



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

**DISEÑO DE UN EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA EL MERCADO
MUNICIPAL Y UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA
ALDEA CHIPIACUL, PATZÚN, CHIMALTENANGO**

Jaime Manuel García Baldizón

Asesorado por el Ing. Juan Merck Cos

Guatemala, octubre de 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE UN EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA EL MERCADO
MUNICIPAL Y UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA
ALDEA CHIPIACUL, PATZÚN, CHIMALTENANGO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

JAIME MANUEL GARCÍA BALDIZÓN
ASESORADO POR EL ING. JUAN MERCK COS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Luis Diego Aguilar Bran
VOCAL V	Br. Christian Daniel Estrada Santizo
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

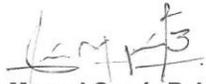
DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
EXAMINADOR	Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
EXAMINADOR	Ing. Juan Merck Cos
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

DISEÑO DE UN EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA EL MERCADO MUNICIPAL Y UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA CHIPIACUL, PATZÚN, CHIMALTENANGO

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


Jaime Manuel García Baldizón

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE EPS

Guatemala, 30 de abril de 2019
REF.EPS.DOC.163.04.2019

Ingeniero
Pedro Antonio Aguilar Polanco
Director Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala
Presente.

Estimado Ingeniero Aguilar Polanco.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Jaime Manuel García Baldizón**, Registro Académico 8916709 y CUI 2405 41634 0101 de la Carrera de Ingeniería Civil, procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **DISEÑO DE UN EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA EL MERCADO MUNICIPAL Y UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA CHIPIACUL, PATZÚN, CHIMALTENANGO.**

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Juan Merck Cos
Asesor-Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Civil



c.c. Archivo
JMC/ra



Guatemala,
13 de mayo de 2019

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

Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DE UN EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA EL MERCADO MUNICIPAL Y UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA CHIPIACUL, PATZÚN, CHIMALTENANGO** desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Jaime Manuel García Baldizón, con CUI 2405416340101 Registro Académico No. 8916709, quien contó con la asesoría del Ing. Juan Merck Cos.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
HIDRAULICA
USAC
Ing. civil, Luis Manuel Sandoval Mendoza
Jefe Del Departamento de Hidráulica

/mrrm.





Guatemala,
11 de septiembre de 2019

Ingeniero
Pedro Antonio Aguilar Polanco
Director Escuela Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos

Estimado Ingeniero Aguilar.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación DISEÑO DE UN EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA EL MERCADO MUNICIPAL Y UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA CHIPIACUL, PATZÚN, CHIMALTENANGO desarrollado por la estudiante de Ingeniería Civil Jaime Manuel García Baldizón, con Registro Estudiantil No. 8916709, quien contó con la asesoría del Ing. Juan Merck Cos.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS



Ing. Ronald Estuardo Galindo Cabrera
Jefe del Departamento de Estructuras



FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO
DE
ESTRUCTURAS
USAC

/mrrm.



Más de 138 años de Trabajo y Mejora Continua

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE EPS

Guatemala, 19 de septiembre de 2019
REF.EPS.D.301.09.2019

Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Director Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Aguilar Polanco:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **DISEÑO DE UN EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA EL MERCADO MUNICIPAL Y UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA CHIPIACUL, PATZÚN, CHIMALTENANGO**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Jaime Manuel García Baldizón**, CUI **2405 41634 0101** y **Registro Académico 3916709**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Juan Merck Cos.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación por parte del Asesor-Supervisor, 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 Argüeta Hernández
Director Unidad de EPS

OAH/ra





El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Juan Merck Cos y del Coordinador de E.P.S. Ing. Oscar Argueta Hernández, al trabajo de graduación del estudiante Jaime Manuel García Baldizón titulado **DISEÑO DE UN EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA EL MERCADO MUNICIPAL Y UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA CHIPIACUL, PATZÚN, CHIMALTENANGO** da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco



Guatemala, octubre 2019

/mrrm.





USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

Decanato
Facultad de Ingeniería
24189102 - 24189103

DTG. 504.2019

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 UN EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA EL MERCADO MUNICIPAL Y UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA CHIPIACUL, PATZÚN, CHIMALTENANGO**, presentado por el estudiante universitario: **Jaime Manuel García Baldizón**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Inga. Anabela Cordova Estrada
Decana



Guatemala, octubre de 2019

/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Mi creador y mi guía, por darme sabiduría y permitirme cumplir este sueño.
Mis padres	Jaime García Arévalo y Estrella Baldizón Matus de García, su amor, educación y formación moral, son mi fortaleza y mi guía.
Mi esposa	María Eugenia Pineda Rodríguez de García, por su amor, paciencia e incondicional apoyo.
Mis hijos y padrinos	José Gerardo y Javier Ernesto García Pineda, son lo mejor de mi vida, gracias.
Mi hija	Brenda Karina García Pineda, por brindarme su apoyo, alegría y comprensión.
Mis hermanos	Mireya Jeanneth y José Alexander García Baldizón, por darme siempre su cariño y que siempre estemos unidos
Mis nietos	Por su alegría y cariño y al ingeniero en formación lo esperamos con mucha felicidad.

Mi familia

Por su unidad y compartir esta alegría.

**Compañeros
universitarios**

Un agradecimiento especial, su amistad
perdurará por siempre.

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Alma mater que desarrolló mi formación académica y superación personal.

Facultad de Ingeniería

Por permitirme forjar y lograr uno de mis más grandes anhelos.

**Mis amigos de la
Facultad**

Gloria Hernández, Rita Estrada y Mariela Santos, por su alegría, apoyo y dedicación.

Unidad SAE/SAP

Por brindarme la oportunidad de servir y apoyarme en mi carrera. En especial a Rita Caballeros e Ing. Herman Veliz.

Asesor de EPS

Ing. Juan Merck, por brindarme su apoyo personal y técnico de manera incondicional.

Unidad de EPS

Un agradecimiento especial por su empuje constante, vocación de servicio y dedicación.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XIII
GLOSARIO	XV
RESUMEN.....	XIX
OBJETIVOS.....	XXI
INTRODUCCIÓN	XXIII
1. FASE DE INVESTIGACIÓN	1
1.1. Monografía de la aldea Chipiacul, Patzún	1
1.1.1. Generalidades	1
1.1.1.1. Ubicación y localización.....	1
1.1.1.2. Límites y colindancia	3
1.1.1.3. Topografía	3
1.1.1.4. Clima	3
1.1.1.5. Servicios	4
1.1.1.6. Transporte	4
1.1.2. Aspectos sociales	5
1.1.2.1. Demografía	5
1.1.2.2. Religión.....	7
1.1.2.3. Educación	7
1.1.3. Diagnóstico de necesidades de servicios básicos e infraestructura de la aldea Chipiacul.....	8
1.1.3.1. Descripción de las necesidades	8
1.1.3.2. Evaluación y priorización de las necesidades.....	9

	1.1.3.2.1.	Edificio de dos niveles para el mercado municipal	9
	1.1.3.2.2.	Sistema de alcantarillado sanitario ..	10
2.	FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL		13
2.1.	Diseño de la edificación de dos niveles para mercado municipal		13
	2.1.1.	Descripción del proyecto	13
	2.1.2.	Levantamiento topográfico	14
	2.1.3.	Estudio de suelos	14
	2.1.3.1.	Ensayo de compresión triaxial.....	16
	2.1.3.2.	Determinación del valor soporte.....	17
	2.1.4.	Diseño arquitectónico	20
	2.1.4.1.	Ubicación del edificio en el terreno.....	21
	2.1.4.2.	Distribución de ambientes	21
	2.1.5.	Análisis estructural	22
	2.1.5.1.	Predimensionamiento estructural	22
	2.1.5.1.1.	Vigas	23
	2.1.5.1.2.	Columnas	24
	2.1.5.1.3.	Losas	27
	2.1.5.2.	Cargas de diseño por AGIES	27
	2.1.5.2.1.	Cargas verticales en marcos dúctiles con nudos rígidos.....	28
	2.1.5.2.2.	Carga muerta (CM):	28

2.1.5.2.3.	Cargas horizontales en marcos dúctiles con nudos rígidos	35
2.1.5.2.4.	Fuerza sísmica	35
2.1.5.2.5.	Modelos matemáticos para marcos dúctiles con nudos rígidos	55
2.1.5.2.6.	Análisis de marcos dúctiles por métodos de análisis numérico y comprobación por medio de software	56
2.1.5.2.7.	Comparación entre los métodos de análisis aplicados	65
2.1.5.2.8.	Momentos últimos por envolvente de momentos.....	67
2.1.5.3.	Diagrama de corte y momento.....	71
2.1.5.4.	Diseño de elementos estructurales.....	76
2.1.5.4.1.	Diseño de losas	76
2.1.5.4.2.	Diseño de vigas	89
2.1.5.4.3.	Armado de viga	99
2.1.5.4.4.	Diseño de columnas ...	100
2.1.5.4.5.	Diseño de nudo sísmico	117
2.1.5.4.6.	Diseño de gradas y rampa	124
2.1.5.4.7.	Diseño de cimientos ...	137

	2.1.5.4.8.	Diseño de tabiques	145
	2.1.5.5.	Diseño de instalaciones hidráulicas y sanitarias	148
	2.1.5.5.1.	Instalaciones hidráulicas	148
	2.1.5.5.2.	Instalaciones sanitarias	150
	2.1.5.6.	Diseño de instalaciones eléctricas	154
2.1.6.		Elaboración de planos	157
2.1.7.		Elaboración de presupuesto	158
2.1.8.		Evaluación de impacto ambiental inicial	160
2.2.		Diseño de un sistema de alcantarillado sanitario	168
	2.2.1.	Descripción del proyecto	168
	2.2.2.	Levantamiento topográfico	169
	2.2.3.	Diseño del sistema	169
	2.2.3.1.	Descripción del sistema a utilizar	170
	2.2.3.2.	Período de diseño	170
	2.2.3.3.	Factor de retorno	170
	2.2.3.4.	Factor de Harmon	171
	2.2.4.	Caudal sanitario	171
	2.2.4.1.	Caudal domiciliar	171
	2.2.4.2.	Caudal de infiltración	172
	2.2.4.3.	Caudal por conexiones ilícitas	173
	2.2.4.4.	Caudal comercial	173
	2.2.4.5.	Factor de caudal medio	174
	2.2.4.6.	Caudal de diseño	174
	2.2.5.	Tipo de tubería a utilizar	175
	2.2.5.1.	Diseño de secciones y pendientes	175

	2.2.5.1.1.	Velocidades máxima y mínima de diseño	176
	2.2.5.1.2.	Cotas invert	176
2.2.6.		Pozos de visita.....	177
2.2.7.		Conexiones domiciliarias	178
2.2.8.		Profundidad de la tubería	179
2.2.9.		Principios hidráulicos	179
	2.2.9.1.	Relaciones hidráulicas.....	180
2.2.10.		Cálculo hidráulico	181
	2.2.10.1.	Ejemplo de diseño de un tramo	181
2.2.11.		Propuesta de tratamiento	187
	2.2.11.1.	Diseño de fosas sépticas	187
	2.2.11.2.	Pozos de absorción	192
2.2.12.		Plan de operación y mantenimiento del sistema... ..	193
2.2.13.		Elaboración de los planos finales del sistema	194
2.2.14.		Elaboración de presupuesto	194
2.2.15.		Análisis socioeconómico.....	195
	2.2.15.1.	Valor presente neto (VPN).....	196
	2.2.15.2.	Tasa interna de retorno (TIR)	197
2.2.16.		Evaluación de impacto ambiental inicial	197
CONCLUSIONES			205
RECOMENDACIONES			207
BIBLIOGRAFÍA.....			209
APÉNDICES			211
ANEXOS.....			215

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Ubicación geográfica del municipio Patzún.....	2
2.	Ubicación geográfica de la aldea Chipiacul.....	2
3.	Mapa de clasificación taxonómica de suelos, primera aproximación, República de Guatemala.....	15
4.	Área tributaria de losas, vigas y muros hacia las columnas.....	25
5.	Áreas tributarias para ejes críticos.....	30
6.	Diagrama de carga muerta y carga viva, eje 4 (X-X).....	34
7.	Diagrama de carga muerta y carga viva, eje E (Y-Y).....	34
8.	Centro de masa.....	44
9.	Fuerzas por sismo, eje X y eje Y.....	55
10.	Momentos de carga muerta, eje X.....	59
11.	Momentos de carga muerta, eje Y.....	60
12.	Momentos de carga viva, eje X.....	61
13.	Momentos de carga viva, eje Y.....	62
14.	Momentos de carga sísmica, eje X.....	63
15.	Momentos de carga sísmica, eje Y.....	64
16.	Envolvente de momentos, eje X.....	69
17.	Envolvente de momentos, eje Y.....	70
18.	Cortante, eje X.....	74
19.	Cortante, eje Y.....	75
20.	Planta de identificación de losas y caso aplicado, nivel 2.....	76
21.	Momentos balanceados primer nivel.....	83

22.	Momentos balanceados segundo nivel.....	84
23.	Esquema de armado de losa	88
24.	Esquema de momentos de viga.....	89
25.	Armado de viga.....	99
26.	Secciones de viga.....	99
27.	Área tributaria de columna.....	101
28.	Diagrama de interacción de columna biaxial	110
29.	Detalle de columna	116
30.	Área efectiva del nudo	118
31.	Distancia entre puntos de inflexión. H.....	119
32.	Gradas acceso principal, planta.....	125
33.	Distribución de carga y momento gradas.....	127
34.	Gradas acceso principal, perfil.....	129
35.	Gradas área administrativa.....	130
36.	Rampa acceso principal, planta.....	133
37.	Distribución de carga y momento rampa	135
38.	Zapata, chequeo por corte simple.....	141
39.	Zapata, chequeo por corte punzonante	142
40.	Zapata concéntrica Z-1	144
41.	Muro típico	147
42.	Sección pozo de visita	178
43.	Flujo en conductos abiertos	180
44.	Ejemplo de canal de rejas.....	188
45.	Ejemplo de fosa séptica.....	192

TABLAS

I.	Datos estación meteorológica Alameda ICTA.....	4
II.	Comunidades sector 2 municipio de Patzún	6
III.	Clasificación Simmons y taxonómica de los suelos	16
IV.	Factores de capacidad de carga	18
V.	Cálculo de capacidad soporte del suelo.....	20
VI.	Alturas o espesores mínimos de vigas no preesforzadas o losas reforzadas en una dirección a menos que se calculen las deflexiones	24
VII.	Datos para cálculo de carga sísmica.....	37
VIII.	Peso total de la estructura.....	38
IX.	Datos base para cálculo del cortante basal.....	39
X.	Distribución de V_B por nivel	42
XI.	Análisis de losa	45
XII.	Cargas por nivel	45
XIII.	Cálculo centro de masa, eje X	46
XIV.	Cálculo centro de masa, eje Y	47
XV.	Resumen centro de masa y centro geométrico.....	48
XVI.	Cálculo del centro de rigidez nivel 2 eje X.....	49
XVII.	Cálculo del centro de rigidez nivel 1 eje X.....	49
XVIII.	Cálculo del centro de rigidez nivel 2 eje Y.....	50
XIX.	Cálculo del centro de rigidez nivel 1 eje Y.....	50
XX.	Resumen: centro de masa y centro de rigidez	51
XXI.	Fuerza del marco por torsión, nivel 2 eje X	53
XXII.	Fuerza del marco por torsión, nivel 1 eje X.....	53
XXIII.	Fuerza del marco por torsión, nivel 2 eje Y	54
XXIV.	Fuerza del marco por torsión, nivel 1 eje Y	54
XXV.	Comparación de resultados, carga muerta eje X	65

XXVI.	Comparación de resultados, carga viva eje X.....	66
XXVII.	Corte en vigas, sentido X.....	72
XXVIII.	Corte en columnas, sentido X.....	72
XXIX.	Corte en vigas, sentido Y.....	73
XXX.	Corte en columnas, sentido Y.....	73
XXXI.	Momentos negativos.....	80
XXXII.	Momentos positivos.....	80
XXXIII.	Balance de momentos a determinar por método de rigideces.....	82
XXXIV.	Acero requerido con base en momento actuante.....	87
XXXV.	Área de acero y armado de viga A-B 1er nivel.....	92
XXXVI.	Diseño de viga, segundo nivel, eje X.....	95
XXXVII.	Refuerzo transversal de viga, segundo nivel, eje X.....	95
XXXVIII.	Diseño de viga, primer nivel, eje X.....	96
XXXIX.	Refuerzo transversal de viga, primer nivel, eje X.....	96
XL.	Diseño de viga, segundo nivel, eje Y.....	97
XLI.	Refuerzo transversal de viga, segundo nivel, eje Y.....	97
XLII.	Diseño de viga, primer nivel, eje Y.....	98
XLIII.	Refuerzo transversal de viga, primer nivel, eje Y.....	98
XLIV.	Diseño de columna.....	101
XLV.	Datos para diseño de columnas.....	115
XLVI.	Unidades de Hunter, gasto por tipo de aparato sanitario.....	149
XLVII.	Unidades de Hunter, descarga por tipo de aparato sanitario.....	151
XLVIII.	Número máximo de unidades de descarga.....	152
XLIX.	Accesorios eléctricos por nivel y consumo por circuito.....	155
L.	Presupuesto mercado municipal.....	159
LI.	Formato de impacto ambiental inicial aplicado a la construcción del mercado municipal.....	161
LII.	Cálculo de caudal de diseño, tramo 1.....	183
LIII.	Cálculo de relaciones hidráulicas, tramo 1.....	185

LIV.	Cálculo de profundidad de pozo y volumen de zanja, tramo 1.....	186
LV.	Presupuesto alcantarillado sanitario	195
LVI.	Formato de impacto ambiental inicial aplicado a la construcción del alcantarillado sanitario.....	198

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
A	Área
As	Área de acero
Asreq	Área de acero requerida por un momento dado
Asmáx	Área máxima de acero
Asmín	Área mínima de acero
Ag	Área gruesa de columna
At	Área tributaria
Cant	Cantidad
Cm	Carga muerta
CU	Carga última
Cv	Carga viva
CM	Centro de masa
CR	Centro de rigidez
cm	Centímetros
Cb	Coeficiente ACI, lado mayor
Ca	Coeficiente ACI, lado menor
d/D	Relación profundidad de flujo/profundidad a sección llena
e	Excentricidad
fy	Esfuerzo de fluencia del acero
F.H.	Factor de Harmon
FR	Factor de retorno
FS	Factor de seguridad

Fcu	Factor de carga última
Hab	Habitantes
K	Coeficiente de longitud efectiva
L/hab./día	Litros por habitante por día
m	Metro
m²	Dimensional de área, metro cuadrado
m³	Metros cúbicos
m³/s	Metros cúbicos por segundo
n	Coeficiente de rugosidad
PVC	Material fabricado a base de cloruro de polivinilo
P.V.	Pozo de visita
P't	Carga de trabajo
P	Carga puntual
Q	Caudal a sección llena en tuberías en m ³ /s
q	Caudal de diseño expresado en m ³ /s
q/Q	Relación de caudal / caudal a sección llena
qdis	Caudal de diseño
R	Radio
Rh	Radio hidráulico
S	Fuerza de sismo
S%	Pendiente en porcentaje
Vb	Cortante basal
v/V	Relación de velocidad de fluidos/velocidad a sección llena
V	Esfuerzo de corte
Vr	Esfuerzo de corte resistente
Wm	Carga muerta distribuida
ρ	Cuantía de acero
Ø	Diámetro

GLOSARIO

ACI 318-08	American Construcción Institute, Building Code Requeriments For Structural Concrete, código de requisitos para concreto estructural.
AGIES	Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica.
NSE	Normas de Seguridad Estructural.
INFOM	Instituto de Fomento Municipal.
Aguas residuales o aguas negras	El agua que se ha utilizado en actividades domésticas, comerciales o industriales.
Caudal de diseño	Sumatoria de todos los caudales a utilizar para el diseño de un tramo de alcantarillado.
Conexión domiciliar	Tubería que conduce hacia la candela, el agua del interior de la vivienda.
COCODE	Consejo Comunitario de Desarrollo.
Densidad de vivienda	Relación existente entre el número de viviendas por unidad de área.

Carga muerta	Carga permanente aplicada sobre una edificación que incluye el peso propio de las estructuras, vigas, columnas, techos, pisos, cubiertas. Incluyendo el peso de elementos permanentes de la construcción.
Carga viva	Carga variable producida por el uso y la ocupación de la edificación. Para los cálculos, son expresadas como cargas uniformes aplicadas sobre el área de la edificación, deben ser las máximas cargas que se espera ocurran en la edificación debido al uso. En cubiertas no accesibles, son causadas por material, equipo y personal, utilizados en el mantenimiento.
Cimentación	Conjunto de elementos estructurales de una edificación cuya misión es transmitir al suelo sus cargas o elementos apoyados en ella.
Columna	Elementos verticales utilizados para resistir carga axial de compresión y flexión, encargados de transmitir las cargas de la estructura a la cimentación.
Confinamiento	Protección del núcleo, conformado por acero longitudinal y concreto, en un elemento estructural, a través del posicionamiento y cantidad del refuerzo transversal. El confinamiento es un aumento del esfuerzo de ruptura del concreto y además, permite una deformación unitaria mayor para el elemento.

Esfuerzo	Intensidad de fuerza por unidad de área. Es referido al comportamiento de un material frente a las tensiones, una curva describe como varia la tensión respecto de la deformación porcentual. Existe una relación lineal, después, se llega al límite de fluencia y el material se comporta de forma no lineal hasta su posterior rotura.
Estribo	Refuerzo transversal de un elemento que resiste esfuerzo cortante.
Excentricidad	Distancia entre el centro de masa y el centro de rigidez de una estructura.
Losa	Placa de concreto armado, horizontal o inclinada, cuyas superficies, inferior y superior, son paralelas entre sí, de escaso grosor. Son elementos estructurales que tienen la intención de servir de separación entre pisos consecutivos de una edificación y servir como soporte para las cargas de ocupación. Se componen de concreto y acero de refuerzo, el concreto absorbe los esfuerzos de compresión y el acero los de tracción.
Recubrimiento	Espesor de concreto entre una barra de refuerzo y la cara exterior de la superficie de concreto.
Topografía	Técnica que consiste en describir y representar en un plano la superficie o el relieve de un terreno.

Viga	Elementos horizontales o inclinados que reciben las cargas provocadas por las losas, las cuales son transmitidas a las columnas. Son elementos estructurales que trabajan, principalmente a flexión, produciendo su falla de la misma manera o bien por esfuerzos cortantes.
Zapata	Elemento estructural diseñado para recibir todas las cargas actuantes de las columnas y transmitir las al subsuelo a una presión adecuada de acuerdo a las propiedades del suelo.
Fórmula de Manning	Fórmula para determinar la velocidad de un flujo en un canal abierto, esta fórmula se relaciona con la rugosidad del material con que está construido el canal, la pendiente y el radio hidráulico de la sección.
Pozo de visita	Estructura subterránea, sirve para cambiar dirección, pendiente, diámetro y para iniciar un nuevo tramo.
Dotación	Estimación de la cantidad de agua que se consume en promedio por habitante al día.
TIR	Tasa interna de retorno, descuento que hace el valor presente de una oportunidad de inversión igual a cero, interés que hace los costos equivalentes a los ingresos.
VPN	Valor presente neto. Basado en la creencia que el valor del dinero es afectado por el tiempo en que se recibe.

RESUMEN

El desarrollo del Ejercicio Profesional Supervisado se basa en el diseño de un edificio de dos niveles para el mercado municipal y un sistema de alcantarillado sanitario para la aldea Chipiacul, Patzún, Chimaltenago, definiendo estos proyectos luego de una evaluación de necesidades de la aldea y a la petición del Concejo Comunitario de Desarrollo, el cual pretende con estas obras de infraestructura, desarrollar un centro de comercio para el sector 2 del municipio de Patzún y mejorar el saneamiento de la población. Logrando de esta forma la proyección que tiene la Universidad de San Carlos de Guatemala hacia la comunidad guatemalteca en los diferentes sectores.

El diseño del edificio de dos niveles para el mercado comprende un área constructiva de 919 m² por cada nivel, se divide en dos áreas principales, la primera para oficinas municipales y organizaciones locales, para instituciones públicas o privadas de interés local, como banco, entidades gubernamentales y la segunda área para comercio ordenado y clasificado según productos, con servicios sanitarios y adecuados accesos hacia el segundo nivel. El centro de comercio beneficiará a las 16 aldeas que conforman el sector 2 de Patzún, con una población proyectada en la actualidad de 15 060 habitantes.

Con el sistema de alcantarillado sanitario se beneficiará directamente a una población actual de 2 237 habitantes, instalando 3 058 metros lineales de tubería, 56 pozos de visita y una planta de tratamiento primario. Este sistema mejorará el nivel de vida de la población minimizando la contaminación, brindando salud y saneamiento ambiental.

La comunidad tiene una buena organización, está presidida por la alcaldía auxiliar que se apoya fuertemente en el Consejo Comunitario de Desarrollo, además, tienen el apoyo de la iglesia católica a través de diferentes comités, como el de infraestructura, los cuales buscan el desarrollo de la aldea.

Cuenta con escuelas a nivel preprimario, primario y básico, también con una carretera en buenas condiciones, transitable durante todo el año, construida con pavimento de concreto hidráulico, servicio eléctrico y distribución de agua las 24 horas, centro de salud, principales calles internas adoquinadas y un sistema organizado de transporte hacia la cabecera municipal.

Para dicho proyecto se pretende dar una solución técnica mediante la utilización de códigos, normas y reglamentos de construcción de uso común en Guatemala y normas para saneamiento rural.

OBJETIVOS

General

Realizar el diseño de un edificio de dos niveles para el mercado municipal y un sistema de alcantarillado sanitario para la aldea Chipiacul, Patzún, Chimaltenango.

Específicos

1. Desarrollar un centro de comercio que permita captar la producción agrícola y artesanal en la aldea Chipiacul, y con ello beneficiar a 16 comunidades que conforman el sector 2 de Patzún, Chimaltenango.
2. Diseñar un adecuado sistema que controle el flujo de aguas residuales para minimizar los riesgos de enfermedades gastrointestinales y proteger el medio ambiente.
3. Desarrollar una investigación de carácter monográfica y un diagnóstico de las necesidades de servicios básicos y de infraestructura de la aldea.
4. Impulsar la tecnificación de la producción, diversificar los servicios y desarrollar nuevos productos.
5. Brindar áreas seguras para que otras instituciones puedan dar acceso a diversos servicios como bancos e instituciones estatales.

6. Proporcionar los planos detallados, costos y necesidades a las autoridades de la aldea que les permita buscar apoyo para la realización del proyecto.

7. Capacitar a los miembros de la alcaldía auxiliar y del Concejo Comunitario de Desarrollo, sobre operación y mantenimiento del sistema de alcantarillado sanitario.

INTRODUCCIÓN

La infraestructura básica en las comunidades son vitales para su desarrollo: mejoran las condiciones de vida fortaleciendo los sistemas de salud al tratar aguas residuales, conduciendo y tratando el agua para consumo humano; también apoyan el fortalecimiento económico brindando accesos vehiculares a las zonas de cultivo, y proveen centros de captación del comercio de las áreas adyacentes, logrando con ello beneficios económicos importantes en la comercialización de los productos que se desarrollen.

Conjuntamente con las autoridades municipales y organizaciones civiles de la aldea Chipiacul, se evaluaron las necesidades específicas de la comunidad: concluyendo que es prioritario un centro de captación de la producción agrícola, para obtener mejores beneficios de su comercialización y una sede de operaciones administrativas que dé certeza social y jurídica, ya que la aldea Chipiacul es la base administrativa del sector 2 del municipio de Patzún el cual está compuesto por 16 comunidades, adicionalmente, dar apoyo a los servicios básicos que necesita la comunidad en el saneamiento y conducción de las aguas residuales, que poseen en pequeños segmentos, pero sin ningún tratamiento en los desfogues.

El proyecto contempla el diseño de un edificio de dos niveles, con un área construida de 919 m² por nivel, para el mercado municipal beneficiando a 16 comunidades con una población actual de 15 060 habitantes, brindando ambientes para la administración municipal, organizaciones civiles, instituciones públicas o privadas que apoyen el desarrollo comunitario; también brindará ambientes seguros para la comercialización de productos y servicios que

mejorarán los ingresos económicos, desarrollo del sector agrícola y artesanal, además la tecnificación a todas las comunidades.

También se incluye en el proyecto el diseño de un sistema de alcantarillado sanitario para la aldea Chipiacul, Patzún, Chimaltenango, el beneficio para la salud de los 2 237 habitantes actuales es vital para fortalecer los sistemas de salud, este diseño contempla 3 058 ml de tubería, 56 pozos de visita y una planta de tratamiento primario.

Con esta infraestructura se pretende mejorar las condiciones de vida de la zona, fortaleciendo su actividad económica y el saneamiento que implica la adecuada conducción de un sistema integrado de aguas residuales.

El proyecto pretende integrar componentes de tipo social, técnico y económico, factible para brindar solución a problemas de la comunidad, solventando necesidades básicas para su desarrollo.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1. Monografía de la aldea Chipiacul, Patzún

La aldea Chipiacul es la base administrativa del sector 2 del municipio de Patzún, el cual está compuesto por 16 comunidades y se estima que fue fundada hace 200 años; Chipiacul es un vocablo de origen cakchiquel y su etimología podría dar en: lugar de bejucos

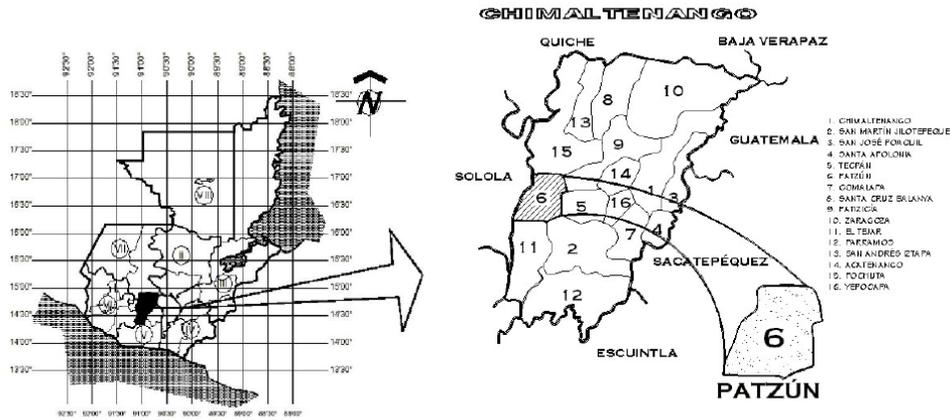
1.1.1. Generalidades

Esta comunidad se vio afectada de manera significativa en el pasado, sin embargo, actualmente es una de las comunidades con mejor desarrollado en la región. Su organización interna es presidida por la alcaldía auxiliar que se respalda fuertemente en el Consejo Comunitario de Desarrollo y el apoyo de la iglesia católica a través de diferentes comités como el de infraestructura.

1.1.1.1. Ubicación y localización

La aldea Chipiacul se encuentra a 12 km de la cabecera municipal Patzún, este municipio se localiza en el extremo occidental del departamento de Chimaltenango, en la parte central de la región cakchiquel y al suroccidente de la ciudad capital.

Figura 1. **Ubicación geográfica del municipio Patzún**



Fuente: VALDEZ VARGAS, Jorge Mario. *Instituto técnico con orientación agrícola, mixto bilingüe San Marcos*. p. 9.

Figura 2. **Ubicación geográfica de la aldea Chipiacul**



Latitud: N 14° 40' 10,35"

Longitud: O 91° 03' 51,12"

Altura SNM: 2 350 m

Fuente: Google Earth. *Ubicación del terreno para mercado municipal*. Consulta: noviembre de 2018.

1.1.1.2. Límites y colindancia

Los límites de la aldea están definidos por pendientes muy fuertes y las comunidades que colinda, al norte las aldeas Seatzán Alto y Bajo y el caserío Chichoy, al sur la aldea Chuinimachicaj, caserío Panimaquim, caserío Popobaj; al este se ubican los caseríos Chuchuca Alto y Bajo y al oeste los caseríos Panibaj y Chuaquenum.

1.1.1.3. Topografía

Se ubica en la parte de las tierras altas volcánicas, su topografía es principalmente montañosa, precisamente la aldea se desarrolla sobre el parte agua de la montaña, únicamente la superficie que ocupa el centro de la aldea es plana y es en esta zona donde estará ubicado el mercado municipal, para el alcantarillado sanitario se evaluarán rutas que permitan la correcta disposición de las aguas servidas.

1.1.1.4. Clima

Se encuentra a 2 350 msnm por lo que el clima es húmedo y frío con bosque, en época lluviosa se desarrolla mucha neblina y en época seca los días soleados brindan una vista muy especial pudiéndose observar, hacia el noroeste, hasta el lago de Atitlán.

En este estudio se utilizarán los parámetros de ajuste de la estación meteorológica más cercana a Patzún que corresponde a Alameda ICTA, ubicada en Chimaltenango, Chimaltenango.

Tabla I. **Datos estación meteorológica Alameda ICTA**

Tr [años]	2	5	10	20	25
A	21.810	105.300	639.800	319.800	311.660
B	35	45	70	65	65
n	1,451	1,701	1,954	1,819	1,812
t	2	2	2	2	2
t	5	5	5	5	5
i, t=2	115,663	150,727	150,251	152,492	153,050
i, t=5	103,292	135,669	138,731	140,814	141,372
Q [m ³ /s]	0,00248	0,00326	0,00333	0,00338	0,00339
Q [lt/s]	2,479	3,256	3,330	3,380	3,393

Fuente: INSIVUMEH.

1.1.1.5. Servicios

Funcionan escuelas a nivel preprimario, primario y básico, servicio eléctrico, posee una red completa de distribución de agua, a través de un sistema de bombeo desde pozos en tierras bajas, la cual se provee en suficiente cantidad durante las 24 horas, centro de salud y principales calles internas adoquinadas.

1.1.1.6. Transporte

Posee una carretera en buenas condiciones, transitable durante todo el año, construida con pavimento de concreto hidráulico, lograron desarrollar un sistema organizado de transporte hacia la cabecera municipal, con programación de salidas y entradas cada 30 minutos. Además, una red de carreteras que comunican con las aldeas vecinas.

1.1.2. Aspectos sociales

La aldea Chipiacul, es una comunidad rural que se dedica principalmente a la producción agrícola, su población es en alto porcentaje de origen indígena perteneciente al grupo Kaqchiquel. Continúan comunicándose con su idioma nativo el cual es aprendido de generación en generación, pero desafortunadamente solo de forma oral, para lectura y escritura el idioma utilizado es el español.

1.1.2.1. Demografía

Para una apreciación correcta de las necesidades observadas se agrupan las comunidades que conforman el sector 2 de Patzún, debido a que en la aldea Chipiacul es donde se realizan las principales concentraciones de población, para acontecimientos sociales y principalmente religiosos.

Todos los cálculos para el alcantarillado sanitario se restringirán a la población de la aldea Chipiacul.

El sector 2 de Patzún está comprendido por las comunidades ubicadas al oeste del municipio, las cuales están descritas en la tabla II, según el Censo de Población del 2002 del Instituto Nacional de Estadística.

El censo también indica que la tasa de crecimiento para el municipio de Patzún es de 2,4 %.

Tabla II. **Comunidades sector 2 municipio de Patzún**

Núm.	Comunidades	Hombres	Mujeres
1	Aldea Chipiacul	744	751
2	Aldea Xepatán	670	649
3 y 4	Caserío Chuchuca Bajo y Alto	273	278
5	Aldea Chichoy Bajo	122	125
6	Aldea Chichoy Alto	174	175
7	Aldea Seatzan Bajo	737	783
8	Aldea Seatzan Alto	170	170
9	Caserío Panibaj	137	154
10	Aldea Chuinimachicaj	318	300
11	Caserío Panimaquim	320	301
12	Caserío Popobaj	200	184
13	Aldea Xejolon	296	313
14	Aldea Xetzitzi	552	590
15	Caserío Chuaquenum	65	55
16	Caserío Paraíso Chichoy	240	217
	Totales	5 018	5 045
	Población total	10 063	

Fuente: INE. *Censo de Población 2002, por lugar poblado*. www.ine.gob.gt. Consulta: noviembre de 2018.

Una importante población que, proyectada a la actualidad, con el índice de crecimiento del Instituto Nacional de Estadística para Patzún, Chimaltenango, genera los siguientes datos de población:

Fórmula geométrica:

$$PF = \left[1 + \frac{TC}{100}\right]^N * P1$$

Donde:

PF = población proyectada

TC = tasa de crecimiento = 2,4 %

P1 = número de habitantes año base = 10 063

N₂₀₁ = número años periodo proyectado = (2019-2002) = 17 años

N₂₀₃₉= número años periodo proyectado = (2039-2002) = 37 años

PF (2019) = 15 060 personas

PF (2039) = 24 200 personas

1.1.2.2. Religión

La religión mayoritaria en la zona es católica, siendo la sede principal del sector 2 de Patzún, con una iglesia que provee servicios básicos a la población, organiza varios comités que se coordinan con el COCODE, también existen otros grupos organizados de diferentes religiones, pero con menor cantidad de personas.

1.1.2.3. Educación

Posee un avance significativo en edificios educativos públicos que dan cobertura a varias comunidades circundantes, impartiendo preprimaria y primaria completa e instituto de educación básica ubicados en una zona

específica para edificios educativos, también existen colegios privados impartiendo preprimaria y primaria.

1.1.3. Diagnóstico de necesidades de servicios básicos e infraestructura de la aldea Chipiacul

Con el apoyo de la alcaldía auxiliar de la aldea, el Concejo Comunitario de Desarrollo y el comité de infraestructura de la iglesia católica se evaluaron las necesidades específicas en infraestructura de la comunidad.

Debido a que se asignó a esta comunidad el centro administrativo del sector 2 del municipio de Patzún, el desarrollo de la aldea Chipiacul se traduce en beneficio para las 16 comunidades que lo integran.

1.1.3.1. Descripción de las necesidades

La comunidad tiene un sistema de abastecimiento de agua potable, la cual provee en suficiente cantidad durante las 24 horas, evidentemente se crean importantes flujos de agua residual y no dispone de un sistema de alcantarillado sanitario ni procesos para su desecho, existen algunos sectores que han instalado tubería y logran evacuar sus aguas servidas, pero las descargan sin ninguna protección, enviando estas aguas a quebradas o pequeños ríos, provocando con ello un daño al medio ambiente y generando problemas de salud, para ellos mismos y para las comunidades vecinas.

La calle de acceso a la comunidad esta pavimentada con concreto hidráulico, la calle principal esta adoquinada y las calles internas son de terracería sin ningún control sobre drenajes a flor de tierra, por lo que las fuertes

pendientes hacen que el agua de lluvia más las aguas servidas, generen daños todos los inviernos.

La comercialización de los productos producidos por todo el sector se realiza principalmente en la cabecera municipal, lo cual crea gastos de transporte, intermediarios y otros costos que afectan el ingreso de los agricultores, adicionalmente, los impuestos no son directamente invertidos en la comunidad.

1.1.3.2. Evaluación y priorización de las necesidades

Con base en el desarrollo social, en educación e infraestructura se concluyó que las obras de mayor interés para la comunidad son:

1.1.3.2.1. Edificio de dos niveles para el mercado municipal

La comunidad es eminentemente agrícola, necesita comprar materia prima e insumos en lugares fuera de la aldea; para comercializar sus productos actualmente deben transportarse a mercados cercanos, todo ello crea costos altos, muchas veces es necesario intermediarios y evidentemente afectan considerablemente sus ingresos económicos, adicionalmente, limita la creación de nuevos productos, el sector artesanal no puede desarrollarse y los impuestos no son directamente reinvertidos en la comunidad.

Con la construcción de un edificio para mercado es posible mejorar el ingreso económico de la población y lograr precios justos para sus productos, esto contribuirá a tecnificar la producción, diversificar los servicios y desarrollar

nuevos productos. Brindar áreas seguras para que otras instituciones puedan dar acceso a diversos servicios como bancos, instituciones estatales, entre otros.

La alcaldía auxiliar de la aldea Chipiacul y el Comité Comunitario de Desarrollo planteó el interés de generar este proyecto de infraestructura, con el que pretenden desarrollar un centro de comercio que permita captar la producción agrícola y artesanal del sector 2 de Patzún, logrando con ello atraer mercados para la comercialización de sus productos, también desarrollar una base administrativa que dé certeza social y jurídica a las actividades.

Este edificio se pretende construir en un terreno propiedad de la comunidad, cuenta con suficiente área para su desarrollo, de superficie plana y se pretende integrar un parque central que contribuya al ornato del centro administrativo.

Obras de infraestructura como el mercado pretenden captar mayores recursos económicos para la comunidad evitando intermediarios, administrar eficientemente las necesidades de la zona, coordinando con la alcaldía municipal el adecuado desarrollo del sector, implementando y capacitando mejoras en producción, educación y desarrollo humano.

1.1.3.2.2. Sistema de alcantarillado sanitario

Al existir el sistema de distribución de agua potable la producción de aguas residuales es constante, siempre van en aumento y producen una alta contaminación, actualmente, gran porcentaje de este alto caudal de aguas residuales son desechadas a áreas cercanas, sin ningún tipo de tratamiento.

La prioridad en una comunidad es mejorar el nivel de vida de la población y no es posible lograr el desarrollo de una comunidad sin desatender los servicios básicos.

Con la construcción de un sistema de alcantarillado sanitario y su tratamiento primario se logrará minimizar la contaminación y con ello contrarrestar enfermedades, vectores dañinos y la protección del medio ambiente.

Actualmente, sus principales calles son adoquinadas y las restantes son de terracería, generando las condiciones adecuadas para el diseño de un sistema integrado de alcantarillado sanitario con tratamiento primario de desechos en sus desfogues.

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

En este capítulo se realizará una descripción de cada etapa a desarrollar para el diseño de los proyectos, tanto el edificio municipal como el sistema de alcantarillado sanitario, con el fin de generar un diseño óptimo para la solución del problema raíz.

2.1. Diseño de la edificación de dos niveles para mercado municipal

La prioridad de diseñar un centro de captación de la producción agrícola pretende mejorar las condiciones de vida de la población, fortaleciendo su actividad económica, adicionalmente, se contempla el diseño de ambientes para sede de las operaciones administrativas de la alcaldía auxiliar, salón de reuniones y áreas seguras para oficinas regionales o privadas que beneficien el desarrollo local.

2.1.1. Descripción del proyecto

Consiste en diseñar un edificio de dos niveles que se dividirá en dos áreas principales, una destinada a oficinas para la alcaldía municipal, sala para reuniones de asociaciones locales y también pueden ser utilizadas para dependencias gubernamentales, banco, organizaciones para apoyo a la población, entre otros.

La segunda área será para el mercado municipal, que ordene y clasifique los productos por área, con el propósito de brindar comodidad y seguridad a sus usuarios. El primer nivel contendrá los productos perecederos, granos básicos, servicios sanitarios, descarga de mercadería, conectando con el segundo nivel por medio de gradas y rampa para el traslado de cargas pesadas y brindando mayor accesibilidad. En la planta alta se pretende desarrollar área para restaurantes, accesorios formales y fortalecer las artesanías de la zona, también contará con servicios sanitarios.

La estructura se diseñará utilizando el sistema estructural de marcos dúctiles con nudos rígidos y losa de concreto reforzado, esto debido a que se determinó como la solución óptima.

2.1.2. Levantamiento topográfico

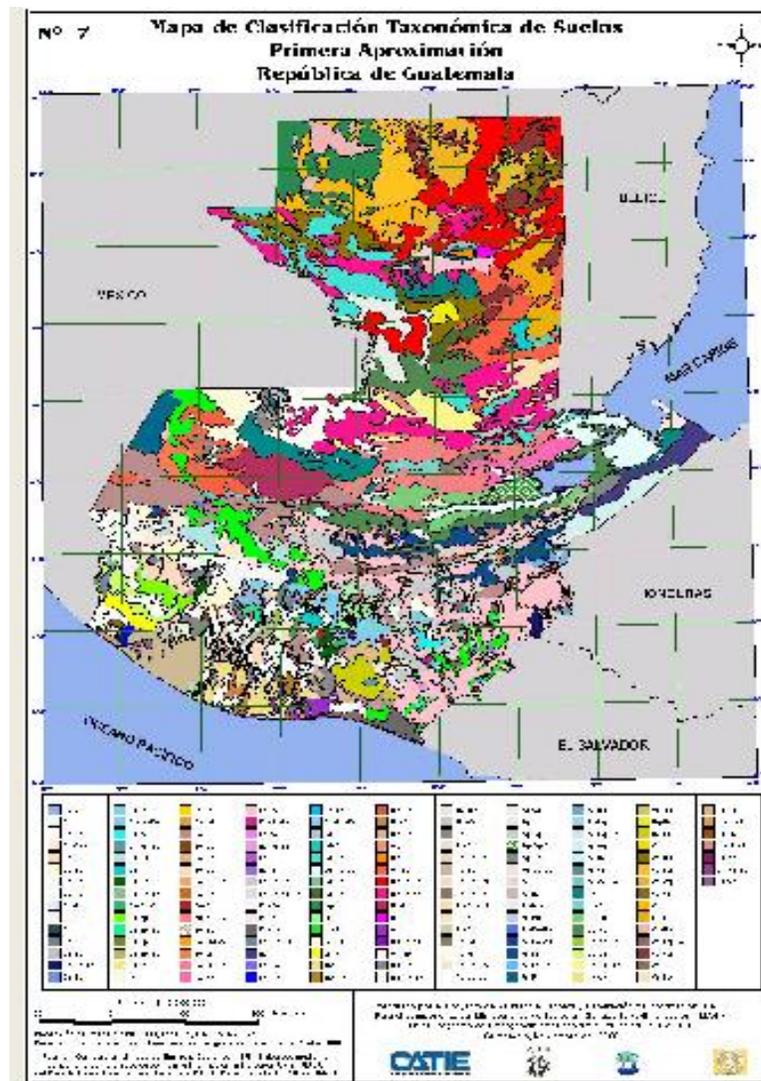
Se realizó el levantamiento topográfico de altimetría y planimetría, obteniendo un área de 4 795 m², pendiente general de 3,7 %, ubicación de calles, accesos, postes, entre otros. Proporciona la información para el trazo del edificio que será de 935 m² y el desarrollo de un parque para uso recreativo.

2.1.3. Estudio de suelos

En la zona donde se ubica la aldea, el suelo es predominantemente limoarenoso color café oscuro, ha sido utilizado para producción agrícola. Con el propósito de diseñar un edificio que brinde seguridad es necesario conocer las características físicas y mecánicas del suelo para comprobar los parámetros de resistencia al corte, tipo de consolidación y profundidad de cimentación, además, para el alcantarillado sanitario evaluar el comportamiento del suelo al excavar zanjas para la colocación de tubería y construcción de pozos de visita.

Con base en la cartografía de suelos en Guatemala, se evaluó el mapa de clasificación taxonómica de suelos, primera aproximación, República de Guatemala a nivel de suborden, desarrollado por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, en el 2000.

Figura 3. **Mapa de clasificación taxonómica de suelos, primera aproximación, República de Guatemala**



Fuente: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. Guatemala.

Mapa creado a partir de la base dejada por la clasificación de reconocimiento de los suelos de la República de Guatemala. Con los siguientes resultados:

Tabla III. Clasificación Simmons y taxonómica de los suelos

Clasificación				Tipo de suelo
Simmons		Taxonómica		
Cl Cm	Camantulul Camanchá	Dd	Udands	Andisoles que no están secos en su interior, por más de 90 días en el año. Tienen un adecuado contenido de humedad la mayor parte del año. Suelos con alto potencial para la agricultura, en este caso debe agregarse el riesgo de erosión hídrica, como consecuencia de la alta pluviosidad en los lugares donde están presentes estos suelos
		Ds	Ustands	Andisoles que están secos entre 90 y 180 días del año en su interior. Presentan deficiencia de humedad
Zc	Zacualpa	Eo-Dv	Orthents- Vitrandis	Son suelos con alto contenido de vidrio volcánico, lo que hace que tengan texturas gruesas (arenosas) y una baja retención de agua. Por ser suelos bastante arenosos, demandan mayor cantidad de agua para actividades productivas agrícolas. Una limitante lo constituye las pendientes fuertes en las cuales se les encuentra en muchos casos.
Suelos desarrollados sobre ceniza volcánica que tienen baja densidad aparente (menor de 0,9 g/cc) y con altos contenidos de alófono. Generalmente son suelos con alto potencial de fertilidad y adecuadas características físicas para su manejo. En condiciones de fuerte pendiente tienden a erosionarse con facilidad				

Fuente: elaboración propia.

La obtención de los parámetros fue posible con la realización del ensayo de compresión triaxial, que utiliza una muestra de suelo inalterado que se obtuvo del terreno, el ensayo proporciona los elementos necesarios para el correcto diseño del edificio y el alcantarillado sanitario.

2.1.3.1. Ensayo de compresión triaxial

Ensayo que proporciona las características físicas y mecánicas del suelo a través de una muestra inalterada; teóricamente se puede variar las presiones actuantes en tres direcciones ortogonales sobre la muestra de suelo inalterado en forma cilíndrica que varía en diámetro desde 3,6 a 7,6 cm y con una relación de altura/diámetro de 2,2 a 3 veces.

Al controlar la presión de confinamiento, la presión de poros y modificando apropiadamente las condiciones iniciales se produce un estado de esfuerzos en la muestra sometida a la prueba triaxial, se puede analizar usando el círculo de Mohr y la resistencia a esfuerzo cortante, sobre todo en suelos cohesivos que es variable y depende de diversos factores circunstanciales. Al tratar de reproducir en el laboratorio las condiciones a las que el suelo estará sujeto, se obtienen los parámetros de diseño.

Se practicó un ensayo triaxial no consolidado, no drenado, durante la ejecución del ensayo no se permite la consolidación de la muestra, la válvula permanece cerrada todo el ensayo, tanto en la etapa de consolidación durante la aplicación del esfuerzo principal menor, como en la etapa de carga, se hacen tres círculos con diferentes valores del esfuerzo principal menor, duplicando siempre en cada ensayo la presión de la cámara, con base en los círculos obtenidos se traza la envolvente Mohr Coulomb.

2.1.3.2. Determinación del valor soporte

El ensayo se realizó en el Centro de Investigación de Ingeniería (CII) sobre una muestra de suelo inalterada extraída en el lugar del proyecto con una profundidad de pozo de 3,00 m.

El método aplicado para el cálculo del valor soporte es la ecuación general de capacidad de apoyo, desarrollada por Meyerhof en 1993, utilizando los datos obtenidos del ensayo triaxial aplicado a la muestra inalterada de suelo.

Ecuación general de la capacidad de carga:

$$q_u = c N_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} + q N_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i}$$

$$q = \gamma D_f$$

Datos obtenidos del ensayo Ver anexo 1

Tipo de ensayo: No consolidado y no drenado

Descripción del suelo: Arena limosa color café

Ángulo de fricción interna: $\phi = 31,65^\circ$

Cohesión: $C_u = 2,35 \text{ ton/m}^2$

Peso específico: $\gamma = 1,43 \text{ T/m}^3$

Tabla IV. **Factores de capacidad de carga**

ϕ	Nc	Nq	N γ	Nq/Nc	tan ϕ
31	32,67	20,63	25,99	0,63	0,60
32	35,49	23,18	30,22	0,65	0,62
31,65	34,45	22,23	28,63	0,64	0,61

Fuente: BRAJA M. Das. *Principios de ingeniería de cimentaciones*. p. 168.

- Factores de forma

$$F_{cs} = 1 + \frac{B Nq}{L Nc}$$

$$F_{qs} = 1 + \frac{B}{L \tan \phi}$$

$$F_{\gamma s} = 1 - 0,4 \frac{B}{L}$$

Donde B y L dimensiones de cimentación

- Factores de profundidad

- Condición $D_f/B \leq 1$

$$F_{cd} = 1 + 0,4 \frac{D_f}{B}$$

$$F_{qd} = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 \frac{D_f}{B}$$

$$F_{\gamma d} = 1$$

- Condición $Df/B > 1$

$$Fcd = 1 + (0,4)\tan^{-1}\left(\frac{Df}{B}\right)$$

$$Fqd = 1 + 2\tan\phi(1 - \text{sen}\phi)^2\tan^{-1}\left(\frac{Df}{B}\right)$$

$$F\gamma d = 1$$

- Factores de inclinación

$$Fci = Fqi = \left(1 - \frac{\beta^\circ}{90^\circ}\right)^2$$

$$F\gamma i = \left(1 - \frac{\beta}{\phi}\right)^2$$

Donde:

β = inclinación de la carga sobre la cimentación con respecto a la vertical.

Capacidad de carga última $q_{neta} = q_u - q = cNcFcsFcd$

- Factor de seguridad $Fs = \leq 3$

Las recomendaciones dadas dependerán de las incertidumbres y riesgos implicados en las condiciones encontradas.

Tabla V. Cálculo de capacidad soporte del suelo

Datos	
Df	1,5
B	1
L	1
ϕ	31,65
Cu	2,35
β	0
γ_1	1,43
γ_2	1,43
Fs	3

Factores de capacidad de carga		
Nc	Nq	N γ
34,45	22,23	28,63

Factores de forma		
Fcs	Fqs	Fys
1,65	1,62	0,60

Factores de profundidad, si Df/B \leq 1		
Fcd	Fqd	Fyd
1,60	1,42	1,00

Factores de Profundidad, si Df/B $>$ 1		
Fcd	Fqd	Fyd
1,39	1,27	1,00

Factores por inclinación de la carga		
Fci	Fqi	Fyi
1	1	1

Profundidad	
$\Phi=0^\circ$	
Fcd	1,3
Fqd=Fyd	1
$\Phi \geq 10^\circ$	
Fcd	1,537084473
Fqd=Fyd	1,268542237
NY	20,71974689

Factores a utilizar:		
ϕ	31,65	31,65
Cu	2,35	0,00
Se aplicó Cu = 0 para evaluar la condición mas desfavorable en un suelo arenoso		
β	0	0
Debido a que no existe inclinación		

Capacidad soporte del suelo	
qu (ton/m ²)	110,452
qu (neta)(ton/m ²)	108,307
qadm (neta)(ton/m ²)	36,102

Se aplicó Fs = 3	
Por ser un edificio de uso público, La profundidad del pozo de muestreo Dificultad y distancia a transportar la muestra inalterada.	

Fuente: datos obtenidos de: MEDRANO MENDEZ, Omar Enrique. *Laboratorio Mecánica de Suelos.*

Esfuerzo admisible de diseño $q_n = 36,00 \text{ ton/m}^2$

La recomendación básica, antes de iniciar la construcción del proyecto, es realizar un sondeo dinámico para corroborar el valor soporte del suelo, un ensayo de granulometría y límites para identificar la correcta composición del suelo, ya que un solo análisis resulta insuficiente para el tamaño de la obra.

2.1.4. Diseño arquitectónico

El diseño se enfoca en proveer lugares adecuados para las actividades comerciales que brinden comodidad y seguridad, con servicios públicos

básicos, ubicándola dentro del terreno para que sea funcional y permita el acceso peatonal y vehicular al edificio. También contará con áreas para oficinas que brindarán servicio de orden público.

Para fines estructurales se debe considerar una distribución regular que facilite el diseño y construcción. La misma fue contemplada en el diseño presentado del proyecto.

2.1.4.1. Ubicación del edificio en el terreno

El polígono del terreno es triangular con una pendiente promedio de 3,7 %, toda el área es útil y está destinado para el mercado municipal y un parque jardín, el edificio propuesto se ubicará en la parte noroeste que tiene las medidas necesarias para la obra, acceso peatonal y vehicular, dejando área suficiente para diseñar los accesos y el parque jardín.

2.1.4.2. Distribución de ambientes

Se diseñaron dos módulos de edificios con base en su uso, el primero destinado para acceso peatonal, carga y descarga de mercadería y traslado al segundo nivel; el segundo módulo, que es el edificio principal, contendrá toda la actividad comercial.

A su vez el segundo módulo se dividirá en dos, la parte sur se desarrollará para áreas administrativas que será ocupado por personal de la alcaldía auxiliar, sala de reuniones para organizaciones locales y espacios adecuados para oficinas como bancos, organismos estatales, entre otros.

El resto del edificio será destinado para la actividad comercial, contando con espacios especiales según producto, los cuales serán de tamaño adecuado para que puedan ser utilizados sin inconvenientes.

2.1.5. Análisis estructural

El edificio será de dos niveles, cada uno con altura de 3,00 m de piso a cielo y desplante de 1,50 m, generando una altura total de 7,50 m.

El tipo de estructura depende de factores como economía, materiales disponibles, área útil del terreno, dimensiones de cada ambiente, mano de obra calificada, entre otros.

- Con base en estos aspectos se optó por utilizar:
 - El sistema de marcos estructurales
 - Losa tradicional de concreto reforzado
 - Muros tabique de mampostería

2.1.5.1. Predimensionamiento estructural

El predimensionamiento de los elementos estructurales se realiza con la finalidad de establecer la capacidad de resistir cargas que el diseñador estime para el tipo de edificio, posteriormente se verifica que las dimensiones propuestas satisfagan los requerimientos de los reglamentos de diseño.

Datos de diseño iniciales:

$$f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$$

$$fy = 2\,800 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{PEC} = \text{peso específico del concreto} = 2\,400 \text{ kg/m}^3$$

2.1.5.1.1. Vigas

Es un elemento estructural horizontal diseñado para resistir deformaciones por corte, flexión y torsión, causados por la acción de cargas gravitacionales, para su predimensionamiento se deben considerar las cargas a soportar y la longitud a cubrir.

A través de pruebas se ha demostrado que el peralte y la base están relacionados con la longitud, con base en la experiencia en diseño se recomienda, para calcular el peralte (d) de la viga, que por cada metro lineal de longitud el peralte aumente 8 cm y su base es dividida entre 1,5 del peralte.

$$\begin{aligned} d &= 0,08 \text{ Lu} & b &= d/1,5 \\ d &= 0,08 (6,00) = 0,48 \approx 0,50 \text{ m} \\ b &= 0,50/1,5 = 0,33 \text{ m} \approx 0,35 \text{ m} \end{aligned}$$

Otro criterio basado en el código ACI 318-11 capítulo 9.5 se describe la tabla 9.5(a) para calcular la altura o espesor mínimo de vigas, describiendo el tipo de apoyo, utilizando el más crítico, cuando la viga esta con un extremo continuo.

$$h = l / 18,5$$

$$h = 6/18,5$$

$$h = 0,3243243 \text{ m}$$

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

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

Fuente: ACI 318-11. capítulo 9.5, tabla 9.5(a).

- También ACI 318-11 presenta otros lineamientos:
 - La luz libre del elemento, l_n no debe ser menor que cuatro veces su altura útil. ACI 318-11, cap. 21.5.1.2
 - El ancho del elemento, b_w no debe ser menor que el más pequeño de $0,30h$ y 250 mm. ACI-11, cap, 21.5.1.3

Promediando los resultados de los diferentes criterios, las dimensiones iniciales de la viga propuesta son:

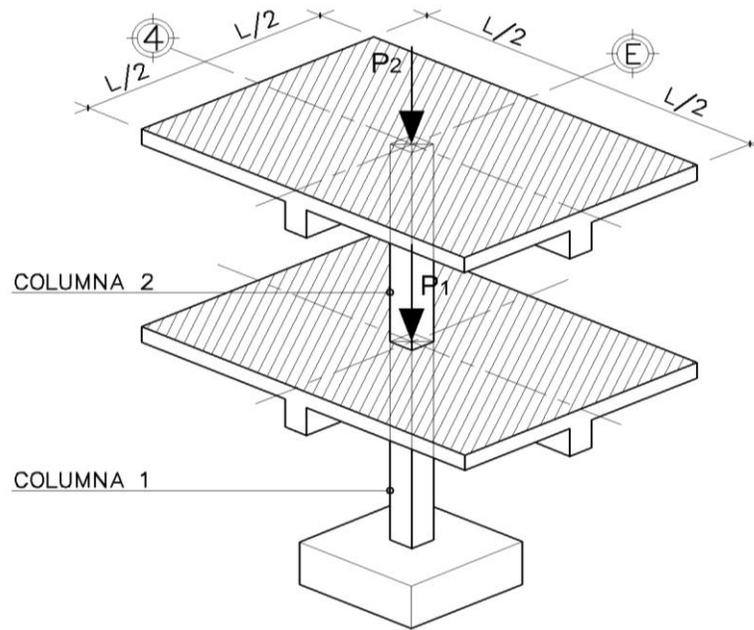
$$\text{Viga: } d = 0,40 \text{ m} \quad \text{y} \quad b = 0,30 \text{ m}$$

2.1.5.1.2. Columnas

Estructuras que transportan las cargas del edificio hacia la cimentación. El predimensionamiento se basará en el código ACI 318-11, capítulo 10,

sustituyendo valores en la ecuación de carga puntual se obtiene el área gruesa de la columna.

Figura 4. **Área tributaria de losas, vigas y muros hacia las columnas**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

También es importante considerar: la dimensión menor de la sección transversal, medida en una línea recta que pasa a través del centroide geométrico, no debe ser menor de 300 mm. ACI 318-11 cap. 21.6.1.

La relación entre la dimensión menor de la sección transversal y la dimensión perpendicular no debe ser menor que 0,4. ACI 318-11 cap. 21.6.2.

$$\begin{aligned} \text{Área tributaria columna crítica} &= A_t \\ \text{Edificio principal} &= 6 \times 4 = 24 \text{ m}^2 \\ \text{Peso específico del concreto} &= \text{PEC} = 2\,400 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

- Carga puntual
 - Edificio principal
 - Peso primer nivel:

$$P = PEC \times At = 2\,400 \times 24$$

$$P = 57\,600 \text{ kg}$$

Obteniendo el peso de los dos niveles entonces:

$$P = 57\,600 \times 2$$

$$P = 115\,200 \text{ kg}$$

Ecuación de carga puntual ACI 318-11 cap. 10.3.6.1

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

Dónde:

$$A_{st} = \rho * A_g$$

$$A_g = \frac{P}{0,80[0,85f'_c(1-\rho)+f_y \rho]}$$

$$\rho = \text{cuantía de acero} = 1 \%$$

$$A_g = \frac{115\,200}{0,80[0,85*280(1-0,01)+2\,800*0,01]}$$

$$A_g = 546,24 \text{ cm}^2 \quad \text{Columna propuesta}$$

30cm x 30cm = 900cm², supera el área necesaria y las limitantes.

- Edificio de acceso:

Es de un nivel, contendrá las gradas y rampa de acceso al segundo nivel.

2.1.5.1.3. Losas

Su actividad es la transmisión de las cargas gravitacionales a vigas y columnas del sistema. El espesor de la losa t se obtiene mediante la expresión:

$$t = \frac{\textit{Perimetro}}{180} = \frac{(6 * 2 * 4 * 2)}{180}$$
$$t = 0,111 \approx 0,12 \text{ m}$$

Se propone diseñar losa tradicional con espesor 0,12 m en ambos edificios.

2.1.5.2. Cargas de diseño por AGIES

Las cargas son fuerzas que actúan sobre la estructura, pueden ser internas generadas por la misma estructura y externas que son producidas por la naturaleza y por su utilización. Se clasifican de acuerdo con la dirección de su aplicación en: cargas verticales y cargas laterales u horizontales.

Para Guatemala existen las Normas de Seguridad Estructural NSE, avaladas por la Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica – AGIES- que deben ser aplicadas en edificaciones y obras de infraestructura de todo tipo. Establece las solicitaciones de carga mínimas de diseño, los criterios de aceptabilidad del terreno y los niveles mínimos de protección.

Son normas evaluadas bajo la condición sísmica existente en el país.

2.1.5.2.1. Cargas verticales en marcos dúctiles con nudos rígidos

También llamadas cargas por gravedad, comprende la carga muerta CM y carga viva CV que afectan a la edificación.

2.1.5.2.2. Carga muerta (CM)

Incluye el peso de todos los componentes permanentes de una estructura, como vigas, columnas, losas de piso, techos, también componentes arquitectónicos como fachadas y acabados. Equipos permanentes como antenas, contenedores para agua, entre otros.

Para este estudio se utilizarán las siguientes cargas muertas:

Peso específico del concreto PEC 2 400 kg/m³

Peso de muros 90 kg/m²

Son tabiques no estructurales, únicamente los muros externos tendrán repello y cernido, los internos serán de block visto sisado.

Los pisos serán de cemento líquido.

AGIES, NSE 2-10, capítulo 2.4, carga mínima 75 kg/m²

Sobre carga en losa intermedia 100 kg/m²

Sobre carga en losa final

40 kg/m²

Las sobre cargas se refieren a exceso de carga que puede tener que soportar la estructura excepcionalmente, deben tenerse en cuenta por ser un edificio de uso público. También pueden darse por mantenimiento o remodelación.

- Carga viva (CV):

Son las cargas producidas por el uso y la ocupación de la edificación, incluye el peso de los ocupantes, muebles, productos de almacenes, entre otros, cargas de aplicación normal con base en el tipo de uso del edificio.

El documento AGIES NSE 2-10 demandas estructurales, condiciones de sitio y niveles de protección, proporciona la tabla 3-1 que son las cargas vivas de uso frecuente por tipo de ocupación o uso.

Para el diseño de esta edificación, de uso público y uso frecuente, las siguientes cargas vivas a aplicar son:

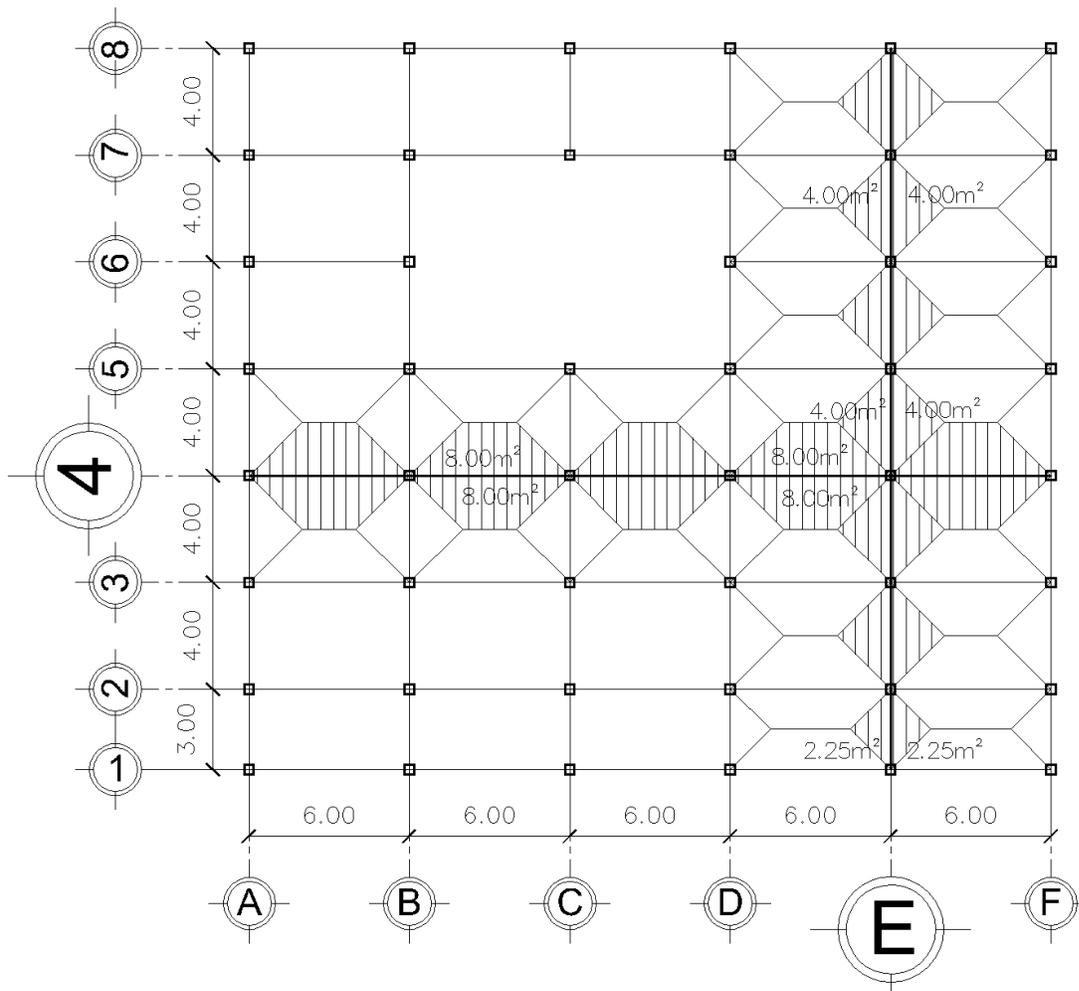
- Edificio principal
- Bodegas
- Cargas livianas 600 kg/m²
- Cubiertas pesadas
- Azoteas sin acceso horizontal o inclinadas 100 kg/m²
- Edificio de acceso
- Reunión
- Escaleras públicas 600 kg/m²

- Integración de cargas para marcos críticos

Descripción del procedimiento a utilizar para el cálculo de los marcos críticos, describiendo los ejes en sentido X con números y los ejes Y con letras.

- Eje X = marco 4
- Eje Y = marco E

Figura 5. **Áreas tributarias para ejes críticos**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

Ecuaciones a utilizar:

$$CM = W_{losa} + W_{sc} + W_{viga} + W_{muros}$$

$$W_{losa} = \frac{\text{Área tributaria} * PEC * \text{peralte de losa}}{\text{Longitud de la viga}}$$

$$W_{sc} = \frac{\text{Área tributaria} * \text{sobre carga}}{\text{Longitud de la viga}}$$

$$W_{viga} = (\text{Peralte viga} - \text{Peralte losa}) * \text{ancho de viga} * PEC$$

$$W_{muros} = \frac{\text{Longitud de muros} * \text{altura de muro} * \text{peso de muro}}{\text{Longitud de la viga}}$$

$$CV = \text{área tributaria} * CV / \text{longitud}$$

- Análisis marco E (Sentido Y)

Tramo 1-2

$$\begin{aligned} \text{Nivel 1} \quad CM &= (4,50\text{m}^2 * 2 \text{ 400kg/m}^3 * 0,12\text{m}) / 3\text{m} + \\ &\quad (4,50\text{m}^2 * 100\text{kg/m}^2) / 3\text{m} + \\ &\quad (0,40\text{m} - 0,12\text{m}) * 0,30\text{m} * 2 \text{ 400 kg/m}^3 + \\ &\quad (0) \\ CM &= 783,60 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} CV &= (4,50\text{m}^2 * 600\text{kg/m}^2) / 3\text{m} \\ CV &= 900,00 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Nivel 2} \quad CM &= (4,50\text{m}^2 * 2 \text{ 400kg/m}^3 * 0,12\text{m}) / 3\text{m} + \\ &\quad (4,50\text{m}^2 * 40\text{kg/m}^2) / 3\text{m} + \end{aligned}$$

$$(0,40\text{m} - 0,12\text{m}) * 0,30\text{m} * 2\ 400\ \text{kg/m}^3 +$$

$$(0)$$

$$\text{CM} = 693,60\ \text{kg/m}$$

$$\text{CV} = (4,50\text{m}^2 * 100\text{kg/m}^2) / 3\text{m}$$

$$\text{CV} = 150,00\ \text{kg/m}$$

Tramo 2-8

$$\text{Área tributaria} = 4\ \text{m}^2 * 12 = 48\ \text{m}^2$$

$$\text{Nivel 1} \quad \text{CM} = (48\text{m}^2 * 2\ 400\text{kg/m}^3 * 0,12\text{m}) / 24\text{m} +$$

$$(48\text{m}^2 * 100\text{kg/m}^2) / 24\text{m} +$$

$$(0,40\text{m} - 0,12\text{m}) * 0,30\text{m} * 2\ 400\ \text{kg/m}^3 +$$

$$(60\text{m} * 3\text{m} * 90\text{kg/m}^2) / 24\text{m}$$

$$\text{CM} = 1\ 652,60\ \text{kg/m}$$

$$\text{CV} = (48\text{m}^2 * 600\text{kg/m}^2) / 24\text{m}$$

$$\text{CV} = 1\ 200,00\ \text{kg/m}$$

$$\text{Nivel 2} \quad \text{CM} = (48\text{m}^2 * 2\ 400\text{kg/m}^3 * 0,12\text{m}) / 24\text{m} +$$

$$(48\text{m}^2 * 40\text{kg/m}^2) / 24\text{m} +$$

$$(0,40\text{m} - 0,12\text{m}) * 0,30\text{m} * 2\ 400\ \text{kg/m}^3 +$$

$$(0)$$

$$\text{CM} = 857,60\ \text{kg/m}$$

$$\text{CV} = (48\text{m}^2 * 100\text{kg/m}^2) / 24\text{m}$$

$$\text{CV} = 200,00\ \text{kg/m}$$

- Análisis marco 4 (sentido X)

Tramo A-F

$$\text{Área tributaria} = 8 \text{ m}^2 * 10 = 80 \text{ m}^2$$

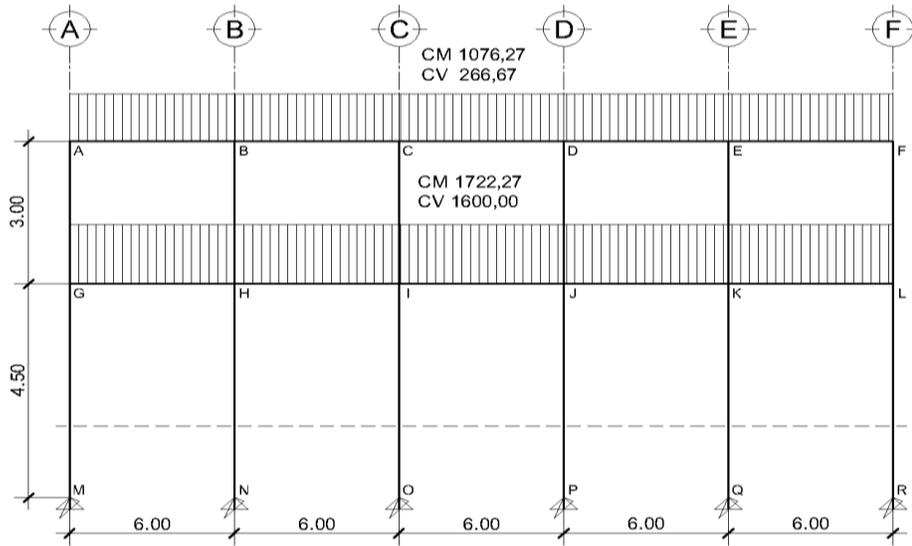
$$\begin{aligned} \text{Nivel 1 CM} &= (80\text{m}^2 * 2\,400\text{kg/m}^3 * 0,12\text{m}) / 30\text{m} + \\ &\quad (80\text{m}^2 * 100\text{kg/m}^2) / 30\text{m} + \\ &\quad (0,40\text{m} - 0,12\text{m}) * 0,30\text{m} * 2\,400 \text{ kg/m}^3 + \\ &\quad (54\text{m} * 3\text{m} * 90\text{kg/m}^2) / 30\text{m} \\ \text{CM} &= 1\,722,27 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{CV} &= (80\text{m}^2 * 600\text{kg/m}^2) / 30\text{m} \\ \text{CV} &= 1\,600,00 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Nivel 2 CM} &= (80\text{m}^2 * 2\,400\text{kg/m}^3 * 0,12\text{m}) / 30\text{m} + \\ &\quad (80\text{m}^2 * 40\text{kg/m}^2) / 30\text{m} + \\ &\quad (0,40\text{m} - 0,12\text{m}) * 0,30\text{m} * 2\,400 \text{ kg/m}^3 + \\ &\quad (0) \\ \text{CM} &= 1\,076,27 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

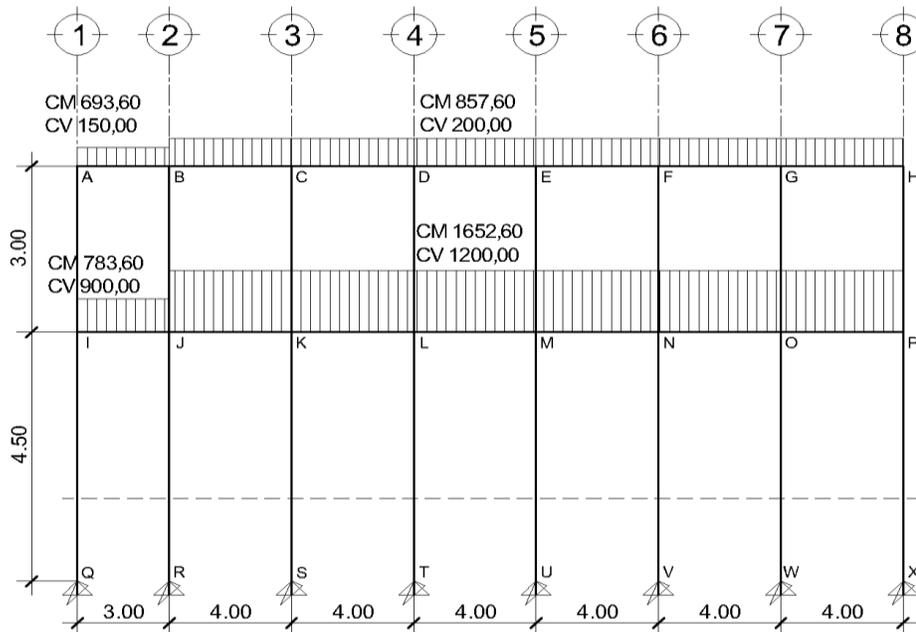
$$\begin{aligned} \text{CV} &= (80\text{m}^2 * 100\text{kg/m}^2) / 30\text{m} \\ \text{CV} &= 266,67 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Figura 6. Diagrama de carga muerta y carga viva, Eje 4 (X-X)



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

Figura 7. Diagrama de carga muerta y carga viva, Eje E (Y-Y)



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

2.1.5.2.3. Cargas horizontales en marcos dúctiles con nudos rígidos

Una edificación está expuesta a fuerzas horizontales producidas por viento, impacto o por sismo. Son cargas dinámicas que deben evaluarse de acuerdo a la zona en que se ubique la edificación.

En este estudio se considerará la fuerza producida por un sismo, regularmente se considera en el análisis estructural únicamente una de las fuerzas, ya que los fenómenos naturales que la provocan no se presentan simultáneamente y principalmente a que Guatemala se encuentra en una zona con alto riesgo sísmico.

El viento no se considera una amenaza debido a que es una estructura pesada, de altura menor a 10m, por lo que no tienen mayor efecto y es descartado del análisis.

2.1.5.2.4. Fuerza sísmica

La carga sísmica depende del peso de la edificación, se considera que la estructura se mantiene fija en su base, por lo tanto, será el punto de aplicación de la fuerza.

Para encontrar las fuerzas sísmicas aplicadas al edificio se utilizará el método de la carga sísmica estática equivalente contenido en las Normas de Seguridad Estructural NSE, de la Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica AGIES.

- Según estas normas:

El método de la carga sísmica estática equivalente permite que las solicitaciones sísmicas sean modeladas como fuerzas estáticas horizontales (y también verticales) aplicadas externamente a lo alto y ancho de la edificación (AGIES NSE 3-10, sección 2.1).

El total de las fuerzas sísmicas equivalentes que actúan sobre la edificación, en cada dirección de análisis, se representará por medio del cortante elástico equivalente al límite de cedencia en la base de la estructura o simplemente cortante basal estático a cedencia (V_B) (AGIES NSE 3-10, sección 2.1.1).

Cortante basal al límite de cedencia: $V_B = C_s W_s$
(AGIES NSE 3-10, sección 2.1.1)

Donde:

C_s = coeficiente sísmico de diseño

W_s = peso total de la edificación

- Integración de carga sísmica W_s

Según la Norma AGIES NSE 3-10, sección 1.10.3, el peso sísmico dependerá del peso de la estructura, el cual incluirá un 100 % de la carga muerta más un 25 % de la carga viva.

- Integración de carga sísmica

Tabla VII. **Datos para cálculo de carga sísmica**

Datos			
Peralte de losa	0,12 m	Base de viga	0,30 m
Longitud en X	30,00 m	Peralte de viga	0,40 m
Longitud en Y	27,00 m	Base de columna	0,30 m
Área losa	737,10 m ²	Ancho de columna	0,30 m
# losas en sentido X	5	Alto nivel superior	3,00 m
# losas en sentido Y	7	Alto nivel inferior	4,50 m
# vigas en sentido X	6	Longitud muros en X	168,00 m
# vigas en sentido Y	8	Longitud muros en Y	136,00 m
# columnas	47		
PEC	2 400,00 kg/m ³	Carga viva	
SC bodegas	100,00 kg/m ²	Bodegas	600,00 kg/m ²
SC azotea:	40,00 kg/m ²	Techo	200,00 kg/m ²
W muros:	90,00 kg/m ²		

Fuente: elaboración propia.

Fórmulas:

$$\text{Losa} = \text{peralte} * \text{área losa} * \text{PEC}$$

$$\text{Vigas} = \text{área sección de viga} * \text{longitud de viga} + \text{base viga} * \# \text{ de vigas}$$

$$\text{SC} = \text{longitud de viga} + \text{base viga} * \text{SC}$$

$$\text{Columnas} = \text{área sección de columna} * \text{alto nivel} * \text{PEC} * \# \text{ columnas}$$

$$\text{Para 2do nivel: alto nivel superior}/2$$

$$\text{Para 1er nivel: alto nivel superior}/2 + \text{alto nivel inferior}$$

$$\text{Muros} = \text{longitud muros} * \text{alto nivel} * \text{Wmuro}$$

$$\text{Para 2do nivel: alto nivel superior}/2$$

$$\text{Para 1er nivel: alto nivel superior}/2 + \text{alto nivel inferior}$$

$$\text{Carga viva} = \text{carga viva} * \text{área de losa} * 25 \%$$

Los resultados del cálculo del peso total de la estructura se presentan en la tabla VIII.

Tabla VIII. **Peso total de la estructura**

Segundo nivel		Primer nivel	
Carga muerta		Carga muerta	
Losa:	212 284,80 kg	Losa:	212 284,80 kg
Vigas:	108 460,80 kg	Vigas:	108 460,80 kg
SC:	29 484,00 kg	SC:	73 710,00 kg
Columnas:	15 228,00 kg	Columnas:	60 912,00 kg
Muros:	41 040,00 kg	Muros:	16 416,00 kg
S CM =	406 497,60 kg	S CM =	619 527,60 kg
Carga viva		Carga viva	
CV:	35 995,50 kg	CV:	107 986,50 kg
Σ Pesos totales CM + CV =		Σ Pesos totales CM + CV =	
442 493,10 kg		727 514,10 kg	

Peso total edificio	1 170 007,20	Kg	=	1 170,01	Ton
----------------------------	---------------------	----	---	-----------------	-----

Fuente: elaboración propia.

Integrado el peso total del edificio se procederá con el cálculo del cortante basal, con base en el método descrito en NSE 2-10 de AGIES.

- Procedimiento del método de la carga sísmica estática equivalente

Tabla IX. **Datos base para cálculo del cortante basal**

Lugar	Aldea Chipiactal, Patzun, Chimaltenango
Clasificación de obras	Categoría III: obras importantes NSE 1-10, 3.1.5, pág 7
Nivel mínimo de protección sísmica y probabilidad del sismo de diseño	D obra Importante NSE 2-10, Tabla 4-1, pág 11
Sismos para diseño estructural / Tipo de sismo	Sismo severo Kd = 0,80 NSE 2-10, 4.3.2.2, pág 12
Clasificación de sitio	E Suelo suave NSE 2-10, Tabla 4-4, pág 21
Tipo de fuente sísmica	A NSE 2-10, Tabla 4-5, pág 24
Distancia horizontal más cercana a fuente sísmica	10 km
Sistema estructural	E1 Sistema de marcos NSE 3-10, 1.5.1 pag 11

Fuente: elaboración propia.

Datos por municipio NSE 2, anexo A, p. 56

$$I_0 = 4$$

$$S_{cr} = 1,65 \text{ g}$$

$$S_{1r} = 0,60 \text{ g}$$

Período de vibración empírico NSE 3, 2.1.4, p. 23

$$T_a = K_T(hn)^x \text{ [seg]}$$

KT = 0,047 (Solamente para sistemas estructurales E1 de concreto

x = 0,90 reforzado que sean abiertos o con fachadas de vidrio

o paneles livianos y pocas particiones rígidas)

$$T_a = 0,047(7,5)^{0,90} \text{ seg}$$

$$T_a = 0,29$$

Reducción de espectro NSE 3, 2.1.3, p. 22

Si T < 0,50 s, menor o igual a 5 niveles y Scr > 1,50 g

Entonces $Sc_r = 1,50 \text{ g}$

Ajuste por intensidades sísmicas especiales NSE 2, 4.3.3.3, p. 13

$$Sc_s = Sc_r * Fa * Na$$

$$S_{1s} = S_{1r} * Fv * Nv$$

Coeficiente de sitio Fa NSE 2, Tabla 4-2, p. 15

$$Fa = 0,9$$

Coeficiente de sitio Fv NSE 2, Tabla 4-3, p. 15

$$Fv = 2,4$$

Factor Na para períodos cortos de vibración

$$Na = 1,00 \text{ NSE 2, Tabla 4-6, p. 24}$$

Factor Nv para períodos largos de vibración

$$Nv = 1,10 \text{ NSE 2, Tabla 4-7, p. 25}$$

$$Sc_s = 1,50 * 0,9 * 1,0 \quad Sc_s = 1,35$$

$$S_{1s} = 0,60 * 2,40 * 1,1 \quad S_{1s} = 1,58$$

Espectro calibrado al nivel de diseño requerido

$$Sc_d = Kd * Sc \text{ NSE 2, 4.3.4.2, p. 16}$$

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

Factor de escala Kd NSE 2, 4.3.4.1, p. 16

$$Kd = 0,80$$

$$Sc_d = 0,80 * 1,35 \quad Sc_d = 1,08$$

$$S_{1d} = 0,80 * 1,58 \quad S_{1d} = 1,27$$

Período de transición NSE 2, 4.3.3.4, p. 15

$$T_s = S_{1d} / S_{cd} \quad T_s = 1,27 / 1,08$$

$$T_s = 1,17$$

Ordenadas espectrales $S_a(T)$ NSE 2, 4.3.4.2, p. 16

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

$$S_a(T) = S_{1d} / T \quad \text{si } T > T_s$$

$$T_a = 0,29$$

$$S_{cd} = 1,08$$

$$S_{1d} / T = 1,27 / 0,29 = 4,38$$

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

Coefficiente sísmico al límite de cedencia C_s NSE 3, 2.1.2, p. 22

$$C_s = S_a(T) / R$$

Factor de reducción de NSE 3, tabla 1.1, p. 10

respuesta sísmico $R = 8,00$

$$C_s = 1,08 / 8 \quad C_s = 0,135$$

Valores mínimos de C_s

$$C_s \geq 0,044 S_{cd} \quad 0,044 * 1,08 = 0,04752$$

$$C_s \geq 0,75 \frac{K_d * S_{1r}}{R} \quad 0,75 [(0,80 * 0,60) / 8] = 0,045$$

Si cumple con valores mínimos

Cortante basal

$$V_B = C_s W_T$$

$$V_B = 0,135 * 1170,01$$

$$V_B = 157,95 \text{ ton}$$

Distribución vertical de las fuerzas sísmicas NSE 3, 2.2, p. 25

$$F_x = C_{vx} * V_B$$

$$C_{vx} = \frac{W_x * h_x^k}{\sum (W_i * h_i^k)}$$

Para $T \leq 0,5s$ $K = 1$

Tabla X. **Distribución de V_B por nivel**

Nivel	W_x (Ton)	H_x(m)	$W_x * H_x$	C_{vx}	F_x(ton)	V_x(ton)
2	442,49	7,50	3 318,68	0,503	79,51	79,51
1	727,51	4,50	3 273,80	0,497	78,44	157,95
			$\sum W_x * H_x = 6 592,47$	$\sum F_x = 157,95$		

Fuente: elaboración propia.

Si cumple que $F_x = V_B$

- Fuerzas por marco

En el caso que las estructuras sean simétricas, las fuerzas por marco se calculan dividiendo la fuerza por piso entre el número de marcos paralelos a esta fuerza. Si los marcos espaciados no son simétricos se tendrá que dividir la fuerza de piso F_i proporcional a la rigidez de los marcos.

Debido a la forma de la edificación existe torsión. Para analizar la torsión en las estructuras se consideran separadamente los desplazamientos relativos del edificio ocasionados por la traslación y rotación de cada piso, tomando en cuenta la rigidez de cada nivel, estas fuerzas tendrán un desplazamiento unitario, distribuyendo los cortantes por torsión en proporción a su rigidez.

Con base en la estructura analizada, se define el tipo de apoyo a utilizar para la aplicación de la ecuación de la rigidez.

Fórmulas utilizadas:

$$E_c = 15\,100\sqrt{f'_c} \quad \text{Módulo de elasticidad del concreto}$$
$$I = \frac{1}{12} b * h^3 \quad \text{Inercia de la sección}$$
$$G = 0,4 E_c \quad \text{Módulo de rigidez}$$

Rigidez para voladizos: referido a edificios de un nivel o para el último nivel de un edificio de varios niveles.

$$R = \frac{1}{\frac{P h^3}{3 E_c I} + \frac{1,2 P h}{A G}}$$

Rigidez para doblemente empotrado: referido a primeros niveles o niveles intermedios de un edificio de varios niveles

$$R = \frac{1}{\frac{P h^3}{12 E_c I} + \frac{1,2 P h}{A G}}$$

Donde:

- P = carga asumida, generalmente 10 000 kg
- h = altura de muro o columna analizada [cms]
- A = área de sección transversal de la columna

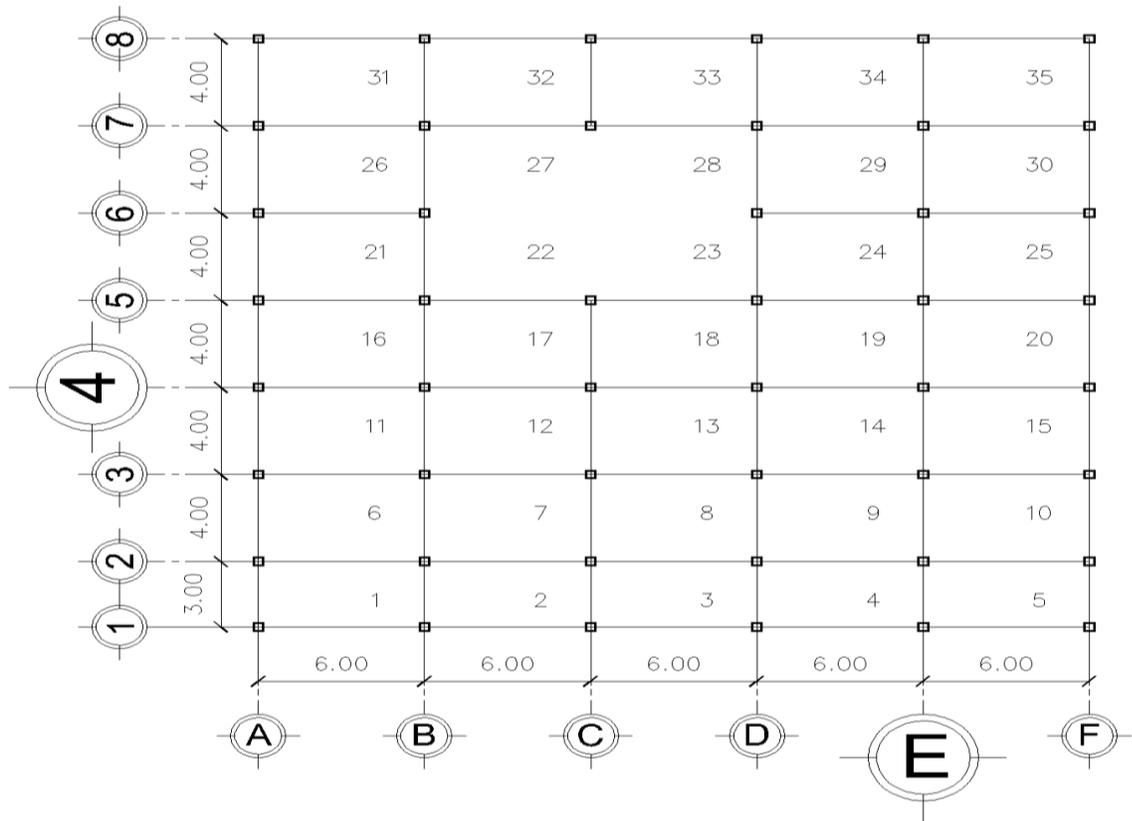
Si el centro de rigidez (CR) no coincide con el centro de masa (CM), se produce excentricidad (e) en la estructura, esto es debido a que existe una distribución desigual y asimétrica de las masas y las rigideces en la estructura.

Para determinar esto se encuentra la diferencia existente entre el valor del centro de masa y el valor del centro de rigidez.

- Centro de masa

Se determina como la distancia al centro de cada eje, se ubica según las dimensiones y la comparamos con el centro geométrico. Para el caso en estudio la edificación no es simétrica el centro de masa es diferente al centro geométrico, por lo tanto, es necesario calcularlo.

Figura 8. Centro de masa



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

Tabla XI. **Análisis de losa**

Tipo de losa	Dimensiones		Área
	x	y	
A	6	3	18 m ²
B	6	4	24 m ²

Fuente: elaboración propia.

Cargas por nivel

$$\text{CM losa} = \text{área losa} * \text{peralte losa} * \text{PEC}$$

$$\text{SC} = \text{área losa} * \text{sobre carga}$$

$$\text{Muros} = \text{longitud de eje} * \# \text{ de ejes}$$

$$\text{CV losa} = \text{área losa} * \text{carga viva}$$

Tabla XII. **Cargas por nivel**

Tipo losa	Carga muerta			Carga viva
	Wlosa	SC	CM losa	CV losa
Nivel: 2				
A	5 184,00	720,00	5 904,00	3 600,00
B	6 912,00	960,00	7 872,00	4 800,00
Nivel: 1				
A	5 184,00	1 800,00	6 984,00	10 800,00
B	6 912,00	2 400,00	9 312,00	14 400,00
Peso muros			30 060,00	

Fuente: elaboración propia.

Cálculo centro de masa según número de losa definido en tabla XIII.

Tabla XIII. Cálculo centro de masa, eje X

Segundo nivel X						
<i>Losa</i>	<i>Area</i>	<i>Wcm</i>	<i>Wcv</i>	<i>Wtotal</i>	<i>Lm</i>	<i>Wi x L</i>
1	18	5 904,00	3 600,00	9 504,00	3,00	28,512,00
2	18	5 904,00	3 600,00	9 504,00	9,00	85 536,00
3	18	5 904,00	3 600,00	9 504,00	15,00	142 560,00
4	18	5 904,00	3 600,00	9 504,00	21,00	199 584,00
5	18	5 904,00	3 600,00	9 504,00	27,00	256 608,00
6	24	7 872,00	4 800,00	12 672,00	3,00	38 016,00
7	24	7 872,00	4 800,00	12 672,00	9,00	114 048,00
8	24	7 872,00	4 800,00	12 672,00	15,00	190 080,00
9	24	7 872,00	4 800,00	12 672,00	21,00	266 112,00
10	24	7 872,00	4 800,00	12 672,00	27,00	342 144,00
11	24	7 872,00	4 800,00	12 672,00	3,00	38 016,00
12	24	7 872,00	4 800,00	12 672,00	9,00	114 048,00
13	24	7 872,00	4 800,00	12 672,00	15,00	190 080,00
14	24	7 872,00	4 800,00	12 672,00	21,00	266 112,00
15	24	7 872,00	4 800,00	12 672,00	27,00	342 144,00
16	24	7 872,00	4 800,00	12 672,00	3,00	38 016,00
17	24	7 872,00	4 800,00	12 672,00	9,00	114 048,00
18	24	7 872,00	4 800,00	12 672,00	15,00	190 080,00
19	24	7 872,00	4 800,00	12 672,00	21,00	266112,00
20	24	7 872,00	4 800,00	12 672,00	27,00	342 144,00
21	24	7 872,00	4 800,00	12 672,00	3,00	38 016,00
22	0	0,00	0,00	0,00	9,00	0,00
23	0	0,00	0,00	0,00	15,00	0,00
24	24	7 872,00	4 800,00	12 672,00	21,00	266 112,00
25	24	7 872,00	4 800,00	12 672,00	27,00	342 144,00
26	24	7 872,00	4 800,00	12 672,00	3,00	38 016,00
27	0	0,00	0,00	0,00	9,00	0,00
28	0	0,00	0,00	0,00	15,00	0,00
29	24	7 872,00	4 800,00	12 672,00	21,00	266 112,00
30	24	7 872,00	4 800,00	12 672,00	27,00	342 144,00
31	24	7 872,00	4 800,00	12 672,00	3,00	38 016,00
32	24	7 872,00	4 800,00	12 672,00	9,00	114 048,00
33	24	7 872,00	4 800,00	12 672,00	15,00	190 080,00
34	24	7 872,00	4 800,00	12 672,00	21,00	266 112,00
35	24	7 872,00	4 800,00	12 672,00	27,00	342 144,00
	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Σ Wtotal =				376 992,00	5 806 944,00	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIV. Cálculo centro de masa, eje Y

Segundo nivel Y						
Losa	Area	Wcm	Wcv	Wtotal	Lm	Wi x L
1	18	5 904,00	3 600,00	9 504,00	1,50	14 256,00
6	24	7 872,00	4 800,00	12 672,00	5,00	63 360,00
11	24	7 872,00	4 800,00	12 672,00	9,00	114 048,00
16	24	7 872,00	4 800,00	12 672,00	13,00	164 736,00
21	24	7 872,00	4 800,00	12 672,00	17,00	215 424,00
26	24	7 872,00	4 800,00	12 672,00	21,00	266 112,00
31	24	7 872,00	4 800,00	12 672,00	25,00	316 800,00
2	18	5 904,00	4 800,00	9 504,00	1,50	14 256,00
7	24	7 872,00	4 800,00	12 672,00	5,00	63 360,00
12	24	7 872,00	4 800,00	12 672,00	9,00	114 048,00
17	24	7 872,00	4 800,00	12 672,00	13,00	164 736,00
22	0	0,00	0,00	0,00	17,00	0,00
27	0	0,00	0,00	0,00	21,00	0,00
32	24	7 872,00	4 800,00	12 672,00	25,00	316 800,00
3	18	5 904,00	3 600,00	9 504,00	1,50	14 256,00
8	24	7 872,00	4 800,00	12 672,00	5,00	63 360,00
13	24	7 872,00	4 800,00	12 672,00	9,00	114 048,00
18	24	7 872,00	4 800,00	12 672,00	13,00	164 736,00
23	0	0,00	0,00	0,00	17,00	0,00
28	0	0,00	0,00	0,00	21,00	0,00
33	24	7 872,00	4 800,00	12 672,00	25,00	316 800,00
4	18	5 904,00	3 600,00	9 504,00	1,50	14 256,00
9	24	7 872,00	4 800,00	12 672,00	5,00	63 360,00
14	24	7 872,00	4 800,00	12 672,00	9,00	114 048,00
19	24	7 872,00	4 800,00	12 672,00	13,00	164 736,00
24	24	7 872,00	4 800,00	12 672,00	17,00	215 424,00
29	24	7 872,00	4 800,00	12 672,00	21,00	266 112,00
34	24	7 872,00	4 800,00	12 672,00	25,00	316 800,00
5	18	5 904,00	3 600,00	9 504,00	1,50	14 256,00
10	24	7 872,00	4 800,00	12 672,00	5,00	63 360,00
15	24	7 872,00	4 800,00	12 672,00	9,00	114 048,00
20	24	7 872,00	4 800,00	12 672,00	13,00	164 736,00
25	24	7 872,00	4 800,00	12 672,00	17,00	21 5424,00
30	24	7 872,00	4 800,00	12 672,00	21,00	266 112,00
35	24	7 872,00	4 800,00	12 672,00	25,00	316 800,00
	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Σ Wtotal =				376 992,00	4 810 608,00	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XV. **Resumen centro de masa y centro geométrico**

Nivel	X	Y
Centro de Masa		
2	15,40	12,76
1	15,39	13,88
Centro geométrico		
	15,00	13,50

Fuente: elaboración propia.

- Centro de rigidez

Datos:

Alto nivel 2 = 3,00 m

Alto nivel 1 = 4,50 m

Sección de columna = 30 x 30 cm = 900 cm²

f'c = 280 kg/cm²

$$E_c = 15\,100\sqrt{280} = 252\,671,328$$

$$G = 0,4 (252\,671,328) = 101\,068,531$$

$$I = \frac{1}{12} 0,30 * 0,30^3 = 67\,500,00 \text{ cm}^4$$

- Cálculo de rigidez por nivel

Nivel 2 se trabaja como voladizo por ser el último nivel

Nivel 1 Doblemente empotrado

$$R_2 = \frac{1}{\frac{(10\,000)(300)^3}{3(252\,671,328)(67\,500)} + \frac{1,2(10\,000)(300)}{(900)(101\,068,531)}} = 0,188 \text{ cm}^{-1}$$

$$R_1 = \frac{1}{\frac{(10\,000)(450)^3}{12(252\,671,328)(67\,500)} + \frac{1,2(10\,000)(450)}{(900)(101\,068,531)}} = 0,222 \text{ cm}^{-1}$$

$$\text{Centro de rigidez por nivel y eje: } Cr = \frac{\Sigma(Rm \cdot L)}{\Sigma Rm}$$

Tabla XVI. **Cálculo del centro de rigidez nivel 2 eje X**

Marco	R	# Colum.	Rm	L	Rm x L
A	0,18809	8	1,50474	0	0,00000
B	0,18809	8	1,50474	6	9,02845
C	0,18809	7	1,31665	12	15,79980
D	0,18809	8	1,50474	18	27,08536
E	0,18809	8	1,50474	24	36,11382
F	0,18809	8	1,50474	30	45,14227
Σ Total=			8,84036		133,16970
CR 2X =			15,06		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVII. **Cálculo del centro de rigidez nivel 1 eje X**

Marco	R	# Colum.	Rm	L	Rm x L
A	0,22164	8	1,77313	0	0,00000
B	0,22164	8	1,77313	6	10,63879
C	0,22164	7	1,55149	12	18,61789
D	0,22164	8	1,77313	18	31,91638
E	0,22164	8	1,77313	24	42,55517
F	0,22164	8	1,77313	30	53,19396
Σ Total=			10,41715		156,92219
CR 1X =			15,06		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVIII. **Cálculo del centro de rigidez nivel 2 eje Y**

Marco	R	# Colum.	Rm	L	Rm x L
1	0,18809	6	1,12856	0	0,00000
2	0,18809	6	1,12856	3	3,38567
3	0,18809	6	1,12856	7	7,89990
4	0,18809	6	1,12856	11	12,41412
5	0,18809	6	1,12856	15	16,92835
6	0,18809	5	0,94046	19	17,86882
7	0,18809	6	1,12856	23	25,95681
8	0,18809	6	1,12856	27	30,47103
Σ Total=			8,84036		114,92470
CR 2Y =			13,00		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIX. **Cálculo del centro de rigidez nivel 1 eje Y**

Marco	R	# Colum.	Rm	L	Rm x L
1	0,22164	6	1,32985	0	0,00000
2	0,22164	6	1,32985	3	3,98955
3	0,22164	6	1,32985	7	9,30894
4	0,22164	6	1,32985	11	14,62834
5	0,22164	6	1,32985	15	19,94774
6	0,22164	5	1,10821	19	21,05594
7	0,22164	6	1,32985	23	30,58653
8	0,22164	6	1,32985	27	35,90593
Σ Total=			10,41715		135,42297
CR 1Y =			13,00		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XX. **Resumen: centro de masa y centro de rigidez**

	Nivel 2		Nivel 1	
	X	Y	X	Y
Centro de masa Cm	15,40	12,76	15,39	13,88
Centro de rigidez Cr	15,06	13,00	15,06	13,00
excentricidad	0,34	0,24	0,32	0,88

Fuente: elaboración propia.

- Excentricidades

Existe excentricidad (e) en la estructura, para cuantificarla se encuentra la diferencia existente entre el valor del centro de masa y el valor del centro de rigidez.

- Excentricidades directas

$$e_x = |C_m x - C_r x| = |15,40 - 15,06| = 0,34$$

$$e_y = |C_m y - C_r y| = |13,88 - 13,00| = 0,88$$

- Datos de mayor excentricidad

- Excentricidades accidentales

$$e_{1xy} = |C_m xy - C_r xy| + 0,005 * b$$

$$e_{2xy} = |C_m xy - C_r xy| - 0,005 * b$$

b = lado perpendicular donde actúa la carga

$$e_{1x} = 0,34 + 0,005 * (30) = 0,49$$

$$e2x = 0,34 - 0,005 * (30) = 0,19$$

$$e1y = 0,88 + 0,005 * (27) = 1,02$$

$$e1y = 0,88 - 0,005 * (27) = 0,75$$

- Excentricidades a utilizar: $x = 0,49$ $y = 1,02$

- Fuerza del marco por torsión

La fuerza que llega a cada marco se calcula directamente proporcional a la rigidez de los marcos F' (fuerza traslacional) y por medio de la suma algebraica de la fuerza por torsión F_i'' (fuerza rotacional).

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

Se aplicarán las ecuaciones siguientes:

$$F_i' = \frac{R_m * F_n}{\sum R_i}$$

$$F_i'' = \frac{e * F_n}{E_i}$$

$$E_i = \frac{\sum (R_m * d_i)^2}{R_m * d_i}$$

Dónde:

R_m = rigidez del marco

$\sum R_i$ = sumatoria de las rigideces de los marcos paralelos a la carga

D_i = distancia de C_r a marco considerado

F_n = fuerza por nivel

E_i = relación de rigideces y brazo de cada marco

E = excentricidad

Se toman los valores críticos basado a:

El valor de $F_m < F_i''$ se debe tomar F_i'' como la fuerza de marco.

Si el valor de $F_m > F_i''$, F_m será el valor del marco analizado

Tabla XXI. Fuerza del marco por torsión, nivel 2 eje X

Marco	Rm	Di	Rm x Di	$(Rm \times Di)^2$	Ei	Fi'	Fi''	Fm
A	1,50474	-15,06	-22,66718	513,80120	-62,71406	13 534,07	-620,66	12 913,41
B	1,50474	-9,06	-13,63873	186,01493	-104,22900	13 534,07	-373,45	13 160,62
C	1,31665	-3,06	-4,03399	16,27308	-352,39329	11 842,31	-110,46	11 731,85
D	1,50474	2,94	4,41818	19,52031	321,75040	13 534,07	120,98	13 655,04
E	1,50474	8,94	13,44663	180,81197	105,71799	13 534,07	368,19	13 902,25
F	1,50474	14,94	22,47509	505,12961	63,25008	13 534,07	615,40	14 149,46
Σ Total=	8,84036			1 421,55110				

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXII. Fuerza del marco por torsión, nivel 1 eje X

Marco	Rm	Di	Rm x Di	$(Rm \times Di)^2$	Ei	Fi'	Fi''	Fm
A	1,77313	-15,06	-26,71016	713,43268	-73,89990	13 351,04	-519,59	12 831,45
B	1,77313	-9,06	-16,07137	258,28886	-88,45240	13 351,04	-434,10	12 916,94
C	1,55149	-3,06	-4,75350	22,59579	-299,05336	11 682,16	-128,40	11 553,76
D	1,77313	2,94	5,20622	27,10470	273,04872	13 351,04	140,63	13 491,66
E	1,77313	8,94	15,84501	251,06436	89,71601	13 351,04	427,99	13 779,03
F	1,77313	14,94	26,48380	701,39183	53,67624	13 351,04	715,35	14 066,39
Σ Total=	10,41715			1 973,87823				

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIII. Fuerza del marco por torsión, nivel 2 eje Y

Marco	Rm	Di	Rm x Di	(Rm x Di) ²	Ei	Fi'	Fi''	Fm
1	1,12856	-13,00	-14,67124	215,24524	-55,03885	10 150,55	-1 470,45	8 680,11
2	1,12856	-10,00	-11,28557	127,36405	-71,55050	10 150,55	-1 131,11	9 019,44
3	1,12856	-6,00	-6,77134	45,85106	-119,25084	10 150,55	-678,67	9 471,88
4	1,12856	-2,00	-2,25711	5,09456	-357,75251	10 150,55	-226,22	9 924,33
5	1,12856	2,00	2,25711	5,09456	357,75251	10 150,55	226,22	10 376,77
6	0,94046	6,00	5,64278	31,84101	143,10100	8 458,79	565,56	9 024,35
7	1,12856	10,00	11,28557	127,36405	71,55050	10 150,55	1 131,11	11 281,66
8	1,12856	14,00	15,79980	249,63353	51,10750	10 150,55	1 583,56	11 734,11
Σ Total=	8,84036			807,48805				

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIV. Fuerza del marco por torsión, nivel 1 eje Y

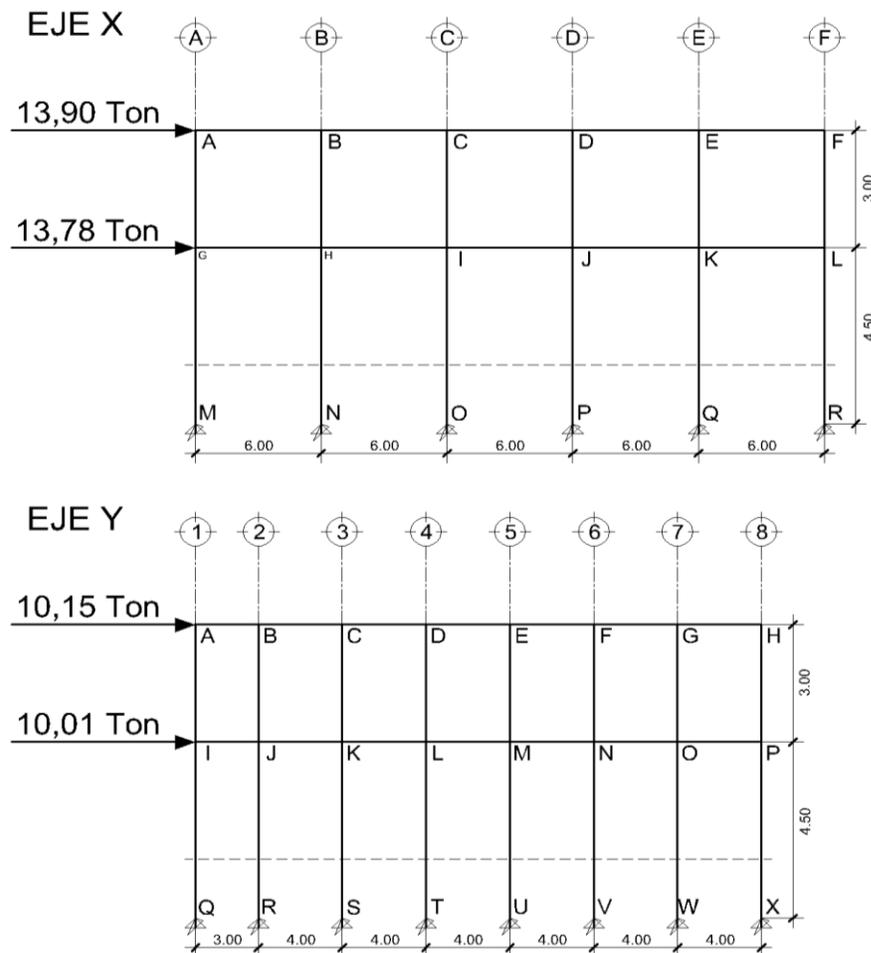
Marco	Rm	Di	Rm x Di	(Rm x Di) ²	Ei	Fi'	Fi''	Fm
1	1,32985	-13,00	-17,28804	298,87627	-64,85572	10 013,28	-1231,00	8 782,28
2	1,32985	-10,00	-13,29849	176,84986	-84,31243	10 013,28	-946,92	9 066,36
3	1,32985	-6,00	-7,97909	63,66595	-140,52072	10 013,28	-568,15	9 445,13
4	1,32985	-2,00	-2,65970	7,07399	-421,56216	10 013,28	-189,38	9 823,90
5	1,32985	2,00	2,65970	7,07399	421,56216	10 013,28	189,38	10 202,66
6	1,10821	6,00	6,64925	44,21247	168,62487	8 344,40	473,46	8 817,86
7	1,32985	10,00	13,29849	176,84986	84,31243	10 013,28	946,92	10 960,20
8	1,32985	14,00	18,61789	346,62573	60,22317	10 013,28	1325,69	11 338,97
Σ Total=	10,41715			1 121,22812				

Fuente: elaboración propia.

2.1.5.2.5. Modelos matemáticos para marcos dúctiles con nudos rígidos

Es una representación de las cargas calculadas que se aplican al marco de la estructura, con el objeto de facilitar el análisis estructural. Por la similitud de los marcos en geometría y de las cargas aplicadas, se analizan únicamente los marcos críticos.

Figura 9. Fuerzas por sismo, eje X y eje Y



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

2.1.5.2.6. Análisis de marcos dúctiles por métodos de análisis numérico y comprobación por medio de software

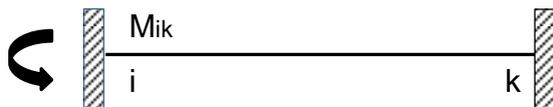
El análisis estructural de los marcos críticos, para elementos de sección constante, columnas de igual altura por piso y sin articulaciones en los apoyos de las columnas, se utilizará el método del Dr. G. Kani y para la comprobación de resultados la modelación de la estructura será en el software ETABS v.2015.

El método Kani se aplicará a carga muerta, carga viva y sismo de manera independiente, tomando en cuenta la geometría de la edificación y de los elementos prediseñados, en el software ETABS se modelará la geometría y todos los elementos prediseñados, adicionalmente, correcciones para determinación de pesos y modelos sísmicos en dos direcciones.

Principales procedimientos con el método del Dr. G. Kani:

M_{ik} = momento flector en el extremo i de la barra i-k

M_{ik} = momento de empotramiento perfecto en el extremo i producido por cargas externas



- Cálculo de momentos fijos (MF_{ik}): estos se calculan cuando existen cargas verticales.
- Cálculo de momentos de sujeción (M_s). $M_s = \sum MF_{ik}$.

- Los siguientes procedimientos se calculan cuando se realiza el análisis con las fuerzas horizontales aplicadas al marco dúctil único con nudos rígidos.

- Determinación de fuerzas de sujeción (H):

$$H = F_{mn} \quad (\text{fuerzas por marco del nivel } n, \text{ del análisis sísmico})$$

- Fuerza cortante en el piso (Qn): $Q_n = \sum H$
- Momentos de piso (Mn):

$$M_n = Q_n * h_n / 3 \quad h_n = \text{altura de piso } n$$

- Cálculo de la rigidez de los elementos (K_{ik}).

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

Donde:

I = inercia del elemento

L_{ik} = longitud del elemento

- Factores de giro o coeficientes de reparto (μ_{ik})

$$\mu_{ik} = -\frac{1}{2} * \frac{K_{ik}}{\sum K_{ik}}$$

- Factores de corrimiento (V_{ik}): se calculan cuando hay ladeo causado por asimetría en la estructura, o en este caso, cuando se hace el análisis con la fuerza horizontal aplicada al marco dúctil unido con nudos rígidos.

$$V_{ik} = -\frac{3}{2} * \frac{K_{ik}}{\sum K_{ik}}$$

- Cálculo de iteraciones, influencias de giro (M'_{ik}).

$$M'_{ik} = \mu_{ik} [M_s + \Sigma (M'_{in} + M'_{ni})]$$

- Cálculo de iteraciones, influencias por desplazamiento (M''_{ik}).

$$M''_{ik} = V_{ik} [M_s + \Sigma (M'_{in} + M'_{ni})]$$

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

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

- Cálculo de momentos positivos en vigas.

$$M'_{ik(+)} = \frac{WL^2}{8} - \left| \frac{M_{i(-)} + M_{k(-)}}{2} \right|$$

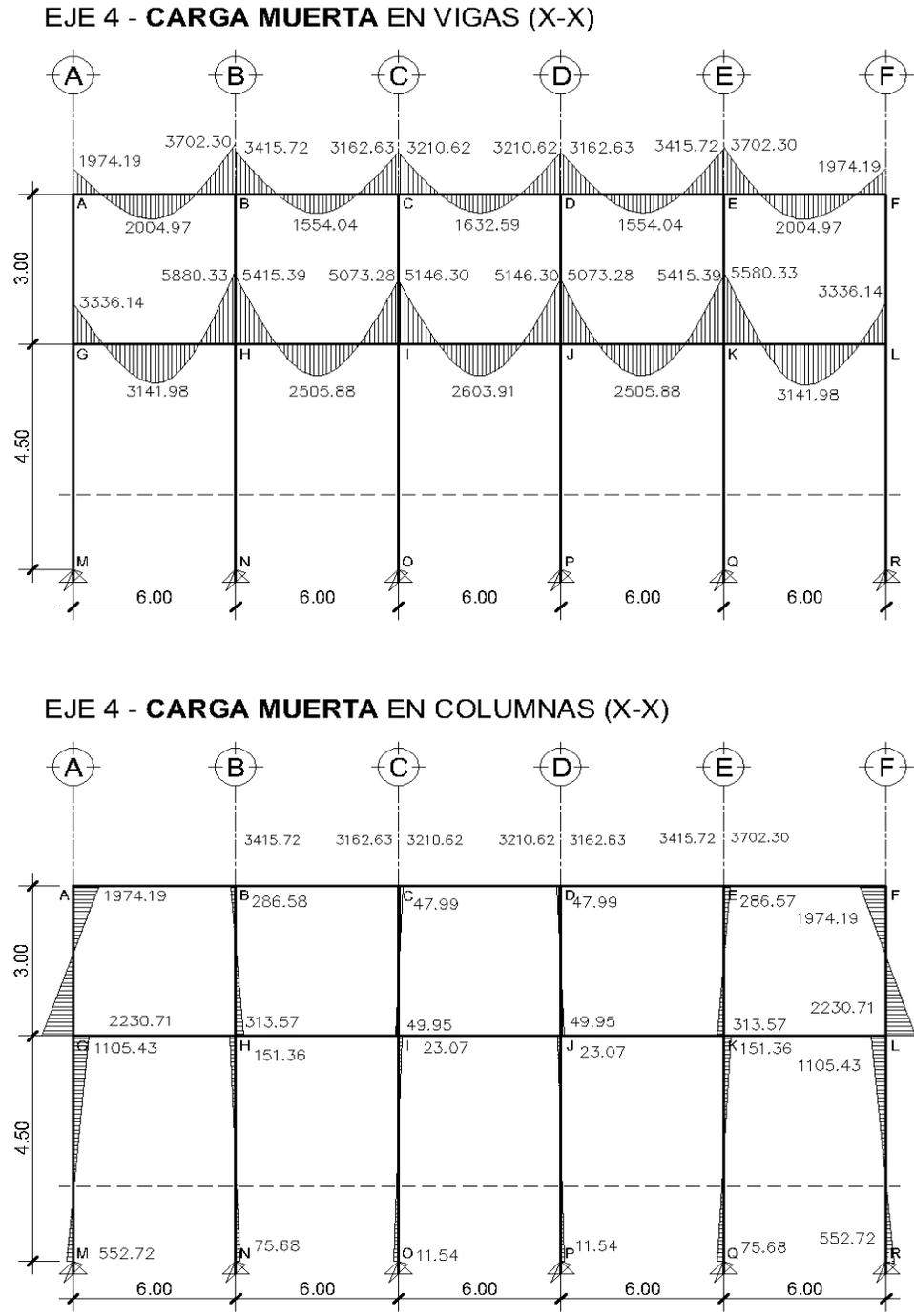
Donde :

$M_{i(-)}$ = momento negativo de la viga en el extremo izquierdo

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

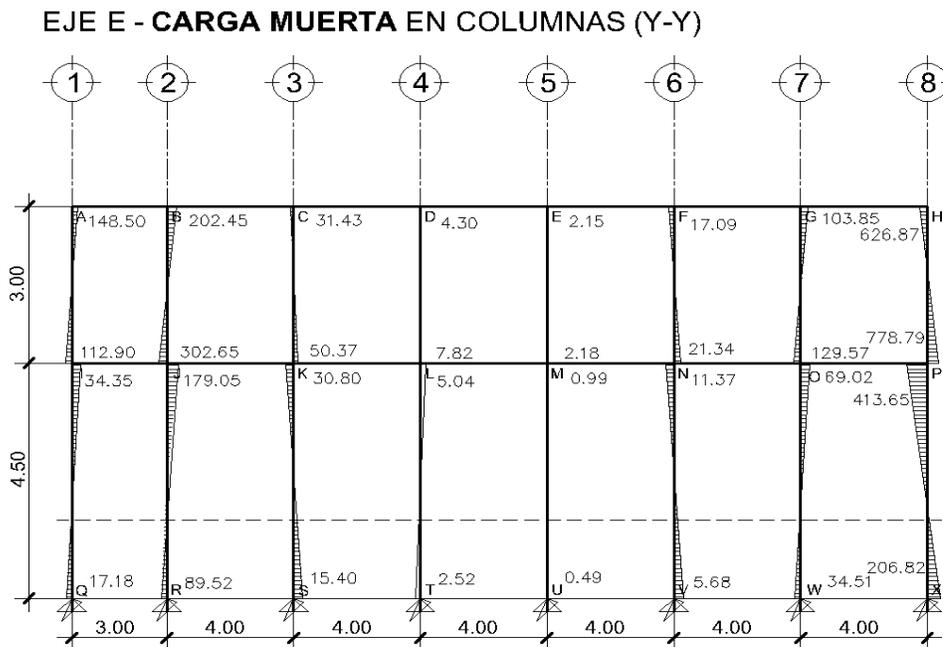
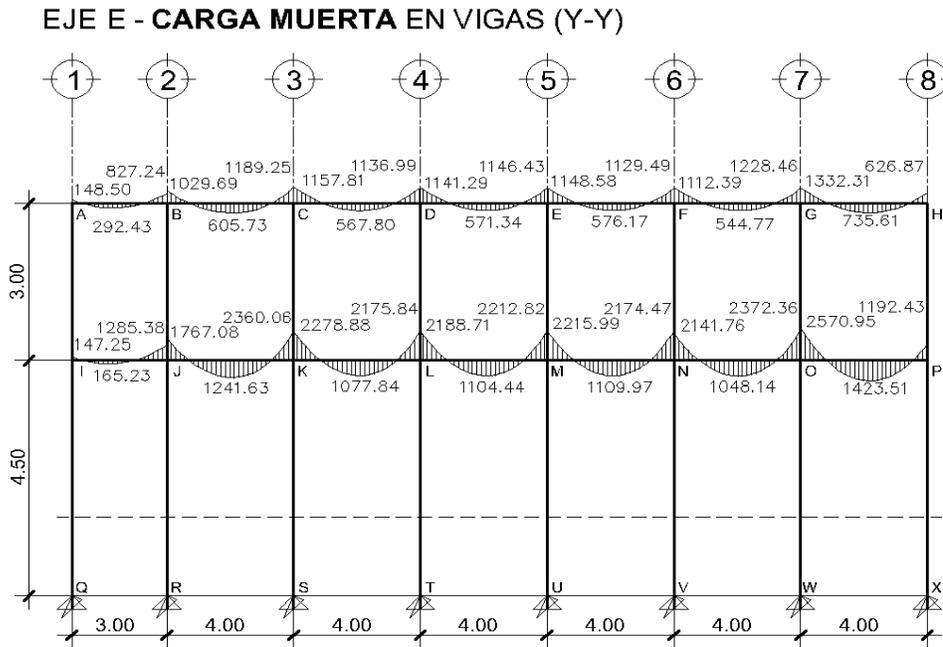
En anexo 2 y 3 son ejemplos de las tablas de datos y la hoja de cálculo por el método Kani.

Figura 10. Momentos de carga muerta, eje X



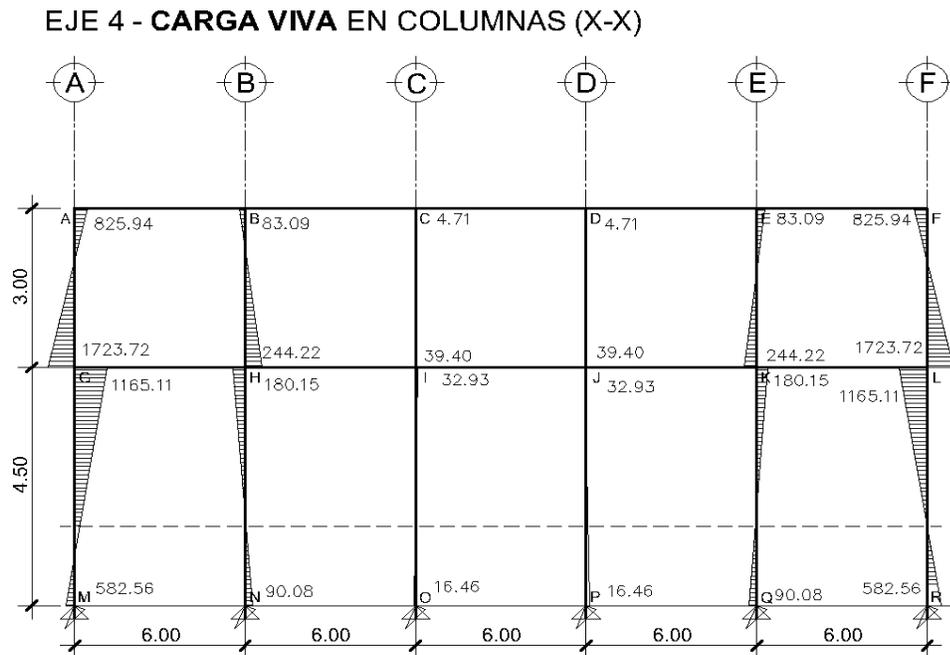
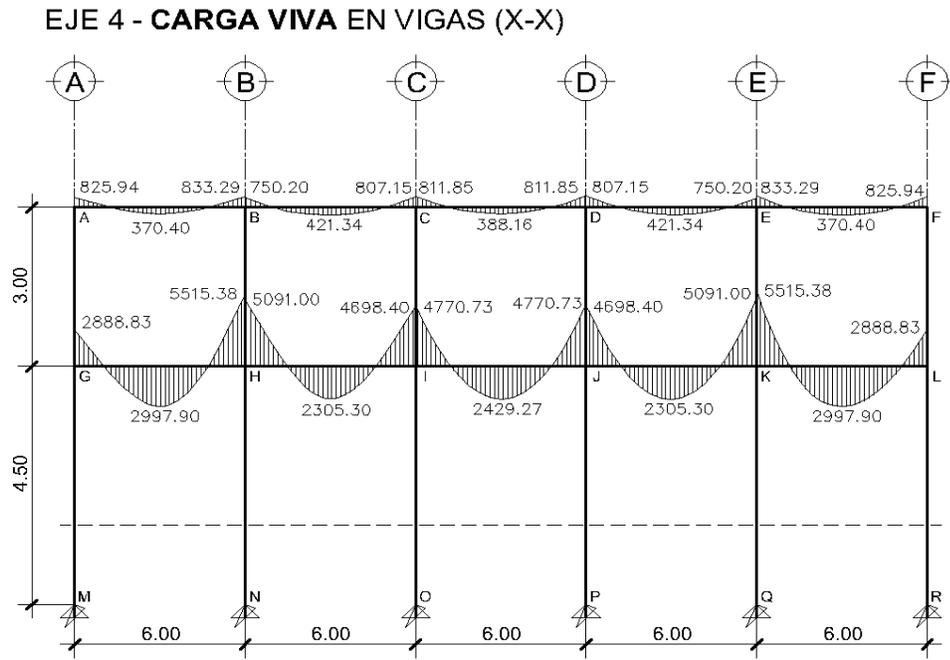
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

Figura 11. Momentos de carga muerta, eje Y



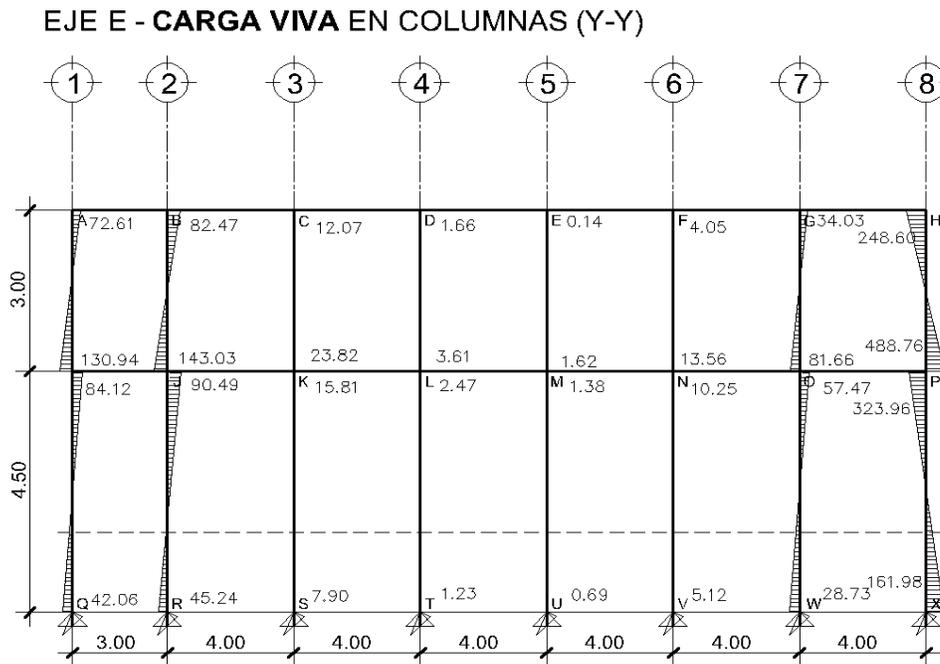
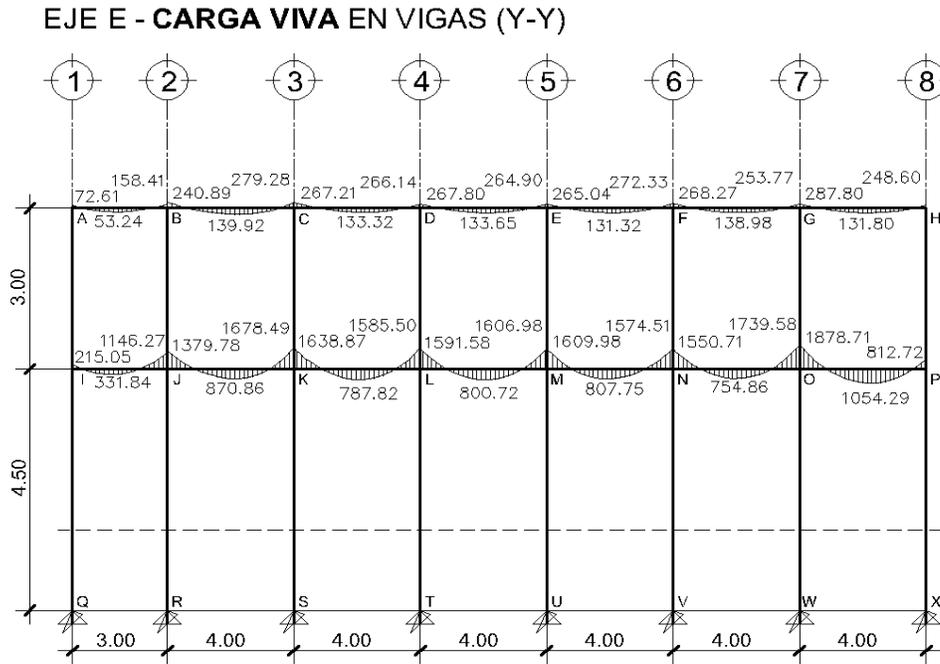
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

Figura 12. Momentos de carga viva, eje X



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

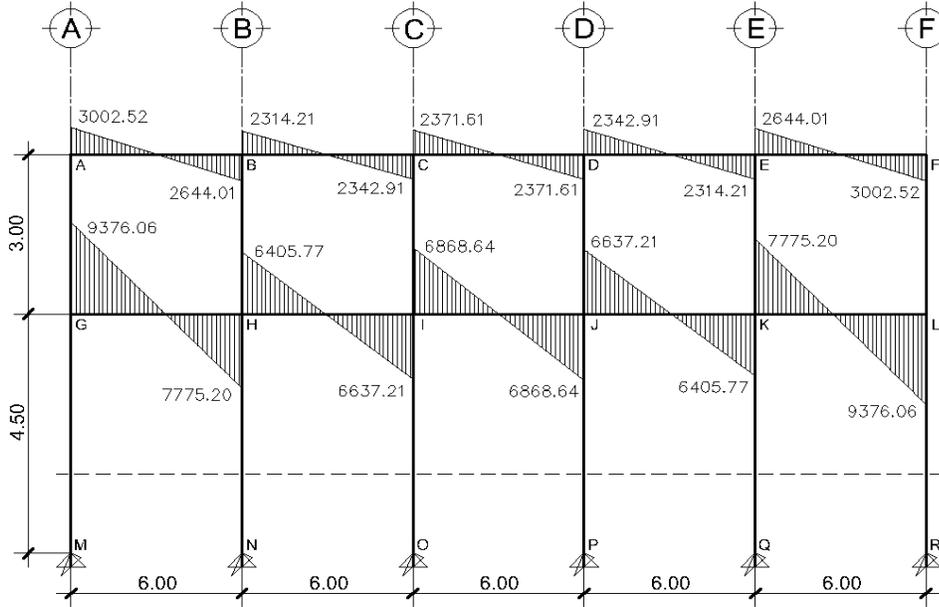
Figura 13. Momentos de carga viva, eje Y



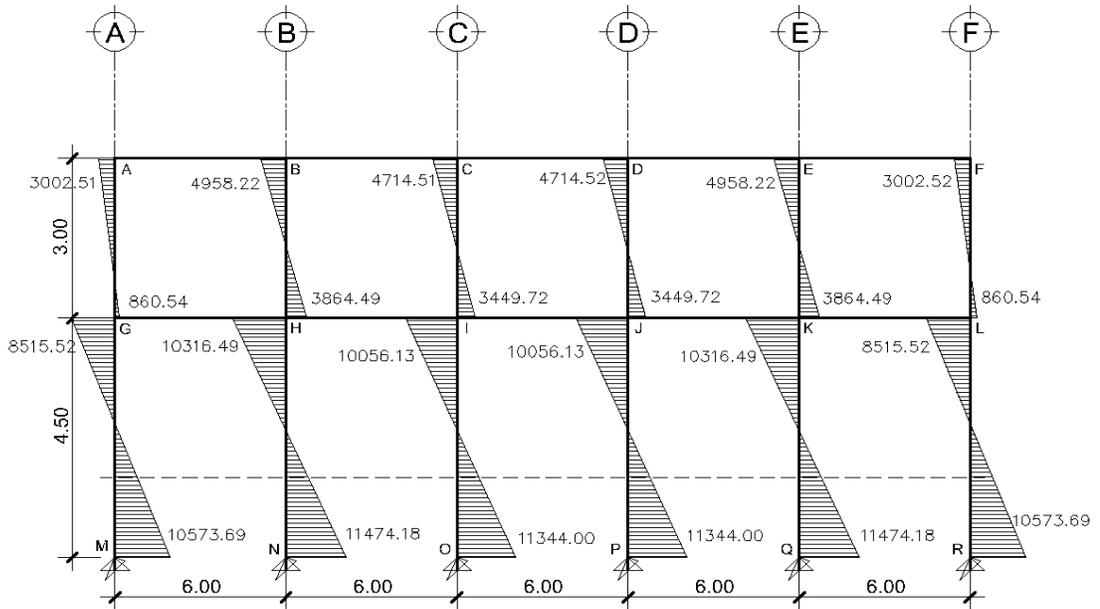
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

Figura 14. Momentos de carga sísmica, eje X

EJE 4 - CARGA SISMICA EN VIGAS (X-X)



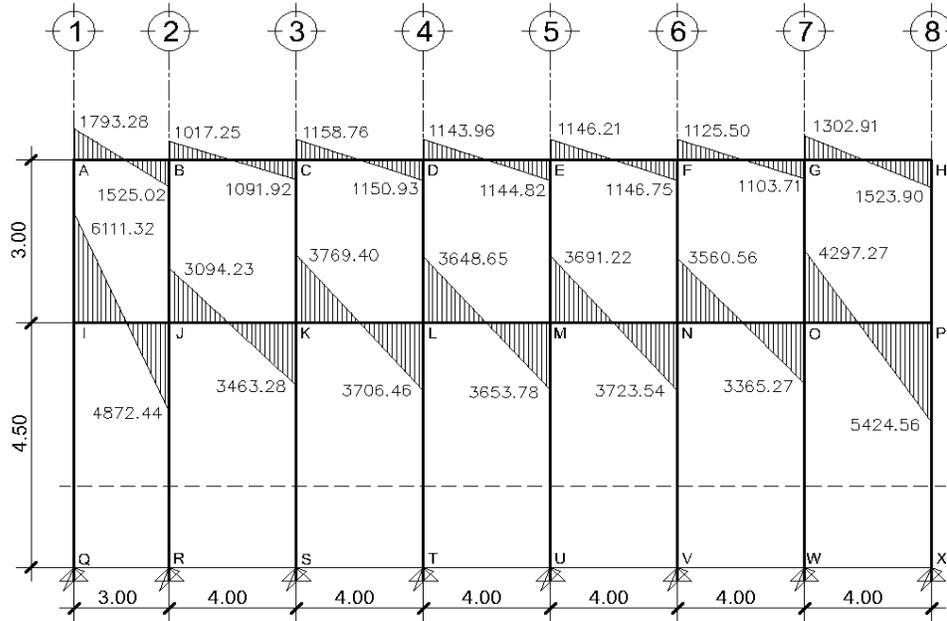
EJE 4 - CARGA SISMICA EN COLUMNAS (X-X)



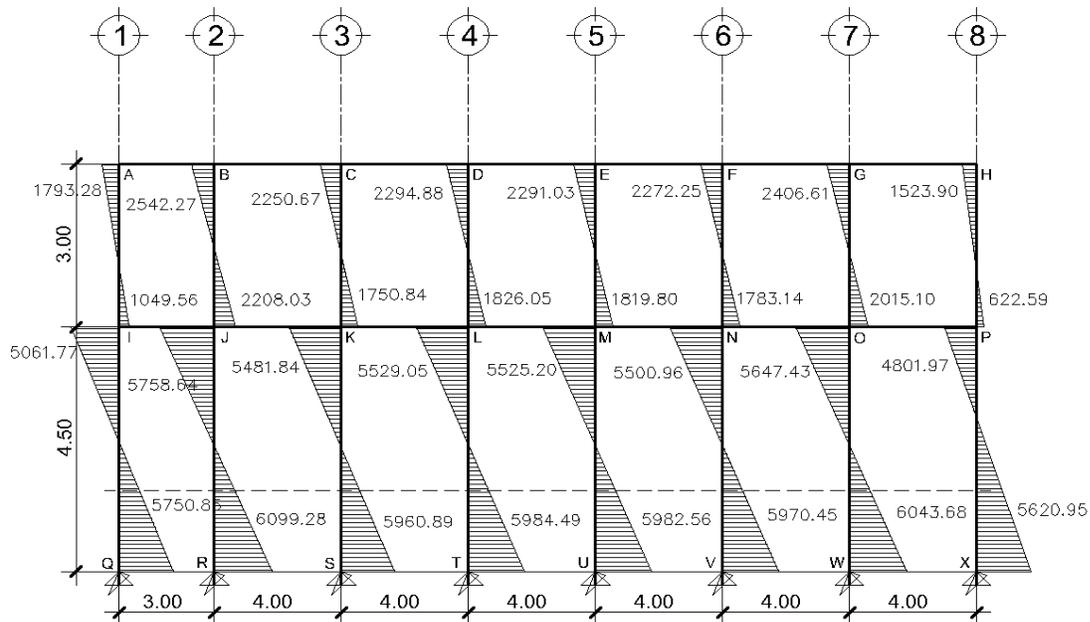
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

Figura 15. **Momentos de carga sísmica, eje Y**

EJE E - CARGA SISMICA EN VIGAS (Y-Y)



EJE E - CARGA SISMICA EN COLUMNAS (Y-Y)



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

2.1.5.2.7. Comparación entre los métodos de análisis aplicados

En las tablas XXV y XXVI se presenta la comparación de resultados de carga muerta y viva.

Tabla XXV. Comparación de resultados, carga muerta eje X

VIGA					
Nivel / Sección		Momento	Kani	ETABS	% Dif
Segundo Nivel	A-B	M(-) Izq	-1974,19	-2020,1803	2,28
		M (+)	2004,97	2802,1441	28,45
		M(-) Der	3702,30	-3999,1122	7,42
	B-C	M(-) Izq	-3415,72	-3485,2068	1,99
		M (+)	1554,04	2186,9701	28,94
		M(-) Der	3162,63	-3498,8835	9,61
	C-D	M(-) Izq	-3210,62	-3534,8194	9,17
		M (+)	1632,59	2275,0504	28,24
		M(-) Der	3210,62	-3538,6596	9,27
	D-E	M(-) Izq	-3162,63	-3396,4517	6,88
		M (+)	1554,04	2188,1854	28,98
		M(-) Der	3415,72	-3750,6201	8,93
	E-F	M(-) Izq	-3702,30	-3999,1829	7,42
		M (+)	2004,97	2800,7059	28,41
		M(-) Der	1974,19	-2022,985	2,41
Primer Nivel	A-B	M(-) Izq	-3336,14	-3099,8941	7,62
		M (+)	3141,98	3676,1905	14,53
		M(-) Der	5880,33	-5411,64	8,66
	B-C	M(-) Izq	-5415,39	-5040,8825	7,43
		M (+)	2505,88	3023,2151	17,11
		M(-) Der	5073,28	-4776,6046	6,21
	C-D	M(-) Izq	-5146,30	-4825,4426	6,65
		M (+)	2603,91	3104,5589	16,13
		M(-) Der	5146,30	-4829,3568	6,56
	D-E	M(-) Izq	-5073,28	-4773,9178	6,27
		M (+)	2505,88	3024,1955	17,14
		M(-) Der	5415,39	-5041,6084	7,41
	E-F	M(-) Izq	-5880,33	-5411,0525	8,67
		M (+)	3141,98	3675,1533	14,51
		M(-) Der	3336,14	-3102,5581	7,53
		Promedio			12,03

Fuente: elaboración propia.

El promedio de las diferencias obtenido está dentro de un rango aceptable, realizando la comparación, se evalúa que ambos métodos presentan resultados semejantes, concluyendo que el cálculo es correcto.

Tabla XXVI. **Comparación de resultados, carga viva eje X**

VIGA					
Nivel / Sección		Momento	Kani	ETABS	% Dif
Segundo Nivel	A-B	M(-) Izq	-825,94	-928,8673	11,08
		M(+)	370,40	533,1964	30,53
		M(-) Der	833,29	-831,6315	0,20
	B-C	M(-) Izq	-750,20	-770,0274	2,58
		M(+)	421,34	589,6347	28,54
		M(-) Der	807,15	-877,5949	8,03
	C-D	M(-) Izq	-811,85	-875,213	7,24
		M(+)	388,16	538,2085	27,88
		M(-) Der	811,85	-875,2616	7,24
	D-E	M(-) Izq	-807,15	-876,6851	7,93
		M(+)	421,34	589,0304	28,47
		M(-) Der	750,20	-772,1457	2,84
	E-F	M(-) Izq	-833,29	-830,1603	0,38
		M(+)	370,40	534,0613	30,64
		M(-) Der	825,94	-928,6088	11,06
Primer Nivel	A-B	M(-) Izq	-2888,83	-2973,113	2,83
		M(+)	2997,90	4067,999	26,31
		M(-) Der	5515,38	-5852,2391	5,76
	B-C	M(-) Izq	-5091,00	-5455,9078	6,69
		M(+)	2305,30	3226,9562	28,56
		M(-) Der	4698,40	-5021,5297	6,43
	C-D	M(-) Izq	-4770,73	-5113,6165	6,71
		M(+)	2429,27	3364,1759	27,79
		M(-) Der	4770,73	-5119,3816	6,81
	D-E	M(-) Izq	-4698,40	-5048,9306	6,94
		M(+)	2305,30	3228,802	28,60
		M(-) Der	5091,00	-5454,8154	6,67
	E-F	M(-) Izq	-5515,38	-5852,9579	5,77
		M(+)	2997,90	4065,8726	26,27
		M(-) Der	2888,83	-2976,6469	2,95
		Promedio			13,32

Fuente: elaboración propia.

Para el análisis de los marcos críticos se utilizarán los resultados obtenidos con el método de Kani, basado a que a este nivel de desarrollo de las estructuras es posible individualizar los elementos y las cargas aplicadas por ambiente, mientras que ETABS lo hace generalizado, además, requiere de más datos, no solo de predimensionamiento, para brindar resultados más acertados.

2.1.5.2.8. Momentos últimos por envolvente de momentos

Con los momentos obtenidos de las diferentes condiciones de carga, analizados por separado, se calculan los momentos últimos y se aplica la envolvente de momentos, que son ajustes para el análisis estructural de vigas y columnas.

Envolvente de momentos es la representación de los valores críticos de los esfuerzos resultantes al aplicar combinaciones de carga muerta, carga viva y carga de sismo.

La Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica (AGIES), en las Normas de Seguridad Estructural (NSE 2-10), presenta las combinaciones de carga para diseño estructural, bases para este estudio.

- Cargas por gravedad

$$\text{CR1 } M_u = 1,4 \text{ CM}$$

$$\text{CR2 } M_u = 1,3 \text{ CM} + 1,6 \text{ CV} + 0,5 (V_t, \text{PL}, \text{AR})$$

No son consideradas cargas vivas de techo (V_t), cargas de lluvia (PL), ni cargas de arena volcánica (AR)

$$\text{CR3 } \mu_u = 1,3 \text{ CM} + \text{CV} + 1,6 (\text{V}_t, \text{PL}, \text{AR})$$

No es considerada por estar implícita en CR2

- Cargas por sismo

$S_v = 0,15 \text{ Scd CM}$ Efectos de demandas sísmicas verticales

AGIES NSE 3-10, 4.1.2.2

$$\text{Scd} = 1,08$$

$$S_v = (0,15 * 1,08) \text{ CM}$$

$$S_v = 0,162 \text{ CM}$$

$$\text{CR4 } \mu_u = 1,2 \text{ CM} + \text{CV} + S_v \pm S_h$$

$$= 1,2 \text{ CM} + \text{CV} + 0,162 \text{ CM} \pm S_h$$

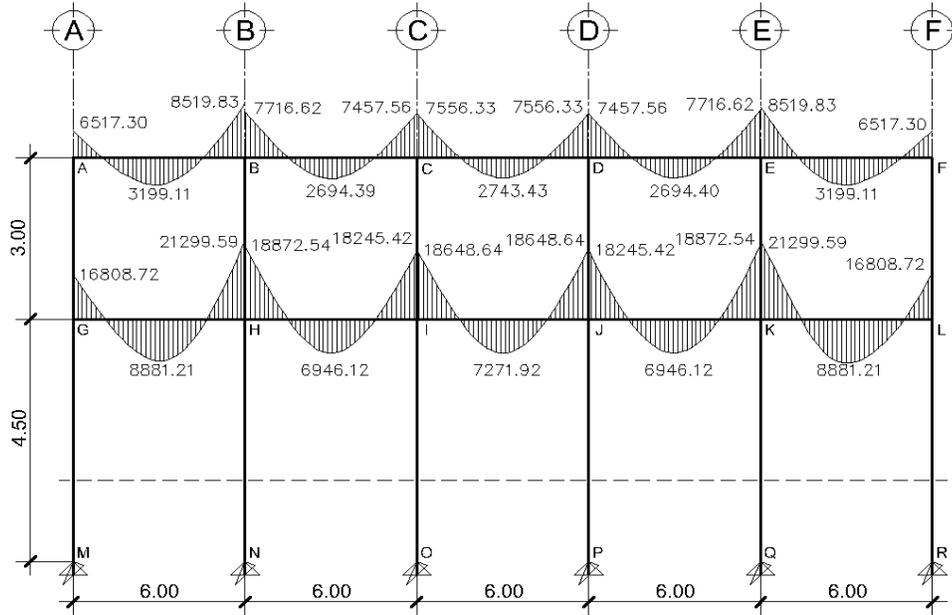
$$\mu_u = 1,362 \text{ CM} + \text{CV} \pm S_h$$

$$\text{CR5 } \mu_u = 0,9 \text{ CM} - S_v \pm S_h$$

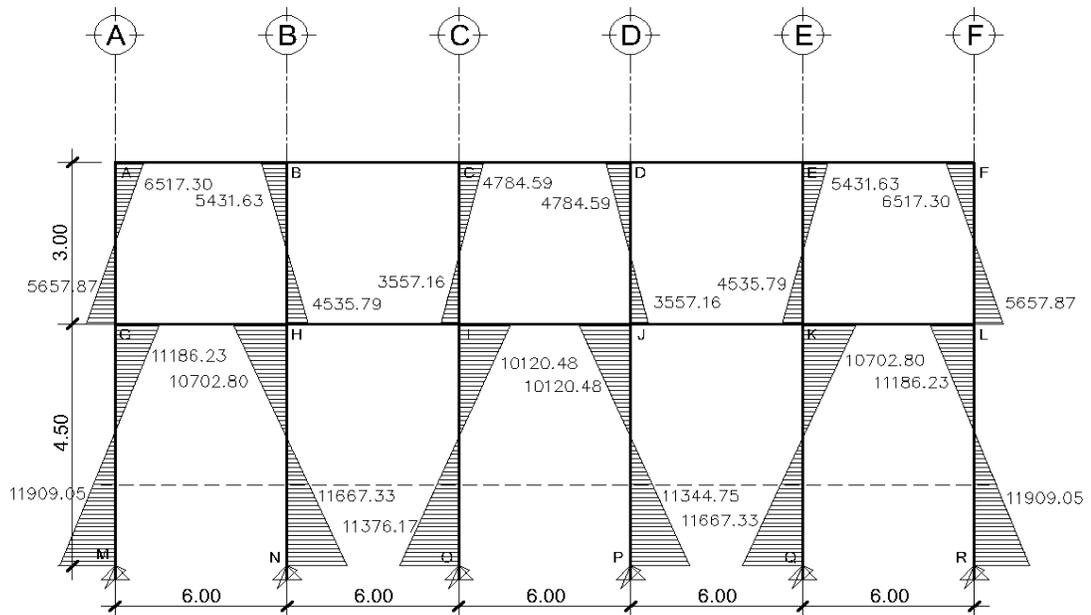
$$\mu_u = 0,738 \text{ CM} \pm S_h$$

Figura 16. **Envolvente de momentos, eje X**

EJE 4 - ENVOLVENTE DE MOMENTOS EN VIGAS (X-X)

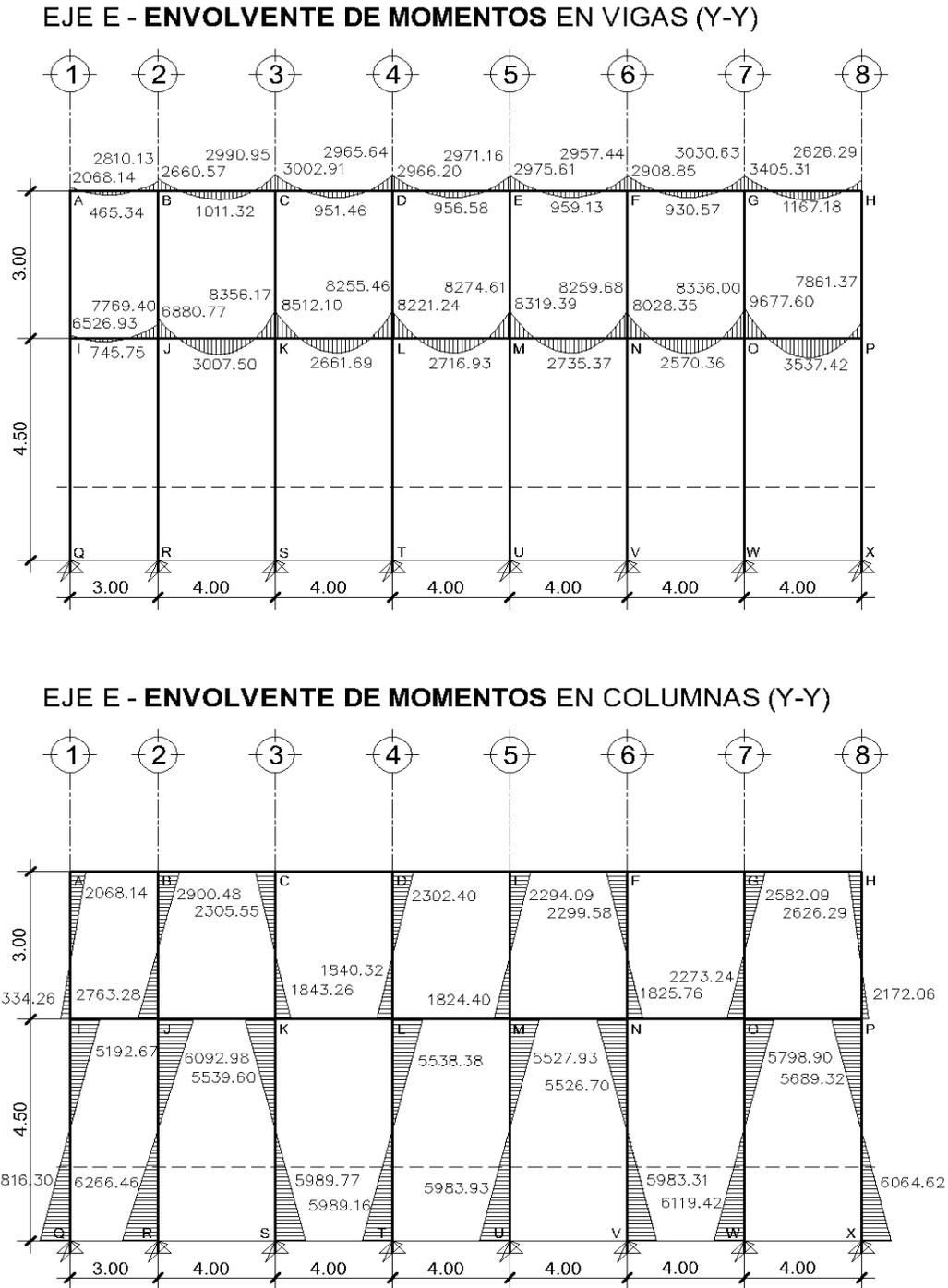


EJE 4 - ENVOLVENTE DE MOMENTOS EN COLUMNAS (X-X)



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

Figura 17. **Envolvente de momentos, eje Y**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

2.1.5.3. Diagrama de corte y momento

Los esfuerzos cortantes en los elementos estructurales que componen el marco, considerando la carga muerta, carga viva, sismo y longitud, se obtendrán de las siguientes ecuaciones:

- Corte en vigas:

$$V_{vigas} = 0,75 \left(\frac{1,4 (W_{cm} * L)}{2} + \frac{1,7 (W_{cv} * L)}{2} + \frac{1,87 (\Sigma Ms)}{L} \right)$$

- Cálculo de corte en viga A-B, 2do nivel, eje 4 (sentido x)

$$V_{A-B} = 0,75 \left(\frac{1,4 (1\ 076,27 * 6)}{2} + \frac{1,7 (266,67 * 6)}{2} + \frac{1,87 (3\ 002,52 * 2\ 644,01)}{6} \right)$$
$$V_{A-B} = 5\ 730,14 \text{ kg}$$

- Corte en columnas:

$$V_{columnas} = \frac{\Sigma M_{col}}{L}$$

- Cálculo de corte en columna A, 2do nivel, eje 4 (sentido x)

$$V_{A-G} = \frac{6\ 517,30 + 5\ 657,87}{3}$$
$$V_{A-G} = 4\ 058,39 \text{ kg}$$

Tabla XXVII. **Corte en vigas, sentido X**

Vigas		Longitud	W CM	W CV	MS1	MS2	Vu
Segundo Nivel	A-B	6,00	1 076,27	266,67	3 002,52	2 644,01	5 730,14
	B-C	6,00	1 076,27	266,67	2 314,21	2 342,91	5 498,86
	C-D	6,00	1 076,27	266,67	2 371,61	2 371,61	5 518,99
	D-E	6,00	1 076,27	266,67	2 342,91	2 314,21	5 498,86
	E-F	6,00	1 076,27	266,67	2 644,01	3 002,52	5 730,14
Primer Nivel	A-B	6,00	1 722,27	1 600,00	9 376,06	7 775,20	15 554,26
	B-C	6,00	1 722,27	1 600,00	6 405,77	6 637,21	14 593,95
	C-D	6,00	1 722,27	1 600,00	6 868,64	6 868,64	14 756,24
	D-E	6,00	1 722,27	1 600,00	6 637,21	6 405,77	14 593,95
	E-F	6,00	1 722,27	1 600,00	7 775,20	9 376,06	15 554,26

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVIII. **Corte en columnas, sentido X**

Columnas		Altura	Msuperior	Minferior	Vu
Segundo Nivel	A	3,00	6 517,30	5 657,87	4 058,39
	B	3,00	-5 431,63	-4 535,79	-3 322,47
	C	3,00	4 784,59	3 557,16	2 780,58
	D	3,00	-4 784,59	-3 557,16	-2 780,58
	E	3,00	5 431,63	4 535,79	3 322,47
	F	3,00	-6 517,30	-5 657,87	-4 058,39
Primer Nivel	A	4,50	11 186,23	11 909,05	5 132,28
	B	4,50	-10 702,80	-11 667,33	-4 971,14
	C	4,50	10 120,48	11 376,17	4 777,03
	D	4,50	-10 120,48	-11 344,75	-4 770,05
	E	4,50	10 702,80	11 667,33	4 971,14
	F	4,50	-11 186,23	-11 909,05	-5 132,28

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIX. **Corte en vigas, sentido Y**

Vigas		Longitud	W CM	W CV	MS1	MS2	Vu
Segundo Nivel	1-2	3,00	693,60	150,00	1 793,28	1 525,02	2 930,60
	2-3	4,00	857,60	200,00	1 017,25	1 091,92	3 050,48
	3-4	4,00	857,60	200,00	1 158,76	1 150,93	3 120,79
	4-5	4,00	857,60	200,00	1 143,96	1 144,82	3 113,46
	5-6	4,00	857,60	200,00	1 146,21	1 146,75	3 114,93
	6-7	4,00	857,60	200,00	1 125,50	1 103,71	3 092,57
	7-8	4,00	857,60	200,00	1 302,91	1 523,90	3 302,11
Primer Nivel	1-2	3,00	786,60	900,00	6 111,32	4 872,44	8 095,05
	2-3	4,00	1 652,60	1 200,00	3 094,23	3 463,28	8 829,69
	3-4	4,00	1 652,60	1 200,00	3 769,40	3 706,46	9 151,68
	4-5	4,00	1 652,60	1 200,00	3 648,65	3 653,78	9 090,87
	5-6	4,00	1 652,60	1 200,00	3 691,22	3 723,54	9 130,26
	6-7	4,00	1 652,60	1 200,00	3 560,56	3 365,27	8 958,83
	7-8	4,00	1 652,60	1 200,00	4 297,27	5 424,56	9 939,18

Fuente: elaboración propia.

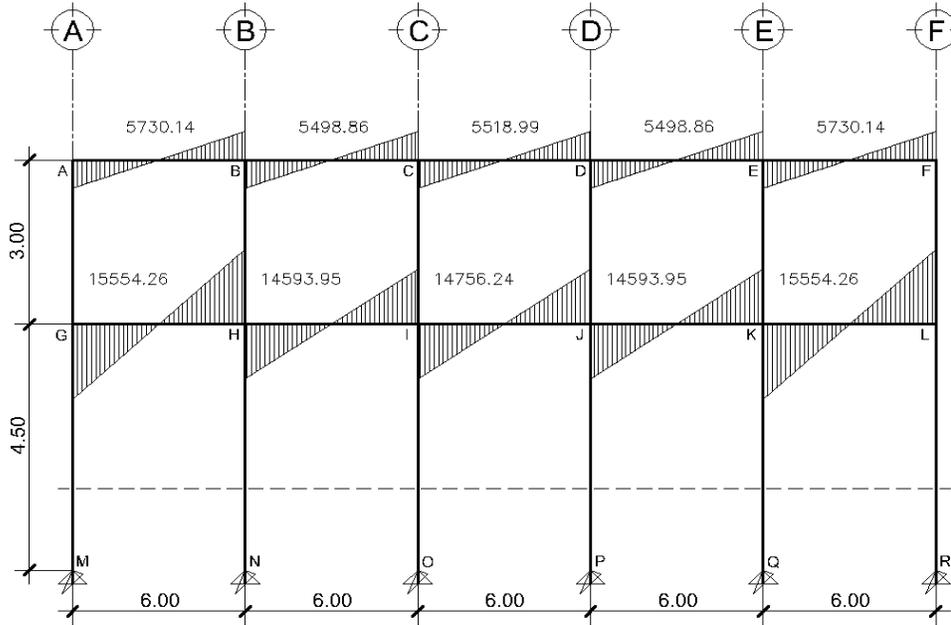
Tabla XXX. **Corte en columnas, sentido Y**

Columnas		Altura	Msuperior	Minferior	Vu
Segundo Nivel	1	3,00	2 068,14	1 334,26	1 134,13
	2	3,00	2 900,48	2 763,28	1 887,92
	3	3,00	-2 305,55	-1 843,26	-1 382,94
	4	3,00	2 302,40	1 840,32	1 380,91
	5	3,00	2 294,09	1 824,40	1 372,83
	6	3,00	-2 299,58	-1 825,76	-1 375,11
	7	3,00	2 582,09	2 273,24	1 618,45
	8	3,00	-2 626,29	-2 172,06	-1 599,45
Primer Nivel	1	4,50	5 192,67	5 816,30	2 446,44
	2	4,50	6 092,98	6 266,46	2 746,54
	3	4,50	-5 539,60	-5 989,77	-2 562,08
	4	4,50	5 538,38	5 989,16	2 561,68
	5	4,50	5 527,93	5 983,93	2 558,19
	6	4,50	-5 526,70	-5 983,31	-2 557,78
	7	4,50	5 798,90	6 119,42	2 648,52
	8	4,50	-5 689,32	-6 064,62	-2 611,99

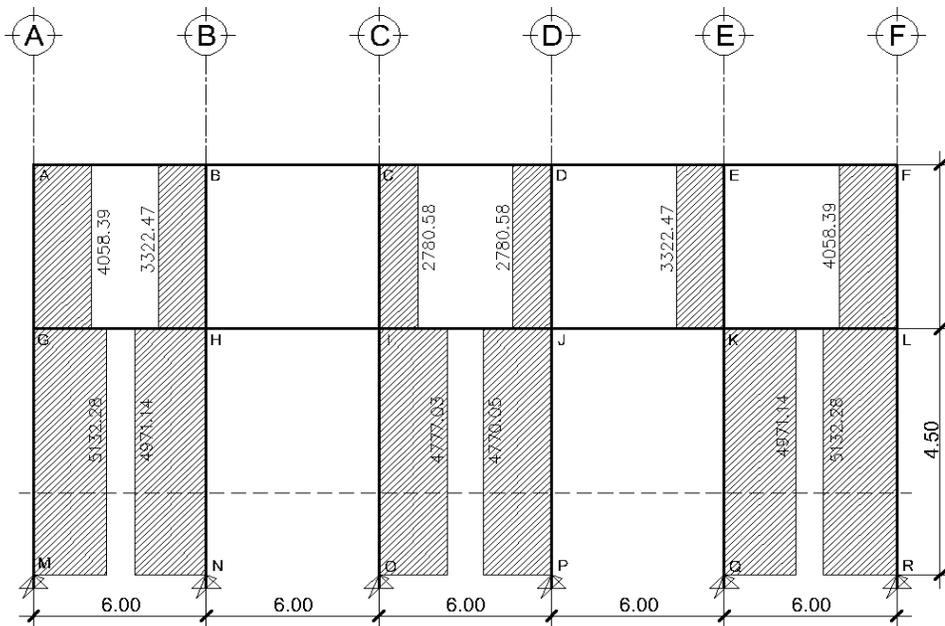
Fuente: elaboración propia.

Figura 18. Cortante, eje X

EJE 4 - CORTE EN VIGAS (X-X)

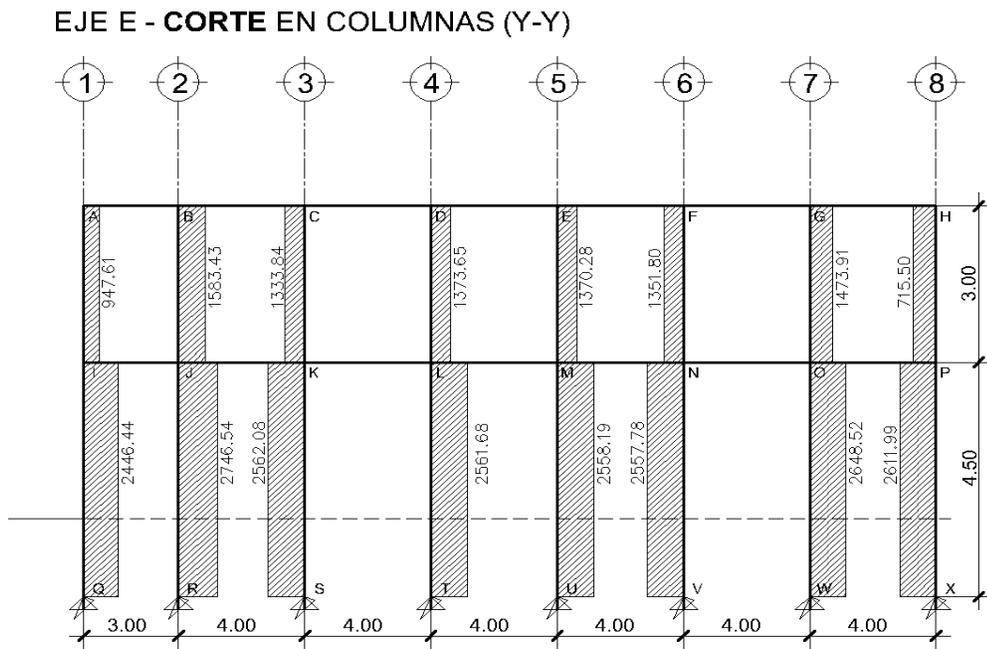
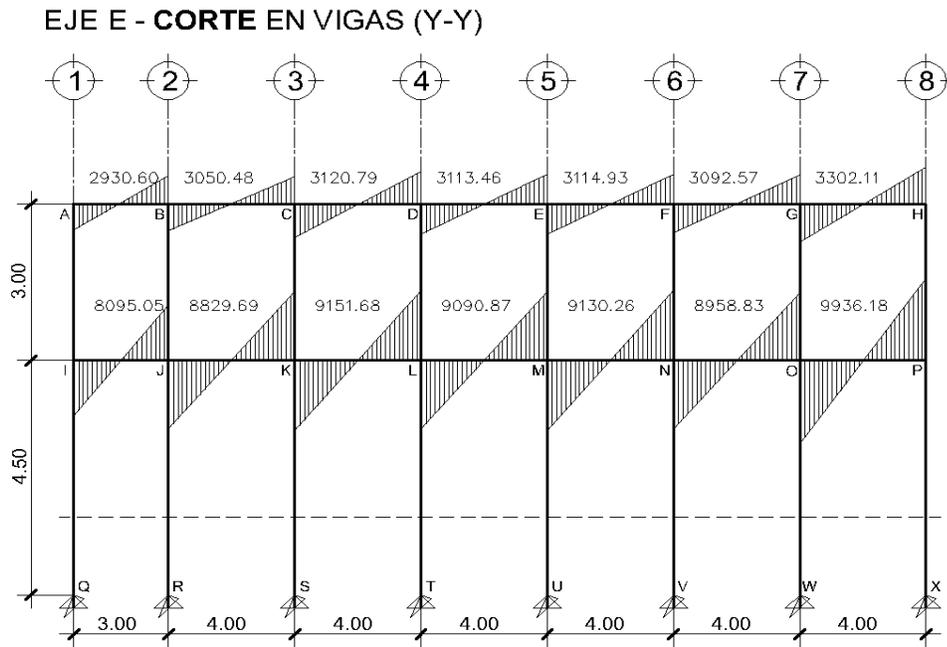


EJE 4 - CORTE EN COLUMNAS (X-X)



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

Figura 19. Cortante, eje Y



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

2.1.5.4. Diseño de elementos estructurales

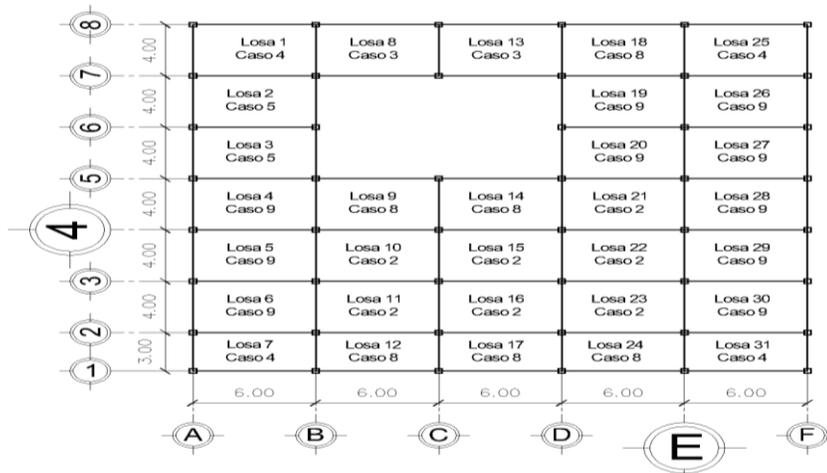
Según el tipo de estructura, se deben de diseñar sus elementos, como se describe a continuación.

2.1.5.4.1. Diseño de losas

Las losas son elementos estructurales que se utilizan para proporcionar superficies útiles. Por lo general una losa de concreto reforzado es una amplia placa plana horizontal, con cargas actuantes perpendicularmente al plano principal, haciendo que trabaje en gran parte a flexión. Puede estar apoyada en vigas de concreto reforzado fundidas en forma monolítica, en muros de mampostería o de concreto reforzado, en elementos de acero estructural, en columnas o sobre el terreno.

Para la edificación en estudio se aplicó el método 3 del código ACI, este método se basa en coeficientes, según casos de losa, con los cuales se determinan los momentos actuantes en los extremos de las losas.

Figura 20. **Planta de identificación de losas y caso aplicado, nivel 2**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

Datos:

Muros = 90 kg/m²
Sobre carga = losa entrepiso = 100 kg/m²
losa final = 40 kg/m²
f'c = 280 kg/cm²
fy = 2 800 kg/cm²
PEC = 2 400 kg/m³
Carga viva = bodegas livianas 600 kg/m²
Corredores = 500 kg/m²

Por tipo de uso de la edificación se definió 600 kg/m²

Espesor de losa

$$t = \text{perímetro} / 180$$
$$= [(4 \cdot 2) + (6 \cdot 2)] / 180 \quad t = 0,1111 \approx 0,12 \text{ cm}$$

Se definió t = 12 cm por tipo de uso

Tipo de losa

Relación = m

$$m = a / b$$

a = lado corto

b = lado largo

$$m_{\text{bodegas}} = 4 / 6 = 0,67 \geq 0,50, \text{ losa en 2 sentidos}$$

$$m_{\text{corredor}} = 3 / 6 = 0,50 \geq 0,50, \text{ losa en 2 sentidos}$$

- Integración de cargas
 - Carga muerta = CM
 - Peso losa = peralte * PEC

$$= 0,12 \text{ m} \cdot 2 \cdot 400 \text{ kg/m}^2 = 288 \text{ kg/m}^2$$

CM = peso losa + peso muros + SC

$$CM_{\text{entrepiso}} = 288 \text{ kg/m}^2 + 90 \text{ kg/m}^2 + 100 \text{ kg/m}^2 = 478 \text{ kg/m}^2$$

$$CM_{\text{final}} = 288 \text{ kg/m}^2 + 90 \text{ kg/m}^2 + 40 \text{ kg/m}^2 = 328 \text{ kg/m}^2$$

Carga última = CU

$$CU = 1,4 \text{ CM} + 1,7 \text{ CV}$$

$$CU_{\text{entrepiso}} = 1,4(479) + 1,7(600) = 1 \ 689,20 \text{ kg/m}^2$$

$$CU_{\text{final}} = 1,4(328) + 1,7(600) = 1 \ 479,20 \text{ kg/m}^2$$

Momentos actuantes

Momentos negativos

$$Ma(-) = Ca(-) \text{ CU} \cdot a^2$$

$$Mb(-) = Cb(-) \text{ CU} \cdot b^2$$

Momentos positivos

$$Ma(+) = C_{am}(+) \text{ CM}_u \cdot a^2 + C_{av}(+) \text{ CV}_u \cdot a^2$$

$$Mb(+) = C_{bm}(+) \text{ CM}_u \cdot b^2 + C_{bv}(+) \text{ CV}_u \cdot b^2$$

Ca(-), Cb(-) = coeficientes para momentos negativos

C_{am}(+), C_{bm}(+) = coeficientes momentos positivos por carga muerta

C_{av}(+), C_{bv}(+) = coeficientes momentos positivos por carga viva

CU = carga última

CM_u = carga muerta última (1,4 CM)

CV_u = carga viva última (1,7 CV)

A = lado corto

b = lado largo

En losas sin continuidad el momento negativo se calcula así:

$$M_a(-) = \frac{1}{3} M_a(+)$$

$$M_b(-) = \frac{1}{3} M_b(+)$$

Momentos actuantes

Nivel 2 (Losas 1 y 25, caso 4, m=0,65)

$$M_a(-) = 0,085 * 1\,479,20 * 3.70^2 = 1\,721,27 \text{ kg-m}$$

$$M_a(+)= [0,050*(1,4*328)*3.70^2] + [0,062*(1,7*600) *3.70^2]$$

$$M_a(+)= 1\,180,08 \text{ k-m}$$

$$M_b(-) = 0,015 * 1\,479,20 * 5.70^2 = 720,89 \text{ kg-m}$$

$$M_b(+)= [0,009*(1,4*328)*5.70^2] + [0,011*(1,7*600) *5.70^2]$$

$$M_b(+)= 498,81 \text{ k-m}$$

Tabla XXXI. Momentos negativos

Nivel	Losa	Longitud		m		caso	CU	Coeficientes(-)		Momento Negativo	
		a	b	Real	Usado			Ca-	Cb-	Ma-	Mb-
Nivel 2	1,25	3,70	5,70	0,649	0,65	4	1 479,20	0,085	0,015	1 721,27	720,89
	2,3	3,70	5,70	0,649	0,65	5	1 479,20	0,087	0,000	1 761,77	0,00
	4-6,19,20,26-30	3,70	5,70	0,649	0,65	9	1 479,20	0,083	0,008	1 680,77	384,47
	7,31	2,85	5,70	0,500	0,50	4	1 479,20	0,094	0,006	1 129,39	288,36
	8,13	3,70	5,70	0,649	0,65	3	1 479,20	0,000	0,043	0,00	2 066,55
	9,14,18	3,70	5,70	0,649	0,65	8	1 479,20	0,074	0,024	1 498,52	1 153,42
	12,17,24	2,85	5,70	0,500	0,50	8	1 479,20	0,089	0,010	1 069,328	480,59
	10,11,15,16,21-	3,70	5,70	0,649	0,65	2	1 479,20	0,077	0,014	1 559,27	672,83
Nivel 1	1,5,25	3,70	5,70	0,649	0,65	4	1 479,20	0,085	0,015	1 965,64	823,23
	2,3	3,70	5,70	0,649	0,65	5	1 479,20	0,087	0,000	2 011,89	0,00
	4,11,19,20,26-30	3,70	5,70	0,649	0,65	9	1 479,20	0,083	0,008	1 919,39	439,06
	7	2,85	5,70	0,500	0,50	7	1 479,20	0,000	0,014	0,00	768,35
	31	2,85	5,70	0,500	0,50	4	1 479,20	0,094	0,006	1 289,73	329,29
	8,13	3,70	5,70	0,649	0,65	3	1 479,20	0,000	0,043	0,00	2 359,93
	9,14,18	3,70	5,70	0,649	0,65	8	1 479,20	0,074	0,024	1 711,26	1 317,17
	12,17,24	2,85	5,70	0,500	0,50	8	1 479,20	0,089	0,010	1 221,13	548,82
	10,15,16,21-23	3,70	5,70	0,649	0,65	2	1 479,20	0,077	0,014	1 780,64	768,35

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXII. Momentos positivos

Nivel	Losa	Longitud		Carga Última		Coeficientes(+)				Momento Positivo	
		a	b	CM	CV	Cam+	Cbm+	Cav+	Cbv+	Ma+	Mb+
Nivel 2	1,25	3,70	5,70	459,20	1 020,00	0,050	0,009	0,062	0,011	1 180,08	498,81
	2,3	3,70	5,70	459,20	1 020,00	0,036	0,004	0,055	0,009	994,32	357,94
	4-6,19,20,26-30	3,70	5,70	459,20	1 020,00	0,034	0,005	0,054	0,009	967,78	372,86
	7,31	2,85	5,70	459,20	1 020,00	0,059	0,004	0,077	0,005	858,00	225,38
	8,13	3,70	5,70	459,20	1 020,00	0,054	0,014	0,064	0,014	1 233,15	672,83
	9,14,18	3,70	5,70	459,20	1 020,00	0,044	0,009	0,059	0,011	1 100,47	498,81
	12,17,24	2,85	5,70	459,20	1 020,00	0,056	0,004	0,076	0,005	838,53	225,38
	10,11,15,16,21-	3,70	5,70	459,20	1 020,00	0,032	0,006	0,053	0,010	941,25	420,91
Nivel 1	1,5,25	3,70	5,70	669,20	1 020,00	0,050	0,009	0,062	0,011	1 323,82	560,22
	2,3	3,70	5,70	669,20	1 020,00	0,036	0,004	0,055	0,009	1 097,82	385,23
	4,11,19,20,26-30	3,70	5,70	669,20	1 020,00	0,034	0,005	0,054	0,009	1 065,53	406,97
	7	2,85	5,70	669,20	1 020,00	0,089	0,007	0,092	0,007	1 245,98	384,17
	31	2,85	5,70	669,20	1 020,00	0,059	0,004	0,077	0,005	958,64	252,67
	8,13	3,70	5,70	669,20	1 020,00	0,054	0,014	0,064	0,014	1 388,40	768,35
	9,14,18	3,70	5,70	669,20	1 020,00	0,044	0,009	0,059	0,011	1 226,96	560,22
	12,17,24	2,85	5,70	669,20	1 020,00	0,056	0,004	0,076	0,005	934,05	252,67
	10,15,16,21-23	3,70	5,70	669,20	1 020,00	0,032	0,006	0,053	0,010	1 033,24	461,85

Fuente: elaboración propia.

- Balance de momentos (BM)

Una losa al tener momentos negativos actuantes diferentes en un lado en común, su diferencia se distribuye en proporción a su rigidez, esto determina el valor del momento balanceado, para su aplicación deben observarse los siguientes criterios:

Si $M_{mayor} * 0,8 \leq M_{menor}$ entonces $M_B =$ promedio de momentos

Si $M_{mayor} * 0,8 > M_{menor}$ entonces $M_B =$ proporcional a su rigidez

Balance de momentos, losa 5 y 10 del primer nivel

M(mayor): losa 5, $M = 823,23 \text{ Kg-m}$

M(menor): losa 10, $M = 768,35 \text{ Kg-m}$

$$823,23 * 0,8 = 658,58 \text{ Kg-m} < 768,23 \text{ Kg-m}$$

Balance de momentos por promedio de momentos

$$BM = (823,23 + 768,35) / 2 = 795,79 \text{ kg-m}$$

Balance de momentos, losa 11 y 12 del primer nivel

M(mayor): Losa 11, $M = 1\,919,39 \text{ Kg-m}$

M(menor): Losa 12, $M = 1\,221,13 \text{ Kg-m}$

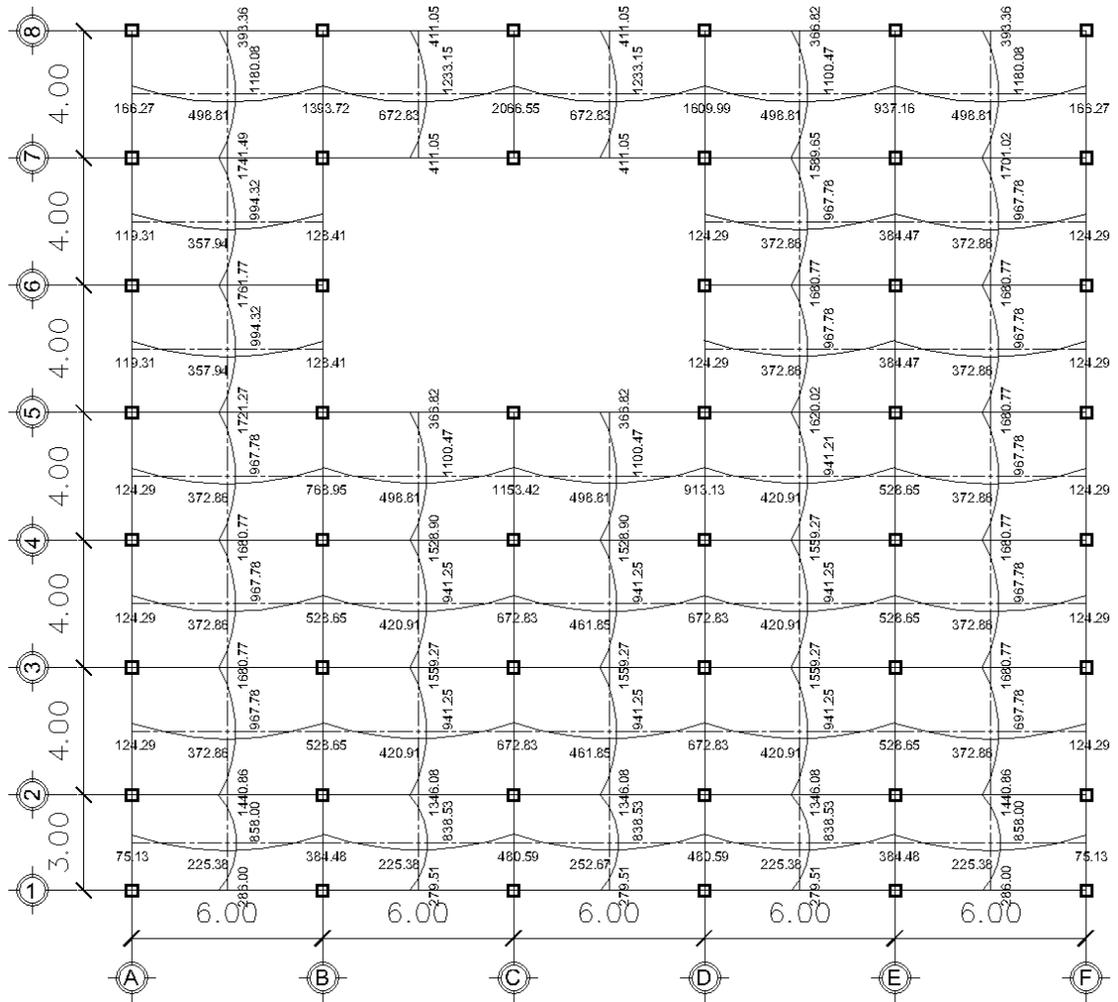
$$1\,919,39 * 0,8 = 1\,535,51 \text{ Kg-m} > 1\,221,13 \text{ Kg-m}$$

Tabla XXXIII. **Balance de momentos a determinar por método de rigideces**

	Momento mayor A	Momento menor B
Losa	11	12
Momento	1 919,39	1 221,13
Longitud	3,70	2,85
$K = 1/L$	0,27	0,35
$FD_i = K_i / \sum K_i$	0,44	0,56
$Dif = (MA-MB)$	698,26	698,26
$\mu_i = FD_i(MA-MB)$	303,82	394,44
BM=Momento$\pm\mu_i$	1 615,57	1 615,57

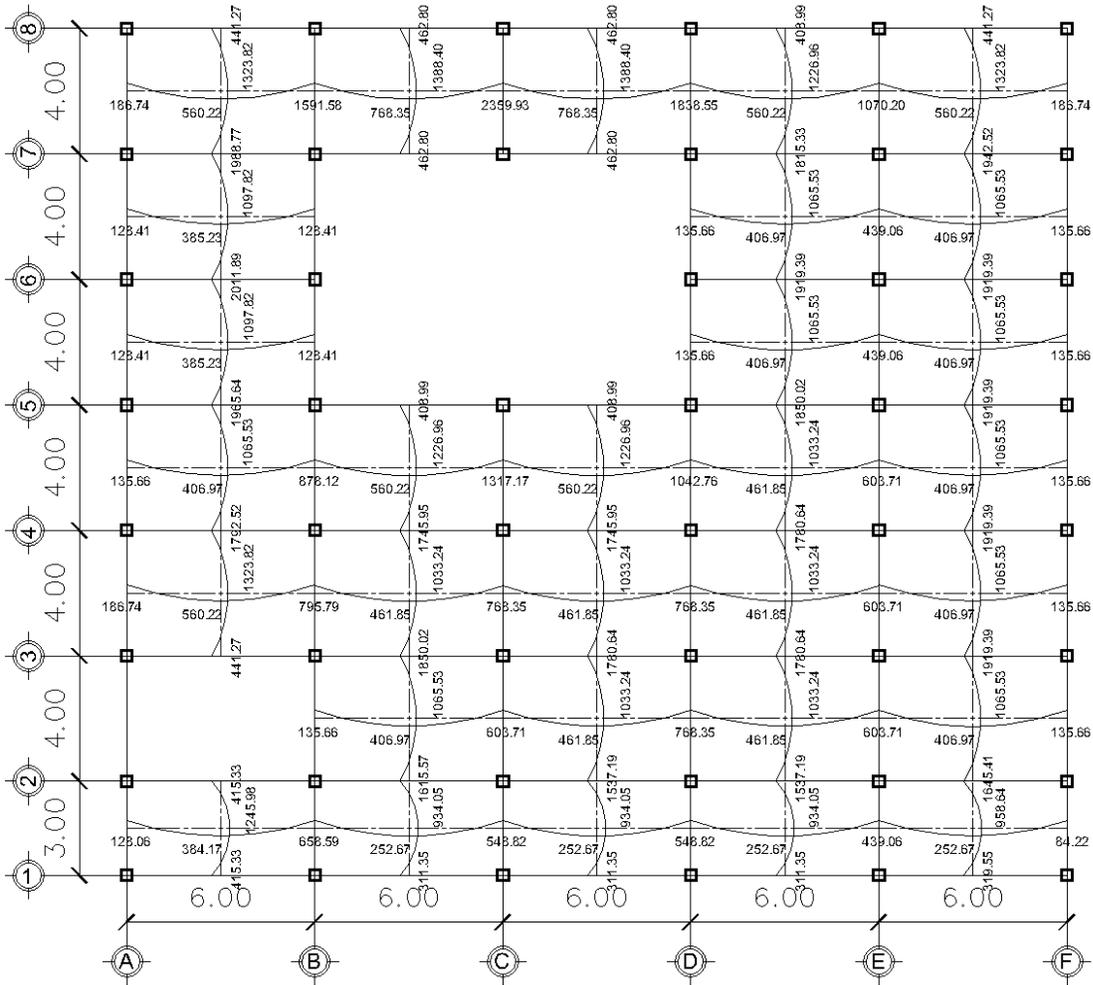
Fuente: elaboración propia.

Figura 21. Momentos balanceados primer nivel



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

Figura 22. **Momentos balanceados segundo nivel**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

- Diseño de armado de losas

Establecer el acero mínimo y el momento resistente, luego calcular el acero de refuerzo para los momentos mayores al acero mínimo y su momento resistente.

Datos :

b = 100 cm franja de evaluación unitaria

Recubrimiento (Rec) = 2,5 cm

Peralte efectivo (d) = t – Rec

d = 12 cm – 2,5 = 9,5 cm

- Acero mínimo con base en ACI 318-11

El mayor de ambas expresiones

$$\text{Ecuación 1: } A_{s_{min}} = \frac{0,80 \sqrt{f'rc}}{f_y} b * d = \frac{0,80 \sqrt{280}}{2800} 100 * 9,5$$

$$A_{s_{min}} = 4,54 \text{ cm}^2$$

$$\text{Ecuación 2: } A_{s_{min}} = \rho * b * d, \rho = \frac{14,1}{f_y}, A_{s_{min}} = \frac{14,1}{2800} * 100 * 9,5$$

$$A_{s_{min}} = 4,77 \text{ cm}^2$$

Utilizar $A_{s_{min}} = 4,77 \text{ cm}^2$

- Separación de varillas (S)

Proponiendo varillas núm. 3 ($A_s = 0,71 \text{ cm}^2$)

$$S = \frac{A_{varilla}}{A_s} = \frac{0,71}{4,77} = 0,1489 = 14,89 \text{ cm}$$

Para facilitar el proceso constructivo se utilizarán varillas núm. 3 @ 14cm

Debe observarse que:

- El espaciamiento del refuerzo en las secciones críticas no debe exceder 2 veces el espesor de la losa ACI 318-11 Cáp. 13.3.2.

$$S_{max} = 2 \times t \text{ losa}$$

$$S_{max} = 2 * 12 \text{ cm} = 24 \text{ cm}$$

Se cumple con espaciamiento máximo 15 cm < 24 cm

Momento resistente que la estructura soporta con base en A_{smin}

$$A_{smin} = 4,77 \text{ cm}^2$$

$$MR A_{smin} = 0,9[A_{smin} * f_y] \left(d - \frac{A_{smin} * f_y}{1,7 * f'_c * b} \right)$$

$$MR A_{smin} = 0,9[4,77 * 2800] \left(9,5 - \frac{4,77 * 2800}{1,7 * 280 * 100} \right)$$

$$MR A_{smin} = 1107,51 \text{ kg-m}$$

$MR A_{smin} <$ momentos mayores de losa o momentos actuantes, por lo que se calculará el área de acero requerida utilizando la ecuación:

$$A_{sreq} = \left[b * d - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{Mu * b}{0,003825 * f'_c}} \right] * 0,85 \left(\frac{f'_c}{f_y} \right)$$

Cálculo del A_s para momento actuante mayor = 2359,93 Kg-m

$$A_{sreq} = \left[100 * 9,5 - \sqrt{(100 * 9,5)^2 - \frac{2359,93 * 100}{0,003825 * 280}} \right] * 0,85 \left(\frac{280}{2800} \right)$$

$$A_{sreq} = 10,55 \text{ cm}^2$$

Espaciamiento

$$10,55 \text{ cm}^2 \quad \text{-----} \quad 100 \text{ cm}$$

$$0,71 \text{ cm}^2 \quad \text{-----} \quad S \quad \quad S = 6,73 \text{ cm}$$

Bastones núm 3 @ 7 cm

Tabla XXXIV. **Acero requerido con base en momento actuante**

Momentos Negativos Primer Nivel:

Momento	As	S	@
2 011,89	8,86	8,01	8
1 988,77	8,75	8,11	8
1 965,64	8,65	8,21	8
1 942,52	8,54	8,32	8
1 919,39	8,43	8,42	8
1 850,02	8,11	8,76	9
1 838,55	8,06	8,81	9
1 815,33	7,95	8,93	9
1 780,64	7,79	9,12	9
1 745,95	7,63	9,31	9
1 645,41	7,17	9,91	10
1 591,58	6,92	10,26	10
1 537,19	6,68	10,64	10
1 317,17	5,68	12,49	12

Momentos Negativos Segundo Nivel:

Momento	As	S	@
2 066,55	9,12	7,79	8
1 761,77	7,70	9,22	9
1 741,52	7,61	9,33	9
1 721,27	7,52	9,45	9
1 701,02	7,42	9,57	9
1 680,77	7,33	9,69	10
1 620,02	7,05	10,07	10
1 609,99	7,01	10,13	10
1 589,65	6,91	10,27	10
1 559,27	6,78	10,48	10
1 528,90	6,64	10,70	11
1 440,86	6,24	11,38	11
1 393,72	6,03	11,78	12
1 346,08	5,81	12,21	12

Momentos positivos Primer Nivel:

Momento	As	S	@
1 388,40	6,00	11,83	12
1 323,82	5,71	12,43	12
1 226,96	5,28	13,45	13

Momentos positivos Segundo Nivel:

Momento	As	S	@
1 233,15	5,31	13,38	13
1 180,08	5,07	14,00	14

Fuente: elaboración propia.

Basado a los resultados obtenidos en los momentos positivos es necesario cambiar el espaciamiento, de esta forma se tendrá un armado simétrico lo que mejorará los resultados en campo, el armado final será:

Varillas núm. 3 @ 12 cm, en ambos sentidos e intercalar un bastón núm. 3 entre tensión y bastón.

En las áreas que lo requiera (ver plano núm. 5 de armado de losa).

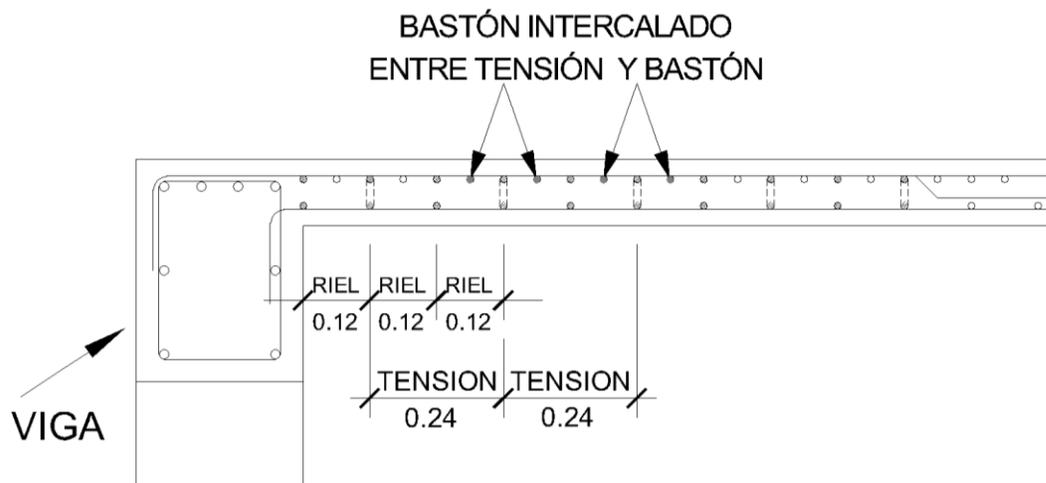
- Chequeo por corte

El corte debe ser resistido únicamente por la sección de concreto, comprobando que la fuerza resistente al corte (V_c) sea mayor que la fuerza de corte actuante.

$$\begin{aligned}
 V_{Act} &< V_c \\
 V_{Act} = C_u * \frac{L}{2} = 1\,689,20 \frac{6}{2} & \quad V_c = 45\sqrt{f'c} * t_{losa} = 45\sqrt{280} * 11 \\
 V_{Act} = 5\,067,60 \text{ kg} & < \quad V_c = 7\,173,23 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Verificado que la fuerza resistente al corte V_s es mayor a la fuerza de corte actuante V_{Act} , se comprueba que el espesor de la losa a utilizar $t=12\text{cm}$, soporta el esfuerzo recibido, en caso de no cumplir este chequeo es necesario aumentar el peralte de la losa y verificar nuevamente.

Figura 23. Esquema de armado de losa



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

El armado final de losa en primero y segundo nivel se presenta en plano núm. 5 planta de losas y vigas.

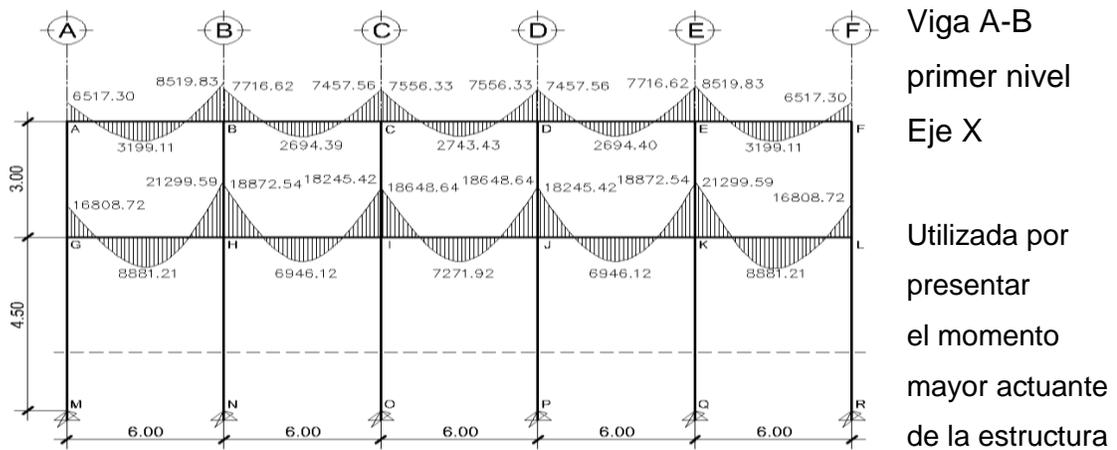
2.1.5.4.2. Diseño de vigas

Las edificaciones reciben cargas externas de manera transversal y corresponde a las vigas que son elementos estructurales horizontales o inclinados, transmitirlos a elementos estructurales verticales.

Estas cargas provocan momentos flexionantes y fuerzas cortantes en toda la longitud del elemento. Las vigas soportan el peso de la losa y el propio para transmitirlos a las columnas.

Se describe el procedimiento para el diseño de vigas con base en el capítulo 21 del ACI 318-11. Los momentos y cortes se obtienen del análisis estructural.

Figura 24. Esquema de momentos de viga



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

Datos:

$$\begin{aligned}f'c &= 280 \text{ kg/cm}^2 & f_y &= 2\,800 \text{ kg/cm}^2 \\ \text{Sección} &= 40 \times 30 \text{ cm} & \text{Rec} &= 3 \text{ cm} \\ E_s &= 2,1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2 & d &= 40 - 3 = 37 \text{ cm} \\ \text{Longitud sección a cara de nudo} &= 5,70 \text{ m.}\end{aligned}$$

- Límites de acero

$$A_{s_{min}} = \frac{14,1}{f_y} b * d = \frac{14,1}{2\,800} 30 * 37$$

$$A_{s_{min}} = 5,59 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{min}} = \frac{0,80 \sqrt{f'c}}{f_y} b * d = \frac{0,80 \sqrt{280}}{2\,800} 30 * 37$$

$$A_{s_{min}} = 5,31 \text{ cm}^2$$

Se utilizará el mayor $A_{s_{min}} = 5,59 \text{ cm}^2$

$$A_{s_{max}} = \left(\frac{\beta * 0,85 * f'c}{f_y} * \frac{6\,120}{6\,120 + f_y} \right) 0,5 * b * d$$

$$A_{s_{max}} = \left(\frac{0,85 * 0,85 * 280}{2\,800} * \frac{6\,120}{6\,120 + 2\,800} \right) 0,5 * 30 * 37$$

$$A_{s_{max}} = 27,50 \text{ cm}^2$$

- Refuerzo longitudinal máximo

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

Cálculo del A_s para momento mayor = 21 299,59 Kg-m

$$As_{req} = \left[30 * 37 - \sqrt{(30 * 37)^2 - \frac{21\,299,59 * 30}{0,003825 * 280}} \right] * 0,85 \left(\frac{280}{2\,800} \right)$$

$$As_{req} = 26,59 \text{ cm}^2$$

As req por momento mayor < As max

- Momento resistente que soporta As_{min}

$$As_{min} = 5,59 \text{ cm}^2$$

$$MRAs_{min} = 0,9[As_{min} * fy] \left(d - \frac{As_{min} * fy}{1,7 * f'c * b} \right)$$

$$MRAs_{min} = 0,9[5,59 * 2800] \left(37 - \frac{5,59 * 2800}{1,7 * 280 * 30} \right)$$

$$MR As_{min} = 5\,057,40 \text{ kg-m}$$

- Requisitos sísmicos para armado de vigas, con base en el código ACI 318-11
 - Cama superior: colocar 2 varillas como mínimo.
Colocar la mayor área de acero entre el As_{min} y el 33 % del momento negativo mayor
Para cubrir los momentos negativos se deben colocar bastones, tomando en cuenta la diferencia de diámetros la cual no debe ser mayor a 2 diámetros consecutivos.
 - Cama inferior: colocar 2 varillas como mínimo
Colocar la mayor área de acero entre As_{min} , 50 % de momento positivo y 50 % de momento negativo mayor

- Para cubrir los momentos positivos se deben colocar bastones, tomando en cuenta la diferencia de diámetros la cual no debe ser mayor a 2 diámetros consecutivos.

Propuesta de armado de viga, tramo A-B 1er nivel

Tabla XXXV. **Área de acero y armado de viga A-B 1er nivel**

1er nivel	Momento	As req	Varillas corridas	Bastones	Cama
M(-) A-B	16 808,72	20,19	3 núm. 6	2 núm.8+1num. 6	Superior
M(+)	8 881,21	10,06	3 núm. 6+1 núm. 8		Inferior
M(-) B-A	21 299,59	26,59	3 núm. 6	3 núm.8	Superior

Fuente: elaboración propia.

Cálculo de corte resistente

$$Vr = 0,85 * 0,53\sqrt{f'c} * b * d = 0,85 * 0,53\sqrt{280} * 30 * 37$$

$$Vr = 8 367,52 \text{ kg} < Vu \text{ mayor} = 15 554,26 \text{ kg}$$

Si $Vr > Vu$ la viga necesita estribos solo por armado,

Separación máxima, $S_{max} = d/2 < 30 \text{ cm}$

$$S_{max} = 37/2 = 18,50 \text{ cm}$$

Si $Vr < Vu$ se diseñan estribos por corte

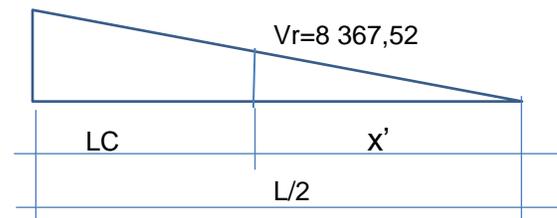
Separación en base al procedimiento siguiente:

$$S = \frac{2 A_v * f_y * d}{V_u}$$

Zona confinada

Como el $V_u > V_r$, entonces se procede a calcular la zona confinada

$$V_u = 15\,554,26$$



$$\frac{L/2}{15\,554,26} = \frac{x'}{8\,367,52} = x' = 1,53$$

$$LC = L/2 - x' = (5,70/2) - 1,53 = LC = 1,32 \text{ m}$$

$$S = \frac{2 * 0,71 * 2\,800 * 37}{15\,554,26} = 9,46 \text{ cm} \approx 9 \text{ cm}$$

Criterios a seguir

- 2H en ambos extremos = $2 * 40 = 80 \text{ cm}$
- Primer estribo a no más de 5 cm
- S no debe ser mayor que
 - $d/4 = 37/4 = 9,25 \text{ cm}$
 - 8 \emptyset de barra longitudinal de \emptyset menor = $8 * 1,91 = 15,28 \text{ cm}$
 - 24 veces el \emptyset del estribo = $24 * 0,95 = 22,80 \text{ cm}$
 - No mayor de 30 cm

Usar el menor de todos los criterios.

Con base en el análisis del tramo A-B primer nivel, eje X, la propuesta de separación de estribos es:

Primer estribo a 5 cm

- Zona de confinamiento LC = 1,32 m

En $2H = 0,80$ m aplicar $d/4$, entonces \varnothing núm. 3 @ 9 cm

LC-2H = 0,52 m aplicar $S=9,46$ por lo que \varnothing núm. 3 @ 9 cm

- Resto de viga

Estribos solo por armado $S_{max} = d/2, 37/2 = 18,5$ cm ≈ 18 cm

- Refuerzo longitudinal en viga

Por tener una longitud entre camas de acero longitudinal mayor a 30 cm, se coloca 1 varilla \varnothing núm. 5 en cada cara de la viga con eslabón \varnothing núm. 3 como refuerzo adicional.

Tabla XXXVI. Diseño de viga, segundo nivel, eje X

Momento	As Req cm ²	Cama superior				Colocar	Corridas Núm. 6	Bastones			As final Chequeo	Armado de viga
		As min	33% M(-)					Núm. 8	Núm. 6	Núm. 6		
A-B	6.517,30	7,27	5,59	2,40	5,59	2	0	1		8,52	Corridas 2 No.6 + Bastones 1 No.6	
B-A	8.519,83	9,63	5,59	3,18	5,59	2	1	0		10,78	Corridas 2 No.6 + Bastones 1 No.8	
Cama inferior												
M(+)	3.199,11	3,50	5,59	1,75	4,81	5,59	2	0		5,68	Corridas 2 No.6	

Momento	As Req cm ²	Cama superior				Colocar	Corridas Núm. 6	Bastones			As final Chequeo	Armado de viga
		As min	33% M(-)					Núm. 8	Núm. 6	Núm. 6		
B-C	7.716,62	8,67	5,59	2,86	5,59	2	1	0		10,78	Corridas 2 No.6 + Bastones 1 No.8	
C-B	7.457,56	8,37	5,59	2,76	5,59	2	0	1		8,52	Corridas 2 No.6 + Bastones 1 No.6	
Cama inferior												
M(+)	2.694,39	2,94	5,59	1,47	4,34	5,59	2	0		5,68	Corridas 2 No.6	

Momento	As Req cm ²	Cama superior				Colocar	Corridas Núm. 6	Bastones			As final Chequeo	Armado de viga
		As min	33% M(-)					Núm. 8	Núm. 6	Núm. 6		
C-D	7.556,33	8,49	5,59	2,80	5,59	2	0	1		8,52	Corridas 2 No.6 + Bastones 1 No.6	
D-C	7.556,33	8,49	5,59	2,80	5,59	2	0	1		8,52	Corridas 2 No.6 + Bastones 1 No.6	
Cama inferior												
M(+)	2.743,43	2,99	5,59	1,49	4,24	5,59	2	0		5,68	Corridas 2 No.6	

Momento	As Req cm ²	Cama superior				Colocar	Corridas Núm. 6	Bastones			As final Chequeo	Armado de viga
		As min	33% M(-)					Núm. 8	Núm. 6	Núm. 6		
D-E	7.457,56	8,37	5,59	2,76	5,59	2	0	1		8,52	Corridas 2 No.6 + Bastones 1 No.6	
E-D	7.716,62	8,67	5,59	2,86	5,59	2	1	0		10,78	Corridas 2 No.6 + Bastones 1 No.8	
Cama inferior												
M(+)	2.694,40	2,94	5,59	1,47	4,34	5,59	2	0		5,68	Corridas 2 No.6	

Momento	As Req cm ²	Cama superior				Colocar	Corridas Núm. 6	Bastones			As final Chequeo	Armado de viga
		As min	33% M(-)					Núm. 8	Núm. 6	Núm. 6		
E-F	8.519,83	9,63	5,59	3,18	5,59	2	1	0		10,78	Corridas 2 No.6 + Bastones 1 No.8	
F-E	6.517,30	7,27	5,59	2,40	5,59	2	0	1		8,52	Corridas 2 No.6 + Bastones 1 No.6	
Cama inferior												
M(+)	3.199,11	3,50	5,59	1,75	4,81	5,59	2	0		5,68	Corridas 2 No.6	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXVII. Refuerzo transversal de viga, segundo nivel, eje X

Tramo viga	Cortantes		Zona de confinamiento						Criterios para Estribos			
	Vu	Vr	Armado	x'	LC	# Est	2H	S	d/4	8Ø No.6	24Ø No.3	Máximo
A-B	5 730,14	8 367,52	Estribos solo por armado				80	18,00	9,25	15,28	22,8	30
B-C	5 498,86	8 367,52	Estribos solo por armado				80	18,00	9,25	15,28	22,8	30
C-D	5 518,99	8 367,52	Estribos solo por armado				80	18,00	9,25	15,28	22,8	30
D-E	5 498,86	8 367,52	Estribos solo por armado				80	18,00	9,25	15,28	22,8	30
E-F	5 730,14	8 367,52	Estribos solo por armado				80	18,00	9,25	15,28	22,8	30

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXVIII. Diseño de viga, primer nivel, eje X

Momento	As Req cm ²	Cama superior				Colocar	Corridas No. 6	Bastones No. 8	No. 6	As final Chequeo	Armado de viga Cama superior
		As min	33% M(-)								
A-B	16 808,72	20,19	5,59	6,66		6,66	3	2	1	21,56	Corridas 3 No.6 + Bastones 2 No.8+1 No.6
B-A	21 299,59	26,59	5,59	8,78		8,78	3	3	1	26,66	Corridas 3 No.6 + Bastones 3 No.8+1 No.6
Cama inferior											
	As Req	As min	50% M(+)	50% M(-)	Colocar	No. 6	No. 8		Chequeo	Cama inferior	
M(+)	8 881,21	10,06	5,59	5,03	13,30	13,30	3	1	13,62	Corridas 3 No.6 + 1 No. 8	

Momento	As Req cm ²	Cama superior				Colocar	Corridas No. 6	Bastones No. 8	No. 6	As final Chequeo	Armado de viga Cama superior
		As min	33% M(-)								
B-C	18 872,54	23,06	5,59	7,61		7,61	3	3	0	23,82	Corridas 3 No.6 + Bastones 3 No.8
C-B	18 245,42	22,17	5,59	7,32		7,32	3	3	0	23,82	Corridas 3 No.6 + Bastones 3 No.8
Cama inferior											
	As Req	As min	50% M(+)	50% M(-)	Colocar	No. 6	No. 8		Chequeo	Cama inferior	
M(+)	6 946,12	7,77	5,59	3,88	11,53	11,53	3	1	13,62	Corridas 3 No.6 + 1 No.8	

Momento	As Req cm ²	Cama superior				Colocar	Corridas No. 6	Bastones No. 8	No. 6	As final Chequeo	Armado de viga Cama superior
		As min	33% M(-)								
C-D	16 786,85	20,16	5,59	6,65		6,65	3	2	1	21,56	Corridas 3 No.6 + Bastones 2 No.8+1 No.6
D-C	16 786,85	20,16	5,59	6,65		6,65	3	2	1	21,56	Corridas 3 No.6 + Bastones 2 No.8+1 No.6
Cama inferior											
	As Req	As min	50% M(+)	50% M(-)	Colocar	No. 6	No. 8		Chequeo	Cama inferior	
M(+)	7 271,92	8,15	5,59	4,08	10,08	10,08	4	0	11,36	Corridas 4 No.6	

Momento	As Req cm ²	Cama superior				Colocar	Corridas No. 6	Bastones No. 8	No. 6	As final Chequeo	Armado de viga Cama superior
		As min	33% M(-)								
D-E	18 245,42	22,17	5,59	7,32		7,32	3	3	0	23,82	Corridas 3 No.6 + Bastones 3 No.8
E-D	18 872,54	23,06	5,59	7,61		7,61	3	3	0	23,82	Corridas 3 No.6 + Bastones 3 No.8
Cama inferior											
	As Req	As min	50% M(+)	50% M(-)	Colocar	No. 6	No. 8		Chequeo	Cama inferior	
M(+)	6 946,12	7,77	5,59	3,88	11,53	11,53	3	1	13,62	Corridas 3 No.6 + 1 No.8	

Momento	As Req cm ²	Cama superior				Colocar	Corridas No. 6	Bastones No. 8	No. 6	As final Chequeo	Armado de viga Cama superior
		As min	33% M(-)								
E-F	21 299,59	26,59	5,59	8,78		8,78	3	3	1	26,66	Corridas 3 No.6 + Bastones 3 No.8+1 No.6
F-E	16 808,72	20,19	5,59	6,66		6,66	3	2	1	21,56	Corridas 3 No.6 + Bastones 2 No.8+1 No.6
Cama inferior											
	As Req	As min	50% M(+)	50% M(-)	Colocar	No. 6	No. 8		Chequeo	Cama inferior	
M(+)	8 881,21	10,06	5,59	5,03	13,30	13,30	3	1	13,62	Corridas 3 No.6 + 1 No. 8	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXIX. Refuerzo transversal de viga, primer nivel, eje X

Tramo viga	Cortantes		Zona de confinamiento						Criterios para Estribos			
	Vu	Vr	Armado	x'	LC	# Est	2H	S	d/4	8Ø No.6	24Ø No.3	Máximo
A-B	15 554,26	8 367,52	Calcular zona confinada	1,53	1,32	14	80	9,46	9,25	15,28	22,8	30
B-C	14 593,95	8 367,52	Calcular zona confinada	1,63	1,22	13	80	10,08	9,25	15,28	22,8	30
C-D	14 756,24	8 367,52	Calcular zona confinada	1,62	1,23	13	80	9,97	9,25	15,28	22,8	30
D-E	14 593,95	8 367,52	Calcular zona confinada	1,63	1,22	13	80	10,08	9,25	15,28	22,8	30
E-F	15 554,26	8 367,52	Calcular zona confinada	1,53	1,32	14	80	9,46	9,25	15,28	22,8	30

Fuente: elaboración propia.

Tabla XL. Diseño de viga, segundo nivel, eje Y

Momento	As Req cm ²	Cama superior				Corridas No. 6	Bastones		As final Chequeo	Armado de viga Cama superior
		As min	33% M(-)	Colocar	No. 8		No. 6			
1-2	2 068,14	2,24	5,59	0,74	5,59	2	0	0	5,68 Corridas 2 No.6	
2-1	2 810,13	3,06	5,59	1,01	5,59	2	0	0	5,68 Corridas 2 No.6	
Cama inferior										
M(+)	465,34	0,50	5,59	0,25	1,12	5,59	2	0	5,68 Corridas 2 No.6	
Cama superior										
2-3	2 660,57	2,90	5,59	0,96	5,59	2	0	0	5,68 Corridas 2 No.6	
3-2	2 990,95	3,26	5,59	1,08	5,59	2	0	0	5,68 Corridas 2 No.6	
Cama inferior										
M(+)	1 011,32	1,09	5,59	0,55	1,45	5,59	2	0	5,68 Corridas 2 No.6	
Cama superior										
3-4	3 002,91	3,28	5,59	1,08	5,59	2	0	0	5,68 Corridas 2 No.6	
4-3	2 965,64	3,24	5,59	1,07	5,59	2	0	0	5,68 Corridas 2 No.6	
Cama inferior										
M(+)	951,46	1,03	5,59	0,51	1,64	5,59	2	0	5,68 Corridas 2 No.6	
Cama superior										
4-5	2 966,20	3,24	5,59	1,07	5,59	2	0	0	5,68 Corridas 2 No.6	
5-4	2 971,16	3,24	5,59	1,07	5,59	2	0	0	5,68 Corridas 2 No.6	
Cama inferior										
M(+)	956,58	1,03	5,59	0,52	1,62	5,59	2	0	5,68 Corridas 2 No.6	
Cama superior										
5-6	2 975,61	3,25	5,59	1,07	5,59	2	0	0	5,68 Corridas 2 No.6	
6-5	2 957,44	3,23	5,59	1,06	5,59	2	0	0	5,68 Corridas 2 No.6	
Cama inferior										
M(+)	959,13	1,03	5,59	0,52	1,62	5,59	2	0	5,68 Corridas 2 No.6	
Cama superior										
6-7	2 908,85	3,17	5,59	1,05	5,59	2	0	0	5,68 Corridas 2 No.6	
7-6	3 030,63	3,31	5,59	1,09	5,59	2	0	0	5,68 Corridas 2 No.6	
Cama inferior										
M(+)	930,57	1,00	5,59	0,50	1,59	5,59	2	0	5,68 Corridas 2 No.6	
Cama superior										
7-8	3 405,31	3,73	5,59	1,23	5,59	2	0	0	5,68 Corridas 2 No.6	
8-7	2 626,29	2,86	5,59	0,94	5,59	2	0	0	5,68 Corridas 2 No.6	
Cama inferior										
M(+)	1 167,18	1,26	5,59	0,63	1,86	5,59	2	0	5,68 Corridas 2 No.6	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLI. Refuerzo transversal de viga, segundo nivel, eje Y

Tramo viga	Cortantes		Zona de confinamiento					Criterios para Estribos				
	Vu	Vr	Armado	x'	LC	# Est	2H	S	d/4	8Ø No.6	24Ø No.3	Máximo
1-2	3 447,84	8 367,52	Estribos solo por armado				80	18,00	9,25	15,28	22,8	30
2-3	3 297,07	8 367,52	Estribos solo por armado				80	18,00	9,25	15,28	22,8	30
3-4	3 390,81	8 367,52	Estribos solo por armado				80	18,00	9,25	15,28	22,8	30
4-5	3 381,04	8 367,52	Estribos solo por armado				80	18,00	9,25	15,28	22,8	30
5-6	3 383,00	8 367,52	Estribos solo por armado				80	18,00	9,25	15,28	22,8	30
6-7	3 353,19	8 367,52	Estribos solo por armado				80	18,00	9,25	15,28	22,8	30
7-8	3 632,57	8 367,52	Estribos solo por armado				80	18,00	9,25	15,28	22,8	30

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLII. Diseño de viga, primer nivel, eje Y

Momento	As Req cm ²	Cama superior				Colocar	Corridas No. 6	Bastones No. 8	No. 6	As final Chequeo	Armado de viga Cama superior
		As min	33% M(-)								
1-2	6 526,93	7,28	5,59	2,40	5,59	2	0	1	8,52	Corridas 2 No.6 + Bastones 1 No.6	
2-1	7 769,40	8,74	5,59	2,88	5,59	2	1	0	10,78	Corridas 2 No.6 + Bastones 1 No.8	
Cama inferior											
M(+)	745,75	0,80	5,59	0,40	3,64	5,59	2	0	5,68	Corridas 2 No.6	
Momento	As Req cm ²	Cama superior				Colocar	Corridas No. 6	Bastones No. 8	No. 6	As final Chequeo	Armado de viga Cama superior
		As min	33% M(-)								
2-3	6 880,77	7,69	5,59	2,54	5,59	2	0	1	8,52	Corridas 2 No.6 + Bastones 1 No.6	
3-2	8 356,17	9,43	5,59	3,11	5,59	2	1	0	10,78	Corridas 2 No.6 + Bastones 1 No.8	
Cama inferior											
M(+)	3 007,50	3,28	5,59	1,64	3,85	5,59	2	0	5,68	Corridas 2 No.6	
Momento	As Req cm ²	Cama superior				Colocar	Corridas No. 6	Bastones No. 8	No. 6	As final Chequeo	Armado de viga Cama superior
		As min	33% M(-)								
3-4	8 512,10	9,62	5,59	3,17	5,59	2	1	0	10,78	Corridas 2 No.6 + Bastones 1 No.8	
4-3	8 255,46	9,31	5,59	3,07	5,59	2	1	0	10,78	Corridas 2 No.6 + Bastones 1 No.8	
Cama inferior											
M(+)	2 661,69	2,90	5,59	1,45	4,81	5,59	2	0	5,68	Corridas 2 No.6	
Momento	As Req cm ²	Cama superior				Colocar	Corridas No. 6	Bastones No. 8	No. 6	As final Chequeo	Armado de viga Cama superior
		As min	33% M(-)								
4-5	8 221,24	9,27	5,59	3,06	5,59	2	1	0	10,78	Corridas 2 No.6 + Bastones 1 No.8	
5-4	8 274,61	9,34	5,59	3,08	5,59	2	1	0	10,78	Corridas 2 No.6 + Bastones 1 No.8	
Cama inferior											
M(+)	2 716,93	2,96	5,59	1,48	4,64	5,59	2	0	5,68	Corridas 2 No.6	
Momento	As Req cm ²	Cama superior				Colocar	Corridas No. 6	Bastones No. 8	No. 6	As final Chequeo	Armado de viga Cama superior
		As min	33% M(-)								
5-6	8 319,39	9,39	5,59	3,10	5,59	2	1	0	10,78	Corridas 2 No.6 + Bastones 1 No.8	
6-5	8 259,68	9,32	5,59	3,08	5,59	2	1	0	10,78	Corridas 2 No.6 + Bastones 1 No.8	
Cama inferior											
M(+)	2 735,37	2,98	5,59	1,49	4,69	5,59	2	0	5,68	Corridas 2 No.6	
Momento	As Req cm ²	Cama superior				Colocar	Corridas No. 6	Bastones No. 8	No. 6	As final Chequeo	Armado de viga Cama superior
		As min	33% M(-)								
6-7	8 028,35	9,04	5,59	2,98	5,59	2	1	0	10,78	Corridas 2 No.6 + Bastones 1 No.8	
7-6	8 336,00	9,41	5,59	3,11	5,59	2	1	0	10,78	Corridas 2 No.6 + Bastones 1 No.8	
Cama inferior											
M(+)	2 570,36	2,80	5,59	1,40	4,52	5,59	2	0	5,68	Corridas 2 No.6	
Momento	As Req cm ²	Cama superior				Colocar	Corridas No. 6	Bastones No. 8	No. 6	As final Chequeo	Armado de viga Cama superior
		As min	33% M(-)								
7-8	9 677,60	11,02	5,59	3,64	5,59	2	0	2	11,36	Corridas 2 No.6 + Bastones 2 No.6	
8-7	7 861,37	8,85	5,59	2,92	5,59	2	1	0	10,78	Corridas 2 No.6 + Bastones 1 No.8	
Cama inferior											
M(+)	3 537,42	3,87	5,59	1,94	5,51	5,59	2	0	5,68	Corridas 2 No.6	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLIII. Refuerzo transversal de viga, primer nivel, eje Y

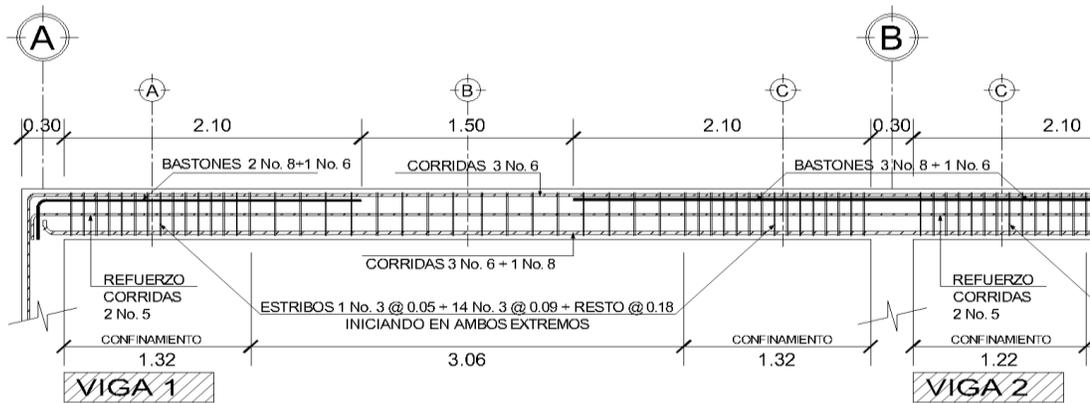
Tramo viga	Cortantes		Zona de confinamiento					Criterios para Estribos				
	Vu	Vr	Armado	x'	LC	# Est	2H	S	d/4	8Ø No.6	24Ø No.3	Máximo
1-2	8 090,33	8 367,52	Estribos solo por armado				80	18,00	9,25	15,28	22,8	30
2-3	8 829,69	8 367,52	Calcular Zona confinada				80	0,00	9,25	15,28	22,8	30
3-4	9 151,68	8 367,52	Calcular Zona confinada				80	0,00	9,25	15,28	22,8	30
4-5	9 090,87	8 367,52	Calcular Zona confinada				80	0,00	9,25	15,28	22,8	30
5-6	9 130,26	8 367,52	Calcular Zona confinada				80	0,00	9,25	15,28	22,8	30
6-7	8 958,83	8 367,52	Calcular Zona confinada				80	0,00	9,25	15,28	22,8	30
7-8	9 939,18	8 367,52	Calcular Zona confinada				80	0,00	9,25	15,28	22,8	30

Fuente: elaboración propia.

2.1.5.4.3. Armado de viga

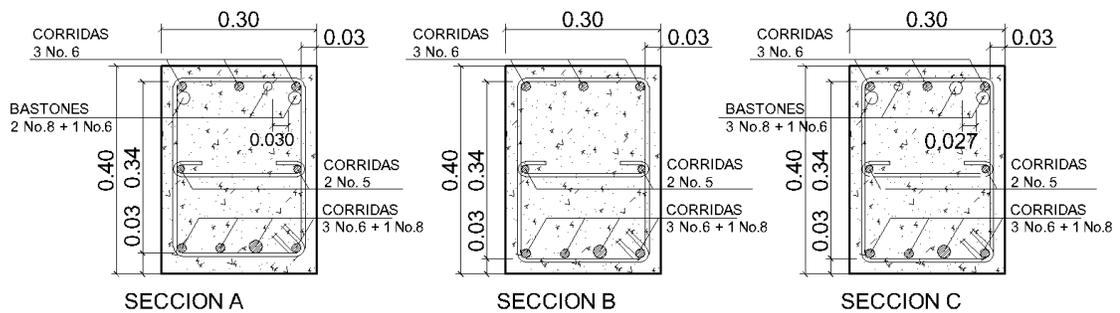
Viga A-B primer nivel, eje X

Figura 25. Armado de viga



Fuente: elaboración propia, empleado AutoCAD 2018.

Figura 26. Secciones de viga



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

Nota:

Armado final de vigas y secciones de vigas, en plano núm. 6 vigas.

2.1.5.4.4. Diseño de columnas

Las columnas son elementos estructurales verticales que soportan fuerzas axiales de compresión y momentos flexionantes, encargadas de transmitir todas las cargas de la estructura a la cimentación.

Para el diseño se define la carga axial como el valor de todas las cargas mayoradas verticales que soporta este elemento, esta carga se determina por el área tributaria y los momentos flexionantes son tomados del análisis estructural seleccionando el mayor momento actuante en los extremos de la columna.

Para este estudio, se diseña únicamente la columna crítica por nivel, ya que es la estructura que está sometida a los mayores esfuerzos y luego el diseño resultante es aplicado a todas las columnas del nivel respectivo.

Los requisitos para diseño comprenden una dimensión mínima, que asegura el tamaño del núcleo confinado, con capacidad significativa de soportar la carga axial aún en condiciones de falla; también los requisitos de refuerzo longitudinal, teniendo en cuenta los límites para la cuantía ya que el límite inferior evita que el acero fluya para cargas inferiores de la resistencia a la fluencia, a causa del flujo plástico del concreto que provoca una transferencia de esfuerzos entre el concreto y el acero y el límite superior evita el exceso y congestión del refuerzo en la columna al intersectar con las vigas; los requisitos también definen la zona de confinamiento con los refuerzos transversales.

Utilizando el método Bresler, se procede a describir el procedimiento para diseñar la columna típica del primer nivel del edificio principal, considerando 3 aspectos:

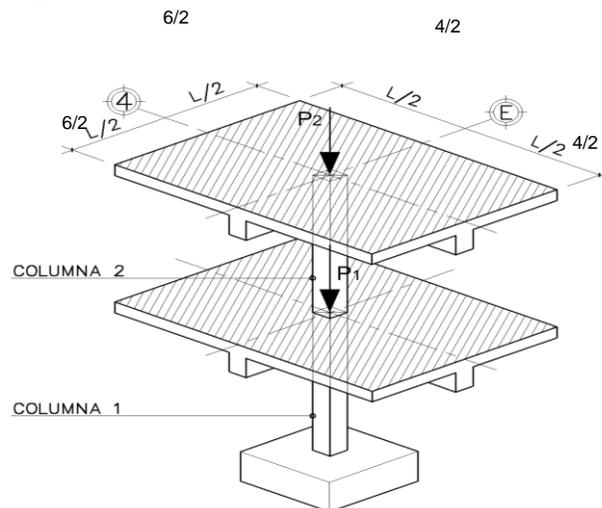
- Efectos de esbeltez
- Refuerzo longitudinal
- Refuerzo transversal

Tabla XLIV. **Diseño de columna**

Datos			
Longitud de columna	3m Lu= 2,60m	CV 1er nivel	600 Kg/m ²
Sección de columna	30 x 30 cm	CV 2do nivel	100 Kg/m ²
Sección de viga	30 x 40 cm	SC = 100 L Intermedia	40 L final Kg/m ²
Longitud de viga	(4+4+6+6)/2= 10 m	Muros	90 Kg/m ²
Peralte losa	12 cm	CM :	
		2n=(tlosa*PEC)+ SC	328 Kg/m ²
Area tributaria	24 m (6 x 4)	1n=(tlosa*PEC)+SC+muro	478 Kg/m ²
f'c	280 Kg/m ²	Fy	2 800 Kg/m ²
Recubrimiento	3,00 cm	PEC	2 400 Kg/m ³
Momentos críticos		Cortantes	
M x Col A,eje 4,1er niv	11 909,05 Kg-m	V x Col A,eje 4,1er niv	5 132,28 Kg-m
M y Col B,eje E,1er niv	6 266,46 Kg-m	V y Col B,eje E,1er niv	2 746,54 Kg-m

Fuente: elaboración propia.

Figura 27. **Área tributaria de columna**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

Carga axial: $CU = 1,4 \text{ CM} + 1,7 \text{ CV}$

$$CU_2 = 1,4 (328) + 1,7 (100) = 629,20 \text{ kg/m}^2$$

$$CU_1 = 1,4 (478) + 1,7 (600) = 1\,689,20 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Total} = 1,4 (806) + 1,7 (700) = 2\,318,40 \text{ kg/m}^2$$

Factor de carga última

$$F_{CU} = \frac{CU}{CM+CV} = \frac{2\,318,40}{806+700} = 1,54$$

Peso de estructura: $PU = (A_T * CU) + 2 (PP_{vigas} * F_{CU})$

A_T = área tributaria

PP_{vigas} = peso propio de vigas que soporta la columna

$$PU = (24\text{m} \times 2\,318,40\text{kg/m}^2) + 2 * [(0,30\text{m} * 0,40\text{m} * 2400\text{kg/m}^3 * 9,40\text{m}) * 1,54]$$

$$PU = 63\,979,78 \text{ kg}$$

Esbeltez (E)

Las columnas se clasifican por la relación de esbeltez, basado al código ACI 318-11, capítulo 10.10.1, siendo:

Cortas $E < 22$

Intermedias $22 < E < 100$

Largas $E > 100$

$$\text{Esbeltez } E = \frac{k * Lu}{\sigma}$$

Siendo $k =$ coeficiente de rigidez

$Lu =$ longitud efectiva de pandeo

$\sigma =$ radio de giro de la sección transversal respecto al eje de flexión (30 % del lado menor de la columna)

El objetivo de clasificarlas es ubicarlas en un rango, si son columnas cortas el código ACI 318-11 permite ignorar los efectos de su esbeltez, se diseñan con los datos originales del diseño estructural, al ser columnas intermedias se deben magnificar los momentos actuantes y si son columnas largas no se construyen.

Coeficiente que mide el grado de empotramiento a la rotación (Ψ)

$$\Psi = \frac{\Sigma k_{col}}{\Sigma k_{viga}}$$

Rigidez (k) $k = \frac{I}{L}$

Donde:

I = inercia del elemento

L = longitud

Inercia (I) $I = \frac{1}{12} b * h^3$

$$I_{viga} = \frac{1}{12} 30 * 40^3 = 160\,000,00 \text{ cm}^4$$

$$I_{columna} = \frac{1}{12} 30 * 30^3 = 67\,500,00 \text{ cm}^4$$

$$K_{viga\ x} = \frac{160\ 000}{570} = 280,70$$

$$K_{viga\ y} = \frac{160\ 000}{370} = 432,43$$

$$K_{columna\ 1nivel} = \frac{67\ 500}{450} = 150,00$$

$$K_{columna\ 2nivel} = \frac{67\ 500}{300} = 225,00$$

$$\Psi = \frac{\sum k_{col}}{\sum k_{viga}} = \frac{150,00 + 225,00}{(280,70 + 280,70) + (432,43 + 432,43)}$$

$$\Psi = 0,263$$

Por condición de empotramiento de extremo inferior, se asume $\Psi=0$

$$\Psi_{prom} = \frac{\Psi_a + \Psi_b}{2} = \frac{0,263 + 0}{2} = 0,132$$

Cálculo del factor de longitud efectiva (K)

$$K = \frac{20 - \Psi_{prom}}{20} \sqrt{1 + \Psi_{prom}} \quad \text{para } \Psi_{prom} \leq 2$$

$$K = 0,9 \sqrt{1 + \Psi_{prom}} \quad \text{para } \Psi_{prom} > 2$$

$$K = \frac{20 - 0,132}{20} \sqrt{1 + 0,132} = 1,057$$

Ahora es posible calcular E

$$\sigma = 0,30 \times 30\ \% = 0,09$$

$$E_{Col\ 1} = \frac{1,057 * 4,50}{0,09} = 52,85 \quad \text{columna intermedia } 22 < E < 100$$

$$E_{Col\ 2} = \frac{1,057 * 3,00}{0,09} = 35,23 \quad \text{columna intermedia } 22 < E < 100$$

- Procedimiento para cálculo de columnas

- Primer nivel

Para columnas intermedias, se deben magnificar los momentos actuantes en sentido X y sentido Y.

- Magnificación de momentos

Por simplicidad de diseño y simetría del sistema, los momentos calculados a través de un análisis convencional de primer orden, en el cual se usan las rigideces relativas aproximadas y se ignora el efecto de desplazamiento lateral de los miembros, son multiplicados por un magnificador de momentos, con el objeto de obtener valores que tomen en cuenta los efectos de desplazamiento.

Se realizará mediante el procedimiento de magnificación de momentos, descrito en el código ACI 318-11, capítulo 10.10.5, que considera los efectos de la esbeltez, modificando los valores calculados que están en función de la fuerza axial mayorada P_U y de la carga crítica de pandeo P_c de la columna.

Sentido X

- Cálculo del factor del flujo plástico del concreto: β

$$\beta d = \frac{CM_u}{CU} = \frac{1,4(806)}{2\ 318,40} = 0,49$$

- Cálculo de la rigidez EI del material

$$EI = \frac{0,40 * Ec * Ig}{1 + \beta d}$$

Ec = módulo de elasticidad del concreto

Ig = momento de inercia de la columna

βd = factor de flujo plástico del concreto

- Esfuerzo del concreto

$$Ec = 15\,100 \sqrt{f'c} = 15\,100 \sqrt{280}$$

$$Ec = 252\,671,33 \text{ kg/cm}^2$$

$$EI = \frac{0,40 * 252\,671,33 * 67\,500}{1 + 0,49}$$

$$EI = 4578607993 \text{ kg-cm}^2 * \left[\frac{1 \text{ ton}}{1\,000 \text{ kg}} * \left(\frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}} \right)^2 \right]$$

$$EI = 457,86 \text{ ton-m}^2$$

- La carga crítica es calculada por el método de pandeo de Euler.

Dentro del comportamiento de columnas esbeltas, la carga crítica de Euler establece que el elemento estructural fallará por pandeo para una carga crítica igual a:

Lu = longitud efectiva de pandeo = 2,60 m

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{(K * Lu)^2} = \frac{\pi^2 (457,86)}{(1,057 * 2,60)^2}$$

$$P_{cr} = 598,32 \text{ ton}$$

- Cálculo de magnificador de momentos δ

Cuando se consideran efectos de esbeltez, debe calcularse un factor, el cual amplificará los momentos. ACI 318-11 cap. 10.10.6

$\phi = 0,70$ si se usan estribos

$$\delta = \frac{1}{1 - \frac{Pu}{\phi P_{cr}}} = \frac{1}{1 - \frac{63,98}{0,70(598,32)}}$$

$$\delta = 1,18$$

- Cálculo de momentos de diseño:

$$\begin{aligned} M_{dx} &= \delta * M_u \\ &= 1,18 * 11\,909,05 \\ M_{dx} &= 14\,052,68 \text{ kg-m} \end{aligned}$$

Sentido Y

$$\begin{aligned} \beta_d &= 0,49 \\ EI &= 457,86 \\ P_{cr} &= 598,32 \\ \delta &= 1,18 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{dy} &= \delta * M_u \\ &= 1,18 * 6\,266,46 \\ M_{dy} &= 7\,394,42 \text{ kg-m} \end{aligned}$$

- Cálculo del acero longitudinal por el método Bresler

El método consiste en una aproximación del perfil de la superficie de la falla, calculando los valores máximos de la carga de compresión que actúa a excentricidades e_x y e_y .

La idea fundamental de método es aproximar el valor $1/P'u$. Este valor se aproxima por un punto del plano determinado por tres valores: carga axial pura ($P'o$) y carga de falla para las excentricidades e_x ($P'ox$) y e_y ($P'oy$)

Según ACI 318-11 capítulo 21.6.3.1, el área de acero en una columna debe estar, para una zona sísmica, dentro de los siguientes límites:

$$1 \% A_g < A_s < 6 \% A_g$$

$$A_{smin} = 0,01 (30 * 30) = 9,00 \text{ cm}^2$$

$$A_{smax} = 0,06 (30 * 30) = 54,00 \text{ cm}^2$$

- Propuesta de armado columna crítica primer nivel

$$8 \text{ núm. } 8 = 8(5,10) = 40,80 \text{ cm}^2$$

Para este método se usan diagramas de interacción para diseño de columnas. Los valores a utilizar en los diagramas son:

Relación entre altura del núcleo y base de la columna Y

$$Y = \frac{H_{nucleo}}{H_{columna}} = \frac{b-2Rec}{h} = \frac{0,30-(2*0,03)}{0,30} = 0,80$$

- Valores de la curva ρ_u

$$\rho_u = \frac{As f_y}{0,85 f'_c A_g} = \frac{(31,76)(2800)}{0,85(280)(900)} = 0,415$$

- Cálculo de excentricidades

$$e_x = \frac{Mdx}{Pu} = \frac{14\,052,68}{63\,979,78} = 0,22$$

$$e_y = \frac{Mdy}{Pu} = \frac{7\,394,42}{63\,979,78} = 0,12$$

- Cálculo del valor de las diagonales en el diagrama de interacción

$$\frac{e_x}{h_x} = \frac{0,22}{0,30} = 0,73$$

$$\frac{e_y}{h_y} = \frac{0,12}{0,30} = 0,40$$

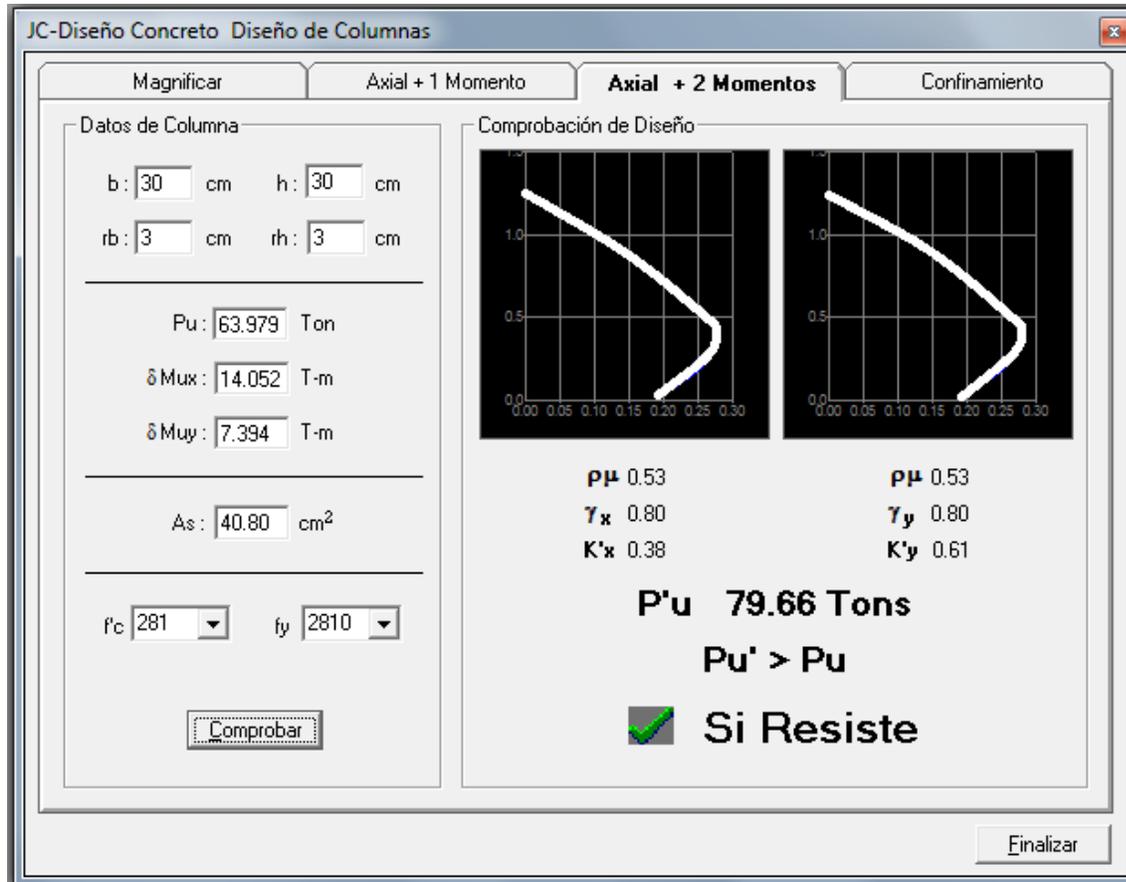
Con los valores obtenidos para los diagramas, se calculan los coeficientes K'_x y K'_y , para este estudio se aplicará el programa JC-Diseño concreto.

Coeficientes calculados descritos en figura 27

$$K'_x = 0,38$$

$$K'_y = 0,61$$

Figura 28. Diagrama de interacción de columna biaxial



Fuente: elaboración propia, empleando JC-Diseño concreto.

- Cálculo de la resistencia a carga axial

Para obtener el valor de la resistencia de la columna a una carga axial $\emptyset P$, se procede con el método de la carga recíproca de Bresler. ACI 318-11 Capítulo 10.3.6 comentario R10.3.6 y 7

$$P'u = \frac{1}{\frac{1}{P'ux} + \frac{1}{P'uy} - \frac{1}{P'o}}$$

- Carga de resistencia de la columna excentricidad e_x, e_y

$$P'_{ux} = K'_x * f'_c * b * h$$

$$= 0,38(280)(30)(30)$$

$$P'_{ux} = 95\,760,00 \text{ kg}$$

$$P'_{uy} = K'_y * f'_c * b * h$$

$$= 0,61(280)(30)(30)$$

$$P'_{uy} = 153\,720 \text{ kg}$$

- Carga axial de resistencia de la columna

$$P'_o = \phi [0,85 * f'_c * (A_g - A_s) + A_s * f_y]$$

$$= 0,70 [0,85 * 280 (900 - 40,80) + (40,80 * 2\,800)]$$

$$P'_o = 223\,110,72 \text{ kg}$$

- Carga de la resistencia de la columna

$$P'_u = \frac{1}{\frac{1}{95\,760,00} + \frac{1}{153\,720,00} + \frac{1}{223\,110,72}}$$

$$P'_u = 80\,218,01 \text{ kg} \approx 80,2 \text{ ton}$$

$$P'_u = 80\,218,01 \text{ kg} > P_u = 63\,979,78 \text{ kg}$$

- Entonces el armado propuesto resiste las fuerzas aplicadas con el acero longitudinal.

- Armado de columna primer nivel: 8 varillas núm. 8

- Cálculo para columnas de segundo nivel

Se aplicó el anterior procedimiento para calcular las columnas del segundo nivel.

Los resultados del diseño de las columnas típicas para niveles 1 y 2 se presentan en la tabla XLIV y los detalles en la figura 28.

- Refuerzo transversal

Es necesario proveer a las columnas con suficiente ductilidad, para que absorban parte de la energía del sismo, esto se logra mediante un mayor confinamiento en los extremos. Se ha demostrado que el confinamiento proporciona capacidad de carga mayor y mejora notablemente la ductilidad.

La columna debe soportar los esfuerzos cortantes que provoca la fuerza de sismo, razón por la cual es necesario proveerla de estribos, estos se deben confinar en los extremos, el resultado del confinamiento es un aumento del esfuerzo de ruptura del concreto y permite una deformación unitaria mayor para el elemento.

Diseño del refuerzo transversal o estribos, según las Normas ACI 318-11, capítulo 21.6.4.1 que indica, debe suministrarse una longitud de confinamiento medida desde ambos extremos.

Se debe chequear V_r con V_u con base en los siguientes criterios:

Si $V_r > V_u$ se colocan estribos a $S = d/2$

Si $V_r < V_u$ se diseña zona de confinamiento y estribos por corte

Calculo de corte resistente V_r

$$V_r = 0,85 * 0,53\sqrt{f'c} * b * d = 0,85 * 0,53\sqrt{280} * 30 * 27$$

$$V_r = 6\ 106,03\text{ kg} \approx 6,11\text{ Ton}$$

$$V_{ux} = 5\ 132,28\text{ kg}$$

$$V_{uy} = 2\ 746,54\text{ kg} \quad \text{entonces, } V_r > V_u$$

Los estribos se colocarán en zona no confirmada a:

$$d/2 = (30 - 3) / 2 = 13,50\text{ cm} \approx 13,00\text{ cm}$$

Para este diseño se utilizará, varilla núm.3 para estribos en ambas opciones, quedando así:

Estribos núm. 3 @ 13 cm

Refuerzo por confinamiento:

La longitud de confinamiento (S_o), con base al código ACI 318-11 Capítulo 7.10.5 define que debe ser la mayor de las siguientes opciones:

- $L_u/6 = 2,60/6 = 0,43\text{ cm}$
- Lado mayor de columna = 0,30 cm
- 48 \emptyset varilla transversal = 48(0,95) = 45,60 cm
- 16 \emptyset varilla longitudinal = 16(2,54) = 40,64 cm

Longitud de confinamiento = 0,45 m

Cálculo de la relación volumétrica

$$\rho_s = 0,45 \left[\left(\frac{A_g}{A_{ch}} \right) - 1 \right] \left[\frac{0,85 f'c}{f_y} \right]$$

$$\text{Debe cumplir con: } \sigma_s \geq 0,12 \frac{f'c}{f_y}$$

Para recubrimiento = 3,00 cm

$$\rho_s = 0,45 \left[\left(\frac{30*30}{(30-6)*(30-6)} \right) - 1 \right] \left[\frac{0,8*280}{2800} \right] = 0,02152$$

$$\sigma_s \geq 0,12 \frac{280}{2800} = 0,012$$

$\rho_s > \sigma_s$, se utilizará ρ_s

Espaciamiento en zona confinada

Utilizando varilla núm. 3 para los estribos en la siguiente ecuación:

$$S_1 = \frac{F A_v}{\rho_s (h - 2 \text{ Rec})}$$

Donde:

A_v = área de varilla, para este caso núm. 3 = $0,71 \text{ cm}^2$

F = factor multiplicador, 2 para estribos

3 para eslabones

4 para estribos rotados

Por tener varillas en la cara de la columna, se colocarán estribos rotados a 45° , ACI 318-11 capítulo 7.10.5.

$$S_1 = \frac{4(0,71)}{0,02152(30-2*3)} = 5,50 \text{ cm} \approx 5,00 \text{ cm}$$

Se colocarán estribos núm. 3 @ 5 cm en longitud de confinamiento sobre ambos extremos de la columna.

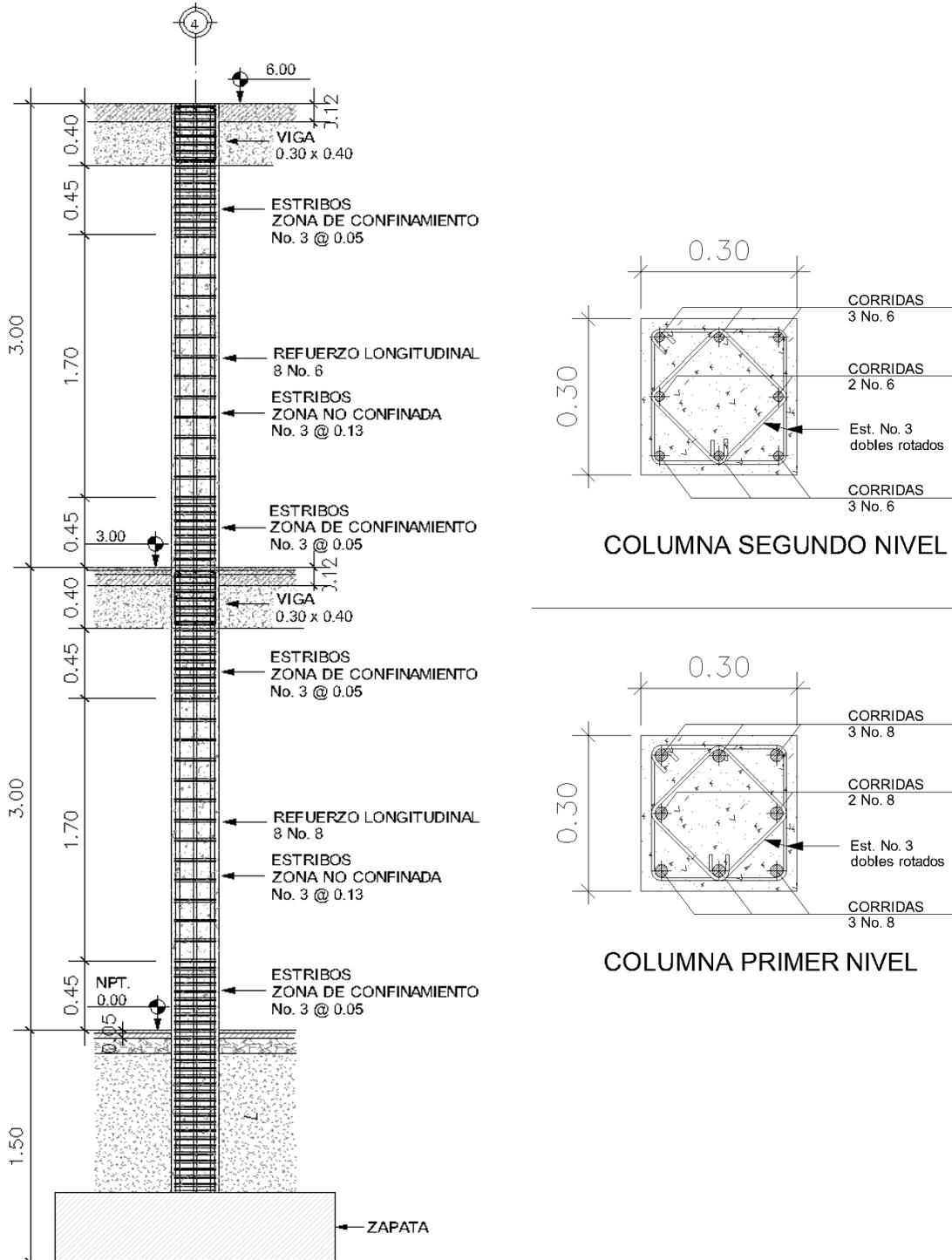
Tabla resumen de resultados para columnas de primero y segundo nivel.

Tabla XLV. **Datos para diseño de columnas**

Columna	Refuerzo longitudinal		Refuerzo transversal		
	Cargas	Refuerzo	Cortes	Confinamiento	Refuerzo
Nivel 1	Mx = 11 909,05 kg-m				Estribos núm
	My = 6 266,46 kg-m		Vux = 5 132,28 kg		3 @ 0,05 m
Sección =	Pu = 63 979,78 kg	8 núm. 8		Lo = 45 cm	hasta 0,45 m
30 x 30 cm	Mdx = 14 052,68 kg-m		Vuy = 2 746,54mkg		en extremos,
L = 4,50 m	Mdx = 7 394,42 kg-m	corridas		S1 = 5 cm	resto núm 3
Lu = 2,60 m	P'u = 80 218,01 kg		Vr = 6 106,03 kg		@ 0,13 m
Nivel 2	Mx = 6 517,30 kg-m				Estribos núm
	My = 2 900,48 kg-m	8 núm. 6	Vux = 4 058,36 kg		3 @ 0,05 m
Sección =	Pu = 19 080,38 kg			Lo = 45 cm	hasta 0,45 m
30 x 30 cm	Mdx = 6 843,17 kg-m	corridas	Vuy = 1 887,92mkg		en extremos,
L = 3,00 m	Mdx = 3 045,50 kg-m			S1 = 5 cm	resto núm 3
Lu = 2,60 m	P'u = 27 992,71 kg		Vr = 6 106,03 kg		@ 0,13 m

Fuente: elaboración propia.

Figura 29. Detalle de columna



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

2.1.5.4.5. Diseño de nudo sísmico

Una de las razones que provoca fallas en las edificaciones, se encuentra en las uniones o conexiones de los elementos estructurales principales. El nudo debe ser capaz de soportar los efectos de un sismo, logrando que las fuerzas a las que están sometidos los elementos estructurales sean transmitidas a los elementos de corte, de esta manera se garantiza la estabilidad e integridad de la estructura.

Las uniones viga, columna pueden transformarse en regiones de comportamiento crítico en pórticos de concreto armado, diseñados para incursionar en rango inelástico bajo acción sísmica severa. Los controles básicos para evaluar una unión viga-columna son:

- La resistencia al cortante vertical y horizontal.
- Y el control de refuerzo de confinamiento.

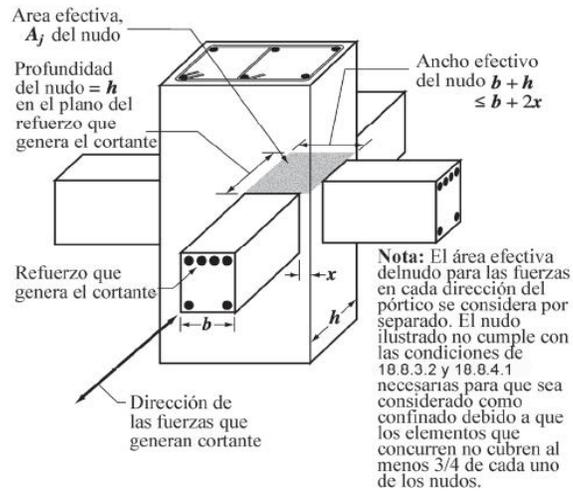
Control de resistencia al corte

El ACI 318-11, capítulo 21.7.4, resistencia al cortante, define que para concreto de peso normal V_n (resistencia nominal a cortante) en el nudo no debe ser mayor que los valores especificados a continuación:

- Para nudos confinados por vigas en las cuatro caras $1,7\sqrt{f'c}A_j$
- Para nudos confinados por vigas en tres caras o en dos caras opuestas $1,2\sqrt{f'c}A_j$
- Para otros casos $1,0\sqrt{f'c}A_j$

A_j = área efectiva de la sección transversal dentro del nudo

Figura 30. **Área efectiva del nudo**



Fuente: ACI 318-11. Capítulo 27.7.4

Cortante en sentido vertical (columna)

Momento de diseño aplicado a la cara del nudo:

$$M_u = A_s \alpha f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

Donde :

$\alpha = 1,25$ factor de resistencia a tracción ACI 319-11 Capítulo 21.7.2.1

d = altura efectiva = 37 cm

a = Altura de bloque equivalente

Esfuerzo para momento negativo: $T = A_s \alpha f_y$

Armado de columna 8 varillas núm. 8, entonces

$$T = (8 * 5,10 \text{ cm}^2) * 1,25 * 2800 \text{ kg/cm}^2$$

$$T = 142800 \text{ kg}$$

Fuerza de compresión: $C = T$

Calculando momento de diseño

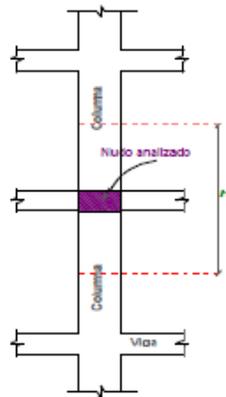
$$a = \frac{As * fy}{0,85 * f'c * b} = \frac{(40.8 \text{ cm}^2)(2400 \text{ kg/cm}^2)}{0,85(280 \text{ kg/cm}^2)(30 \text{ cm})} = 16 \text{ cm}$$

$$Mu = 142\,800 \text{ kg} \left(37 \text{ cm} - \frac{16 \text{ cm}}{2} \right)$$

$$Mu = 4\,141\,200 \text{ kg-cm} = 41,41 \text{ ton-m}$$

Cortante de la columna $V_{col} = \frac{Mu}{H}$

Figura 31. **Distancia entre puntos de inflexión. H**



$H =$ distancia entre puntos de Inflexión de las columnas.

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

$$V_{colv} = \frac{41,41 \text{ ton-m}}{3,75 \text{ m}} \quad V_{colv} = 11,04 \text{ ton}$$

Cortante en sentido horizontal (viga)

Momento de diseño aplicado a la cara del nudo:

$$M_1 = As_1 \alpha fy \left(d - As_1 \alpha \frac{fy}{1,7 f'c b} \right)$$

$$M_2 = As_2 \alpha fy \left(d - As_2 \alpha \frac{fy}{1,7 f'c b} \right)$$

Donde :

M1 y M2 = son la capacidad de flexión positiva y negativa de las vigas

As₁ = refuerzo longitudinal superior de viga

As₂ = refuerzo longitudinal inferior de viga

α = 1,25 factor de resistencia a tracción ACI 319-11 Capítulo 21.7.2.1

d = altura efectiva = 36 cm

b = ancho de la viga que llega al nudo

Calculando momento de diseño

Utilizando los refuerzos longitudinales más críticos

$$M_1 = 26,66 * 1,25 * 2\ 800 \left(37 - 26,66 * 1,25 * \frac{2\ 800}{1,7 * 280 * 30} \right)$$

$$M_1 = 2\ 842\ 753,19 \text{ kg-cm} \approx 28,43 \text{ ton-m}$$

$$M_2 = 13,62 * 1,25 * 2\ 800 \left(37 - 13,62 * 1,25 * \frac{2\ 800}{1,7 * 280 * 30} \right)$$

$$M_2 = 1\ 642\ 511,91 \text{ kg-cm} \approx 16,43 \text{ ton-m}$$

$$\begin{aligned} \text{Cortante de la columna } V_{colh} &= \frac{M_1 + M_2}{H} \\ V_{colh} &= \frac{28,43 + 16,43}{3,75 \text{ m}} \end{aligned}$$

$$V_{colh} = 11,96 \text{ ton}$$

Cortante resistido por el nudo Vn

Área efectiva de la sección transversal del nudo Aj

Ancho efectivo = 30 cm (viga y columna del mismo ancho)

Profundidad del nudo = 30 cm

$$A_j = 30 \text{ cm} \times 30 \text{ cm} = 900 \text{ cm}^2$$

La evaluación se hará para el caso de nudos confinados por vigas en las cuatro caras, debido a que se tomarán los esfuerzos longitudinales de acero más críticos que corresponden a nudos internos

$$1,7\sqrt{f'_c}A_j = 1,7\sqrt{280} * 900 = 25,60 \text{ ton}$$

$$V_n > V_{colv} + V_{colh}$$

$$25,60 \text{ Ton} > 11,04 \text{ ton} + 11,96 \text{ ton}$$

$$25,60 \text{ ton} > 23,00 \text{ ton}$$

El cortante aplicado no excede la resistencia de diseño de manera que el cortante V_n es satisfactorio.

- Refuerzo de confinamiento

El confinamiento lateral hace que el comportamiento del nudo sea exitoso y como resultado se obtendrá: Aumento de resistencia en el núcleo de concreto y mejoramiento en la capacidad de deformación. En la columna evita el pandeo de las barras verticales.

- Refuerzo transversal

Espaciamiento mínimo s es definido por ACI 318-11 Cap. 21.6.4.3

$$\frac{\text{Base de columna}}{4} = \frac{30}{4} = 7,50 \text{ cm}$$

$$6 \text{ } \emptyset \text{ col} = 6 * 2,54 = 15,24 \text{ cm} \quad s = 7 \text{ cm}$$

Área de acero A_{sh} ACI 318-11 Capítulo 21.6.4.4

$$A_{sh} = 0,3 \frac{s * bc * f'c}{f_y h} \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right)$$

$$A_{sh} = 0,09 \frac{s * bc * f'c}{f_y h}$$

$$bc = 30 - (2 * 3,00) = 24 \text{ cm}$$

$$A_{ch} = 24 * 24 = 576 \text{ cm}^2$$

$$A_{sh} = 0,3 \frac{7 * 24 * 280}{2800} \left(\frac{900}{576} - 1 \right) = 2,835 \text{ cm}^2$$

$$A_{sh} = 0,09 \frac{7 * 24 * 280}{2800} = 1,512$$

Entonces el valor mayor a aplicar es: $A_{sh} = 2,84 \text{ cm}^2$

En dirección de la viga es necesario proporcionar confinamiento, se colocarán estribos núm 3 @ 0,05 m

- Refuerzo longitudinal

$0,01 A_g < \text{Área refuerzo longitudinal} < 0,06 A_g$

ACI 318-11 Capítulo 21.6.3

$$0,01(900) < 8*5,1 < 0,06(900)$$

$$9 \text{ cm}^2 < 40,80 \text{ cm}^2 < 54 \text{ cm}^2$$

Esta dentro del rango, el As utilizado es satisfactorio.

Con base en ACI 318-11 Capítulo 21.7.2.2 El refuerzo longitudinal de una viga que termine en una columna, debe prolongarse hasta la cara más distante del núcleo confinado y anclarse, en tracción y en compresión.

- Anclado en tracción ACI 318-11 Capítulo 21.7.5

El mayor de

- $8\emptyset = 8 * 2,54 = 20,32 \text{ cm}$
- $150 \text{ mm} = 15 \text{ cm}$
- $ldh = \frac{fy*db}{5,4\sqrt{f'c}} = \frac{2\ 800*2,54}{5,4\sqrt{280}} = 78,71 \text{ cm}$
- Gancho a 90° se aplica $14\emptyset = 14*2,54 = 35,56 \text{ cm} \approx 35 \text{ cm}$

- Anclado en compresión ACI 318-11 Capítulo 12.5.1

El mayor de

- $8\emptyset = 8 * 2,54 = 20,32 \text{ cm}$
- $150 \text{ mm} = 15 \text{ cm}$
- $\left(\frac{0,24 \psi_e fy}{\lambda f'c}\right) db = \left(\frac{0,24*(1)*2\ 800}{(1)*280}\right) 2,54 = 102 \text{ cm}$
- Gancho a 90° se aplica $14\emptyset = 14*2,54 = 35,56 \text{ cm} \approx 35 \text{ cm}$

2.1.5.4.6. Diseño de gradas y rampa

El edificio se diseñó con acceso hacia el segundo nivel por medio de dos módulos de gradas (del acceso principal y del área administrativa) y una rampa. Se consideraron parámetros de diseño que permitan accesibilidad, comodidad y por sobre todo seguridad.

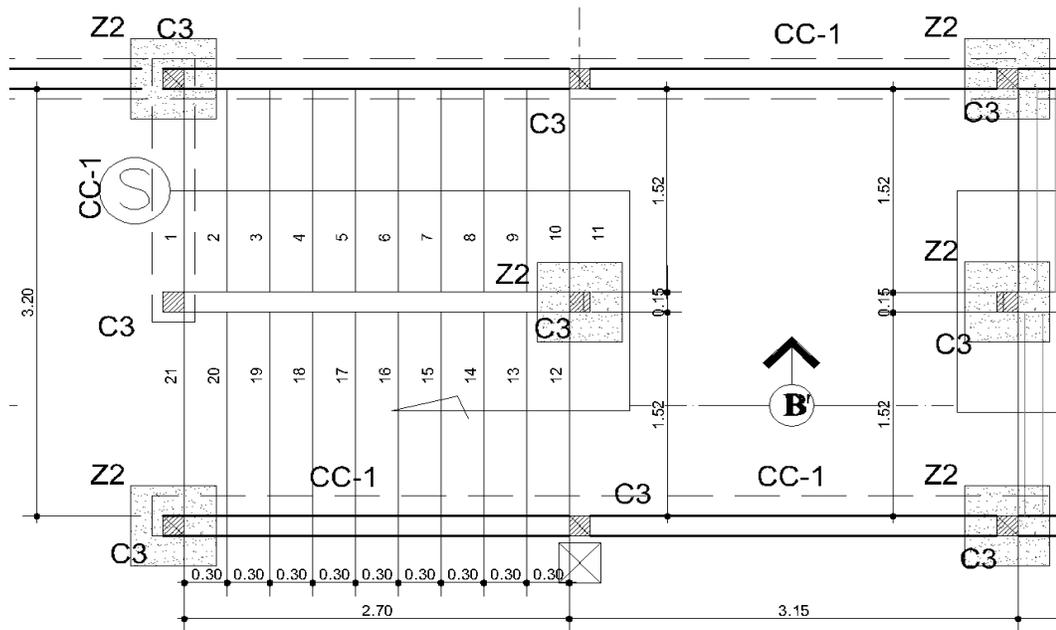
Los parámetros en seguridad se basaron a la Norma de reducción de desastres número dos -NDR2- de la Coordinadora Nacional de Desastres - CONRED-. Principales criterios:

- Gradas.
 - Huella mínima 28 cm.
 - Contrahuella 10 cm a 18 cm.
 - Todas las gradas deberán tener huellas y contrahuellas de iguales longitudes, así mismo, los descansos en gradas podrán ser cuadrados o rectangulares siempre y cuando cumplan con la longitud y ancho mínimo.
 - Las gradas deberán tener descansos superior e inferior. La distancia vertical máxima entre descansos será de 370 cm.
- Rampas.
 - La pendiente máxima permitida será de 12,5 %.
 - Las rampas deberán tener descansos superior e inferior, el descanso superior deberá tener una longitud mínima de 183 cm y el descanso inferior una longitud mínima de 150 cm.
 - La distancia vertical máxima entre descansos será de 150 cm.
- El ancho de los componentes de las salidas de emergencia, dependerá de la carga de ocupación del nivel (CO), módulo o porción del inmueble para la que se calculen los anchos de las rutas de evacuación.

- Si la carga de ocupación es menor a 50 personas, el ancho mínimo será de 90 cm.
- Si la carga de ocupación es mayor a 50 personas, el ancho mínimo será de 110 cm o el valor que resulte del siguiente cálculo:
Ancho (cm) en gradas/rampas = CO * 0,76

Diseño de gradas acceso principal

Figura 32. **Gradas acceso principal, planta**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

Datos iniciales:

C = contrahuella = 15 cm H = Huella = 30 cm

h = 3,00 m

Carga viva escaleras públicas = 500 kg/m² (AGIES NSE 2-10)

f'c = 280 kg/cm² fy = 2 800 kg/cm²

SC = 100 kg/m² Ycon = 2 400 kg/m³

Espesor de losa

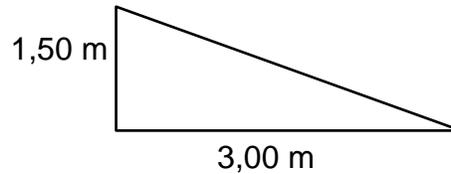
La losa se diseña en una dirección con un extremo continuo

ACI 318-11

$$t = L/24$$

$$L = \sqrt{1,50^2 + 3,00^2}$$

$$L = 3,35 \text{ m}$$



$$t = 3,35/24 = 0,14 \text{ m}$$

Por momentos críticos y vibración que se producen por la carga viva, se utilizará el espesor de losa para gradas, $t = 0,15 \text{ m}$

Integración de cargas

$$\text{Carga muerta} \quad \text{CMu} = P_{\text{gradas}} + \text{SC}$$

Peso propio gradas

$$P_{\text{gradas}} = \gamma_{\text{con}} (t + C/2)$$

$$= 2400 (0,15 + 0,15/2)$$

$$P_{\text{gradas}} = 540 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{CMu} = 540 + 100$$

$$\text{CMu} = 640 \text{ kg/m}^2$$

Carga última

$$\text{CU} = 1,4 \text{ CM} + 1,7 \text{ CV}$$

$$\text{CU} = 1,4 (640 \text{ kg/m}^2) + 1,7 (500 \text{ kg/m}^2)$$

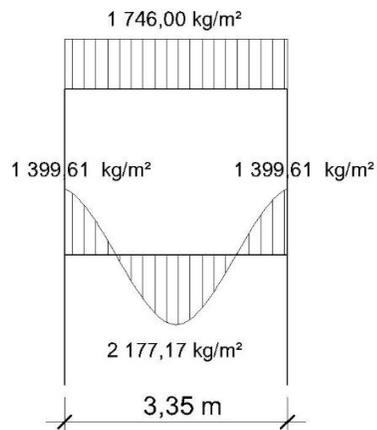
$$\text{CU} = 1746 \text{ kg/m}^2$$

Momentos actuantes

$$M(+)=\frac{WL^2}{9}=\frac{1\,746*3,35^2}{9}=2\,177,17\text{ kg}-m$$

$$M(-)=\frac{WL^2}{14}=\frac{1\,746*3,35^2}{14}=1\,399,61\text{ kg}-m$$

Figura 33. **Distribución de carga y momento gradas**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

- **Cálculo de acero**

Datos:

$$\text{rec} = 2,5\text{ cm}$$

$$b = 100\text{ cm}$$

$$d = 15 - 2,5 = 12,5\text{ cm}$$

- **Acero mínimo**

$$A_{S_{min}} = \frac{14,1}{f_y} b d = \frac{14,1}{2\,800} (100 * 12,5) = 6,29\text{ cm}^2$$

$$A_{S_{max}} = \phi \rho_{bal} b d$$

$$\rho_{bal} = \frac{\beta * 0,85 * f'c}{f_y} * \frac{6\ 120}{6\ 120 + f_y} = \frac{0,85 * 0,85 * 280}{2\ 800} * \frac{6\ 120}{6\ 120 + 2\ 800}$$

$$\rho_{bal} = 0,04957$$

$$A_{s_{max}} = 0,50 * 0,04957 * 100 * 12,5 = 30,98\ cm^2$$

- Acero requerido

$$A_s(+)= \left[bd - \sqrt{(bd)^2 - \frac{Mu\ b}{0,003825\ f'c}} \right] \frac{0,85\ f'c}{f_y}$$

$$A_s(+)= \left[(100 * 12,5) - \sqrt{(100 * 12,5)^2 - \frac{2\ 177,17 * 100}{0,003825 * 280}} \right] \frac{0,85 * 280}{2\ 800}$$

$$A_s(+)= 7,15\ cm^2$$

$$A_s(-)= \left[bd - \sqrt{(bd)^2 - \frac{Mu\ b}{0,003825\ f'c}} \right] \frac{0,85\ f'c}{f_y}$$

$$A_s(-)= \left[(100 * 12,5) - \sqrt{(100 * 12,5)^2 - \frac{1\ 399,61 * 100}{0,003825 * 280}} \right] \frac{0,85 * 280}{2\ 800}$$

$$A_s(-)= 4,54\ cm^2$$

$$A_s(+)> A_{s_{min}}> A_s(-), \text{ entonces } A_{s_{min}} = 7,15\ cm^2$$

- Separación de varillas

$$\text{Para varillas núm. 4, } A_v = 1,29\ cm^2$$

$$7,15 \text{ ----- } 100$$

$$1,29 \text{ ----- } S \qquad S = 18,04\ cm$$

núm.4 @ 18 cm, para ambos momentos.

- Acero por temperatura

Para colocar en sentido contrario al refuerzo principal

$$A_{s_{\min}} = 0,002 b t$$

$$= 0,002(100)(15)$$

$$A_{s_{\min}} = 3,00 \text{ cm}^2$$

- Separación de varillas

Para varilla núm. 3, $A_v = 0,71 \text{ cm}^2$

$$3,00 \text{ ----- } 100$$

$$0,71 \text{ ----- } S \qquad S = 23,67 \text{ cm}$$

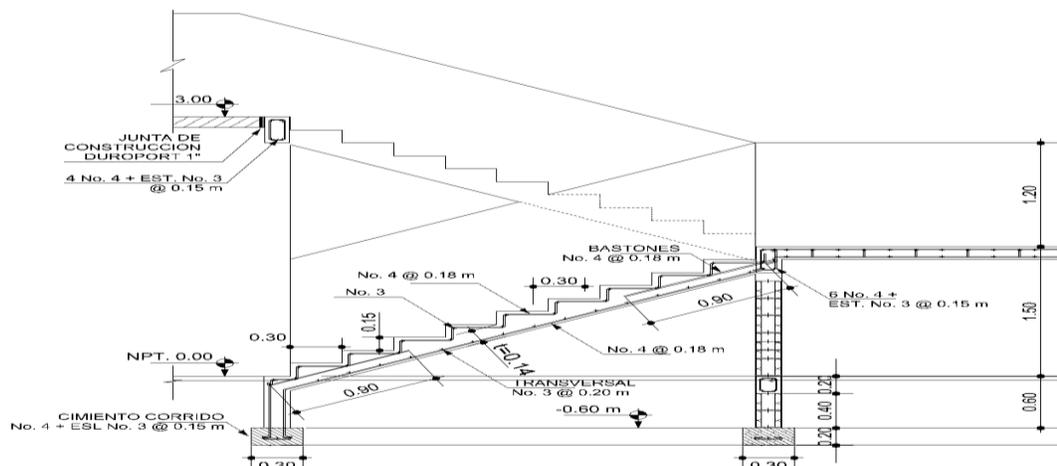
núm.3 @ 20 cm.

- Bastones

$$L_b = \frac{L}{4} + 6\phi = \frac{3,35m}{4} + 6(0,0127m) = 0,91m \approx 0,90 m$$

núm.4 @ 18 cm

Figura 34. **Gradas acceso principal, perfil**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

- Diseño de gradas área administrativa

Datos iniciales:

C = contrahuella = 15 cm H = Huella = 30 cm

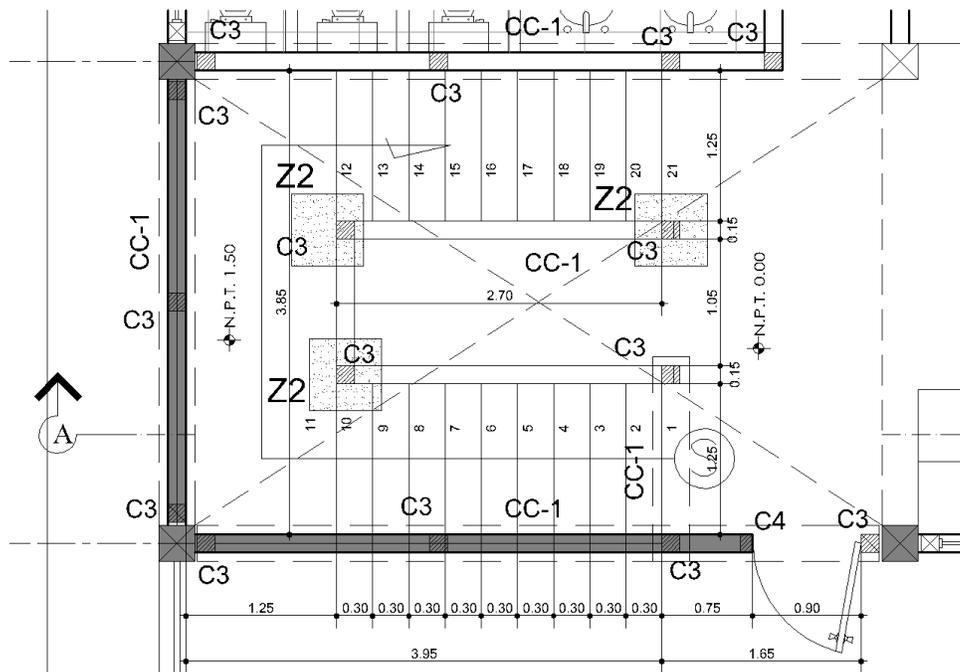
h = 3,00 m

Carga viva escaleras oficinas = 300 kg/m² (AGIES NSE 2-10)

f'c = 280 kg/cm² fy = 2 800 kg/cm²

SC = 100 kg/m² Ycon = 2 400 kg/m³

Figura 35. **Gradas área administrativa**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

Espesor de losa

$$t = L/24$$

$$t = 3,35/24 = 0,14 \text{ m}$$

Integración de cargas

$$\text{Carga muerta} \quad C_{Mu} = P_{gradas} + SC$$

Peso propio gradas

$$\begin{aligned} P_{gradas} &= Y_{con} (t + C/2) \\ &= 2\,400 (0,14 + 0,15/2) \end{aligned}$$

$$P_{gradas} = 516 \text{ kg/m}^2$$

$$C_{Mu} = 516 + 100$$

$$C_{Mu} = 616 \text{ kg/m}^2$$

Carga última

$$C_U = 1,4 C_M + 1,7 C_V$$

$$C_U = 1,4 (616 \text{ kg/m}^2) + 1,7 (300 \text{ kg/m}^2)$$

$$C_U = 1\,372,40 \text{ kg/m}^2$$

Momentos actuantes

$$M(+)=\frac{WL^2}{9}=\frac{1\,372,40 \cdot 3,35^2}{9}=1\,711,31 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

$$M(-)=\frac{WL^2}{14}=\frac{1\,372,40 \cdot 3,35^2}{14}=1\,100,13 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

- Cálculo de acero

$$\text{Datos:} \quad \text{rec} = 2,5 \text{ cm}$$

$$b = 100 \text{ cm}$$

$$d = 14 - 2,5 = 11,5 \text{ cm}$$

- Acero mínimo

$$A_{s_{min}} = \frac{14,1}{f_y} b d = \frac{14,1}{2800} (100 * 11,5) = 5,79 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{max}} = \phi \rho_{bal} b d$$

$$\rho_{bal} = \frac{\beta * 0,85 * f'c}{f_y} * \frac{6120}{6120 + f_y} = \frac{0,85 * 0,85 * 280}{2800} * \frac{6120}{6120 + 2800}$$

$$\rho_{bal} = 0,04957$$

$$A_{s_{max}} = 0,50 * 0,04957 * 100 * 11,5 = 28,50 \text{ cm}^2$$

- Acero requerido

$$A_s(+)= \left[(100 * 11,5) - \sqrt{(100 * 11,5)^2 - \frac{1711,31 * 100}{0,003825 * 280}} \right] \frac{0,85 * 280}{2800}$$

$$A_s(+)= 6,10 \text{ cm}^2$$

$$A_s(-)= \left[(100 * 11,5) - \sqrt{(100 * 11,5)^2 - \frac{1100,13 * 100}{0,003825 * 280}} \right] \frac{0,85 * 280}{2800}$$

$$A_s(-)= 3,87 \text{ cm}^2$$

$A_s(+)> A_{s_{min}}> A_s(-)$, entonces $A_{s_{min}}= 6,10 \text{ cm}^2$

- Separación de varillas

Para varillas núm. 4, $A_v = 1,29 \text{ cm}^2$

$$6,10 \text{ ----- } 100$$

$$1,29 \text{ ----- } S \qquad S = 21,15 \text{ cm}$$

Núm. 4 @ 20 cm, para ambos momentos.

- Acero por temperatura

Para colocar en sentido contrario al refuerzo principal

$$A_{s_{\min}} = 0,002 b t$$

$$= 0,002(100)(14)$$

$$A_{s_{\min}} = 2,80 \text{ cm}^2$$

- Separación de varillas

Para varilla núm. 3, $A_v = 0,71 \text{ cm}^2$

$$2,80 \text{ ----- } 100$$

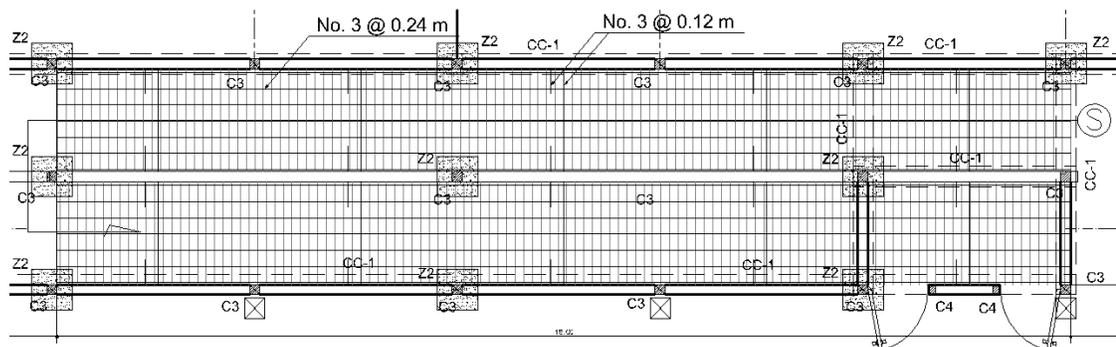
$$0,71 \text{ ----- } S \quad S = 25,36 \text{ cm}$$

Núm.3 @ 25 cm.

Rampa peatonal

Se diseña en dos tramos con un descanso de por medio, con piso de concreto y una pendiente de 10 %. Se propone usar losa que trabaje en un sentido.

Figura 36. Rampa acceso principal, planta



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

Datos iniciales:

Carga viva escaleras públicas = 500 kg/m² (AGIES NSE 2-10)

f'c = 280 kg/cm²

fy = 2 800 kg/cm²

SC = 100 kg/m²

Ycon = 2 400 kg/m³

- Espesor de losa

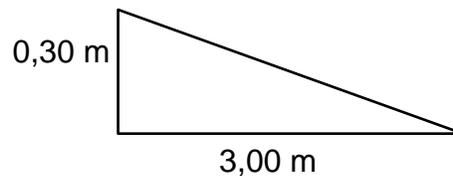
La losa se diseña en una dirección con un extremo continuo ACI 318-11, y en tramos de 3,00 m.

$$t = L/24$$

$$L = \sqrt{0,30^2 + 3,00^2}$$

$$L = 3,01 \text{ m}$$

$$t = 3,01/24 = 0,125 \text{ m}$$



Por momentos críticos y vibración que se producen por la carga viva, se utilizará el espesor de losa para rampa, t = 0,13 m.

Integración de cargas

Carga muerta CMu = Prampa + SC

Peso propio rampa

$$\text{Prampa} = Ycon (t) = 2 400 (0,13)$$

$$\text{Prampa} = 312 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{CMu} = 312 + 100$$

$$\text{CMu} = 412 \text{ kg/m}^2$$

Carga última

$$CU = 1,4 \text{ CM} + 1,7 \text{ CV}$$

$$CU = 1,4 (412 \text{ kg/m}^2) + 1,7 (500 \text{ kg/m}^2)$$

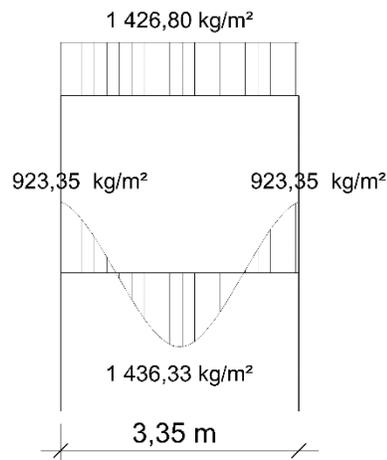
$$CU = 1\,426,80 \text{ kg/m}^2$$

Momentos actuantes

$$M(+)=\frac{WL^2}{9}=\frac{1\,426,80 \cdot 3,01^2}{9}=1\,436,33 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

$$M(-)=\frac{WL^2}{14}=\frac{1\,426,80 \cdot 3,01^2}{14}=923,35 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

Figura 37. **Distribución de carga y momento rampa**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

- Cálculo de acero

Datos:

$$\begin{aligned} \text{rec} &= 2,5 \text{ cm} \\ b &= 100 \text{ cm} \\ d &= 13 - 2,5 = 10,5 \text{ cm} \end{aligned}$$

- Acero mínimo

$$A_{s_{min}} = \frac{14,1}{f_y} b d = \frac{14,1}{2800} (100 * 10,5) = 5,29 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{min}} = \phi \rho_{bal} b d$$

$$\rho_{bal} = \frac{\beta * 0,85 * f'c}{f_y} * \frac{6120}{6120 + f_y} = \frac{0,85 * 0,85 * 280}{2800} * \frac{6120}{6120 + 2800}$$

$$\rho_{bal} = 0,04957$$

$$A_{s_{min}} = 0,50 * 0,04957 * 100 * 10,5 = 26,02 \text{ cm}^2$$

- Acero requerido

$$A_s(+)= \left[bd - \sqrt{(bd)^2 - \frac{Mu b}{0,003825 f'c}} \right] \frac{0,85 f'c}{f_y}$$

$$A_s(+)= \left[(100 * 10,5) - \sqrt{(100 * 10,5)^2 - \frac{1436,33 * 100}{0,003825 * 280}} \right] \frac{0,85 * 280}{2800}$$

$$A_s(+)= 5,60 \text{ cm}^2$$

$$A_s(-)= \left[bd - \sqrt{(bd)^2 - \frac{Mu b}{0,003825 f'c}} \right] \frac{0,85 f'c}{f_y}$$

$$A_s(-)= \left[(100 * 10,5) - \sqrt{(100 * 10,5)^2 - \frac{923,35 * 100}{0,003825 * 280}} \right] \frac{0,85 * 280}{2800}$$

$$A_s(-)= 3,56 \text{ cm}^2$$

$A_s(+)> A_{s_{min}}> A_s(-)$, entonces $A_{s_{min}}= 5,60 \text{ cm}^2$

- Separación de varillas

Para varillas núm. 3, $A_v = 0,71 \text{ cm}^2$

$$5,60 \text{ ----- } 100$$

$$0,71 \text{ ----- } S \quad S = 12,68 \text{ cm}$$

Núm.3 @ 12 cm, para ambos momentos.

$f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$	Sección viga =	40 x 30 cm
$f_y = 2\ 800 \text{ kg/cm}^2$	Sección columna =	30 x 30 cm
Desplante = 1,50 m	$Y_{\text{suelo}} =$	1,43 ton/m ³
Área tributaria = 24,00 m ²	$V_{\text{suelo}} =$	36,00 ton/m ²
PEC = 2 400 kg/m ³		

- Integración de cargas verticales

Carga axial $CU = 1,4 \text{ CM} + 1,7 \text{ CV}$

$$CU_2 = 1,4 (328) + 1,7 (100) = 629,20 \text{ kg/m}^2$$

$$CU_1 = 1,4 (478) + 1,7 (600) = 1\ 689,20 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Total} = 1,4 (806) + 1,7 (700) = 2\ 318,40 \text{ kg/m}^2$$

- Factor de carga última

$$F_{CU} = \frac{CU}{CM+CV} = \frac{2\ 318,40}{806+700} = 1,54$$

Peso de estructura

$$PU = (A_T * CU) + 2*(PP_{\text{vigas}} * F_{CU})$$

$$PU = 63\ 979,78 \text{ kg}$$

- Cálculo de cargas de trabajo

$$P't = \frac{Pu}{F_{cu}} = \frac{63\ 979,78}{1,54} = 41\ 545,31 \text{ kg} \approx 41,55 \text{ ton}$$

$$Mtx = \frac{\sigma Mx}{F_{cu}} = \frac{14\ 052,68}{1,54} = 9\ 125,12 \text{ kg-m} \approx 9,13 \text{ ton-m}$$

$$Mty = \frac{\sigma My}{F_{cu}} = \frac{7\ 394,42}{1,54} = 4\ 801,57 \text{ kg-m} \approx 4,80 \text{ ton-m}$$

- Predimensionamiento del área de la zapata

$$A_z = \frac{1,5P't}{V_s} = \frac{1,5(41,55)}{36} = 1,73 \text{ m}^2$$

Base propuesta 1,75 m

$$A_z = 1,75 \times 1,75 = 3,06 \text{ m}^2 > 1,56 \text{ m}^2$$

Se utilizará una zapata cuadrada de base B = 1,75 m y área Az = 3,06 m², ya que existe espacio físico suficiente y adecuado.

- Presión sobre el suelo

Resultan como reacción de las cargas transmitidas por la zapata hacia el suelo, se debe tomar en cuenta que q no debe ser negativo, ni mayor que el valor soporte (Vs).

$$q_{max/min} = \frac{P}{A_z} \pm \frac{Mtx}{S_x} \pm \frac{Mty}{S_y}$$

$$S_x = S_y = \frac{b h^2}{6} = \frac{1,75 \times 1,75^2}{6} = 0,89 \text{ m}^3$$

$$P = P't + P_{columna} + P_{suelo} + P_{cimiento}$$

$$P = P't + (b_c^2 \cdot h_c \cdot PEC) + (Desp \cdot Y_{suelo} \cdot b_z^2) + (b_z^2 \cdot h_z \cdot PEC)$$

Se asume h_z = t_z = 0,50 m

$$P = 41,55 + (0,30^2 \cdot 7,50 \cdot 2,40) + (1,50 \cdot 1,43 \cdot 1,75^2) + (1,75^2 \cdot 0,50 \cdot 2,40)$$

$$P = 53,41 \text{ ton}$$

$$q_{max} = \frac{53,41}{3,06} + \frac{9,13}{0,89} + \frac{4,80}{0,89} = 33,11 \text{ ton/m}^2$$

$$q_{min} = \frac{53,41}{3,06} - \frac{9,13}{0,89} - \frac{4,80}{0,89} = 1,80 \text{ ton/m}^2$$

$$q_{max} < V_{suelo} \quad \text{cumple}$$

$$q_{min} > 0 \quad \text{cumple, solo compresiones}$$

Por lo que las dimensiones de la zapata son correctas.

- Presión última

$$q_u = q_{max} * F_{cu} = 33,11 * 1,54 = 50,99 \text{ ton/m}^2$$

- Peralte efectivo

Anteriormente fue aplicado $h_z = t_z = 0,50 \text{ m}$

$Rec = 7,50 \text{ cm}$

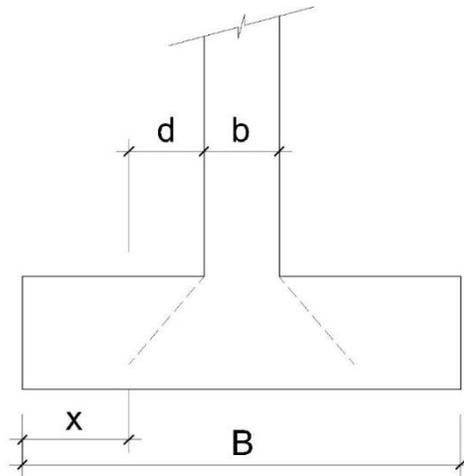
Varilla propuesta núm.6 entonces $\emptyset_{var} = 1,91 \text{ cm}$

$$d = t - Rec - \frac{\emptyset_{var}}{2} = 50 - 7,5 - \frac{1,91}{2} = 41,55 \text{ cm} \approx 41 \text{ cm}$$

- Chequeo por corte simple

La falla por esfuerzo cortante en zapatas ocurre a una distancia d (peralte efectivo) del borde de la columna. Se hace necesario comparar en ese límite, si el corte resistente es mayor que el cortante actuante.

Figura 38. Zapata, chequeo por corte simple



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

En la figura 38 se puede observar el efecto de corte que se produce en la zapata al dimensionar erróneamente.

$$x = \frac{B}{2} - \frac{b}{2} - d = \frac{1,75}{2} - \frac{0,30}{2} - 0,36 = 0,365 \text{ m}$$

- Cortante actuante

$$V_{act} = q_u * x * B = 50,99 * 0,365 * 1,75$$

$$V_{act} = 32,57 \text{ ton}$$

- Cortante resistente

$$V_r = \phi * 0,53 * \sqrt{f'c} * B * d = 0,85 * 0,53 * \sqrt{280} * 1,75 * 36 * \left(\frac{1}{1000}\right)$$

$$V_r = 47,49 \text{ ton}$$

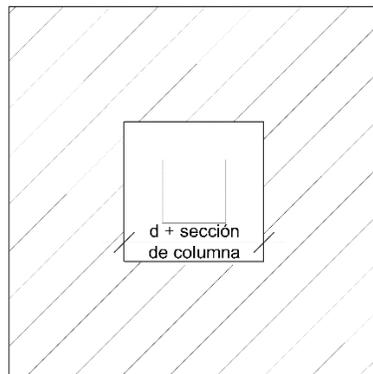
$V_r > V_{act}$ si cumple

El peralte propuesto resiste al corte simple

- Chequeo por corte punzonante

Se genera por la fuerza de corte que se produce en el perímetro de la columna, debido a las cargas axiales que transmite la columna.

Figura 39. **Zapata, chequeo por corte punzonante**



El límite donde ocurre la falla es a una distancia $d/2$ del perímetro de la columna

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

$$\begin{aligned}
 b_o &= 4 * \text{perímetro que produce punzonamiento} = 4(d+b) \\
 &= 4(0,30 + 0,41) \\
 b_o &= 2,84 \text{ m}
 \end{aligned}$$

- Cortante actuante

$$\begin{aligned}
 V_{act} &= q_u [A_z - (b + d)^2] \\
 &= 50,99 [3,06 - (0,30 + 0,41)^2]
 \end{aligned}$$

$$V_{act} = 155,26 \text{ ton}$$

- Cortante resistente

$$V_r = \phi * 1,06 \sqrt{f'_c} b d = 0,85 * 1,06 * \sqrt{280} * 284 * 41 * \left(\frac{1}{1000} \right)$$

$$V_r = 175,55 \text{ ton}$$

$$V_r > V_{act} \text{ si cumple}$$

El peralte propuesto resiste el corte punzonante

- Diseño de refuerzo

La zapata debe ser capaz de resistir el momento flector que generan las presiones actuantes del suelo, por ello es necesario reforzarla con acero para soportar los esfuerzos inducidos.

- Momento último

Se define tomando la losa en voladizo

L= distancia del rostro de la columna al final de la zapata

$$Mu = \frac{q_u L^2}{2} = \frac{50,99 \left[\frac{1,75}{2} - \frac{0,30}{2} \right]^2}{2}$$

$$Mu = 13,40 \text{ Ton-m}$$

- Área de acero

$$As_{req} = \left[b * d - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{Mu * b}{0,003825 f'c}} \right] \left(\frac{0,85 f'c}{fy} \right)$$

$$= \left[100 * 41 - \sqrt{(100 * 41)^2 - \frac{13\ 400 * 100}{0,003825 * 280}} \right] \left(\frac{0,85 * 280}{2\ 800} \right)$$

$$As_{req} = 13,22 \text{ cm}^2$$

$$As_{min} = \frac{14,1}{fy} b * d = \frac{14,1}{2\ 800} * 100 * 41$$

$$As_{min} = 20,65 \text{ cm}^2$$

El As_{min} es mayor que el As_{req} por el momento último, se utilizará el área de acero mínima.

Por ser una masa de concreto de amplio peralte se distribuirá el acero en dos camas.

- Cama inferior

Para varilla núm. 6, $A_v = 2,84 \text{ cm}^2$

20,65 ----- 100

2,84 ----- S S = 13,75 cm

En ambos sentidos núm.6 @ 13 cm

- Cama superior, Acero por temperatura

$A_{stem} = 0,002 b t = 0,002 * 100 * 50$

$A_{stem} = 10,00 \text{ cm}^2$

Para varilla núm. 6, $A_v = 2,84 \text{ cm}^2$

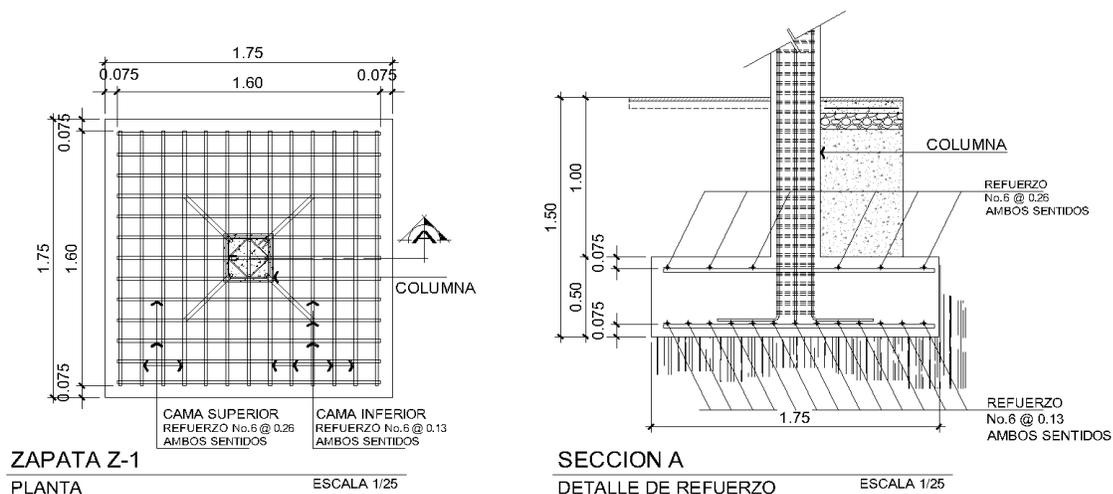
10,00 ----- 100

2,84 ----- S S = 28,40 cm

En ambos sentidos núm.6 @ 26 cm

El armado de la zapata será: cama inferior, varillas núm.6 @ 13 cm en ambos sentidos y en la cama superior se utilizará varillas núm.6 @ 26 cm en ambos sentidos.

Figura 40. Zapata concéntrica Z-1



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

2.1.5.4.8. Diseño de tabiques

Los tabiques o muros no estructurales son los adecuados a utilizar en un sistema de marcos estructurales, solo generan cargas gravitacionales lineales, permitiendo adaptar la ocupación de los edificios rápidamente y a costos menores, permitiendo ser removidos sin comprometer la seguridad estructural.

Los muros de mampostería serán hechos de bloques de concreto y elementos confinantes de concreto, horizontales (vigas de amarre o soleras) y verticales (columnas de amarre), provistos en los cuatro lados del muro y provistos de juntas de construcción, estos elementos proveen restricción a los muros y los protegen de la desintegración ante sismos mayores.

Con base en las Normas AGIES NSE 7.4, se diseñaron muros confinados para muros no estructurales que tan solo soportan su propio peso, con las siguientes características:

Muros de 140 mm, blocks de concreto de 14 x 19 x 39 cm

- Elementos estructurales horizontales

Soleras hidrófuga y final o de amarre de 140 mm x 190 mm, área = 26 600 mm² mayor a 20 000 mm² solicitados por la norma.

Solera intermedia block tipo U de 14 x 19 x 39 mm

Separación entre refuerzos horizontales 1,20 m

Acero de refuerzo

Hidrófuga 4 núm. 3 Estribos núm. 2 @ 200 mm
Intermedia 2 núm. 3 Eslabones núm. 2 @ 200 mm
Final o de amarre 4 núm. 3 Estribos núm. 2 @ 200 mm
Sillares block tipo U con 2 barras núm.3 y eslabones núm. 2 a 200 mm
Dindel, 140 mm x 100 mm

- Elementos estructurales verticales

Columnas de confinamiento e intermedias de 140 mm x 140 mm, deben construirse en todos los muros y vanos de la estructura, en extremos de muros, intersecciones y puntos intermedios.

Vanos de puertas y ventanas no menor a 140 mm x 100 mm

Separación entre refuerzos verticales 2,80 m

Acero de refuerzo

Columnas de confinamiento e intermedias 4 núm. 3 estribos núm. 2 @ 200 mm

Vanos de puertas y ventanas 2 núm.3 Eslab núm.2 @ 200 mm

Juntas de construcción con duroport de 1" (2,54 cm)

Las especificaciones para cimentación se basaron a las Normas AGIES NSE 4-10, capítulo 5, la cimentación debe ser capaz de transmitir con seguridad el peso de los muros, deben cimentarse sobre un cimiento corrido y todo muro deberá tener un cimiento corrido cuyo ancho será de por lo menos dos veces el espesor del muro que soporta.

Se utilizará un cimiento corrido trapezoidal de concreto reforzado:

Medidas 300 mm de ancho en la base,

150 mm de ancho en el topo y 25 mm de alto.

Refuerzo 5 barras corridas núm. 3 con estribos núm. 2 a cada 200 mm.

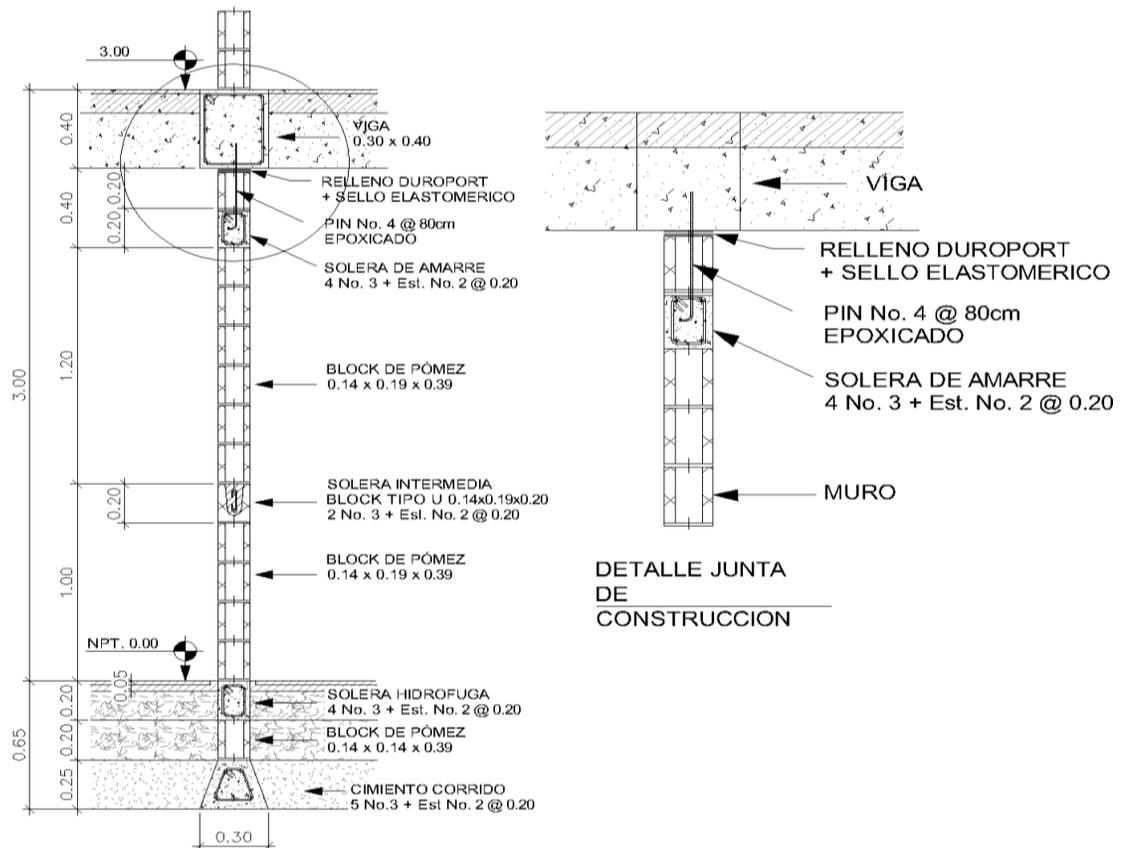
Recubrimiento que debe tener el refuerzo es

80 mm en el fondo y

50 mm en los laterales.

El espesor de los muros que no sean de carga, no debe ser menor de 100 mm, ni menor a 1/30 de la distancia mínima entre elementos que le proporcionen apoyo lateral. ACI 318-11, capítulo 14.6.1

Figura 41. Muro típico



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

2.1.5.5. Diseño de instalaciones hidráulicas y sanitarias

Para proporcionar condiciones sanitarias a los usuarios, el edificio se diseñó con servicios de distribución de agua y un sistema separativo de captura de aguas residuales y pluviales. Ambos sistemas utilizarán para la conducción tubería de PVC por las ventajas que ofrece en instalación, manejo, resistencia y durabilidad.

2.1.5.5.1. Instalaciones hidráulicas

Consiste en un sistema de distribución que permiten el abastecimiento de agua a toda la edificación, con el objetivo de garantizar el funcionamiento de los aparatos sanitarios para brindar higiene en los servicios a los usuarios.

- Diseño de la red de agua:

Según el método de Hunter, se asigna a cada aparato sanitario o grupo de aparatos sanitarios un número de unidades de gasto (UH) determinado experimentalmente, y también se asigna diámetros de tubería.

Utilizando como base la guía para las instalaciones sanitarias en edificios de donde se obtuvieron los datos siguientes según artefacto sanitario:

Tabla XLVI. **Unidades de Hunter, gasto por tipo de aparato sanitario**

Tipo de aparato sanitario	Diámetro tubería	UH Hunter	1er nivel		2do nivel	
			Artefactos	UH	Artefactos	UH
Lavamanos	½"	1	11	11	6	6
Inodoro con tanque	½"	5	13	65	8	40
Grifo de cocina	½"	3	4	12	3	9
Pila	½"	3	1	3	1	3
Grifo de riego	½"	2	2	4	1	2
Total unidades con tanque			65		40	
Total unidades con válvula			30		20	
Gasto probable unidades con tanque [l/s]			1,31		0,91	
Gasto probable unidades con válvula [l/s]			1,55		1,33	
Gasto probable total Q [l/s]			2,86		2,24	

Fuente: RODRIGUEZ SOZA, Luis Carlos. *Guía para las instalaciones sanitarias en edificios*. pp. 48,54.

- Cálculo de línea principal

Para el suministro de agua se diseñará un abastecimiento, que provea al edificio, utilizando la ecuación de Hazen y Williams para calcular el diámetro de tubería.

$$D = \sqrt[4,87]{\frac{1\,743,811 L Q^{1,85}}{C^{1,85} hf}}$$

- Línea primer nivel

$$D = \sqrt[4,87]{\frac{1\,743,811(25,00)(5,10^{1,85})}{(150^{1,85})(8,70)}} = 1,59 \text{ pulg}$$

El diámetro a utilizar para la línea del primer nivel será de 1½".

- Línea segundo nivel:

$$D = \sqrt[4,87]{\frac{1\,743,811(25,00)(2,24^{1,85})}{(150^{1,85})(15,00)}} = 1,04 \text{ pulg}$$

En la línea de conducción del segundo nivel se utilizará $\varnothing = 1''$.

- Para su adecuado funcionamiento se debe considerar lo siguiente:
 - El servicio debe ser constante durante el período de funcionamiento
 - Las redes se diseñan por circuitos cerrados.
 - La tubería de agua potable debe colocarse alejada de los drenajes y siempre en un nivel superior.
 - En una intersección de tuberías, la tubería de agua potable debe quedar como mínimo 20 cm arriba y se debe proteger con mortero, por una longitud de un metro para cada lado de la intersección.
 - Se considera que la presión de agua será suficiente y continua debido a que la aldea cuenta con un eficiente sistema de distribución de agua operada por bombeo.

2.1.5.5.2. Instalaciones sanitarias

Se aplicará un sistema separativo con la capacidad de evacuar eficientemente las aguas negras y las aguas pluviales. Para el dimensionamiento de la red de tuberías también se basará en la guía para las instalaciones sanitarias en edificios.

- Drenaje sanitario.
 - Es recomendable tener las siguientes consideraciones:
 - Evacuar rápidamente las aguas, alejándolas de los aparatos sanitarios.
 - Impedir el paso de aire, olores y organismos patógenos de las tuberías al interior del edificio.
 - Los materiales de las tuberías deben resistir la acción corrosiva de las aguas que transportan.

El método utilizado asigna unidades de descarga (UD) y un diámetro de tubería a cada aparato sanitario, también asigna la clase de instalación, en este caso corresponde a instalaciones de uso público, donde no existe límite en el número de personas ni en el uso, definido como clase tres.

Tabla XLVII. **Unidades de Hunter, descarga por tipo de aparato sanitario**

Tipo de aparato sanitario	Diámetro mínimo	UD Clase 3	1er nivel		2do nivel	
			Artefactos	UD	Artefactos	UD
Lavamanos	1 ¼"	2	11	22	6	12
Inodoro	3"	6	13	78	8	48
Lavaplatos comercial	2"	8	4	32	3	24
Pila	2"	3	1	3	1	3
Drenaje piso	2"	3	4	12		
Total unidades de descarga			147		87	

Fuente: RODRIGUEZ SOZA, Luis Carlos. *Guía para las instalaciones sanitarias en edificios*. p. 71.

El dimensionamiento de las derivaciones o ramales inicia del cálculo del número de descarga a las que dará servicio dicha tubería, obtenido en el cuadro anterior, la tabla XLVIII presenta el número máximo de unidades de descarga por diámetro de tubería y pendiente.

Tabla XLVIII. **Número máximo de unidades de descarga**

Derivación de colector	Unidades de descarga		
	P = 0 %	P = 1 %	P = 2 %
2 "	4	5	6
3"	20	24	27
4"	68	84	96
5"	144	180	234
6"	264	330	440

Fuente: RODRIGUEZ SOZA, Luis Carlos *Guía para las instalaciones sanitarias en edificios*.
p. 72.

De acuerdo a los resultados, el diámetro de tubería para la captura del caudal de colectores será de 4" y el colector principal será de 6".

- Drenaje pluvial

Se utilizará un sistema de tuberías para recoger el agua proveniente de las precipitaciones pluviales que caen sobre techos y lo se evacuará por medio de bajadas de agua hacia zonas de disposición adecuado.

Los diámetros de tubería se calculan con base en el caudal recibido, que a su vez se obtiene determinando la intensidad de lluvia en la ubicación del proyecto.

El caudal se calcula con la siguiente fórmula:

$$Q = \frac{CIA}{360}$$

Donde:

Q = caudal [m³/seg]

C = coeficiente de escorrentía (concreto = 0,90)

I = intensidad de lluvia [mm/h]

A = área a drenar (en hectáreas)

Máxima área a drenar 96 m² ≈ 0,0096 hectáreas

Para la intensidad de lluvia se utilizarán los parámetros de ajuste de la estación meteorológica más cercana a Patzún que corresponde a Alameda ICTA, ubicada en Chimaltenango, Chimaltenango, con un período de retorno de 25 años y un tiempo de concentración de t = 5 minutos, según tabla I de éste estudio.

$$I = \frac{A}{(t + B)^n}$$

Donde:

I = intensidad de lluvia [mm/h] asociada a una frecuencia de ocurrencia, presentada por el período de retorno

t = duración [min]

A, B y n = parámetros de ajuste

$$I = \frac{311\ 660}{(5+65)^{1,812}} = 141,37 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = \frac{0,90 \cdot 141,37 \cdot 311\ 660}{360} = 0,0033929 \text{ m}^3/\text{s}$$

Ahora es posible calcular el diámetro de la tubería por medio de la fórmula de Manning:

$$D = \left(\frac{691\,000\,Q\,n}{S^{1/2}} \right)^{3/8}$$

Donde:

- D = diámetro interior del tubo [cm]
- Q = caudal requerido [m³/s]
- n = coeficiente de rugosidad (PVC = 0,009)
- S = pendiente

$$D = \left(\frac{691\,000 * 0,00339 * 0,009}{0,02^{1/2}} \right)^{3/8} = 6,53 \text{ cm}$$

Para el proyecto se utilizará tubería de PVC de 4 pulgadas.

2.1.5.6. Diseño de instalaciones eléctricas

El manual de normas para acometidas de servicio técnico de la Empresa Eléctrica de Guatemala (EEGSA) será utilizado para diseñar la instalación eléctrica del edificio.

Normas y códigos para instalación comercial:

- Acometida

Se colocará un contador y un tablero principal con tierra física, para la conexión de electrodos a tierra, además una varilla de cobre con diámetro de ½ pulgada y longitud mínima de 2,50 m. Pueden adicionarse otras acometidas con la posibilidad de subdividir el costo del servicio eléctrico en las principales

áreas, razón por la cual se deja un área específica para contadores y distribución de circuitos principales.

- Circuitos

Los circuitos de iluminación y fuerza deben protegerse colocando un *flip on* de 15 a 30 amperios dependiendo de la carga, también como protección inicial un máximo de 12 unidades de iluminación por circuito y 8 unidades dobles de fuerza por circuito. Para el cálculo se utiliza la sumatoria de los watts de todos los elementos de las conexiones eléctricas, método del total de potencia.

Tabla XLIX. **Accesorios eléctricos por nivel y consumo por circuito**

Primer nivel								
	Consumo	Circuitos						Carga total
Accesorio	Watts	A	B	C	D	E	F	Watts
Lámparas, 2 x 40w	80	3	12	0	1	4	11	2 480
Bombillas	60	8	0	10	10	2	1	1 860
Tomacorriente	300	8	8	8	7	8	5	13 200
Potencia total								17 540

Segundo Nivel								
	Consumo	Circuitos						Carga total
Accesorio	Watts	G	H	I	J	K	L	Watts
Lámparas, 2 x 40w	80	6	10	0	9	5	0	2 400
Bombillas	60	6	1	11	0	0	0	1 080
Tomacorriente	300	7	8	7	5	7	8	12 600
Potencia total								26 080

Fuente: elaboración propia.

- Conductores

El calibre de los conductores en ningún momento podrá ser menor de 12 AWG, que tiene la capacidad para resistir 20 amperios.

Para determinar el calibre del conductor de la iluminación se calcula el circuito que mayor potencia genera:

12 lámparas de 2 tubos cada una de 40 watts

$$P = 12 \times 2 \times 40 = 960 \text{ watts}$$

$$I_{iluminación} = \frac{P}{V} = \frac{960}{120} = 8,00 \text{ A}$$

Se determina que el calibre del conductor requerido para cargas nominales de 120 voltios con un 2 % de caída de voltaje debe ser de 12 AWG.

El cálculo del calibre del conductor para fuerza considera el uso simultáneo de los tomacorrientes y el circuito que mayor potencia genera:

8 tomacorrientes 300 watts cada uno

$$P = 8 \times 300 = 2\,400 \text{ watts}$$

$$I_{fuerza} = \frac{P}{V} = \frac{2\,400}{120} = 20,00 \text{ A}$$

El calibre del conductor requerido por seguridad y para cargas nominales de 120 voltios con un 2 % de caída de voltaje debe ser de 12 AWG.

Será necesario un *flip on* de 15 amperios por cada circuito de iluminación y un *flip on* de 20 amperios por cada circuito de fuerza.

- Tablero de distribución

Para armarlo se colocarán, para el primer nivel, 6 flip on de 15 A para circuitos de iluminación y 6 *flip on* de 20 A para circuitos de fuerza. El segundo nivel lo conformarán 5 *flip on* de 15 A para circuitos de iluminación y 6 flip on de 20 A para circuitos de fuerza.

- Ductos y tuberías

Los circuitos de iluminación utilizarán tubería plástica (poliducto) de $\frac{3}{4}$ " de diámetro y para los circuitos de fuerza es necesario utilizar tubo PVC eléctrico de 1" de diámetro.

2.1.6. Elaboración de planos

Todo el diseño se presenta en planos detallados en el siguiente orden:

- Planta de arquitectura.
- Planta acotada.
- Fachadas y secciones.
- Planta de cimentación y columnas.
- Planta de losas y vigas.
- Vigas.
- Columnas y muros.
- Detalle de gradas.
- Planta de instalaciones hidráulicas.
 - Red de agua.
 - Drenajes sanitarios y pluviales.
- Planta de instalaciones eléctricas.
 - Iluminación.
 - Fuerza.

2.1.7. Elaboración de presupuesto

El presupuesto del proyecto se realizará con base en precios unitarios, tomando como referencia los materiales que se cotizan en el municipio. En relación a la mano de obra, tanto calificada como no calificada, se utilizarán los salarios mínimos vigentes en el 2018 para el territorio nacional. Costos indirectos 30 % y prestaciones 49,84 %.

Tabla L. Presupuesto mercado municipal

PRESUPUESTO EDIFICIO DEL MERCADO					
ALDEA CHIPIACUL, PATZUN, CHIMALTENANGO					
No.	Descripción	Cantidad	Unidad de medida	Precio Unitario	Subtotal
1	TRABAJOS PRELIMINARES				
1,1	TOPOGRAFÍA	1	UNIDAD	2 456,11	2 456,11
1,2	LIMPIEZA, CHAPEO Y DESTRONQUE	1 080	M2	8,74	9 438,00
1,3	CONSTRUCCIÓN BODEGA	1	UNIDAD	5 671,04	5 671,04
1,4	MOVIMIENTO DE TIERRAS RELLENO	1	UNIDAD	8 473,34	8 473,34
1,5	MOVIMIENTO DE TIERRAS CORTE	1	UNIDAD	9 663,35	9 663,35
1,6	EXCAVACIÓN CIMENTACIÓN	1	UNIDAD	15 458,21	15 458,21
1,7	COMPACTACIÓN DE CIMENTACIÓN	1	UNIDAD	5 250,96	5 250,96
2	ESTRUCTURAS DE CONCRETO ARMADO				
2,1	ZAPATA Z-1	47	UNIDAD	5 851,42	27 5016,58
2,2	ZAPATA Z-2	18	UNIDAD	461,70	8 310,64
2,3	CIMIENTO CORRIDO CC-1	198	UNIDAD	287,07	56 840,31
2,4	CIMIENTO CORRIDO CC-2	36	UNIDAD	279,84	10 074,37
2,5	COLUMNA C-1	47	UNIDAD	4 228,02	198 716,75
2,6	COLUMNA C-2	47	UNIDAD	2 427,26	114 081,23
2,7	COLUMNA C-3	288	UNIDAD	421,03	121 257,15
2,8	COLUMNA C-4	75	UNIDAD	253,10	18 982,29
2,9	VIGA TIPO-1	37	UNIDAD	4 609,56	170 553,57
2,10	VIGA TIPO-2	38	UNIDAD	3 420,41	129 975,74
2,11	VIGA TIPO-3	34	UNIDAD	2 935,31	99 800,60
2,12	VIGA TIPO-4	34	UNIDAD	2 653,80	90 229,32
2,13	SOLERA	1 388	UNIDAD	226,55	314 450,17
2,14	LOSA 6 x 4	51	UNIDAD	17 968,39	916 387,80
2,15	LOSA 6 x 3	10	UNIDAD	14 295,18	142 951,81
2,16	GRADAS ÁREA ADMINISTRATIVA	1	UNIDAD	8 900,31	8 900,31
2,17	GRADAS ACCESO PRINCIPAL	1	UNIDAD	6 534,08	6 534,08
2,18	LOSA RAMPA	1	UNIDAD	30 795,22	30 795,22
3	MUROS				
3,1	LEVANTADO DE MUROS	1 256	M2	353,18	443 599,12
4	ACABADOS				
4,1	REPELLO, CERNIDO	342	M	50,00	17 100,00
4,2	PINTURA	960	M2	12,95	12 432,00
5	PISOS				
5,1	PISO DE GRANITO	636	M2	453,05	288 138,61
5,2	PISO DE CONCRETO	1 065	M2	165,84	176 619,60
6	PUERTAS Y VENTANAS				
6,1	PUERTA PRINCIPAL	6	UNIDAD	1 209,99	7 259,94
6,2	PUERTA METAL	10	UNIDAD	800,00	8 000,00
6,3	PUERTA MADERA	31	UNIDAD	300,00	9 300,00
6,4	VENTANERÍA	37,5	M2	400,00	15 000,00
7	INSTALACIONES				
7,1	INSTALACIÓN HIDRÁULICA	1	GLOBAL	12 132,00	12 132,00
7,2	INSTALACIÓN SANITARIA	1	GLOBAL	4 244,10	4 244,10
7,3	INSTALACIÓN ELÉCTRICA	1	GLOBAL	42 447,10	42 447,10
TOTAL					3 806 541,40

Fuente: elaboración propia.

2.1.8. Evaluación de impacto ambiental inicial

Durante los procesos constructivos se generan actividades que afectan el medio ambiente, se pretende evaluar el impacto ambiental que producen y minimizar los daños que afectarán el entorno.

El decreto 68-86, artículo 8 que indica para todo proyecto, obra, industria o cualquier otra actividad que por sus características puede producir deterioro a los recursos naturales renovables o no al ambiente o introducir modificaciones nocivas o notorias al paisaje y a los recursos culturales del patrimonio nacional, será necesario previamente a su desarrollo un estudio de evaluación del impacto ambiental, realizado por técnicos en la materia y aprobado por la Comisión del Medio Ambiente, se utilizará el formato del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales para realizar el estudio de impacto ambiental inicial que genera la construcción del edificio de dos niveles para el mercado municipal.

Con base en el listado taxativo se clasificará la obra, se aplicará al instrumento información general, de ubicación, características generales de la obra, el formato enumera los daños que normalmente se producen al medio ambiente y solicita información de cómo mitigar los daños.

La aplicación de este instrumento se describe a continuación:

Tabla LI. Formato de impacto ambiental inicial aplicado a la construcción del mercado municipal



FORMATO	DVGA-GA-002
---------	-------------

DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES
VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-

EVALUACION AMBIENTAL INICIAL

ACTIVIDADES DE BAJO IMPACTO AMBIENTAL

(ACUERDO GUBERNATIVO 137-2016, REGLAMENTO DE EVALUACIÓN,
CONTROL Y SEGUIMIENTO AMBIENTAL Y SU REFORMA)

INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN
<p>El formato debe proporcionar toda la información solicitada en los apartados, de lo contrario ventanilla única no lo aceptará.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Completar el siguiente formato de Evaluación Ambiental Inicial, colocando una X en las casillas donde corresponda y <u>debe</u> ampliar con información escrita en cada uno de los espacios del documento, en donde se requiera. • Si necesita más espacio para completar la información, puede utilizar hojas adicionales e indicar el inciso o sub-inciso a que corresponde la información. • La información <u>debe</u> ser completada, utilizando letra de molde legible o a máquina de escribir. • Este formato también puede completarlo de forma digital, el MARN puede proporcionar copia electrónica si se le facilita el disquete, CD, USB; o bien puede solicitarlo a la siguiente dirección: yunica@marn.gob.gt • Todos los espacios deben ser completados, incluso el de aquellas interrogantes en que no sean aplicables a su actividad (explicar la razón o las razones por lo que usted lo considera de esa manera). • Por ningún motivo, puede modificarse el formato y/o agregarle los datos del proponente o logo(s) que no sean del MARN. 	<p>No. Expediente:</p> <p>Clasificación del Listado Taxativo</p> <p>Sección F División 41 Grupo 390</p> <p>CATEGORIAS DE PROYECTOS, OBRAS, INDUSTRIAS O ACTIVIDADES:</p> <p>568 Actividades de Limpieza y Nivelación de Terreno (remoción de cobertura vegetal sin tala de árboles, nivelación de terreno con material de relleno, cortes de terreno y conformación de terrazas que no conlleven Muros de contención o taludes). Clase 4100N</p> <p>570 Diseño, construcción y operación de edificios completos residenciales o no residenciales. Clase 4100</p> <p>585 Diseño, construcción y operación de bodegas de almacenamiento de productos terminados Clase 4100</p> <p>587 Diseño, construcción y operación de bodegas de almacenamiento de productos Inflamables o perecederos Clase 4100</p> <p>Firma y Sello de Recibido</p>
I. INFORMACION LEGAL	
I.1. Nombre del proyecto, obra, industria o actividad (<u>OBLIGATORIAMENTE</u> que tenga relación con la actividad a realizar):	
<p>Construcción de mercado municipal</p>	

Continuación de la tabla LI.



FORMATO	DVGA-GA-002
---------	-------------

DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES
VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-

<p>1.1.2 Descripción del proyecto, obra o actividad para lo que se solicita aprobación de este instrumento. Construcción de un edificio para mercado municipal de la Aldea Chipiacul, Patzún, Chimaltenango. El proyecto tendrá un área de ocupación de 30m x 30 m, beneficiando en 20 años a xxxx habitantes.</p>								
<p>1.2. Información legal: A) Persona Individual: A.1. Representante Legal: Calixto Ajú. Chirix, Alcalde Auxiliar y Rigoberto Canú Sicajan COCODE B) De la empresa: Razón social: Alcaldía auxiliar y COCODE de Aldea Chipiacul, Patzún, Chimaltenango</p>								
<p>1.3 Teléfono _____ Correo electrónico: _____</p>								
<p>1.4 Dirección de donde se ubica la actividad: (identificando calles, avenidas, número de casa, zona, aldea, cantón, barrio o similar, así como otras delimitaciones territoriales; OBLIGATORIAMENTE indicar el municipio y departamento) Aldea Chipiacul, municipio de Patzún, departamento de Chimaltenango Especificar Coordenadas Geográficas</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;"><i>Coordenadas Geográficas Datum WGS84</i></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Latitud</td> <td style="text-align: center;">N 14° 40' 11.42"</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Longitud</td> <td style="text-align: center;">O 91° 03' 53.77"</td> </tr> </table>			<i>Coordenadas Geográficas Datum WGS84</i>		Latitud	N 14° 40' 11.42"	Longitud	O 91° 03' 53.77"
<i>Coordenadas Geográficas Datum WGS84</i>								
Latitud	N 14° 40' 11.42"							
Longitud	O 91° 03' 53.77"							
<p>1.5 Dirección para recibir notificaciones (dirección fiscal) (identificando calles, avenidas, número de casa, zona, aldea, cantón, barrio o similar, así como otras delimitaciones territoriales; OBLIGATORIAMENTE indicar el municipio y departamento) Aldea Chipiacul, municipio de Patzún, departamento de Chimaltenango</p>								
<p>1.6 Si para consignar la información en este formato, fue apoyado por un profesional, por favor anote el nombre, profesión, número de teléfono y correo electrónico del mismo Ing. Juan Merck Coa</p>								
<p>II. INFORMACION GENERAL Se debe proporcionar una descripción de las actividades que serán efectuadas en el proyecto, obra, industria o actividad según etapas siguientes:</p>								
<p>II.1 Etapa de Construcción</p> <ul style="list-style-type: none"> • Actividades a realizar <ul style="list-style-type: none"> ○ Excavación ○ Construcción ○ Limpieza general • Insumos necesarios <ul style="list-style-type: none"> ○ Materiales ○ Accesorios ○ Gasolina y Diesel ○ Lubricantes ○ Agua • Maquinaria <ul style="list-style-type: none"> ○ Retroexcavadoras ○ Vibrocompactadoras ○ Transporte de equipo ○ Transporte material • Otros de relevancia 	<p>Operación</p> <ul style="list-style-type: none"> • Actividades o procesos <ul style="list-style-type: none"> ○ La producción y manejo del sistema estará a cargo de la municipalidad 	<p>Abandono</p> <ul style="list-style-type: none"> • Acciones a tomar en caso de cierre <ul style="list-style-type: none"> ○ Al concluir la construcción se deberá eliminar el material sobrante, pintura en base al entorno de la aldea y limpieza general 						

Continuación de la tabla LI.



FORMATO DVGA-GA-002

DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES
VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-

II.3 Área
 a) Área total de terreno en metros cuadrados: _____ 4 795 m²
 b) Área de ocupación del proyecto en metros cuadrados: _____ 915 m²
 Área total de construcción en metros cuadrados: _____ 1 533 m²

II.4 Actividades colindantes al proyecto:
 NORTE _____ Zona poblada aldea _____ SUR _____ Acceso principal de la Aldea _____
 ESTE _____ Zona escolar e iglesia _____ OESTE _____ Zona poblada aldea _____

Describir detalladamente las características del entorno (viviendas, barrancos, ríos, basureros, iglesias, centros educativos, centros culturales, etc.):

DESCRIPCION	DIRECCION (NORTE, SUR, ESTE, OESTE)	DISTANCIA AL PROYECTO
Viviendas particulares	Norte	15 mt
Parque (actualmente zona deportiva)	Sur	10 mt
Calle principal de aldea	Sur	30 mt
Zona escolar	Este	50 mt
Pedro de iglesia	Este	20 mt
Viviendas particulares	Oeste	15 mt

II.5 Dirección del viento:

II.6 En el área donde se ubica la actividad, a qué tipo de riesgo ha estado o está expuesto?
 a) inundación () b) explosión () c) deslizamientos ()
 d) derrame de combustible () e) fuga de combustible () d) incendio () e) Otro ()

Detalle la información _____ Zona sin ningún tipo de riesgo

II.7 Datos laborales
 a) Jornada de trabajo: Diurna (X) Nocturna () Mixta () Horas Extras _____
 b) Número de empleados por jornada _____ Total empleados _____

II.8 USO Y CONSUMO DE AGUA, COMBUSTIBLES, LUBRICANTES, REFRIGERANTES, OTRO...

CONSUMO DE AGUA, COMBUSTIBLES, LUBRICANTES, REFRIGERANTES, OTROS...

	Tipo	Si/No	Cantidad/(mes día y hora)	Proveedor	Uso	Especificaciones u observaciones	Forma de almacenamiento
Agua	Servicio público	Si	30m ³ /mes	Municipal	En obra		Pipas
	Pozo						
	Agua especial						
	Superficial						
Combustible	Otro						
	Gasolina	Si		Privado	Maquinaria		Recipientes
	Diesel	Si		Privado	Maquinaria		Recipientes

Continuación de la tabla LI.



FORMATO	DVGA-GA-002
---------	-------------

DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES
VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-

	Bunker						
	Glp	Si	1 /mes	Privado	Cocina		Cilindro
	Otro						
Lubricantes	Solubles	Si		Privado	Maquinaria		Recipientes
	No solubles						
Refrigerantes							
Otros							

III. IMPACTO AL AIRE

GASES Y PARTICULAS

III.1 Las acciones u operaciones de la Actividad, producen gases o partículas (Ejemplo: polvo, vapores, humo, niebla, material particulado, etc.) que se dispersan en el aire? Ampliar la información e indicar la fuente de donde se generan?

Se generará polvo debido al movimiento de tierra, producido por la maquinaria.
Clasificación C - De Bajo Impacto Ambiental Potencial.

MITIGACION

III.2 ¿Qué se está haciendo o qué se hará para evitar que los gases o partículas impacten el aire, el vecindario o a los trabajadores?
Por el impacto de polvo en el aire se controlarán los trabajos de construcción para evitar que se genere polvo en exceso. A los trabajadores se les proveerá equipo especial según actividad a desarrollar.

RUIDO Y VIBRACIONES

III.3 Las operaciones de la empresa producen sonidos fuertes (ruido), o vibraciones?

Se producirán vibraciones durante el proceso de compactación del terreno.
Para minimizar el impacto se restringirá el uso de maquinaria en horario diurno

III.4 En donde se genera el sonido y/o las vibraciones (maquinaria, equipo, instrumentos musicales, vehículos, etc.)

Se genera en el lugar de trabajo debido a la maquinaria pesada que realizará el movimiento de tierra y el equipo de compactación del terreno

III.5 ¿Qué se está haciendo o que acciones se tomarán para evitar que el ruido o las vibraciones afecten al vecindario y a los trabajadores?

El movimiento de tierra y compactación es por un periodo de tiempo corto
Únicamente se trabajará en días laborales y en horario diurno.
Los trabajadores serán proveídos con equipo especial

Continuación de la tabla LI.



FORMATO	DVGA-GA-002
---------	-------------

**DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES
VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-**

<p>OLORES</p> <p>III.6 Si como resultado de sus actividades se emiten olores (ejemplo: cocción de alimentos, aromáticos, solventes, etc.), explicar con detalles la fuente de generación y el tipo o características del o los olores: Ninguno</p> <p>III.7 Explicar que se está haciendo o se hará para evitar que los olores se dispersen en el ambiente?</p>
<p>IV. EFECTOS DE LA ACTIVIDAD EN EL AGUA</p> <p>AGUAS RESIDUALES</p>
<p>CARACTERIZACION DE LAS AGUAS RESIDUALES</p> <p>IV.1 Con base en el Acuerdo Gubernativo 236-2006, Reglamento de las Descargas y Re-uso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos, qué tipo de aguas residuales (aguas negras) se generan? a) <u>Ordinarias</u> (aguas residuales generadas por las actividades domésticas) b) <u>Especiales</u> (aguas residuales generadas por servicios públicos municipales, actividades de servicios, industriales, agrícolas, pecuarias, hospitalarias)</p> <p>Cualquiera que fuera el caso, explicar la información, indicando el caudal (cantidad) de aguas residuales generado Aguas residuales especiales Este criterio se define por la actividad de servicios públicos municipales y actividades de servicios Volumen estimado de aguas residuales = 5.10 litros / seg</p> <p>IV.2 Indicar el número de servicios sanitarios 9 servicios sanitarios en 3 áreas del edificio</p>
<p>TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES</p> <p>IV.3 Describir que tipo de tratamiento se da o se propone dar a las aguas residuales generadas por la actividad. (usar hojas adicionales) a) sistema de tratamiento 1. Conducción al sistema primario de aguas residuales</p>
<p>DESCARGA FINAL DE AGUAS RESIDUALES</p> <p>IV. 4 Indique el punto de descarga de las aguas residuales, por ejemplo en pozo de absorción, colector municipal, río, lago, mar u otro e indicar si se le efectuó tratamiento de acuerdo con el numeral anterior</p> <p>El punto de descarga será a zanjones en lugar aislado El tratamiento primario a desarrollar será tratamiento primario y tanques de sedimentación</p>
<p>AGUA DE LLUVIA (AGUAS PLUVIALES)</p> <p>IV.5 Explicar la forma de captación de agua de lluvia y el punto de descarga de la misma (zanjones, ríos, pozos de absorción, alcantarillado, etc.) Captura y conducción por tubería a zanjones.</p>
<p>V. EFECTOS DE LA ACTIVIDAD SOBRE EL SUELO (Sistema edáfico y fítico)</p> <p>DESECHOS SÓLIDOS</p> <p>VOLUMEN DE DESECHOS</p> <p>V.1 Especifique el volumen de desechos o desperdicios genera la actividad desarrollada:</p> <p><input type="checkbox"/> a) Similar al de una residencia 11 libras/día</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> b) Generación entre 11 a 222 libras/día</p> <p><input type="checkbox"/> c) Generación entre 222 libras y 1000 libras/día</p> <p><input type="checkbox"/> d) Generación mayor a 1000 libras por día</p>

Continuación de la tabla LI.



FORMATO	DVGA-GA-002
---------	-------------

**DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES
VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-**

<p>V.2 Además de establecer la cantidad generada de desechos sólidos, se deben caracterizar e indicar el tipo de desecho (basura común, desechos de tipo industrial o de proceso, desechos hospitalarios, orgánicos, etc.): Basura común.</p> <p>V.3. Partiendo de la base que todos los Desechos Peligrosos, son todos aquellos que posean una o más de las características siguientes: corrosivos, reactivos, explosivos, tóxicos, inflamables, biológico infecciosos, se genera en su actividad algún tipo de desecho con estas características y en qué cantidad? Ningún tipo de basura de estas características</p> <p>V.4 Se efectúa algún tipo de tratamiento de los desechos (comunes o peligrosos), explicar el método y/o equipo utilizado Clasificación según material</p> <p>V.5 Si los desechos se trasladan a otro lugar, para tratamiento o disposición final, indicar el tipo de transporte utilizado Se utilizará el sistema de recolección de basura que tiene la comunidad</p> <p>V.6 Contempla la empresa algún mecanismo o actividad para disminuir la cantidad o el tipo de desechos generados, o bien evitar que éstos sean dispuestos en un botadero? Cuidar que el personal utilice botellas reciclables para agua y no bolsas o envases desechables</p> <p>V.7 Indicar el sitio de disposición final de los desechos generados (comunes y peligrosos) Basurero municipal</p>
<p>VI. DEMANDA Y CONSUMO DE ENERGÍA</p> <p>CONSUMO</p> <p>VI.1 Consumo de energía por unidad de tiempo (kW/hr o kW/mes) _____</p> <p>VI.2 Forma de suministro de energía a) Sistema público</p> <p>VI.3 Dentro de los sistemas eléctricos de la empresa se utilizan transformadores, condensadores, capacitores o inyectores eléctricos? NO</p> <p>VI.4 Qué medidas propone para disminuir el consumo de energía o promover el ahorro de energía? No programar trabajo nocturno</p>
<p>VII. POSIBILIDAD DE AFECTAR LA BIODIVERSIDAD (ANIMALES, PLANTAS, BOSQUES, ETC.)</p> <p>VII.1 En el sitio donde se ubica la empresa o actividad, existen: - Bosques - Animales - Otros _____</p> <p>Especificar información _____ En el terreno a desarrollar la construcción el área está totalmente libre de bosque</p> <p>VII.2 La operación de la empresa requiere efectuar corte de árboles? Ningún corte de árboles</p> <p>VII.3 Las actividades de la empresa, pueden afectar la biodiversidad del área? SI () NO (X) Por qué?</p>
<p>VIII. TRANSPORTE</p> <p>VIII.1 En cuanto a aspectos relacionados con el transporte y parqueo de los vehículos de la empresa, proporcionar los datos siguientes: a) Número de vehículos _____ b) Tipo de vehículo _____ Vehículos de carga y maquinaria c) sitio para estacionamiento y área que ocupa _____ Campamento general, 2 000 m²</p>

Continuación de la tabla LI.



FORMATO	DVGA-GA-002
---------	-------------

DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES
VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-

<p>d) Horario de circulación vehicular__Días laborales 7:00 a 18:00 horas</p> <p>e) Vías alternas____No existen en la comunidad</p>
<p>IX. EFECTOS SOCIALES, CULTURALES Y PAISAJISTICOS</p> <p>ASPECTOS CULTURALES</p> <p>IX.1 En el área donde funciona la actividad, existe alguna (s) etnia (s) predominante, cuál? <u>Cackchiquel</u></p> <p>RECURSOS ARQUEOLOGICOS Y CULTURALES</p> <p>IX.2 Con respecto de la actividad y los recursos culturales, naturales y arqueológicos, Indicar lo siguiente:</p> <p>a) <input checked="" type="checkbox"/> La actividad no afecta a ningún recurso cultural, natural o arqueológico_____</p> <p>b) <input type="checkbox"/> La actividad se encuentra adyacente a un sitio cultural, natural o arqueológico_____</p> <p>c) <input type="checkbox"/> La actividad afecta significativamente un recurso cultural, natural o arqueológico_____</p> <p>Ampliar información de la respuesta seleccionada</p>
<p>ASPECTOS SOCIAL</p> <p>IX.3. En algún momento se han percibido molestias con respecto a las operaciones de la empresa, por parte del vecindario? Si () NO (X)</p> <p>IX.4 Qué tipo de molestias?</p> <p>IX.5 Qué se ha hecho o se propone realizar para no afectar al vecindario?</p>
<p>PAISAJE</p> <p>IX.6 Cree usted que la actividad afecta de alguna manera el paisaje? Explique por qué?</p> <p>Toda construcción afecta el paisaje general, pero el mercado pretende mejorar las condiciones de vida de la comunidad</p>
<p>X. EFECTOS Y RIESGOS DERIVADOS DE LA ACTIVIDAD</p> <p>X.1 Efectos en la salud humana de la población circunvecina:</p> <p>a) <input type="checkbox"/> la actividad no representa riesgo a la salud de pobladores cercanos al sitio</p> <p>b) <input checked="" type="checkbox"/> la actividad provoca un grado leve de molestia y riesgo a la salud de pobladores</p> <p>c) <input type="checkbox"/> la actividad provoca grandes molestias y gran riesgo a la salud de pobladores</p> <p>Del inciso marcado explique las razones de su respuesta, identificar que o cuales serían las actividades riesgosas:</p> <p>Generará molestias el polvo producido por la construcción, pero ningún riesgo a la salud de los pobladores</p>
<p>X.3 riesgos ocupacionales:</p> <p><input type="checkbox"/> Existe alguna actividad que representa riesgo para la salud de los trabajadores</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> La actividad provoca un grado leve de molestia y riesgo a la salud de los trabajadores</p> <p><input type="checkbox"/> La actividad provoca grandes molestias y gran riesgo a la salud de los trabajadores</p> <p><input type="checkbox"/> No existen riesgos para los trabajadores</p> <p>Ampliar información:</p> <p>Provoca molestias el polvo y el riesgo por trabajar en andamios elevados.</p>
<p>Equipo de protección personal</p> <p>X.4 Se provee de algún equipo de protección para los trabajadores? Si (X) NO ()</p> <p>X.5 Detallar que clase de equipo de protección se proporciona:</p> <p>Cascos, botas con punta de acero, lentes protectores y chaleco reflectivo</p> <p>X.6 ¿Qué medidas ha realizado ó que medidas propone para evitar las molestias o daños a la salud de la población y/o trabajadores?</p> <p>Trabajar en horario laboral y contratar mano de obra local para minimizar los traslados</p>

Fuente: Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.

2.2. Diseño de un sistema de alcantarillado sanitario

Para realizar el diseño de un sistema de alcantarillado sanitario, es necesario hacer la descripción del proyecto, un estudio topográfico, estudiar su caudal, pozos de visita, entre otros.

2.2.1. Descripción del proyecto

La comunidad es proveída por una red de distribución de agua y no dispone de un sistema de alcantarillado sanitario, ni procesos para su desecho. Con base en esta necesidad el proyecto consiste en diseñar el sistema, generando ramales principales, subramales y conexiones domiciliarias, considerando especificaciones técnicas del INFOM y normas generales de diseño de alcantarillados sanitarios para su desarrollo.

La aldea se desarrolla a lo largo de un parte aguas montañoso, esta configuración topográfica impide centralizar el total de las aguas servidas en un solo predio para su tratamiento, por lo que este estudio desarrollará el área central y todos los ramales que se puedan interconectar.

El suelo es predominantemente arena limosa, color café por lo que genera un rápido drenado pluvial, factor que será útil para evitar conexiones ilícitas al sistema de alcantarillado sanitario.

Según los resultados del censo nacional del INE del 2002, la población total era de 1 495 personas y el censo desarrollado por la alcaldía auxiliar de la Aldea Chipiacul, siempre en el 2002, presenta 4 226 pobladores, adicionalmente, el sistema de alcantarillado no cubrirá la totalidad de la

población, por lo que se aplicará el factor de 6 personas por vivienda conectada para un período de diseño de 30 años.

2.2.2. Levantamiento topográfico

Se realizó el proceso de medición de las dimensiones del área a desarrollar el proyecto, incluyendo distancias horizontales, direcciones y elevaciones con el propósito de crear planos con las medidas horizontales y los cambios de nivel existentes. El levantamiento topográfico fue desarrollado por el método de conservación de azimut, con apoyo de equipo topográfico, se calculó y se obtuvieron las tres coordenadas de cada punto.

Los planos planimétricos brindan la representación de la superficie del terreno horizontal, con el fin de obtener las rutas adecuadas de los pozos de visita, acometidas y rutas de desfogue.

Las alturas de los puntos de interés están contenidas en los planos altimétricos, estos deben estar referidos a bancos de marca. Son de gran importancia porque generan las pendientes del terreno para el diseño.

2.2.3. Diseño del sistema

Es de suma importancia para la salud de la población y saneamiento ambiental la captura y concentración de las aguas servidas para su tratamiento y desecho, pero esto debe hacerse con base en normas y técnicas establecidas, el punto de desfogue no debe afectar al medio ambiente ni a poblaciones cercanas, adecuados materiales a utilizar, conexiones domiciliarias y todos los procedimientos que a continuación se describen.

2.2.3.1. Descripción del sistema a utilizar

Ante la falta total de sistemas de drenajes controlados en la aldea la prioridad es un sistema de alcantarillado sanitario para la conducción y control de las aguas negras, excluyendo las aguas pluviales.

El proyecto contempla 4 ramales principales, unificando las aguas en un punto de descarga y aplicar un tratamiento primario.

2.2.3.2. Período de diseño

Según el INFOM los sistemas de alcantarillados serán proyectados para llenar adecuadamente su función durante un período de 30 a 40 años a partir de la fecha en que se desarrolle el diseño, este proyecto se diseñará para un período de 30 años.

$$\begin{aligned} \text{Población base 2002} &= 1\,495 \text{ hab.} \\ N &= 2049 - 2002 = 47 \text{ años} \\ \text{PF} &= [1 + (\text{TC}/100)]^N (P1) \\ &= [1 + (2.4 / 100)]^{47} (1\,495) \\ \text{PF} &= 4\,558 \text{ habitantes} \end{aligned}$$

2.2.3.3. Factor de retorno

El criterio que se aplica es que en ningún caso el agua retorna por completo al alcantarillado, esto debido a actividades donde el agua se infiltra en el suelo o se evapora, este oscila entre 0,70 a 0,90, se aplicará un factor de retorno = 0,80.

2.2.3.4. Factor de Harmon

También denominado factor de flujo, suele variar entre 1,5 a 4,5 de acuerdo al tamaño de la población. Este factor incrementa el caudal porque se basa en la posibilidad que en determinado momento una gran cantidad de usuarios utilicen el sistema, demandando un mayor flujo de agua.

El factor es adimensional y se obtiene de la siguiente ecuación:

$$FH = \frac{18 + \sqrt{\frac{P}{1000}}}{4 + \sqrt{\frac{P}{1000}}} = \frac{18 + \sqrt{\frac{4558}{1000}}}{4 + \sqrt{\frac{4558}{1000}}}$$
$$FH = 3,28$$

2.2.4. Caudal sanitario

Es la sumatoria de todos los caudales que genera una población, será denominado caudal de diseño y, en este caso, lo integran el caudal domiciliar, comercial, de infiltración y por conexiones ilícitas, en cada uno de los tramos que considere el diseño, la aldea no cuenta con ningún caudal de origen industrial.

2.2.4.1. Caudal domiciliar

Es el agua de uso doméstico que ha sido utilizada por personas, para aseo personal, limpieza o producción de alimentos, y es desechada hacia el alcantarillado sanitario. Está relacionada con la dotación de agua por habitante menos una pequeña cantidad que no va a la red de drenajes, denominado Factor de retorno (FR).

$$Q_{dom} = \frac{\#habitantes * Dotacion * FR}{86400} = \frac{4558 * 100 * 0,80}{86400} = Q_{dom} = 4,22 \text{ L/s}$$

2.2.4.2. Caudal de infiltración

Para la construcción de la red de alcantarillado se propone tubería PVC fabricado bajo Normas ASTM D3034 con infiltración 0, pero debido al manejo de tubos, juntas y pozos, se estima un caudal de infiltración que entra a las alcantarillas.

Las Normas del INFOM, aun trabajando con tubería PVC, recomiendan asumir un caudal de infiltración, tomando en cuenta la profundidad del nivel freático del agua subterránea con relación a la profundidad de la tubería, calculándolo por cada kilómetro de tubería, incluyendo las líneas de conducción y las conexiones domiciliarias, para este caso se asumen dos distancias de conexión domiciliar: en calle principal 10 m y en calles internas 8,50 m.

Factor para tuberías de PVC que quedan sobre el nivel freático = 0,01.

$$Q_i = F_{inf} \left(\frac{\text{longitud tramo} + \text{No. casas} * l}{1\ 000} \right)$$

Donde:

l = longitud de conexión domiciliar.

Calle principal = 10m y calle interna = 8,50m

$$Q_i = 0,01 \left(\frac{3\ 058,18 + 258 * 10}{1\ 000} \right) = \quad Q_i = 0,0564 \text{ L/s}$$

2.2.4.3. Caudal por conexiones ilícitas

Este caudal es debido a la conexión de tuberías que capturan el agua pluvial enviándolo al sistema de alcantarillado sanitario, no es posible cuantificar con exactitud el caudal por conexiones ilícitas, pero debe ser considerado porque puede causar daños a la tubería.

Para efecto de diseño nuevamente nos basamos a las Normas del INFOM que considera la conexión de tuberías en patios y bajadas de agua por error, determinando agregar un mínimo del 10 % del caudal doméstico y en áreas donde no haya drenaje pluvial podrá usarse un valor más alto.

Se utiliza para este diseño un 20 % de agua ilegal a conectar a la red.

$$Q_{Illicito} = 20 \% * Q_{Domiciliar} = 0,2 * 4,22$$

$$Q_{illicito} = 0,84 \text{ L/s}$$

2.2.4.4. Caudal comercial

Es el agua de desecho de todo tipo de edificaciones comerciales, como restaurantes, hoteles, entre otros, en este diseño se extiende a este tipo de caudal todos los edificios de reunión social que existen en la aldea y se dejó previsto el caudal que generara el mercado diseñando en el capítulo 2.1 de este estudio. Se aplicará una dotación promedio de 15 litros/día por persona.

Escuela (según el censo de población INE 2002) = 1 197 estudiantes

Población actual = 1 500 personas * 15 l/día = 0, 260 l/s

Centro de usos múltiples = 200 personas * 15 l/día = 0,035 l/s

Iglesia católica =	150 personas * 15 l/día = 0,026 l/s
Iglesia protestante =	75 personas * 15 l/día = 0,013 l/s
Futuro mercado =	5,100 l/s

$$Q_{com} = 5,434 \text{ L/s}$$

2.2.4.5. Factor de caudal medio

Factor que regula la aportación del caudal a la red de alcantarillado, es la relación entre la sumatoria de todos los caudales y el número de habitantes. Debe estar dentro del rango de 0,002 a 0,005. Durante el cálculo debe asignarse 0,002 si el valor calculado es menor y 0,005 si el valor calculado es mayor.

$$Q_{medio} = 4,22 + 0,0564 + 0,84 + 5,434$$

$$Q_{medio} = 10,55 \text{ L/s}$$

$$f_{qm} = \frac{Q_{Dom} + Q_{Inf} + Q_{C.Ili} + Q_{Com}}{No. habitantes}$$

$$0,002 < f_{qm} < 0,005$$

$$f_{qm} = \frac{10,55}{4558} = 0,00231 \quad f_{qm} = 0,002$$

2.2.4.6. Caudal de diseño

Es el caudal requerido para el diseño del sistema de alcantarillado, este será acumulado por cada tramo obteniendo el total de aguas servidas a tratar. Lo obtenemos de la multiplicación entre el número de habitantes, el factor de Harmon y el factor de caudal medio.

$$Q_{Diseño} = \text{núm. de habitantes} * FH * fqm$$

$$Q_{Diseño} = 4\,558 * 3,28 * 0,002$$

$$Q_{diseño} = 29,90\text{Ls}$$

2.2.5. Tipo de tubería a utilizar

Son requeridos materiales y estructuras con grado suficiente de fortaleza para soportar presiones externas continuas, aunque no requieren una gran resistencia contra la presión interna ya que se diseña para llenar un máximo del 75 % de la sección. Comúnmente se trabaja con dos tipos de tubería, concreto y cloruro de polivinilo (PVC).

Para el diseño de la red se utilizará tubo PVC ASTM F1483 que posee una excelente resistencia a la corrosión, puede sumergirse en agua sin devaluarse, soporta ácidos débiles y soluciones acuosas saladas, además, posee una buena resistencia a la abrasión y capacidad de soportar presión externa fuerte durante la compactación.

2.2.5.1. Diseño de secciones y pendientes

Utilizaremos secciones circulares funcionando como canales abiertos, diseñando para tener como máximo peralte del 74 % del tubo y restricciones de velocidad. Para los ramales el diámetro mínimo de tubería será de 6 pulgadas y para conexiones domiciliarias se utilizará de 4 pulgadas, la candela de registro domiciliar será de concreto con un mínimo de 12 pulgadas de diámetro.

Las pendientes, en donde sea posible serán las del terreno para evitar riesgos y costos altos por excavación excesiva.

2.2.5.1.1. Velocidades máxima y mínima de diseño

Teniendo como base las Normas del INFOM, la velocidad máxima con el caudal de diseño será de 2,50 m/seg y la velocidad mínima de 0,60 m/seg.

Con base en las normas del fabricante es posible desarrollar un rango mayor de velocidad, entre 0,40 a 4,00 m/seg.

La velocidad mínima sirve de arrastre y evitar sedimentación y la velocidad máxima para protección del sistema, evitar erosión y desgaste de tubería.

2.2.5.1.2. Cotas invert

Son medidas verticales, denominadas cotas, que van desde el nivel superior de la rasante del pozo de visita (nivel terminado de calle o área en que se encuentre) hasta la parte inferior de la tubería. Las normas INFOM indican que la profundidad mínima del coronamiento de la tubería con respecto a la superficie del terreno sea de 1,00 m, luego se obtiene de la pendiente de la tubería y la distancia del tramo entre pozos.

Para el cálculo se debe observar que:

- La cota invert de salida del pozo se coloca, como mínimo, tres centímetros por debajo de la cota invert de entrada, cuando la tubería de entrada y salida sean del mismo diámetro.
- Cuando el diámetro de la tubería de salida del pozo es mayor que el diámetro de la tubería de entrada, la cota invert de salida estará a una altura igual a la diferencia de los diámetros más baja que la cota invert de entrada.

En este proyecto el cambio de diámetro de tubería es de 2 pulgadas, para facilitar la instalación en campo las cotas invert entre las tuberías que entran y salen del pozo de visita será de 3 centímetros.

2.2.6. Pozos de visita

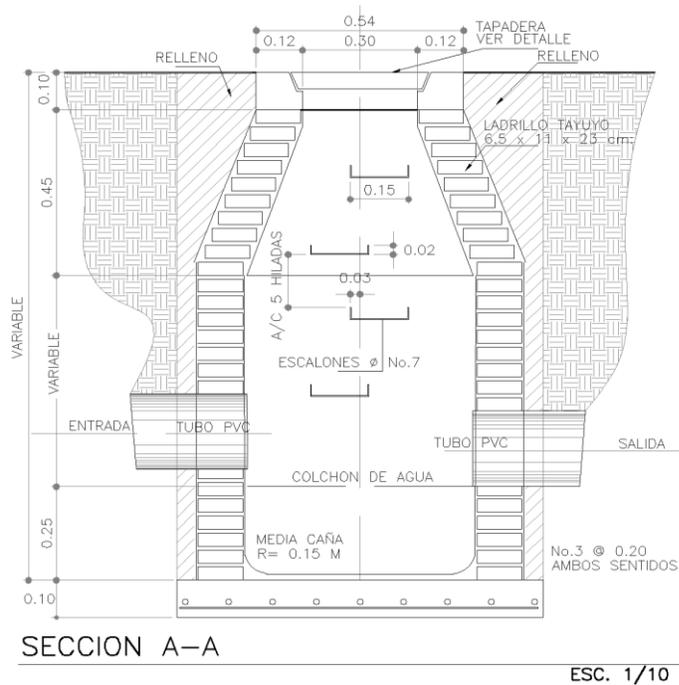
Los pozos de visita son estructuras empleados como medios de inspección y limpieza de los alcantarillados.

Su construcción debe ser altamente resistente para soportar presiones externas continuas, normalmente con construidos con paredes de ladrillos, con brocal y tapadera de concreto reforzado, ya que normalmente están ubicados en calles de acceso vehicular, con forma circular. Actualmente están utilizándose conos de concreto reforzado en a profundidades cortas.

Se recomienda colocar pozos de visita en los siguientes casos:

- En el inicio de cualquier tramo.
- En toda intersección de tubería.
- En todo cambio de sección o diámetro de tubería.
- En cualquier cambio de dirección de tubería.
- En tramos rectos a distancias mayores a 100 metros.
- En cambios de pendiente.
- Los fondos de los pozos deberán tener canales para dirigir los caudales hacia el tubo de salida.

Figura 42. Sección pozo de visita



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

2.2.7. Conexiones domiciliarias

Tubería que conduce las aguas servidas de la vivienda o edificio hacia la red de alcantarillado. Para minimizar costos se dispuso instalar una conexión domiciliar por cada dos viviendas.

- Caja de inspección o candela

La conexión domiciliar se hace por medio de una caja para inspección del funcionamiento y limpieza, su función es recibir y enviar las aguas residuales provenientes de las viviendas y enviarlas por medio de una tubería secundaria hacia la red principal. Normalmente son construidas con tubos de concreto, de diámetro 12 pulgadas, colocados verticalmente con tapadera de concreto reforzado y apoyados en una base también de concreto reforzado.

- Tubería secundaria

Tubería que conecta la caja de inspección o candela con la red de alcantarillado, con el propósito de evacuar los desechos captados de las viviendas o edificios. Se instalará tubería PVC de 4 pulgadas con pendiente mínima de 2 % y dispuestos a 45° según el ramal de tubería existente.

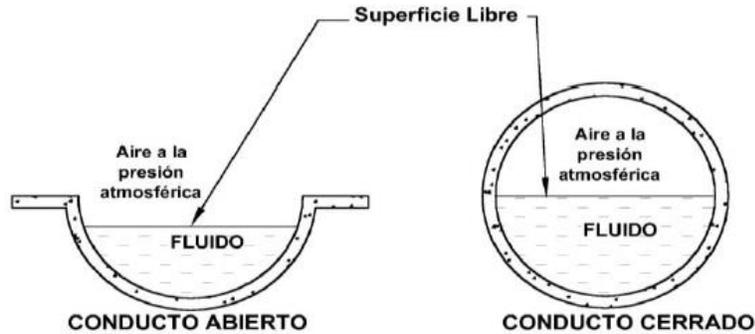
2.2.8. Profundidad de la tubería

La profundidad mínima que proponen las Normas del INFOM es de 1,00 mt desde el coronamiento de la tubería hasta la superficie del terreno (nivel terminado de calle) y serán los cálculos del diseño los que determinen la profundidad final. Con base en esta profundidad calcularán los volúmenes de movimiento de tierras para la correcta instalación de la tubería.

2.2.9. Principios hidráulicos

De diseña bajo el principio que la tubería se comportará como canales abiertos, en los cuales el agua circula por acción de la gravedad y sin ninguna presión, debido a que la superficie libre del líquido está en contacto con la atmósfera, esto quiere decir, que el agua fluye impulsada por la presión atmosférica y de su propio peso; existen excepciones donde la tubería trabaja a presión como los sifones invertidos, tuberías de impulsión a estaciones elevadas, puede darse el caso que exista presión por acumulación de gases o más común en sistemas de drenaje pluvial donde el caudal captado pueda superar la capacidad de diseño.

Figura 43. **Flujo en conductos abiertos**



Fuente: RODRIGUEZ RUIZ, Pedro, *Hidráulica*. p. 1.

2.2.9.1. Relaciones hidráulicas

Para el efecto de cálculo se considera el flujo permanente con el cual la velocidad media permanece constante, en cualquier sección, por efecto de la gravedad. Las siguientes relaciones son expresadas en porcentajes:

$$\text{Relación } \frac{q}{Q}$$

Relaciona el caudal de diseño (q) con respecto al caudal máximo (Q) que soporta la tubería a sección llena tomando en cuenta la pendiente de la tubería.

$$q_{\text{Diseño}} < Q_{\text{Sección llena}}$$

$$\text{Relación } \frac{v}{V}$$

Relaciona velocidad de flujo a sección parcial (v) con respecto a la velocidad del flujo a sección llena (V). Este valor se determina con las tablas de relaciones hidráulicas, con base en el valor más cercano a q/Q , encontrada la

relación de velocidades se calcula la velocidad del caudal a sección parcial dentro de la tubería multiplicando este valor por la velocidad a sección llena.

$$0,40m/s < v_{Sección\ parcial} < 4,00m/s$$

$$Relación \frac{d}{D}$$

Relaciona la altura del flujo interno de la tubería (d=tirante) con respecto al diámetro total de la tubería (D). Valor determinado por tablas de relaciones hidráulicas, con base en el valor más cercano a q/Q. El porcentaje máximo lo brindan las normas del INFOM.

$$0,10 < \frac{d_{Sección\ parcial}}{D_{Sección\ llena}} < 0,74$$

2.2.10. Cálculo hidráulico

El cálculo está basado a las Normas del INFOM, normas generales para el diseño de alcantarillados, 2009, a normas y procedimientos de cálculo hidráulico y recomendaciones generales.

Conceptos aplicados a la ubicación, tipo de suelo y superficie topográfica obtenida en la aldea, clima, distribución de población actual, sistema de abastecimiento de agua y punto de desfogue.

2.2.10.1. Ejemplo de diseño de un tramo

Tramo a utilizar de ejemplo	De PV-4 a PV-5
Número de habitantes actuales	36
Número de habitantes acumulados	96
Casas actuales	6
Tasa de crecimiento Patzún	2,4 % INE, Censo 2002

Período de diseño	30 años
Densidad de vivienda	6 habitantes/vivienda
Dotación por habitante	100 litros/habitante/día
Factor de retorno	0,85
Cota inicial del tramo	108 522 m
Cota final del tramo	105 044 m
Distancia horizontal	63,51 m
Factor de infiltración	0,001 para tubos de PVC
Factor conexiones ilícitas	20 %
Diámetro de tubería	6 pulgadas \approx 150 mm PVC
Coeficiente de rugosidad de Manning	0,010 para tubos de PVC

- Pendiente del terreno

$$S \% = \frac{\text{Cota inicial} - \text{Cota final}}{\text{Distancia horizontal}} = \frac{108,522 - 105,044}{63,51} = 5,48 \%$$

Pendiente de tubería = 4 %

- Población futura

$$P_f = 132 * (1 + 2,4 \%)^{30} \approx 269$$

Población acumulada futura = 269 habitantes

- Factor de caudal medio (fqm)

$$fqm = 0,002$$

- Factor de Harmon

$$FH = 3,28$$

- Caudal de diseño

$$q = 29,90 \text{ L/s}$$

Tabla LII. Cálculo de caudal de diseño, tramo 1

Tramo		Cotas de Terreno		Longitud Tramo	S (%) Terreno	A. Trib	Número de			Caudal de diseño				Caudal Medio	Factor Caudal	Fac.de Flujo Instantaneo FH	Caudal de Diseño	Caudal de Diseño Acumulado
De PV	A PV	Inicio	Final			#	Habitantes	Domicil.	Comerc.	Infiltrac.	C.lisitas	L/seg	L/seg					
						Lotes	Base	Proyect										
Tramo 1																		
	PV - 1		108,366															
PV - 1	PV - 2	108,366	108,943	23,20	-2,49	5	30	62	0,0610		0,0007	0,0122	0,0739	0,0020	4,2949	0,532567	0,532567	
PV - 2	PV - 3	108,943	109,061	33,59	-0,35	5	30	62	0,0610		0,0008	0,0122	0,0740	0,0020	4,2949	0,532567	1,065134	
PV - 3	PV - 4	109,061	108,522	43,73	1,23	6	36	74	0,0728		0,0009	0,0146	0,0883	0,0020	4,2771	0,633015	1,698149	
PV - 4	PV - 5	108,522	105,044	63,51	5,48	6	36	74	0,0728		0,0011	0,0146	0,0885	0,0020	4,2771	0,633015	2,331165	
	PV - 6		109,270															
PV - 6	PV - 7	109,270	108,970	27,80	1,08	3	18	37	0,0364		0,0005	0,0073	0,0442	0,0020	4,3394	0,321117	0,321117	
PV - 7	PV - 8	108,970	108,849	43,12	0,28	4	24	49	0,0482		0,0008	0,0096	0,0586	0,0020	4,3165	0,423014	0,744130	
PV - 8	PV - 9	108,849	106,424	48,81	4,97	2	12	25	0,0246		0,0007	0,0049	0,0302	0,0020	4,3669	0,218346	0,962476	
PV - 9	PV - 5	106,424	105,044	51,77	2,67	2	12	25	0,0246		0,0007	0,0049	0,0302	0,0020	4,3669	0,218346	1,180821	
PV - 5	PV - 10	105,044	101,393	59,02	6,19	6	36	74	0,0728		0,0011	0,0146	0,0885	0,0020	4,2771	0,633015	4,145001	
PV - 10	PV - 11	101,393	99,522	59,02	3,17	4	24	49	0,0482		0,0009	0,0096	0,0588	0,0020	4,3165	0,423014	4,568015	
PV - 11	PV - 12	99,522	98,111	55,04	2,56	5	30	62	0,0610		0,0010	0,0122	0,0742	0,0020	4,2949	0,532567	5,100582	
	PV - 13		107,668															
PV - 13	PV - 14	107,668	102,732	59,81	8,25	10	60	123	0,1210		0,0014	0,0242	0,1467	0,0020	4,2179	1,037594	1,037594	
PV - 14	PV - 12	102,732	98,111	60,01	7,70	4	24	49	0,0482		0,0009	0,0096	0,0588	0,0020	4,3165	0,423014	1,460608	
	PV - 15		106,805															
PV - 15	PV - 16	106,805	104,818	49,15	4,04	4	24	49	0,0482		0,0008	0,0096	0,0587	0,0020	4,3165	0,423014	0,423014	
PV - 16	PV - 17	104,818	100,954	59,80	6,46	14	84	172	0,1692		0,0018	0,0338	0,2048	0,0020	4,1712	1,434894	1,857908	
PV - 17	PV - 18	100,954	98,653	60,20	3,82	4	24	49	0,0482		0,0009	0,0096	0,0588	0,0020	4,3165	0,423014	2,280921	
PV - 18	PV - 12	98,653	98,111	35,63	1,52	3	18	37	0,0364		0,0006	0,0073	0,0443	0,0020	4,3394	0,321117	2,602038	
PV - 12	PV - 19	98,111	97,591	36,68	1,42	0	0	0	0,0000		0,0004	0,0000	0,0004	0,0020	4,5000	0,000000	9,163228	
	PV - 20		109,556															
PV - 20	PV - 21	109,556	109,000	50,49	1,10	6	36	74	0,0728		0,0010	0,0146	0,0884	0,0020	4,2771	0,633015	0,633015	
PV - 21	PV - 22	109,000	107,292	45,96	3,72	6	36	74	0,0728		0,0010	0,0146	0,0883	0,0020	4,2771	0,633015	1,266031	
PV - 22	PV - 23	107,292	104,831	55,21	4,46	5	30	62	0,0610		0,0010	0,0122	0,0742	0,0020	4,2949	0,532567	1,798598	
PV - 23	PV - 24	104,831	101,005	68,69	5,57	8	48	98	0,0964		0,0014	0,0193	0,1171	0,0020	4,2460	0,832209	2,630806	
PV - 24	PV - 25	101,005	99,378	56,21	2,89	4	24	49	0,0482		0,0009	0,0096	0,0587	0,0020	4,3165	0,423014	3,053820	
PV - 25	PV - 26	99,378	98,649	71,15	1,02	8	48	98	0,0964		0,0014	0,0193	0,1171	0,0020	4,2460	0,832209	3,886029	
PV - 26	PV - 27	98,649	97,578	63,05	1,70	4	24	49	0,0482		0,0010	0,0096	0,0588	0,0020	4,3165	0,423014	4,309043	
PV - 27	PV - 19	97,578	97,591	34,57	-0,04	1	6	263	0,2587	5,1000	0,0004	0,0517	5,4109	0,0020	4,1023	2,157790	6,466833	
PV - 19	PV - 28	97,591	97,607	43,07	-0,04	0	0	0	0,0000		0,0004	0,0000	0,0004	0,0020	4,5000	0,000000	15,630061	
PV - 28	PV - 29	97,607	91,963	47,50	11,88	2	12	25	0,0246		0,0006	0,0049	0,0302	0,0020	4,3669	0,218346	15,848407	

Fuente: elaboración propia.

- Velocidad a sección llena

$$V = \frac{0,03429 * D^{2/3} * S^{1/2}}{N} = \frac{0,03429 * 6^{2/3} * 4^{1/2}}{0,010} = 2,264m/s$$

- Caudal a sección llena

$$Q = A * V = \frac{\pi}{4} D^2 * V * 1\,000 = \frac{\pi}{4} * 6^2 * 2,264 * 1\,000 = 41,307 L/s$$

- Relaciones hidráulicas

- $\frac{q}{Q} = \frac{2,331165}{41,307} = 0,056435$
- $\frac{d}{D} = 0,161$, se encuentra dentro del rango permisible
- $\frac{v}{V} = 0,539682 \rightarrow v_{sec\,parcial} = 0,539682 * 41,307 = 1,222 m/s$

Se encuentra dentro del rango permisible

Tabla LIII. Cálculo de relaciones hidráulicas, tramo 1

Tramo		Diámetro Tubería pulg	S (%) Tubería	Sección llena		Relaciones Hidráulicas			v m/s	d cm
				Vel m/s	Q L/s	q/Q	v/V	d/D		
De PV	A PV									
Tramo 1										
	PV - 1									
PV - 1	PV - 2	6	1	1,132	20,654	0,025786	0,426042	0,110	0,482	1,676
PV - 2	PV - 3	6	1	1,132	20,654	0,051571	0,525206	0,154	0,595	2,347
PV - 3	PV - 4	6	1	1,132	20,654	0,082221	0,602140	0,193	0,682	2,941
PV - 4	PV - 5	6	4	2,264	41,307	0,056435	0,539682	0,161	1,222	2,454
	PV - 6									
PV - 6	PV - 7	6	1	1,132	20,654	0,015548	0,364475	0,086	0,413	1,311
PV - 7	PV - 8	6	1	1,132	20,654	0,036029	0,470746	0,129	0,533	1,966
PV - 8	PV - 9	6	5	2,532	46,183	0,020841	0,398611	0,099	1,009	1,509
PV - 9	PV - 5	6	2	1,601	29,209	0,040427	0,488671	0,137	0,782	2,088
PV - 5	PV - 10	6	6	2,773	50,591	0,081932	0,602140	0,193	1,670	2,941
PV - 10	PV - 11	6	3	1,961	35,773	0,127694	0,686065	0,241	1,345	3,673
PV - 11	PV - 12	6	2	1,601	29,209	0,174626	0,750015	0,282	1,201	4,298
	PV - 13									
PV - 13	PV - 14	6	9	3,397	61,961	0,016746	0,375193	0,090	1,274	1,372
PV - 14	PV - 12	6	7	2,996	54,644	0,026729	0,430901	0,112	1,291	1,707
	PV - 15									
PV - 15	PV - 16	6	4	2,264	41,307	0,010241	0,322342	0,071	0,730	1,082
PV - 16	PV - 17	6	7	2,996	54,644	0,034000	0,463893	0,126	1,390	1,920
PV - 17	PV - 18	6	4	2,264	41,307	0,055219	0,535578	0,159	1,213	2,423
PV - 18	PV - 12	6	1	1,132	20,654	0,125985	0,682889	0,239	0,773	3,642
PV - 12	PV - 19	6	1	1,132	20,654	0,443663	0,969652	0,466	1,098	7,102
	PV - 20									
PV - 20	PV - 21	6	1	1,132	20,654	0,030649	0,449964	0,120	0,509	1,829
PV - 21	PV - 22	6	4	2,264	41,307	0,030649	0,449964	0,120	1,019	1,829
PV - 22	PV - 23	6	5	2,532	46,183	0,038945	0,482007	0,134	1,220	2,042
PV - 23	PV - 24	6	5	2,532	46,183	0,056965	0,541725	0,162	1,372	2,469
PV - 24	PV - 25	6	3	1,961	35,773	0,085367	0,609553	0,197	1,195	3,002
PV - 25	PV - 26	6	1	1,132	20,654	0,188153	0,766097	0,293	0,867	4,465
PV - 26	PV - 27	6	2	1,601	29,209	0,147527	0,715057	0,259	1,145	3,947
PV - 27	PV - 19	6	1	1,132	20,654	0,313110	0,884022	0,384	1,001	5,852
PV - 19	PV - 28	8	1	1,372	44,480	0,351395	0,912187	0,409	1,251	8,311
PV - 28	PV - 29	8	10	4,337	140,658	0,112673	0,661012	0,226	2,867	4,592

Fuente: elaboración propia.

- Cota invert
 - Cota invert de entrada (CIE) PV-4 = 106,101 m
 - CIS PV-4= (106,101 – 0,03) = 106,071 m
 - CIE PV-5 = 106,071 (4 % * 63,51) = 103,530 m

- Profundidad de pozo PV-5
 - Cota a nivel de terreno = 105,044 m
 - Profundidad de pozo = 105,044 – 103,530 = 1,544 m

- Volumen de excavación

$$V_{exc} = \frac{105,044 - 103,530}{2} * 63,51 * 0,65 = 82,46 \text{ m}^3$$

Tabla LIV. Cálculo de profundidad de pozo y volumen de zanja, tramo 1

Tramo		Cota invert		Profundidad de Pozo			Volumen de corte Zanja
		Inicio	Final	Inicio	Final	Profundidad	
De PV	A PV			CT	CF		
Tramo 1							
	PV - 1			108,366	107,166	1,200	
PV - 1	PV - 2	107,166	106,934	108,943	106,904	2,039	24,42
PV - 2	PV - 3	106,904	106,568	109,061	106,538	2,523	49,80
PV - 3	PV - 4	106,538	106,101	108,522	106,071	2,451	70,69
PV - 4	PV - 5	106,071	103,530	105,044	103,500	1,544	82,46
	PV - 6			109,270	108,270	1,000	
PV - 6	PV - 7	108,270	107,992	108,970	107,962	1,008	18,14
PV - 7	PV - 8	107,962	107,531	108,849	107,501	1,348	33,02
PV - 8	PV - 9	107,501	105,060	106,424	105,030	1,394	43,50
PV - 9	PV - 5	105,030	103,995	105,044	103,965	1,079	41,61
PV - 5	PV - 10	103,500	99,959	101,393	99,929	1,464	48,78
PV - 10	PV - 11	99,929	98,159	99,522	98,129	1,393	54,81
PV - 11	PV - 12	98,129	97,028	98,111	96,998	1,113	44,84
	PV - 13			107,668	106,668	1,000	
PV - 13	PV - 14	106,668	101,285	102,732	101,255	1,477	48,15
PV - 14	PV - 12	101,255	97,054	98,111	97,024	1,087	50,00
	PV - 15			106,805	105,805	1,000	
PV - 15	PV - 16	105,805	103,839	104,818	103,809	1,009	32,09
PV - 16	PV - 17	103,809	99,623	100,954	99,593	1,361	46,06
PV - 17	PV - 18	99,593	97,185	98,653	97,155	1,498	55,94
PV - 18	PV - 12	97,155	96,799	98,111	96,769	1,342	32,89
PV - 12	PV - 19	96,769	96,402	97,591	96,372	1,219	30,53
	PV - 20			109,556	108,556	1,000	

Fuente: elaboración propia.

2.2.11. Propuesta de tratamiento

Es absolutamente necesario el tratamiento de las aguas residuales en las zonas rurales del país, con el objetivo de evitar la contaminación de los suelos y cuerpos de agua subterráneos y superficiales, evitando daños a la salud de la población y daños al medio ambiente.

Se propone aplicar tratamientos primarios a las aguas conducidas por la red de alcantarillado sanitario por medio de fosas sépticas y pozos de absorción que son parte integrante del sistema de fosa séptica para el retorno del agua de nuevo al medio ambiente, este proceso controla el desfogue evitando focos de infección, posteriormente debe iniciarse los estudios para desarrollar una planta de tratamiento que reinserte las aguas servidas de mejor calidad y forma segura.

2.2.11.1. Diseño de fosas sépticas

Se Inicia el proceso de control de las aguas servidas eliminando desechos sólidos directamente del flujo de ingreso a la fosa séptica.

- Cribado o canal de rejas

Reduce los sólidos en suspensión de distintos diámetros, la separación de las rejillas depende del tipo de material a tratar y la limpieza puede ser manual o mecánica. Para material fino las aberturas estarán a 5 mm o menos, usualmente se instalan mallas metálicas, placas de acero perforado, pudiendo llegar a remover entre un 5 a 25 % de sólidos en suspensión. Para material grueso se utilizan aberturas desde 4 cm, para evitar que sólidos de grandes dimensiones dañen el equipo.

calificada. Debe realizarse mantenimiento de sólidos flotantes, grasas, raspado de paredes internas, entre otros.

- Factores de diseño de una fosa séptica
 - La capacidad máxima recomendada para que la fosa sea funcional es de 60 viviendas, debiendo desarrollar las necesarias para el control del caudal a recibir.
 - El período de retención es como mínimo 12 horas
 - Relación entre largo y ancho de $2 \leq L/A \leq 4$
 - Largo interno, no puede sobrepasar dos veces su profundidad útil
 - La primera y la segunda cámara deben tener un volumen útil respectivamente de $2/3$ y $1/3$ del volumen útil total (V)
 - Largo de la primera cámara es $2/3$ del largo total y la segunda de $1/3$
 - Los bordes inferiores de las aberturas de pasaje entre las cámaras deben estar a $2/3$ de la profundidad útil
 - Los bordes superiores de las aberturas de pasaje entre las cámaras deben estar como mínimo a 0,30 m abajo del nivel superior del líquido
 - El área total de las aberturas de pasaje entre las cámaras debe ser de 5 a 10 % de la sección útil de la fosa.

- Factores de diseño basados en el informe sobre fosas séptica de *Life Rural Supplies*.

- Cálculo del volumen
 - Se aplicarán los conceptos desarrollados en otros proyectos.

- Asume la altura H, que es la altura útil, corresponde al fondo de la fosa al nivel de agua, se toma la relación L/A y queda el volumen como:

$$V = ALH$$

Donde:

A = ancho útil de fosa

L = largo útil de fosa

H = altura útil

Datos para cálculo de las fosas sépticas a desarrollar

Período de retención 24 horas

Dotación 100 L/hab/día

No. habitante (N) 60 viviendas = 360 habitantes

Lodos 40 L/hab/día

Relación largo/ancho 2/1

Período de limpieza 5 años

Factor de retorno (FR) 0,85

Volumen de líquidos

Caudal : $Q = \text{Dot} * N * \text{FR}$

$$Q = 100 * 360 * 0,85 = 30,60 \text{ m}^3/\text{día}$$

Volumen : $V = Q * T$

$$V = 30,60 \text{ m}^3/\text{día} * 1 \text{ día} = 30,60 \text{ m}^3$$

Volumen lodos: $V_{\text{lodos}} = N * \text{gasto anual de lodos}$

$$V_{\text{lodos}} = 360 \text{ hab} * 40 \text{ L/hab/año}$$

$$= 14\,400 \text{ l/año} = 14,4 \text{ m}^3/\text{año}$$

$$V_{\text{lodos}} = 14,4 \text{ m}^3/\text{año} * 5 \text{ años (período de limpieza)}$$

$$V_{\text{lodos}} = 72 \text{ m}^3, \text{ período de limpieza de 5 años}$$

$$\text{Volumen total} = 30,60 \text{ m}^3 + 72 \text{ m}^3 = 102,60 \text{ m}^3$$

$$V = ALH = 102,60 \text{ m}^3$$

Si $L/A = 2/1$, entonces $L = 2A$, asumiendo $H = 2 \text{ m}$

$$V = A * 2A * H = 2 * A^2 * H$$

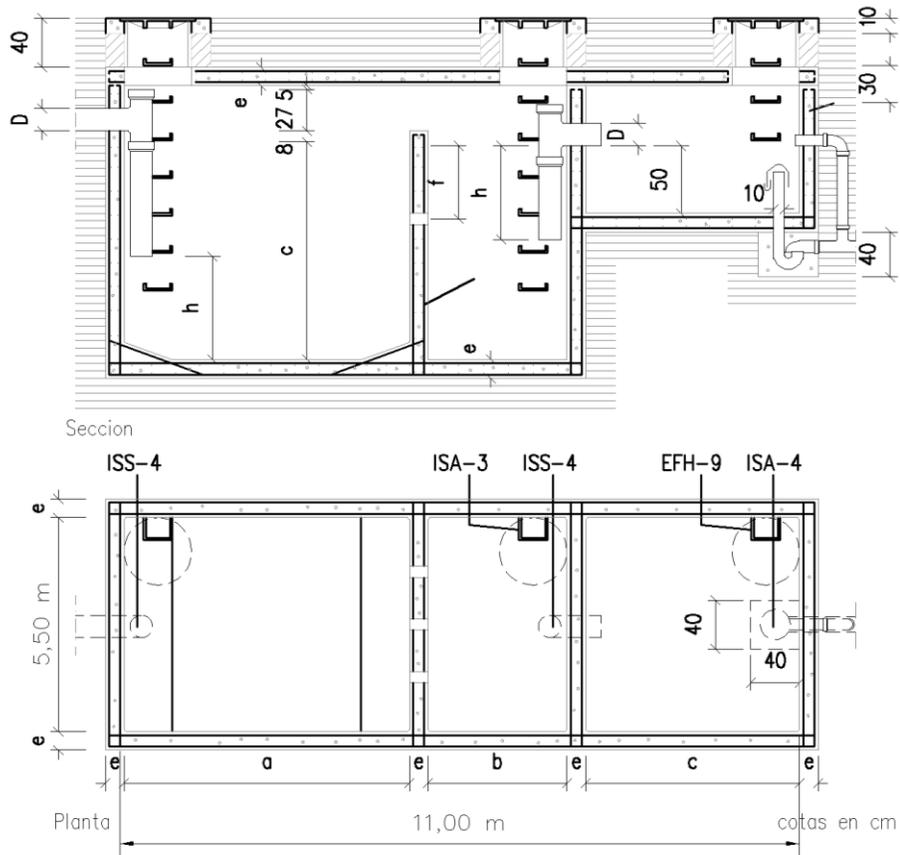
$$A = \sqrt{\frac{V}{2H}} = \sqrt{\frac{120,60 \text{ m}^3}{2 * 2\text{m}}} = 5,49 \text{ m} \approx 5,50 \text{ m}$$

$$\text{Como } L = 2A \rightarrow L = 2 (5,50) = 11,00 \text{ m}$$

Dimensiones útiles de fosa séptica son:

$$\text{Ancho} = 5,50 \text{ m, largo} = 11,00 \text{ m, lltura} = 2,00 \text{ m}$$

Figura 45. Ejemplo de fosa séptica



Fuente: MILTRE FRIAS, Edna Yadira. *Detalle constructivo para una fosa séptica.*

https://www.bibliocad.com/es/biblioteca/detalle-de-fosa-septica_9191/. Consulta mayo de 2019.

2.2.11.2. Pozos de absorción

Son parte integrante del sistema de fosa séptica para el retorno del agua de nuevo al medio ambiente. Para su diseño en primer término, se debe evaluar las propiedades de absorción del suelo con base en el caudal y velocidad que enviará, la fosa séptica, luego se define el área requerida.

El desfogue final de esta red de alcantarillado sanitario se dirigirá a cañadas para llegar a un cuerpo receptor, únicamente se hará tratamiento primario para eliminación de desechos sólidos.

2.2.12. Plan de operación y mantenimiento del sistema

La organización del plan de operación centra su atención en verificar las conexiones ilícitas realizadas al sistema de alcantarillado sanitario, la adecuada conexión de nuevos usuarios y daños que puedan existir en las líneas de conducción, además debe verificar el correcto funcionamiento de las fosas sépticas y desarrollar planes de reforestación a las zonas de desfogue.

El mantenimiento normalmente es de ciclo anual, el sistema trabaja por gravedad y no requiere de una operación específica, sin embargo, se debe hacer limpieza e inspección previa al invierno de tubería, pozos de visita, fosas sépticas y pozos de absorción. Los trabajos de mantenimiento consisten en:

- Vaciado de fosas sépticas y pozos de absorción: extracción del agua residual y lodos con bombas.
- Desazolve: consiste en la limpieza de tierra, hojas, ramas y basura de cualquier tipo que se acumulan dentro de las estructuras formando azove que dificulta la adecuada filtración del agua.
- Traslado y disposición final de los desechos a plantas de tratamiento.

Este trabajo debe ser comunitario y además tener la autoridad para solicitar a los vecinos reparaciones o correcciones a las conexiones domiciliarias por lo que debe ser el Consejo Comunitario de Desarrollo quien coordine esta actividad, pero debe ser prioritaria en sus funciones.

2.2.13. Elaboración de los planos finales del sistema

- Planta general topográfica y densidad de población.
- 5 planos de planta perfil de los ramales principales.
- Detalles.
-

2.2.14. Elaboración de presupuesto

Presupuesto basado en precios unitarios, tomando como referencia los precios de materiales que se cotizan en el municipio.

En relación a la mano de obra, tanto calificada como no calificada, se utilizaron los salarios mínimos vigentes en el año 2018 para el territorio nacional. Costos indirectos 30 % y prestaciones 49,84 %.

Tabla LV. Presupuesto alcantarillado sanitario

PRESUPUESTO ALCANTARILLADO SANITARIO					
ALDEA CHIPIACUL, PATZUN, CHIMALTENANGO					
No.	Descripción	Cantidad	Unidad de medida	Precio Unitario	Sub total
1	TRABAJOS PRELIMINARES				
1,1	TOPOGRAFÍA	4	Km	1 524,03	6 096,11
1,2	TRAZO DE ZANJAS Y NIVELES DE CORT	3060	ml	2,91	8 910,72
2	MOVIMIENTO DE TIERRAS				
2,1	EXCAVACIÓN	3000	metro cúbico	56,55	169 664,72
2,2	RELLENO	3000	metro cúbico	26,04	78 134,76
2,3	RETIRO DE MATERIAL Y LIMPIEZA	450	metro cúbico	38,44	17 300,07
3	RED DE ALCANTARILLADO				
3,1	TUBERIA Y ACCESORIOS PVC ø 6"	2952	ml	1 570,96	772 913,06
3,2	TUBERIA Y ACCESORIOS PVC ø 8"	120	ml	2 402,17	48 043,35
4	ACOMETIDAS DOMICILIARES				
4,1	CONECCIÓN DOMICILIAR PVC ø 6"	127	Unidad	3 237,00	411 098,44
4,2	CONECCIÓN DOMICILIAR PVC ø 8"	4	Unidad	4 403,22	17 612,88
5	POZOS DE VISITA				
5,1	PV PROUNDIDAD 1.00 - 2.50 m	52	Unidad	6 734,67	350 203,10
5,2	PV PROFUNDIDAD 2.50 - 4.00 m	4	Unidad	9 620,96	38 483,86
TOTAL					1 918 461,06

Fuente: elaboración propia.

2.2.15. Análisis socioeconómico

Consiste en identificar, cuantificar y valorar los beneficios y costos que surgen durante la ejecución y operación del proyecto, el impacto que tendrá el proyecto en función del bienestar socioeconómico del mismo.

Si los beneficios superan los costos se puede afirmar que la ejecución del proyecto es de beneficio para la comunidad. Es una herramienta que ayuda a

tomar decisiones que mejoren la eficiencia en la asignación del recurso. Permite opiniones objetivas sobre la conveniencia de realizar o no el proyecto.

2.2.15.1. Valor presente neto (VPN)

Se realiza a partir de un flujo de efectivo, trasladando todo al presente. Es una forma fácil de visualizar si los ingresos son mayores que los egresos efectuados con el proyecto. Permite determinar si una inversión cumple con el objetivo básico financiero: maximizar la inversión.

$$VPN = VP_{beneficios} - VP_{costos}$$

Los resultados posibles se interpretan así:

- Cuando es mayor que cero, se recupera la inversión, se obtiene la rentabilidad y además ganancias que es igual al VPN.
- Cuando es igual a cero, se recupera la inversión y se obtiene la rentabilidad deseada.
- Cuando es menor que cero, se evalúa según la tasa de interés y el porcentaje de ganancia.

Debido a que el proyecto de alcantarillado sanitario cumple con su objetivo de carácter social, con beneficio para la comunidad, no se contempla algún tipo de utilidad económica (no existe beneficio) hacia el ente municipal, los egresos se establecen como el costo total del proyecto.

$$VPN = 0 - 2\,234\,697,84$$

$$VPN = - Q\,2\,234\,697,84$$

2.2.15.2. Tasa interna de retorno (TIR)

Se define como la tasa de interés donde la persona que invierte tiene equilibrio, es decir, que los ingresos y egresos tengan el mismo valor, cuando se analiza una alternativa de inversión.

Siendo este proyecto de carácter social no es posible obtener una tasa interna de retorno atractiva; por lo que el análisis socioeconómico que se realiza a nivel municipal para este tipo de inversión es de costo/beneficio, el valor presente es igual a cero $VP = 0$, por lo que no es posible calcular la TIR (tasa interna de retorno).

2.2.16. Evaluación de impacto ambiental inicial

Toda construcción genera un impacto al medio ambiente, tal y como se describe en el inciso 2.1.8 y con base en el decreto 68-86, artículo 8, se desarrolla un estudio de evaluación del impacto ambiental, utilizando el formato del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, que genera la construcción del alcantarillado sanitario.

Debido a que anteriormente se presentó este instrumento se documentarán las características específicas de esta construcción.

La aplicación de este instrumento se describe a continuación:

Tabla LVI. **Formato de impacto ambiental inicial aplicado a la construcción del alcantarillado sanitario**



FORMATO	DVGA-GA-002
---------	-------------

**DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES
VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-**

EVALUACION AMBIENTAL INICIAL

ACTIVIDADES DE BAJO IMPACTO AMBIENTAL

(ACUERDO GUBERNATIVO 137-2016, REGLAMENTO DE EVALUACIÓN,
CONTROL Y SEGUIMIENTO AMBIENTAL Y SU REFORMA)

INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN
<p>El formato debe proporcionar toda la información solicitada en los apartados, de lo contrario ventanilla única no lo aceptará.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Completar el siguiente formato de Evaluación Ambiental Inicial, colocando una X en las casillas donde corresponda y debe ampliar con información escrita en cada uno de los espacios del documento, en donde se requiera. • Si necesita más espacio para completar la información, puede utilizar hojas adicionales e indicar el inciso o sub-inciso a que corresponde la información. • La información debe ser completada, utilizando letra de molde legible o a máquina de escribir. • Este formato también puede completarlo de forma digital, el MARN puede proporcionar copia electrónica si se le facilita el disquete, CD, USB; o bien puede solicitarlo a la siguiente dirección: yunica@marn.gob.gt • Todos los espacios deben ser completados, incluso el de aquellas interrogantes en que no sean aplicables a su actividad (explicar la razón o las razones por lo que usted lo considera de esa manera). • Por ningún motivo, puede modificarse el formato y/o agregarle los datos del proponente o logo(s) que no sean del MARN. 	<p>No. Expediente:</p> <p>Clasificación del Listado Taxativo</p> <p>Sección E División 37 Grupo 370</p> <p>CATEGORIAS DE PROYECTOS, OBRAS, INDUSTRIAS O ACTIVIDADES: 550 Diseño, construcción y operación de empresas que realizan proyectos de gestión de sistemas de alcantarillado, colectores subterráneos y de instalaciones de captación, tratamiento y eliminación de aguas residuales</p> <p>Clase 3700</p> <p>Firma y Sello de Recibido</p>
L. INFORMACION LEGAL	
<p>L1. Nombre del proyecto, obra, industria o actividad (OBLIGATORIAMENTE que tenga relación con la actividad a realizar):</p> <p style="text-align: center;">Sistema de alcantarillado sanitario</p>	
<p>1.1.2 Descripción del proyecto, obra o actividad para lo que se solicita aprobación de este instrumento. Construcción de un sistema de alcantarillado sanitario a la zona central de la Aldea Chipiacul, Patzún, Chimaltenango. El proyecto tendrá una longitud de xxxx m, con xx pozos de visita, beneficiando en 20 años a xxxx habitantes.</p>	
<p>L2. Información legal:</p> <p>A) Persona individual:</p> <p>A.1. Representante Legal: Calixto Ajú, Chirix, Alcalde Auxiliar y Rigoberto Canú Sicajan COCODE</p> <p>B) De la empresa:</p> <p>Razón social: Alcaldía auxiliar y COCODE de Aldea Chipiacul, Patzún, Chimaltenango</p>	
<p>L3 Teléfono Correo electrónico:</p>	
<p>L4 Dirección de donde se ubica la actividad: (identificando calles, avenidas, número de casa, zona, aldea, cantón, barrio o similar, así como otras delimitaciones territoriales; OBLIGATORIAMENTE indicar el municipio y departamento)</p>	

Continuación de la tabla LVI.



FORMATO	DVGA-GA-002
---------	-------------

DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES
VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-

Aldea Chipiactal, municipio de Patzún, departamento de Chimaltenango Especificar Coordenadas Geográficas		
<i>Coordenadas Geográficas Datum WGS84</i>		
Inicio Latitud N 14° 40' 02.11" Longitud O 91° 03' 43.37"	Final Latitud N 14° 40' 13.79" Longitud O 91° 01' 02.33"	
L5 Dirección para recibir notificaciones (dirección fiscal) (identificando calles, avenidas, número de casa, zona, aldea, cantón, barrio o similar, así como otras delimitaciones territoriales; OBLIGATORIAMENTE indicar el municipio y departamento) Aldea Chipiactal, municipio de Patzún, departamento de Chimaltenango		
L6 Si para consignar la información en este formato, fue apoyado por un profesional, por favor anote el nombre, profesión, número de teléfono y correo electrónico del mismo <p style="text-align: center;">Ing. Juan Merck Coa</p>		
II. INFORMACION GENERAL Se debe proporcionar una descripción de las actividades que serán efectuadas en el proyecto, obra, industria o actividad según etapas siguientes:		
II.1 Etapa de Construcción <ul style="list-style-type: none"> • Actividades a realizar <ul style="list-style-type: none"> ○ Excavación ○ Construcción ○ Relleno controlado • Insumos necesarios <ul style="list-style-type: none"> ○ Tubería PVC ○ Accesorios ○ Gasolina y Diesel ○ Lubricantes ○ Agua • Maquinaria <ul style="list-style-type: none"> ○ Retroexcavadoras ○ Vibrocompactadoras ○ Transporte de equipo ○ Transporte material • Otros de relevancia 	Operación <ul style="list-style-type: none"> • Actividades o procesos <ul style="list-style-type: none"> ○ La producción y manejo del sistema estará a cargo de la municipalidad 	Abandono <ul style="list-style-type: none"> • Acciones a tomar en caso de cierre <ul style="list-style-type: none"> ○ Al concluir la construcción deberán cerrarse y compactarse todas las zanjas, eliminar el material sobrante, corrección de calles y limpieza general
II.3 Área a) Área total de terreno en metros cuadrados: <u>3 000 m²</u> b) Área de ocupación del proyecto en metros cuadrados: <u>3 000 m²</u>		
II.4 Actividades colindantes al proyecto: NORTE <u>Zona poblada aldea</u> SUR <u>Acceso principal de la Aldea</u> ESTE <u>Zona escolar</u> OESTE <u>Zona poblada aldea</u>		

Continuación de la tabla LVI.



FORMATO	DVGA-GA-002
---------	-------------

DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES
VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-

Describir detalladamente las características del entorno (viviendas, barrancos, ríos, basureros, iglesias, centros educativos, centros culturales, etc.):

DESCRIPCION	DIRECCION (NORTE, SUR, ESTE, OESTE)	DISTANCIA AL PROYECTO
Viviendas particulares	Norte	Ancho de calle 6 mt
Viviendas particulares	Sur	Ancho de calle 6 mt
Calle principal de aldea	Sur	8 mt
Zona escolar	Este	50 mt
Viviendas particulares	Oeste	Ancho de calle 6 mt

II.5 Dirección del viento:

II.6 En el área donde se ubica la actividad, a qué tipo de riesgo ha estado o está expuesto?

- a) inundación () b) explosión () c) deslizamientos ()
 d) derrame de combustible () e) fuga de combustible () d) incendio () e) Otro ()

Detalle la información _____ Zona sin ningún tipo de riesgo

II.7 Datos laborales

- a) Jornada de trabajo: Diurna (X) Nocturna () Mixta () Horas Extras _____
 b) Número de empleados por jornada _____ Total empleados _____

II.8 USO Y CONSUMO DE AGUA, COMBUSTIBLES, LUBRICANTES, REFRIGERANTES, OTRO...

CONSUMO DE AGUA, COMBUSTIBLES, LUBRICANTES, REFRIGERANTES, OTROS...

	Tipo	Si/No	Cantidad/(mes día y hora)	Proveedor	Uso	Especificaciones u observaciones	Forma de almacenamiento
Agua	Servicio público	Si	30m ³ /mes	Municipal	En obra		Pipas
	Pozo						
	Agua especial						
	Superficial						
Combustible	Otro						
	Gasolina	Si		Privado	Maquinaria		Recipientes
	Diesel	Si		Privado	Maquinaria		Recipientes
	Bunkar						
	Glp	Si	1 /mes	Privado	Cocina		Cilindro
	Otro						
Lubricantes	Solubles	Si		Privado	Maquinaria		Recipientes
	No solubles						

Continuación de la tabla LVI.



FORMATO	DVGA-GA-002
---------	-------------

DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES
VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-

Refrigerantes							
Otros							

III. IMPACTO AL AIRE

GASES Y PARTICULAS

III.1 Las acciones u operaciones de la Actividad, producen gases o partículas (Ejemplo: polvo, vapores, humo, niebla, material particulado, etc.) que se dispersan en el aire? Ampliar la información e indicar la fuente de donde se generan?

Se generará polvo debido al movimiento de tierra, producido por la maquinaria.
Clasificación B1 - Alto a moderado impacto ambiental potencial.

MITIGACION

III.2 ¿Qué se está haciendo o qué se hará para evitar que los gases o partículas impacten el aire, el vecindario o a los trabajadores?
Por el impacto de polvo en el aire se controlarán los trabajos de construcción para evitar que se genere polvo en exceso. A los trabajadores se les proveerá equipo especial según actividad a desarrollar.

RUIDO Y VIBRACIONES

III.3 Las operaciones de la empresa producen sonidos fuertes (ruido), o vibraciones?

Se producirán vibraciones durante el proceso de compactación del terreno.
Para minimizar el impacto se restringirá el uso de maquinaria en horario diurno

III.4 En donde se genera el sonido y/o las vibraciones (maquinaria, equipo, instrumentos musicales, vehículos, etc.)

Se genera en el lugar de trabajo debido a la maquinaria pesada que realizará el movimiento de tierra y el equipo de compactación del terreno

III.5 ¿Qué se está haciendo o que acciones se tomarán para evitar que el ruido o las vibraciones afecten al vecindario y a los trabajadores?

El movimiento de tierra producido por la excavación y compactación de zanjas será por tramos
Únicamente se trabajará en días laborales y en horario diurno.
Los trabajadores serán proveídos con equipo especial

OLORES

III.6 Si como resultado de sus actividades se emiten olores (ejemplo: cocción de alimentos, aromáticos, solventes, etc.), explicar con detalles la fuente de generación y el tipo o características del o los olores:

III.7 Explicar que se está haciendo o se hará para evitar que los olores se dispersen en el ambiente?

IV. EFECTOS DE LA ACTIVIDAD EN EL AGUA

AGUAS RESIDUALES

CARACTERIZACION DE LAS AGUAS RESIDUALES

IV.1 Con base en el Acuerdo Gubernativo 236-2006, Reglamento de las Descargas y Re-uso de Aguas Residuales y de la Disposición de

Continuación de la tabla LVI.



FORMATO	DVGA-GA-002
---------	-------------

**DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES
VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-**

<p>OLORES</p> <p>III.6 Si como resultado de sus actividades se emiten olores (ejemplo: cocción de alimentos, aromáticos, solventes, etc.), explicar con detalles la fuente de generación y el tipo o características del o los olores: Ninguno</p> <p>III.7 Explicar que se está haciendo o se hará para evitar que los olores se dispersen en el ambiente?</p>
<p>IV. EFECTOS DE LA ACTIVIDAD EN EL AGUA</p> <p>AGUAS RESIDUALES</p> <p>CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES</p> <p>IV.1 Con base en el Acuerdo Gubernativo 236-2006, Reglamento de las Descargas y Re-uso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos, qué tipo de aguas residuales (aguas negras) se generan? a) Ordinarias (aguas residuales generadas por las actividades domésticas) b) Especiales (aguas residuales generadas por servicios públicos municipales, actividades de servicios, industriales, agrícolas, pecuarias, hospitalarias)</p> <p>Cualquiera que fuera el caso, explicar la información, indicando el caudal (cantidad) de aguas residuales generado Aguas residuales especiales Este criterio se define por la actividad de servicios públicos municipales y actividades de servicios Volumen estimado de aguas residuales = 5.10 litros / seg</p> <p>IV.2 Indicar el número de servicios sanitarios 9 servicios sanitarios en 3 áreas del edificio</p>
<p>TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES</p> <p>IV.3 Describir que tipo de tratamiento se da o se propone dar a las aguas residuales generadas por la actividad. (usar hojas adicionales) a) sistema de tratamiento 1. Conducción al sistema primario de aguas residuales</p>
<p>DESCARGA FINAL DE AGUAS RESIDUALES</p> <p>IV.4 Indique el punto de descarga de las aguas residuales, por ejemplo en pozo de absorción, colector municipal, río, lago, mar u otro e indicar si se le efectuó tratamiento de acuerdo con el numeral anterior</p> <p>El punto de descarga será a zanjones en lugar aislado El tratamiento primario a desarrollar será tratamiento primario y tanques de sedimentación</p>
<p>AGUA DE LLUVIA (AGUAS PLUVIALES)</p> <p>IV.5 Explicar la forma de captación de agua de lluvia y el punto de descarga de la misma (zanjones, ríos, pozos de absorción, alcantarillado, etc.) Captura y conducción por tubería a zanjones.</p>
<p>V. EFECTOS DE LA ACTIVIDAD SOBRE EL SUELO (Sistema estético y físico)</p> <p>DESECHOS SÓLIDOS</p> <p>VOLUMEN DE DESECHOS</p> <p>V.1 Especifique el volumen de desechos o desperdicios genera la actividad desarrollada:</p> <p><input type="checkbox"/> a) Similar al de una residencia 11 libras/día</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> b) Generación entre 11 a 222 libras/día</p> <p><input type="checkbox"/> c) Generación entre 222 libras y 1000 libras/día</p> <p><input type="checkbox"/> d) Generación mayor a 1000 libras por día</p>

Continuación de la tabla LVI.



FORMATO	DVGA-GA-002
---------	-------------

DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES
VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-

V.2 Además de establecer la cantidad generada de desechos sólidos, se deben caracterizar e indicar el tipo de desecho (basura común, desechos de tipo industrial o de proceso, desechos hospitalarios, orgánicos, etc.):
 Basura común.

V.3 Partiendo de la base que todos los Desechos Peligrosos, son todos aquellos que posean una o más de las características siguientes: corrosivos, reactivos, explosivos, tóxicos, inflamables, biológico infecciosos, se genera en su actividad algún tipo de desecho con estas características y en qué cantidad?
 Ningún tipo de basura de estas características

V.4 Se efectúa algún tipo de tratamiento de los desechos (comunes o peligrosos). Explicar el método y/o equipo utilizado
 Clasificación según material

V.5 Si los desechos se trasladan a otro lugar, para tratamiento o disposición final, indicar el tipo de transporte utilizado
 Se utilizará el sistema de recolección de basura que tiene la comunidad

V.6 Contempla la empresa algún mecanismo o actividad para disminuir la cantidad o el tipo de desechos generados, o bien evitar que éstos sean dispuestos en un botadero?
 Cuidar que el personal utilice botellas reciclables para agua y no bolsas o envases desechables

V.7 Indicar el sitio de disposición final de los desechos generados (comunes y peligrosos)
 Basurero municipal

VI. DEMANDA Y CONSUMO DE ENERGÍA

CONSUMO

VI.1 Consumo de energía por unidad de tiempo (KW/hr o KW/mes) _____

VI.2 Forma de suministro de energía
 a) Sistema público

VI.3 Dentro de los sistemas eléctricos de la empresa se utilizan transformadores, condensadores, capacitores o inyectores eléctricos?
 NO

VI.4 Qué medidas propone para disminuir el consumo de energía o promover el ahorro de energía?
 No programar trabajo nocturno

VII. POSIBILIDAD DE AFECTAR LA BIODIVERSIDAD (ANIMALES, PLANTAS, BOSQUES, ETC.)

VII.1 En el sitio donde se ubica la empresa o actividad, existen:
 - Bosques
 - Animales
 - Otros _____

Especificar información _____ En el terreno a desarrollar la construcción el área está totalmente libre de bosque

VII.2 La operación de la empresa requiere efectuar corte de árboles?
 Ningún corte de árboles

VII.3 Las actividades de la empresa, pueden afectar la biodiversidad del área? SI () NO (X) Por qué?

VIII. TRANSPORTE

VIII.1 En cuanto a aspectos relacionados con el transporte y parqueo de los vehículos de la empresa, proporcionar los datos siguientes:

a) Número de vehículos _____

b) Tipo de vehículo _____ Vehículos de carga y maquinaria

c) sitio para estacionamiento y área que ocupa _____ Campamento general, 2 000 m²

Continuación de la tabla LVI.



FORMATO	DVGA-GA-002
---------	-------------

**DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES
VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-**

<p>RECURSOS ARQUEOLÓGICOS Y CULTURALES</p> <p>IX.2 Con respecto de la actividad y los recursos culturales, naturales y arqueológicos, Indicar lo siguiente:</p> <p>a) <input checked="" type="checkbox"/> La actividad no afecta a ningún recurso cultural, natural o arqueológico _____</p> <p>b) <input type="checkbox"/> La actividad se encuentra adyacente a un sitio cultural, natural o arqueológico _____</p> <p>c) <input type="checkbox"/> La actividad afecta significativamente un recurso cultural, natural o arqueológico _____</p> <p>Ampliar información de la respuesta seleccionada</p>
<p>ASPECTOS SOCIAL</p> <p>IX.3. En algún momento se han percibido molestias con respecto a las operaciones de la empresa, por parte del vecindario? SI () NO (X)</p> <p>IX.4 Qué tipo de molestias?</p> <p>IX.5 Qué se ha hecho o se propone realizar para no afectar al vecindario?</p>
<p>PAISAJE</p> <p>IX.6 Cree usted que la actividad afecta de alguna manera el paisaje? Explicar por qué?</p> <p>La actividad afectará levemente el paisaje general, pero al término de la construcción quedará completamente limpio</p>
<p>X. EFECTOS Y RIESGOS DERIVADOS DE LA ACTIVIDAD</p> <p>X.1 Efectos en la salud humana de la población circunvecina:</p> <p>a) <input type="checkbox"/> la actividad no representa riesgo a la salud de pobladores cercanos al sitio</p> <p>b) <input checked="" type="checkbox"/> la actividad provoca un grado leve de molestia y riesgo a la salud de pobladores</p> <p>c) <input type="checkbox"/> la actividad provoca grandes molestias y gran riesgo a la salud de pobladores</p> <p>Del inciso marcado explique las razones de su respuesta, identificar que o cuales serían las actividades riesgosas: Generará molestias el polvo producido por el movimiento de tierras, pero ningún riesgo a la salud de los pobladores</p>
<p>X.3 riesgos ocupacionales:</p> <p><input type="checkbox"/> Existe alguna actividad que representa riesgo para la salud de los trabajadores</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> La actividad provoca un grado leve de molestia y riesgo a la salud de los trabajadores</p> <p><input type="checkbox"/> La actividad provoca grandes molestias y gran riesgo a la salud de los trabajadores</p> <p><input type="checkbox"/> No existen riesgos para los trabajadores</p> <p>Ampliar información: Provoca molestias el polvo y el riesgo por trabajar en zanjas, pero son de poca profundidad y protegidos los cortes.</p>
<p>Equipo de protección personal</p> <p>X.4 Se provee de algún equipo de protección para los trabajadores? SI (X) NO ()</p> <p>X.5 Detallar que clase de equipo de protección se proporciona: Casco, botas con punta de acero, lentes protectores y chaleco reflectivo</p> <p>X.6 ¿Qué medidas ha realizado ó que medidas propone para evitar las molestias o daños a la salud de la población y/o trabajadores?</p> <p>Realizar tramos cortos de zanjeo, trabajar en horario laboral y contratar mano de obra local para minimizar los traslados</p>

Fuente: Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.

CONCLUSIONES

1. Diseñar un centro de comercio basado en normas constructivas actualmente aceptadas, edificio que brindará a la comunidad un ambiente seguro y generará un alto valor comercial para la zona, logrando beneficios a toda la población, por lo que esta infraestructura beneficiará a 24 200 pobladores del área y tanto la alcaldía auxiliar como el COCODE y entidades deberán gestionar el financiamiento para llevarlo a la realidad en corto tiempo.
2. Proyectar una sede de operaciones administrativas y ambientes adecuados para instituciones públicas o privadas, impulsará la tecnificación de la producción, diversificará los servicios y desarrollará nuevos productos, llevando a la comunidad beneficios en educación, nuevas tecnologías que se traducirán en mejora de oportunidades.
3. Desarrollar un proyecto que apoye la salud de la comunidad es brindar calidad de vida, el sistema de alcantarillado sanitario protegerá a sus habitantes y al medio ambiente, beneficiando a 4 558 pobladores de la aldea, protegiéndolas de enfermedades, por lo que debe ser prioritario para las autoridades y entidades locales gestionar el financiamiento y hacer realidad el sistema de alcantarillado sanitario.
4. El diseño de estos proyectos se basó a la evaluación de necesidades por parte de los principales comités de la comunidad con el fin de mejorar las condiciones de vida, tanto económicos como de salud y la protección del medio ambiente.

RECOMENDACIONES

1. Capacitar a la alcaldía auxiliar, al Consejo de Desarrollo Comunitario y a entidades propias de la aldea Chipiacul
2. Capacitar al personal que estarán en campo para la correcta administración del edificio del mercado y también sobre la operación y mantenimiento del sistema de alcantarillado sanitario, dando alta prioridad a procesos de conservación del medio ambiente para lograr el mejor funcionamiento y seguridad a la comunidad y a los proveedores.
3. Implementar planes de mantenimiento para prolongar el tiempo de vida útil de los proyectos, formando comités de apoyo.
4. Realizar propuestas de educación sanitaria a los usuarios del sistema de alcantarillado sanitario, sobre el uso y manejo del sistema, velando por la correcta conexión de aguas negras y no de aguas pluviales.
5. El terreno destinado para el tratamiento de las aguas residuales debe ser reforestado, limpiado continuamente y de acceso restringido para resguardo de las instalaciones.

BIBLIOGRAFÍA

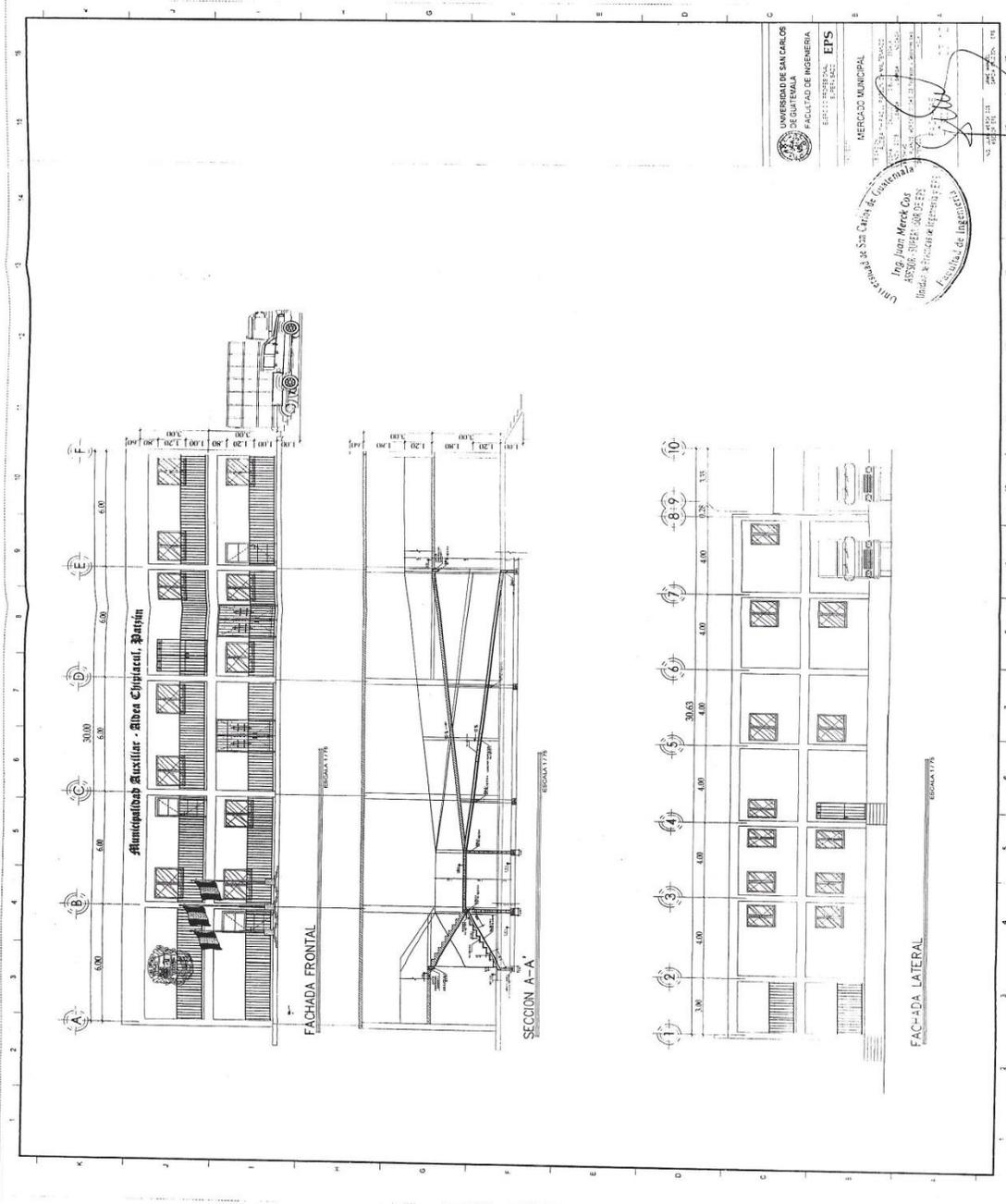
1. American Concrete Institute. *Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural. (ACI 318S-11)*. USA California: ACI, 2011. 541 p.
2. Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica. *Normas de seguridad estructural de edificaciones y obras de infraestructura para la República de Guatemala*. Guatemala: AGIES, 2010. 518 p.
3. BRAJA, Das. *Principio de ingeniería de cimentaciones*. México: International Thomson Editores, 2001. 862 p.
4. CABRERA RIEPELE, Ricardo Antonio. *Apuntes de Ingeniería Sanitaria 2*. Guatemala: USAC, 1989. 135p.
5. Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres (CONRED). *Manual de uso para la norma de reducción de desastres número dos. –NRD2-*. Guatemala, 2017. 46 p.
6. Instituto Nacional de Fomento Municipal. *Normas generales para el diseño de alcantarillados sanitarios para la República de Guatemala*. Guatemala: Infom, 2001. 30 p.
7. MCCORMAC, Jack. y BROWN, Rusell. *Diseño de concreto reforzado*. México: Alfaomega, 2008. 724 p.

8. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. *Primera aproximación al mapa de clasificación taxonómica de los suelos de la República de Guatemala* a escala 1:250,000, memoria técnica. Guatemala, 2000. 44 p.
9. RECINOS RODAS, Jorge Roberto. *Análisis y comparación de métodos de diseño para uniones y juntas más comunes resistentes a sismo en Guatemala*. Trabajo de graduación de Ing. Civil, Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala, 2014. 94 p.
10. RODRÍGUEZ SOZA, Luis Carlos. *Guía para las instalaciones sanitarias en edificios*. Trabajo de graduación de Ing. Civil, Facultad de Ingeniería Universidad de San Carlos de Guatemala, 2014. 127 p.
11. TOBÍAS, Hugo. *Cartografía de suelos en Guatemala*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, 2010. 34 p.

APÉNDICES

Apéndice 1. **Diseño de mercado municipal**

Fuente: elaboración propia



Municipalidad Auxiliar - Aldea Chupacul, Patate

FACHADA FRONTAL

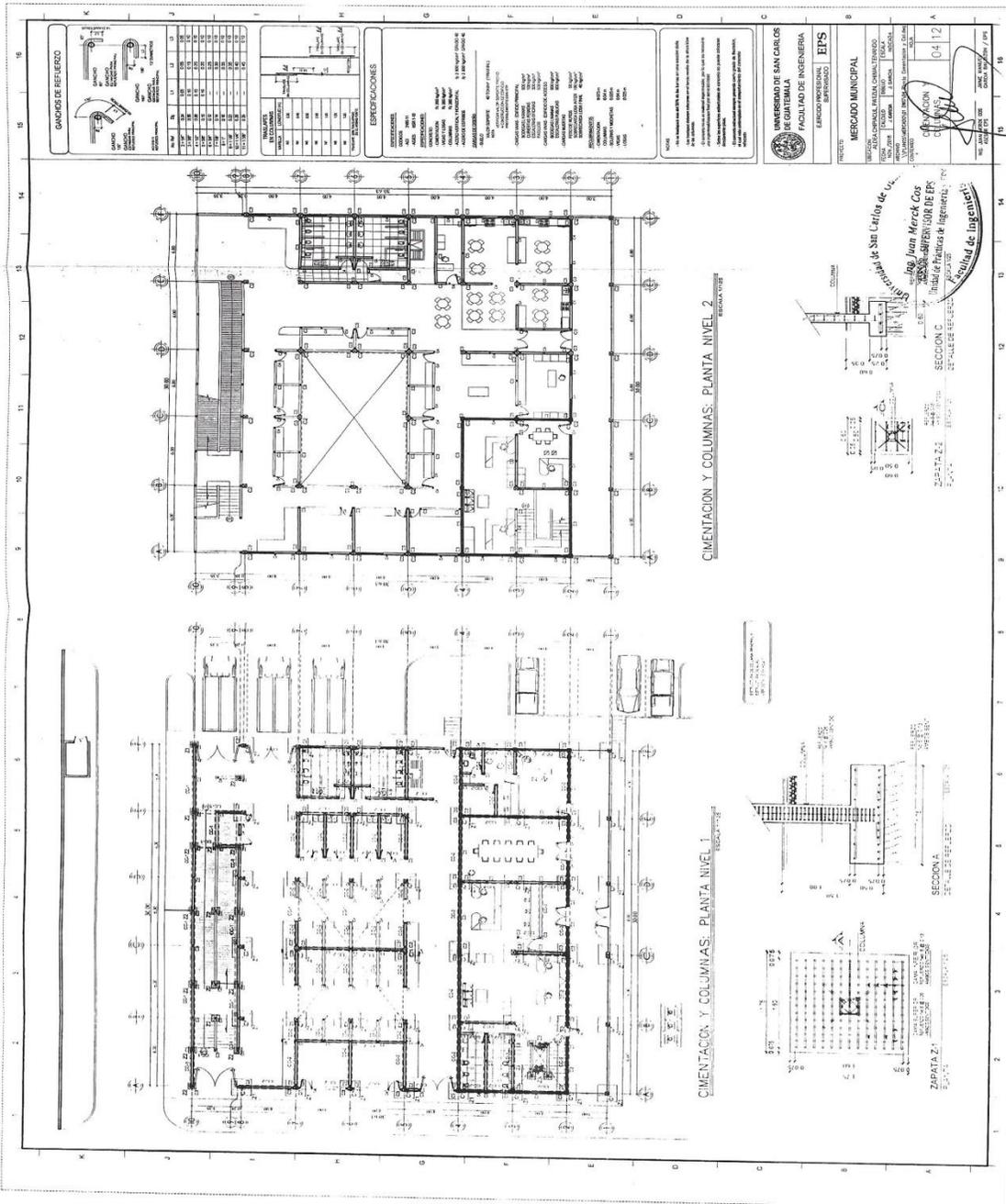
SECCION A-A

FACHADA LATERAL

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 EPS
 MERCADO MUNICIPAL

Universidad de San Carlos de Guatemala
 Ing. Juan Mendocoro
 45506-31945 - 400 DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería
 Facultad de Ingeniería

15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1



GAUCHOS DE REFUERZO

GAUCHO	TIPO	SECCION	LONGITUD	ANCHO	ESPESOR	ALCANTARILLA	OTRO
1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9
10	10	10	10	10	10	10	10
11	11	11	11	11	11	11	11
12	12	12	12	12	12	12	12
13	13	13	13	13	13	13	13
14	14	14	14	14	14	14	14
15	15	15	15	15	15	15	15
16	16	16	16	16	16	16	16

ESPECIFICACIONES

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD
1	CONCRETO	m ³	100
2	ACERO	kg	2000
3	FORMA	m ²	500
4	TRABAJO DE OBRERO	h	1000
5	TRABAJO DE MAESTRO	h	500
6	TRABAJO DE AYUDANTE	h	1000
7	TRABAJO DE ALBAÑIL	h	1000
8	TRABAJO DE CARPINTERO	h	500
9	TRABAJO DE ELECTRICISTA	h	500
10	TRABAJO DE PLUMBERO	h	500
11	TRABAJO DE PINTOR	h	500
12	TRABAJO DE SIDERISTA	h	500
13	TRABAJO DE SOLDADOR	h	500
14	TRABAJO DE TALLER	h	500
15	TRABAJO DE VEHICULO	h	500
16	TRABAJO DE MAQUINARIA	h	500
17	TRABAJO DE ALERQUE	h	500
18	TRABAJO DE ALBAÑIL	h	500
19	TRABAJO DE CARPINTERO	h	500
20	TRABAJO DE ELECTRICISTA	h	500
21	TRABAJO DE PLUMBERO	h	500
22	TRABAJO DE PINTOR	h	500
23	TRABAJO DE SIDERISTA	h	500
24	TRABAJO DE SOLDADOR	h	500
25	TRABAJO DE TALLER	h	500
26	TRABAJO DE VEHICULO	h	500
27	TRABAJO DE MAQUINARIA	h	500
28	TRABAJO DE ALERQUE	h	500
29	TRABAJO DE ALBAÑIL	h	500
30	TRABAJO DE CARPINTERO	h	500
31	TRABAJO DE ELECTRICISTA	h	500
32	TRABAJO DE PLUMBERO	h	500
33	TRABAJO DE PINTOR	h	500
34	TRABAJO DE SIDERISTA	h	500
35	TRABAJO DE SOLDADOR	h	500
36	TRABAJO DE TALLER	h	500
37	TRABAJO DE VEHICULO	h	500
38	TRABAJO DE MAQUINARIA	h	500
39	TRABAJO DE ALERQUE	h	500
40	TRABAJO DE ALBAÑIL	h	500
41	TRABAJO DE CARPINTERO	h	500
42	TRABAJO DE ELECTRICISTA	h	500
43	TRABAJO DE PLUMBERO	h	500
44	TRABAJO DE PINTOR	h	500
45	TRABAJO DE SIDERISTA	h	500
46	TRABAJO DE SOLDADOR	h	500
47	TRABAJO DE TALLER	h	500
48	TRABAJO DE VEHICULO	h	500
49	TRABAJO DE MAQUINARIA	h	500
50	TRABAJO DE ALERQUE	h	500

ESPECIFICACIONES

CONCRETO: M-2000, F-20, C-20, S-20, D-20, E-20, F-20, G-20, H-20, I-20, J-20, K-20, L-20, M-20, N-20, O-20, P-20, Q-20, R-20, S-20, T-20, U-20, V-20, W-20, X-20, Y-20, Z-20.

ACERO: A-60, B-60, C-60, D-60, E-60, F-60, G-60, H-60, I-60, J-60, K-60, L-60, M-60, N-60, O-60, P-60, Q-60, R-60, S-60, T-60, U-60, V-60, W-60, X-60, Y-60, Z-60.

FORMA: F-1, F-2, F-3, F-4, F-5, F-6, F-7, F-8, F-9, F-10, F-11, F-12, F-13, F-14, F-15, F-16, F-17, F-18, F-19, F-20.

TRABAJO DE OBRERO: O-1, O-2, O-3, O-4, O-5, O-6, O-7, O-8, O-9, O-10, O-11, O-12, O-13, O-14, O-15, O-16, O-17, O-18, O-19, O-20.

TRABAJO DE MAESTRO: M-1, M-2, M-3, M-4, M-5, M-6, M-7, M-8, M-9, M-10, M-11, M-12, M-13, M-14, M-15, M-16, M-17, M-18, M-19, M-20.

TRABAJO DE AYUDANTE: A-1, A-2, A-3, A-4, A-5, A-6, A-7, A-8, A-9, A-10, A-11, A-12, A-13, A-14, A-15, A-16, A-17, A-18, A-19, A-20.

TRABAJO DE ALBAÑIL: AL-1, AL-2, AL-3, AL-4, AL-5, AL-6, AL-7, AL-8, AL-9, AL-10, AL-11, AL-12, AL-13, AL-14, AL-15, AL-16, AL-17, AL-18, AL-19, AL-20.

TRABAJO DE CARPINTERO: C-1, C-2, C-3, C-4, C-5, C-6, C-7, C-8, C-9, C-10, C-11, C-12, C-13, C-14, C-15, C-16, C-17, C-18, C-19, C-20.

TRABAJO DE ELECTRICISTA: E-1, E-2, E-3, E-4, E-5, E-6, E-7, E-8, E-9, E-10, E-11, E-12, E-13, E-14, E-15, E-16, E-17, E-18, E-19, E-20.

TRABAJO DE PLUMBERO: P-1, P-2, P-3, P-4, P-5, P-6, P-7, P-8, P-9, P-10, P-11, P-12, P-13, P-14, P-15, P-16, P-17, P-18, P-19, P-20.

TRABAJO DE PINTOR: PI-1, PI-2, PI-3, PI-4, PI-5, PI-6, PI-7, PI-8, PI-9, PI-10, PI-11, PI-12, PI-13, PI-14, PI-15, PI-16, PI-17, PI-18, PI-19, PI-20.

TRABAJO DE SIDERISTA: S-1, S-2, S-3, S-4, S-5, S-6, S-7, S-8, S-9, S-10, S-11, S-12, S-13, S-14, S-15, S-16, S-17, S-18, S-19, S-20.

TRABAJO DE SOLDADOR: SO-1, SO-2, SO-3, SO-4, SO-5, SO-6, SO-7, SO-8, SO-9, SO-10, SO-11, SO-12, SO-13, SO-14, SO-15, SO-16, SO-17, SO-18, SO-19, SO-20.

TRABAJO DE TALLER: T-1, T-2, T-3, T-4, T-5, T-6, T-7, T-8, T-9, T-10, T-11, T-12, T-13, T-14, T-15, T-16, T-17, T-18, T-19, T-20.

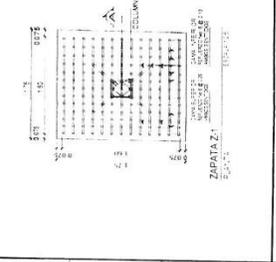
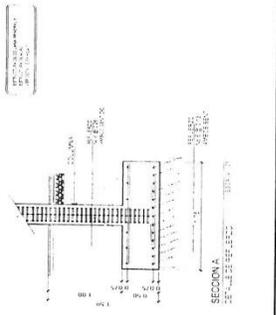
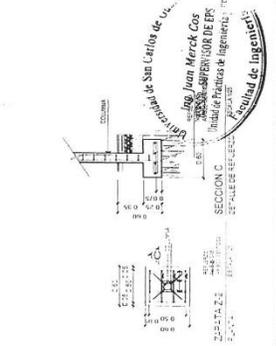
TRABAJO DE VEHICULO: V-1, V-2, V-3, V-4, V-5, V-6, V-7, V-8, V-9, V-10, V-11, V-12, V-13, V-14, V-15, V-16, V-17, V-18, V-19, V-20.

TRABAJO DE MAQUINARIA: MA-1, MA-2, MA-3, MA-4, MA-5, MA-6, MA-7, MA-8, MA-9, MA-10, MA-11, MA-12, MA-13, MA-14, MA-15, MA-16, MA-17, MA-18, MA-19, MA-20.

TRABAJO DE ALERQUE: AL-1, AL-2, AL-3, AL-4, AL-5, AL-6, AL-7, AL-8, AL-9, AL-10, AL-11, AL-12, AL-13, AL-14, AL-15, AL-16, AL-17, AL-18, AL-19, AL-20.

CIMENTACION Y COLUMNAS: PLANTA NIVEL 2

CIMENTACION Y COLUMNAS: PLANTA NIVEL 1



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA

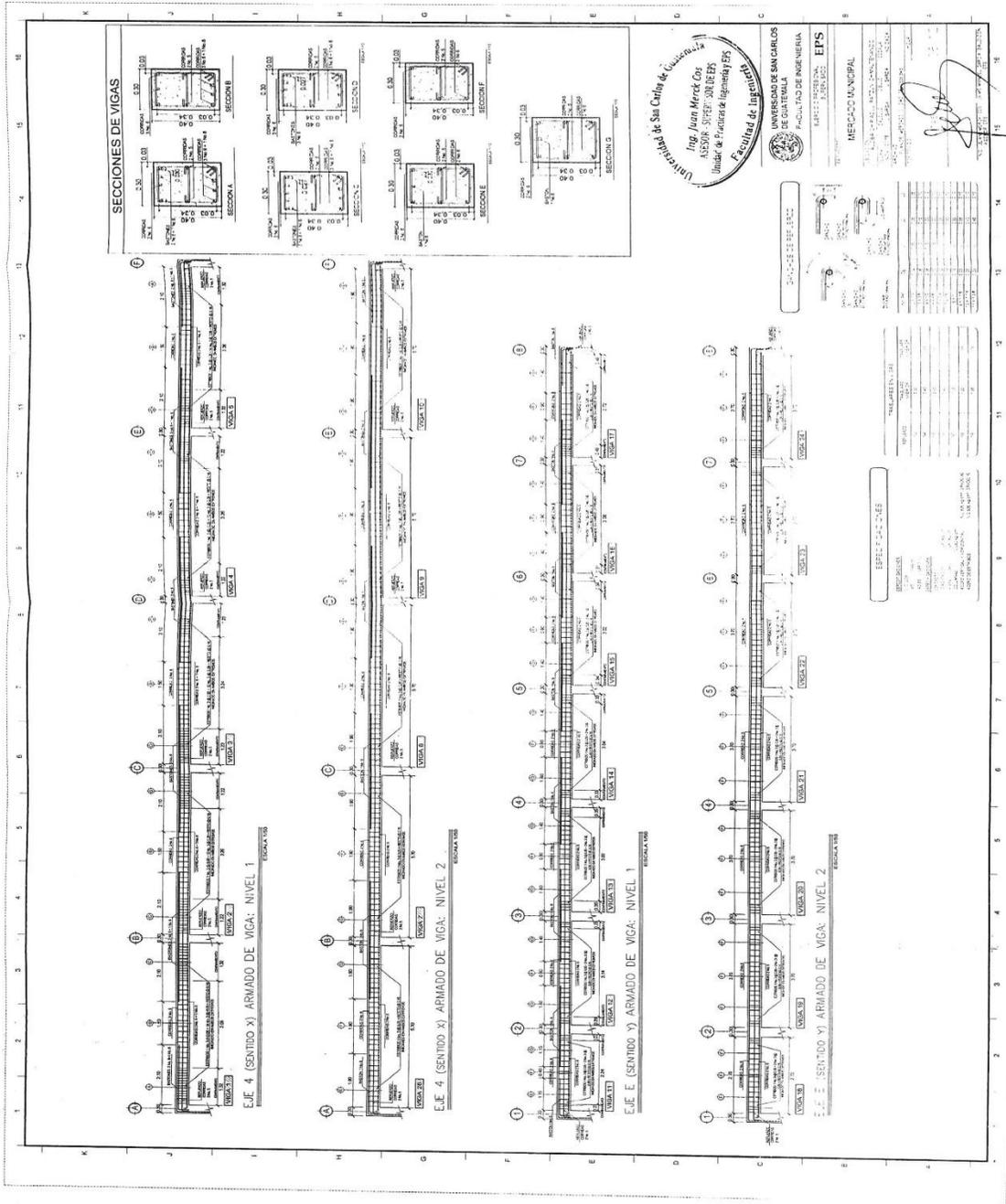
PROYECTO: MERCADO MUNICIPAL

CLIENTE: MUNICIPIO DE SAN CARLOS

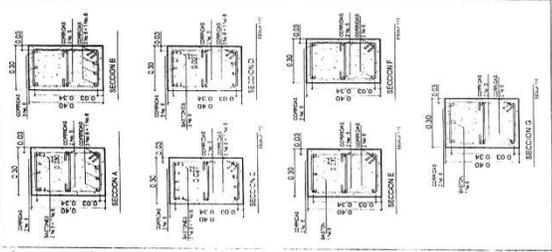
FECHA: 04/12

INGENIERO: [Signature]

NO. AUTORIZADO POR: [Signature]



SECCIONES DE VIGAS



EJE 4 (SENTIDO X) ARMADO DE VIGA: NIVEL 1

EJE 4 (SENTIDO X) ARMADO DE VIGA: NIVEL 2

EJE 5 (SENTIDO Y) ARMADO DE VIGA: NIVEL 1

EJE 5 (SENTIDO Y) ARMADO DE VIGA: NIVEL 2

Universidad de San Carlos de Guatemala
 Ing. Juan Merck Cor
 ASISTENTE TÉCNICO DE EPS
 Unidad de Estudios de Ingeniería EPS
 Facultad de Ingeniería



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
 FACULTAD DE INGENIERIA

EPS
 MERCADO MUNICIPAL

PROYECTO: MERCADO MUNICIPAL
 UBICACION: ZONA 1, CANTON DE SAN CARLOS, DEPARTAMENTO DE SAN CARLOS, GUATEMALA

FECHA: 15/05/2018
 ESCALA: 1:50

ESPECIFICACIONES

INDICACION	ESPECIFICACION
1	ACEROS: A-60
2	ACEROS: A-42
3	ACEROS: A-36
4	ACEROS: A-24
5	ACEROS: A-18
6	ACEROS: A-12
7	ACEROS: A-9
8	ACEROS: A-6
9	ACEROS: A-4
10	ACEROS: A-3
11	ACEROS: A-2
12	ACEROS: A-1

ESPELTO CALZONES

PROYECTO: MERCADO MUNICIPAL

INDICACION	ESPECIFICACION
1	ACEROS: A-60
2	ACEROS: A-42
3	ACEROS: A-36
4	ACEROS: A-24
5	ACEROS: A-18
6	ACEROS: A-12
7	ACEROS: A-9
8	ACEROS: A-6
9	ACEROS: A-4
10	ACEROS: A-3
11	ACEROS: A-2
12	ACEROS: A-1

PROYECTO: MERCADO MUNICIPAL
 UBICACION: ZONA 1, CANTON DE SAN CARLOS, DEPARTAMENTO DE SAN CARLOS, GUATEMALA

FECHA: 15/05/2018
 ESCALA: 1:50

PROYECTO: MERCADO MUNICIPAL
 UBICACION: ZONA 1, CANTON DE SAN CARLOS, DEPARTAMENTO DE SAN CARLOS, GUATEMALA

ESPELTO CALZONES

PROYECTO: MERCADO MUNICIPAL
 UBICACION: ZONA 1, CANTON DE SAN CARLOS, DEPARTAMENTO DE SAN CARLOS, GUATEMALA

FECHA: 15/05/2018
 ESCALA: 1:50

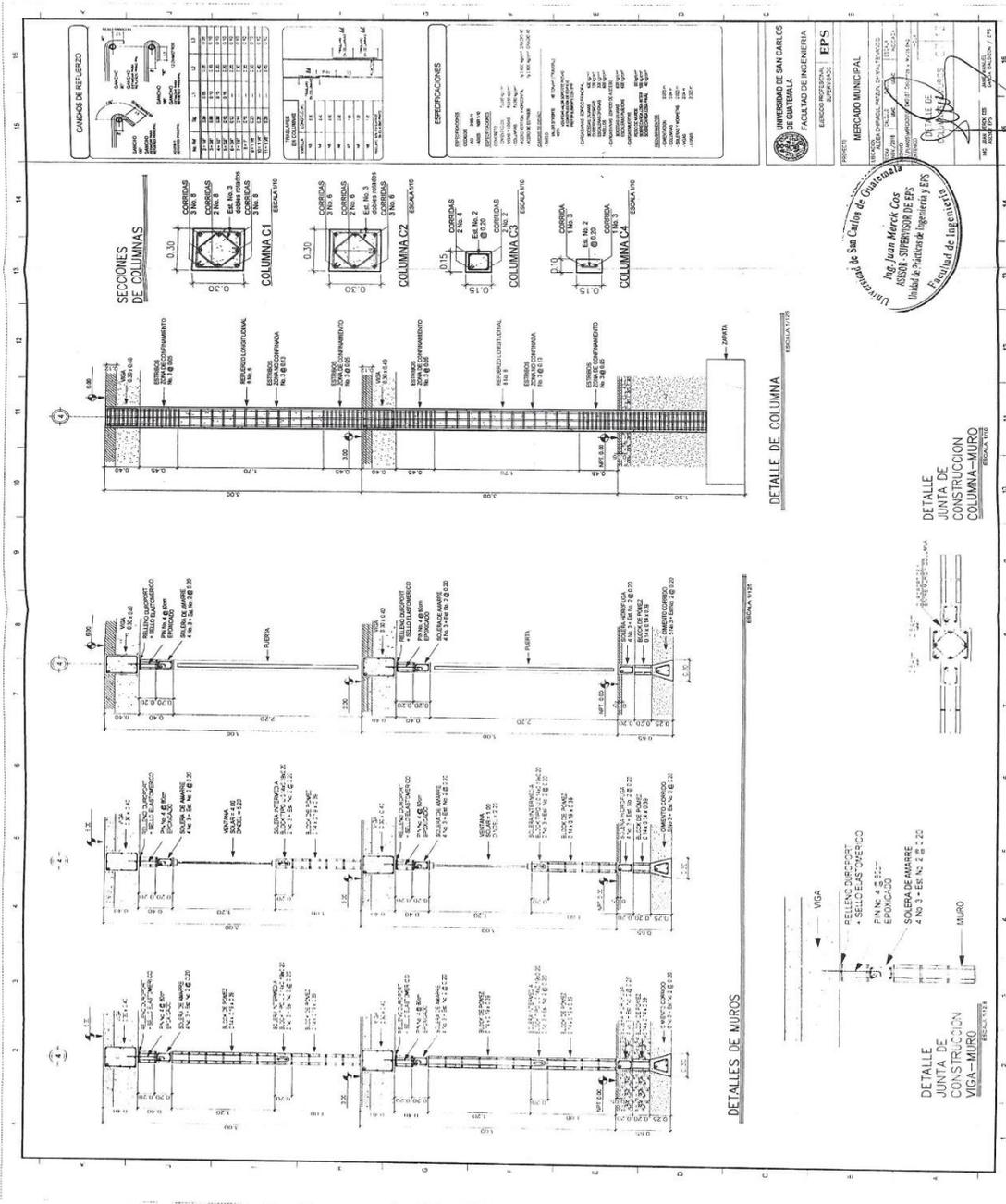
PROYECTO: MERCADO MUNICIPAL
 UBICACION: ZONA 1, CANTON DE SAN CARLOS, DEPARTAMENTO DE SAN CARLOS, GUATEMALA

FECHA: 15/05/2018
 ESCALA: 1:50

PROYECTO: MERCADO MUNICIPAL
 UBICACION: ZONA 1, CANTON DE SAN CARLOS, DEPARTAMENTO DE SAN CARLOS, GUATEMALA

FECHA: 15/05/2018
 ESCALA: 1:50

PROYECTO: MERCADO MUNICIPAL
 UBICACION: ZONA 1, CANTON DE SAN CARLOS, DEPARTAMENTO DE SAN CARLOS, GUATEMALA



GANDOS DE REFLEJO

SECCION	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
REFLEJO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

ESPECIFICACIONES

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD
1	CONCRETO	m ³	1.00
2	ACERO	kg	100.00
3

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
FACULTAD DE INGENIERIA

EPS

MERCADO MUNICIPAL

Ing. Juan Marco Cor
ASOR SUPLENTE DE EPS
Unidad de Prácticas de Ingeniería EPS

Facultad de Ingeniería

DETALLE JUNTA DE CONSTRUCCION COLUMNA-MURO

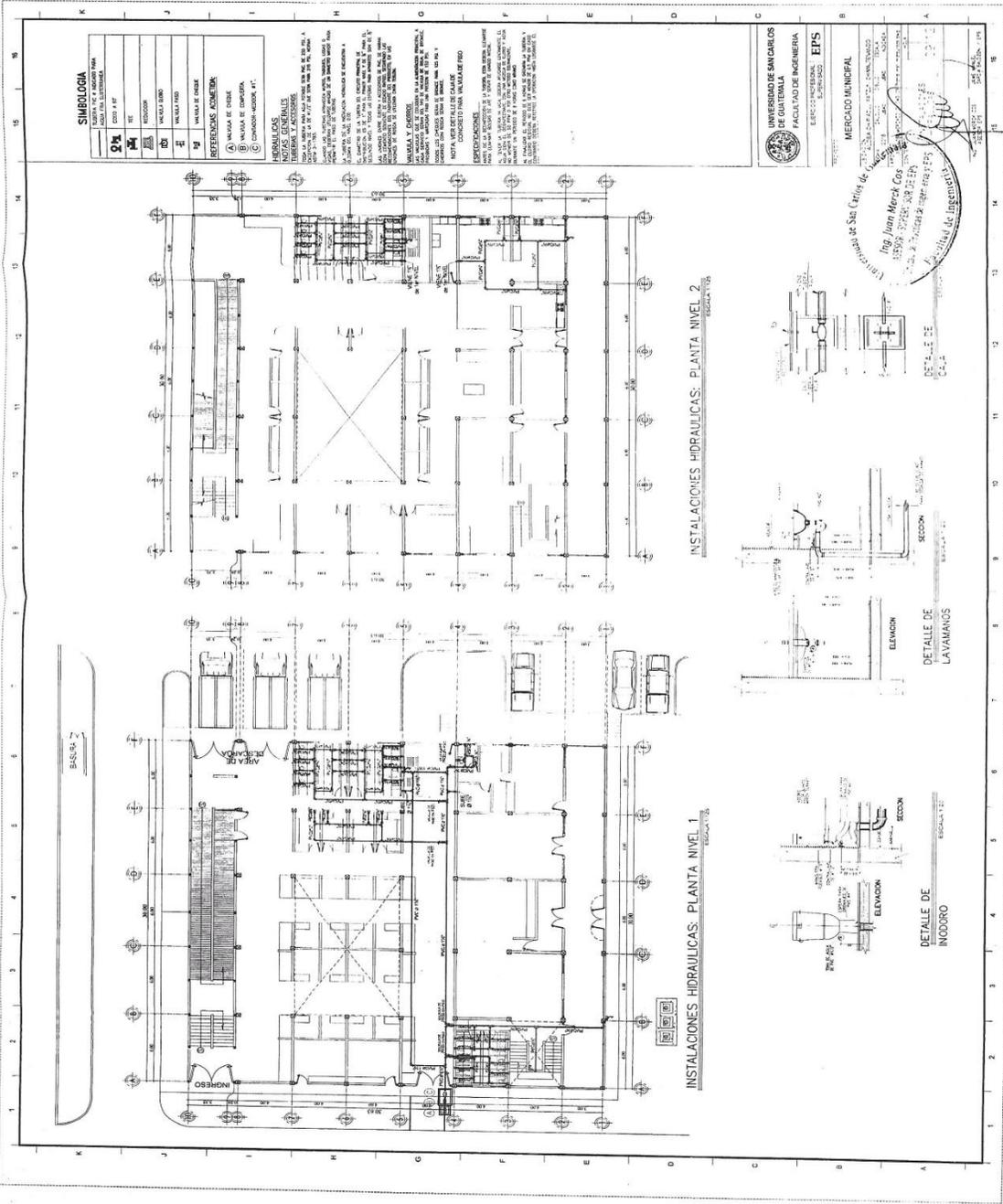
RELLENO DE SOPORTE
SELLO ELASTOMERICO
PIN N.º 4 x 8 L=20
EPÓXICO-20
SOLERA DE HIERRO
4 NO 3 - ES N.º 1 x 8 x 20
MURO

DETALLES DE MUROS

RELLENO DE SOPORTE
SELLO ELASTOMERICO
PIN N.º 4 x 8 L=20
EPÓXICO-20
SOLERA DE HIERRO
4 NO 3 - ES N.º 1 x 8 x 20
MURO

DETALLE JUNTA DE CONSTRUCCION VIGA-MURO

RELLENO DE SOPORTE
SELLO ELASTOMERICO
PIN N.º 4 x 8 L=20
EPÓXICO-20
SOLERA DE HIERRO
4 NO 3 - ES N.º 1 x 8 x 20
MURO



SIMBOLOGIA
 CANTIDAD DE CARGAS PARA
 AREA DE ELECTRICIDAD

0.5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
-----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----

REFERENCIAS CONECTIVAS:
 (A) ANEXO DE PLANOS
 (B) ANEXO DE PLANOS
 (C) ANEXO DE PLANOS

INDICACIONES:
 (1) ANEXO DE PLANOS
 (2) ANEXO DE PLANOS
 (3) ANEXO DE PLANOS

NOTA: VER DETALLE DE CARGAS
 EN EL ANEXO DE PLANOS
 EN EL ANEXO DE PLANOS
 EN EL ANEXO DE PLANOS

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
 DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA

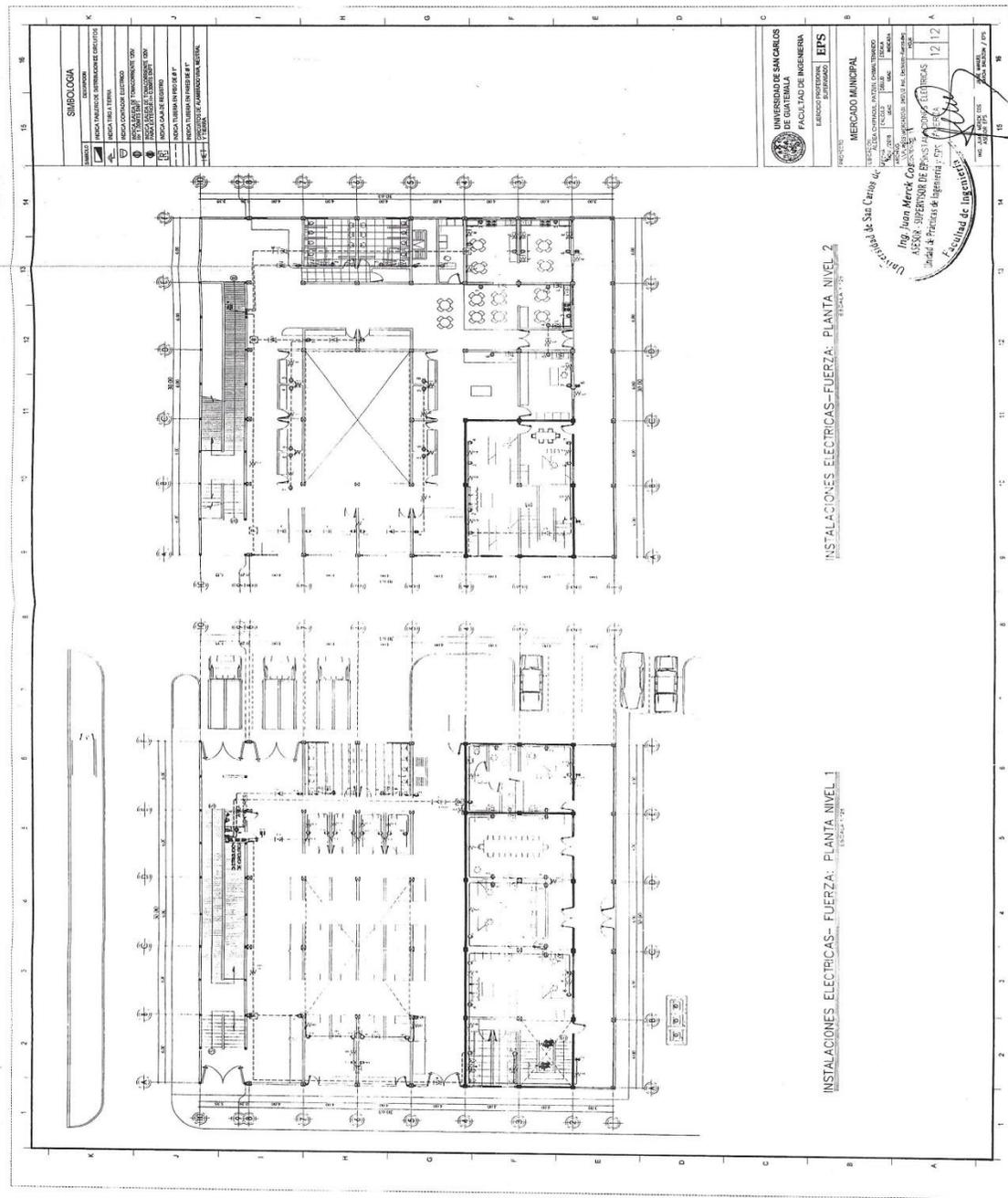
EPS
 EJERCICIO PROFESIONAL

MERCADO MUNICIPAL

Ing. Juan Merck Co.
 1939-2024, X87-2584
 Calle 2, Tercera y 4ta Av. 15-15
 Ciudad de Ingenieros

DESAE DE
 C.A. 2

15-15-15-15
 15-15-15-15
 15-15-15-15
 15-15-15-15



SIMBOLOGIA	
[Symbol]	INDICACION
[Symbol]	INDICACION DE ENTUBAMIENTOS CONDUCTOS
[Symbol]	INDICACION DE ENTUBAMIENTOS
[Symbol]	INDICACION DE ENTUBAMIENTOS CON ENTUBOS
[Symbol]	INDICACION DE ENTUBAMIENTOS CON ENTUBOS Y ENTUBOS
[Symbol]	INDICACION DE ENTUBAMIENTOS CON ENTUBOS Y ENTUBOS Y ENTUBOS
[Symbol]	INDICACION DE ENTUBAMIENTOS CON ENTUBOS Y ENTUBOS Y ENTUBOS Y ENTUBOS
[Symbol]	INDICACION DE ENTUBAMIENTOS CON ENTUBOS Y ENTUBOS Y ENTUBOS Y ENTUBOS Y ENTUBOS
[Symbol]	INDICACION DE ENTUBAMIENTOS CON ENTUBOS Y ENTUBOS Y ENTUBOS Y ENTUBOS Y ENTUBOS Y ENTUBOS

INSTALACIONES ELECTRICAS-FUERZA: PLANTA NIVEL 2

INSTALACIONES ELECTRICAS-FUERZA: PLANTA NIVEL 1

UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE CHILE
FACULTAD DE INGENIERIA

EPS

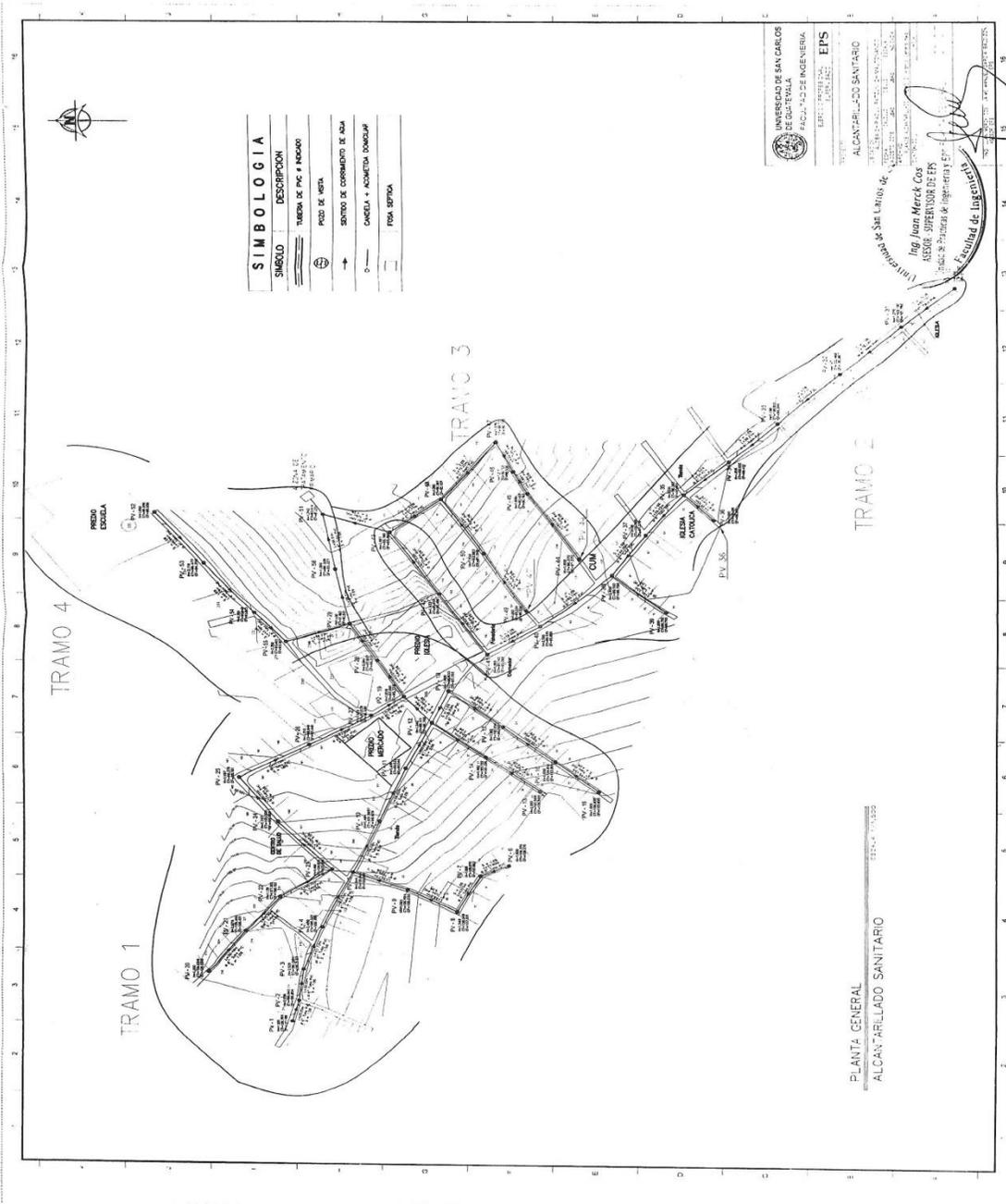
MERCADO MUNICIPAL

Ing. Juan Merck González
ASISTENTE DE ENSEÑANZA
Unidad de Prácticas de Ingeniería E-57

Escuela de Ingeniería

Apéndice 2. **Diseño de alcantarillado sanitario**

Fuente: elaboración propia



SIMBOLOGIA

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	TUBERIA DE PVC 4" ANCHURA
	POZO DE VENTA
	SECTOR DE TRATAMIENTO DE AGUA
	CANALCÍA + ACOMETIDA DOMICILIAR
	PISTA SEPTICA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
 FACULTAD DE INGENIERIA
 EPS
 ALCANTARILLADO SANITARIO
 Ing. Juan Merck Cos
 ASISTENTE SUPERVISOR DE EPS
 Oficina de Planeación de Ingeniería y EPS
 Facultad de Ingeniería

PLANTA GENERAL
 ALCANTARILLADO SANITARIO

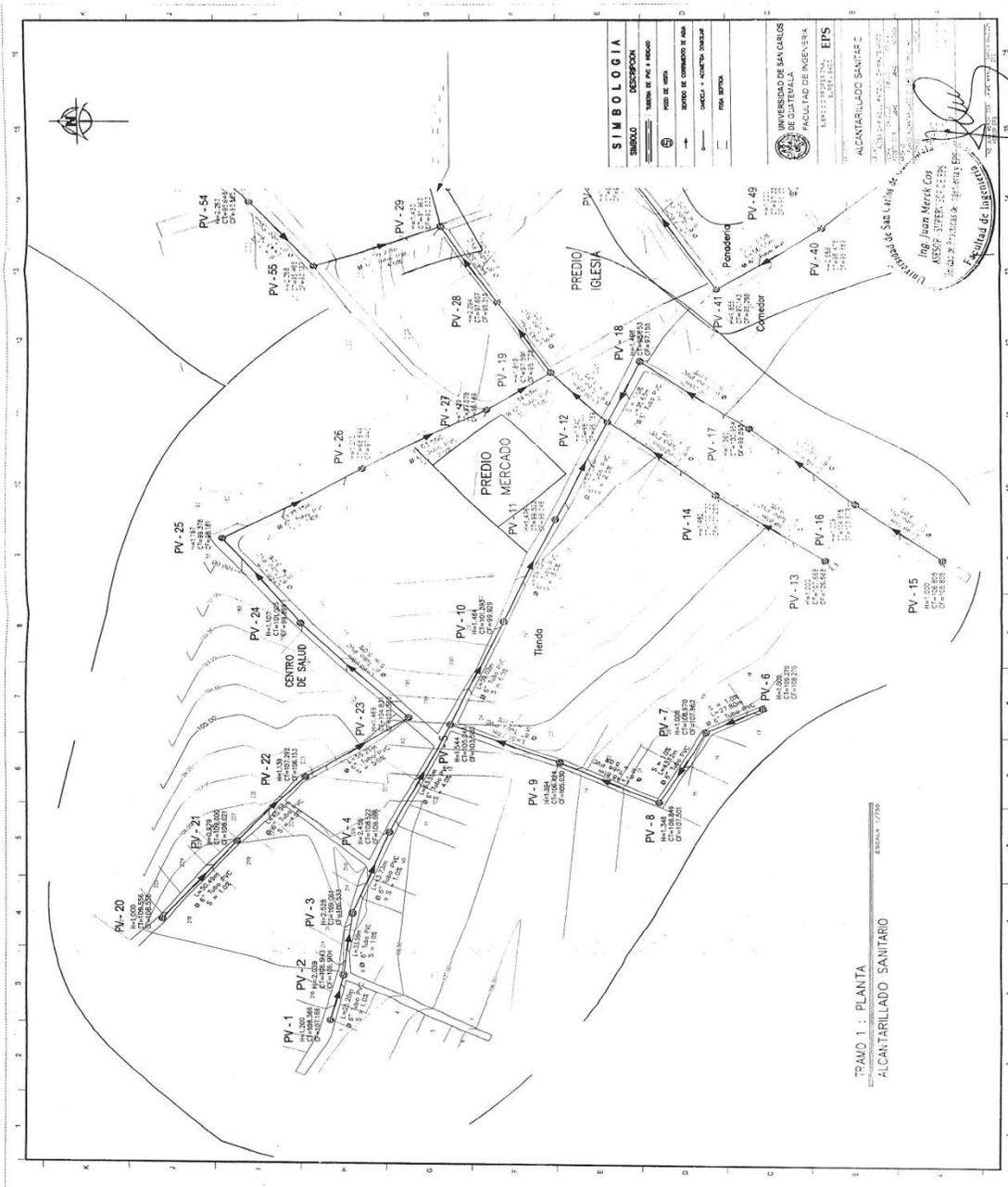
TRAMO 1

TRAMO 2

TRAMO 3

TRAMO 4





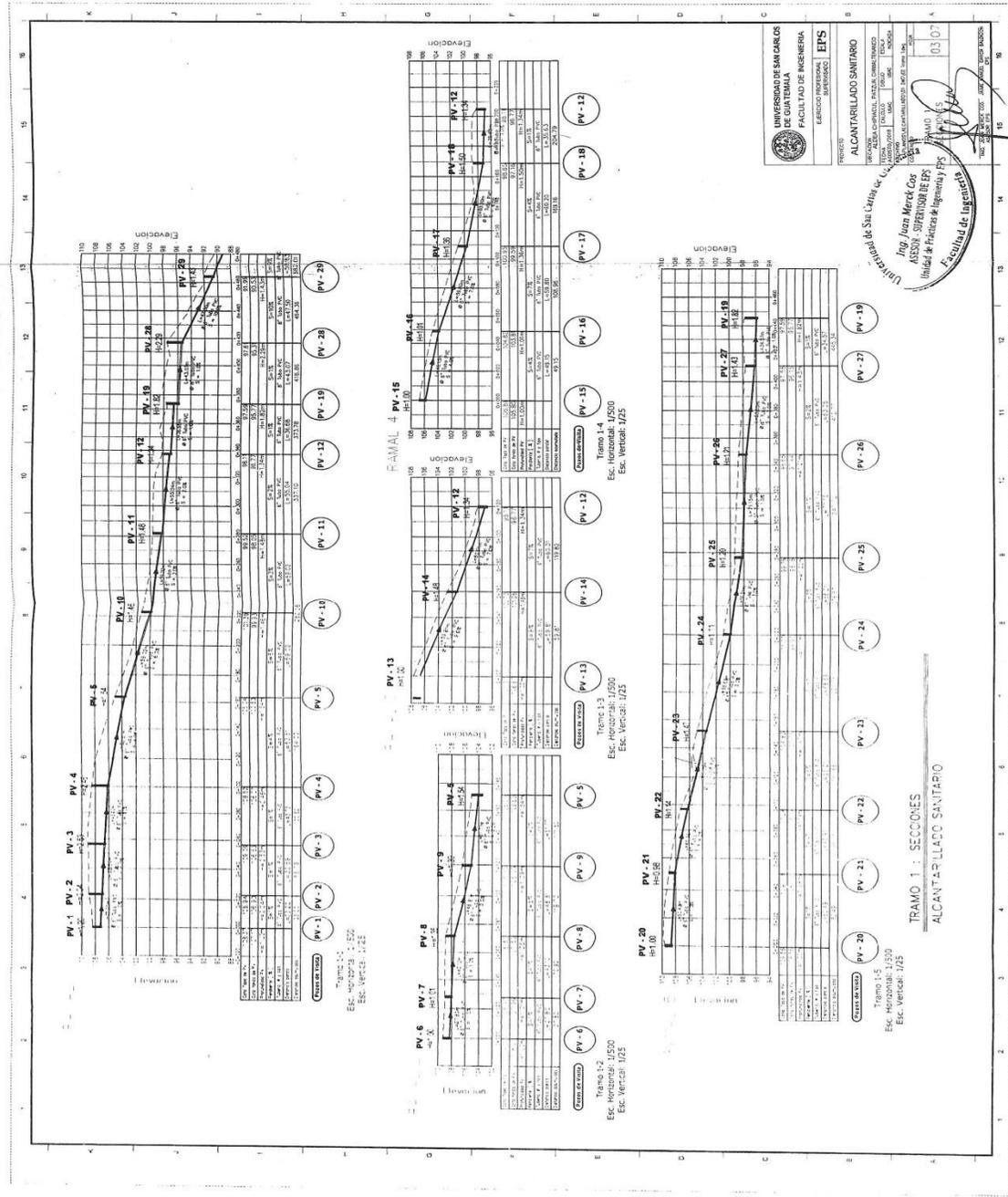
SIMBOLOGIA	
	DESCRIPCION
	MANO DE P.V. + REDONDO
	MANO DE VENTA
	SERVICIO DE COMANDO DE AGUA
	CARRETA + CUERNO VACIAR
	MANO EMPUJA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
 INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES
 FACULTAD DE INGENIERIA
 EPS
 ALCANTARILLADO SANITARIO C

TRAMO 1 : PLANTA
 ALCANTARILLADO SANITARIO

ESCALA: 1/7750

Ing. Juan Manuel Cos
 ANEP 1072825
 Facultad de Ingeniería
 Universidad de San Carlos



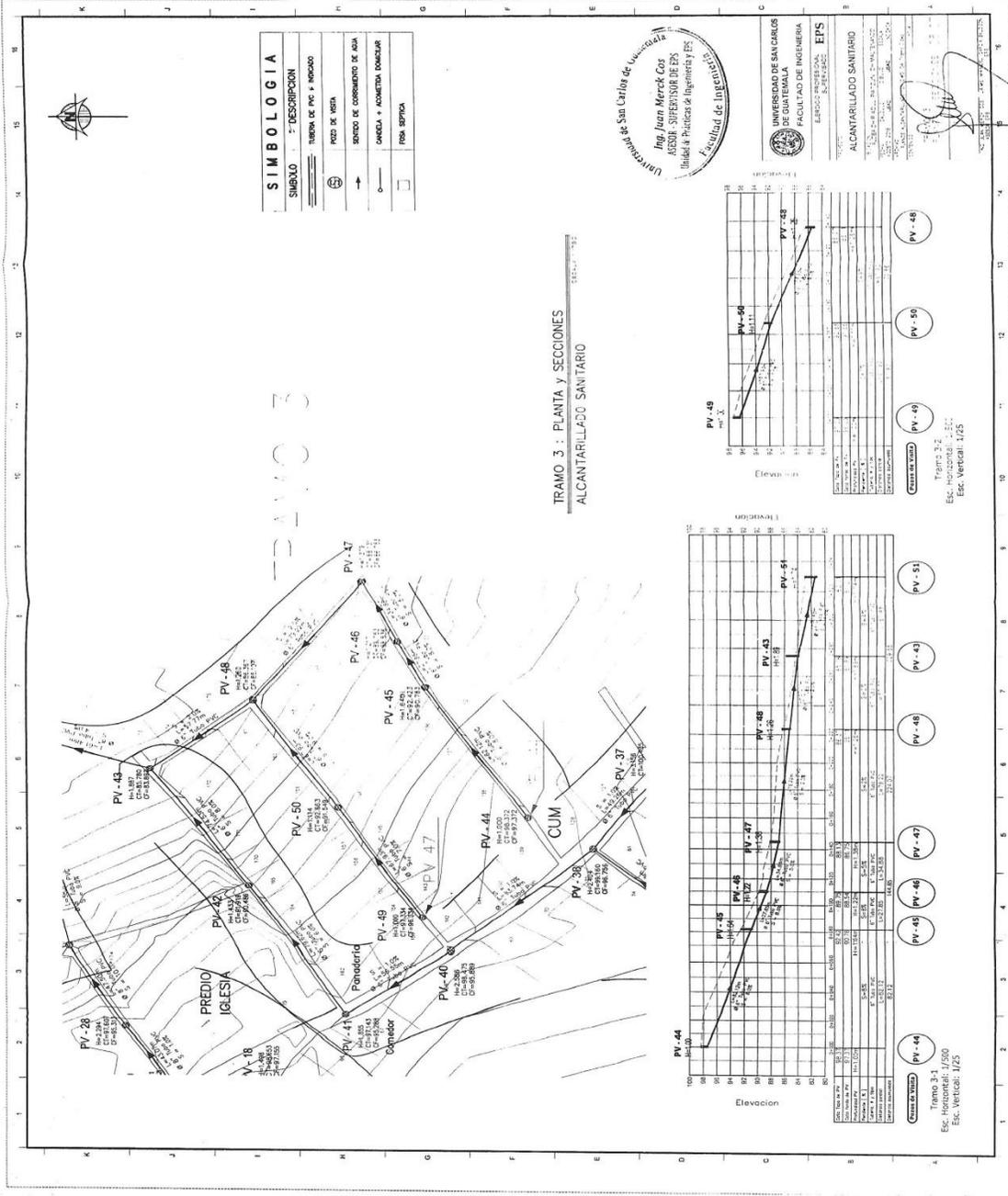
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
ERODIUM (PROFESOR) | EPS

ALCANTARILLADO SANITARIO

Ing. Juan Merck Cos
ASISTENTE SUPERVISOR DE EPS
Unidad de Prácticas e Ingeniería EPS
Escuela de Ingeniería

TRAMO 1 : SECCIONES
ALCANTARILLADO SANITARIO

003-07



SIMBOLOGIA

SIMBOLO	DESCRIPCION
	TUBERIA DE PVC e INODORO
	POZO DE VENTA
	SENDO DE CONEXION DE AGUA
	CANCHA e AZOMETRIA COMERCIAL
	POZA SEPTICA

TRAMO 3 : PLANTA Y SECCIONES
ALCANTARILLADO SANITARIO

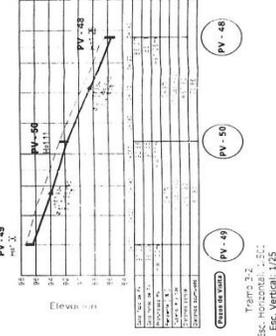
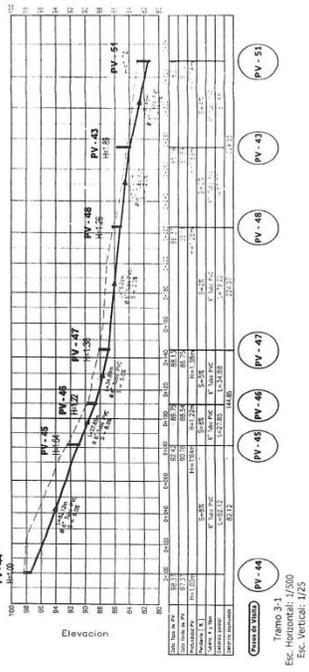


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EPOCOS - 2018-2020

ALCANTARILLADO SANITARIO

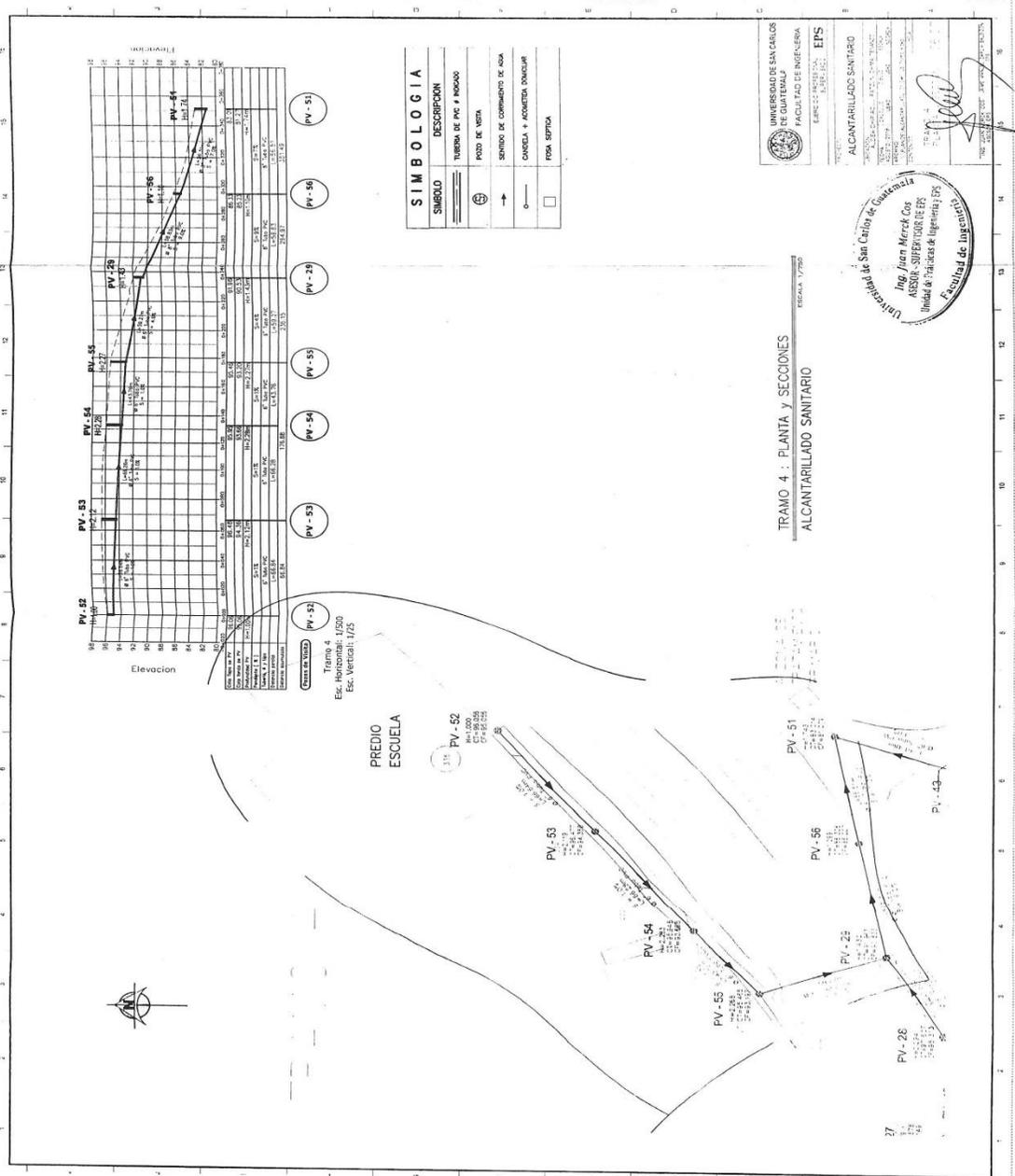
Tramo 3: PLANTA Y SECCIONES

Esc. Horizontal: 1:500
Esc. Vertical: 1/25



Tramo 3: PLANTA Y SECCIONES
Esc. Horizontal: 1:500
Esc. Vertical: 1/25

Tramo 2:
Esc. Horizontal: 1:500
Esc. Vertical: 1/25



SIMBOLOGIA	
SIMBOLO	DESCRIPCION
	TUBERIA DE PVC 4 POCOS
	POZO DE VENTA
	SERVIDO DE CONSUMO DE AGUA
	CANALERA + ACCOMETA DOMICILIAR
	FODA SEPTICA

TRAMO 4 : PLANTA y SECCIONES
ALCANTARILLADO SANITARIO

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EPS
ALCANTARILLADO SANITARIO

Universidad de San Carlos de Guatemala
Ing. Juan Merced Corzo
ASESOR SUPERVISOR DE OBRAS
Unidad de Prácticas de Ingeniería EPS
Facultad de Ingeniería (EPS)

Apéndice 3. Datos cálculo por método de Kani

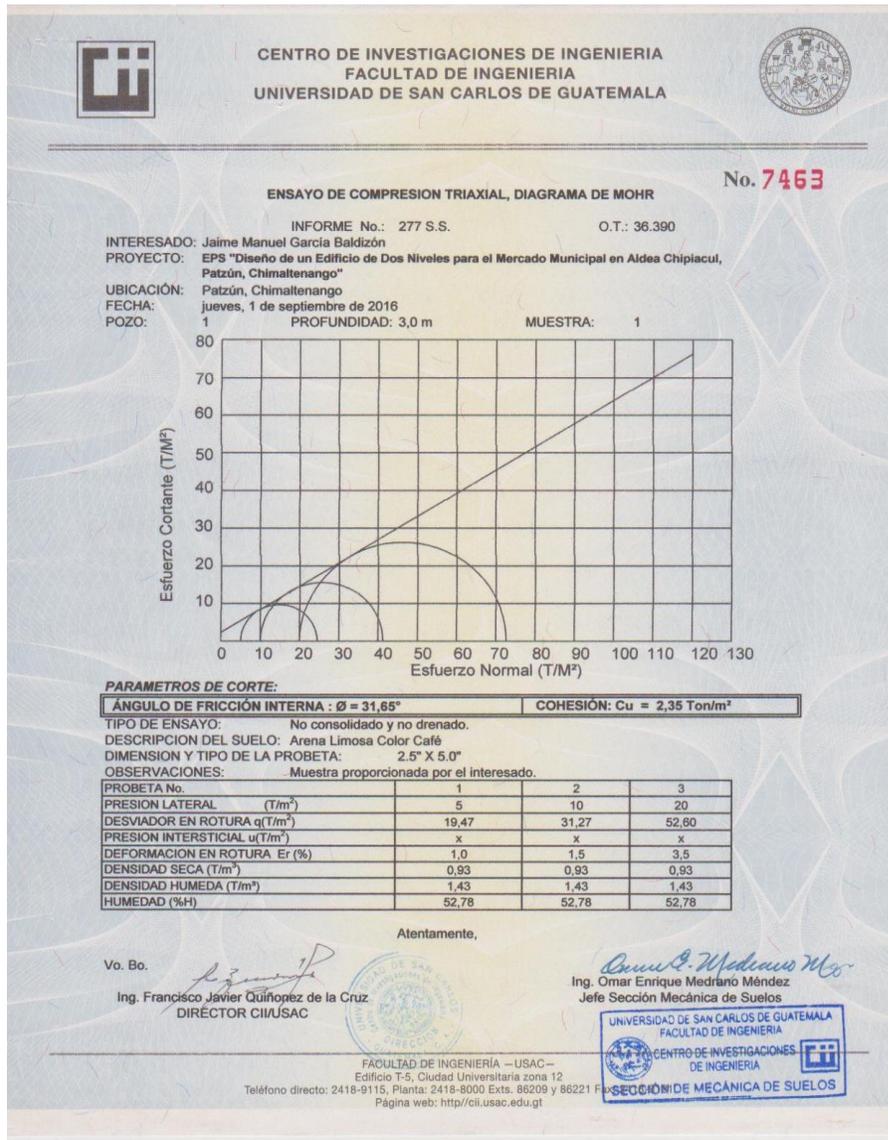
EJE 4 - CARGA SISMICA

FACTORES DE CORRIMIENTO O DESPLAZAMIENTO																			
$\bar{u} = -\frac{3}{2} * \left(\frac{K_{ik}}{\sum K_{in}} \right)$																			
A-G -0,25 G-M -0,25	B-H -0,25 H-N -0,25	C-I -0,25 I-O -0,25	D-J -0,25 J-P -0,25	E-K -0,25 K-Q -0,25	F-L -0,25 L-R -0,25														
FUERZA CORTANTE EN PISO						MOMENTOS DE PISO													
<table border="1" style="margin: auto;"> <tr><td>NIVEL 2</td><td>13900</td></tr> <tr><td>NIVEL 1</td><td>27680</td></tr> </table>						NIVEL 2	13900	NIVEL 1	27680	$M_n = \frac{Q_n * H_n}{3}$ <table border="1" style="margin: auto;"> <tr><td>NIVEL 2</td><td>13900</td></tr> <tr><td>NIVEL 1</td><td>41520</td></tr> </table>						NIVEL 2	13900	NIVEL 1	41520
NIVEL 2	13900																		
NIVEL 1	27680																		
NIVEL 2	13900																		
NIVEL 1	41520																		
RIGIDEZ DE LOS ELEMENTOS K=L																			
INERCIAS (I) $I = \frac{b * h^3}{12}$ I VIGA 1 0,0016 I COLUMNA 0,000675																			
RIGIDEZ EN VIGAS																			
A-B 0,00026667 G-H 0,00026667	B-A 0,00026667 H-G 0,00026667	B-C 0,00026667 H-I 0,00026667	C-B 0,00026667 I-H 0,00026667	C-D 0,00026667 I-J 0,00026667	D-C 0,00026667 J-I 0,00026667	D-E 0,00026667 J-K 0,00026667	E-D 0,00026667 K-J 0,00026667	E-F 0,00026667 K-L 0,00026667	F-E 0,00026667 L-K 0,00026667										
RIGIDEZ EN COLUMNAS																			
A-G 0,0002250 G-A 0,0002250	B-H 0,0002250 H-B 0,0002250	C-I 0,0002250 I-C 0,0002250	D-J 0,0002250 J-D 0,0002250	E-K 0,0002250 K-E 0,0002250	F-L 0,0002250 L-F 0,0002250	G-M 0,0001500 M-G 0,0001500	H-N 0,0001500 N-H 0,0001500	I-O 0,0001500 O-I 0,0001500	J-P 0,0001500 P-J 0,0001500	K-Q 0,0001500 Q-K 0,0001500	L-R 0,0001500 R-L 0,0001500								
FACTORES DE GIRO O COEFICIENTES DE REPARTO																			
$\mu = \frac{1}{2} \left[\frac{K}{\sum K} \right]$																			
VIGAS																			
A-B -0,27118644 G-H -0,20779221	B-A -0,17582418 H-G -0,14678899	B-C -0,17582418 H-I -0,14678899	C-B -0,17582418 I-H -0,14678899	C-D -0,17582418 I-J -0,14678899	D-C -0,17582418 J-I -0,14678899	D-E -0,17582418 J-K -0,14678899	E-D -0,17582418 K-J -0,14678899	E-F -0,17582418 K-L -0,14678899	F-E -0,27118644 L-K -0,20779221										
COLUMNAS																			
A-G -0,2288136 G-A -0,1753247	B-H -0,1483516 H-B -0,1238532	C-I -0,1483516 I-C -0,1238532	D-J -0,1483516 J-D -0,1238532	E-K -0,1483516 K-E -0,1238532	F-L -0,2288136 L-F -0,1753247	G-M -0,1168831 M-G 0	H-N -0,0825688 N-H 0	I-O -0,0825688 O-I 0	J-P -0,0825688 P-J 0	K-Q -0,0825688 Q-K 0	L-R -0,1168831 R-L 0								

Fuente: elaboración propia.

ANEXOS

Anexo 1. Estudio de suelos, ensayo de compresión triaxial



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería USAC.

