.66	4.48	-1.26	-0.83	1.05	0.54	0.007	0.547	0.78	0.02	0.8
D	0.66	7.45	1.71	1.13	1.93	0.54	-0.01	0.53	0.78	-0.029	0.75
E	0.82	10.68	4.94	4.05	20	0.66	-0.034	0.626	0.96	-0.099	0.86
F	0.51	10.68	4.94	2.52	12.44	0.41	-0.021	0.389	0.6	-0.061	0.54
G	0.15	0	-5.74	-0.86	4.94	0.12	0.007	0.127	0.18	0.02	0.2
H	0.15	1.52	-4.22	-0.63	2.67	0.12	0.005	0.125	0.18	0.015	0.2
I	0.07	4.48	-1.26	-0.09	0.11	0.06	0.001	0.061	0.08	0.003	0.08
J	0.07	5.97	0.23	0.02	0	0.06	0	0.06	0.08	0	0.08
K	0.09	7.45	1.71	0.15	0.26	0.07	-0.001	0.069	0.11	-0.003	0.11
L	0.23	10.68	4.94	1.14	5.61	0.19	-0.01	0.18	0.27	-0.029	0.24
M	0.0026	10.68	4.94	0.01	0.06	0	0	0	0	0	0
Total	4.73				82.59						

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 2016.

Tabla XIX. **Resultados de análisis en mampostería en azotea sentido X-X'**

Muro	Rigidez	Y (m)	dY (m)	R*dY	R*dY ²	Fv (ton)	Ft (ton)	F= Fv+Ft	Mvi	Mti	M dis.
1	0.17	7.01	3.57	0.59	2.11	0.11	-0.002	0.108	0.16	-0.006	0.15
2	0.68	7.01	3.57	2.42	8.63	0.44	-0.007	0.433	0.63	-0.02	0.61
3	1.11	7.01	3.57	3.95	14.1	0.71	-0.012	0.698	1.03	-0.035	1
4	0.66	3.94	0.5	0.33	0.16	0.42	-0.001	0.419	0.61	-0.003	0.61
5	0.83	3.94	0.5	0.41	0.21	0.53	-0.001	0.529	0.77	-0.003	0.77
6	0.51	2.9	-0.54	-0.28	0.15	0.33	0.001	0.331	0.48	0.003	0.48
7	0.71	2.9	-0.54	-0.38	0.21	0.46	0.001	0.461	0.66	0.003	0.66
8	0.00	0	-3.44	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0.30	0	-3.44	-1.03	3.54	0.19	0.003	0.193	0.28	0.009	0.29
10	0.68	0	-3.44	-2.33	8.01	0.44	0.007	0.447	0.63	0.02	0.65
11	1.07	0	-3.44	-3.67	12.63	0.69	0.011	0.701	1	0.032	1.03
Total	6.70				49.75						

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 2016.

Tabla XX. Resultados de análisis en mampostería en azotea sentido Y-Y'

Muro	Rigidez	X (m)	dX (m)	R*Dx	R*dX^2	Fv (ton)	Ft (ton)	F= Fv+Ft	Mvi (ton-m)	Mti (ton-m)	M dis.
A	0.73	0	-4.97	-3.63	18.03	0.35	0.027	0.377	0.5	0.078	0.58
B	0.73	1.52	-3.45	-2.52	8.69	0.35	0.019	0.369	0.5	0.055	0.56
C	0.92	4.48	-0.49	-0.45	0.22	0.44	0.003	0.443	0.63	0.009	0.64
D	0.61	4.48	-0.49	-0.3	0.15	0.29	0.002	0.292	0.42	0.006	0.43
E	0.76	7.45	2.48	1.88	4.67	0.36	-0.014	0.346	0.52	-0.041	0.48
F	0.94	10.86	5.89	5.54	32.61	0.44	-0.041	0.399	0.64	-0.119	0.52
G	0.6	10.86	5.89	3.53	20.82	0.28	-0.026	0.254	0.41	-0.075	0.34
H	0.73	0	-4.97	-3.63	18.03	0.35	0.027	0.377	0.5	0.078	0.58
I	0.73	1.52	-3.45	-2.52	8.69	0.35	0.019	0.369	0.5	0.055	0.56
J	0.08	4.48	-0.49	-0.04	0.02	0.04	0	0.04	0.05	0	0.05
K	0.08	5.97	1	0.08	0.08	0.04	-0.001	0.039	0.05	-0.003	0.05
L	0.1	7.45	2.48	0.25	0.62	0.05	-0.002	0.048	0.07	-0.006	0.06
M	0.29	10.86	5.89	1.71	10.06	0.14	-0.013	0.127	0.2	-0.038	0.16
N	0.01	10.86	5.89	0.06	0.35	0	0	0	0.01	0	0.01
Total	7.31				123.04						

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 2016.

Tabla XXI. Resumen de resultados entrepiso

MURO	Fx (ton)	Mdis (ton-m)	MURO	Fy (ton)	Mdis (ton-m)
1	0.081	0.11	A	0.572	0.87
2	0.344	0.46	B	0.563	0.85
3	0.572	0.74	C	0.547	0.8
4	0.069	0.09	D	0.53	0.75
5	0.168	0.23	E	0.626	0.86
6	0.365	0.53	F	0.389	0.54
7	0.463	0.66	G	0.127	0.2
8	0.611	0.87	H	0.125	0.2
9	0.293	0.43	I	0.061	0.08
10	0.405	0.6	J	0.06	0.08
11	0	0	K	0.069	0.11
12	0.055	0.1	L	0.18	0.24
13	0.294	0.46	M	0	0
14	0.415	0.66			
15	0.655	1.04			

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 2016.

Tabla XXII. **Resumen de resultados azotea**

MURO	Fx (ton)	Mdis (ton-m)	MURO	Fy (ton)	Mdis (ton-m)
1	0.108	0.15	A	0.377	0.58
2	0.433	0.61	B	0.369	0.56
3	0.698	1	C	0.443	0.64
4	0.419	0.61	D	0.292	0.43
5	0.529	0.77	E	0.346	0.48
6	0.331	0.48	F	0.399	0.52
7	0.461	0.66	G	0.254	0.34
8	0	0	H	0.377	0.58
9	0.193	0.29	I	0.369	0.56
10	0.447	0.65	J	0.04	0.05
11	0.701	1.03	K	0.039	0.05
			L	0.048	0.06
			M	0.127	0.16
			N	0	0.01

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 2016.

2.1.7.11. Esfuerzos admisibles

Se procederá a realizar el cálculo de los esfuerzos admisibles de los muros de mampostería, para ser comparados con los esfuerzos actuantes en cada muro, para así poder realizar un diseño óptimo para el edificio.

2.1.7.12. Máximo esfuerzo axial permitido

Se define la fuerza resistente de compresión axial en un muro mediante la siguiente expresión, se supone una mala supervisión, por ello es que se usara un factor de seguridad $F_s = 2$.

$$F_a = 0.5 * 0.2 * f' m * \left[1 - \left(\frac{hp}{40tp} \right)^3 \right]$$

Se utilizaron los datos que se encuentran en la sección 2.1.5.3 “Integración de cargas”, los cuales son:

- $f'm$ = Resistencia especificada a la compresión de los levantados de mampostería. 170 kg/cm^2 .
- h_p = Altura piso a piso de una pared 290 cm.
- t_p = Espesor de pared 19 cm.

$$F_a = 0.5 * 0.2 * 170 * \left[1 - \left(\frac{290}{40 * 19} \right)^3 \right] = 16.06 \text{ kg/cm}^2$$

2.1.7.13. Esfuerzo flexionante máximo

Se define como el esfuerzo de compresión producido por la flexión, el cual no deberá exceder al valor obtenido con:

$$F_b = 0.33 * f'm$$
$$F_b = 0.5 * 0.33 * 170 = 28.05 \text{ kg/cm}^2$$

- Esfuerzo de corte

Es producido por las fuerzas laterales, no deberá de exceder al valor calculado de acuerdo con:

$$F_v = 0.30 * \sqrt{f'm}$$
$$F_v = 0.5 * 0.30 * \sqrt{170} = 1.96 \text{ kg/cm}^2$$

- Esfuerzo de tensión

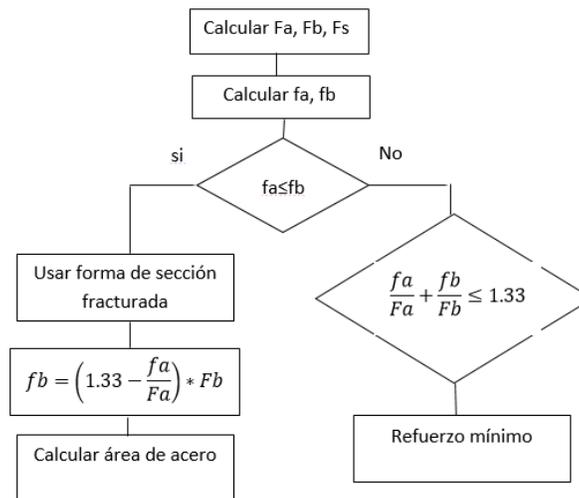
El esfuerzo de tensión en las barras de acero de refuerzo no deberá exceder al valor indicado en:

$$F_s = 0.40 * f'y$$

$$F_s = 0.40 * 2810 = 1124 \text{ kg/cm}^2$$

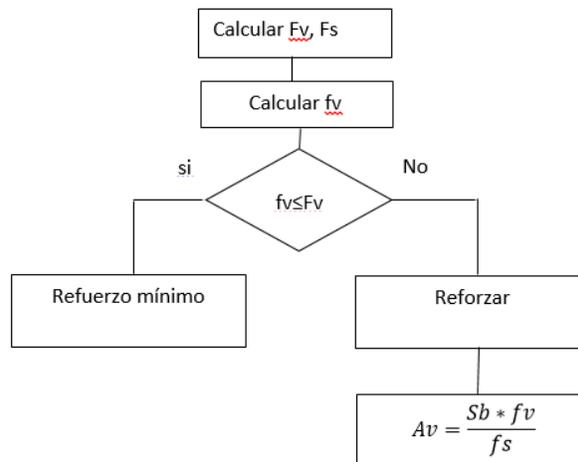
Para determinar los esfuerzos actuantes en cada muro, es necesario tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

Figura 13. **Diseño a flexo-compresión**



Fuente: Argueta Hernández, Oscar. (2009) *Estudio sobre el comportamiento de muros de mampostería como estructura de edificios.*

Figura 14. **Diseño a corte**



Fuente: Argueta Hernández, Oscar. (2009) *Estudio sobre el comportamiento de muros de mampostería como estructura de edificios.*

2.1.7.14. **Diseño de los muros críticos**

Obtenidos con anterioridad los esfuerzos admisibles para la mampostería, se procederá a realizar el cálculo de los esfuerzos actuantes, con los datos que el análisis simplista dio como resultado, para ello se utilizara como muro crítico el “8” del entrepiso.

- Diseño del muro 8 primer nivel: Realizado con un área tributaria de 4.49 m² que soportará el muro “8”, se procederá a calcular la carga última, ver figura 16.
 - Distancia de muros primer nivel:
 - Carga Muerta:

$$CM_8 = \left(\frac{317 * 4.49}{2.42} \right) + 2 * 170 * 2.90 = 1574.15 \text{ kg/m}$$

- Carga Viva:

$$CV_8 = \left(\frac{500 * 4.49}{2.42} \right) = 927.69 \text{ kg/m}$$

- Carga Última:

$$CU_8 = 1.4CM + 1.7CV = 1.4(1574.15) + 1.7(927.69) = 3780.88 \text{ kg/m}$$

- Cálculo de fuerza axial actuante:

$$f_a = \frac{W_u}{b * t} = \frac{3780.88 * 2.42}{19 * 242} = 1.99 \text{ kg/cm}^2$$

- Cálculo de corte unitario actuante:

$$f_v = \frac{F}{t * l} = \frac{611}{19 * 242} = 0.13 \text{ kg/cm}^2$$

- Cálculo de esfuerzo flexionante actuante:

$$f_b = \frac{Mc}{I} = \frac{6My}{t * L^2} = \frac{6 * 0.87 * 1000 * 100}{19 * 242^2} = 0.47 \text{ kg/cm}^2$$

- Esfuerzo admisible

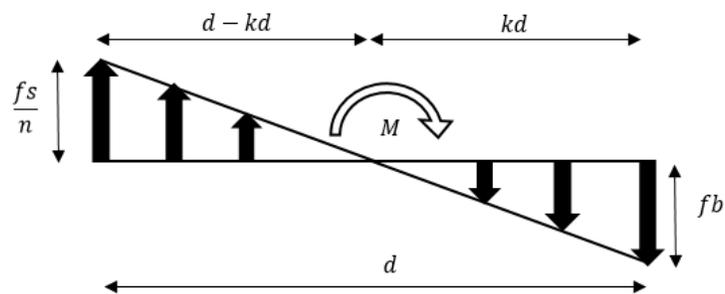
$$f_b = \left(1.33 - \frac{f_a}{Fa} \right) * fb = \left(1.33 - \frac{1.99}{16.06} \right) * 0.47 = 0.57 \text{ kg/cm}^2$$

- Relación Modular

$$n = \frac{E_s}{E_m} = \frac{2.1 \times 10^6}{900 * 170} = 13.73$$

$$\frac{f_s}{n} = \frac{1124}{13.73} = 81.86$$

Figura 15. Relación modular



Fuente: elaboración propia, realizado con CivilCAD 2016.

$$\frac{f_s/n}{d - d * k} = \frac{fb}{d * k}$$

$$\frac{81.86}{2.42 - 2.42 * k} = \frac{0.57}{2.42 * k}$$

$$k = \frac{0.57}{81.86 + 0.57} = 0.01$$

$$j = 1 - \frac{k}{3} = 1 - \frac{0.01}{3} = 1$$

- Determinación del acero mínimo:
 - Refuerzo en mochetas:

$$A_{s_{min}} = 0.0007 b * h$$

$$A_{s_{req}} = \frac{M}{j * f_s * d}$$

- Para el muro 8 se calculará el área de acero

$$A_{s_{min}} = 0.0007 * 19 * 290 = 3.86 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{req}} = \frac{0.87 * 1000 * 100}{1 * 1124 * (2.42 * 100)} = 0.32 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{req}} < A_{s_{min}}$$

Debido a que el área de acero requerida es menor que el acero mínimo, se debe colocar como refuerzo el área de acero mínimo.

A continuación, se presenta una tabla de resumen del acero requerido y de igual manera, se incluye el área de acero mínimo para cada muro estructural.

Tabla XXIII. Resumen de esfuerzos actuantes y As necesario para el primer nivel

Muro No.	Long m	Cu kg/m	fa kg/m ²	fv kg/cm ²	fb kg/cm ²	fa≤fb	Fb frac. kg/cm ²	k	j	Asmin cm ²	Asreq cm ²	Asdis cm ²
1	4.28	1960.80	1.03	0.01	0.02	no	0.03	0.00	1.00	5.69	0.02	5.69
2	3.16	2166.51	1.14	0.06	0.15	no	0.19	0.00	1.00	4.2	0.13	4.2
3	3.42	2337.51	1.23	0.09	0.2	no	0.25	0.00	1.00	4.55	0.19	4.55
4	0.49	2014.11	1.06	0.07	1.18	si	1.49	0.02	0.99	0.65	0.17	0.65
5	0.49	4522.50	2.38	0.18	3.03	si	3.58	0.04	0.99	0.65	0.42	0.65
6	0.49	3492.73	1.84	0.39	6.97	si	8.47	0.09	0.97	0.65	0.99	0.99
7	0.49	2225.33	1.17	0.5	8.68	si	10.91	0.12	0.96	0.65	1.25	1.25
8	2.42	3780.88	1.99	0.13	0.47	no	0.57	0.01	1.00	3.22	0.32	3.22
9	0.68	2008.28	1.06	0.23	2.94	si	3.72	0.04	0.99	0.9	0.57	0.9
10	0.68	2008.28	1.06	0.31	4.1	si	5.18	0.06	0.98	0.9	0.8	0.9
11	0.32	1380.40	0.73	0	0	no	0	0.00	1.00	0.43	0	0.43
12	0.58	1558.86	0.82	0.05	0.94	si	1.2	0.01	1.00	0.77	0.15	0.77
13	0.98	1578.43	0.83	0.16	1.51	si	1.93	0.02	0.99	1.3	0.42	1.3
14	0.98	1578.43	0.83	0.22	2.17	si	2.77	0.03	0.99	1.3	0.61	1.3
15	4	2221.37	1.17	0.09	0.21	no	0.26	0.00	1.00	5.32	0.23	5.32
A	2.88	1380.40	0.73	0.1	0.33	no	0.42	0.01	1.00	3.83	0.27	3.83
B	2.88	2198.01	1.16	0.1	0.32	no	0.4	0.00	1.00	3.83	0.26	3.83
C	0.95	6324.08	3.33	0.3	2.8	no	3.14	0.04	0.99	1.26	0.76	1.26
D	1.14	5500.13	2.89	0.24	1.82	no	2.09	0.02	0.99	1.52	0.59	1.52
E	2.89	1510.22	0.79	0.11	0.33	no	0.42	0.01	1.00	3.84	0.26	3.84
F	0.76	2044.32	1.08	0.27	2.95	si	3.73	0.04	0.99	1.01	0.64	1.01
G	1.2	1380.40	0.73	0.06	0.44	no	0.57	0.01	1.00	1.6	0.15	1.6
H	3.74	2508.16	1.32	0.02	0.05	no	0.06	0.00	1.00	4.97	0.05	4.97
I	3.74	2840.24	1.49	0.01	0.02	no	0.02	0.00	1.00	4.97	0.02	4.97
J	2.7	2650.24	1.39	0.01	0.03	no	0.04	0.00	1.00	3.59	0.03	3.59
K	2.7	3388.20	1.78	0.01	0.05	no	0.06	0.00	1.00	3.59	0.04	3.59
L	2.89	2069.84	1.09	0.03	0.09	no	0.11	0.00	1.00	3.84	0.07	3.84
M	1.2	1693.07	0.89	0	0	no	0	0.00	1.00	1.6	0	1.6

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 2016.

Tabla XXIV. Resumen de esfuerzos actuantes y As necesario para el segundo nivel

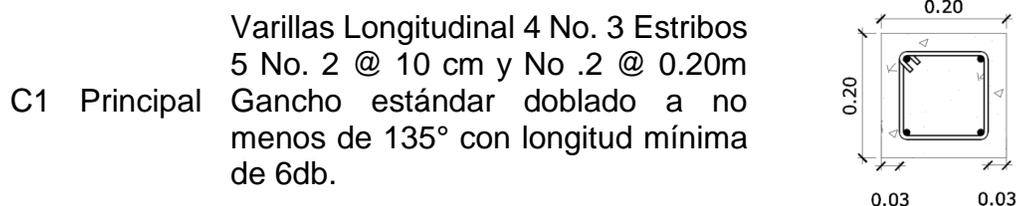
Muro	Long	Cu	fa	fv	fb	fa≤fb	fb frac.	k	j	Asmin	Asreq	Asdis
No.	m	kg/m	kg/m ²	kg/cm ²	kg/cm ²		kg/cm ²			cm ²	cm ²	cm ²
1	4.28	580.4	0.31	0.01	0.03	no	0.04	0	1.00	5.69	0.03	5.69
2	3.16	786.11	0.41	0.07	0.19	no	0.25	0	1.00	4.2	0.17	4.2
3	3.42	957.11	0.5	0.11	0.27	no	0.35	0	1.00	4.55	0.26	4.55
4	0.49	2112.33	1.11	0.45	8.02	si	10.11	0.11	0.96	0.65	1.15	1.15
5	0.49	844.93	0.44	0.57	10.13	si	13.2	0.14	0.95	0.65	1.47	1.47
6	0.68	627.88	0.33	0.26	3.28	si	4.3	0.05	0.98	0.9	0.64	0.9
7	0.68	627.88	0.33	0.36	4.51	si	5.91	0.07	0.98	0.9	0.88	0.9
8	0.32	0	0	0.00	0	si	0	0	1.00	0.43	0	0.43
9	3.55	728.9	0.38	0.03	0.07	no	0.09	0	1.00	4.72	0.07	4.72
10	0.98	198.03	0.1	0.24	2.14	si	2.83	0.03	0.99	1.3	0.6	1.3
11	4	840.97	0.44	0.09	0.2	no	0.26	0	1.00	5.32	0.23	5.32
A	2.88	682.85	0.36	0.07	0.22	no	0.29	0	1.00	3.83	0.18	3.83
B	2.88	1495.96	0.79	0.07	0.21	no	0.27	0	1.00	3.83	0.17	3.83
C	0.95	1225.7	0.65	0.25	2.24	si	2.89	0.03	0.99	1.26	0.61	1.26
D	1.14	1021.42	0.54	0.13	1.04	si	1.35	0.02	0.99	1.52	0.34	1.52
E	2.89	1625.09	0.86	0.06	0.18	no	0.23	0	1.00	3.84	0.15	3.84
F	0.76	493.69	0.26	0.28	2.84	si	3.73	0.04	0.99	1.01	0.61	1.01
G	1.2	420.49	0.22	0.11	0.75	si	0.99	0.01	1.00	1.6	0.25	1.6
H	3.74	726.46	0.38	0.05	0.13	no	0.17	0	1.00	4.97	0.14	4.97
I	3.74	1850.75	0.97	0.05	0.13	no	0.17	0	1.00	4.97	0.13	4.97
J	2.7	2022.16	1.06	0.01	0.02	no	0.03	0	1.00	3.59	0.02	3.59
K	2.7	1255.48	0.66	0.01	0.02	no	0.03	0	1.00	3.59	0.02	3.59
L	2.89	1875.79	0.99	0.01	0.02	no	0.03	0	1.00	3.84	0.02	3.84
M	1.2	1660.39	0.87	0.06	0.35	no	0.45	0.01	1.00	1.6	0.12	1.6
N	0.76	493.69	0.26	0.00	0.05	no	0.07	0	1.00	1.01	0.01	1.01

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 2016.

Para fines prácticos se diseñarán con el área de acero más grande, para que sea un mismo diseño en todas las mochetas, cubriendo el área de acero necesario para cada elemento estructural, para las mochetas es necesario utilizar las normas establecidas por AGIES, de la siguiente manera:

- En las mochetas principales se colocan mínimo 4 varillas longitudinales rodeadas por estribos.
- Solo se usarán mochetas principales en los muros que tengan como mínimo 1.20 m de longitud, en intersecciones y finalización de muros.
- Las barras de acero longitudinal serán como mínimo de un diámetro de 3/8".
- El acero de refuerzo auxiliar (estribos) será como mínimo de un diámetro de 1/4".
- Al inicio y al final (unión con soleras) de las mochetas hay que instalar 5 estribos No. 2 @ 20 cm abajo y arriba de una mocheta principal.
- Si la separación entre mochetas principales es menos de 2.0 metros se suprime la mocheta intermedia.
- En paredes de menos de dos metros de largo no se colocan mochetas intermedias.
 - A continuación, se presenta el refuerzo a utilizar en muros estructurales, así como también su distribución:
- Mocheta principal
 - Se diseñaron dos tipos de mochetas principales para cumplir el acero de diseño, las cuales se listan a continuación:

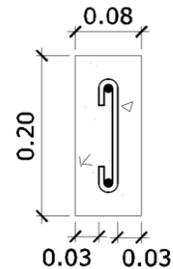
Figura 16. **Detalle de mocheta principal C1**



Fuente: elaboración propia, realizado con CivilCAD 2016.

Figura 17. **Detalle de mocheta secundaria C2**

C2 Secundaria Varillas Longitudinal 2 No. 3, Eslabones 5 No. 2 @ 10 cm y No .2 @ 0.20 m, Gancho estándar doblado a 180° con longitud mínima de 4db, pero no menor de 60 mm en el extremo libre de la barra



Fuente: elaboración propia, realizado con CivilCAD 2016.

- Diseño por corte: Se utilizará el acero de refuerzo mínimo en todas las soleras, ya que para todos los muros el esfuerzo cortante actuante es menor al esfuerzo cortante permisible ($f_v \leq F_v$). Según el AGIES NSE 7-4 cap. 5.4.3; el acero de refuerzo mínimo se da de la siguiente manera:

$$A_{s_{min}} \text{ en soleras} = 0.00075 b * h$$

$$A_{s_{min}} \text{ en soleras} = 0.0075 * 19 * 290 = 4.13 \text{ cm}^2$$

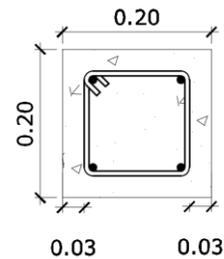
Según lo calculado anteriormente se utilizarán tres soleras principales (hidrófuga, intermedia y de remate) en cada nivel, siendo 6 soleras en total, siendo las establecidas a continuación para el diseño de un muro de confinamiento, tomando en cuenta los siguientes criterios:

- No se permitirá utilizar varillas colocadas entre la sisa de mortero como refuerzo complementario horizontal con función estructural.
- Se permitirá utilizar bloques “U” en lugar de soleras intermedias configuradas con moldes.
- Si ponemos menos refuerzo en las soleras, aumenta el refuerzo intermedio vertical, si aumentamos el refuerzo de soleras el otro refuerzo disminuye.

- Al inicio, al final (unión con mocheta) hay que instalar 5 estribos No. 2 @ 0.20 m abajo y arriba de una mocheta principal.

Figura 18. **Detalle de soleras principales**

Superior Varillas Longitudinal 4 No. 3 +
 Intermedia Estribos 5 No. 2 @ 0.05 m y No
 Hidrófuga .2 @ 0.15 m.
 Gancho estándar doblado a no
 menos de 135° con longitud
 mínima de 6db.



Fuente: elaboración propia, realizado con CivilCAD 2016.

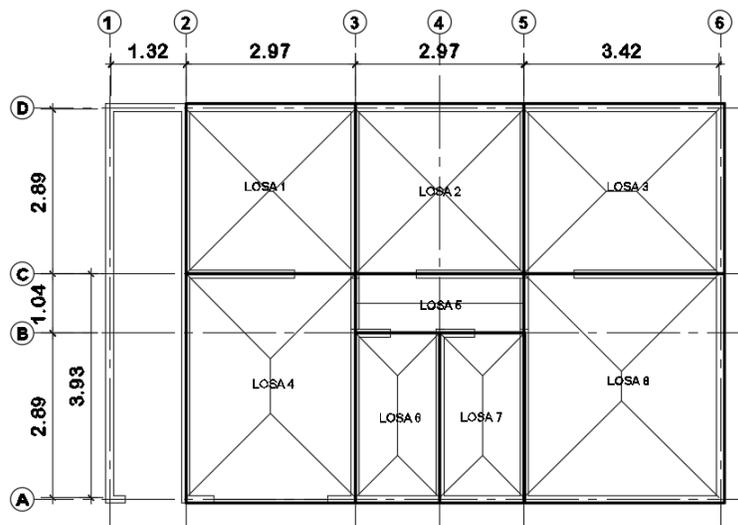
2.1.7.15. Diseño de losas

Para el diseño de losas se utilizó el método 3 del ACI318-19, que determina los momentos actuantes máximos en las losas en su sentido largo y corto. Para este caso las losas se utilizarán como entrepisos para transmitir cargas verticales o como diafragmas para transmitir cargas horizontales. Se debe tomar en cuenta que algunas losas tienen las mismas dimensiones, por lo que las áreas tributarias serán iguales, a continuación, se especifican las dimensiones de las losas:

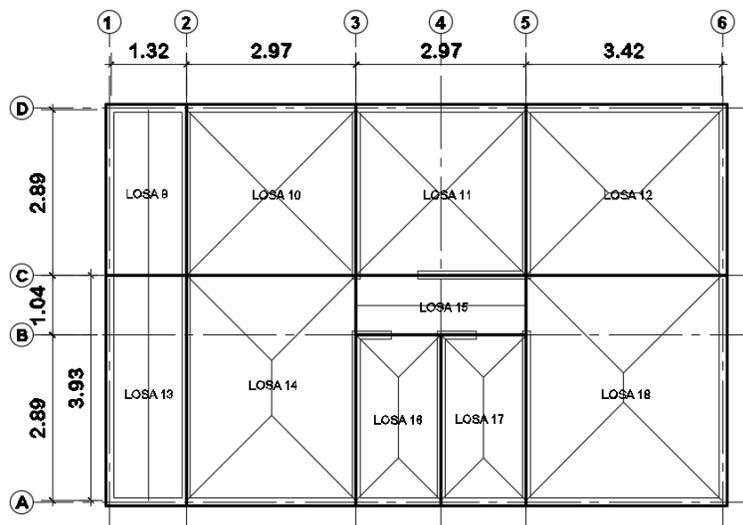
Losa	Dimensiones (m)
1, 2, 10 y 11 =	2.89 x 2.97
3 y 12 =	2.97 x 3.42
4 y 14 =	2.97 x 3.93
5 y 15 =	1.04 x 2.97
6, 7, 16, y 17 =	1.48 x 2.89
8 =	3.44 x 3.95

9 =	1.32 x 2.89
13 =	1.32 x 3.93
18 =	3.51 x 3.93

Figura 19. Losas y áreas tributarias



LOSAS ENTREPISO



LOSAS AZOTEA

Fuente: elaboración propia, realizado con CivilCAD 2016.

Realizado con las cargas vivas de la Norma AGIES NS2 Demandas Estructurales y condiciones de sitio 2018, se utilizarán para las cargas vivas:

Azoteas de concreto con acceso=	200 kg/m ²
Entrepiso=	500 kg/m ²

Las cargas muertas a utilizar son las siguientes:

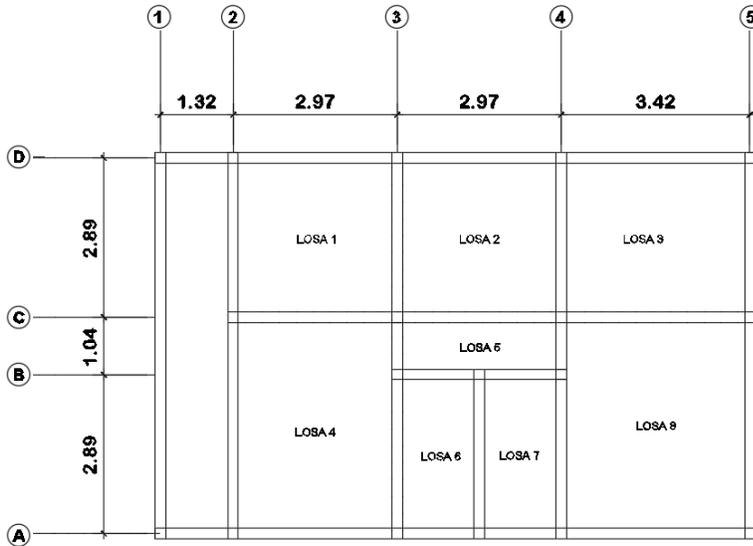
Azotea	
Losa=	0.10 m x 2400 kg/m ³ = 240 kg/m ²
Sobre carga=	5 kg/m ²
Total Carga Muerta=	245 kg/m ²
Entrepiso	
Losa=	0.10 m x 2400 kg/m ³ = 240 kg/m ²
Relleno=	0.03 m x 1400 kg/m ³ = 42 kg/m ²
Piso de granito=	30 kg/m ²
Sobre carga=	5 kg/m ²
Total Carga Muerta=	317 kg/m ²

El Reglamento estructural para edificaciones ACI 318-19 establece que la resistencia requerida U, que debe resistir la carga muerta D y la carga viva L, no debe ser menor que:

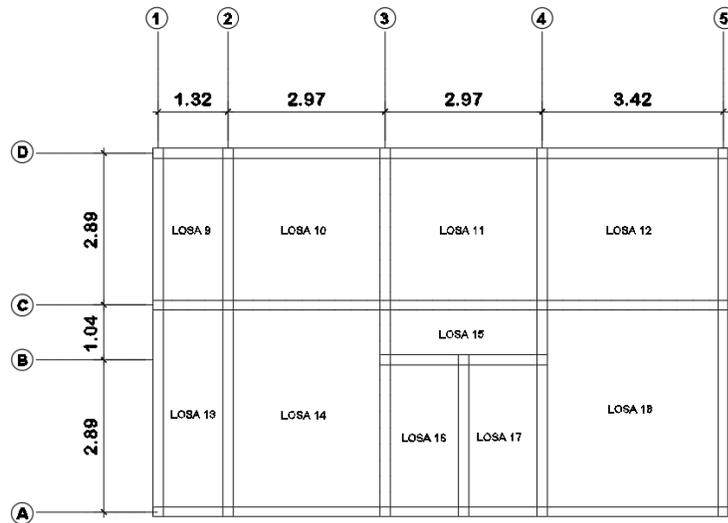
$$Cu=1.4D+1.7L$$

Azotea	
Cu=	1.4(245kg/m ²)+1.7(200kg/m ²) = 683 kg/m ²
Entrepiso	
Cu=	1.4(317kg/m ²)+1.7(500kg/m ²) = 1293.8 kg/m ²

Figura 20. Losas de la estructura por nivel



Primer nivel



Segundo nivel

Fuente: elaboración propia, realizado con CivilCAD 2016.

Se tomará como ejemplo la losa 8, como se muestra en la figura anterior, para la determinación su comportamiento, las losas 1, 2, 3, 4, 6, 7, 10, 11, 12, 14, 16, 17 y 18 poseen el mismo comportamiento por lo tanto será igual su diseño. Para calcular los momentos actuantes en cada una, es importante seguir una serie de pasos y procedimientos como se describen a continuación:

- Dirección de la losa:

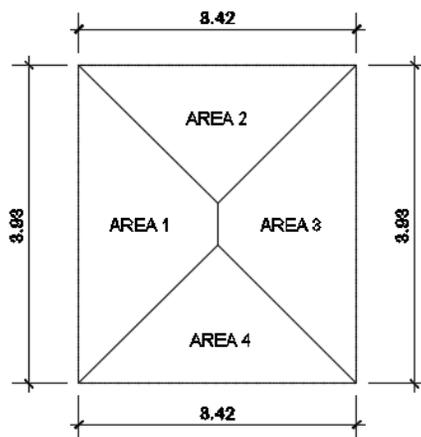
$$m = \frac{3.42}{3.93} = 0.87 \geq 0.5 \text{ dos sentidos}$$

- Espesor de la losa:

$$t = \frac{(2 \times 3.42) + (2 \times 3.93)}{180} = 0.082 \text{ m}$$

Se utilizará un espesor de 0.10 m por ser un valor de multiplicidad 5 entendible para los trabajadores en la obra.

Figura 21. **Áreas tributarias en losa 8**



Fuente: elaboración propia, realizado con CivilCAD 2016.

- Cortante actuante sentido corto

$$V_{ac1} = \frac{(W)x(Area2 = Area4)}{Lado\ corto} = \frac{(1293.8\ kg/m^2)x(2.92\ m)}{3.42\ m} = 1104.65\ kg/m$$

- Cortante actuante sentido largo:

$$V_{ac1} = \frac{(W)x(Area1 = Area3)}{Lado\ largo} = \frac{(1293.8\ kg/m^2)x(3.79m)}{3.93m} = 1247.71kg/m$$

- Cortante del concreto:

$$V_{co} = 0.53(\phi)(\sqrt{f'c})(b)(d) = 0.53(0.85)(\sqrt{210kg/cm^2})(100)(7.5) \\ = 4896.27kg/m$$

Donde

$$f'c = 210\ kg/cm^2.$$

$$b = 100\ cm.$$

$$d = 10\ cm - 2.5\ cm = 7.5\ cm.$$

$V_{co} > V_{actuante}$ en ambos sentidos, de esta forma se demuestra que el corte que resiste la losa está muy por encima que el corte actuante.

2.1.7.16. Cálculo de momentos

Para determinar los momentos que actúan en las losas, se utilizará el método de los coeficientes de ACI, estos coeficientes también se obtienen de las tablas 12,3 a 12,5 de (NILSON, Arthur H. Nilson). *Diseño de estructuras de concreto*. (p. 378).

- Momentos positivos

$$Ma(+) = (Ca+ \times CVu \times a^2) + (Ca+ \times CMu \times a^2)$$

$$Mb(+) = (Cb+ \times CVu \times b^2) + (Cb+ \times CMu \times b^2)$$

- Momentos negativos

$$Ma(-) = (Ca- \times CuT \times a^2)$$

$$Mb(-) = (Cb- \times CuT \times b^2)$$

Donde:

M = Momento Actuante.

C = Coeficiente de tablas de Arthur H. Nilson (anexos).

CVu, CMu = Carga viva y muerta última.

$$CMu = 443.8 \text{ kg / m}^2$$

$$CVu = 850 \text{ kg / m}^2$$

$$CuT = 1293.80 \text{ kg / m}^2$$

$$a = 3.44 \text{ m}$$

$$b = 3.95 \text{ m}$$

$$a/b = 0.871$$

- Para la losa 8 se usará el caso numero 4

- Momentos negativos

$$Ma(-) = (0.063 \times 1293.80 \times 3.44^2) = 972 \text{ kg-m}$$

$$Mb(-) = (0.037 \times 1293.98 \times 3.95^2) = 737 \text{ kg-m}$$

- Momentos positivos

$$Ma(+) = (0.041 \times 850 \times 3.44^2) + (0.027 \times 443.8 \times 3.44^2) = 555 \text{ kg-m}$$

$$Mb(+) = (0.024 \times 850 \times 3.96^2) + (0.020 \times 443.8 \times 3.95^2) = 462 \text{ kg-m}$$

Tabla XXV. **Momentos actuantes en losa**

LOSA	LADO		Dirección de losa	Relación a/b	M(-) [kg-m]		M(+) [kg-m]	
	a	b			a	b	a	b
1	2.89	2.97	2	0.97	386	665	288	299
2	2.89	2.97	2	0.97	386	665	288	299
3	2.97	3.42	2	0.87	728	548	448	344
4	2.97	3.93	2	0.76	782	451	443	252
5	1.04	2.97	1	0.35	117		100	
6	1.48	2.89	1	0.51	236		202	
7	1.48	2.89	1	0.51	236		202	
8	3.44	3.95	2	0.87	972	737	555	462
9	1.32	2.89	1	0.46	99		85	
10	2.89	2.97	2	0.97	204	351	144	151
11	2.89	2.97	2	0.97	204	351	144	151
12	2.97	3.42	2	0.87	384	289	230	177
13	1.32	3.93	1	0.34	99		85	
14	2.97	3.93	2	0.76	413	238	218	124
15	1.04	2.97	1	0.35	62		53	
16	1.48	2.89	1	0.51	126		108	
17	1.48	2.89	1	0.51	126		108	
18	3.51	3.93	2	0.89	512	413	299	249

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 2016.

- **Balanceo de momentos**

Quando dos losas tienen un lado en común, poseen momentos diferentes, se debe balancear estos momentos antes de proceder a calcular los refuerzos, de acuerdo con lo siguiente:

- Si $0.8 \cdot M_{\text{mayor}} < M_{\text{menor}}$; entonces M al $M_{\text{mayor}} M_{\text{menor}} / 2$
- Si $0.8 \cdot M_{\text{mayor}} > M_{\text{menor}}$; entonces M_{bal} = proporcional a su rigidez o Balance por rigideces.

$$K1 = \frac{1}{L1} \quad K2 = \frac{1}{L2}$$

$$D1 = \frac{K1}{K1 + K2} \quad D2 = \frac{K2}{K1 + K2}$$

$$Mbal 1 = Mmayor - (D1 * (Mmayor - Mmenor))$$

$$Mbal 2 = Mmenor + (D2 * (Mmayor - Mmenor))$$

Se realizará el balance de momentos realizado con como ejemplo la losa 2 y 3, del plano de momentos actuantes en losas.

$$K1 = \frac{1}{3.42} = 0.29 \quad K2 = \frac{1}{2.97} = 0.34$$

$$D1 = \frac{3.42}{3.42 + 2.97} = 0.46 \quad D2 = \frac{2.97}{3.42 + 2.97} = 0.54$$

$$Mbal 1 = 728 - (0.46 * (728 - 386)) = 569 \text{ kg} - m$$

$$Mbal 2 = 386 + (0.54 * (728 - 386)) = 569 \text{ kg} - m$$

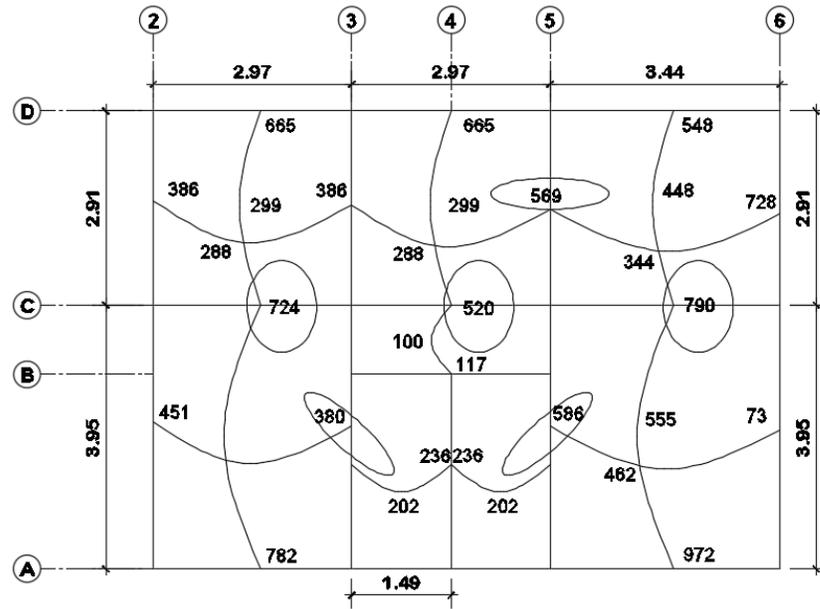
En la siguiente tabla se encuentran los momentos actuantes con su respectivo balance, para el entrepiso y la azotea.

Tabla XXVI. **Balance de momentos en losa**

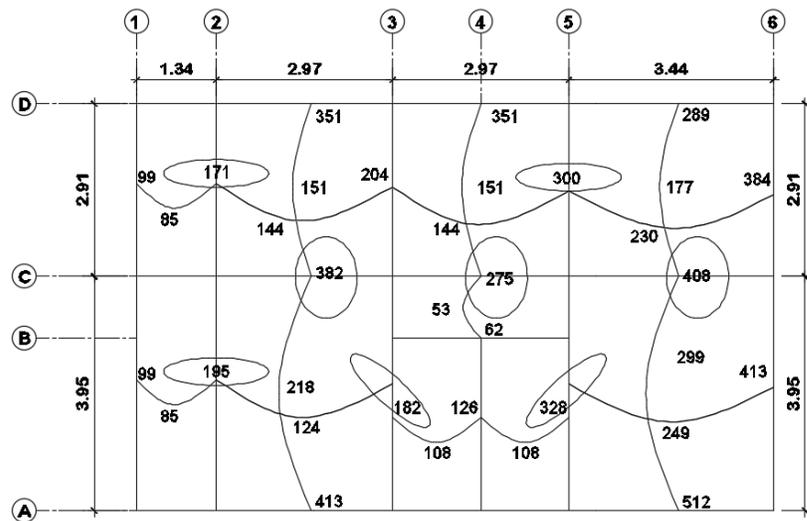
LOSA	LADO		Dirección de losa	Relación a/b	M(-) [kg-m]		M(+) [kg-m]	
	a	b			a	b	a	b
1	2.89	2.97	2	0.97	386	724	288	299
2	2.89	2.97	2	0.97	569	520	288	299
3	2.97	3.42	2	0.87	569	790	448	344
4	2.97	3.93	2	0.76	724	380	443	252
5	1.04	2.97	1	0.35	520		100	
6	1.48	2.89	1	0.51	380		202	
7	1.48	2.89	1	0.51	586		202	
8	3.44	3.95	2	0.87	790	586	555	462
9	1.32	2.89	1	0.46	171		85	
10	2.89	2.97	2	0.97	171	382	144	151
11	2.89	2.97	2	0.97	300	275	144	151
12	2.97	3.42	2	0.87	300	408	230	177
13	1.32	3.93	1	0.34	195		85	
14	2.97	3.93	2	0.76	382	195	218	124
15	1.04	2.97	1	0.35	275	182	53	
16	1.48	2.89	1	0.51	182		108	
17	1.48	2.89	1	0.51	328		108	
18	3.51	3.93	2	0.89	408	328	299	249

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 2016.

Figura 22. Diagrama de momentos balanceados en las losas.



ENTREPISO



AZOTEA

Fuente: elaboración propia, realizado con CivilCAD 2016.

2.1.7.17. Armado de losa

El diseño de armado de losa se considera como el diseño de viga, pero con un ancho unitario de 1 metro, el recubrimiento será de 2.5 centímetros, el espesor de 10 centímetros, según el pre-dimensionamiento.

Es necesario conocer la cuantía de acero para resistir los momentos actuantes en las losas, y debido a que ya se tienen los momentos balanceados de las losas se utiliza el momento máximo que afecta la losa para cuantificar el acero necesario, para ello se debe calcular el acero mínimo y el momento máximo que soporta el mismo, si el momento encontrando con el acero mínimo es mayor al momento más crítico de todas las losas, se diseña con el acero mínimo, de lo contrario, es necesario encontrar el acero requerido para el momento más crítico.

- Cálculo del peralte efectivo
 $d = t - \text{recubrimiento.}$
 $d = 10 - 2.5 = 7.5 \text{ cm.}$
- Cálculo de acero mínimo: El área de acero mínimo se usa como el 40% del área de acero de una viga indicado en el código ACI 318-19 en la sección 9.6 límites de refuerzo mínimo para flexión en vigas no preesforzadas.

$$A_{s_{min}} = 0.4 \frac{14}{f_y} bd$$

Donde:

F_y = Limite de fluencia del acero.

b = base (franja unitaria).

d = Peralte efectivo de la losa.

$$A_{s_{min}} = 0.4 * \frac{14}{2810} * 100 * 7.5 = 1.49 \text{ cm}^2$$

Realizado con el espaciamiento máximo establecido en el código ACI 318-19 en la sección 8.7.2.2 no debe ser mayor que:

$$S_{max} = 3t$$

Donde:

t = peralte de la losa.

∅ = diámetro de la barra de acero a utilizar.

$$S_{max} = 3(10) = 30 \text{ cm}$$

Cálculo del espaciamiento de refuerzo considerando el refuerzo con varillas de acero Núm. 3:

$$\begin{aligned} 1.49 \text{ cm}^2 & \dots\dots\dots 100 \text{ cm} \\ 0.71 \text{ cm}^2 & \dots\dots\dots S \text{ cm} \\ S & = 47.65 \approx 47 \text{ cm} \end{aligned}$$

Ya que S > Smax, se procede a calcular nuevamente el área de acero a utilizar:

$$\begin{aligned} A_{S_{nuevo}} \text{ cm}^2 & \dots\dots\dots 100 \text{ cm} \\ 0.71 \text{ cm}^2 & \dots\dots\dots 30 \text{ cm} \\ A_{S_{nuevo}} & = 2.37 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Momento ultimo debido al acero mínimo:

$$\begin{aligned} M_u & = \phi \left[A_s \times f_y \left(d - \frac{A_s \times f_y}{1.7 f'_c \times b} \right) \right] \\ M_u & = 0.9 \left[2.37 \times 2810 \left(7.5 - \frac{2.37 \times 2810}{1.7(210) \times (100)} \right) \right] \\ M_u & = (43834.87 \text{ kg} - \text{cm}) * \frac{1\text{m}}{100\text{cm}} = 438.35 \text{ kg} - \text{m} \end{aligned}$$

El momento máximo que afecta la losa de entrepiso se encuentra en la losa 8 con un momento de 972 kilogramos metro, es mayor que el momento del acero mínimo, por lo tanto, se procede a calcular el área de acero requerida para dicho momento:

$$\begin{aligned}
 &2.37 \text{ cm}^2 \dots\dots\dots 438 \text{ kg-m} \\
 A_{\text{ultimo}} \text{ cm}^2 \dots\dots\dots 972 \text{ kg-m} \\
 &A_{\text{ultimo}} = 5.26 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Se procede a calcular por última vez el espaciamiento para poder utilizar barras de acero número 4:

$$\begin{aligned}
 &5.26 \text{ cm}^2 \dots\dots\dots 100 \text{ cm} \\
 &1.29 \text{ cm}^2 \dots\dots\dots S_{\text{ultimo}} \text{ cm} \\
 &S_{\text{ultimo}} = 24.52 \approx 20 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

- Acero por temperatura: Para determinar el acero por temperatura es necesario definir la cuantía mínima de refuerzo según la tabla 24.4.3.2 del código ACI 318-19, ya que el f_y a utilizar es menor que 4210 kg-cm se utilizara la cuantía de 0.0020 de la siguiente manera:

$$\begin{aligned}
 A_{\text{temperatura}} &= \rho \times b \times d \\
 A_{\text{temperatura}} &= 0.0020 \times 100 \times 7.5 = 1.50 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Determinando el espaciamiento requerido para el área de acero obtenido

$$\begin{aligned}
 &1.50 \text{ cm}^2 \dots\dots\dots 100 \text{ cm} \\
 &0.71 \text{ cm}^2 \dots\dots\dots S_{\text{ultimo}} \text{ cm} \\
 &S_{\text{ultimo}} = 47.33 \approx 45 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

A continuación, se presentan el armado para la losa de entrepiso y azotea

Tabla XXVII. **Armado de Losa**

Nivel	Sentido	espesor	Armado
Entrepiso	Dos	0.10	4@20cm y por temperatura 3@45cm
Azotea	Dos	0.10	3@25cm y por temperatura 3@45cm

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 2016.

El detalle del armado de la losa se puede encontrar en el plano de “Detalle de losa y gradas”, en la sección de anexos.

2.1.7.18. Diseño de vigas

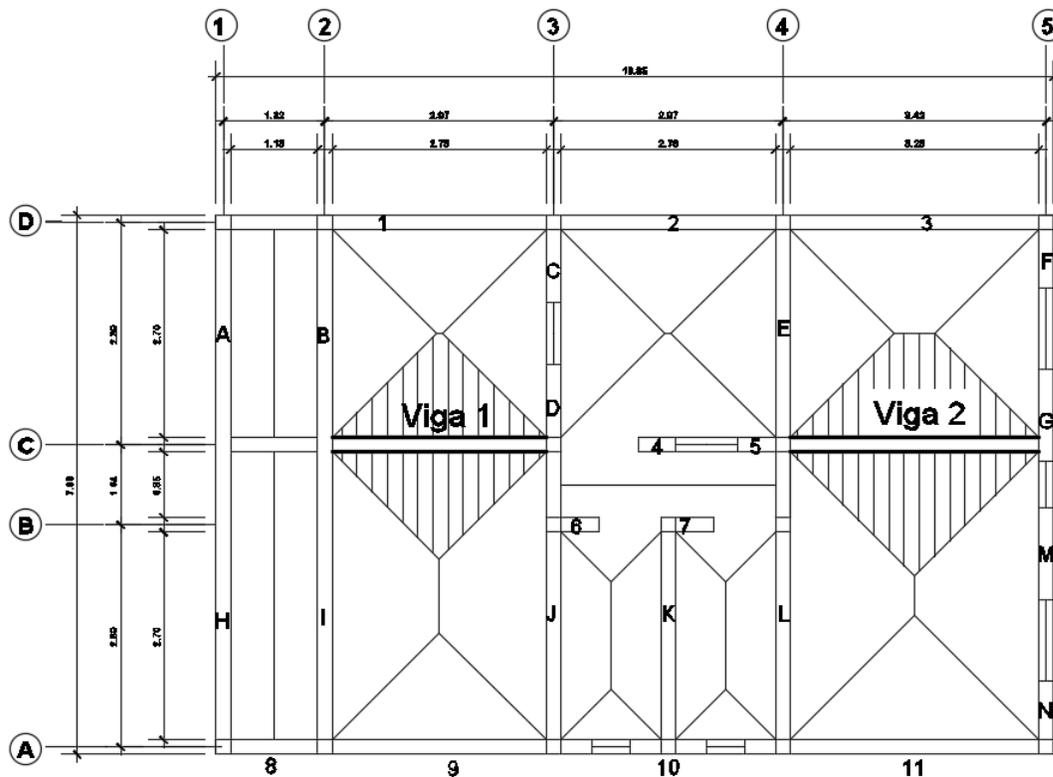
Las vigas son elementos estructurales sometidos a esfuerzos de compresión, tensión y corte. Los datos necesarios para su diseño son las cargas actuantes, los momentos últimos y cortes actuantes, los que se deben de calcular en base a los parámetros establecidos en el ACI 318-19.

Para el confinamiento de las vigas, se deben de seguir ciertos parámetros establecidos en el ACI 318-19 los cuales son:

- El primer estribo cerrado no debe estar a más de 5 centímetros de la cara del elemento de apoyo.
- El espaciamiento entre estribos de confinamiento no debe exceder:
 - $d/4$.
 - Ocho veces el diámetro de la barra longitudinal confinada más pequeña.
 - 24 veces el diámetro de las barras del estribo cerrado.
 - 30 centímetros.

Para este proyecto es necesario contar con vigas intermedias situadas en la azotea, ya que permiten reducir el peralte de las mismas y a su vez dividir los momentos de la losa, en la siguiente figura se muestra la ubicación de estas.

Figura 23. Vigas en segundo nivel



Fuente: elaboración propia, realizado con CivilCAD 2016.

Se tomará como ejemplo la viga número dos:

- Datos:
 - Área tributaria de la viga = 5.13 m²
 - Recubrimiento: 0.04 m
 - Dimensiones de la viga: 0.20 m x 0.30 m

- Carga muerta: C losa + C viga + C sobrecarga
 C muerta: $(0.10 \text{ m} * 2,400 \text{ kg/m}^2) + (0,20 \text{ m} * 0,30 \text{ m}) * (2\ 400 \text{ kg/m}^3) + 30 \text{ kg/m}$
 C muerta: 414 k/m²
 Carga Viva: $(200\text{kg/m}*(5.13)) / 3.23$
 Carga Viva: 317.65 k/m²
 Carga ultima = Cu = $1.4*(414) + 1.7*(317.65) = 1119.61 \text{ k/m}^2$

Tabla XXVIII. Resumen de cargas ultimas por viga

Vigas 2do nivel	Área tributaria	CM (kg/m)	CV (kg/m)	CU (kg/m)
1	3.85	437	740.38	1870.45
2	5.13	437	300	1121.8

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 2016.

- Cálculo de momentos actuantes en vigas

Es importante que las vigas soporten los efectos máximos producidos por las cargas mayoradas determinadas anteriormente. Según el ACI 318-19 en la sección 6.5.2, como alternativa al análisis estructural, se permite utilizar en el diseño de vigas, los siguientes momentos según el tipo de comportamiento de las vigas en este proyecto:

$$M(+)=\frac{W * L^2}{24} \quad M(-)=\frac{W * L^2}{14}$$

Donde:

W = carga (kg/m).

L = longitud de la viga (m).

Se procede a calcular los momentos de las vigas

$$M(+)=\frac{1870.45 * 3.23^2}{24}=486.7 \text{ Kg} - m$$

$$M(+)=\frac{1870.45 * 3.23^2}{14}=834.34 \text{ Kg} - m$$

Tabla XXIX. **Resumen de momentos por viga**

Viga No	CU (kg/m)	L (m)	M(+) Kg-m	M(-) Kg-m
1	1050.47	2.78	338.27	579.89
2	1119.61	3.23	486.7	834.34

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 2016.

- Acero mínimo

El código ACI 318-19 en la sección 9.6.1.2 refuerzo mínimo en elementos a flexión, establece que no debe ser menor a lo siguiente:

$$As_{min} = \frac{0.80\sqrt{f'c}}{f'y} * b * d \quad As_{min} = \frac{14}{f'y} * b * d$$

Donde:

$f'c$ = resistencia a compresión del concreto (kg/cm^2).

$f'y$ = fluencia del acero (kg/cm^2).

b = base (cm).

d = altura de la viga menos recubrimiento (cm).

$$As_{min} = \frac{0.80\sqrt{210}}{2810} * 20 * 27.5 = 2.27\text{cm}^2$$

$$As_{min} = \frac{14}{2810} * 20 * 27.5 = 2.74\text{cm}^2$$

Se utilizará el mayor de estos dos, el cual es 2.74cm².

- Acero máximo

$$As_{max} = 0.5 * \rho * b * d$$

$$\rho = \frac{0.85 * \beta * f'c}{fy} * \left(\frac{6120}{6120 + fy} \right)$$

$$\rho = \frac{0.85 * 0.85 * 210}{2810} * \left(\frac{6120}{6120 + 2810} \right) = 0.037$$

$$As_{max} = 0.5 * 0.037 * 20 * 27.5 = 10.18 \text{ cm}^2$$

- Acero requerido longitudinal

Con los momentos actuantes en la viga se procede a calcular el área de acero longitudinal requerida para cada momento (M(+) y M(-)).

$$As_{req} = 0.85 * \left(\frac{f'c}{fy} \right) * \left(b * d - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{Mu * b}{0.003825 * f'c}} \right)$$

Momento Negativo M(-) kg-m

$$As_{req} = 0.85 * \left(\frac{210}{2810} \right) * \left((20 * 27.5) - \sqrt{(20 * 27.5)^2 - \frac{834.34 * 20}{0.003825 * 210}} \right)$$

$$As_{req} = 1.22 \text{ cm}^2$$

Momento Positivo M(+) kg-m

$$As_{req} = 0.85 * \left(\frac{210}{2810} \right) * \left((20 * 37.5) - \sqrt{(20 * 27.5)^2 - \frac{486.7 * 20}{0.003825 * 210}} \right)$$

$$As_{req} = 0.71 \text{ cm}^2$$

Tabla XXX. **Área de acero a utilizar**

Viga	M(+) (Kg-m)	M(-) (Kg-m)	Asmax (cm2)	Asmin1 (cm2)	Asmin2 (cm2)	Asmin a utilizar (cm2)	As max (cm2)	As req para M(-) (cm2)	As req para M(+) (cm2)
1	338.27	579.89	13.88	2.27	2.74	2.74	10.18	0.84	0.49
2	486.7	834.34	13.88	2.27	2.74	2.74	10.18	1.22	0.71

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 2016.

Se utilizará el área de acero mínima, ya que esta es mayor que el área de acero requerida, para ello se utilizaran:

- Refuerzo para cama superior:
As requerido: 2.74 cm²
As requerido: 4 No. 3 = (4 x 0.71) = 2.84 cm²
- Refuerzo para cama inferior:
As requerido: 2.74 cm²
As requerido: 4 No. 3 = (4 x 0.71) = 2.84 cm²
El armado final para todas las vigas es de:

- V-1
- Viga 1 Cama superior: 2 varillas No. 3 corridas + 2 bastón No. 3
 - Viga 2 Cama inferior: 2 Varillas No. 3 corridas + 2 tensión No. 3

Según el código ACI 318-19, para refuerzo transversal se deben de seguir los siguientes lineamientos de las siguientes secciones:

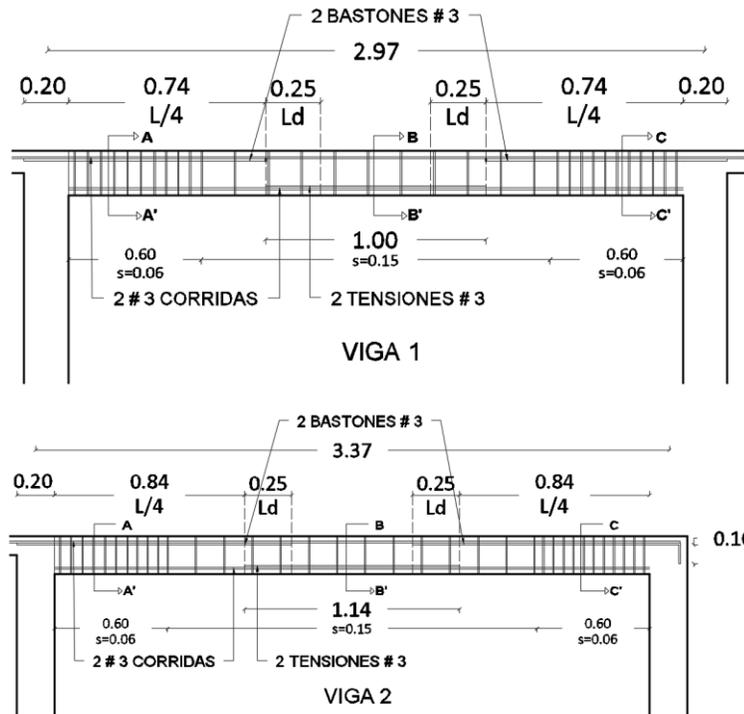
18.6.4.2: donde se requieran estribos cerrados de confinamiento, las barras de refuerzo longitudinales principales más cercanas a las caras de tracción y compresión deben tener soporte lateral de acuerdo con 25.7.2.3 y 25.7.2.4. El espaciamiento de las barras de flexión soportadas transversalmente

no debe exceder 14 plg. No se requiere soportar lateralmente el refuerzo superficial requerido por 9.7.2.3.

Sección 25.7.2.2: el diámetro de la barra del estribo debe ser al menos (a) o (b):

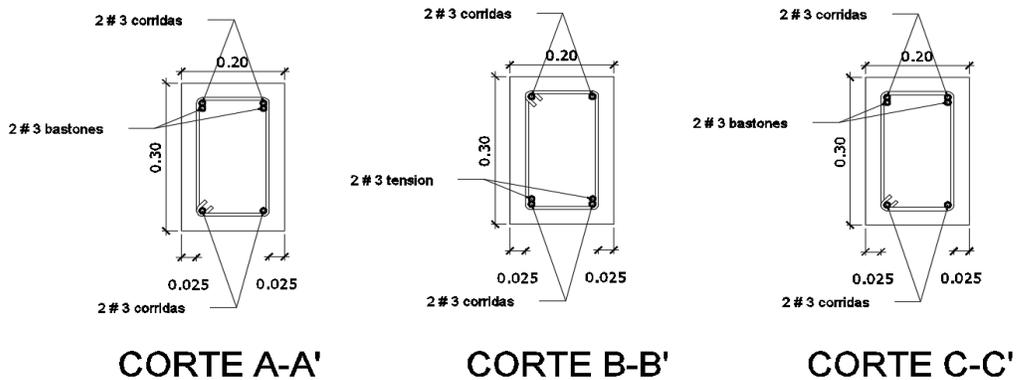
- Barras N.º 3 encerrando barras longitudinales N.º 10 o menores.
- Barras N.º 4 encerrando barras longitudinales. N.º 11 o mayores o paquetes de barras longitudinales.
- El primer estribo cerrado de confinamiento debe estar situado a no más de 2 plg. de la cara de la columna de apoyo. El espaciamiento de los estribos cerrados de confinamiento no debe exceder el menor de (a) hasta (c):
 - $d/4$.
 - Seis veces el diámetro de las barras principales a flexión más pequeñas.
 - 6 plg.

Figura 24. Armado de vigas



Fuente: elaboración propia, realizado con CivilCAD 2016.

Figura 25. Elevación de las vigas



Fuente: elaboración propia, realizado con CivilCAD 2016.

2.1.7.19. Diseño modulo de gradas

La comodidad y seguridad de una escalera depende de la relación de pendiente o relación de dimensiones de los peldaños, es decir, la relación de huella y contrahuella. Para ello se utilizarán los siguientes datos:

C = contrahuella = 0.17 m

H = huella = 0.28 m

- Chequeos
 - C ≤ 20 cm
 - H > C
 - 2 C + H ≤ 64 cm (valor cercano)
 - C + H = 45 a 48 cm
 - C * H = 480 a 500 cm²

Ya que este cumple con todos los chequeos se procede a calcular el área de acero necesario para cubrir las cargas actuantes.

- Espesor de losa:
Realizado con los parámetros para losas en una dirección, tomándola como simplemente apoyadas.

$$t = \frac{l}{20} = \frac{5.04}{20} = 0.25 \text{ m}$$

- Integración de cargas:

- Carga Muerta:

$$W_e = Y * \left(t + \frac{c}{2} \right)$$

$$We = 2400 * \left(0.25 + \frac{0.17}{2}\right) = 804 \text{ kg/m}^2$$

$$CM = We + Acabado$$

$$CM = 804 + 90 = 894 \text{ kg/m}^2$$

- Carga Viva: Es la carga viva de gradas estipulada en AGIES, esta es de 500 kg/m2.

- Carga Última

$$Cu = 1.4CM + 1.7CV = 1.4(894) + 1.7(500) = 2101.6 \text{ kg/m}^2$$

- Cálculo de los momentos actuantes: Para ello se considera el diseño de una losa unidireccional apoyada en los muros. Siendo así los momentos como se indican a continuación:

$$M(+) = \frac{w * L^2}{9} = \frac{894 * 5.87^2}{9} = 3422.72$$

$$M(-) = \frac{w * L^2}{14} = \frac{894 * 5.87^2}{14} = 2200.32$$

- Cálculo de acero: Realizado con los siguientes datos se calculará el refuerzo mínimo y el requerido según el código ACI 318-14.

- Acero mínimo

$$Asmin = \frac{0.80\sqrt{f'c}}{f'y} * b * d \quad Asmin = \frac{14}{f'y} * b * d$$

$$Asmin = \frac{0.80\sqrt{210}}{2810} * 20 * 37.5 = 3.09 \text{ cm}^2$$

$$Asmin = \frac{14}{2810} * 20 * 37.5 = 3.74 \text{ cm}^2$$

Ya que $3.74 > 3.09$ se utilizará el A_{smin} de 3.74 cm^2

- Acero requerido

$$A_{s req} = 0.85 * \left(\frac{f'c}{f_y} \right) * \left(b * d - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{M_u * b}{0.003825 * f'c}} \right)$$

- Momento negativo (-)

$$A_{s req} = 0.85 * \left(\frac{210}{2810} \right) * \left((100 * 7.5) - \sqrt{(100 * 7.5)^2 - \frac{2200.32 * 100}{0.003825 * 210}} \right)$$

$$A_{s req} = 13.52 \text{ cm}^2$$

- Momento positivo (+)

$$A_{s req} = 0.85 * \left(\frac{210}{2810} \right) * \left((100 * 7.5) - \sqrt{(100 * 7.5)^2 - \frac{3422.72 * 100}{0.003825 * 210}} \right)$$

$$A_{s req} = 24.18 \text{ cm}^2$$

Determinando el espaciamiento requerido para el área de acero obtenido se propondrán varillas numero 4:

- Para momento negativo:

$$13.52 \text{ cm}^2 \dots\dots\dots 100 \text{ cm}$$

$$1.29 \text{ cm}^2 \dots\dots\dots S_{ultimo} \text{ cm}$$

$$S_{ultimo} = 9.50 \text{ cm}$$

- Para momento positivo:

$$24.18 \text{ cm}^2 \dots\dots\dots 100 \text{ cm}$$

$$1.29 \text{ cm}^2 \dots\dots\dots S_{ultimo} \text{ cm}$$

$$S_{ultimo} = 5.33 \approx 5.00 \text{ cm}$$

- Acero por temperatura

$$A_{S_{temperatura}} = \rho \times b \times d$$

$$A_{S_{temperatura}} = 0.0020 \times 100 \times 22.5 = 4.50 \text{ cm}^2$$

$$S_{max} = 2t = 2 \times 25 = 50 \text{ cm}$$

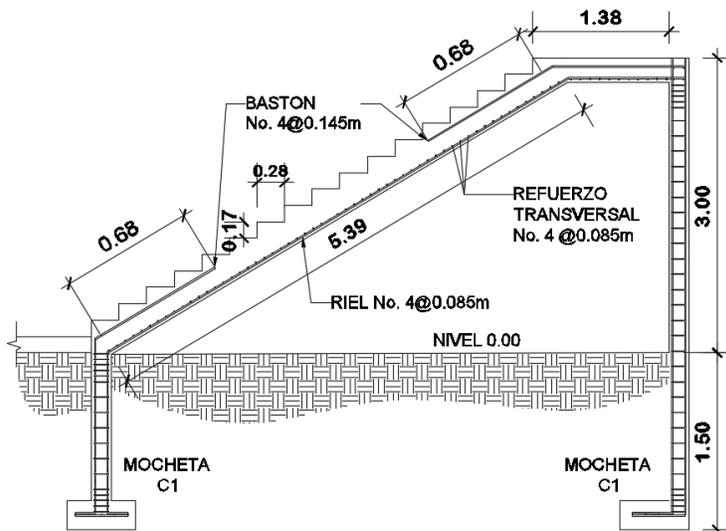
Para encontrar el espaciamiento entre varillas, se propone utilizar varilla número 4:

$$4.50 \text{ cm}^2 \dots\dots\dots 100 \text{ cm}$$

$$1.29 \text{ cm}^2 \dots\dots\dots S_{ultimo} \text{ cm}$$

$$S_{ultimo} = 28.6 \approx 28 \text{ cm}$$

Figura 26. **Detalle del armado del módulo de gradas**



Fuente: elaboración propia, realizado con CivilCAD 2016.

2.1.7.20. Diseño de cimentación

Son los elementos estructurales del edificio encargado de transmitir las cargas del terreno, por lo que la cimentación se realizará en función del mismo, o con elementos apoyados a este suelo distribuyéndose de forma que no superan la presión admisible, que puede admitir, aceptar o tolerar que produzca cargas zonales.

La cimentación constituye el elemento intermedio que permite transmitir las cargas que soporta una estructura al suelo subyacente, de modo que no rebase la capacidad portante del suelo, y que las deformaciones producidas en éste sean admisibles para la estructura.

2.1.7.21. Determinación del valor soporte

Es una de las propiedades más importantes para el estudio del suelo ya que es la capacidad que tiene un suelo de soportar carga, sin que se produzca una falla en la masa. Para el cálculo de la carga última del suelo se debe utilizar la ecuación de Terzaghi para cimiento corrido, siendo esta:

$$q_u = cN_c + qN_q + \frac{1}{2}\gamma B N_\gamma$$

En donde:

c = Cohesión del suelo (ton/m²).

Φ = Angulo de fricción del suelo (grados).

Y =Peso específico del suelo (ton/m²).

D_f =Profundidad de cimentación (m).

q = Sobrecarga equivalente efectiva (ton/m).

B = Ancho de la cimentación (m).

N_c , N_q , N_γ = Factores de capacidad de carga en función de Φ , realizado con la tabla de factores de capacidad de carga de Terzaghi.

$$q_u = cN_c + qN_q + \frac{1}{2}\gamma BN_\gamma$$

$$q_u = cN_c + qN_q + \frac{1}{2}\gamma BN_\gamma$$

Para determinar el valor soporte del suelo o carga admisible se requiera aplicar un factor de seguridad para cimentaciones superficiales, este se define como la carga ultima dividido por lo menos de 3 en todos los casos, ya que este se encuentra en una zona sísmica se usará 5, siendo esta ecuación:

$$q_{adm} = \frac{q_u}{5}$$

Tabla XXXI. Factores de capacidad de carga de Terzaghi

Φ	N_c	N_q	N_γ	Φ	N_c	N_q	N_γ
0	5.7	1.00	0.00	26	27.09	14.21	9.84
1	6	1.10	0.01	27	29.24	15.9	11.60
2	6.3	1.22	0.04	28	31.61	17.81	13.70
3	6.62	1.35	0.06	29	34.24	19.98	16.18
4	6.97	1.49	0.1	30	37.16	22.46	19.13
5	7.34	1.64	0.14	31	40.41	25.28	22.65
6	7.73	1.81	0.2	32	44.04	28.52	26.87
7	8.15	2.00	0.27	33	48.09	32.23	31.94
8	8.6	2.21	0.35	34	52.64	36.50	38.04
9	9.09	2.44	0.44	35	57.75	41.44	45.41
10	9.61	2.69	0.56	36	63.53	47.16	54.36
11	10.16	2.98	0.69	37	70.01	53.80	65.27
12	10.76	3.29	0.85	38	77.50	61.55	78.61
13	11.41	3.63	1.04	39	85.97	70.61	95.03
14	12.11	4.02	1.26	40	95.66	81.27	115.31
15	12.86	4.45	1.52	41	106.81	93.85	140.51
16	13.68	4.92	1.82	42	119.67	108.75	171.99
17	14.6	5.45	2.18	43	134.58	126.50	211.56

Continuación tabla XXXI.

18	15.12	6.04	2.59	44	151.95	147.74	261.60
19	16.56	6.70	3.07	45	172.28	173.28	325.34
20	17.69	7.44	3.64	46	196.22	204.19	407.11
21	18.92	8.26	4.31	47	224.55	241.80	512.84
22	20.27	9.19	5.09	48	258.28	287.85	650.67
23	21.75	10.23	6.00	49	298.71	344.63	831.99
24	23.36	11.40	7.08	50	374.50	415.14	1072.8
25	25.13	12.72	8.34				

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 2016.

Realizado con los datos del laboratorio otorgados por el Centro de Investigación de ingeniería el cual se encuentra en los anexos:

$$c = 7.66 \text{ ton/m}^2$$

$$Y = 1.38 \text{ ton/m}^2$$

$$Df = 1.50 \text{ m}$$

$$q = 2.07 \text{ ton/m}^2$$

$$B = 0.5 \text{ m}$$

$$N_c = 21.75$$

$$N_q = 10.23$$

$$N_\gamma = 6.00$$

- Capacidad de carga ultima:

$$q_u = 7.66(21.75) + 2.07(10.23) + \frac{1}{2}(1.38)(0.5)(6.00)$$

$$q_u = 189.85 \text{ ton/m}^2$$

- Capacidad de carga admisible o valor soporte del suelo:

$$q_{adm} = \frac{189.95 \text{ ton/m}^2}{5}$$

$$q_{adm} = 37.99 \text{ ton/m}^2$$

- Diseño del cimiento corrido

Para este tipo de estructura se recomienda el uso de cimientos corrido, debido a los muros de mampostería, provocan una carga distribuida. El cimiento corrido servirá para soportar el peso total de la estructura, así como para distribuir las cargas hacia el suelo. El cimiento corrido tendrá las siguientes características:

γ_{con} : 2400 kg/m³

$f'c$: 210 kg/cm²

f_y : 2810 kg/cm²

q_{adm} : 37990 kg/m²

Con los datos anteriores se procede a determinar la carga que soportará el cimiento corrido, por cada eje, de la siguiente manera:

$$W_u = \frac{W_{total}}{L_{total}}$$

Donde:

W_u = peso que soporta los cimientos.

W_{total} = carga crítica sobre el cimiento.

L_{total} = longitud total del muro.

Para este diseño el muro crítico es el del eje C, como se muestra a continuación:

CM losa + CM muro = $(317\text{kg/m}^2 \cdot 75.66\text{m}^2) + (170\text{kg/m}^2 \cdot 65.1\text{m}^2) = 35051.22\text{kg}$

CV = $500\text{ kg/m}^2 \cdot 75.66\text{m}^2 = 37830\text{kg}$

$W_{total} = 35051.22\text{kg} + 37830\text{kg} = 72881.22\text{ kg}$

$$Wu = \frac{72881.22 \text{ kg}}{10.85 \text{ m}} = 6717.16 \text{ kg/m}$$

Se procede a calcular la carga de trabajo con la siguiente ecuación:

$$WT = \frac{Wu}{Fcu} = \frac{6717.16}{1.50} = 4478.11 \text{ kg/m} = 4.48 \text{ ton/m}$$

Al obtener la carga de trabajo, se continúa con la presión actuante, la cual es la presión total vertical que actúa en la base de la cimentación. Se expresa con la siguiente ecuación:

$$Ptotal = WT + Wsuelo + Wcimiento$$

$$Ptotal = (4.48 * 1) + (1.23 * 0.60 * 0.50 * 1) + (2.4 * 0.5 * 0.20 * 1)$$

$$Ptotal = 5.09 \text{ ton}$$

$$qact = \frac{Ptotal}{area} = \frac{5.09 \text{ ton}}{0.5 \text{ m} * 1 \text{ m}} = 10.18 \text{ ton/m}^2$$

$$qact < qadm$$

$$10.18 \text{ Ton/m}^2 < 37.99 \text{ Ton/m}^2$$

Debido a que la carga actuante está por debajo de la carga admisible, es viable la construcción del cimiento con las medidas propuestas.

- Diseño del espesor: Es necesario calcular la presión de diseño última para saber el espesor del cimiento. La presión de diseño última es la presión actuante incrementada por un factor de seguridad llamado factor de carga última, el cual se encuentra en el rango de 1 a 1.50.

$$qdis u = Fcu * qact = 1.50 * 10.18 = 15.27 \text{ ton/m}^2$$

- Peralte de cimentación:

$$d = t - rec - \frac{\phi}{2} = 30 - 7.5 - \frac{1.27}{2} = 21.86 \text{ cm} \approx 21.5 \text{ cm}$$

- Chequeo a corte:

$$x = \left| \frac{0.50 - 0.30}{2} - 0.215 \right| = 0.115 \text{ m}$$

$$V_{act} = q_{dis} u * x = 15.27 * 0.115 = 1.76 \text{ ton/m}$$

$$V_r = 0.53 * 0.85 * \sqrt{f'c} * b * d$$

$$V_r = 0.53 * 0.85 * \sqrt{210} * 100 * 21.5 = 14035.99 \text{ kg} = 14.04 \text{ ton/m}$$

$$V_{act} < V_r$$

$$1.76 < 14.04$$

El corte actuante es mucho menor al corte resistente, por lo tanto, se dice que el cemento es capaz de soportar las cargas que se le aplican.

- Diseño por flexión:

$$L = \frac{0.5 \text{ m} - 0.3 \text{ m}}{2} = 0.10 \text{ m}$$

$$M = \frac{w * L^2}{2} = \frac{15.27 * 0.10^2}{2} = 0.07635 \text{ ton} - \text{m}$$

$$M = 76.35 \text{ kg} - \text{m}$$

- Acero mínimo

$$A_{smin} = \frac{0.80 \sqrt{f'c}}{f'y} * b * d \quad A_{smin} = \frac{14}{f'y} * b * d$$

$$A_{smin} = \frac{0.80 \sqrt{210}}{2810} * 100 * 21.5 = 8.87 \text{ cm}^2$$

$$A_{smin} = \frac{14}{2810} * 100 * 21.5 = 10.71 \text{ cm}^2$$

Ya que $10.71 > 8.87$ se utilizará el A_{smin} de 10.71 cm^2

- Acero requerido: El área de acero requerido se calcula con el momento máximo, este es el que dio como resultado el diseño por flexión, el resultado nos servirá para saber el armado de hierro que tendrá el cimiento corrido.

$$As_{req} = 0.85 * \left(\frac{f'c}{fy} \right) * \left(b * d - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{Mu * b}{0.003825 * f'c}} \right)$$

$$As_{req} = 0.85 * \left(\frac{210}{2810} \right) * \left((100 * 21.5) - \sqrt{(100 * 21.5)^2 - \frac{76.35 * 100}{0.003825 * 210}} \right)$$

$$As_{req} = 0.14 \text{ cm}^2$$

Como $As_{min} > As_{req}$ se utilizará As_{min}

Para determinar el espaciamiento entre estribos se propone utilizar varillas No 3:

$$10.71 \text{ cm}^2 \dots\dots\dots 100 \text{ cm}$$

$$1.29 \text{ cm}^2 \dots\dots\dots S \text{ cm}$$

$$S = 12.04$$

Se aproxima a 12 cm realizado con así estribos N.º 4 @ 0.12 m

- Acero de temperatura

$$As_{temperatura} = 0.0020 * b * d$$

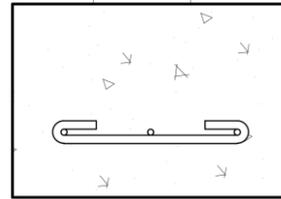
$$As_{temperatura} = 0.0020 * 50 * 21.5 = 2.15 \text{ cm}^2$$

Se utilizarán 3 varillas número 3 corridas

Figura 27. **Detalle de cimiento corrido**

Cimiento
Corrido
CC

3 varillas No. 3 corridas + estribos
No. 4 @ 0.12 m



Fuente: elaboración propia, realizado con CivilCAD 2016.

2.1.7.21.1 Instalaciones

En una edificación es indispensable poseer instalaciones, las cuales permiten el suministro de diferentes tipos de servicios, ayudando a que cumpla con las funciones para el cual fue diseñado. Se presenta a continuación el diseño de las instalaciones hidráulicas, instalaciones eléctricas e instalaciones sanitarias.

2.1.7.21.2 Hidráulicas

Para este diseño se utilizará el método probabilístico de Hunter, el cual establece que un sistema el cual trabajará eficientemente si contando con “n” artefactos se diseña para “m” de ellos funcionando el 1 % del tiempo. Este método considera aparatos sanitarios de uso intermitente y tiene en cuenta el hecho de que cuanto mayor es su número, la proporción del uso simultáneo de los aparatos disminuye.

Para estimar la máxima demanda de agua de un edificio o sección de él, debe tenerse en cuenta si el tipo de servicio que prestarán los aparatos es público o privado. La demanda máxima se determina calculando el total de unidades de descarga o unidades Hunter en función del número y tipo de artefactos a servir y

multiplicándolos por su correspondiente factor de carga o unidad Hunter, estos valores se muestran en la tabla. Se recomienda aplicar al resultado de demanda máxima probable calculada un factor de corrección de 0.60.

Tabla XXXII. **Unidades de gasto para el cálculo de las tuberías de distribución de agua en los edificios**

Pieza	Tipo	Unidades de gasto		
		Total	Agua fría	Agua caliente
Tina		4	3	3
Lavadero de ropa		8	4,50	4,50
Ducha		4	3	3
Inodoro	Con tanque	5	5	--
Inodoro	Con válvula semiautomática	8	8	--
Lavadero	Cocina hotel, restaurante	4	3	3
Lavadero	Repostería	3	2	2
Bebedero	Simple	1	1	--
Bebedero	Múltiple	1*	1*	--
Lavatorio	Corriente	2	1,50	1,50
Lavatorio	Múltiple	2*	1,50	1,50
Botadero		3	2	2
Urinario	Con tanque	3	3	--
Urinario	Con válvula semiautomática	5	5	--

Fuente: Rodríguez L. (2008). *Guía para las instalaciones sanitarias en edificios*.

Estimación de la demanda

2 baños*4 U.H. = 10 U.H.

5 lavabos*2 U.H. = 10 U.H.

2 duchas*4 U.H. = 8 U.H.

Total = 28 U.H.

Tabla XXXIII. **Demanda máxima probable**

No. de	Gasto		No. de	Gasto	
	Tanque	Válvula		Tanque	Válvula
3	0,12	–	40	0,91	1,74
4	0,16	–	42	0,95	1,78
5	0,23	0,91	44	1,00	1,82
6	0,25	0,94	46	1,03	1,84
7	0,28	0,97	48	1,09	1,92
8	0,29	1,00	50	1,13	1,97
9	0,32	1,03	55	1,19	2,04
10	0,34	1,06	60	1,25	2,11
12	0,38	1,12	65	1,31	2,17
14	0,42	1,17	70	1,36	2,23
16	0,46	1,22	75	1,41	2,29
18	0,50	1,27	80	1,45	2,35
20	0,54	1,33	85	1,50	2,40
22	0,58	1,37	90	1,56	2,45
24	0,61	1,42	95	1,62	2,50
26	0,57	1,45	100	1,67	2,55
28	0,71	1,51	110	1,75	2,60
30	0,75	1,55	120	1,83	2,72
32	0,79	1,59	130	1,91	2,80
34	0,82	1,63	140	1,98	2,85
36	0,85	1,67	150	2,03	2,95
38	0,88	1,70	160	2,14	3,04

Fuente: Rodríguez L. (2008). *Guía para las instalaciones sanitarias en edificios*.

De la tabla anterior se obtiene que la demanda máxima probable la cual es de 0.71 L/s. Aplicando factor de corrección = $0.71 * 0.60 = 0.426 \text{ L/s} = 0.000426 \text{ m}^3/\text{s}$.

- Diámetro de la tubería: Se utilizará una velocidad de 2 m/s para la red municipal.

$$Q = V * A$$

$$A = \frac{Q}{V} = \frac{0.000426 \text{ m}^3/\text{s}}{2 \text{ m/s}} = 0.000213 \text{ m}^2$$

$$A = 0.33 \text{ plg}^2$$

Se usará la tubería de ½" la cual tiene un área de 0.54 plg²

2.1.7.21.3 Sanitarias

La evacuación de aguas se realiza por medio de un conjunto de tuberías que deberán llenar las condiciones siguientes:

- Evacuar rápidamente las aguas, alejándola de los aparatos sanitarios.
- Impedir el paso del aire, olores y organismos patógenos de las tuberías al interior de los edificios o viviendas.
- Las tuberías deben ser de materiales durables e instaladas de manera que no se provoquen alteraciones con los movimientos de los edificios.
- Los materiales de las tuberías deben resistir la acción corrosiva de las aguas que transportan.

Para fines de diseño de las instalaciones sanitarias, es necesario tomar en cuenta el uso que se va a hacer de dichas instalaciones, el cual depende fundamentalmente del tipo de casa o edificio al que se va a prestar servicio, por lo que para diseñar se clasifican las instalaciones sanitarias en tres tipos o clases.

- Primera clase: ésta es de uso privado y se aplica para instalaciones en vivienda, cuartos de baño privado, hoteles o instalaciones similares, destinados a una familia o una persona.
- Segunda clase: ésta es la llamada de uso semipúblico, corresponde a instalaciones en edificios de oficinas, fábricas, o similares, en donde los muebles son usados por un número limitado de personas que ocupan la edificación.
- Tercera clase: a esta clase corresponden las instalaciones de uso público, donde no existe límite en el número de personas ni en el uso, tal es el caso de los baños públicos, sitios de espectáculos y similares.

El diámetro de las redes está en función del diámetro de descarga de cada aparato sanitario, y de la descarga acumulada del grupo de artefactos conectados al ramal, tomando en cuenta que cualquier ramal debe ser mayor o igual al diámetro del sifón al que esté conectado.

La pendiente mínima para los ramales de descarga debe ser del 2 % para diámetros menores o iguales a 3 pulgadas, y para diámetros mayores del 1 %.

Tabla XXXIV. **Unidades de descarga y diámetro mínimo en derivaciones simples y sifones de descarga**

Tipo de mueble o aparato	Unidades de descarga			Diámetro mínimo del sifón y derivación		
	Clase			Clase		
	1ra	2da	3ra	1ra	2da	3ra
Lavabo	1	2	2	1 ¼	1 ¼	1 ¼
Inodoro	4	5	6	3	3	3
Tina	3	4	4	1 ¼	2	2
Bidet	2	2	2	1 ¼	1 ¼	1 ¼
Cuarto de baño completo	7	-	-	3	3	3
Regadera	2	3	3	1 ¼	2	2
Urinario suspendido	2	2	2	1 ¼	1 ¼	1 ¼
Urinario vertical	-	4	4	-	2	2
Fregadero de viviendas	3	-	-	1 ¼	-	-
Fregadero de restaurante	-	8	8	-	3	3
Lavadero (ropa)	3	3	-	1 ¼	1 ¼	-
Vertedero	-	8	8	4	4	-
Bebedero	1	1	1	1 ¼	1 ¼	1 ¼
Lavaplatos de casa	2	-	-	1 ½	-	-
Lavaplatos comercial	-	4	-	-	-	2

Fuente: Rodríguez L. (2008). *Guía para las instalaciones sanitarias en edificios*.

Las derivaciones o ramales se calculan a partir del conocimiento del número de descarga a las que dará servicio dicha tubería, esto se logra con la suma de las unidades de descarga de todos los muebles sanitarios que va a desalojar la derivación.

Tabla XXXV. **Diámetro de la derivación en colector**

Derivación en colector		Número máximo de unidades de descarga			
mm	plg	Derivación horizontal s=0	Pendiente		
			1/100	2/100	3/100
32	1 ½	1	1	1	1
38	1 ½	2	2	2	2
50	2	4	5	6	8
63	2 ½	10	12	15	18
75	3	20	24	27	36
100	4	68	84	96	114
125	5	144	180	234	280
150	6	264	330	440	580
200	8	696	870	1 150	1 680
250	10	1 392	1 740	2 500	3 600
300	12	2 400	3 000	4 200	6 500
350	14	4 800	6 000	8 500	13 500

Fuente: Rodríguez L. (2008). *Guía para las instalaciones sanitarias en edificios*.

- Colección y evacuación de agua de lluvia:

Es el sistema de canaletas y/o tuberías que recoge el agua proveniente de las precipitaciones pluviales que caen sobre techos, patios y/o zonas pavimentadas de una edificación, y lo evacúa hacia un sistema de disposición adecuado.

Previamente al diseño y cálculo del sistema de evacuación de agua de lluvia, es importante analizar si es necesario o conveniente considerarlo en un proyecto de instalaciones sanitarias de una edificación.

El análisis de todos estos factores combinados llevará a una decisión de implantar o no el sistema de evacuación de agua de lluvia. En los lugares donde, por la gran frecuencia y alta precipitación pluvial, se cuenta con red separada para evacuación de agua de lluvia, es indispensable diseñar el sistema en las edificaciones, conectándola a la red indicada.

Aun cuando la ciudad o lugar no cuente con red separada, pero se produzcan lluvias de alta precipitación y frecuencia, será necesario incluir el sistema, evacuando el agua de lluvia a las cunetas. En los lugares donde la precipitación pluvial con alta frecuencia es baja, deberá instalarse sistemas de agua de lluvia, conectados a jardines o a la red de alcantarillado, tomando las precauciones necesarias para no obstruir los colectores, instalando interceptores de sólidos. Así mismo puede calcularse el diámetro de los conductos con la fórmula del método racional:

$$Q = \frac{C * I * A}{360}$$

Donde:

Q = Caudal m³/s

C = Relación entre la escorrentía y la cantidad de lluvia caída

I = Intensidad de lluvia en mm/hora

A = Área en hectáreas

El valor de C puede estimarse:

- Para superficies impermeables de techos = 0.75 a 0.95
- Para pavimentos de asfalto = 0.70 a 0.95
- Para jardines, parques o prados = 0.05 a 0.25

Un elemento necesario para determinar la intensidad de diseño es la frecuencia con que se presentará; puede asumirse una frecuencia de 10 años para el medio, ya que las tormentas demasiado intensas raramente se presentan, pero lluvias fuertes no usuales, se precipitan usualmente con este intervalo de tiempo en promedio.

$$I = \frac{5915.70}{t + 35.8}$$

Donde:

i = intensidad de lluvia (mm/h)

t = tiempo de concentración (min)

Conocido el caudal y la pendiente del área o conducto, podrá determinarse el diámetro respectivo. Para la obtención del diámetro en cm se utiliza la fórmula de Manning:

$$D = \left(\frac{691000 * Q * n}{S^{1/2}} \right)^{3/8}$$

Donde:

D = Diámetro interior del tubo (cm)

Q = Caudal requerido en m³/s

n = coeficiente de rugosidad (0.009 para tuberías de PVC)

S = pendiente

Se dispondrán nueve bajadas de agua pluvial para drenar el techo del edificio y el diámetro de cada una de ellas se calcula de la siguiente manera:

Por ser una superficie impermeable de techos se estimará una C (Relación entre la esorrentía y la cantidad de lluvia caída en el área) de 1, debido a que se quiere 0 por ciento de infiltración.

$$I = \frac{5915.70}{5 + 35.8} = 144.99 \text{ mm/h}$$

El área por drenar es de 76.90 metros cuadrados lo cual equivale a 0.007690 hectáreas por lo tanto el caudal es de:

$$Q = \frac{1 * 144.99 * 0.007690}{360} = \frac{0.00310 \text{ m}^3}{\text{s}} = 3.10 \text{ L/s}$$

Se procede a calcular el diámetro de la tubería tomando en cuenta que la pendiente se estimara en 1 %, siendo así:

$$D = \left(\frac{691000 * 0.00310 * 0.009}{0.01^{1/2}} \right)^{3/8} = 7.19 \text{ cm}^2 = 1.11 \text{ plg}^2$$

Se usarán tuberías de 2" ya que son las que se encuentran en el mercado y estas a su vez cumplen con el diámetro.

2.1.7.21.4 Eléctricas

Se le denomina así a toda a la red de conexiones que tiene la misión de conducir y distribuir la corriente eléctrica, desde el servicio eléctrico hasta la última salida eléctrica. Para el diseño de las instalaciones eléctricas se utilizará

las normas del El Instituto de Fomento de Hipotecas Aseguradas (FHA), el cual indica que la unidad básica de vivienda deberá dotarse de instalaciones eléctricas que cubran las necesidades de la misma en cuanto a iluminación artificial y otros usos de la corriente, siendo estos sus requerimientos mínimos:

- Se aceptará unidades integradas de foco, tomacorriente e interruptor.
- Se podrá aceptar un solo circuito de 15 o 20 amperios, cuando se cuente con 16 unidades independientes como máximo.
- Se podrán aceptar instalaciones semiexpuestas o expuestas siempre y cuando se encuentren eficientemente aisladas, según especificaciones de fábrica.
- La ubicación de focos, tomacorrientes e interruptores o de unidades integradas, se dispondrá de tal forma que cubra las necesidades de iluminación y otros usos de acuerdo con la distribución de ambientes aprobada por el FHA.
- Toda instalación eléctrica deberá llevarse a cabo de acuerdo con el Reglamento de la Empresa Eléctrica de Guatemala o del INDE.

Para este caso, la potencia real P (watts) será igual a la potencia aparente (VA voltamperio), en lo que iluminación y fuerza se refiere. Las cargas mínimas para la iluminación a 20 A, será de 32 VA por metro cuadrado de construcción, entonces según la anterior afirmación, se considera que para 100 m² de construcción se utilizan 3200 VA.

Realizado con un área de 77 m² de la estructura

$$\frac{77 \text{ m}^2}{100 \text{ m}^2} \times 3200 \text{ VA} = 2,464 \text{ VA}$$

Para la determinación del tipo de calibre y flipones por circuito se utilizó la ecuación de la potencia:

$$P = I \times V \rightarrow I = \frac{P}{V}$$

P = potencia (VA)

V = voltaje (V)

I = corriente (A)

$$I = \frac{2464 \text{ VA}}{120 \text{ V}} = 20.53 \text{ A}$$

$$\frac{20.53 \text{ A}}{7 \text{ circuitos}} = 3 \text{ A/circuito}$$

Se propone 7 circuitos para la edificación, proponiendo flipones de 15 A ya que estos son los que se comercializan, de igual manera se garantiza la seguridad de estos.

Tabla XXXVI. **Diseño de instalación eléctrica**

Circuito	Descripción	P (w)	Unidades	Total P(W)	Conductor	Flipón
A	Iluminación	40	7	280	#12	1x15
B	Iluminación	80	8	640	#12	1x15
C	Iluminación	40	4	160	#12	1x15
D	Fuerza	180	8	1440	#10	1x15
E	Fuerza	180	1	180	#10	1x15
F	Fuerza	180	1	180	#10	1x15
G	Fuerza	180	1	180	#10	1x15

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 2016.

Cada tomacorriente se asumió con un consumo de 180 watts ya que no se tiene la certeza de lo que será conectado exactamente en el tomacorriente.

2.1.8. Elaboración de planos finales

Para este proyecto se realizaron los siguientes planos, estos se encontrarán en el anexo:

- Planta amoblada.
- Planta acotada.
- Elevaciones y secciones.
- Planta de cimentación.
- Detalles de mochetas, soleras, muros, ventanas y puertas.
- Detalle de losa y gradas.
- Planta instalaciones hidráulicas potables.
- Planta instalaciones sanitarias (aguas negras y pluviales).
- Planta instalaciones eléctricas (iluminación).
- Planta instalaciones eléctricas (fuerza).

2.1.9. Presupuesto general

Este nos permite determinar el precio del proyecto a efectuar, este se elaboró a base de precios unitarios, tomando en cuenta los costos directos e indirectos.

Tabla XXXVII. Presupuesto general de la estación oficial y alcaldía auxiliar en la aldea La Salvadora 1, Santa Catarina Pinula, Guatemala.

Integración de Costos Unitarios					
No.	Renglón	Cantidad Contratada	Precio Unitario Contratado	Unidad	Costo total
1	Trabajos Preliminares				Q 5,299.53
1.1	Limpieza de terreno	96.99	Q 11.14	m	Q 1,080.49
1.2	Trazo y estaqueo	81.42	Q 51.82	m	Q 4,219.03
2	Cimentación				Q 79,255.07
2.1	Excavación	22.87	Q 176.43	m3	Q 4,035.04
2.2	Relleno y Compactación	24.01	Q 361.75	m3	Q 8,685.65
2.3	Cimiento corrido	89.89	Q 325.57	m	Q 29,265.45
2.4	Muro de cimentación	76.03	Q 490.19	m	Q 37,268.92
3	Estructura superior				Q 347,902.73
3.1	muro de block	77	Q 815.33	m	Q 62,780.44
3.2	mocheta principal c1	34	Q 1,697.55	unidad	Q 57,716.65
3.3	mocheta secundaria c2	34	Q 512.60	unidad	Q 17,428.50
3.4	soleras	308	Q 244.56	m	Q 75,324.04
3.5	losas	77	Q 1,551.51	m2	Q 119,466.17
3.6	viga secundaria	2	Q 773.70	unidad	Q 1,547.39
3.7	Módulo de Gradass	7.91	Q 1,724.34	m2	Q 13,639.54
4	Agua potable y Drenajes				Q 21,674.25
4.1	Sistema de agua potable	77	Q 158.45	m	Q 12,200.83
4.2	Drenaje agua pluvial	73	Q 90.79	m	Q 6,627.80
4.3	Drenaje agua sanitaria	26	Q 109.45	m	Q 2,845.63
5	Instalación Eléctrica				Q 38,526.52
5.1	Iluminación	1	Q 20,747.66	global	Q 20,747.66
5.2	Fuerza	1	Q 17,778.86	global	Q 17,778.86
6	Puerta, Ventanas y piso				Q 59,173.30
6.1	Puertas	1	Q 11,693.57	global	Q 11,693.57
6.2	Ventanearía	1	Q 10,891.07	global	Q 10,891.07
6.3	Instalación de piso	157	Q 233.05	m2	Q 36,588.66
7	Trabajos Finales				Q 105,361.25
7.1	Repello y cernido	802	Q 106.81	m2	Q 85,659.83
7.2	Pintura	802	Q 19.37	m2	Q 15,536.95
7.3	Limpieza General	231	Q 18.03	m	Q 4,164.46
TOTAL DEL PROYECTO					Q 657,192.64

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 2016.

2.1.10. Cronograma

Mediante el siguiente cronograma, se programa la ejecución del proyecto.

Tabla XXXVIII. Cronograma de actividades

NO.	Actividad	Mes 1				Mes 2				Mes 3				Mes 4				Mes 5				Mes 6			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Trabajos Preliminares																								
1.1	Limpieza de terreno	■																							
1.2	Trazo y estaqueo	■																							
2	Cimentación																								
2.1	excavación	■	■																						
2.2	relleno y compactación		■	■																					
2.3	cimiento corrido		■	■	■																				
2.4	muro de cimentación		■	■	■																				
3	Estructura superior																								
3.1	muro de block				■	■	■	■				■	■	■	■										
3.2	mocheta principal c1							■	■						■	■									
3.3	mocheta secundaria c2							■	■						■	■									
3.4	soleras			■	■	■	■					■	■	■											
3.5	losas									■	■	■	■				■	■	■						
3.6	viga secundaria														■	■									
3.7	Módulo de Gradadas					■	■	■																	
4	Agua potable y Drenajes																								
4.1	Sistema de agua potable																			■	■				
4.2	Drenaje agua pluvial																			■	■				
4.3	Drenaje agua sanitaria																			■	■				
5	Instalación Eléctrica																								
5.1	Iluminación																				■	■			
5.2	Fuerza																				■	■			
6	Puerta, Ventanas y piso																								
6.1	Puertas																					■	■		
6.2	Ventanearía																					■	■		
6.3	Instalación de piso																					■	■		
7	Trabajos Finales																								
7.1	Repello y cernido																					■	■		
7.2	Pintura																					■	■		
7.3	Limpieza General																							■	

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 2016.

2.1.11. Estudio de impacto ambiental

Es un proceso de análisis que pronostica los futuros impactos ambientales negativos y positivos de acciones humanas permitiendo seleccionar las alternativas que maximicen los beneficios y minimice los impactos no deseados.

Tabla XXXIX. **Estudio de impacto ambiental de la estación oficial y alcaldía auxiliar en la aldea La Salvadora 1, Santa Catarina Pinula, Guatemala**

1. INFORMACIÓN GENERAL				
1.1. Información del Proyecto (según datos en la declaración jurada)				
Nombre del Proyecto, obra, industria o actividad	Diseño de estación policial municipal y alcaldía auxiliar			
Dirección donde se ubica el Proyecto	Aldea la Salvadora 1, Municipio de Santa Catarina Pinula, departamento de Guatemala.			
1.2. Información legal (persona individual o jurídica)				
Nombre del propietario y/o Representante Legal	Municipalidad de Santa Catarina Pinula			
Código Único de Identificación (CUI) del Documento Personal de Identificación (DPI)				
Razón social				
Nombre Comercial				
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.
Patente de Comercio (Sucursal)	Registro No.		Folio No.	Libro No.
Finca donde se ubica el Proyecto	Finca No.		Folio No.	Libro No.
Número de RTU				
1.3. Información de contacto del proponente				
Teléfono		Correo electrónico		
Dirección para recibir notificaciones (dirección fiscal)				
1.4. Información de contacto de Profesional de apoyo				
Nombre		Profesión		
Teléfono		Correo electrónico		
No. De Licencia de Consultor				
1.5. Fases de desarrollo del Proyecto				

Continuación de la tabla XXXIX.

Fase de construcción		Fase de operación		Fase de abandono	
¿Aplica? Si/No		¿Aplica? Si/No		¿Aplica? Si/No	
En caso no aplique alguna de las fases, justificarse:		Fase de planificación			
2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO					
El proyecto consiste en la construcción de un edificio que tenga dos propósitos, alcaldía exiliar y estación policial, esta ser una estructura tipo cajón (muros confiados), la cual constituirá de dos niveles, ubicada en la aldea la Salvadora 1, en el municipio de Santa Catarina Pinula, Guatemala.					
Establecer las coordenadas donde se ubicará su proyecto.					
Coordenadas geográficas (en grados, minutos, segundos; o grados decimales)					
Latitud		14°32'36.79"N			
Longitud		90°29'59.71"O			
2.1. Área de Influencia Indirecta del Proyecto					
Dirección	Descripción del entorno				Distancia (metros)
Norte	Estación de Autobuses y Escuela				10
Sur	Fabricas				350
Este	Iglesia				143
Oeste	Fabricas				286
2.2. Área de Influencia Directa del Proyecto					
Actividades colindantes al Proyecto (vecindad inmediata).					
Norte	Casas				
Sur	Casas				
Este	Casas				
Oeste	Casas				
Indicar si se encuentra en área urbana, rural o mixta:				Rural	
2.3. Exposición a riesgos					
Inundación	Explosión		Deslizamientos		Erupciones
Derrumbes	Sismos	x	Incendios	x	Biológicos
Otros (explicar)					
2.4. Área del Proyecto					
Área del terreno:		1453.00 m2			
Área de ocupación:		1453.00 m2			
Área de construcción:		2906.00 m2			
2.5. Descripción de las fases de desarrollo del Proyecto					
Fase de construcción	Actividades a realizar				
	Insumos necesarios				
	Maquinaria y equipo				
	Horario de trabajo				
	Contratación de personal				
	Otros de relevancia				

Continuación de la tabla XXXIX.

Fase de operación	Actividades o procesos					
	Maquinaria y equipo					
	Productos y subproductos (bienes y servicios)					
	Horario de trabajo					
	Contratación de personal					
	Otros de relevancia					
Fase de abandono	Acciones a tomar en caso de cierre o abandono del Proyecto					
2.6. Información específica de insumos						
Agua	Forma de suministro	Si/No	Consumo (mensual)	Forma de almacenamiento	Uso medidas y de seguridad	Proveedor
	Servicio municipal	No				
	Servicio privado	No				
	Pozo manual	No				
	Pozo mecánico	No				
	Superficial	No				
Otro						
Combustibles	Tipo	Si/No	Consumo (mensual)	Forma de almacenamiento	Uso y medidas de seguridad	Proveedor
	Gasolina	No				
	Diésel	No				
	Bunker	No				
	GLP	No				
Otro	No					
Lubricantes	Solubles	No				
	No solubles	No				
Energía eléctrica	Forma de suministro	Si/No	Consumo (mensual)	Uso y medidas de seguridad		Proveedor
	Público	No				
	Privado	No				
	Propio	No				
Equipo eléctrico	Tipo	Si/No	Uso y medidas de seguridad		Forma de mantenimiento y proveedor	
	Transformadores	No				
	Condensadores	No				
	Capacitores	No				
	Inductores eléctricos	No				
	Otro equipo que contenga aceite dieléctrico	No				
En caso afirmativo indicar lo siguiente:						
3. IMPACTOS AL AIRE Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN						
3.1. Gases y material particulado						

Continuación de la tabla XXXIX.

3.2.	
¿Las actividades o acciones en las fases de construcción, operación y/o abandono del Proyecto, partículas (Ejemplo: ¿polvo, humo, niebla, material particulado, ceniza, etc.) que se dispersarán en información e indicar la fuente de donde se generarán.	
Polvo por la extracción y compactación	
¿Qué se hace o se hará para evitar que los gases o partículas impacten el aire, el vecindario o a los trabajadores? Se agregara agua en pequeñas cantidades para que no se disipe el polvo a una gran escala	
3.3. Fuentes de radiaciones (ionizantes / no ionizantes)	
¿Las actividades o acciones en las fases de construcción, operación y/o abandono del Proyecto, producen tipo ionizante o no ionizante? Justificar su respuesta.	
no.	
¿Qué se hace o se hará para controlar las radiaciones ionizantes o no ionizantes para que no impacten a los trabajadores?	
3.4. Ruidos y vibraciones	
Las actividades o acciones en las fases de construcción, operación y/o abandono del Proyecto ¿producen ruido, o vibraciones? ¿En dónde se genera el sonido y/o las vibraciones? (ejemplo: maquinaria, equipos musicales, vehículos, etc.)	
Ruidos bajos, por las herramientas y movimiento de materiales	
¿Qué acciones se toman o tomarán para evitar que el ruido o las vibraciones afecten al vecindario y a los trabajadores?	
Se trabajara en horarios establecidos	
3.5. Olores	
Las actividades o acciones en las fases de construcción, operación y/o abandono del Proyecto, ¿generan olores? Con detalles la fuente de generación y el tipo o características del o los olores.	
No.	
Explicar qué se hace o se hará para evitar que los olores se dispersen en el ambiente.	
4. IMPACTOS AL AGUA Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN	
4.1. Aguas residuales	
Deberá consultar el Acuerdo Gubernativo No. 236-2006 "Reglamento de las Descargas y Reúso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos" y sus Reformas.	
Fase de construcción	
¿Qué tipo de aguas residuales (domésticas y/o industriales) se generarán? Indicar con una X la información.	<input type="checkbox"/> Aguas residuales de tipo ordinario (domésticas) <input type="checkbox"/> Aguas residuales de tipo especial (incluye la mezcla de tipo ordinario e industrial) <input checked="" type="checkbox"/> Otro
Describir el manejo y las medidas de mitigación a aplicarse para las aguas residuales a generarse.	
No se maneja ningún tipo de agua servida	

Continuación de la tabla XXXIX.

Fase de operación	
tipo de aguas residuales (domésticas y/o industriales) que se generarán? Indicar con una X la información.	<input checked="" type="checkbox"/> Aguas residuales de tipo ordinario (domésticas) <input type="checkbox"/> Aguas residuales de tipo especial (incluye la mezcla de tipo ordinario y tipo especial) <input type="checkbox"/> Otro
Indicar caudal de agua residual a generarse (de tipo ordinario y/o especial).	
100 litros por día	
Indicar el o los lugares(es) de descarga(s) de las aguas residuales a generarse (alcantarillado sanitario, etc.).	
Se recolectaran mediante tuberías, para posteriormente ser colectadas por una planta de tratamiento	
Según Acuerdo Gubernativo No. 236-2006 y por las características del Proyecto, ¿es necesario implementar un sistema de tratamiento de aguas residuales? Justificar su respuesta.	
No, ya que el caudal es muy bajo y este lo tendrá que coleccionar la municipalidad	
Sistema de tratamiento de aguas residuales	
Describir el sistema de tratamiento que se propone para dar tratamiento a las aguas residuales previo a su disposición, así como el tratamiento y la disposición de lodos (usar hojas adicionales, adjuntando manual de operación y mantenimiento).	
4.2. Agua de lluvia (aguas pluviales)	
¿Existen impermeabilizaciones que generen escorrentías, que impidan la infiltración natural del agua de lluvia en las fases del proyecto?	
No	
Explicar la forma de captación, conducción y el punto de descarga del agua de lluvia (zanjones, cunetas, absorción, alcantarillado, etc.)	
El agua de lluvia será recolectada mediante tuberías que están conectadas al techo para ser dirigidas a un sistema de tratamiento	
5. IMPACTOS AL SUELO Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN	
5.1. Cambio de Uso del suelo	
Por la ubicación y las características del proyecto, ¿se producirá algún cambio en el uso del suelo?	
No	
¿Qué acciones o medidas de mitigación se plantean para adecuarse a las áreas colindantes del Proyecto?	
5.2. Geomorfología	
¿Existirá movimientos de tierra? Justificar. Si su respuesta es afirmativa, indique la cantidad.	
No	
6. IMPACTOS AL ELEMENTO BIÓTICO Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN	
¿En el sitio donde se ubica el proyecto, existen bosques, animales u otros? Especificar la información.	
no	
¿El proyecto requiere efectuar corte de árboles? Indique el volumen de madera y su manejo. Si no aplica, indicar el requisito 10.	
No es un terreno en donde solo existe hierva	

Continuación de la tabla XXXIX.

Por la construcción u operación del proyecto, ¿puede afectar la biodiversidad del área? Explicar.
No, ya que es una zona rural, pero con proyección a desarrollo por lo que no hay mucha vegetación
IMPACTOS A LOS ELEMENTOS SOCIOECONÓMICOS, CULTURALES Y ESTÉTICOS
6.1. Elementos Socioeconómicos y Culturales
En el área donde funciona o funcionará el proyecto, ¿existe alguna(s) etnia(s) predominantes? Indicar cuáles.
No, en su mayoría son ladinos
¿El proyecto provoca o provocaría alguna molestia al vecindario? Explicar su respuesta.
No, beneficiaría por la protección que se estará realizando
¿El proyecto cuenta o contará con vehículos en sus distintas fases? Mencione qué tipo, cantidad de estacionamiento.
Si, pickups y carros de carga para llevar materiales
¿Qué medidas se hacen o se proponen realizar para no afectar al vecindario?
Trabajar en horarios establecidos y cubrir el área
En el área del proyecto o sus alrededores, ¿existe algún vestigio paleontológico o arqueológico? Explique dónde está ubicado, y a qué distancia de donde se propone el proyecto. Si no aplica, justificarse.
No
6.2. Elementos Estéticos
En el área donde funciona o funcionará el proyecto, ¿se considera patrimonio histórico o cultural? Si no aplica, justificarse.
No, ya que esta es una zona de poca relevancia histórica
Donde se encuentra o encontrará el proyecto, ¿es área protegida? Si no aplica, justificarse. ver requisitos de la Ley de Patrimonio Cultural.
Ubicado en la Salvadora 1, Santa Catarina Pinula y no está protegido, es propiedad de la municipalidad
¿Qué medidas se proponen para conservar en lo posible la belleza arquitectónica o paisajística por la ejecución del proyecto?
No, existe un esquema arquitectónico hacia vistas panorámicas, entonces no influirá una construcción.
7. SALUD Y SEGURIDAD OCUPACIONAL
De ser necesario, mencione qué medidas de seguridad ocupacional requieren los empleados para trabajos en todas las fases del proyecto (guantes, máscara, entre otros).
Todo equipo de protección personal, casco, botas, guantes, lentes, mascarilla y chalecos refractivos.

Fuente: Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. (2019). *Formulario categoría "C" para estudio de impacto ambiental*.

2.2. Diseño de sistema de alcantarillado sanitario en la aldea El Manzano La Libertad sector 1.

Con la instalación de drenaje sanitario se prestará un mejor servicio a la comunidad del sector ya que mejorará la calidad de vida de las personas.

2.2.1. Descripción del proyecto

Actualmente en la aldea El Manzano La Libertad Sector 1, no se cuenta con una red de drenaje por lo que causa enfermedades a los pobladores y la contaminación del medio ambiente ya que personas conducen sus desechos hacia letrinas u otros lugares inapropiados, por lo que se genera contaminación y un deterioro visual.

Con esto mejoraran las condiciones de salud de la población. Por lo que se pretende dar un impacto positivo al medio ambiente.

2.2.2. Estudio topográfico

Este es realizado con el fin de determinar las posiciones relativas de puntos situados sobre la superficie (arriba, sobre o debajo) de la tierra y posteriormente su representación en un plano, por medio de medidas sobre distancias, direcciones y elevaciones, para este proyecto la municipalidad cuenta con un mapeo topográfico, mediante fotografías aéreas, las cuales cuentan con valores como alturas y distancias, llamado así fotogrametría.

2.2.2.1. Altimetría

Son mediciones de altura o elevaciones, es utilizado para determinar las posiciones verticales relativas de los elementos de una obra civil.

2.2.2.2. Planimetría

Es aquella aplicada en los casos en que la precisión requerida es tan baja que las correcciones por curvatura resultarían despreciables al compararlos con los errores de las mediciones, por tal motivo se considera a la superficie de la tierra como un plano.

2.2.3. Periodo de diseño

Este permite definir el tamaño del proyecto en base a la población a ser atendida al final del mismo. En proyectos de alcantarillado en el medio rural se recomienda asumir periodos de diseño relativamente cortos, del orden de 20 años, considerando la construcción por etapas, con el fin que se reduzca al mínimo y se puedan ajustar los posibles errores en las estimaciones de crecimiento de población y su consumo de agua.

Otro criterio que podría considerarse es el que relaciona el periodo de diseño con el tamaño de la población del proyecto, tal como se muestra a continuación:

- Localidades de 1 000 a 15 000 habitantes: 10 a 15 años.
- Localidades de 15 000 a 50 000 habitantes: 15 a 20 años.

Para este proyecto se utilizará un período de 23 años ya que se asumirá un periodo de gestión de 3 años, por lo que pasado este tiempo será necesario rehabilitarlo. Se adoptó este período de tiempo, tomando en cuenta los recursos económicos con los que cuenta el municipio, la vida útil de los materiales y las normas del INFOM.

2.2.4. Cálculo de población futura

La cantidad de alcantarillado sanitario que se construirá en una comunidad depende de la población beneficiada y de su distribución espacial. Para estimar estas poblaciones, serán necesarios, por lo menos:

- Población actual: es la población existente en el momento de la elaboración de los diseños de ingeniería.
- Población al inicio del proyecto: es la población que va a existir en el área estudiada al inicio del funcionamiento de las redes. Cabe observar que entre la población actual y esta población puede haber una diferencia significativa, en función del tiempo de implantación de las obras.
- Población al fin del proyecto: es la población que va a contribuir para el sistema de alcantarillado, al final del período del proyecto.

Para el caso de la Aldea El Manzano La Libertad, Sector 1, Santa Catarina Pinula, Guatemala se optó por el método de incremento geométrico, éste se seleccionó por ser el que más se adapta a la realidad del crecimiento poblacional en el medio; para el efecto se aplicó una tasa de crecimiento de 1.9 % fuente del INE, el período proyectado es de 23 años. El sector 1 de La Aldea El Manzano La Libertad presenta una población actual de 1,764 habitantes, se utilizará el método geométrico, ya que el crecimiento poblacional de Guatemala es exponencial, para ello se utilizará la siguiente formula:

$$P_f = P_0 * (1 + R)^n$$

Donde:

P_f = población futura.

P_0 = población actual.

n = Periodo de diseño.

R = tasa de crecimiento.

2.2.5. Factor de Hardmon

También llamado factor de flujo instantáneo es un factor que involucra a la población para servir un tramo determinado, actúa en las horas pico o de mayor utilidad del drenaje.

$$FH = \frac{18 + \sqrt{\text{Población}/1000}}{4 + \sqrt{\text{Población}/1000}}$$

2.2.6. Factor de retorno

Es un porcentaje que regresa al sistema de drenaje, está estimando entre 75 % y 90 %, dependiendo del uso que se le dé al agua. Para el sector 1 de la Aldea El Manzano La Libertad se asumió un Factor de Retorno del 80 %, debido a que un porcentaje de la dotación es utilizada con fines de riego de patios, jardines y de producción agrícola, ese 20 % del agua no es ingresada al sistema de alcantarillado sanitario.

2.2.7. Caudales sanitarios

Llamado también caudal medio, está conformado por medio de la integración de caudales de aguas residuales de tipo: caudal domiciliar, caudal de infiltración, caudal comercial, caudal industrial y el caudal por conexiones ilícitas. La ecuación para determinar el caudal sanitario es la siguiente:

$$Q_s = Q_{dom} + Q_{com} + Q_{ind} + Q_{inf} + Q_{ci}$$

Donde:

Q_{med} = caudal medio (l/s).

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

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

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

Q_{inf} = caudal de infiltración (l/s).

Q_{ci} = caudal por conexiones ilícitas (l/s).

2.2.7.1. Dotación

Bajo el concepto de que la dotación corresponde a la cantidad de agua potable expresada en litros destinada para cada habitante por día (L/hab/día); para el diseño del sistema, de acuerdo con la información proporcionada por la oficina de aguas de la Municipalidad de Santa Catarina Pinula, la dotación estimada es de 175 Lts/hab/día.

2.2.7.2. Caudal domiciliar

Valor que se utiliza para representar el volumen de agua residual que aportan las viviendas al sistema, depende de muchos factores como el clima, el nivel de vida o las condiciones socioeconómicas, el tipo de población, si se cuenta

o no con medición, la presión en la red, la calidad y el costo del agua. Está relacionado con la dotación del suministro de agua potable, menos una porción que no será vertida en el drenaje, como los jardines y lavado de vehículos.

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

Donde:

No. de hab. = número de habitantes.

Dot. = dotación.

F.R. = Factor de Retorno, F.R. = 0.8

Se utilizará como ejemplo el tramo de PV1 a PV2.

$$Q_{dom} = \frac{21 Hab.* 175 L/hab/dia * 0.8}{86400} = 0.034 L/s$$

2.2.7.3. Caudal comercial

Son las aguas negras resultantes que se desechan de los comercios, comedores, restaurantes, hoteles, entre otros. La dotación comercial varía entre 600 y 3000L/comercio/día, dependiendo el tipo de comercio. Para el diseño del sistema de alcantarillado sanitario de la aldea El Manzano La Libertad Sector 1, no se calculó el caudal comercial, pues no se cuenta con ningún tipo de comercio actualmente.

2.2.7.4. Caudal industrial

Es el caudal proveniente del interior de todas las industrias que aporten al sistema en estudio. Si no se cuenta con el dato de la dotación de agua suministrada se puede utilizar como valor de diseño cifras 1 000 y 18 000 L/i/d.

Para el diseño del sistema de alcantarillado de la aldea El Manzano La Libertad Sector 1, dicho caudal tiene valor cero, ya que no se existe ningún tipo de industria en la aldea.

2.2.7.5. Caudal de infiltración

El caudal de infiltración incluye el agua del subsuelo que penetra las redes de alcantarillado, a través de las paredes de; tuberías, uniones de tuberías, conexiones, y las estructuras de los pozos de visita, cajas de paso, terminales de limpieza, etc. Este depende de la profundidad de nivel freático del agua, de la profundidad de la tubería, de la permeabilidad del terreno y del tipo de material, para ello el INFOM a determinad lo siguiente:

- Para tuberías que quedaran sobre el nivel freático
 - Tuberías de cemento $Q_{inf} = 0.025 \cdot \text{diámetro en pulgadas}$
 - Tuberías de PVC: $Q_{inf} = 0.01 \cdot \text{diámetro en pulgadas}$

- Para tuberías que quedaran bajo el nivel freático
 - Tuberías de cemento $Q_{inf} = 0.15 \cdot \text{diámetro en pulgadas}$
 - Tuberías de PVC: $Q_{inf} = 0.02 \cdot \text{diámetro en pulgadas}$

Para este diseño se utilizara tuberia PVC bajo el nivel freatico, ya que el nivel freatico se encuentra muy proximo a las capas superficiales del terreno.

Se utilizará como ejemplo el tramo de PV1 a PV2

$$Q_{inf} = 0.02 * 8" = 0.16L/s$$

2.2.7.6. Caudal de conexiones ilícitas

Este caudal es producido por las viviendas que conectan las tuberías del sistema del agua pluvial al alcantarillado sanitario. Existen varios métodos para la estimación de este caudal, realizado con para este el método del INFOM, el cual consiste en agregar un 10% del caudal domiciliar. Este valor puede variar en áreas donde no hay drenaje pluvial y se podría usar un valor más alto.

$$Q_{ci} = 10 \% * Q_{dom} (L/s)$$

Se utilizará como ejemplo el tramo de PV1 a PV2

$$Q_{ci} = 10\% * 0.034L/s = 0.0034 L/s$$

2.2.7.7. Factor de caudal medio

Es el valor que se calcula dividiendo el caudal sanitario (Q_s) dentro del total de habitantes, debe ser un valor dentro del rango 0.002 – 0.005, si el valor de este quedará fuera del rango, se debe de aproximar al valor más cercano del rango, este es el mismo valor para todo el sistema.

$$f_{qm} = \frac{Q_s}{No. de hab.}$$
$$f_{qm} = \frac{0.034 + 0.16 + 0.0034}{21} = 0.0094$$

Si $f_{qm} < 0.002$ se deberá asumir 0.002

Si $f_{qm} > 0.005$ se deberá asumir 0.005

2.2.7.8. Factor de caudal máximo

También llamado caudal de diseño. Este es el caudal con que se diseña cada tramo del sistema, éste, se obtiene por medio de la siguiente ecuación:

$$Q_d = \text{No. de hab.} * f_{qm} * F.H. (L/s)$$

Se utilizará como ejemplo el tramo de PV1 a PV2

$$Q_d = 21 * 0.005 * 4.38 = 0.46 L/s$$

2.2.8. Relaciones hidráulicas

Al realizar el cálculo de las tuberías que trabajan a sección parcialmente llena y agilizar de alguna manera los resultados de velocidad y caudal, se relacionan los términos de la sección totalmente llena con los de la sección parcial, se debe considerar las siguientes especificaciones:

Tabla XL. **Especificaciones para las relaciones hidráulicas**

	Sistema Comercial	Sistema Pequeños diámetros
Caudal	q dis < Q sección llena	q dis < Q sección llena
Velocidades	T.C. 0.6 < v < 3 m/s P.V.C. 0.4 < v < 4 m/s	Velocidad no mayor a 5m/s
Tirante	0.1 ≤ d/D ≤ 0.75	0.1 ≤ d/D ≤ 0.75

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 2016.

- Relación q/Q: determina qué porcentaje del caudal pasa con respecto al máximo posible.

- Relación v/V : relación entre la velocidad del flujo a sección parcial y la velocidad del flujo a sección llena. Para hallar este valor se utilizan las tablas de relaciones hidráulicas, según el valor de q/Q . Una vez encontrada la relación de velocidades se puede determinar la velocidad parcial dentro de la tubería.
- Relación d/D : relación entre la altura del flujo dentro de la tubería (tirante) y el diámetro de la tubería. Se determina a través de las tablas de relaciones hidráulicas, según el valor de q/Q .

En la siguiente tabla se encuentra la relación hidráulica de elementos hidráulicos de una alcantarilla de sección transversal circular.

Tabla XLI. **Relaciones hidráulicas de sección transversal circular**

d/D	a/A	v/V	q/Q	d/D	a/A	v/V	q/Q
0.0050	0.00060	0.050	0.000030	0.0975	0.05011	0.393	0.019693
0.0075	0.00110	0.074	0.000081	0.1000	0.05204	0.401	0.020868
0.0100	0.00167	0.088	0.000147	0.1025	0.05396	0.408	0.022016
0.0125	0.00237	0.103	0.000244	0.1050	0.05584	0.414	0.023118
0.0150	0.00310	0.116	0.000360	0.1075	0.05783	0.420	0.024289
0.0175	0.00391	0.129	0.000504	0.1100	0.05986	0.426	0.025500
0.0200	0.00477	0.141	0.000672	0.1125	0.06186	0.432	0.026724
0.0225	0.00569	0.152	0.000865	0.1150	0.06388	0.439	0.028043
0.0250	0.00665	0.163	0.001084	0.1175	0.06591	0.444	0.029264
0.0275	0.00768	0.174	0.001336	0.1200	0.06797	0.450	0.030587
0.0300	0.00874	0.184	0.001608	0.1225	0.07005	0.456	0.031943

Continuación de la tabla XLI.

0.0325	0.00985	0.194	0.001911	0.1250	0.07214	0.463	0.033401
0.0350	0.01100	0.203	0.002233	0.1275	0.07426	0.468	0.034754
0.0375	0.01219	0.212	0.002584	0.1300	0.07640	0.473	0.036137
0.0400	0.01342	0.221	0.002966	0.1325	0.07855	0.479	0.037625
0.0425	0.01468	0.230	0.003376	0.1350	0.08071	0.484	0.039064
0.0450	0.01599	0.239	0.003822	0.1375	0.08289	0.490	0.040616
0.0475	0.01732	0.248	0.004295	0.1400	0.08509	0.495	0.042120
0.0500	0.01870	0.256	0.004787	0.1425	0.08732	0.501	0.043747
0.0525	0.02010	0.264	0.005306	0.1450	0.08954	0.507	0.045397
0.0550	0.02154	0.273	0.005880	0.1475	0.09129	0.511	0.046649
0.0575	0.02300	0.281	0.006463	0.1500	0.09406	0.517	0.048629
0.0600	0.02449	0.289	0.007078	0.1525	0.09638	0.522	0.050310
0.0625	0.02603	0.297	0.007731	0.1550	0.09864	0.528	0.052082
0.0650	0.02758	0.305	0.008412	0.1575	0.10095	0.533	0.053806
0.0675	0.02916	0.312	0.009098	0.1600	0.10328	0.538	0.055565
0.0700	0.03078	0.320	0.009858	0.1650	0.10796	0.548	0.059162
0.0725	0.03231	0.327	0.010565	0.1700	0.11356	0.560	0.063594
0.0750	0.03407	0.334	0.011379	0.1750	0.11754	0.568	0.066763
0.0775	0.03576	0.341	0.012194	0.1800	0.12241	0.577	0.070630
0.0800	0.03747	0.348	0.013040	0.1850	0.12733	0.587	0.074743
0.0825	0.03922	0.355	0.013923	0.1900	0.13229	0.596	0.078845
0.0850	0.04098	0.361	0.014794	0.1950	0.13725	0.605	0.083036
0.0875	0.04277	0.368	0.015739	0.2000	0.14238	0.615	0.087564
0.0900	0.04459	0.375	0.016721	0.2050	0.14750	0.624	0.091040
0.0925	0.04642	0.381	0.017918	0.2100	0.15266	0.633	0.096634

Continuación de la tabla XLI.

0.0950	0.04827	0.388	0.018729	0.2150	0.15786	0.644	0.101662
0.2250	0.16840	0.659	0.110976	0.6000	0.62646	1.072	0.671570
0.2300	0.17956	0.669	0.116112	0.6100	0.63892	1.078	0.688760
0.2350	0.17913	0.676	0.121092	0.6200	0.65131	1.083	0.705370
0.2400	0.18455	0.684	0.126232	0.6300	0.66363	1.089	0.722690
0.2450	0.19000	0.692	0.131480	0.6400	0.67593	1.094	0.739470
0.2500	0.19552	0.702	0.137260	0.6500	0.68770	1.098	0.755100
0.2600	0.20660	0.716	0.147930	0.6600	0.70053	1.104	0.773390
0.2700	0.21784	0.730	0.159020	0.6700	0.71221	1.108	0.789130
0.2900	0.24070	0.761	0.183170	0.6900	0.73596	1.116	0.821330
0.3000	0.25232	0.776	0.195800	0.7000	0.74769	1.120	0.837410
0.3100	0.26403	0.790	0.208580	0.7100	0.75957	1.124	0.853760
0.3200	0.27587	0.804	0.221800	0.7200	0.77079	1.126	0.867910
0.3300	0.28783	0.817	0.235160	0.7300	0.78219	1.130	0.883840
0.3400	0.29978	0.830	0.248820	0.7400	0.79340	1.132	0.897340
0.3500	0.31230	0.843	0.263270	0.7500	0.80450	1.134	0.912300
0.3600	0.32411	0.856	0.277440	0.7600	0.81544	1.136	0.926340
0.3700	0.33637	0.868	0.291970	0.7700	0.82623	1.137	0.939420
0.3800	0.34828	0.879	0.306490	0.7800	0.83688	1.139	0.953210
0.3900	0.36108	0.891	0.321720	0.7900	0.85101	1.140	0.970150
0.4000	0.37354	0.902	0.336930	0.8000	0.86760	1.140	0.989060
0.4100	0.38604	0.913	0.352460	0.8100	0.87759	1.140	1.000450
0.4200	0.39858	0.921	0.367090	0.8200	0.87759	1.140	1.000450
0.4300	0.40890	0.934	0.381910	0.8300	0.88644	1.139	1.009660
0.4400	0.42379	0.943	0.399630	0.8400	0.89672	1.139	1.021400

Continuación de la tabla XLI.

0.4500	0.43645	0.955	0.416810	0.8500	0.90594	1.138	1.031000
0.4600	0.44913	0.964	0.432960	0.8600	0.91491	1.136	1.047400
0.4700	0.46178	0.973	0.449310	0.8700	0.92361	1.134	1.047400
0.4900	0.48742	0.991	0.483030	0.8900	0.94014	1.128	1.060300
0.5000	0.50000	1.000	0.500000	0.9000	0.94796	1.124	1.065500
0.5100	0.51256	1.009	0.517190	0.9100	0.95541	1.120	1.070100
0.5200	0.52546	1.016	0.533870	0.9200	0.96252	1.116	1.074200
0.5300	0.53822	1.023	0.550600	0.9300	0.96922	1.106	1.074900
0.5500	0.56355	1.033	0.582150	0.9500	0.98130	1.094	1.073500
0.5600	0.57621	1.049	0.604440	0.9600	0.98658	1.086	1.071400
0.5700	0.58882	1.058	0.622970	0.9700	0.99126	1.075	1.065600
0.5800	0.60142	1.060	0.637500	0.9800	0.99522	1.062	1.056900

Fuente: AMANCO. (2020). *Manual de diseño NOVAFORT Y NOVALOC*.

2.2.9. Diseño hidráulico

Es aquel con el cual logramos trazar de modo eficiente una red de drenaje que trabaja a óptimas condiciones.

2.2.9.1. Determinación de las velocidades

Para simplificar el diseño de sistemas de alcantarillado, es aceptable asumir condiciones constantes de flujo, aunque la mayoría de los sistemas de drenaje o alcantarillado funcionan con caudales sumamente variables. Cuando se diseña permitiendo que la altura de flujo en el conducto varíe, se considera

como un flujo a superficie libre, de tal manera que para esta se utiliza la siguiente ecuación para conductos circulares y unidades mixtas:

$$V = \frac{0.03429 * R^{2/3} * S^{1/2}}{n}$$

Donde:

V= Velocidad a sección llena (m/s)

R = Radio hidráulico (m)

S = Pendiente hidráulica (m/m)

n = coeficiente de rugosidad, n= 0.009 para tuberías NOVAFORT

2.2.9.2. Determinación de las pendientes

La pendiente hidráulica, se obtiene dividiendo la diferencia de altura entre dos puntos respecto a la distancia horizontal o separación entre ellos se recomienda que la pendiente a utilizar sea la pendiente natural del terreno siempre y cuando cumpla con las relaciones hidráulicas y las velocidades permisibles, se calcula de la siguiente manera:

$$S\% = \frac{H1 - H2}{L} * 100$$

Donde:

S% = pendiente del terreno (%)

H1 = elevación aguas arriba (m)

H2 = elevación aguas abajo (m)

L = Longitud horizontal (m)

No existen pendientes mínimas, simplemente se debe asegurar un arrastre de excretas. Cuando sean pendientes muy pronunciadas, se recomienda utilizar un sistema de tramos cortos con pendientes aceptables, en el caso de que las pendientes sean muy leves, se recomienda acumular la mayor cantidad de caudales, para generar mayor velocidad.

2.2.9.3. Determinación de caudal

Para determinar el volumen de agua que pasa en un determinado tiempo se procede a utilizar la ecuación de continuidad:

$$Q = V * A$$

Donde:

Q = caudal a sección llena (L/s)

V = velocidad (m/s)

A = área de tubería (m²)

Se utilizará la velocidad que nos proporciona la ecuación de Manning a sección llena. Para así comparara los caudales de diseño y Caudales a sección llena.

2.2.10. Cotas *invert*

Es la distancia que existe entre el nivel de la rasante del suelo y el nivel inferior de la tubería, esta debe ser al menos a las especificaciones de recubrimiento mínimo necesario de la tubería, para ello se debe tomar en cuenta la pendiente del terreno y la distancia entre pozos.

Para el cálculo de las cotas invert y altura de pozos se utilizarán las siguientes ecuaciones:

$$CIS\ PV1 = CT - (HP - \phi_{tub})$$

$$CIE\ PV2 = (CIS\ PV1) - \frac{DH * S\%_{tub}}{100}$$

$$CIS\ PV2 = CIE\ PV2 - (Diferencia\ requerida)$$

Donde:

CIS PV1 = cota invert de salida del pozo 1

CIS PV2 = cota invert de salida del pozo 2

CIE PV2 = cota invert de entrada del pozo 2

HP = altura del pozo de visita

CT = cota del terreno

DH = distancia horizontal

S% = pendiente del terreno

Øtub = diámetro de la tubería a utilizar

2.2.11. Ejemplo del cálculo de drenajes sanitarios

A continuación, se realizará el cálculo del tramo del pozo de visita 14A al pozo de visita 19.

Datos:

Número de viviendas acumuladas en ese tramo: 151 casas

Número de habitantes actuales en ese tramo: 56 personas

Población total actual: 1680 personas

Tasa de crecimiento: 1.9

- Población futura:

$$P_f \text{ del tramo} = 56 * \left(1 + \frac{1.9}{100}\right)^{23} = 86$$

- Pendiente del terreno:

$$S\% = \frac{1922.1 \text{ m} - 1916 \text{ m}}{109.4 \text{ m}} * 100 = 5.57\%$$

- Factor de Hardmond:

$$FH_{actual} = \frac{18 + \sqrt{56/1000}}{4 + \sqrt{56/1000}} = 4.30$$

$$FH_{futura} = \frac{18 + \sqrt{86/1000}}{4 + \sqrt{86/1000}} = 4.26$$

- Caudal de diseño:

$$q_d \text{ actual} = 56 * 0.005 * 4.30 = 1.204 \text{ L/s}$$

$$q_d \text{ futuro} = 86 * 0.005 * 4.26 = 1.832 \text{ L/s}$$

- Determinando velocidad y caudal a sección llena

Para una pendiente de 3.2 % y diámetro de tubería de 8", realizado con la tabla de relaciones hidráulicas se determinó que:

$$v = 2.70 \text{ m/s}$$

$$Q = 85 \text{ L/s}$$

- Relación hidráulica q/Q

$$\frac{q_d}{Q} \text{ actual} = \frac{1.204 \text{ L/s}}{85 \text{ L/s}} = 0.01416470588$$

$$\frac{q_d}{Q} \text{ futura} = \frac{1.832 \text{ L/s}}{85 \text{ L/s}} = 0.021555294118$$

- Relación v/V y d/D

Realizado con la relación hidráulica q/Q se procede a utilizar un aproximado a este para determinar v/V y d/D :

$$\frac{v}{V} \text{ actual} = 0.355$$

$$\frac{v}{V} \text{ futuro} = 0.401$$

$$\frac{d}{D} \text{ actual} = 0.0825$$

$$\frac{d}{D} \text{ futuro} = 0.100$$

- Determinando velocidad a sección parcial de la tubería:

$$v_{\text{actual}} = 0.355 * 2.7 = 1.00$$

$$v_{\text{futura}} = 0.401 * 2.7 = 1.10$$

- Cota Invert:

$$CIS \ PV14A = 1922.1 \text{ m} - \left(2.5 \text{ m} + \left(8'' * \frac{0.0254 \text{ m}}{1''} \right) \right) = 1919.40 \text{ m}$$

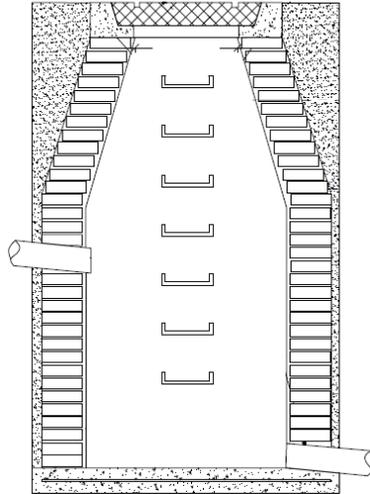
$$CIE \ PV14A = (1919.80 \text{ m}) - \frac{109.4 \text{ m} * 3.2\%}{100} = 1915.90 \text{ m}$$

$$CIS \ PV19 = 1916 - \left(2.5 \text{ m} - \left(8'' * \frac{0.0254 \text{ m}}{1''} \right) \right) = 1913.70 \text{ m}$$

2.2.12. Pozos de visita

Estas estructuras verticales son parte de las obras accesorias de un sistema de alcantarillado y se utilizan para el mantenimiento del sistema de drenaje, específicamente para limpieza e inspección.

Figura 28. **Sección típica de un pozo de visita**



Fuente: elaboración propia, realizado con CivilCAD 2016.

2.2.12.1. Especificaciones físicas

Están formados por una chimenea de mampostería de forma cilíndrica en la parte inferior y troncocónica en la parte superior. La cimentación de estos pozos puede ser de mampostería o de concreto. En terrenos suaves se construye de concreto armado, aunque la chimenea sea de tabique.

En cualquier caso, las banquetas del pozo pueden ser de tabique o piedra. Todos estos elementos se juntan con mortero cemento-arena, con aditivo impermeabilizante. Un brocal de hierro dúctil que cubre la boca. El piso es una plataforma en la cual se localizan canales (medias cañas) que prolongan los conductos. Una escalera de peldaños empotrados en las paredes del pozo permite el descenso y ascenso del personal encargado de la operación y el mantenimiento del sistema.

2.2.12.2. Especificaciones de colocación

- El ingreso es circular y tiene un diámetro entre 0,60 a 0,75 metros.
- La tapadera descansa sobre un brocal; ambos construidos de concreto reforzado.
- Las paredes del pozo están impermeabilizadas por repello más un cernido liso.
- El fondo está formado de concreto, que deja la pendiente necesaria para que corra el agua; la dirección en que se dirigirá estará determinada por medio de canales, constituidos por tubería cortada transversalmente.
- Para realizar la inspección o limpieza de pozos profundos se deben dejar escalones, los cuales serán de hierro y estarán empotrados a las paredes del pozo.

2.2.12.3. Normas y recomendaciones

Según las normas para construcción de alcantarillados, se recomienda colocar pozos de visita en los siguientes casos:

- En toda intercepción de colectores.
- Al comienzo de todo colector.
- En todo cambio de sección o diámetro.
- En todo cambio de dirección, si el colector no es visitable interiormente, y en todo colector visitable que forme un ángulo menor de 120°.
- En tramos rectos, a distancias no mayores de 100 a 120 metros.
- En las curvas de colectores visitables, a no más de 30 metros.

2.2.12.4. Volumen de excavación

La zanja debe ser lo suficientemente amplia para permitir un acomodo correcto de la tubería y del material de relleno para garantizar un adecuado soporte lateral, ya que una zanja angosta hace difícil el ensamble e instalación de la tubería, en la siguiente tabla se presentan los anchos mínimos de zanja recomendados:

Tabla XLII. **Anchos mínimos de zanja**

Diámetro nominal		Ancho de Zanja	
mm	pulg	metros	pulg
150	6	0.55	22
200	8	0.62	24
250	10	0.67	26

Fuente: AMANCO. (2020). *Manual de diseño NOVAFORT Y NOVALOC.*

Para el cálculo del movimiento de tierra se utilizará la siguiente ecuación:

$$V = \left(\frac{H1 + H2}{2} \right) * d * t$$

Donde:

V = volumen del pozo (m³)

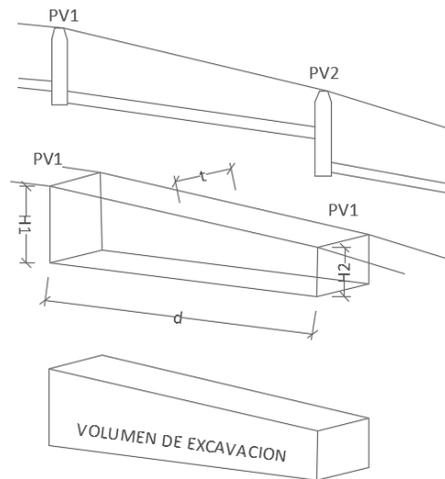
H1 = Profundidad del primer pozo (m)

H2 = Profundidad del segundo pozo (m)

d = distancia entre pozos (m)

t = Ancho de la zanja (m)

Figura 29. **Volumen de excavación**



Fuente: elaboración propia, realizado con CivilCAD 2016.

Conexion domiciliar

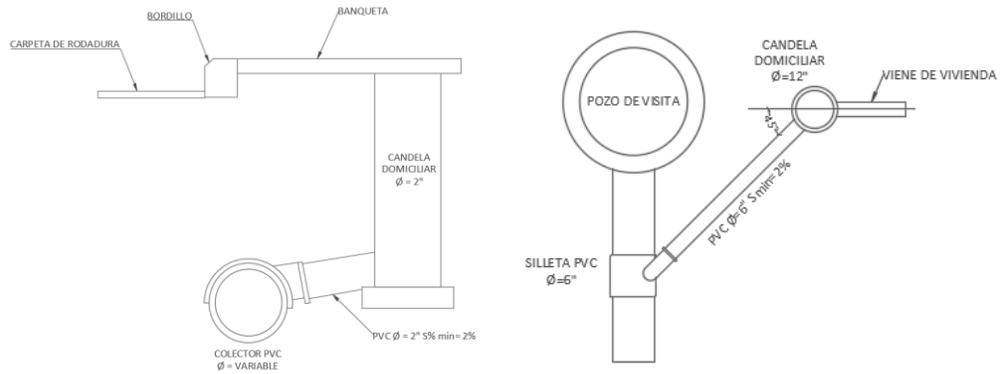
Tienen la finalidad de descargar las aguas provenientes de las casas y llevarlas al colector central, realizado con dos tipos de acometidas, las cuales son:

- Acometida individual: También llamadas conexiones domiciliarias, tienen como finalidad transportar las aguas residuales originadas de las viviendas al drenaje secundario o cualquier otro drenaje, excepto a otra acometida domiciliar. Suelen construirse una caja de inspección la cual tendrá una tapa removible a nivel de la superficie con el objetivo de facilitar las labores de mantenimiento en la conexión.
- Acometidas conjuntas: En el caso de viviendas unifamiliares, cuyo frente sea de seis metros o cuando las condiciones económicas lo requieran, se podrá construir una sola caja de empalme para cada dos viviendas, con el fin de tener una sola acometida a la red principal.

Partes de la conexión

- Caja o candela: La conexión se realiza por medio de una caja de inspección, construida de mampostería o con tubos de concreto colocados verticalmente. El lado menor de la caja será de 45 centímetros, si fuese circular, tendrá un diámetro no menor de 12 pulgadas. Éstos deben estar impermeabilizados por dentro y tener una tapadera para realizar inspecciones, el fondo tiene que ser fundido de concreto, y dejar la respectiva pendiente para que las aguas fluyan por la tubería secundaria y pueda llevarla al colector central, la altura mínima de la candela será de un metro.
- Tubería secundaria: La conexión de la candela domiciliar con el colector central se hará por medio de la tubería secundaria, la cual debe tener un diámetro mínimo de 6 pulgadas en tubería de concreto y de 4 pulgadas en tubería de PVC, con una pendiente mínima de 2 % y una máxima de 6 %, a efecto de evacuar adecuadamente el agua. La conexión con el colector central se hará en el medio diámetro superior, a un ángulo entre 30 y 60 grados. La utilización de sistemas que permiten un mejor funcionamiento del drenaje se empleará en situaciones en las cuales el diseñador lo considere conveniente, derivado de las características del sistema que se diseñe y de las condiciones físicas donde se construya. Algunos de estos sistemas son tubería de ventilación, tanques de lavado, sifones invertidos, disipadores de energía, pozos de luz, derivadores de caudal y otros.

Figura 30. **Detalle de conexión domiciliar**



Fuente: elaboración propia, realizado con CivilCAD 2016.

2.2.12.5. Tratamiento

Para la formulación de la propuesta de la planta de tratamiento, se presentan las definiciones y características de los sistemas de tratamiento de las aguas residuales municipales, aplicables a los desechos domésticos.

Para el buen funcionamiento de una planta de tratamiento, se identifican tres procesos fundamentales:

- Los procesos físicos: estos consisten en la separación de sólidos sedimentables presentes en las aguas residuales y su estabilización, la remoción de partículas flotantes, la retención de partículas de gran tamaño, entre otros.
- Los procesos químicos: los cuales consisten en la separación o transformación de las sustancias sedimentables, flotantes y disueltas mediante el uso de sustancias químicas, por ejemplo, la utilización de algún desinfectante.

- Los procesos biológicos: en donde intervienen ciertos microorganismos para la oxidación y mineralización de sustancias orgánicas presentes en las aguas residuales.

Cada etapa en el tratamiento de aguas residuales tiene una función específica que contribuye al mejoramiento de la calidad del afluente respecto a su condición inicial al ingresar al ciclo de la planta, que va desde el proceso más sencillo hasta el más complicado. Esto exige que el proceso de una planta se separe en etapas, las cuales son analizadas por separado, existiendo siempre una conexión entre cada una de ellas.

2.2.13. Elaboración de planos finales

Para este proyecto se realizaron los siguientes planos, los cuales se encontrarán en el anexo:

- Planta general.
- Planta y perfil por tramo.
- Detalle de pozos.

2.2.14. Presupuesto general

Este nos permite determinar el precio del proyecto a efectuar, este se elaboró a base de precios unitarios, tomando en cuenta los costos directos e indirectos.

Tabla XLIII. Presupuesto general del sistema de alcantarillado sanitario en la aldea El Manzano La Libertad sector 1.

Integración de Costos Unitarios					
No.	Renglón	Cantidad Contratada	Precio Unitario Contratado	Unidad	Costo total
1	Trabajos Preliminares				Q 121,286.80
1.1	Limpieza	Q 2,518.32	22.60	m	Q 56,918.79
1.2	Trazo y estaqueo	Q 2,518.32	25.56	m	Q 64,368.01
2	Instalación de Tuberías				Q 1,929,401.23
2.1	Excavación de zanjas y pozos	Q 5,097.41	93.44	m3	Q 476,298.20
2.2	Instalación de tuberías 8"	Q 1,056.85	362.67	m	Q 383,291.46
2.3	Instalación de tuberías 6"	Q 1,549.43	245.07	m	Q 379,714.83
2.4	Relleno y compactación	Q 5,250.33	131.44	m3	Q 690,096.75
3	Pozos de Visita				Q 734,820.27
3.1	Pozo de vista H=2.00m	6	Q 6,427.71	m	Q 38,566.29
3.2	Pozo de vista H=2.50m	25	Q 8,182.28	m	Q 204,556.96
3.3	Pozo de vista H=3.00m	20	Q 9,965.53	m	Q 199,310.62
3.4	Pozo de vista H=3.50m	5	Q 11,756.04	m	Q 58,780.19
3.5	Pozo de vista H=4.00m	7	Q 13,439.70	m	Q 94,077.90
3.6	Pozo de vista H=4.50m	1	Q 15,073.30	m	Q 15,073.30
3.7	Pozo de vista H=5.00m	3	Q 17,009.19	m	Q 51,027.56
3.8	Pozo de vista H=5.50m	1	Q 18,773.33	m	Q 18,773.33
3.9	Brocal y tapadera	68	Q 803.74	m	Q 54,654.13
4	Traslado de material sobrante al predio municipal				Q 67,007.84
4.1	Limpieza final	2518.32	Q 26.61	m	Q 67,007.84
TOTAL PROYECTO					Q 2,852,516.14

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 2016.

Tabla XLV. Estudio de impacto ambiental del sistema de alcantarillado sanitario en la aldea El Manzano La Libertad sector 1.

1. INFORMACIÓN GENERAL					
1.1. Información del Proyecto (según datos en la declaración jurada)					
Nombre del Proyecto, obra, industria o actividad	Diseño de drenaje sanitario				
Dirección donde se ubica el Proyecto	Aldea El Manzano La Libertad Sector 1, Municipio de Santa Catarina Pinula, departamento de Guatemala.				
1.2. Información legal (persona individual o jurídica)					
Nombre del propietario y/o Representante Legal	Municipalidad de Santa Catarina Pinula				
Código Único de Identificación (CUI) del Documento Personal de Identificación (DPI)					
Razón social					
Nombre Comercial					
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.
Patente de Comercio (Sucursal)	Registro No.		Folio No.		Libro No.
Finca donde se ubica el Proyecto	Finca No.		Folio No.		Libro No. de
Número de RTU					
1.3. Información de contacto del proponente					
Teléfono			Correo electrónico		
Dirección para recibir notificaciones (dirección fiscal)					
1.4. Información de contacto de Profesional de apoyo					
Nombre			Profesión		
Teléfono			Correo electrónico		
No. De Licencia de Consultor					
1.5. Fases de desarrollo del Proyecto					
Fase de construcción	Fase de operación		Fase de abandono		
¿Aplica? Si/No		¿Aplica? Si/No		¿Aplica? Si/No	
En caso no aplique alguna de las fases, justificarse:	Fase de planificación				
2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO					
<p>El proyecto consiste en la construcción de un edificio que tenga dos propósitos, alcaldía exiliar y estación policial, esta ser una estructura tipo cajón (muros confiados), la cual constituirá de dos niveles, ubicada en la aldea la Salvadora 1, en el municipio de Santa Catarina Pinula, Guatemala.</p>					

Continuación de la tabla XLV.

Establecer las coordenadas donde se ubicará su proyecto.			
Coordenadas geográficas (en grados, minutos, segundos; o grados decimales)			
Latitud		14°33'27.29"N	
Longitud		90°26'38.39"O	
2.1. Área de Influencia Indirecta del Proyecto			
Dirección	Descripción del entorno		Distancia (metros)
Norte			
Sur			
Este	Laguna bermeja		632.69
Oeste	Puerta parada		990.59
2.2. Área de Influencia Directa del Proyecto			
Norte	Granjas		
Sur	Granjas		
Este	Casas		
Oeste	Granjas		
Indicar si se encuentra en área urbana, rural o mixta:		Rural	
2.3. Exposición a riesgos			
Inundación		Explosión	Deslizamientos
Derrumbes	x	Sismos	x
Otros (explicar)			
2.4. Área del Proyecto			
Área del terreno:		10002.83 m2	
Área de ocupación:		2606.28 m2	
Área de construcción:		2606.28 m2	
2.5. Descripción de las fases de desarrollo del Proyecto			
Fase de construcción	Actividades a realizar		
	Insumos necesarios		
	Maquinaria y equipo		
	Horario de trabajo		
	Contratación de personal		
	Otros de relevancia		
Fase de operación	Activades o procesos		
	Materia prima e insumos		
	Maquinaria y equipo		

Continuación de la tabla XLV.

	Productos y subproductos (bienes y servicios)				
	Horario de trabajo				
	Contratación de personal				
	Otros de relevancia				
Fase de abandono	Acciones a tomar en caso de cierre o abandono del Proyecto				
2.6. Información específica de insumos					
Agua	Forma de suministro	Si/No	Consumo (mensual)	Forma de almacenamiento	Uso y medidas de seguridad
	Servicio municipal	No			
	Servicio privado	No			
	Pozo manual	No			
	Pozo mecánico Superficial	No			
	Otro				
Combustibles	Tipo	Si/No	Consumo (mensual)	Forma de almacenamiento	Uso y medidas de seguridad
	Gasolina	No			
	Diésel	No			
	Bunker	No			
	GLP	No			
Lubricantes	Solubles	No			
	No solubles	No			
Energía eléctrica	Forma de suministro	Si/No	Consumo (mensual)	Uso y medidas de seguridad	
	Público	No			
	Privado	No			
	Propio	No			
Equipo eléctrico	Tipo	Si/No	Uso y medidas de seguridad		Forma de mantenimiento y proveedor
	Transformadores	No			
	Condensadores	No			
	Capacitores	No			
	Inductores eléctricos	No			
	Otro equipo que contenga aceite dieléctrico	No			
3. IMPACTOS AL AIRE Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN					
3.1. Gases y material particulado					
¿Las actividades o acciones en las fases de construcción, operación y/o abandono del Proyecto generan gases o partículas (Ejemplo: ¿polvo, humo, niebla, material particulado, ceniza, etc.) que se disipan al aire? Ampliar la información e indicar la fuente de donde se generarán.					
Polvo por la extracción y compactación					

Continuación de la tabla XLV.

3.2. Fuentes de radiaciones (ionizantes / no ionizantes)	
¿Las actividades o acciones en las fases de construcción, operación y/o abandono del Proyecto radiaciones de tipo ionizante o no ionizante? Justificar su respuesta.	
no.	
¿Qué se hace o se hará para controlar las radiaciones ionizantes o no ionizantes para que el vecindario o a los trabajadores?	
3.3. Ruidos y vibraciones	
Las actividades o acciones en las fases de construcción, operación y/o abandono del Proyecto ¿producen sonidos fuertes (ruido), o vibraciones? ¿En dónde se genera el sonido y/o las vibraciones? (ejemplo: maquinaria, equipo, instrumentos musicales, vehículos, etc.)	
Si, provocados por maquinarias y herramientas	
¿Qué acciones se toman o tomarán para evitar que el ruido o las vibraciones afecten al vecindario o a los trabajadores?	
Se trabajara en horarios establecidos y realizado con señalizaciones que resguarden su seguridad	
3.4. Olores	
Las actividades o acciones en las fases de construcción, operación y/o abandono del Proyecto, ¿generan olores? Explicar con detalles la fuente de generación y el tipo o características del olor o los olores.	
No.	
4. IMPACTOS AL AGUA Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN	
4.1. Aguas residuales	
Deberá consultar el Acuerdo Gubernativo No. 236-2006 “Reglamento de las Descargas y Reúso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos” y sus Reformas.	
Fase de construcción	
¿Qué tipo de aguas residuales (aguas servidas) se generarán? Marcar con una X la información.	<input type="checkbox"/> Aguas residuales de tipo ordinario (domésticas) <input type="checkbox"/> Aguas residuales de tipo especial (incluye la mezcla de tipo ordinario y especial) <input checked="" type="checkbox"/> Otro
Describir el manejo y las medidas de mitigación a aplicarse para las aguas residuales a generarse.	
No se manejara ningún tipo de agua servida	
Fase de operación	

Continuación de la tabla XLV.

<p>¿Qué tipo de aguas residuales (aguas servidas) se generarán? Marcar con una X la información.</p>	<p><input checked="" type="checkbox"/> Aguas residuales de tipo ordinario (domésticas) <input type="checkbox"/> Aguas residuales de tipo especial (incluye la mezcla de tipo ordinario y especial) <input type="checkbox"/> Otro</p>
<p>Indicar el o los lugar(es) de descarga(s) de las aguas residuales a generarse (alcantarillado sanitario, cuerpo receptor).</p>	
<p>Se recolectaran mediante tuberías, para posteriormente ser colectadas por una planta de tratamiento</p>	
<p>Según Acuerdo Gubernativo No. 236-2006 y por las características del Proyecto, ¿es necesario implementar sistema de tratamiento de aguas residuales? Justificar su respuesta.</p>	
<p>No, ya que el caudal es muy bajo y este lo tendrá que coleccionar la municipalidad</p>	
<p>Sistema de tratamiento de aguas residuales</p>	
<p>Describir el sistema de tratamiento que se propone para dar tratamiento a las aguas residuales previo a su disposición, así como el tratamiento y la disposición de lodos (usar hojas adicionales, adjuntando manual de operación y mantenimiento).</p>	
<p>4.2. Agua de lluvia (aguas pluviales)</p>	
<p>¿Existen impermeabilizaciones que generen escorrentías, que impidan la infiltración natural del agua de lluvia durante todas las fases del proyecto?</p>	
<p>Si</p>	
<p>Explicar la forma de captación, conducción y el punto de descarga del agua de lluvia (zanjones, cunetas, ríos, pozos de absorción, alcantarillado, etc.)</p>	
<p>El agua de lluvia será recolectada y extraída mediante maquinaria y serán evacuadas a colectores municipales</p>	
<p>5. IMPACTOS AL SUELO Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN</p>	
<p>5.1. Cambio de Uso del suelo</p>	
<p>Por la ubicación y las características del proyecto, ¿se producirá algún cambio en el uso del suelo?</p>	
<p>No</p>	
<p>¿Qué acciones o medidas de mitigación se plantean para adecuarse a las áreas colindantes del Proyecto?</p>	
<p></p>	
<p>5.2. Geomorfología</p>	
<p>¿Existirá movimientos de tierra? Justificar. Si su respuesta es afirmativa, indique la cantidad.</p>	
<p>Si, 5097.41 m2</p>	
<p>6. IMPACTOS AL ELEMENTO BIÓTICO Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN</p>	

Continuación de la tabla XLV.

<p>¿El proyecto requiere efectuar corte de árboles? Indique el volumen de madera y su manejo. Si no aplica, justificarse. Ver requisito 10.</p> <p>no, existe ya un camino de terracería en donde se ubicara la tubería</p>
<p>Por la construcción u operación del proyecto, ¿puede afectar la biodiversidad del área? Explicar.</p> <p>No, ya que es una zona rural, pero en su mayoría son granjas y casas</p>
<p>IMPACTOS A LOS ELEMENTOS SOCIOECONÓMICOS, CULTURALES Y ESTÉTICOS</p>
<p>6.1. Elementos Socioeconómicos y Culturales</p>
<p>¿El proyecto provoca o provocaría alguna molestia al vecindario? Explicar su respuesta.</p> <p>En algunas zonas si, ya que hay que pasar en una zona sobre servidumbres de paso.</p>
<p>¿El proyecto cuenta o contará con vehículos en sus distintas fases? Mencione qué tipo, cantidad de unidades y lugar de estacionamiento.</p> <p>Si, pickups, cargadores frontales, camiones de volteo y tractores de cadena.</p>
<p>¿Qué medidas se hacen o se proponen realizar para no afectar al vecindario?</p> <p>Trabajar en horarios establecidos y cubrir el área</p>
<p>6.2. Elementos Estéticos</p>
<p>En el área donde funciona o funcionará el proyecto, ¿se considera patrimonio histórico o cultural justificarse.</p> <p>No, ya que esta es una zona de poca relevancia histórica</p>
<p>Donde se encuentra o encontrará el proyecto, ¿es área protegida? Si no aplica, justificarse. Ver requisito 10.</p> <p>Ubicado Aldea El Manzano La Libertad Sector 1, Municipio de Santa Catarina Pinula, es propiedad de la municipalidad</p>
<p>¿Qué medidas se proponen para conservar en lo posible la belleza arquitectónica o paisajística por la implementación del proyecto?</p> <p>No, ya que es una construcción subterránea entonces no afectara algún paisaje</p>
<p>7. SALUD Y SEGURIDAD OCUPACIONAL</p>
<p>De ser necesario, mencione qué medidas de seguridad ocupacional requieren los empleados para realizar los distintos trabajos en todas las fases del proyecto (guantes, máscara, entre otros).</p> <p>Todo equipo de protección personal, casco, botas, guantes, lentes, mascarilla y chalecos refractivos.</p>

Fuente: MARN. (2019). *Formulario categoría "C" para estudio de impacto ambiental*.

2.3. Diseño de sistema de alcantarillado pluvial en la aldea El Manzano La Libertad sector 1

Para definir una solución a los habitantes de la aldea El Manzano La Libertad Sector 1, se debe crear un diseño que permita una mejor calidad de vida.

2.3.1. Descripción del proyecto

Actualmente en la aldea El Manzano La Libertad Sector 1, no cuenta con una red de alcantarillado por lo cual no pueden transportar las aguas residuales a un lugar adecuado causa enfermedades a los pobladores y contaminación del medio ambiente ya que personas conducen sus desechos hacia letrinas u otros lugares inapropiados, por lo que se genera contaminación y un deterioro visual.

Según las Normas Generales Para el Diseño de Alcantarillados del INFOM indica que en poblaciones que no cuentan con ningún sistema de drenaje, se deberá proyectar un sistema de alcantarillado sanitario de cual están excluidos los caudales de agua de lluvia provenientes de calles, techos y otras superficies, por lo que serán separativos, siendo aguas pluviales y aguas negras

Se utilizará un periodo de diseño de 20 años el cual permitirá un trabajo más eficiente ya que con la instalación de drenaje pluvial se prestará un mejor servicio a la comunidad del sector ya que mejorará la calidad de vida de las personas, y las condiciones de salud de la población. Por lo que se pretende dar un impacto positivo al medio ambiente.

2.3.2. Estudio topográfico

Este es realizado con el fin de determinar las posiciones relativas de puntos situados sobre la superficie (arriba, sobre o debajo) de la tierra y posteriormente su representación en un plano, por medio de medidas sobre distancias, direcciones y elevaciones, para este proyecto la municipalidad cuenta con un mapeo topográfico, mediante fotografías aéreas, las cuales cuentan con valores como alturas y distancias, llamado así fotogrametría.

2.3.2.1. Altimetría

Son mediciones de altura o elevaciones, es utilizado para determinar las posiciones verticales relativas de los elementos de una obra civil.

2.3.2.2. Planimetría

Es aquella aplicada en los casos en que la precisión requerida es tan baja que las correcciones por curvatura resultarían despreciables al compararlos con los errores de las mediciones, por tal motivo se considera a la superficie de la tierra como un plano.

2.3.3. Normas y detalles de diseño de drenaje pluvial

Para el diseño del sistema de drenaje sanitario se tomaron como base las normas que establece la Dirección General de Obras Públicas, del Instituto de Fomento Municipal INFOM, a su vez se utiliza las recomendaciones de los fabricantes de tubería para drenajes, ya que, con las especificaciones suministradas, se puede diseñar un sistema óptimo, económicamente.

2.3.4. Diseño del sistema

El sistema de alcantarillado pluvial es un conjunto de conductos, canalizaciones y obras accesorias para recolectar y conducir únicamente a las aguas de escorrentía proveniente de las lluvias, corren a través de las zonas urbanas y sus alrededores.

2.3.4.1. Tuberías

Las tuberías son las encargadas de colectarán la escorrentía proveniente de calles y de los drenajes pluviales de las viviendas y transportarlos hacia un afluente. Los diámetros se dispondrán según los caudales que circularán a través de ellos y las pendientes del terreno, por lo que un sistema en conjunto puede poseer distintos diámetros en un solo tramo. Los materiales a utilizar varían según el criterio de cada diseñador, entre ellos se encuentran; las tuberías de concreto y de PVC.

Para este proyecto se utilizarán las tuberías Novafort, ya que es el material típico utilizado en la municipalidad de Santa Catarina Pinula, para el diseño de sistemas de alcantarillado en general.

2.3.4.2. Diámetro mínimo

Según las Normas generales para el diseño de alcantarillado pluvial el diámetro mínimo recomendado para sistemas de alcantarillado pluvial es de 8" en tuberías de PVC y 10" en tuberías de concreto.

2.3.4.3. Velocidades mínimas y máximas

Para la velocidad máxima y mínima del diseño, las normas generales para diseño de alcantarillados del INFOM recomienda utilizar como máximo 2,50 m/s y como mínimo 0,60 m/s; las especificaciones que garantizan los fabricantes de tubería, recomiendan 5,00 m/seg como máximo y 0,40 m/seg como mínimo.

Tabla XLVI. Velocidades y caudales, según la pendiente y su diámetro

Diámetro	150 mm (6")		200 mm (8")		250 mm (10")	
	Q (L/s)	v (m/s)	Q (L/s)	v (m/s)	Q (L/s)	v (m/s)
0.1	7.0	0.39	15.0	0.5	27.2	0.6
0.2	9.9	0.56	21.2	0.7	38.5	0.8
0.3	12.1	0.68	26.0	0.8	47.1	1.0
0.4	13.9	0.79	30.0	1.0	54.4	1.1
0.5	15.6	0.88	33.6	1.1	60.8	1.2
0.6	17.1	0.96	36.8	1.2	66.6	1.4
0.7	18.4	1.04	39.7	1.3	71.9	1.5
0.8	19.7	1.11	42.5	1.4	76.9	1.6
0.9	20.9	1.18	45.1	1.4	81.6	1.7
1.0	22.0	1.25	47.5	1.5	86.0	1.8
1.1	23.1	1.31	49.8	1.58	90.2	1.84
1.2	24.1	1.36	52.0	1.65	94.2	1.92
1.3	25	1.42	54.2	1.72	98.0	2.00
1.4	26.1	1.47	56.2	1.79	101.7	2.07
1.5	27	1.53	58.2	1.85	105.3	2.14
1.6	27.9	1.58	60.1	1.91	108.8	2.21
1.7	28.7	1.62	61.9	1.97	112.1	2.28
1.8	29.6	1.67	63.7	2.02	115.3	2.35
1.9	30.4	1.72	65.5	2.08	118.8	2.41
2.0	31.2	1.76	67.2	2.13	121.6	2.48
2.1	31.9	1.80	68.8	2.19	124.6	2.54
2.2	32.7	1.85	70.5	2.24	127.5	2.60
2.3	33.4	1.89	72.0	2.29	130.4	2.65
2.4	34.1	1.93	73.6	2.34	133.2	2.71
2.5	34.8	1.97	75.1	2.39	136.0	2.77
2.6	35.5	2.01	76.6	2.43	138.7	2.82
2.7	36.2	2.05	78.1	2.48	141.3	2.88

Continuación de la tabla XLVI.

2.8	36.9	2.08	79.5	2.53	143.9	2.93
2.9	37.5	2.12	80.9	2.54	146.4	2.98
3.0	38.2	2.16	82.3	2.61	148.9	3.03
3.1	38.8	2.19	83.6	2.66	151.4	3.08
3.2	39.4	2.23	85.0	2.70	153.8	3.13
3.3	40	2.26	86.3	2.74	156.2	3.18
3.4	40.6	2.30	84.6	0.78	158.6	3.23
3.5	41.2	2.33	88.9	2.82	160.9	3.27
3.6	41.8	2.36	90.1	2.86	163.2	3.32
3.7	42.4	2.40	91.4	2.90	165.4	3.37
3.8	43	2.43	92.6	2.94	167.6	3.41
3.9	43.5	2.46	93.8	2.98	169.8	3.46
4.0	44.1	2.49	95.0	3.02	172.0	3.50
4.1	44.6	2.52	96.2	3.06	174.1	3.54
4.2	45.2	2.55	97.4	3.09	176.2	3.59
4.3	45.7	2.58	98.5	3.13	178.3	3.63
4.4	46.2	2.61	99.6	3.17	180.4	3.67
4.5	46.7	2.64	100.8	3.20	182.4	3.71
4.6	47.3	2.67	101.9	3.24	4844.0	3.75
4.7	47.8	2.70	103.0	3.27	186.4	3.79
4.8	48.3	2.73	104.1	3.31	188.4	3.83
4.9	48.8	2.76	105.2	3.24	190.3	3.87
5.0	49.3	2.78	106.2	3.37	192.3	3.91
5.1	49.8	2.81	107.3	3.42	184.2	3.95
5.2	50.3	2.84	108.3	3.44	196.1	3.99
5.3	50.7	2.87	109.4	3.47	198.0	4.03
5.4	51.2	2.89	110.4	3.51	199.8	4.07
5.5	51.7	2.92	111.4	3.54	201.7	4.10
5.6	52.1	2.95	112.4	3.57	203.5	4.14
5.7	52.6	2.97	113.4	3.60	205.3	4.18
5.8	53.1	3.00	114.4	3.63	207.1	4.22
5.9	53.5	3.03	115.4	3.67	208.9	4.25
6.0	54.0	3.05	116.4	3.70	210.6	4.29
6.1	54.4	3.08	117.3	3.73	212.4	4.32
6.2	54.9	3.10	118.3	3.76	214.4	4.36
6.3	55.3	3.13	119.2	3.79	215.8	4.39
6.4	55.8	3.15	120.2	3.82	217.5	4.43
6.5	56.2	3.18	121.1	3.85	219.2	4.46
6.6	56.6	3.20	122.0	3.88	220.9	4.50
6.7	57.0	3.22	123.0	3.91	222.6	4.53

Continuación de la tabla XLVI.

6.8	57.5	3.25	123.9	3.94	224.2	4.56
6.9	57.9	3.27	124.8	3.96	5.9	4.60
7.0	58.3	3.29	125.7	3.99	227.5	4.63
7.1	58.1	3.32	126.6	4.02	229.1	4.66
7.2	59.1	3.34	127.5	4.05	230.7	4.70
7.3	59.5	3.36	128.3	4.08	232.3	4.73
7.4	59.9	3.39	129.2	4.10	233.9	4.76
7.5	60.4	3.41	130.1	4.13	235.5	4.79
7.6	60.8	3.43	131.0	4.16	237.1	4.83
7.7	61.2	3.46	131.8	4.19	238.6	4.86
7.8	61.5	3.48	132.7	4.21	240.2	4.89
7.9	61.9	3.50	133.5	4.24	241.7	4.92
8.0	62.3	3.52	134.4	4.27	243.2	4.95
8.1	62.7	3.54	135.2	4.29	244.7	4.98
8.2	63.1	3.57	136.0	4.32		
8.3	63.5	3.59	136.9	4.35		
8.4	63.9	3.61	137.7	4.37		
8.5	64.2	3.63	138.5	4.40		
8.6	64.6	3.65	139.3	4.43		
8.7	65.0	3.67	140.1	4.45		
8.8	65.4	3.69	149.9	4.48		
8.9	65.7	3.72	141.7	4.50		
9.0	66.1	3.74	142.5	4.53		
9.1	66.5	3.76	143.3	4.55		
9.2	66.8	3.78	144.1	4.58		
9.3	67.2	3.80	144.9	4.60		
9.4	67.6	3.82	145.6	4.63		
9.5	67.9	3.84	146.4	4.65		
9.6	68.3	3.86	147.2	4.68		
9.7	68.6	3.88	147.9	4.70		
9.8	69.0	6.90	148.7	4.72		
9.9	69.3	3.92	149.5	4.75		
10.0	69.7	3.94	150.2	7.77		

Fuente: AMANCO. (2020). *Manual de diseño NOVAFORT Y NOVALOC.*

2.3.4.4. Profundidad de las tuberías

La profundidad mínima del coronamiento de la tubería con respecto a la superficie del terreno será de 1.00 metros. Para ello en este proyecto se diseñará con una altura mínima de 1.00 metros.

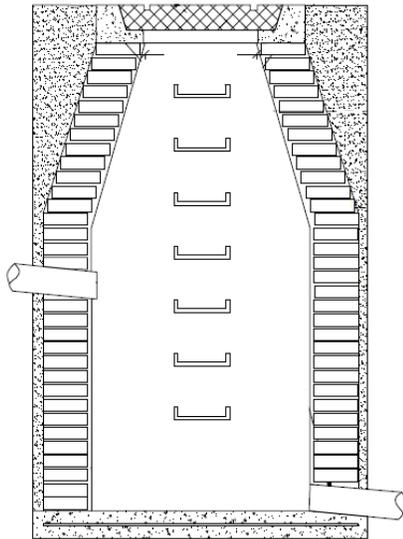
2.3.4.5. Pozos de visitas

Los pozos de vista son estructuras verticales que se utilizan para el mantenimiento del sistema de drenaje, se diseñaran para localizarlos en los siguientes casos:

- En cambios de diámetro.
 - En cambios de pendiente.
 - En cambios de dirección horizontal para diámetros menores de 24”.
 - En las intersecciones de tubería colectoras.
 - En los extremos superiores ramales iniciales.
 - A distancias no mayores de 100 metros en línea recta en diámetro hasta 24”.
 - A distancias no mayores de 300 metros en diámetros superiores a 24”.
- Para la realización de estos, se debe construir de la siguiente manera:
- Se debe hacer un ingreso circular con diámetro que oscila dentro de 0.60 a 0.75 metros.
 - Es necesaria una tapadera, la cual puede ser de concreto armado o de metal, esta debe descansar sobre un brocal construido de concreto armado.
 - Las paredes del pozo están impermeabilizadas por repello más un cernido liso.

- Para realizar la inspección o limpieza de pozos profundos se deben dejar escalones, los cuales serán de hierro y estarán empotrados a las paredes del pozo.
- Los fondos de los pozos deberán tener canales para dirigir los caudales hacia el tubo de salida. La profundidad de los pozos de visita está dada por la cota Invert de salida.

Figura 31. **Sección típica de un pozo transversal de visita**



Fuente: elaboración propia, realizado con CivilCAD 2016.

2.3.4.6. Diseño de tragantes

Se definen como las aberturas que en las superficies de las calles o en los bordillos, dan acceso a las aguas pluviales conectado a las tuberías de alcantarillado pluvial o al registro más cercano, con su respectiva rejilla para evitar el acceso de basura, estos existen de diferentes formas, para este proyecto se

utilizara un tragante de acera con rejilla, el cual se diseñara con los siguientes criterios:

- Los tragantes se ubican a lado y lado de la calle y en esquinas por lo menos 3 m antes del cruce peatonal.
- El tirante de la avenida no podrá ser mayor de 0.03 m. de alto y su ancho no podrá ser mayor de 0.75 m.
- Puede ser de distintos tipos y materiales dependiendo de las necesidades de captación.
- Se utilizará tragante con desarenador cuando se espera que exista arrastre de arenas o gravas debido a la falta de pavimentación o a zonas aledañas sin recubrimiento vegetal, como es el caso de la aldea El Manzano La Libertad, Sector 1.

Para el diseño de tragantes se utilizan las siguientes ecuaciones realizado con como ejemplo de PV1 a PV2 y los siguientes datos:

- Ancho de la calzada: 8 m
 - Longitud del tramo: 27.3 m
 - Pendiente longitudinal de la calle: 1.83
- El caudal de diseño:

$$Q = \frac{C * I * A}{360}$$

Donde:

C = escorrentía para este caso es de 0.013

I = intensidad de lluvia el cual es de 177.79 mm/h

A = área de influencia en metros (Ha)

$$Q = \frac{0.013 * 177.79 \text{ mm/h} * ((8 * 27.3) \text{ m}^2 * \frac{0.0001 \text{ Ha}}{1 \text{ m}^2})}{360}$$

$$Q = 0.00015 \text{ m}^3/\text{s}$$

- Ecuación de Manning para secciones triangulares.

$$Q = 0.375 * \frac{Z}{n} * Y^{3/8} * S_o^{1/2}$$

Donde:

Q = Caudal obtenido con el método racional (m³/s).

Z = pendiente transversal de la cuneta, expresado en 1/0.03(m/m)

n = coeficiente de rugosidad de Manning (0.014)

Y = es el tirante máximo permitido al borde de la acera (m).

S = pendiente del canal abierto (m/m).

$$Y = \sqrt[3/8]{\frac{0.00015 \text{ m}^3/\text{s} * 0.014}{0.375 * \frac{1}{0.03} * 1.83^{1/2}}}$$

$$Y = 0.0020 \text{ m}$$

- Ancho de inundación: A través de la siguiente figura se puede realizar un análisis de trigonometría para determinar el ancho de inundación W producido por determinado caudal de escorrentía, siendo este:

$$W = Y * \tan(\alpha)$$

Donde:

W = ancho de inundación (m)

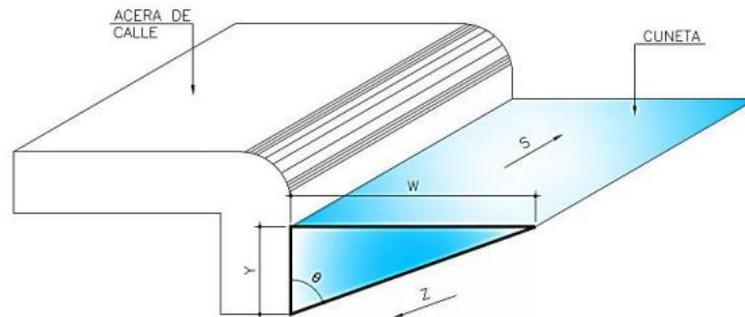
Y = es el tirante máximo permitido al borde de la acera (m).

α = es el ángulo formado por la pendiente transversal de la calle y la vertical del bordillo de acera, expresado en grados sexagesimales (88.28°)

$$W = 0.0020 * \tan(88.28^\circ)$$

$$W = 0.06 \text{ m}$$

Figura 32. **Esquema de canal abierto de sección triangular formado en cuneta**



Fuente: Sánchez A. (2018). *Procedimiento general de diseño hidráulico de tragantes para alcantarillado pluvial.*

- **Área efectiva:** El diseño de una entrada de rejilla involucra la determinación del área efectiva de captación, ya que, a diferencia de una entrada de ventana, el área que ocupa la rejilla interfiere en la libre captación del flujo superficial.

$$A_o = \frac{Q}{17.76 * Y} - d_e^{1/2}$$

Donde:

Q = caudal de la cuneta (m³/s)

Y = es el tirante máximo permitido al borde de la acera (m).

d_e = es la depresión de la cuneta expresada en (m).

A_o = es el área efectiva de captación de la rejilla en (m^2)

$$A_o = \frac{0.00104m^3/s}{17.76 * 0.0041} - 0^{1/2}$$
$$A_o = 0.01428 m^2$$

Siendo el valor de la depresión de la cuneta igual a cero, ya que no posee depresión. Previendo que la rejilla pueda ser obstruida por basura arrastrada por la escorrentía, como se mencionó anteriormente se puede utilizar un factor de seguridad de 0.75.

$$A_o = 0.01428m^2 * \frac{1}{0.75} = 0.019m^2$$

- Velocidad del flujo

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{W * Y}$$

Donde:

Q = caudal a sección llena (m^3/s).

V = es la velocidad expresado en (m/s).

A = área de influencia (m^2).

$$V = \frac{0.00104m^3/s}{0.13m * 0.0041m}$$
$$V = 1.95m/s$$

- Longitud de la rejilla: La longitud de la rejilla en sentido del flujo también es importante para el diseño de la entrada, esto con el propósito de que el

flujo alcance a pasar por la rejilla. Para la determinación de la longitud necesaria para una rejilla se puede utilizar la siguiente expresión empírica:

$$L_f = 0.94 * V * Y^{1/2}$$

Donde:

L_f = es la longitud necesaria de rejilla en sentido del flujo (m).

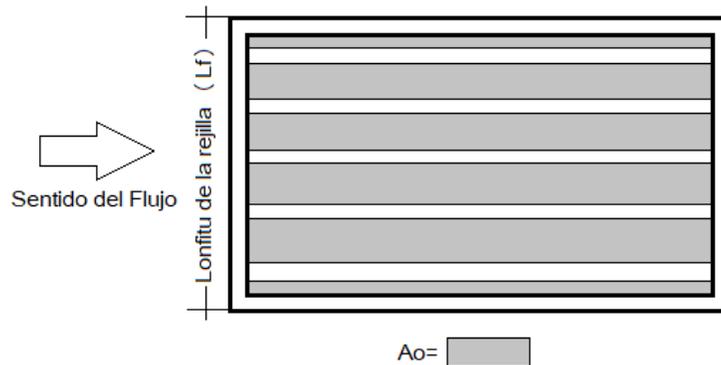
V = es la velocidad media de la escorrentía en cuneta (m/s).

Y = es el tirante máximo permitido al borde de la acera (m).

$$L_f = 0.94 * 1.95m/s * (0.041 + 0.01m)^{1/2}$$

$$L_f = 0.11m$$

Figura 33. **Esquema del diseño de rejilla en cuneta**



Fuente: elaboración propia, realizado con CivilCAD 2016.

Tabla XLVII. Resumen de cálculos para la rejilla de la cuneta

Tramo		Ancho de Calzada (m)	Longitud de tramo (m)	Área influencia (Ha)	Caudal diseño Q (m3/s)	Pendiente de la calle	Tirante de inundación Y (m)	Ancho de inundación W (m)	Área efectiva Ao (m2)	Velo. flujo V (m/s)	Long. rejilla Lf (m)
de	a										
1	6	8	188.4	0.1507	0.00104	1.83	0.0041	0.13	0.0190	1.95	0.11
2.3	2	3	79.1	0.0237	0.00016	20.22	0.0013	0.04	0.0092	3.08	0.15
3	3.3	3	59.63	0.0179	0.00012	20.22	0.0012	0.04	0.0075	2.50	0.12
3.3	3.5	3	26.6	0.008	0.00006	19.17	0.0009	0.03	0.0050	2.22	0.11
3.5	5.4	3	56.6	0.017	0.00012	13.28	0.0013	0.04	0.0069	2.31	0.12
4.3	4	3	65.67	0.0197	0.00014	22.74	0.0012	0.04	0.0088	2.92	0.15
5	5.3	3	71.7	0.0215	0.00015	22.04	0.0012	0.04	0.0094	3.13	0.16
5.3	5.4	3	22.21	0.0067	0.00005	22.21	0.0008	0.03	0.0047	2.08	0.10
5.4	5.5	3	63.02	0.0189	0.00013	63.02	0.0010	0.03	0.0098	4.33	0.21
5.5	5.6	3	35.8	0.0107	0.00007	13.93	0.0010	0.03	0.0053	2.33	0.11
5.6	20.3	3	81.3	0.0244	0.00017	11.07	0.0015	0.05	0.0085	2.27	0.11
6.3	6.2	3	42.8	0.0128	0.00009	19.39	0.0011	0.04	0.0061	2.05	0.10
6.2	6	3	49.6	0.0149	0.00010	23.49	0.0011	0.04	0.0068	2.27	0.11
18	16	8	79.1	0.0633	0.00044	13.02	0.0021	0.07	0.0157	2.99	0.15
16	15	8	63.9	0.0511	0.00035	12.99	0.0019	0.06	0.0138	3.07	0.16
15	14	8	45.9	0.0367	0.00025	10.89	0.0017	0.06	0.0110	2.45	0.12
14	14.1	3	25	0.0075	0.00005	22	0.0008	0.03	0.0047	2.08	0.10
14.1	7	3	143.4	0.043	0.00030	14.81	0.0017	0.06	0.0132	2.94	0.15
14	12	8	62.9	0.0503	0.00035	7.79	0.0021	0.07	0.0125	2.38	0.12
12	11	8	30.7	0.0246	0.00017	6.84	0.0016	0.05	0.0080	2.13	0.11
11	10	8	37.7	0.0302	0.00021	14.06	0.0015	0.05	0.0105	2.80	0.14
10	9	8	57.8	0.0462	0.00032	14.19	0.0018	0.06	0.0133	2.96	0.15
8	13A	8	70.6	0.0565	0.00039	13.61	0.0019	0.06	0.0154	3.42	0.18
13A	19	8	121.25	0.097	0.00067	5.57	0.0028	0.09	0.0180	2.66	0.14
19.4	19.3	8	27.35	0.0219	0.00015	19.19	0.0013	0.04	0.0087	2.88	0.14
19.4	19.1	8	34.95	0.028	0.00019	20.55	0.0014	0.05	0.0102	2.71	0.14
19.1	19	8	21.32	0.0171	0.00012	21.32	0.0012	0.04	0.0075	2.50	0.12
19	20	8	82.6	0.0661	0.00046	5.81	0.0024	0.08	0.0144	2.40	0.13
21.12	21.10	8	69.9	0.0559	0.00039	12.16	0.0020	0.06	0.0146	3.25	0.17
21.10	21.7	8	69.7	0.0558	0.00039	22.96	0.0018	0.06	0.0163	3.61	0.18
21.7	21.4	8	87	0.0696	0.00048	18.97	0.0020	0.06	0.0180	4.00	0.21
21.4	21.3	8	24.5	0.0196	0.00014	10.2	0.0014	0.05	0.0075	2.00	0.10
21.3	21.1	8	35	0.028	0.00019	20.29	0.0014	0.05	0.0102	2.71	0.14
21.1	21	8	18.3	0.0146	0.00010	7.1	0.0013	0.04	0.0058	1.92	0.10
24	22	8	157	0.1256	0.00087	11.72	0.0027	0.09	0.0242	3.58	0.19
22	20	8	59	0.0472	0.00033	9.73	0.0019	0.06	0.0130	2.89	0.15
20	20.1	8	54.8	0.0438	0.00030	10.77	0.0018	0.06	0.0125	2.78	0.14
20.1	20.2	8	48	0.0384	0.00027	5	0.0020	0.06	0.0101	2.25	0.12
20.2	P.T.	8	65.5	0.0524	0.00036	11.2	0.0020	0.06	0.0135	3.00	0.15

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 2016.

2.3.5. Método racional para el sistema pluvial

Para el diseño del sistema de alcantarillado pluvial, se usará el método racional el cual es un modelo hidrometeorológico para la obtención del caudal máximo de escorrentía de una cuenca, se utiliza normalmente en el diseño de obras de drenaje urbano y rural.

En este se asume que el caudal máximo para un punto dado se alcanza cuando el área tributaria está contribuyendo con su escorrentía superficial, durante un período de precipitación máxima (diseño), debe prolongarse durante un período igual o mayor que el que necesita la gota de agua más lejana para llegar hasta el punto considerado (tiempo de concentración).

Para la utilización de este método se hace necesario el empleo de suficientes datos de precipitación, es el más exacto ya que da resultados más confiables.

2.3.5.1. Caudal de diseño

Para la determinación del caudal pluvial se usará el Método Racional; cuya fórmula general es la siguiente:

$$Q = \frac{C * I * A}{360} * 1\ 000$$

Donde:

Q = Caudal (m³/s).

C = Relación entre la escorrentía y la cantidad de lluvia caída.

I = Intensidad de lluvia (mm/hora).

A = Área en hectáreas (Ha).

2.3.5.2. Tiempo de concentración

Representa el tiempo requerido en minutos que tarda una gota de agua en recorrer la distancia entre el punto más lejano de la cuenca, hasta el punto a considerar. Esta suposición se refiere a la parte más remota, en tiempo, no necesariamente en distancia.

El tiempo de concentración mínimo en pozos iniciales es 10 minutos y máximo 20 minutos. Si dos o más colectores confluyen a la misma estructura de conexión, debe considerarse como tiempo de concentración en ese punto el mayor de los tiempos de concentración de los respectivos colectores.

El tiempo de concentración mínimo en tramos iniciales para este proyecto es de 12 minutos; para optimizar el uso de la tubería y tener capacidad de conducción en eventos con magnitudes por arriba de la media y para los demás tramos se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$T_c = T_1 + \left| \frac{L}{60 * V_1} \right|$$

Donde:

T_c = tiempo de concentración hasta el tramo considerado

T_1 = tiempo de concentración hasta el tramo anterior

L = longitud del tramo anterior

V_1 = velocidad a sección llena en el tramo anterior

2.3.5.3. Coeficiente de escurrimiento

El coeficiente de escurrimiento es el porcentaje que representa el volumen de precipitación que circula sobre la superficie, después de la evaporación e

infiltración, está en función del tipo de suelo, del grado de permeabilidad de la zona, de la pendiente del terreno y otros factores que determinan la fracción de la precipitación que se convierte en escorrentía, llamado así coeficiente de escorrentía parcial. Este se determina mediante la siguiente ecuación:

$$C = \frac{\sum(c * A)}{\sum A}$$

Donde:

C = Coeficiente de escorrentía promedio.

c = coeficiente de escorrentía parcial.

A = área parcial en hectáreas (Ha).

Para determinar el coeficiente de escorrentía parcial se utilizará la siguiente tabla.

Tabla XLVIII. **Coeficientes de escorrentía para tipos de superficie**

Tipo de Superficie	C
Cubiertas	0.75-0.95
Pavimentos asfálticos	0.70-0.95
Vías adoquinadas	0.70-0.95
Zonas comerciales industriales	0.60-0.95
Residenciales, con casas contiguas, predominio de zonas duras	0.75
Residenciales multifamiliares, con bloques contiguos y zonas duras entre estos	0.60-0.75

Continuación de la tabla XLVIII.

Residenciales unifamiliares, con casas contiguas y predominio de jardines	0.40-0.60
Residenciales, con casas rodeadas de jardines o multifamiliares	0.45
Residenciales con predominio de zonas verdes y parqueos-cementerios	0.3
Laderas sin vegetación	0.6
Laderas con vegetación	0.3
Parques recreacionales	0.20-0.35

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 2016.

2.3.5.4. Intensidad de lluvia

Es el espesor de la capa de agua llovida durante cierta cantidad de tiempo, realizado con curvas IDF pueden quedar descritas estadísticamente mediante la siguiente ecuación:

$$i = \frac{K * T^m}{tc^n}$$

Donde:

i = intensidad de lluvia (mm/h).

T = periodo de retorno (años).

t = tiempo de concentración (min).

K, m, n = parámetros de ajuste obtenidos mediante regresión lineal y los períodos de retorno analizados son: 2, 5, 10, 20, 25, 30, 50 y 100 años;

Según los datos proporcionados por el Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH), se determinó la siguiente ecuación para la intensidad de lluvia:

$$i = \frac{435.9285 * T^{0.278340}}{t^{0.61885}}$$

**Tabla XLIX. Datos mensuales de precipitación de la estación
INSIVUMEH**

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
2000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2001	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2002	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2003	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2004	24.30	57.20	45.30	32.10	30.00	38.70	20.20	0.50	1.90	0.10	2.20	2.00
2005	18.90	33.20	83.40	103.80	49.50	47.40	18.70	3.00	7.10	0.60	1.10	4.70
2006	22.10	60.90	114.70	33.50	24.80	47.10	41.90	4.70	3.00	0.30	0.00	8.20
2007	8.10	45.90	18.30	65.30	55.50	52.50	19.10	1.50	0.90	11.90	1.10	12.50
2008	11.40	95.00	112.00	55.20	36.80	61.60	4.80	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
2009	38.80	34.60	33.70	13.70	35.20	25.70	49.20	0.80	27.80	1.20	0.10	24.60
2010	23.90	232.50	71.80	42.30	86.50	60.40	3.50	4.00	0.00	0.30	9.10	2.60
2011	21.80	25.30	65.00	42.10	81.80	54.90	0.00	4.00	0.10	3.50	0.90	2.50
2012	14.50	50.60	46.00	48.60	49.40	24.00	6.10	0.40	0.70	1.80	0.00	33.40
2013	13.80	42.80	32.20	50.40	84.20	37.20	30.00	0.80	1.20	0.60	63.50	4.60
2014	46.00	67.60	38.40	27.40	52.60	46.90	123.20	1.90	0.30	0.00	0.40	26.10
2015	48.30	78.00	27.60	37.40	47.00	49.30	71.10	19.40	1.80	0.00	9.90	0.00
2016	11.50	67.00	54.40	31.00	81.30	28.60	12.10	0.80	3.50	2.50	8.20	0.00
2017	24.80	56.20	35.00	56.00	13.00	38.90	2.60	0.00	0.10	5.70	0.00	4.40
2018	29.30	53.90	33.00	11.60	41.60	13.50	73.50	0.10	1.60	2.00	0.00	25.00
2019	1.00	34.90	11.00	27.60	36.40	37.60	42.30	11.50	2.90	0.00	0.00	0.00

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 2016.

2.3.5.5. Área tributaria

Área total que contribuye a que la precipitación escurra superficialmente sobre el suelo desde la divisoria de aguas hasta el punto en estudio, es decir que

contribuye a formar la escorrentía, para ello en el cálculo se utiliza un ancho promediado de 35 metros que, al multiplicarlo por la longitud del tramo, y dividirlo dentro de 10,000 para convertirlo en hectáreas, de la siguiente forma:

$$At = \frac{DH * 35}{10,000}$$

Donde:

At = área tributaria (He)

DH = distancia horizontal entre pozos (m)

2.3.5.6. Periodo de retorno

El período de retorno es la inversa de la probabilidad de que se presente la lluvia de diseño de un determinado intervalo de tiempo. A mayor período de retorno, mayor intensidad de lluvia.

Tabla L. **Periodo de retorno**

Periodo de Retorno	Idoneidad de Aplicación
T= 5 años	Zonas de baja riqueza del suelo, de baja densidad demográfica (si se permiten inundaciones)
T= 10 años	Zonas de riqueza media del suelo, zonas de residencia habitual
T= 20-25 años	Zonas de alto valor del suelo, zonas históricas (en las que sería necesario protección especial)
T= 25 años	Emisarios y colectores principales

Fuente: INSIVUMEH. (2020). *Periodo de Retorno*.

Para este proyecto se aplica un período de retorno de 10 años, basándose en la incidencia de ocurrencia de los fenómenos naturales y las condiciones climatológicas del área.

2.3.6. Determinación de las velocidades

Realizado con la ecuación de Manning para calcular la velocidad de flujo; tiene como variables conocidas, el diámetro de la tubería, la pendiente de la tubería y el factor de rugosidad del material que se va a utilizar.

$$V = \frac{0.03429 * D^{\frac{2}{3}} * S^{1/2}}{n}$$

Donde:

D = diámetro de la tubería (plg).

S = pendiente de la tubería.

n = factor de rugosidad n= 0.009 para tuberías NOVAFORT.

2.3.7. Cotas invert

Es la distancia que existe entre el nivel de la rasante del suelo y el nivel inferior de la tubería, esta debe ser al menos a las especificaciones de recubrimiento mínimo necesario de la tubería, para ello se debe tomar en cuenta la pendiente del terreno y la distancia entre pozos.

Para el cálculo de las cotas invert y altura de pozos se utilizarán las siguientes ecuaciones:

$$CIS\ PV1 = CT - (HP - \phi_{tub})$$

$$CIE PV2 = (CIS PV1) - \frac{DH * S\%_{tub}}{100}$$

$$CIS PV2 = CIE PV2 - (Diferencia requerida)$$

Donde:

CIS PV1 = cota invert de salida del pozo 1.

CIS PV2 = cota invert de salida del pozo 2.

CIE PV2 = cota invert de entrada del pozo 2.

2.3.8. Ejemplo de cálculo para el drenaje pluvial

Se calculará los datos para el tramo del pozo de visita 1 al pozo de visita 2.

- Pendiente del terreno

$$S = \frac{1935.5 \text{ m} - 1935 \text{ m}}{27.3 \text{ m}} * 100 = 1.83 \%$$

- Área tributaria

$$At = \frac{27.3 \text{ m} * 35 \text{ m}}{10,000} = 0.20 \text{ Ha}$$

- Intensidad de lluvia

$$i = \frac{435.9285 * (10)^{0.278340}}{(12)^{0.61885}} = 177.79 \text{ mm/h.}$$

- Escorrentía

$$C = \frac{(0.45 * 0.20 \text{ Ha}) + (0.3 * 0.20 \text{ Ha})}{(0.20 \text{ Ha} + 0.20 \text{ Ha})} = 0.375$$

- Caudal de diseño

$$Q = \frac{0.375 * 177.79 \text{ mm/h} * 0.20 \text{ Ha}}{360 \text{ h}} * 1000 = 37.04 \text{ L/s}$$

Se procede a proponer un diámetro y pendiente de la tubería, siendo en este tramo de un diámetro de 8" y una pendiente de 1 %.

- Velocidad, área y caudal a sección llena:

$$V = \frac{0.03429 * (8)^{\frac{2}{3}} * \left(\frac{1.0}{100}\right)^{1/2}}{0.009} = 1.524 \text{ m/s}$$

$$A = \frac{\pi}{4} * \phi^2 = \frac{\pi}{4} * \left(8 * \frac{2.54}{100}\right)^2 = 0.03243 \text{ m}^2$$

$$Q = V * A = 1.524 \frac{\text{m}}{\text{s}} * 0.03243 \text{ m}^2 = 0.04942 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} * 1000 = 49.42 \text{ L/s}$$

- Relaciones hidráulicas: De las tablas de relación hidráulica se obtienen los valores de las relaciones de velocidad y tirante.

- Relación de caudales

$$\frac{q}{Q} = \frac{37.04 \text{ L/s}}{49.42 \text{ L/s}} = 0.749486$$

- Relación de velocidad

$$1.094 = \frac{v}{1.524}$$

$$v = 1.094 * 1.524 = 1.67 \text{ m/s}$$

- Relación de tirante

$$\frac{d}{D} = 0.64$$

- Cota Invert:

$$CIS\ PV1 = 1935.5\ m - \left(2\ m + \left(8'' * \frac{0.0254\ m}{1''} \right) \right) = 1933.30\ m$$

$$CIE\ PV2 = (1933.30\ m) - \frac{27.3\ m * 1.4\%}{100} = 1933.02\ m$$

$$CIS\ PV2 = 1933.02\ m - (0.7 * 2.5) = 1932.70\ m$$

2.3.9. Volumen de excavación

La zanja debe ser lo suficientemente amplia para permitir un acomodo correcto de la tubería y del material de relleno para garantizar un adecuado soporte lateral, ya que una zanja angosta hace difícil el ensamble e instalación de la tubería, en la siguiente tabla se presentan los anchos mínimos de zanja recomendados:

Tabla LI. Ancho de zanja según diámetro

Diámetro nominal		Ancho de Zanja	
mm	pulg	metros	pulg
150	6	0.55	22
200	8	0.62	24
250	10	0.67	26

Fuente: AMANCO. (2020). *Manual de diseño NOVAFORT Y NOVALOC.*

Para el cálculo del movimiento de tierra se utilizará la siguiente ecuación:

$$V = \left(\frac{H1 + H2}{2} \right) * d * t$$

Donde:

V = volumen del pozo (m³).

H1 = Profundidad del primer pozo (m).

H2 = Profundidad del segundo pozo (m).

d = distancia entre pozos (m).

t = Ancho de la zanga (m).

2.3.10. Elaboración de planos finales

Para este proyecto se realizaron los siguientes planos, los cuales se encuentran en el anexo:

- Planta general.
- Planta y perfil por tramo.
- Detalle de rejillas.

2.3.11. Presupuesto general

Este nos permite determinar el precio del proyecto a efectuar, este se elaboró a base de precios unitarios, tomando en cuenta los costos directos e indirectos.

Tabla LII. Presupuesto general del sistema de alcantarillado sanitario en la aldea El Manzano La Libertad sector 1.

Integración de Costos Unitarios						
No.	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Precio TOTAL	
1	Trabajos Preliminares				Q	342,388.48
1.1	Limpieza	1560.51	m2	Q 15.78	Q	24,624.85
1.2	Trazo y Estaqueo	2667.08	ml	Q 20.25	Q	54,008.37
1.3	Demolición de banquetas y calles existentes	2667.08	ml	Q 69.24	Q	184,668.62
1.4	Transporte (acarreo de ripio y desechos)	1560.51	ml	Q 50.68	Q	79,086.65
2	Instalación de Tuberías				Q	1,272,913.67
2.1	Excavación de zanja para unir pozos	5097.41	m3	Q 79.36	Q	404,530.46
2.2	Colocación de tubería Novafort $\varnothing=8"$	2667.08	ml	Q 191.14	Q	509,785.67
2.3	Relleno y compactación	5250.33	m3	Q 68.30	Q	358,597.54
3	Pozos de Visita				Q	800,559.98
3.1	Pozo de visita de H=2m incluyendo excavación y relleno	6	Unidad	Q 8,481.72	Q	50,890.32
3.2	Pozo de visita de H=2.5m incluyendo excavación y relleno	25	Unidad	Q 9,777.15	Q	244,428.75
3.3	Pozo de visita de H=3m incluyendo excavación y relleno	20	Unidad	Q 11,072.58	Q	221,451.60
3.4	Pozo de visita de H=3.5m incluyendo excavación y relleno	5	Unidad	Q 12,368.01	Q	61,840.05
3.5	Pozo de visita de H=4m incluyendo excavación y relleno	7	Unidad	Q 13,663.44	Q	95,644.08
3.6	Pozo de visita de H=4.5m incluyendo excavación y relleno	1	Unidad	Q 14,958.87	Q	14,958.87
3.7	Pozo de visita de H=5m incluyendo excavación y relleno	3	Unidad	Q 16,254.30	Q	48,762.90
3.8	Pozo de visita de H=5.5m incluyendo excavación y relleno	1	Unidad	Q 17,549.73	Q	17,549.73
3.9	Brocal y tapadera incluyendo excavación y relleno	68	unidad	Q 662.26	Q	45,033.68
4	Banquetas y calles				Q	850,546.60
4.1	construcción de banquetas y caminos	2800.43	ml	Q 303.72	Q	850,546.60
5	Limpieza Final				Q	54,929.95
5.1	Traslado de equipo	1560.51	m2	Q 35.20	Q	54,929.95
TOTAL DEL PROYECTO					Q	3,321,338.68
En Letras: Tres millones trescientos veintiún mil trescientos treinta y ocho 68/100 Quetzales						

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel 2016.

Tabla LIII. Estudio de impacto ambiental del sistema de alcantarillado sanitario en la aldea El Manzano La Libertad sector 1

1. INFORMACIÓN GENERAL					
1.1. Información del Proyecto (según datos en la declaración jurada)					
Nombre del Proyecto, obra, industria o actividad	Diseño de drenaje sanitario				
Dirección donde se ubica el Proyecto	Aldea El Manzano La Libertad Sector 1, Municipio de Santa Catarina Pinula, departamento de Guatemala.				
1.2. Información legal (persona individual o jurídica)					
Nombre del propietario y/o Representante Legal	Municipalidad de Santa Catarina Pinula				
Código Único de Identificación (CUI) del Documento Personal de Identificación (DPI)					
Razón social					
Nombre Comercial					
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.
Patente de Comercio (Sucursal)	Registro No.		Folio No.		Libro No.
Finca donde se ubica el Proyecto	Registro No.		Libro No.		Libro No.
Número de RTU					
1.3. Información de contacto del proponente					
Teléfono			Correo electrónico		
Dirección para recibir notificaciones (dirección fiscal)					
1.4. Información de contacto de Profesional de apoyo					
Nombre			Profesión		
Teléfono			Correo electrónico		
No. De Licencia de Consultor					
1.5. Fases de desarrollo del Proyecto					
Fase de construcción	Fase de operación			Fase de abandono	
¿Aplica? Si/No		¿Aplica? Si/No			
En caso no aplique alguna de las fases, justificarse:	Fase de planificación				
2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO					
El proyecto consiste en la construcción de un edificio que tenga dos propósitos, alcaldía exiliar y estación policial, esta ser una estructura tipo cajón (muros confiados), la cual constituirá de dos niveles, ubicada en la aldea la Salvadora 1, en el municipio de Santa Catarina Pinula, Guatemala.					
Establecer las coordenadas donde se ubicará su proyecto.					
Coordenadas geográficas (en grados, minutos, segundos; o grados decimales)					
Latitud			14°33'27.29"N		
Longitud			90°26'38.39"O		

Continuación de la tabla LIII.

2.1. Área de Influencia Indirecta del Proyecto						
Dirección	Descripción del entorno					Distancia (metros)
Norte						
Sur						
Este	Laguna bermeja					632.69
Oeste	Puerta parada					990.59
2.2. Área de Influencia Directa del Proyecto						
Norte	Granjas					
Sur	Granjas					
Este	Casas					
Oeste	Granjas					
Indicar si se encuentra en área urbana, rural o mixta:						Rural
2.3. Exposición a riesgos						
Inundación		Explosión		Deslizamientos		
Derrumbes	x	Sismos	x	Incendios	x	
Otros (explicar)						
2.4. Área del Proyecto						
Área del terreno: <u>10002.83 m2</u>						
Área de ocupación: <u>2606.28 m2</u>						
Área de construcción: <u>2606.28 m2</u>						
2.5. Descripción de las fases de desarrollo del Proyecto						
Fase de construcción	Actividades a realizar					
	Insumos necesarios					
	Maquinaria y equipo					
	Horario de trabajo					
	Contratación de personal					
	Otros de relevancia					
Fase de operación	Actividades o procesos					
	Materia prima e insumos					
	Maquinaria y equipo					
	Productos y subproductos (bienes y servicios)					
	Horario de trabajo					
	Contratación de personal					
Otros de relevancia						
Fase de abandono	Acciones a tomar en caso de cierre o abandono del Proyecto					

Continuación de la tabla LIII.

2.6. Información específica de insumos					
	Forma de suministro	Si/No	Consumo (mensual)	Forma de almacenamiento	Uso y medidas de seguridad
Agua	Servicio municipal	No			
	Servicio privado	No			
	Pozo manual	No			
	Pozo mecánico	No			
	Superficial	No			
	Otro				
Combustibles	Tipo	Si/No	Consumo (mensual)	Forma de almacenamiento	Uso y medidas de seguridad
	Gasolina	No			
	Diésel	No			
	Bunker	No			
	GLP	No			
Lubricantes	Solubles	No			
	No solubles	No			
Energía eléctrica	Forma de suministro	Si/No	Consumo (mensual)	Uso y medidas de seguridad	
	Público	No			
	Privado	No			
	Propio	No			
Equipo eléctrico	Tipo	Si/No	Uso y medidas de seguridad		Forma de mantenimiento y proveedor
	Transformadores	No			
	Condensadores	No			
	Capacitores	No			
	Inductores eléctricos	No			
	Otro equipo que contenga aceite dieléctrico	No			
3. IMPACTOS AL AIRE Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN					
3.1. Gases y material particulado					
¿Las actividades o acciones en las fases de construcción, operación y/o abandono del Proyecto, partículas (Ejemplo: ¿polvo, humo, niebla, material particulado, ceniza, etc.) que se dispersarán en información e indicar la fuente de donde se generarán.					
Polvo por la extracción y compactación					
¿Qué se hace o se hará para evitar que los gases o partículas impacten el aire, el vecindario o a los trabajadores? Se agregara agua en pequeñas cantidades para que no se disipe el polvo a una gran escala					
3.2. Fuentes de radiaciones (ionizantes / no ionizantes)					
¿Las actividades o acciones en las fases de construcción, operación y/o abandono del Proyecto, producen radiación ionizante o no ionizante? Justificar su respuesta.					
no.					

Continuación de la tabla LIII.

3.3. Ruidos y vibraciones	
Las actividades o acciones en las fases de construcción, operación y/o abandono del Proyecto ¿produce sonidos fuertes (ruido), o vibraciones? ¿En dónde se genera el sonido y/o las vibraciones? (ejemplo: maquinaria, equipo, instrumentos musicales, vehículos, etc.)	
Si, provocados por maquinarias y herramientas	
¿Qué acciones se toman o tomarán para evitar que el ruido o las vibraciones afecten al vecindario y a los trabajadores?	
Se trabajara en horarios establecidos y realizado con señalizaciones que resguarden su seguridad	
3.4. Olores	
Las actividades o acciones en las fases de construcción, operación y/o abandono del Proyecto, ¿genera olores? Explicar con detalles la fuente de generación y el tipo o características del o los olores.	
No.	
4. IMPACTOS AL AGUA Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN	
4.1. Aguas residuales	
Deberá consultar el Acuerdo Gubernativo No. 236-2006 "Reglamento de las Descargas y Reúso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos" y sus Reformas.	
Fase de construcción	
¿Qué tipo de aguas residuales (aguas servidas) se generarán? Marcar con una X la información.	<input type="checkbox"/> Aguas residuales de tipo ordinario (domésticas) <input type="checkbox"/> Aguas residuales de tipo especial (incluye la mezcla de tipo ordinario y especial) <input checked="" type="checkbox"/> Otro
Describir el manejo y las medidas de mitigación a aplicarse para las aguas residuales a generarse.	
No se maneja ningún tipo de agua servida	
Fase de operación	
¿Qué tipo de aguas residuales (aguas servidas) se generarán? Marcar con una X la información.	<input checked="" type="checkbox"/> Aguas residuales de tipo ordinario (domésticas) <input type="checkbox"/> Aguas residuales de tipo especial (incluye la mezcla de tipo ordinario y especial) <input type="checkbox"/> Otro
Indicar caudal de agua residual a generarse (de tipo ordinario y/o especial).	
100 litros por día	
Indicar el o los lugar(es) de descarga(s) de las aguas residuales a generarse (alcantarillado sanitario, cuerpo receptor).	
Se recolectaran mediante tuberías, para posteriormente ser colectadas por una planta de tratamiento	
Según Acuerdo Gubernativo No. 236-2006 y por las características del Proyecto, ¿es necesario implementar sistema de tratamiento de aguas residuales? Justificar su respuesta.	
No, ya que el caudal es muy bajo y este lo tendrá que colectar la municipalidad	

Continuación de la tabla LIII.

Sistema de tratamiento de aguas residuales
Describir el sistema de tratamiento que se propone para dar tratamiento a las aguas residuales previo a su disposición, así como el tratamiento y la disposición de lodos (usar hojas adicionales, adjuntando manual de operación y mantenimiento).
4.2. Agua de lluvia (aguas pluviales)
¿Existen impermeabilizaciones que generen escorrentías, que impidan la infiltración natural del agua de las fases del proyecto?
Si
Explicar la forma de captación, conducción y el punto de descarga del agua de lluvia (zanjones, cunabsorción, alcantarillado, etc.)
El agua de lluvia será recolectada y extraída mediante maquinaria y serán evacuadas a colectores municipales.
5. IMPACTOS AL SUELO Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN
5.1. Cambio de Uso del suelo
Por la ubicación y las características del proyecto, ¿se producirá algún cambio en el uso del suelo?
No
¿Qué acciones o medidas de mitigación se plantean para adecuarse a las áreas colindantes del Proyecto?
5.2. Geomorfología
¿Existirá movimientos de tierra? Justificar. Si su respuesta es afirmativa, indique la cantidad.
Si, 5097.41 m2
6. IMPACTOS AL ELEMENTO BIÓTICO Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN
¿En el sitio donde se ubica el proyecto, existen bosques, animales u otros? Especificar la información.
No
¿El proyecto requiere efectuar corte de árboles? Indique el volumen de madera y su manejo. Si no aplica justificarse. Ver requisito 10.
no, existe ya un camino de terracería en donde se ubicara la tubería
Por la construcción u operación del proyecto, ¿puede afectar la biodiversidad del área? Explicar.
No, ya que es una zona rural, pero en su mayoría son granjas y casas
IMPACTOS A LOS ELEMENTOS SOCIOECONÓMICOS, CULTURALES Y ESTÉTICOS
6.1. Elementos Socioeconómicos y Culturales
¿El proyecto provoca o provocaría alguna molestia al vecindario? Explicar su respuesta.
En algunas zonas si, ya que hay que pasar en una zona sobre servidumbres de paso.
¿El proyecto cuenta o contará con vehículos en sus distintas fases? Mencione qué tipo, cantidad unidades y lugar de estacionamiento.
Si, pickups, cargadores frontales, camiones de volteo y tractores de cadena.
En el área del proyecto o sus alrededores, ¿existe algún vestigio paleontológico o arqueológico? Explique de qué trata, dónde está ubicado, y a qué distancia de donde se propone el proyecto. Si no aplica, justificar.
No, son granjas

Continuación de la tabla LIII.

6.2. Elementos Estéticos
<p>En el área donde funciona o funcionará el proyecto, ¿se considera patrimonio histórico o cultural? Si no</p> <p>No, ya que esta es una zona de poca relevancia histórica</p>
<p>Donde se encuentra o encontrará el proyecto, ¿es área protegida? Si no aplica, justificarse. ver requisitos</p> <p>Ubicado Aldea El Manzano La Libertad Sector 1, Municipio de Santa Catarina Pinula, es propiedad de la</p>
<p>¿Qué medidas se proponen para conservar en lo posible la belleza arquitectónica o paisajística por la</p> <p>proyecto?</p> <p>No, ya que es una construcción subterránea entonces no afectara algún paisaje</p>
7. SALUD Y SEGURIDAD OCUPACIONAL
<p>De ser necesario, mencione qué medidas de seguridad ocupacional requieren los empleados para</p> <p>trabajos en todas las fases del proyecto (guantes, máscara, entre otros).</p> <p>Todo equipo de protección personal, casco, botas, guantes, lentes, mascarilla y chalecos refractivos.</p>

Fuente: MARN. (2019). *Formulario categoría "C" para estudio de impacto ambiental*.

CONCLUSIONES

1. Para la estación policial y alcaldía auxiliar se diseñó con mampostería reforzada según normas nacionales tales como FHA y AGIES, se consideró, asimismo los requisitos del reglamento para concreto estructural del Instituto Americano del Concreto (ACI).
2. El diseño de la estación municipal y alcaldía auxiliar contempla el diseño de muros mayores a 1.2 metros como muros de carga, para la correcta distribución de cargas sísmicas.
3. El estudio de impacto ambiental indica que la construcción de la estación policial y alcaldía auxiliar se encuentra en la categoría “C” la cual indica que es una actividad de bajo impacto ambiental, la cual afecta muy poco al entorno y a la comunidad.
4. El sistema de alcantarillado separativo se proyectó para 20 años funcionando óptimamente, ya que, aunque la topografía funcione correctamente por gravedad, este es muy inclinada la cual producirá desgaste en las tuberías con mayor facilidad.
5. Para el diseño del sistema de alcantarillado se utilizó las “Normas Generales para el diseño de alcantarillados”, establecidas por el Instituto de Fomento Municipal (INFOM) y las Normas Técnicas Guatemaltecas (NTG), para las diferentes clases de materiales a utilizar.

6. La construcción del sistema de alcantarillado separativo erradicará la mala conducción de las aguas negras y el estancamiento de las aguas pluviales, la reducirá del contagio de enfermedades y los daños a la infraestructura.

RECOMENDACIONES

1. Utilizar las especificaciones de los materiales de construcción con las calidades establecidas, para que cumpla con los diseños empleados.
2. Brindar un mantenimiento periódico, con el fin de mantener el tiempo de vida útil y un buen funcionamiento.
3. Crear una planta de tratamiento en el punto más bajo indicado en cálculos, para evitar contaminación protegiendo la salud pública y ambiental a todo aquel que este en contacto.
4. Promover el uso adecuado de las instalaciones a los habitantes que las usen, para prolongar la vida útil de la infraestructura y que este se desempeñe óptimamente.
5. Ejecutar y supervisar los proyectos, garantizando el uso adecuado de los materiales con un personal calificado.
6. Tomar en cuenta que el presupuesto se elaboró en base a precios del año 2020 por lo que la municipalidad debe actualizar los precios de los materiales y mano de obra.

REFERENCIAS

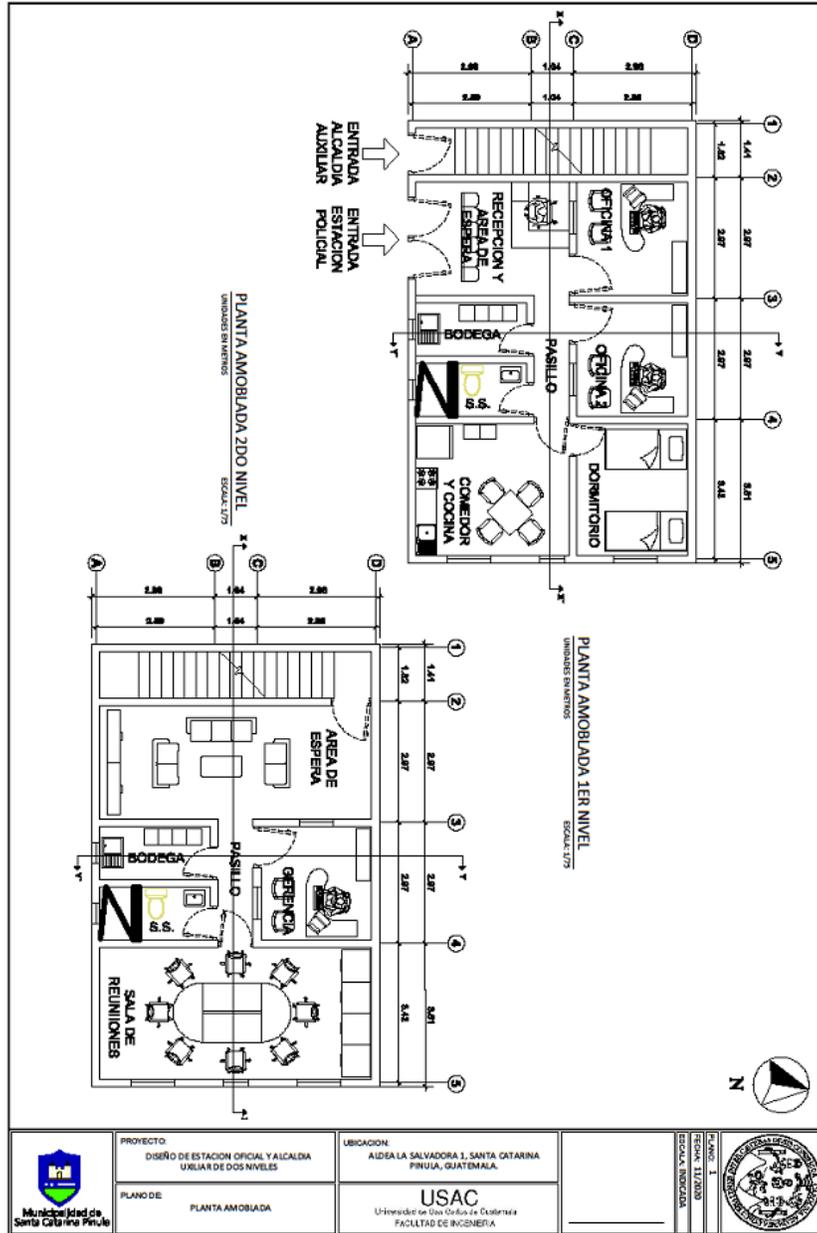
1. American Concret Institute. (2019). *Requisitos de reglamento para concreto estructural (ACI 318-19) y comentario de requisitos de reglamento para concreto estructural (ACI 318R-19)*, USA: ACI.
2. Aragón, S. (2017). *Diseño de un edificio de dos niveles para usos múltiples en la aldea las cruces y un sistema de alcantarillado sanitario para el casco urbano del municipio de el Tumbador, San Marcos*. (Tesis de Licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala.
3. Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica. (2018). *Cartilla de diseño estructural de mampostería reforzada para albañiles y constructores*. Guatemala: AGIES.
4. Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica. (2018). *Manual de diseño sismo-resistente simplificado mampostería de block de concreto para Guatemala*. Guatemala: AGIES.
5. Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica. (2018). *Normas de seguridad estructural para Guatemala demandas estructurales y condiciones de sitio NSE 2*. Guatemala: AGIES.
6. Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica. (2018). *Normas de seguridad estructural para Guatemala diseño de mampostería reforzada NSE 7.4*. Guatemala: AGIES.

7. Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica. (2018). *Normas de seguridad estructural para Guatemala diseño estructural de edificaciones NSE 3*. Guatemala: AGIES.
8. Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica. (2018). *Normas de seguridad estructural para Guatemala estudios geotécnicos NSE 2.1*. Guatemala: AGIES.
9. Comisión guatemalteca de normas Ministerio de Economía (2012). *Bloques huecos de concreto para muros. COGUANOR NTG 41054*. Norma técnica guatemalteca. Guatemala.
10. Comisión guatemalteca de normas Ministerio de Economía (2012). *Ladrillos de barro cocido. COGUANOR NTG 41022*. Norma técnica guatemalteca. Guatemala.
11. Comisión guatemalteca de normas Ministerio de Economía (2012). *Mortero de pega para unidades de mampostería. COGUANOR NTG 41050*. Norma técnica guatemalteca. Guatemala.
12. Chat, F. (2014). *diseño del sistema de alcantarillado separativo para la aldea la embaulada, de San Lucas Sacatepéquez, Sacatepéquez*. (Tesis de Licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala.
13. Das, B. (2012). *Fundamentos de ingeniería de cimentación*. 7a ed. Cengage Learning Editors, S.A.

14. Instituto de Fomento de Hipotecas Aseguradas. (2010). *Normas de planificación y construcción para casas proyectados*. Guatemala: FHA.
15. Instituto de Fomento Municipal. (2009). *Normas generales para el diseño de alcantarillados*. Guatemala: INFOM.
16. Manzo, K. (2011). *Diseño de la escuela urbana mixta “Eufemia Córdova”; y diseño del “salón de usos múltiples y coliseo polideportivo”, municipio de Santa Cruz El Chol, departamento de Baja Verapaz*. (Tesis de Licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala.
17. Méndez, L. (2012). *Diseño del edificio escolar y gimnasio polideportivo en la aldea cerro de oro del municipio de Santiago Atitlán del departamento de Sololá*. (Tesis de Licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala.
18. Nilson, A. (2009). *Diseño de Estructuras de Concreto*. 11a ed. McGraw-Hill. Mexico.
19. Orante, J. (2012). *Diseño del sistema de alcantarillado pluvial y sanitario para la zona 6 de Ciudad Vieja, Sacatepéquez*. Trabajo de graduación ingeniería civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, Guatemala.
20. Porres, E. (2005). *Santa Catarina Pinula el municipio que está avanzando*. 1a ed. Guatemala: Palo de Hormigo. Guatemala, Guatemala

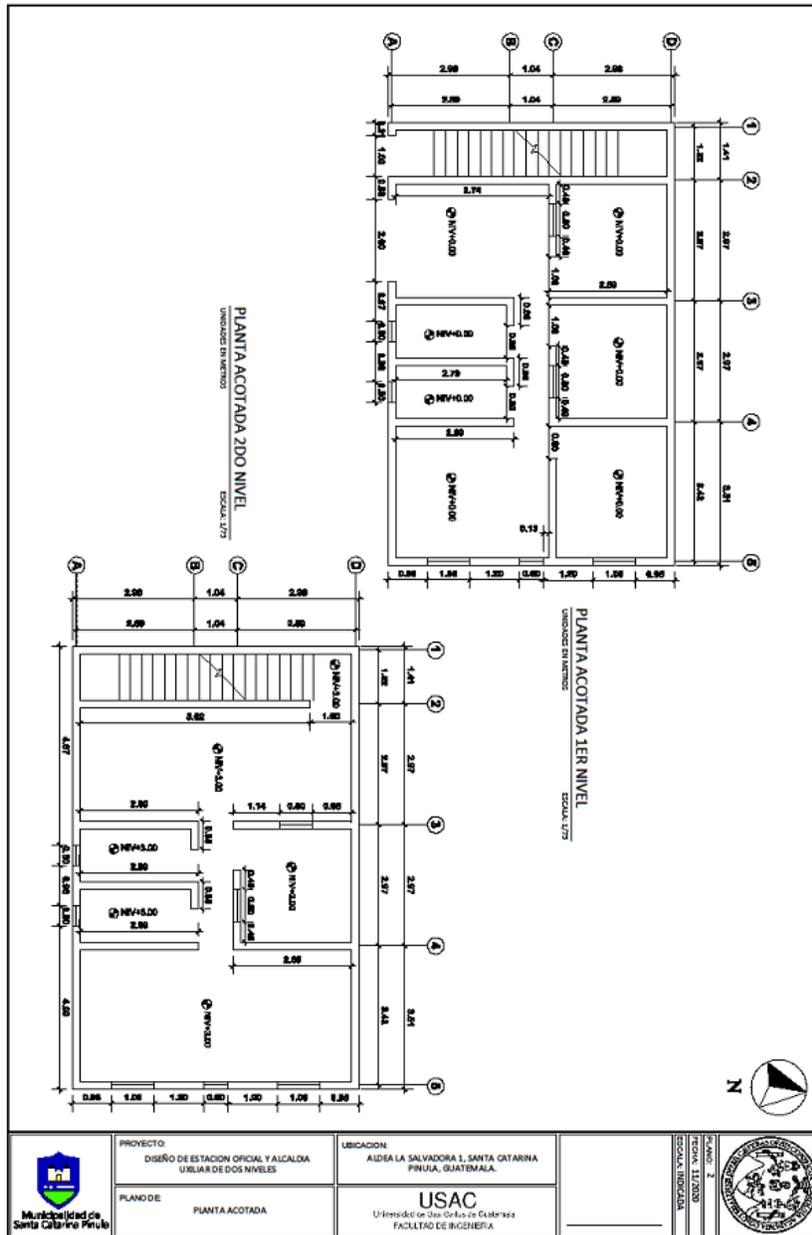
21. Ramos, A. (1994). *Construcción de albañilería comportamiento sísmico y diseño estructural*. 1a ed. Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú.
22. Rojas, M. (2003). *Manual de evaluación de impacto ambiental. (Tesis de Licenciatura)*. Universidad de San Carlos de Guatemala.
23. Sánchez, A. (2007) *Procedimiento general de diseño hidráulico de tragantes para alcantarillado pluvial. (Tesis de Licenciatura)*. Universidad de San Carlos de Guatemala.

Apéndice 3. Planos diseño de estación policial y alcaldía auxiliar, planta amoblada



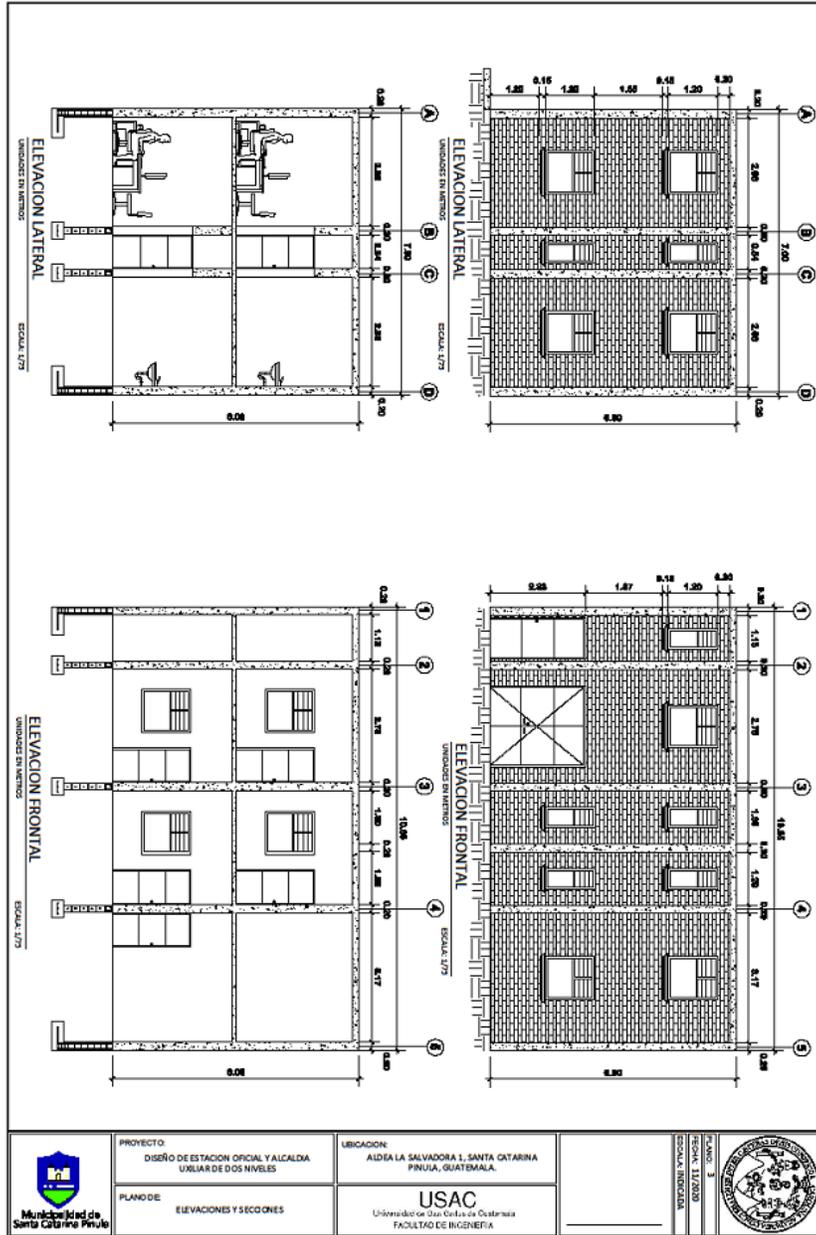
Fuente: elaboración propia, realizado con CivilCAD 2016.

Apéndice 4. Planos diseño de estación policial y alcaldía auxiliar,
planta acotada



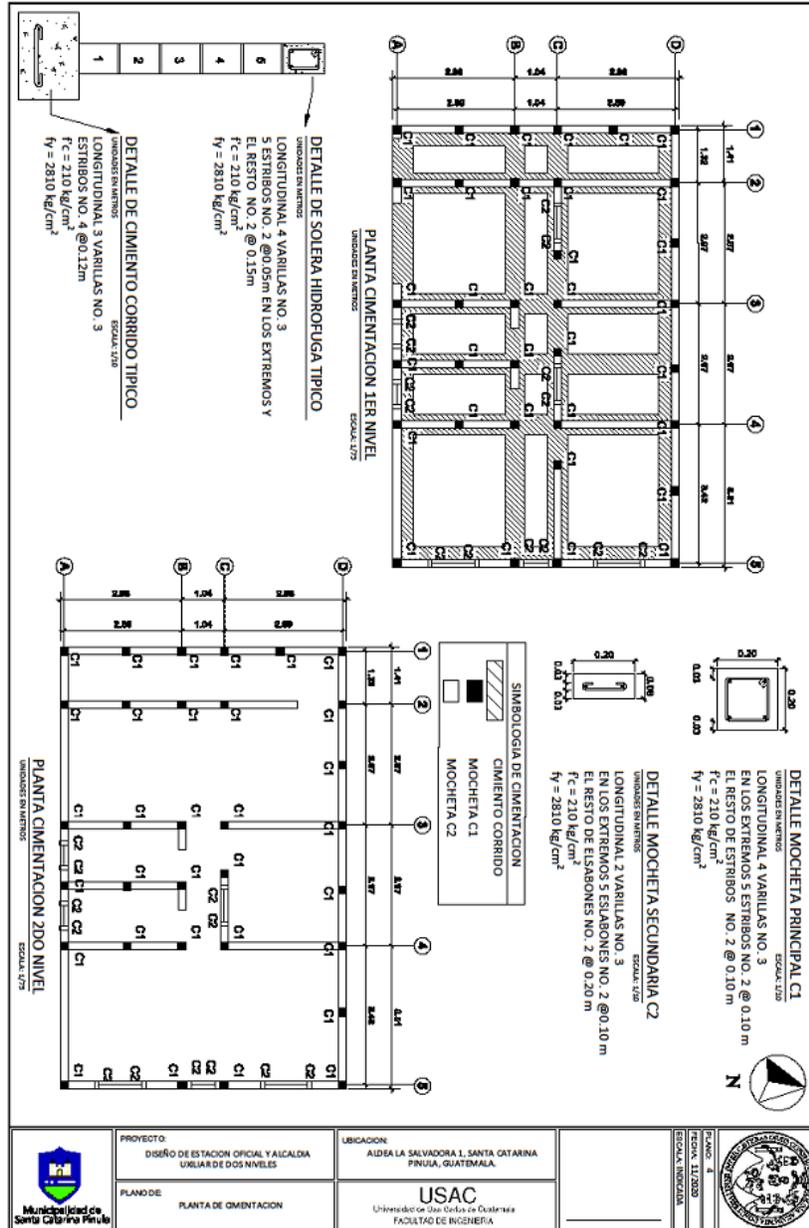
Fuente: elaboración propia, realizado con CivilCAD 2016.

Apéndice 5. Planos diseño de estación policial y alcaldía auxiliar, elevaciones y secciones



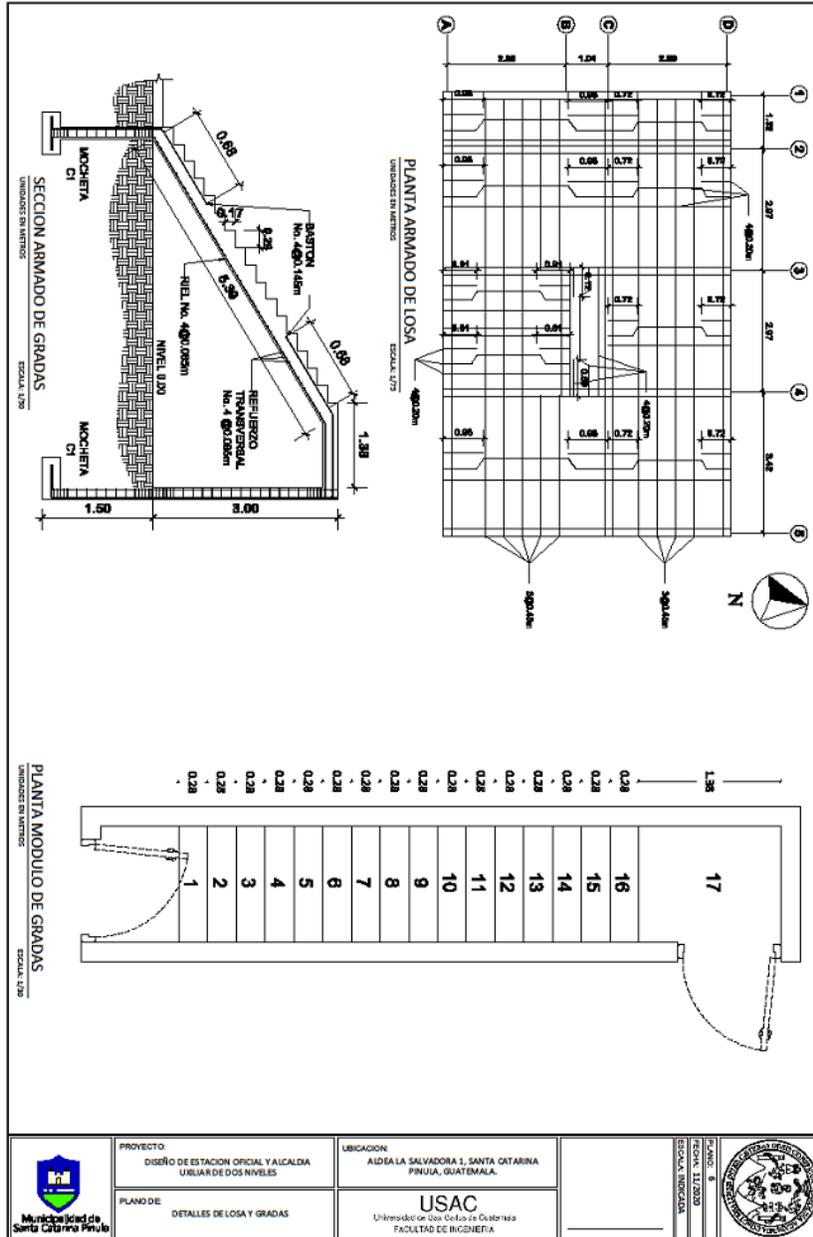
Fuente: elaboración propia, realizado con CivilCAD 2016.

Apéndice 5. Planos diseño de estación policial y alcaldía auxiliar, elevaciones y secciones



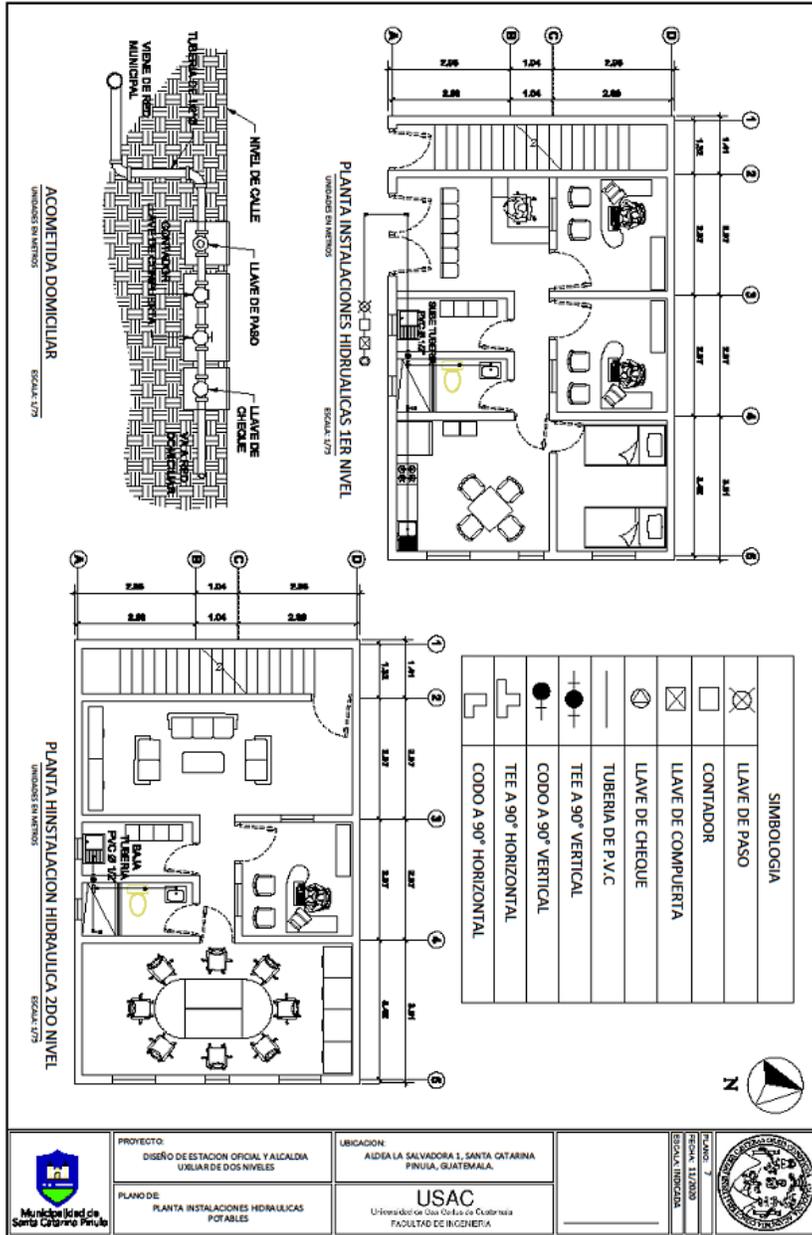
Fuente: elaboración propia, realizado con CivilCAD 2016.

Apéndice 7. Planos diseño de estación policial y alcaldía auxiliar,
detalles



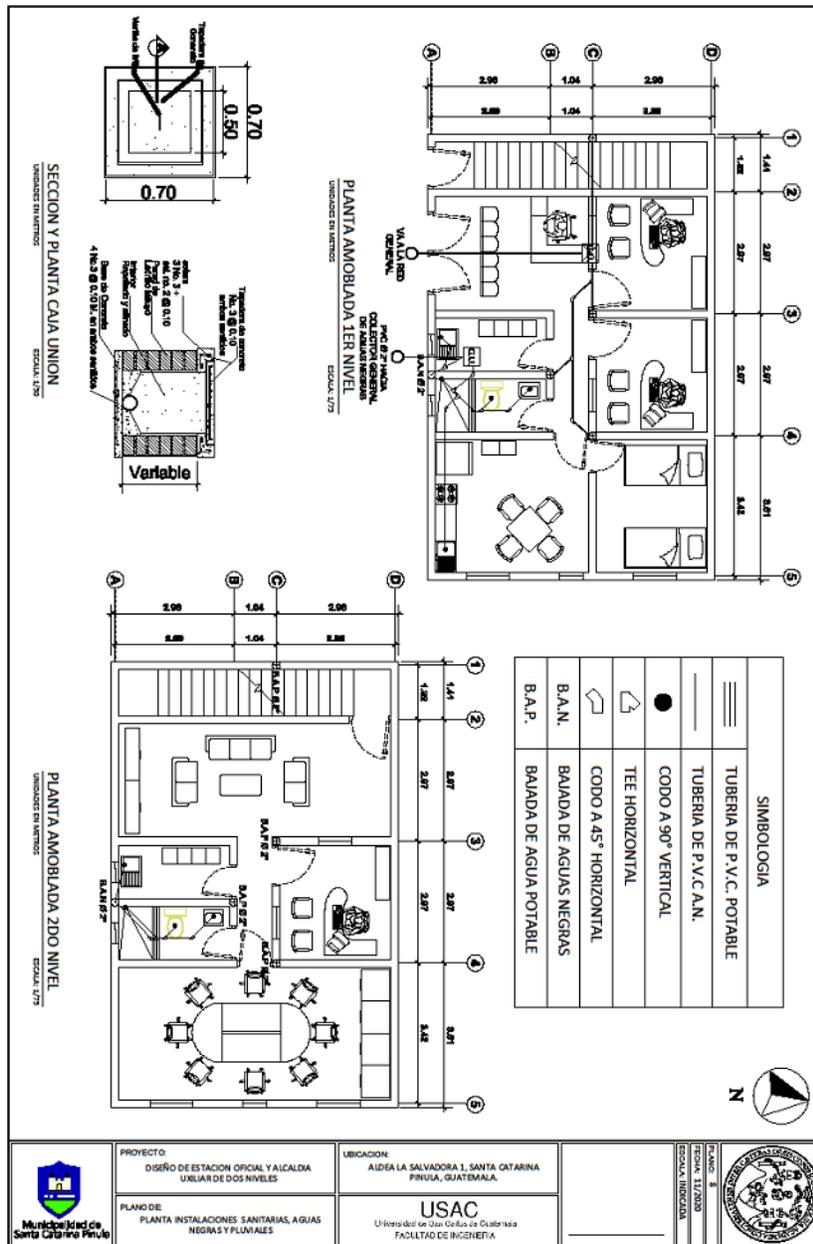
Fuente: elaboración propia, realizado con CivilCAD 2016.

Apéndice 9. Planos diseño de estación policial y alcaldía auxiliar, instalaciones hidráulicas potables



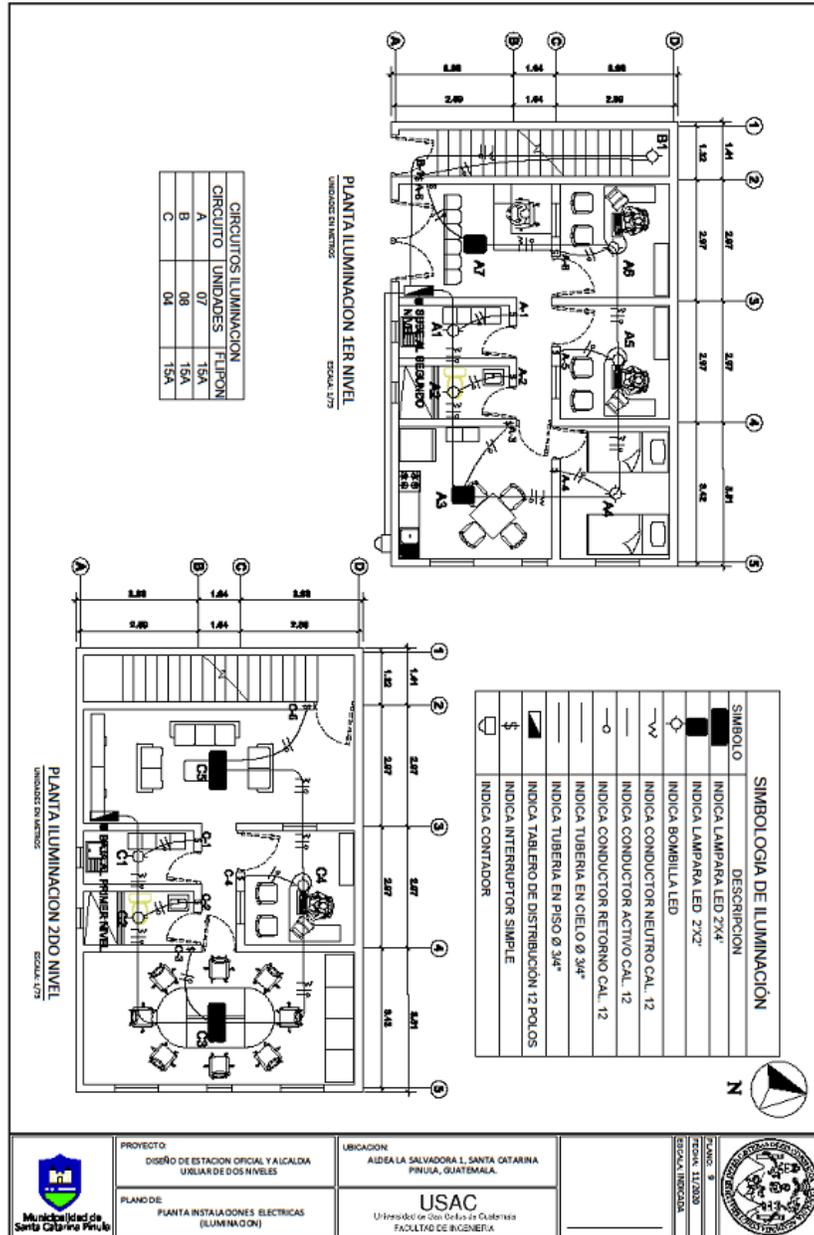
Fuente: elaboración propia, realizado con CivilCAD 2016.

Apéndice 10. Planos diseño de estación policial y alcaldía auxiliar,
 planta instalaciones sanitarias aguas negras y
 pluviales



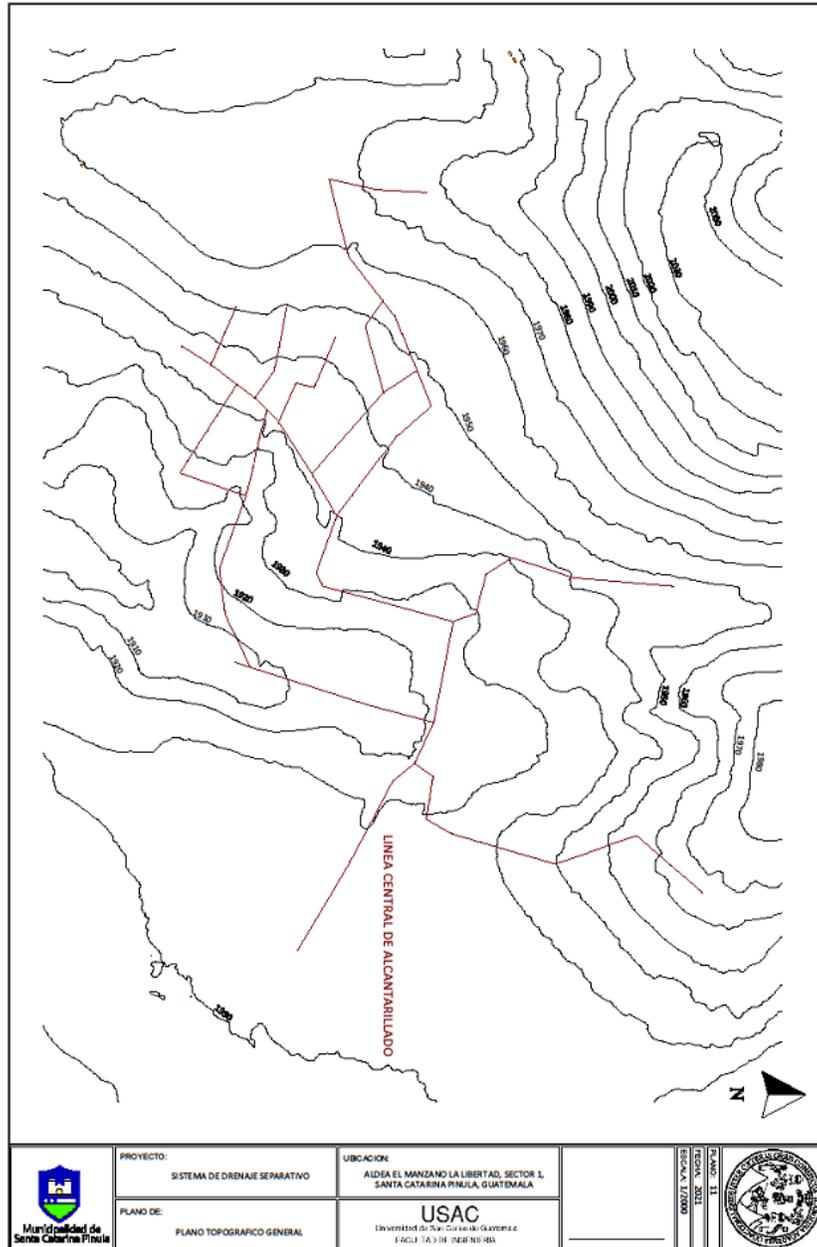
Fuente: elaboración propia, realizado con CivilCAD 2016.

Apéndice 11. Planos diseño de estación policial y alcaldía auxiliar, instalaciones electricas (iluminación)



Fuente: elaboración propia, realizado con CivilCAD 2016.

Apéndice 12. **Planos del sistema de drenaje separativo, topografía general**



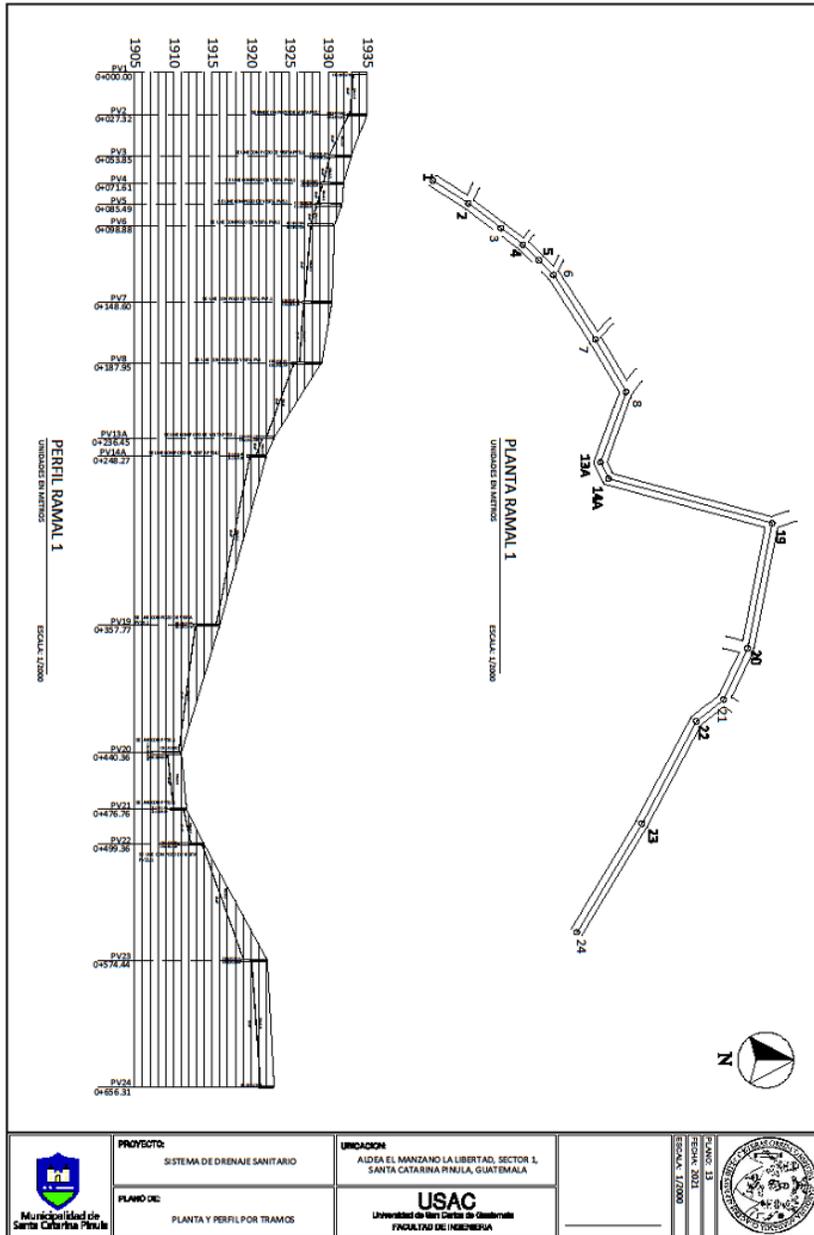
Fuente: elaboración propia, realizado con CivilCAD 2016.

Apéndice 13. Planos del sistema de drenaje sanitario, densidad de viviendas



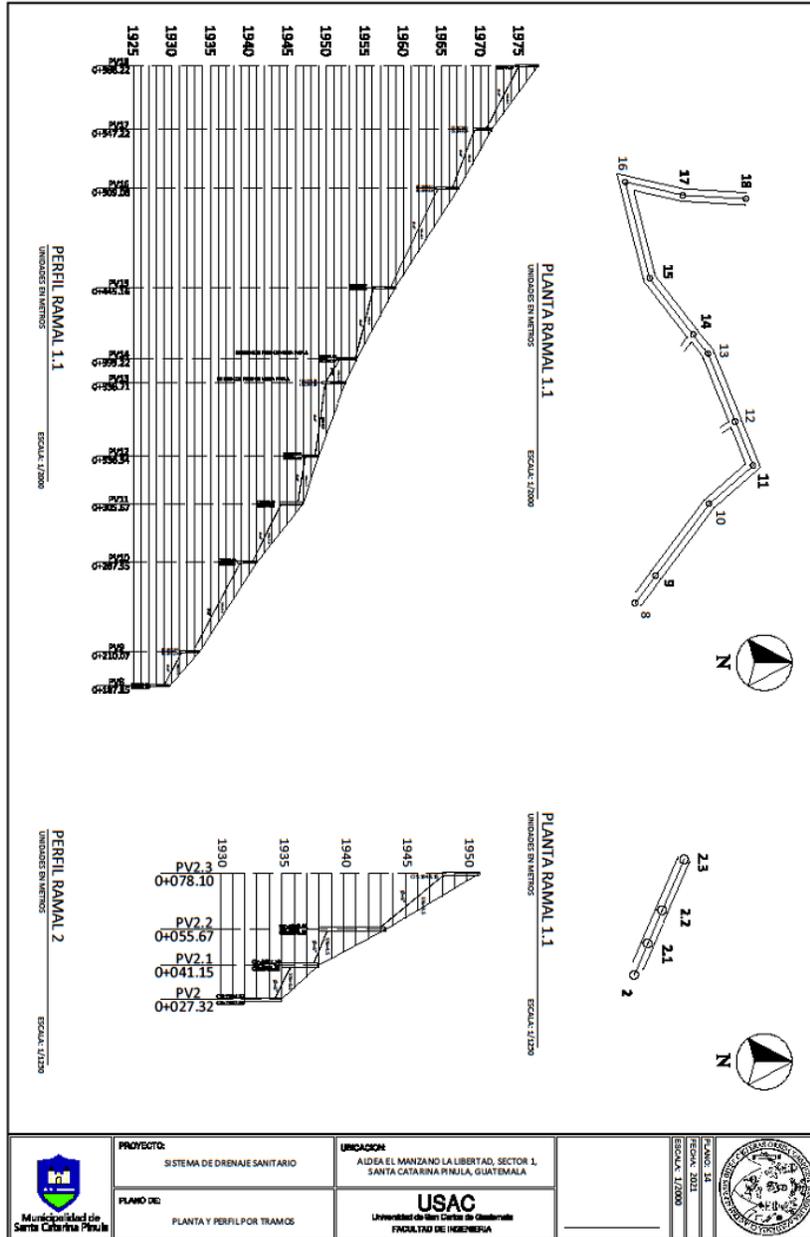
Fuente: elaboración propia, realizado con CivilCAD 2016.

Apéndice 14. Planos del sistema de drenaje sanitario, planta y perfil por tramos

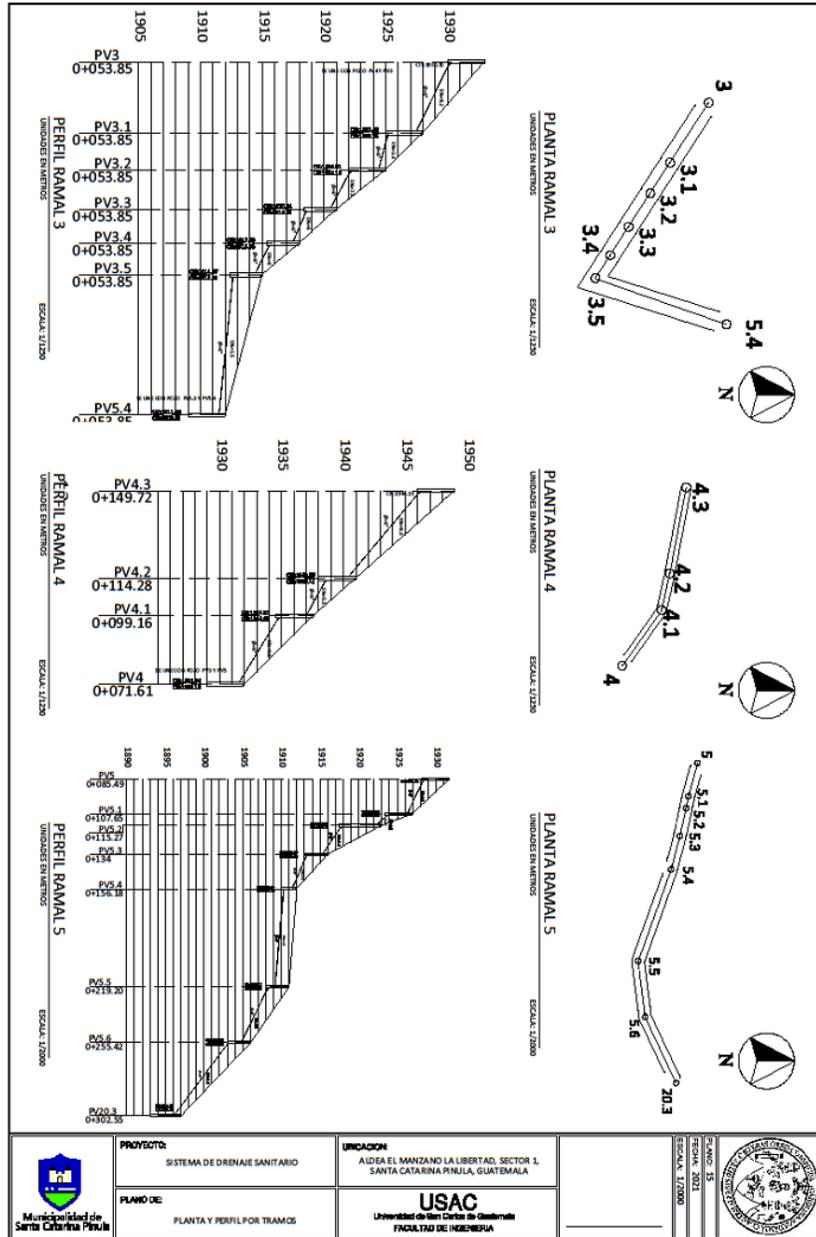


 <p>Municipalidad de Santa Catarina Pinula</p>	<p>PROYECTO: SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO</p>	<p>UBICACION: ALDEA EL MANZANO LA LIBERTAD, SECTOR 1, SANTA CATERINA PINULA, GUATEMALA</p>	 <p>USAC Universidad de San Carlos de Guatemala FACULTAD DE INGENIERIA</p>
	<p>PLANO DE: PLANTA Y PERFIL POR TRAMOS</p>	<p>PLANO 13 ESCALA: 20:1 ESCALA: 1:2000</p>	

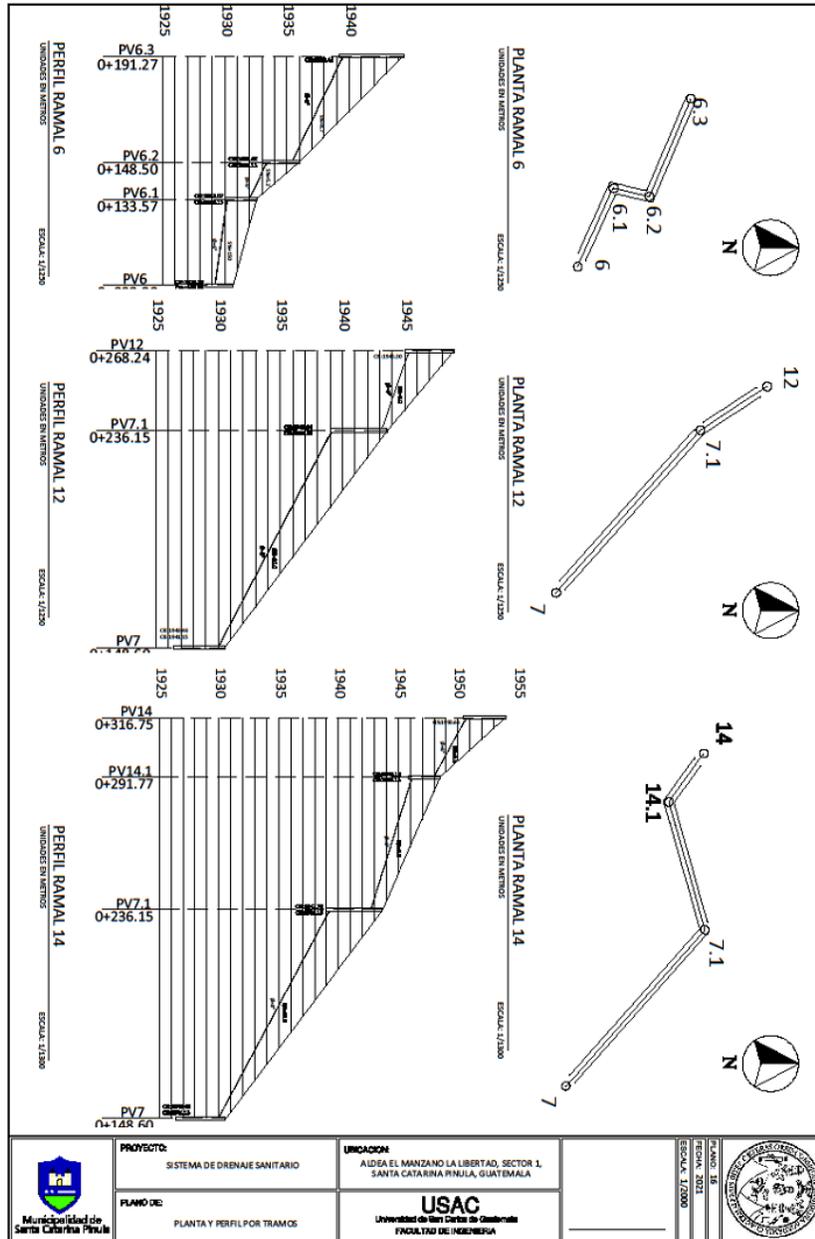
Continuación del apéndice 14.



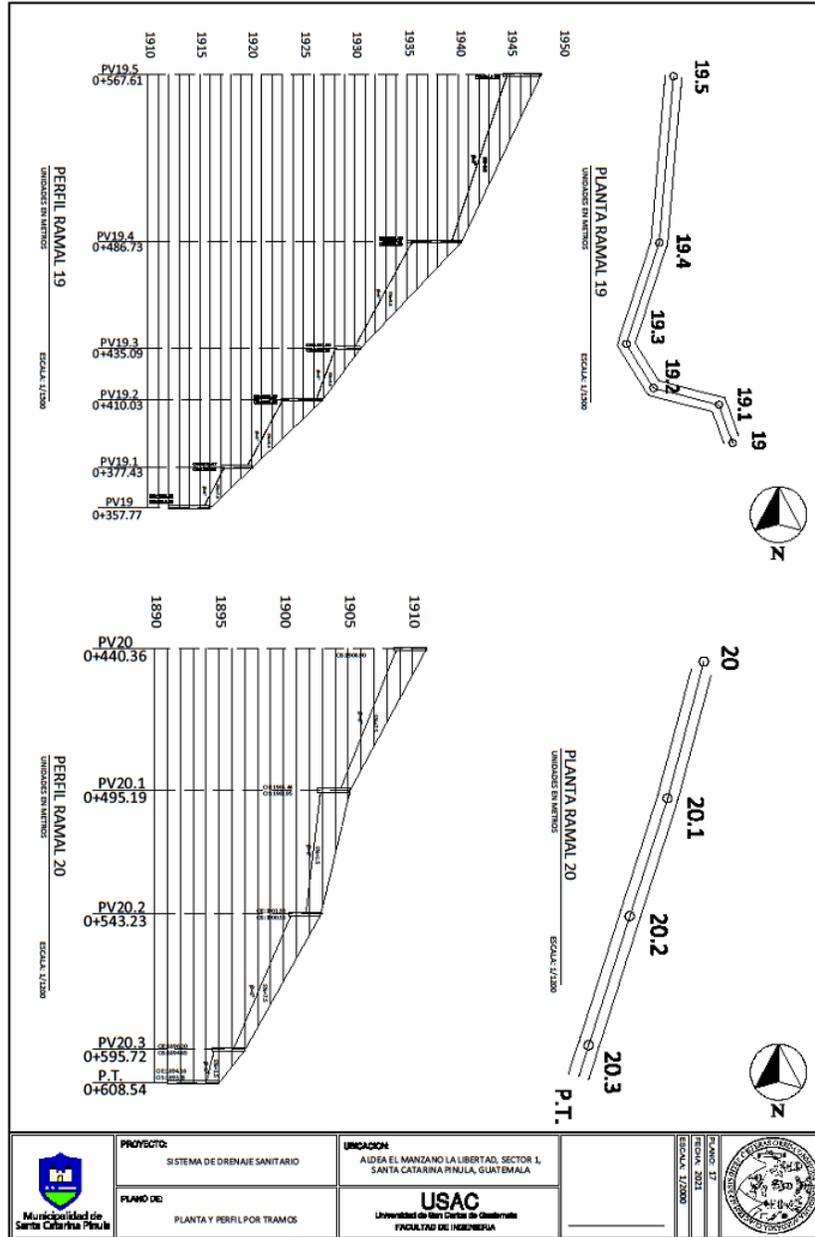
Continuación del apéndice 14.



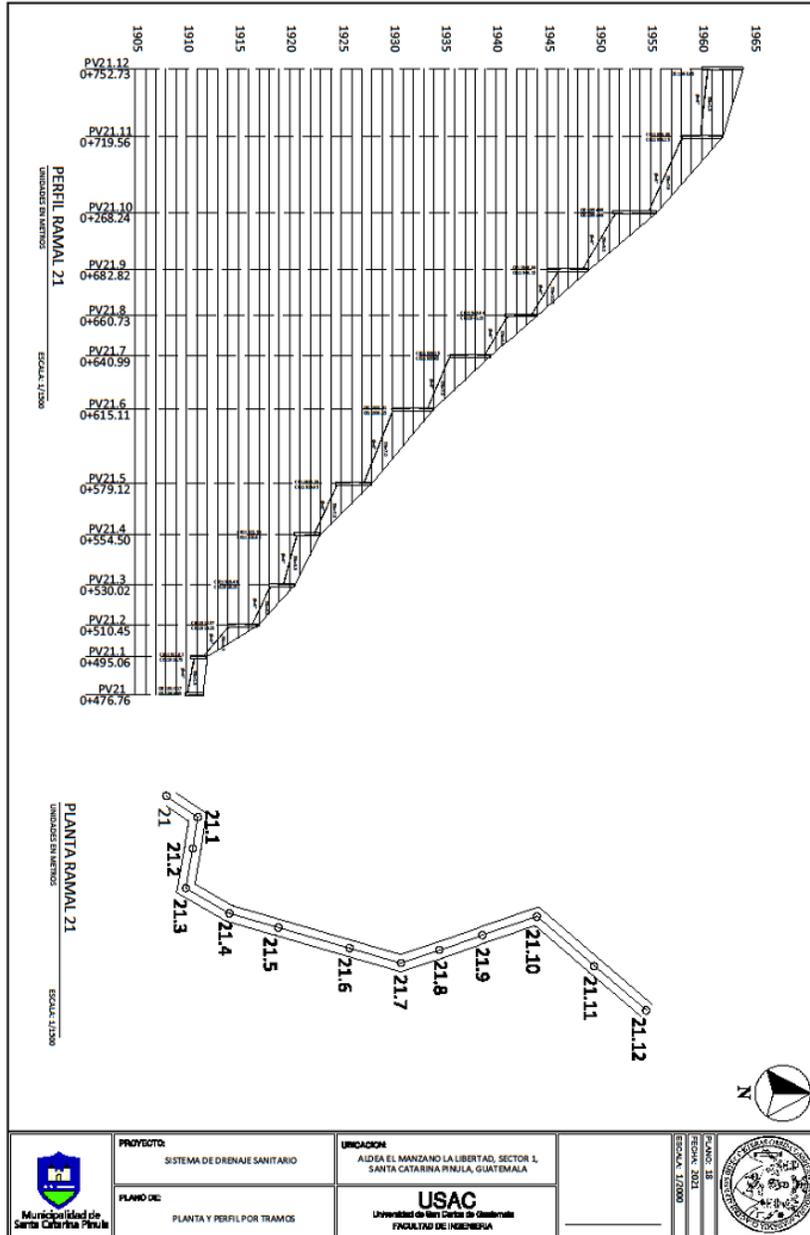
Continuación del apéndice 14.



Continuación del apéndice 14.

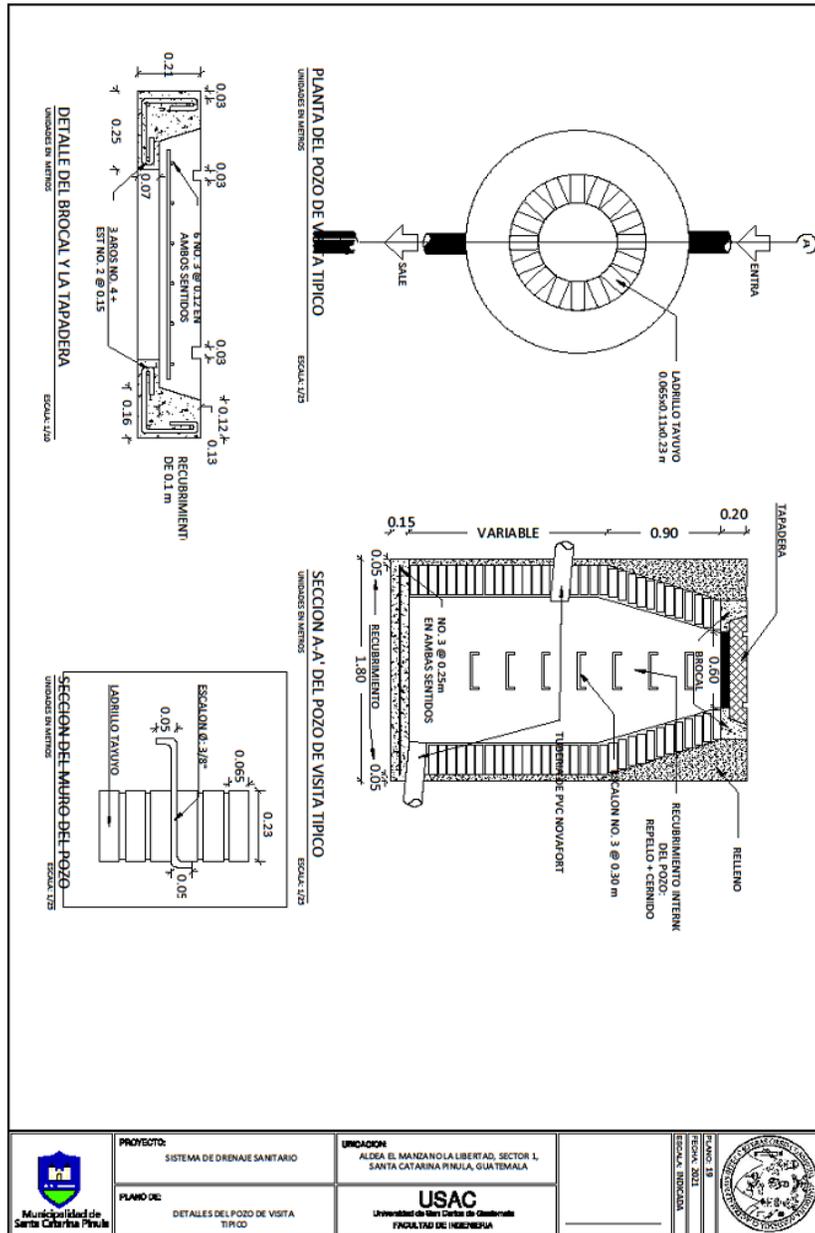


Continuación del apéndice 14.



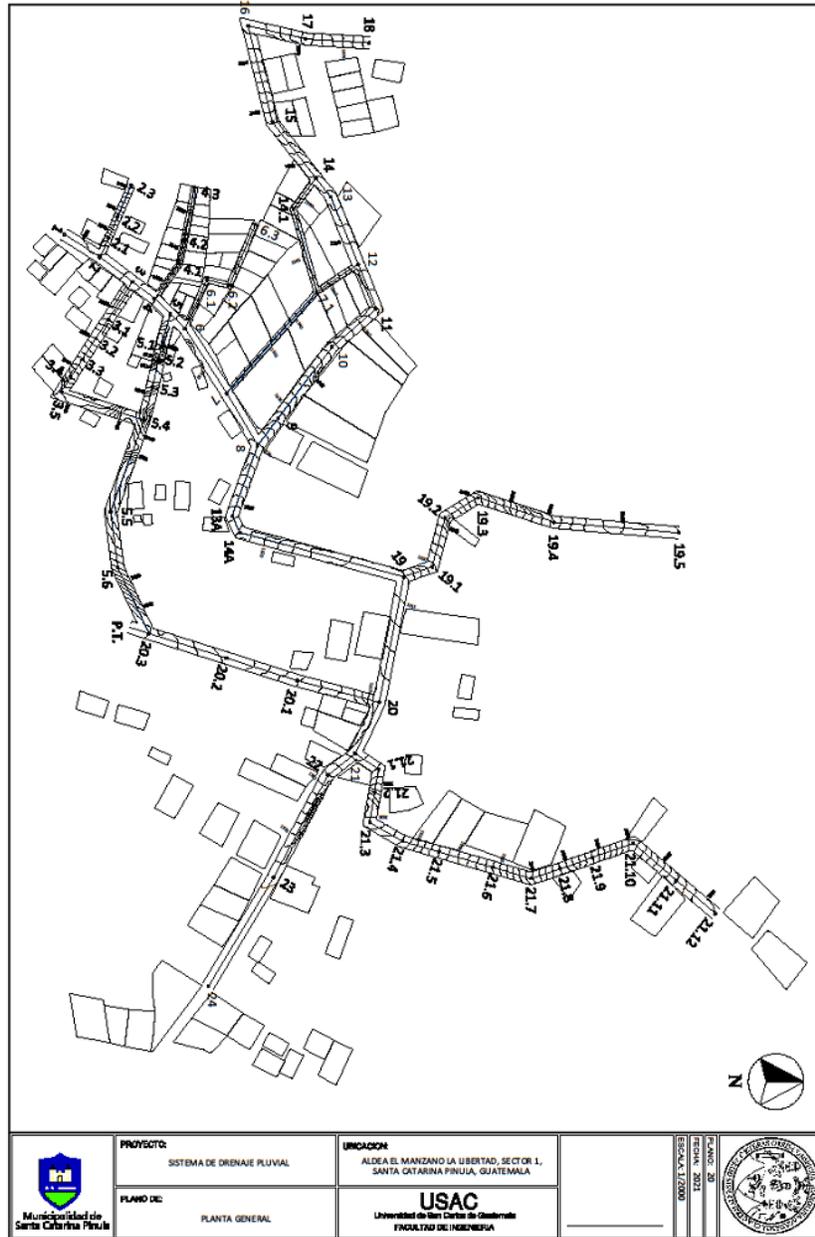
Fuente: elaboración propia, realizado con CivilCAD 2016.

Apéndice 15. Planos del sistema de drenaje sanitario, pozo de visitas típico



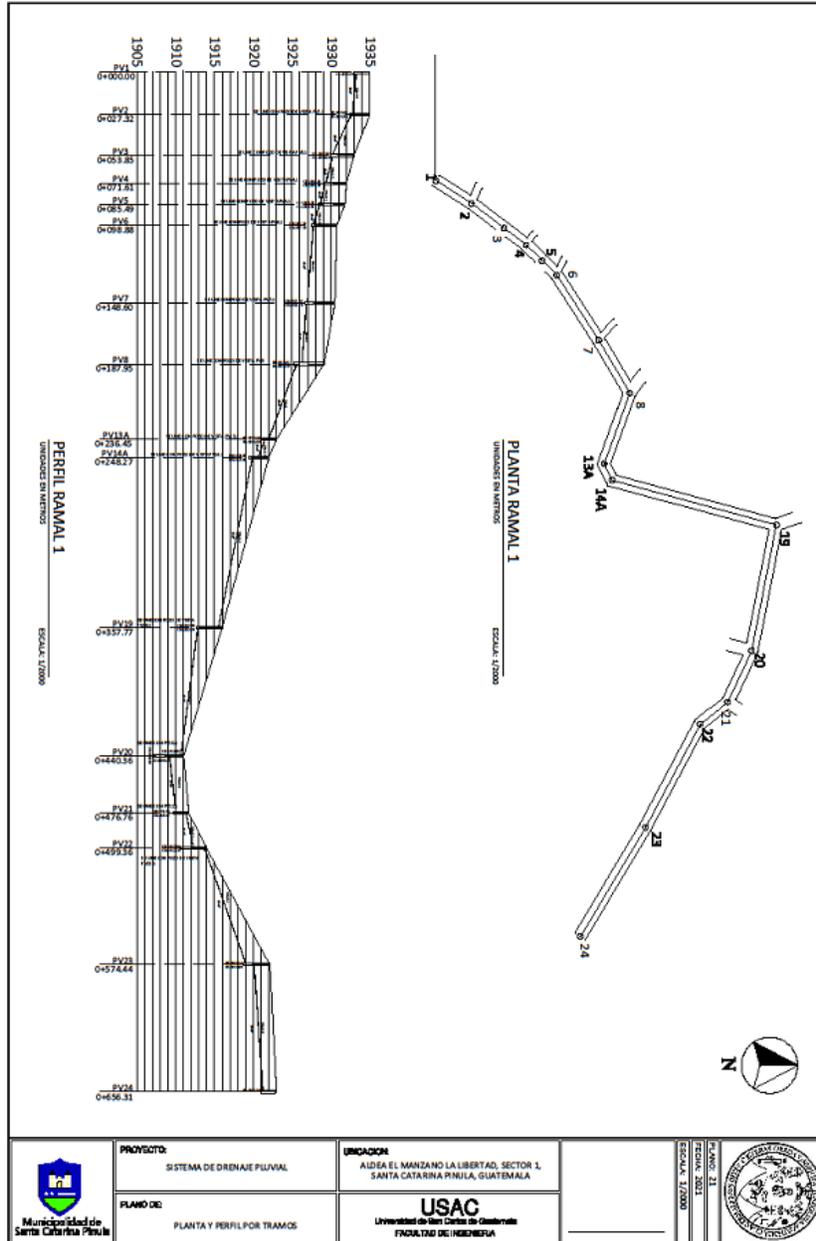
Fuente: elaboración propia, realizado con CivilCAD 2016.

Apéndice 16. Planos del sistema de drenaje pluvial, planta general



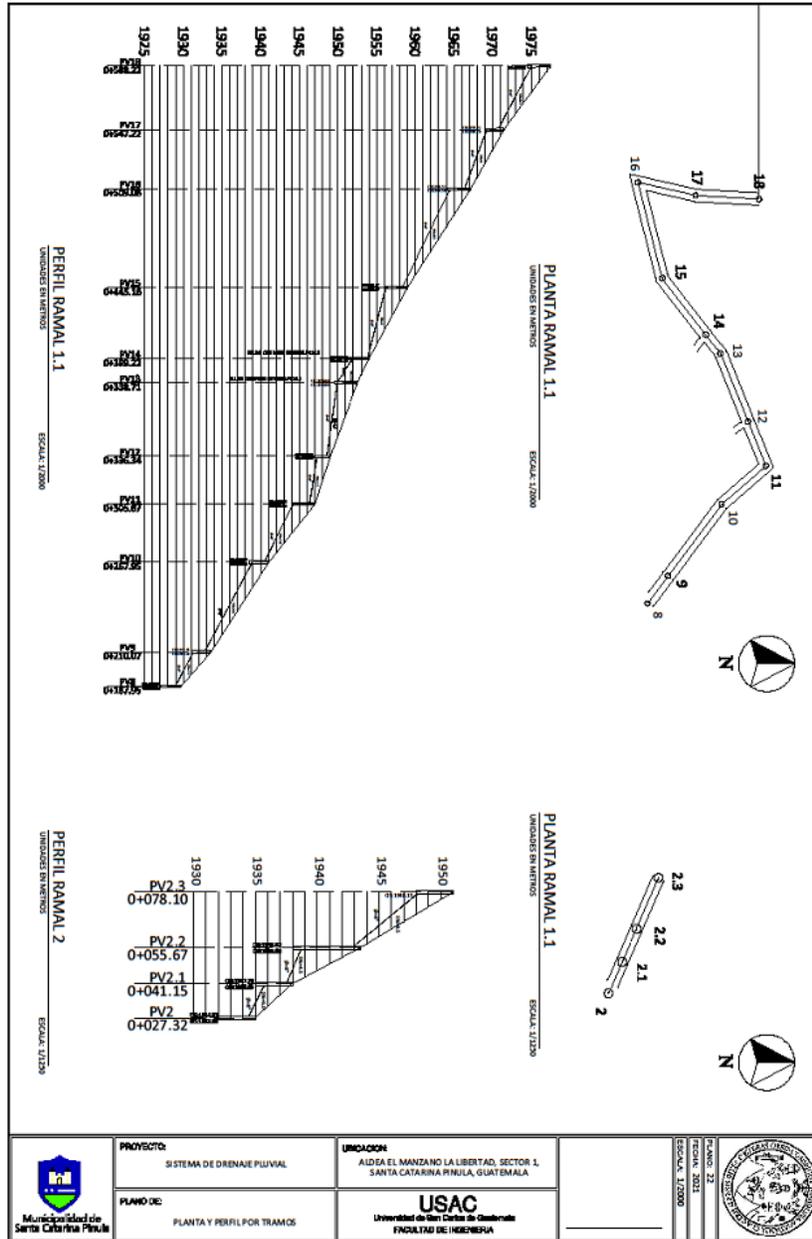
Fuente: elaboración propia, realizado con CivilCAD 2016.

Apéndice 16. Planos del sistema de drenaje pluvial, planta y perfil por tramos

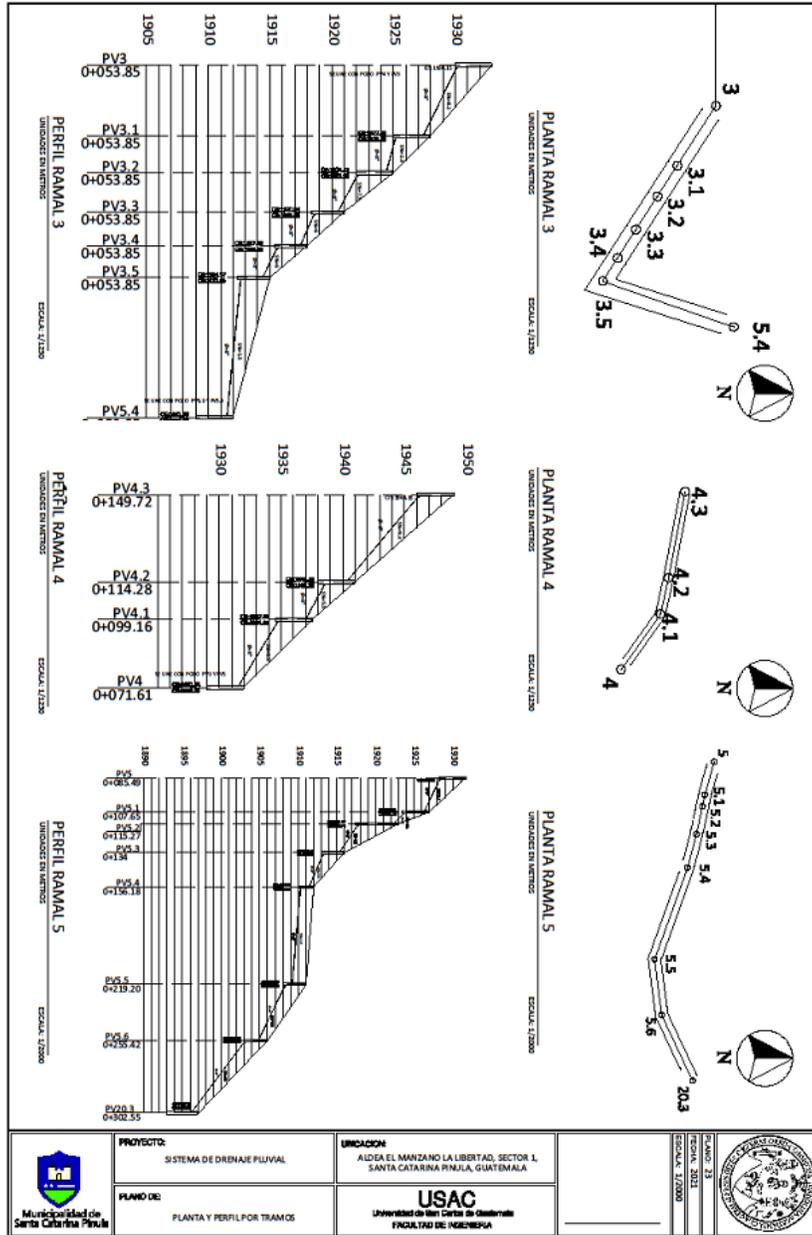


 Municipalidad de Santa Catarina Pinula	PROYECTO: SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL	UBICACION: ALDEA EL MANZANO LA LIBERTAD, SECTOR 1, SANTA CATERINA PINULA, GUATEMALA	P. NÚM.: 21 FECHA: 2021 ESCALA: 1:2000	
	PLANO DE: PLANTA Y PERFIL POR TRAMOS	USAC Universidad de San Carlos de Guatemala FACULTAD DE INGENIERIA		

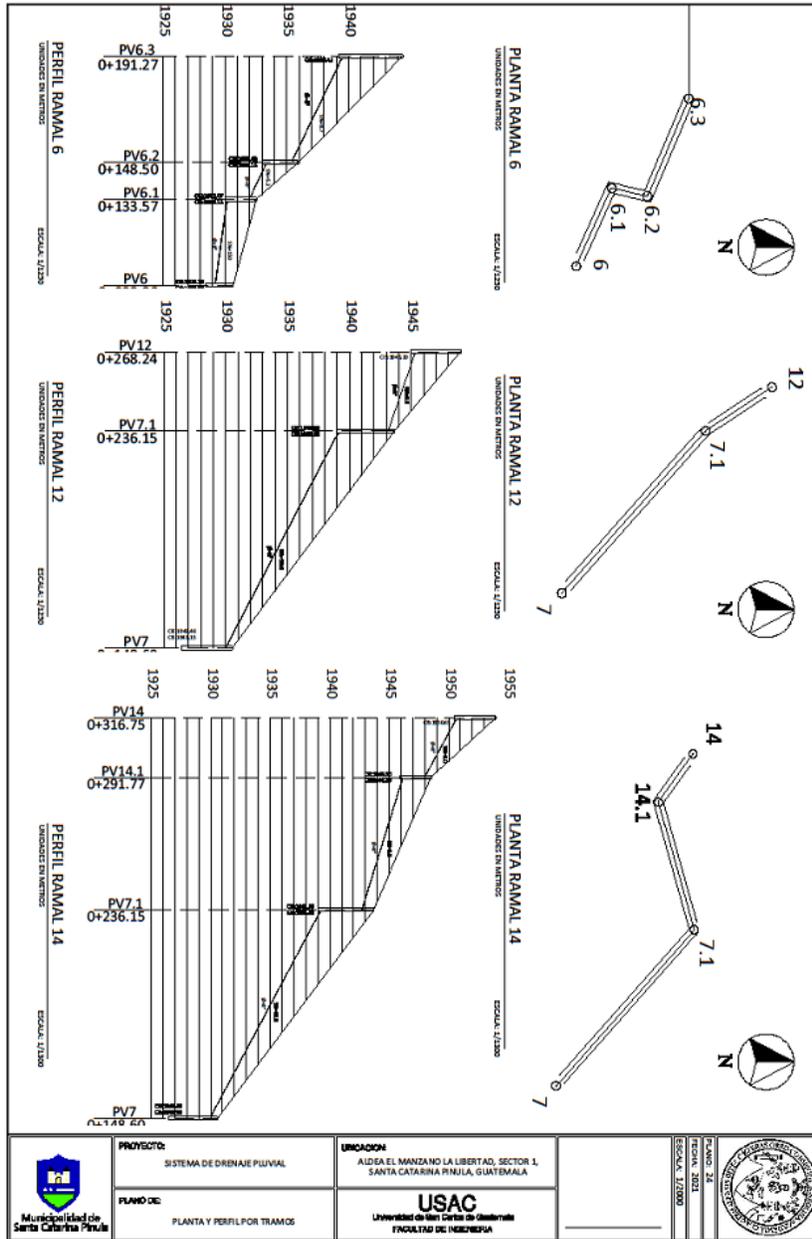
Continuación del apéndice 16.



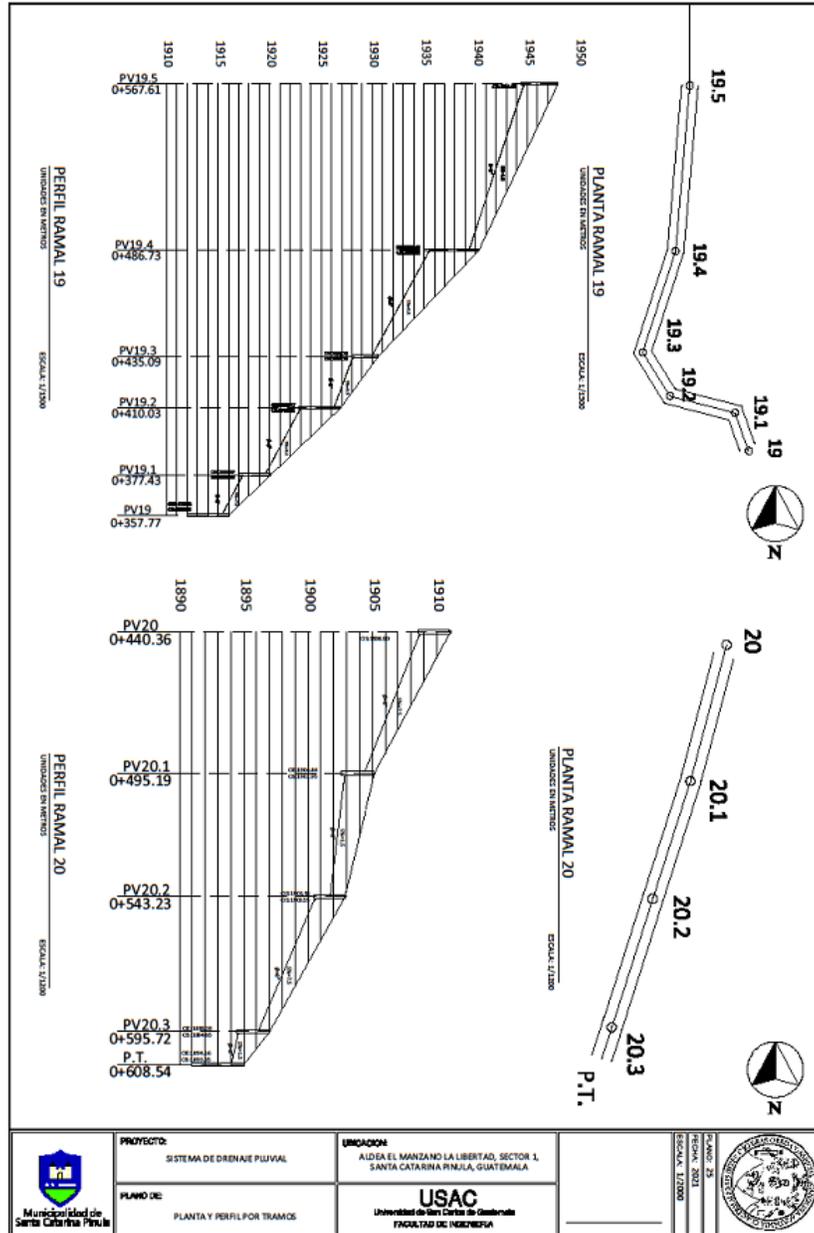
Continuación del apéndice 16.



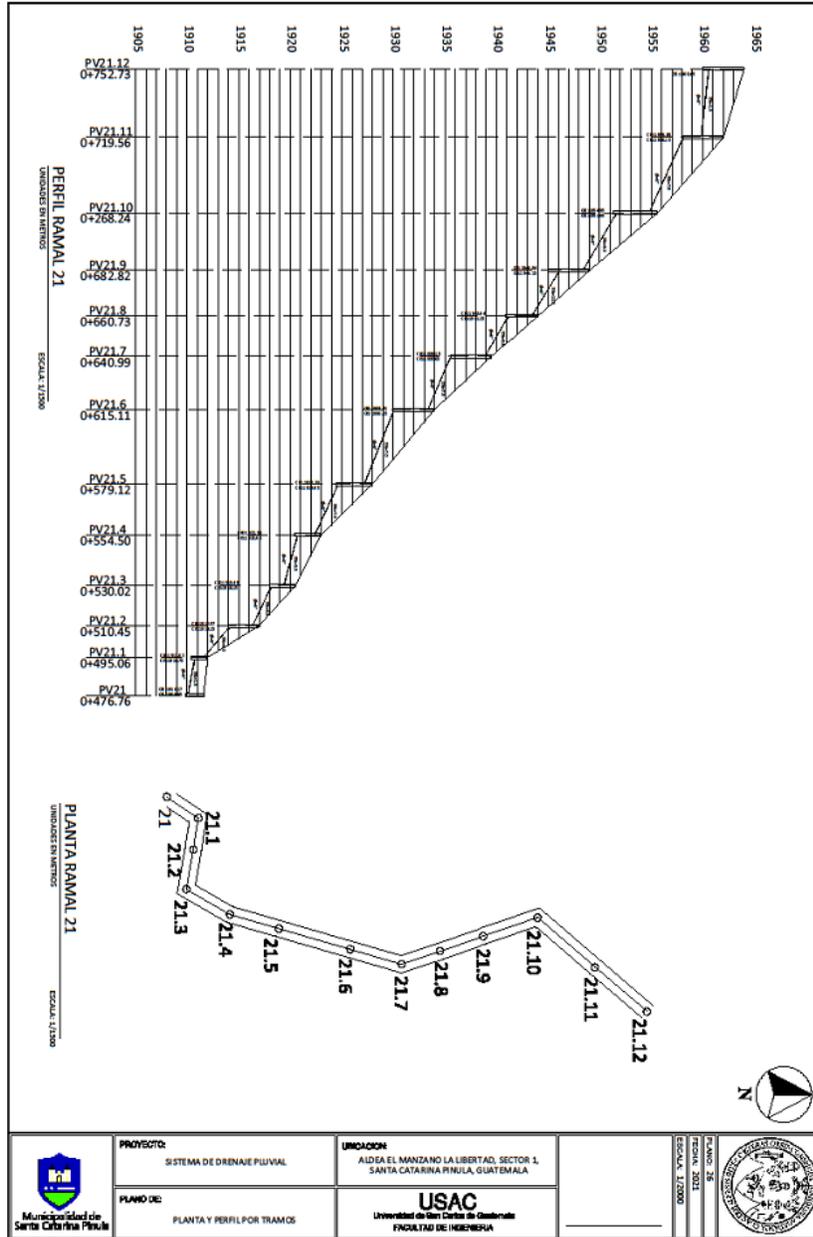
Continuación del apéndice 16.



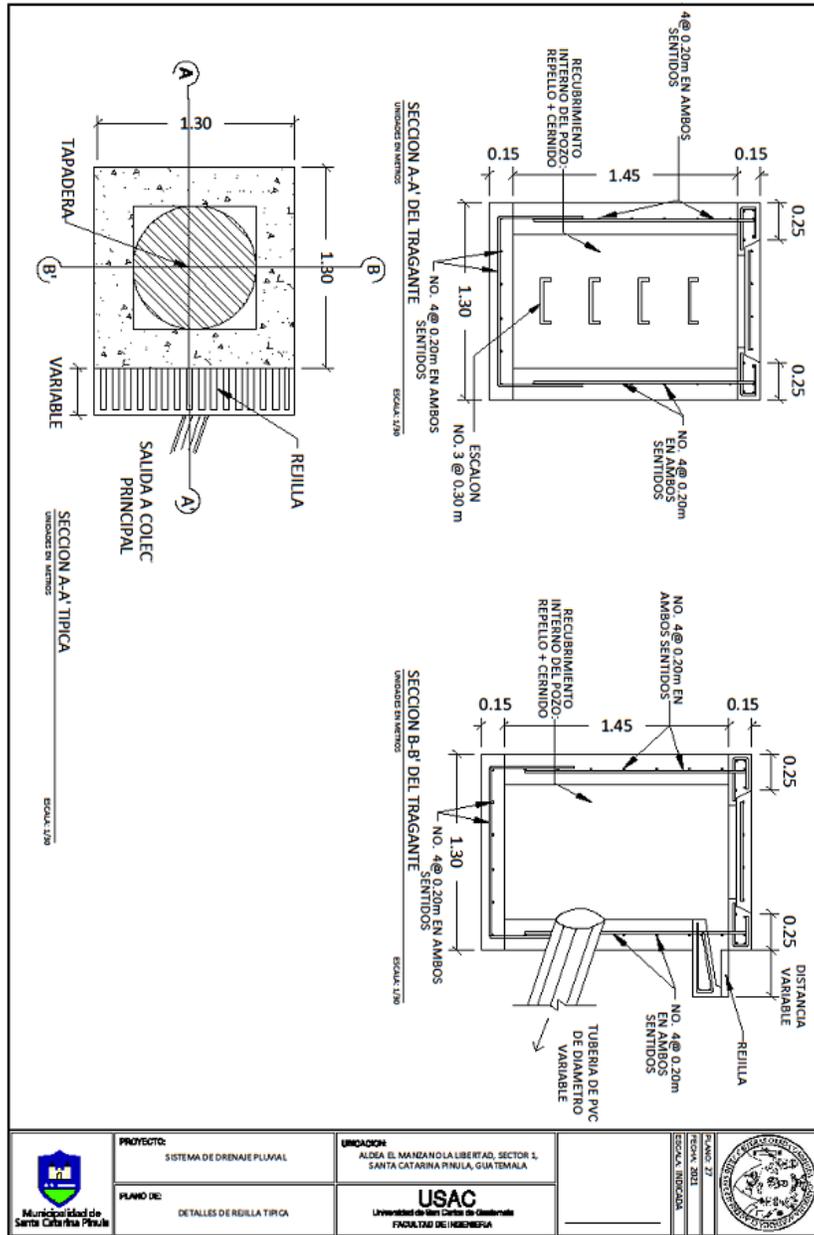
Continuación del apéndice 16.



Continuación del apéndice 16.



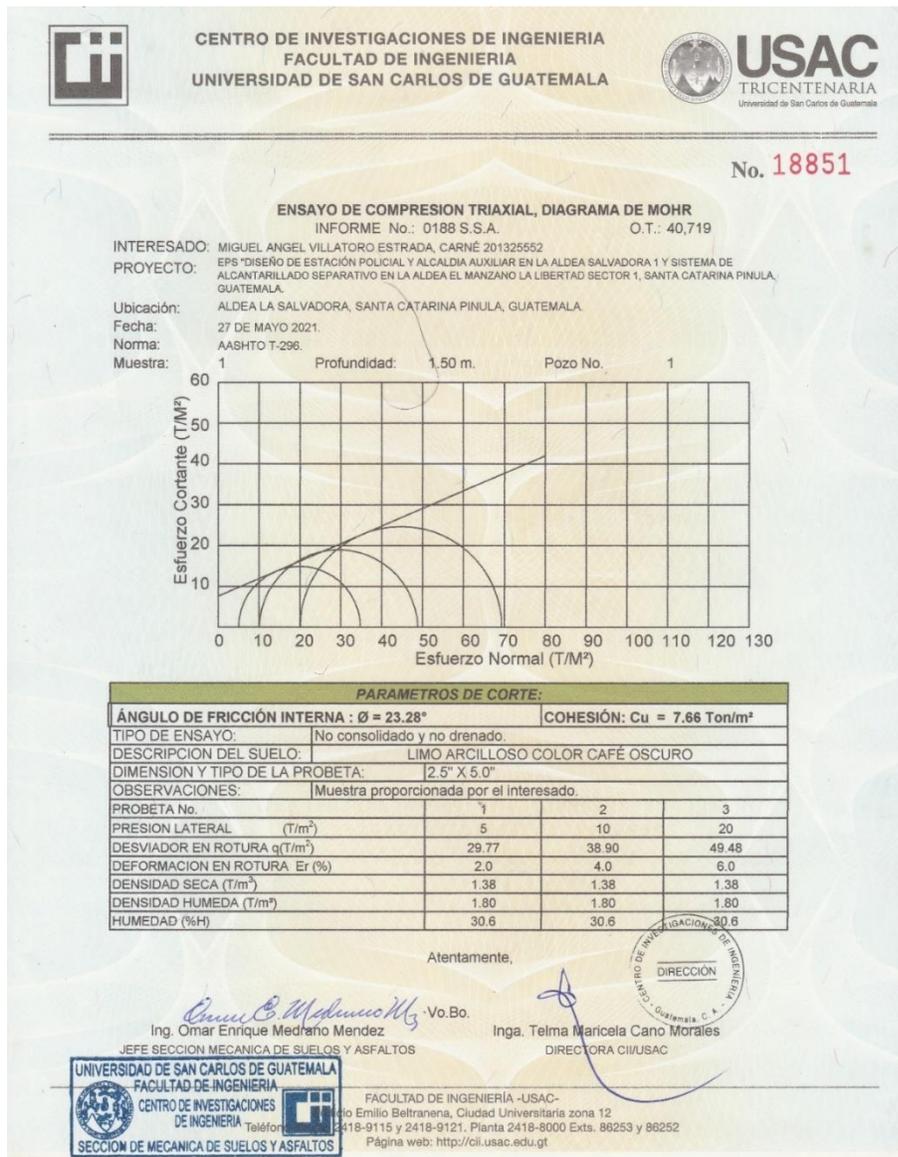
Continuación del apéndice 16.



Fuente: elaboración propia, realizado con CivilCAD 2016.

ANEXO

Anexo 1. Informe de ensayo triaxial



Fuente: Centro de Investigación de Ingeniería (2021). *Ensayo de compresión triaxial, diagrama de Mohr.*

