



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

**DISEÑO DEL EDIFICIO ANEXO EN EL INSTITUTO BÁSICO POR COOPERATIVA DE
PRADOS DE VILLA HERMOSA Y DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO
PARA GRANJAS LA JOYA, SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA**

Edgar René Soberanis López

Asesorado por el Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta

Guatemala, noviembre de 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

DISEÑO DEL EDIFICIO ANEXO EN EL INSTITUTO BÁSICO POR COOPERATIVA DE PRADOS DE VILLA HERMOSA Y DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA GRANJAS LA JOYA, SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

EDGAR RENÉ SOBERANIS LÓPEZ

ASESORADO POR EL ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA OCHAETA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, NOVIEMBRE 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 Ralón
VOCAL V	Br. Christian Daniel Estrada Santizo
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

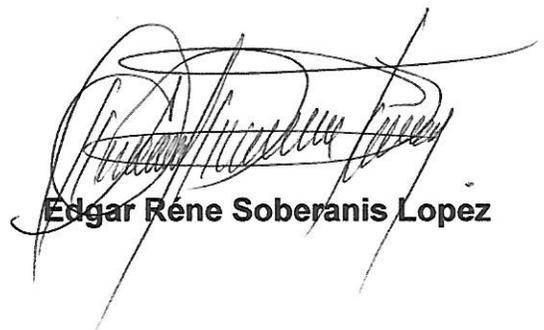
DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
EXAMINADORA	Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto
EXAMINADOR	Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

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 DEL EDIFICIO ANEXO EN EL INSTITUTO BÁSICO POR COOPERATIVA DE PRADOS DE VILLA HERMOSA Y DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA GRANJAS LA JOYA, SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 16 de septiembre de 2017.



Edgar René Soberanis Lopez



Guatemala, 12 de marzo de 2019
REF.EPS.DOC.249.03.2019

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

Estimado Ingeniero Argueta Hernández.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Edgar René Soberanis López, Registro Académico 201212936** y CUI 2180 43252 0101 de la Carrera de Ingeniería Civil, procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **DISEÑO DEL EDIFICIO ANEXO EN EL INSTITUTO BÁSICO POR COOPERATIVA DE PRADOS DE VILLA HERMOSA Y DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA GRANJAS LA JOYA, SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA.**

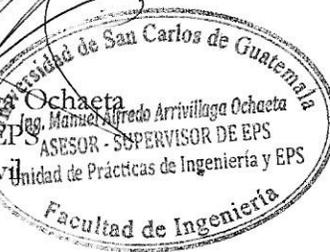
En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta
Asesor-Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Civil



c.c. Archivo
MAAO/ra



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA

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

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



Guatemala,
18 de marzo 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 DEL EDIFICIO ANEXO EN EL INSTITUTO BÁSICO POR COOPERATIVA DE PRADOS DE VILLA HERMOSA Y DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA GRANJAS LA JOYA, SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA** desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Edgar René Soberanis López con CUI 2180432520101 Registro Académico No. 201212936, quien contó con la asesoría del Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta.

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

Ing. civil, Luis Manuel Sandoval Mendoza
Jefe Del Departamento de Hidráulica



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
HIDRAULICA
USAC

/mrrm.



Más de 138 años de Trabajo y Mejora Continua



Guatemala,
20 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 DEL EDIFICIO ANEXO EN EL INSTITUTO BÁSICO POR COOPERATIVA DE PRADOS DE VILLA HERMOSA Y DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA GRANJAS LA JOYA, SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Edgar René Soberanis López, con Registro Estudiantil No. 201212936, quien contó con la asesoría del Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta.

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.





Guatemala, 24 de septiembre de 2019
REF.EPS.DOC.315.09.2019

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 DEL EDIFICIO ANEXO EN EL INSTITUTO BÁSICO POR COOPERATIVA DE PRADOS DE VILLA HERMOSA Y DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA GRANJAS LA JOYA, SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Edgar René Soberanis López, CUI 2180 43252 0101 y Registro Académico 201212936**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta.

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 Argueta Hernández
Director Unidad de EPS



OAH/ra



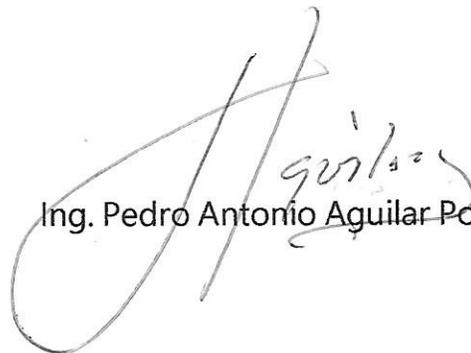
USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA

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

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen de el Asesor Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta y del Coordinador de E.P.S. Ing. Oscar Argueta Hernández, al trabajo de graduación del estudiante Edgar René Soberanis López Torres titulado **DISEÑO DEL EDIFICIO ANEXO EN EL INSTITUTO BÁSICO POR COOPERATIVA DE PRADOS DE VILLA HERMOSA Y DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA GRANJAS LA JOYA, SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA** da por este medio su aprobación a dicho trabajo.


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco



Guatemala, noviembre 2019

/mrrm.



Mas de 136 años de Trabajo y Mejora Continua



La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DEL EDIFICIO ANEXO EN EL INSTITUTO BÁSICO POR COOPERATIVA DE PRADOS DE VILLA HERMOSA Y DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA GRANJAS LA JOYA, SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario: **Edgar René Soberanis López**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.


Inga. Aurelia Anabela Cordova Es
Decana



Guatemala, Noviembre de 2019

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por ser la fuente de mi sabiduría y rector de mi vida.
Mis padres	Edgar Soberanis y Delma López, por ser los formadores de mi ética y moral, en el hermoso caminar de la vida.
Mi hermana	Sofía Soberanis, por ser una fuente de inspiración en el cumplimiento de mis metas.
Mis abuelos	Por ser un ejemplo y ser parte de fundamental de mi vida.
Mi familia	Tíos y primos por confiar en mí brindándome su cariño y entusiasmo en todo momento.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por brindarme las herramientas necesarias para ser una persona de provecho en la sociedad.
Facultad de Ingeniería	Por ser el lugar fomentador de nuevas ideas y pensamientos en mi vida.
Mis amigos de la Facultad	Por brindarme su amistad incondicional a lo largo de la carrera.
Municipalidad de San Miguel Petapa	Por darme la oportunidad de realizar mi Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), contribuyendo así a mi carrera profesional.
Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta	Por asesorarme durante la revisión de mi trabajo de graduación, y brindarme el apoyo incondicional durante la realización del EPS.
Ing. Juan Miguel Orellana Cámara	Por brindarme el apoyo incondicional para la realización de mi Ejercicio Profesional Supervisado y trabajo de graduación.

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 del municipio de San Miguel Petapa.....	1
1.1.1. Aspectos físicos.....	1
1.1.1.1. Ubicación.....	3
1.1.1.2. Localización.....	3
1.1.1.3. División política.....	3
1.1.1.4. Clima.....	5
1.1.1.5. Hidrografía.....	6
1.1.1.6. Orografía.....	6
1.1.1.7. Producción agrícola.....	6
1.1.1.8. Población.....	7
1.1.2. Aspectos de infraestructura.....	7
1.1.2.1. Vías de acceso.....	8
1.1.2.2. Servicios públicos.....	9
1.1.2.3. Organización comunitaria.....	9
1.2. Diagnóstico de las necesidades de los servicios básicos e infraestructura del municipio de San Miguel Petapa.....	10
1.2.1. Descripción de las necesidades.....	10

1.2.2.	Análisis y priorización de las necesidades	11
2.	DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA GRANJAS LA JOYA, SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA.....	13
2.1.	Descripción general del proyecto	13
2.2.	Levantamiento topográfico	14
2.2.1.	Planimetría	14
2.2.2.	Altimetría	14
2.3.	Partes de un alcantarillado	15
2.3.1.	Colector	15
2.3.2.	Pozos de visita	15
2.3.3.	Conexiones domiciliarias	16
2.4.	Periodo de diseño	16
2.5.	Población futura	16
2.6.	Determinación de los caudales	17
2.6.1.	Población tributaria	17
2.6.2.	Dotación	18
2.6.3.	Factor de retorno al sistema	18
2.6.4.	Caudal sanitario	18
2.6.5.	Caudal domiciliar	19
2.6.6.	Caudal industrial.....	20
2.6.7.	Caudal comercial.....	20
2.6.8.	Caudal por conexiones ilícitas	20
2.6.9.	Caudal por infiltración	21
2.6.10.	Caudal medio	21
2.6.11.	Factor de caudal medio	22
2.6.12.	Factor de Harmon.....	22
2.6.13.	Caudal de diseño.....	23
2.7.	Fundamentos hidráulicos	23

2.7.1.	Ecuación de Manning para flujo de canales	24
2.7.2.	Relaciones hidráulicas	25
2.8.	Parámetros de diseño hidráulico.....	26
2.8.1.	Coeficiente de rugosidad	26
2.8.2.	Sección llena y parcialmente llena	27
2.8.3.	Velocidades máximas y mínimas	29
2.8.4.	Diámetro del colector	29
2.8.5.	Profundidad del colector	30
2.8.6.	Profundidad mínima del colector	31
2.8.7.	Ancho de la zanja	31
2.8.8.	Volumen de excavación	32
2.8.9.	Cotas invert.....	33
2.8.10.	Ubicación de los pozos de visita	34
2.8.11.	Profundidad de los pozos de visita.....	35
2.8.12.	Características de las conexiones domiciliarias	35
2.8.13.	Diseño hidráulico	36
2.9.	Desfogue	41
2.10.	Elaboración de planos	42
2.11.	Presupuesto	42
2.12.	Evaluación ambiental.....	43
3.	DISEÑO DE EDIFICIO ANEXO EN EL INSTITUTO BÁSICO POR COOPERATIVA PRADOS DE VILLA HERMOSA, SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA	45
3.1.	Diseño de edificación escolar de dos niveles.....	45
3.1.1.	Descripción del proyecto.....	45
3.1.2.	Descripción del área disponible	46
3.1.3.	Estudio de suelos.....	46

3.1.3.1.	Determinación del valor soporte del suelo.....	46
3.1.4.	Normas para el diseño de edificios, según AGIES, Conred.....	51
3.1.4.1.	Criterios generales.....	51
3.1.4.2.	Criterios de conjunto.....	51
3.1.4.3.	Criterios de Iluminación	52
3.1.4.4.	Otros criterios	54
3.1.5.	Diseño arquitectónico	55
3.1.5.1.	Ubicación del edificio en el terreno	56
3.1.5.2.	Distribución de los ambientes	56
3.1.5.3.	Alturas del edificio.....	57
3.1.6.	Selección del sistema estructural a utilizar	57
3.1.6.1.	Predimensionamiento de elementos estructurales	58
3.1.6.2.	Cargas de diseño según AGIES	67
3.1.6.2.1.	Cargas verticales en marcos dúctiles con nudos rígidos	71
3.1.6.2.2.	Cargas horizontales en marcos rígidos dúctiles con nudos rígidos.....	77
3.1.6.3.	Fuerzas sísmicas.....	78
3.1.6.4.	Modelos matemáticos para marcos dúctiles con nudos rígidos	101
3.1.6.5.	Modelos matemáticos para marcos dúctiles por un método de análisis	

	estructural numérico y comprobación por medio de software.....	101
3.1.6.6.	Envolvente de momentos.....	133
3.1.6.7.	Diagrama de corte y momento	134
3.1.6.8.	Diseño de losas.....	139
3.1.6.9.	Diseño de vigas.....	169
3.1.6.10.	Diseño de columnas.....	181
3.1.6.11.	Diseño de gradas	195
3.1.6.12.	Diseño de nudo sísmico	199
3.1.6.13.	Diseño de cimentación	201
3.1.7.	Instalaciones.....	208
3.1.7.1.	Agua potable.....	208
3.1.7.2.	Drenajes.....	210
3.1.7.3.	Electricidad	213
3.1.7.4.	Planos	215
3.1.7.5.	Elaboración de presupuesto.....	215
3.1.7.6.	Evaluación de impacto ambiental	217
CONCLUSIONES.....		221
RECOMENDACIONES.....		223
BIBLIOGRAFÍA.....		225
APÉNDICES.....		227
ANEXOS		243

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Ubicación del sistema de alcantarillado sanitario	4
2.	Ubicación del edificio anexo al instituto por cooperativa	4
3.	Principio de sección de tubería de un canal abierto	24
4.	Sección llena y parcialmente llena de una tubería circular	28
5.	Volumen de excavación	33
6.	Iluminación natural	54
7.	Planta de conjunto de la edificación	60
8.	Planta típica de la edificación	62
9.	Área tributaria de columna más crítica	65
10.	Sección de columna	67
11.	Áreas tributarias de planta típica eje C	70
12.	áreas tributarias de planta típica eje 5	71
13.	Cargas muertas eje C	75
14.	Cargas vivas eje C	76
15.	Cargas muertas eje 5	76
16.	Cargas viva eje 5	77
17.	Comportamiento de la estructura ante un sismo	78
18.	Zonificación sísmica para Guatemala	81
19.	Sistema estructural	83
20.	Centro de masa segundo nivel	92
21.	Centro de masa primer nivel	94
22.	Diagrama de iteraciones cargas muertas, eje X	117
23.	Diagrama de momentos (Ton-m) vigas, carga muerta, eje X	127

24.	Diagrama de momentos (Ton-m), columnas carga muerta, eje X	127
25.	Diagrama de momentos (Ton-m) vigas, carga viva, eje X.....	128
26.	Diagrama de momentos (Ton-m) columnas, carga viva, eje X.....	128
27.	Diagrama de momentos (Ton-m) vigas, carga sismo, eje X.....	129
28.	Diagrama de momentos (Ton-m) vigas, carga sismo, eje X.....	129
29.	Diagrama de momentos (ton-m) carga muerta, eje x.....	132
30.	Diagrama de momentos (ton-m) carga viva, eje x.....	132
31.	Diagrama de momentos últimos (ton-m) para vigas, marco del eje X	134
32.	Diagrama de momentos últimos (ton-m) para columnas, marco del eje X	135
33.	Diagrama de momentos últimos (ton-m) para vigas, marco del eje Y	135
34.	Diagrama de momentos últimos (ton-m) para columnas, marco del eje Y	136
35.	Diagrama de cortantes finales (ton) en vigas, eje X.....	137
36.	Diagrama de cortantes finales (ton-m) en columnas, eje X.....	138
37.	Diagrama de cortante finales (ton-m) en vigas, eje Y.....	138
38.	Diagrama de cortantes finales (ton-m) en columnas, eje Y	139
39.	Distribución de losas y coeficientes, primer nivel	140
40.	Distribución de losas y coeficientes, segundo nivel.....	141
41.	Losa 1.....	143
42.	Losa 2.....	143
43.	Losa 4.....	144
44.	Losa 5.....	145
45.	Losa 6.....	146
46.	Losa 8.....	147
47.	Losa 10.....	148
48.	Losa 11.....	149
49.	Losa 14.....	150
50.	Balance de momentos entre losas 1 y 2	151

51.	Balance de momentos entre losas 4 y 9.....	152
52.	Balance de momentos entre losas 1 y 5.....	152
53.	Balance de momentos entre losas 2 y 6.....	153
54.	Diagrama de losas balanceadas (kg-m) primer nivel.....	153
55.	Losa 1, caso 4.....	159
56.	Losa 2, caso 8.....	160
57.	Losa 4, caso.....	161
58.	Losa 6, caso 9.....	162
59.	Losa 7, caso 2.....	163
60.	Losa 9, caso 2.....	164
61.	Losa 11, caso 4.....	165
62.	Losa 12, caso 8.....	166
63.	Losa 14, caso 8.....	167
64.	Diagrama de losas balanceadas (kg-m) segundo nivel	168
65.	Viga F-E.....	169
66.	Elástica del eje X.....	171
67.	Elástica del eje Y.....	172
68.	Diagrama de momentos dado	173
69.	Detalle de armado longitudinal, viga F-E	177
70.	Detalle de armado transversal, viga F-E	177
71.	Sección transversal de la columna	194
72.	Detalle de armado de la columna.....	195
73.	Abaco para cálculo de tuberías agua fría	210

TABLAS

I.	Aspectos meteorológicos de San Miguel Petapa	5
II.	Coeficientes de rugosidad en tuberías para alcantarillados.....	27
III.	Profundidades de la tubería	30

IV.	Ancho de zanja en función de la profundidad y diámetro de tubería	32
V.	Presupuesto de alcantarillado Granjas La Joya	43
VI.	Valor soporte según tipo de suelo.....	50
VII.	Coeficientes de reflexión en la superficie de elementos constructivos.....	53
VIII.	Características de diseño por color.....	55
IX.	Alturas o espesores mínimos de vigas no preesforzadas en una sola dirección.....	59
X.	Cargas vivas de diseño según AGIES 2010	68
XI.	Tabla de amenaza sísmica en San Miguel Petapa	82
XII.	Coeficiente de sitio F_a	84
XIII.	Coeficiente de sitio F_v	85
XIV.	Factor N_a para periodos cortos de vibración.....	85
XV.	Factor N_v para periodos largos de vibración.	85
XVI.	Distribución de fuerzas verticales sismo	89
XVII.	Centro de masa segundo nivel eje x.....	90
XVIII.	Centro de masa segundo nivel eje y.....	91
XIX.	Centro de masa primer nivel eje x	92
XX.	Centro de masa primer nivel eje y	93
XXI.	Centro de rigidez sentido X.....	95
XXII.	Centro de rigidez sentido Y.....	96
XXIII.	Centro de rigidez sentido X.....	96
XXIV.	Centro de rigidez sentido Y.....	97
XXV.	Fuerzas por marco, primer nivel, eje X	99
XXVI.	Fuerzas por marco, segundo nivel, eje X.....	100
XXVII.	Fuerzas por marco, primer nivel, eje Y	100
XXVIII.	Fuerzas por marco, segundo nivel, Y.....	101
XXIX.	Rigideces de los elementos estructurales, sentido X	105
XXX.	Momentos fijos para carga muerta, marco C eje X	109

XXXI.	Factores de giro para vigas y columnas, marco C, eje X.....	110
XXXII.	Influencias de giro, carga muerta, eje X	118
XXXIII.	Momentos finales para carga muerta, eje X	119
XXXIV.	Momentos en el centro de las vigas, carga muerta, eje X	120
XXXV.	Momentos finales, carga viva, eje X	121
XXXVI.	Momentos positivos en centro de las vigas, carga viva, eje X	122
XXXVII.	Momentos finales en vigas, carga sismo X.....	125
XXXVIII.	Momentos finales en columnas, carga de sismo X.....	126
XXXIX.	Comparación de resultados entre método de Kani con Etabs	131
XL.	Ejemplo área de acero losa 5.....	157
XLI.	Ejemplo de área de acero losa 6.....	168
XLII.	Tabla de armado longitudinal en vigas, eje x.....	178
XLIII.	Tabla de armado por corte en vigas de eje x.....	179
XLIV.	Tabla de armado longitudinal en vigas, eje y.....	180
XLV.	Tabla de armado por corte en viga, eje Y.....	181
XLVI.	Demanda de accesorios.....	209
XLVII.	Demanda de accesorios método de Hunter	209
XLVIII.	Diámetros por tubería de accesorios sanitarios.....	211
XLIX.	Diámetros nominales en función de la unidades de descarga	212
L.	Presupuesto para anexo del instituto	216

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
A	Área de la tubería (en caso a/A) expresada en m ²
A	Área del terreno (en caso Q=CIA) expresada en Ha
a	Área que ocupa el tirante en la tubería expresada en m ²
Cant	Cantidad
Q	Caudal a sección llena en tuberías expresada en m ³ /s
qdis	Caudal de diseño
C	Coefficiente de escorrentía superficial
n	Coefficiente de rugosidad
D	Diámetro de la tubería expresada en metros
Dist	Distancia
Est	Estación
FH	Factor de Harmon
Hab	Habitantes
I	Intensidad de lluvia
L/hab/día	Litros por habitante por día
PVC	Material fabricado a base de cloruro de polivinilo
Máx	Máxima
m²	Metros al cuadrado
m³	Metros cúbicos
m³/s	Metros cúbicos por segundo
m/s	Metros por segundo

mm/h	Milímetros por hora
Min	Mínima
S	Pendiente
S%	Pendiente en porcentaje
P	Población
PV	Pozo de visita
PU	Precio unitario
PO	Punto observado
R	Radio
Rh	Radio hidráulico
a/A	Relación de área de flujo / área a sección llena
q/Q	Relación de caudal / caudal a sección llena
d/D	Relación de profundidad de flujo / profundidad a sección llena
v/V	Relación de velocidad de fluidos / velocidad a sección llena
r	Tasa de crecimiento de la población, expresado en porcentaje
U	Unidad
V	Velocidad a sección llena de la tubería expresada en m/s
v	Velocidad del flujo en la tubería expresada en m/s

GLOSARIO

Aguas negras	El agua que se ha utilizado en actividades domésticas, comerciales o industriales.
Candela	Fuente donde se reciben las aguas negras provenientes del interior de la vivienda y que las conduce al colector del sistema de alcantarillado.
Carga de sismo	Estas cargas son las que se conocen con el nombre de cargas laterales; son puramente dinámicas. Una de las características de estas cargas es que su aplicación es en un corto período de tiempo.
Carga muerta	Comprende todas las cargas de elementos permanentes de la construcción; incluye la estructura en sí, pisos, vidrieras, rellenos, tabiques fijos, equipo permanente fijo anclado.
Carga viva	Es la carga que deberá soportar la estructura debido al uso o su ocupación.
Caudal de diseño	Suma de los caudales que se utilizarán para diseñar un tramo de alcantarillado.
COCODE	Consejo comunitario de desarrollo.

Concreto	Es el material utilizado para fundir el refuerzo de la mampostería, que logra que este trabaje eficientemente.
Conexión	Tubería que conduce las aguas negras desde el domiciliar interior de la vivienda hasta la candela.
Densidad de vivienda	Relación existente entre el número de viviendas por unidad de área.
Dotación	Estimación de la cantidad de agua que se consume en promedio por habitante diariamente.
Fórmula de Manning	Fórmula para determinar la velocidad de un flujo en 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.
INFOM	Instituto de Fomento Municipal.
Mampostería	Es la resistencia que ejerce el mortero, la mano de obra y el block; también, se les dice materiales mampuestos.

Mortero	Es una mezcla con materiales aglomerantes utilizada para unir las unidades de mampostería.
Pozo de visita	Estructura subterránea que sirve para cambiar de dirección, pendiente, diámetro y para iniciar un tramo de tubería.
TIR	Es la tasa de descuento que hace que el valor presente de una oportunidad de inversión sea igual a cero, o sea el interés que hace que los costos sean equivalentes a los ingresos. Es la tasa interna de retorno.
VPN	Es el valor presente neto. Se basa en la creencia de que el valor del dinero se ve afectado por el tiempo en que se recibe.

RESUMEN

De acuerdo con una investigación propositiva se diagnosticaron varios problemas en el municipio de San Miguel Petapa, especialmente en las áreas de infraestructura, que dio como resultado la planificación de un alcantarillado sanitario y un centro educativo destinado a la enseñanza primaria y secundaria.

El alcantarillado sanitario se encuentra ubicado en el sector de Granjas La Joya, su funcionamiento es por gravedad, diseñado con tubería de PVC corrugada por criterios de diseño, el cual transportará los desechos a una planta de tratamiento aledaña al lugar, que beneficiará a 876 habitantes actuales y 1 948 a futuro. La longitud de proyecto es de 1 912 metros lineales que abarca un área tributaria al sistema de 0,10 km².

En el sector de Prados de Villa Hermosa, se encuentra ubicado el Instituto por Cooperativa al cual se le diseño un ala extra en el lado norte la cual está constituida por seis aulas, gradas y servicios sanitarios; es de mencionar que el sistema estructural propuesto es por marcos dúctiles, debido a que su tipología estructural está compuesta por vigas, columnas y losas; todo ello de concreto armado; asimismo, consta de material prefabricado como bloques mampuestos y equipamiento de puertas, ventanas, sanitarios para el uso correcto de las instalaciones en mención. La edificación beneficiará a 150 estudiantes de manera directa y 306 beneficiarios de manera indirecta. El proyecto tiene un área de construcción de 380 m².

Los proyectos están planificados de acuerdo a un presupuesto acorde a su magnitud y a los precios actuales en el mercado; esto es de mucha utilidad

para la unidad ejecutora que desee realizar dichos proyectos; además, cuenta con su respectivo juego de planos útiles para disipar cualquier duda constructiva.

OBJETIVOS

General

Aportar, al municipio de San Miguel Petapa, el diseño y la planificación de dos proyectos de infraestructura: alcantarillado sanitario en Granjas La Joya y el edificio anexo en el Instituto Básico por Cooperativa, con la finalidad de mejorar los servicios básicos y la educación en el municipio.

Específicos

1. Diseñar un alcantarillado sanitario que permita de manera adecuada la conducción de las aguas residuales en Granjas La Joya y evitar un alto impacto en el medio ambiente.
2. Mejorar la educación en el municipio con la construcción de mejores instalaciones en el Instituto por cooperativa.
3. Evidenciar las mejoras obtenidas al implementar proyectos que ayuden a mitigar los problemas derivados de la expansión demográfica y la solicitud de servicios.
4. Contribuir al mejoramiento de la infraestructural local que permita el crecimiento del municipio.

INTRODUCCIÓN

La aplicación de conocimientos teóricos y prácticos permite desarrollar aptitudes y criterios concretos al momento de estar inmerso en el desarrollo de proyectos, como suele suceder en las planificaciones que requieren además de la preparación y razón de juicio, inteligencia, la agudeza para contemplar algunos de los problemas que más adelante puedan presentarse en su ejecución.

Es el caso del ejercicio profesional Supervisado al cual se le atribuye la toma de decisiones y acciones en la planificación de proyectos para evitar incurrir en errores profesionales posteriores; motivo por el cual en la rama de la ingeniería civil aporta grandes beneficios para el futuro profesional.

Debido a lo anterior, presentes los proyectos fueron desarrollados a partir de las necesidades prioritarias con la ayuda de los concejos comunitarios de desarrollo; se enfoca en los temas de salud y educación, motivo por el cual el alcantarillado sanitario en Granjas La Joya y el edificio anexo en el instituto por cooperativa sobresalen en estos.

En la colonia Granjas La Joya se determinaron cuáles eran las mayores demandas: una de ellas fue la falta de alcantarillado debido que actualmente no cuenta con un sistema que transporte los desechos para una adecuada disposición final que permita mejorar la calidad de vida de los pobladores del sector.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1. Monografía del municipio de San Miguel Petapa

El origen del nombre Petapa se debe a la reunión de dos palabras indígenas: *pet* que significa estera y *thap*, que quiere decir agua (la voz correcta sería *atl*), porque es una estera la que la forma, principalmente la cama de los indios; el nombre de Petapa propiamente dicho quiere decir cama de agua, en razón de que el agua del lago está llana, mansa y quieta.

Principalmente, es una ciudad dormitorio, los pobladores viajan diariamente a la ciudad de Guatemala para trabajar. Los empleos en el municipio son PYMES, principalmente comercios. Debido a su popularidad para viviendas cuenta con todos los servicios: bancos, supermercados, hospitales, transporte, colegios y universidades. También, tiene vías de acceso como:

- Mercado municipal de Villa Nueva
- Alamedas de San Miguel
- Casco urbano San Miguel Petapa

1.1.1. Aspectos físicos

Los suelos de San Miguel Petapa se caracterizan por tener pendientes mínimas, ya que los suelos cuyas pendientes van de 0 % a 10 %, corresponde a un 47,71 % en el territorio, pendientes del 5 % al 12 % del suelo corresponde a los 43,04 % del total, pendientes del 45 % o más del suelo corresponden al 9,25 % del total. Por eso es el municipio más poblado de todo el departamento

de Guatemala debido a que un 90,75 % es habitable, aunque, existen asentamientos humanos en áreas de riesgo; el más conocido en ésta área es el Aguilar Hernández.

En lo referente al uso e intensidad de uso de suelos, 15 % del municipio de San Miguel Petapa cuenta con un área de 49,67 manzanas ocupada por cultivos anuales o temporales; 6,00 manzanas de cultivos permanentes y semipermanentes; 1,36 manzanas de pastos; no cuentan con superficie de bosques registradas y tiene 11,20 manzanas de otras tierras no clasificadas.

La morfología del municipio se divide en 9,94 km² de valle y 13,86 km² de montaña, lo que equivale a 41,76 % y 58,24 %, respectivamente, según datos obtenidos del Sistema Nacional de Información Territorial, SINIT, unidad que pertenece a la Segeplan.

El uso del suelo en hectáreas del municipio de San Miguel Petapa, según el Sistema de Información Geográfico Segeplan, para el año 2001 indica que existe un gran área destinada para centros poblados en el territorio el cual equivale a un 70 % del total, 1,96 % del área es destinada para servicios y educación, 16 % utilizado para la agricultura limpia anual, 8,24 % destinado a cafetales, 0,58 % destinado a la caña de azúcar, 3,22 % destinado a bosque de coníferas, los cuales están localizados en el área sur; estos últimos son una fortaleza para el área agrícola, ya que son grandes extensiones de fincas destinadas para agricultura de mercado que aportan apoyo económico para el municipio.

Los estilos representan una herramienta importante que se utilizó para facilitar el uso de la plantilla. A continuación, se presenta una figura para poder habilitar los estilos.

1.1.1.1. Ubicación

El municipio de San Miguel Petapa se encuentra situado en la parte sur del departamento de Guatemala, en la región I o región metropolitana. Se localiza en la latitud 14° 30' 06" y en la longitud 90° 33' 37". Cuenta con una extensión territorial de 24,64 kilómetros cuadrados, y se encuentra a una altura de 1 285 metros sobre el nivel del mar, su clima es templado. Se encuentra a una distancia de 20 kilómetros de la cabecera departamental de Guatemala.

1.1.1.2. Localización

Limita al norte con el municipio de Villa Nueva (Guatemala); al sur con el lago de Amatitlán (Guatemala); al este con el municipio de Villa Canales (Guatemala); y al oeste con el municipio de Villa Nueva (Guatemala). Se encuentra localizado a 20 kilómetros de la ciudad capital y a 4 kilómetros de Villa Nueva.

1.1.1.3. División política

En el municipio se reconocen oficialmente un total de 69 lugares poblados, el 76,81 % del municipio se encuentra integrado por colonia (53 reconocidas oficialmente) y el porcentaje restante está compuesto por 1 pueblo, 1 aldea, 4 fincas, 2 asentamientos, 4 caseríos, 1 residencial, 2 condominios y 1 paraje; esta información afirma que la mayor parte de la concentración de población se encuentra en el área urbana.

- Ubicación de los proyectos

El sistema de alcantarillado sanitario se ubica en Granjas La Joya, zona 8 y el anexo al instituto por cooperativa se encuentra en Prados de Villa Hermosa sector 8, municipio de San Miguel Petapa.

Figura 1. **Ubicación del sistema de alcantarillado sanitario**



Fuente: *Ubicación del sistema de alcantarillado sanitario.* www.maps-google.com. Consulta: 8 de agosto de 2018.

Figura 2. **Ubicación del edificio anexo al instituto por cooperativa**



Fuente: *Ubicación del edificio anexo al instituto por cooperativa.* www.maps-google.com. Consulta: 8 de agosto de 2018.

1.1.1.4. Clima

El municipio de San Miguel Petapa posee un clima tropical mayormente cálido, en verano registra temperaturas máximas de 26 grados centígrados; en tiempo de invierno presenta altas precipitaciones debido a altas intensidades de lluvia; con precipitaciones anuales alrededor de los 1 093 mm; por limitar con el lago de Amatitlán en ocasiones presenta un ambiente con altos índices de humedad que desplaza el clima seco que lo caracteriza.

A través de una investigación se localizaron las estaciones meteorológicas que más inciden San Miguel Petapa para el monitoreo de su clima, la que se encuentra en el Insivumeh, localizada en la 7va Av. 14-57, zona 13 y las situadas en San Pedro Ayampuc y Amatitlán. La primera y última son las más cercanas al municipio de San Miguel Petapa.

Actualmente, se utilizan datos conjuntamente de la estación automática localizada en Amatitlán ya que antes solamente se utilizaban los datos de la estación La Aurora ubicada en el Insivumeh.

Tabla I. **Aspectos meteorológicos de San Miguel Petapa**

Localidad	San Miguel Petapa
Elevación (msnm)	1 260
Temperaturas (Max – Min) C°	26,3 – 16,4
Absolutas (Max – Min)	33,0 – 8,0
Precipitación (Milímetros)	1 093,7
Humedad Relativa (en %)	-99
Velocidad del viento (Kms/hr)	-99
Evaporación (Milímetros)	-99

Fuente: elaboración propia.

1.1.1.5. Hidrografía

El municipio cuenta con 6 ríos: Ojo de Agua, Pinula, Platanitos, Tuluja, Villa Lobos, Quebradas y parte de la cuenca del lago de Amatitlán.

El municipio posee fuentes de agua y son de uso compartido por varias comunidades ubicadas en áreas cercanas. En el municipio últimamente se ha optado por la perforación de pozos entre los cuales se puede hacer mención de los últimos gestionados por la comuna: los del sector 8 y 6 de Villa Hermosa, debido a que la mayoría de afluentes de agua poseen altos grados de contaminación.

1.1.1.6. Orografía

Su orografía está compuesta por el cerro Gordo, los parajes: El Bebedero, La Playa y el Ojo de Agua. En cuanto a la fauna y flora, se tiene escasez. Su clima es templado.

1.1.1.7. Producción agrícola

Actualmente, en San Miguel Petapa la capacidad productiva se basa en actividades industriales, comerciales y agrícolas, como el cultivo de maíz, frijol, café, frutas, caña de azúcar, tabaco, repollo, tomate, cebolla, pepino, berros, patatas, melón, güisquil y sandía.

Las actividades de agricultura para fines comerciales en pequeña y mediana escala en San Miguel Petapa se dan en Playa de Oro, con el cultivo del banano con un volumen de producción del 100 %, aproximadamente, con una asociación comercial agrícola independiente.

Según el Censo Agropecuario 2003, existe un total de 78 productores, en donde 74 son individuales y 4 son jurídicos. En estas fincas 71 son productores hombres informantes, y 3 son productoras mujeres informantes. En el municipio existen 77 fincas que abarcan 68,23 manzanas en el territorio, en donde 72 son de personas individuales, 4 son de sociedad de derecho. En el territorio se cuenta con un área de 49,67 manzanas ocupada por cultivos anuales o temporales, 6,00 manzanas de cultivos permanentes y semipermanentes, 1,36 manzanas de pastos, no cuentan con superficie de bosques registradas y tiene 11,20 manzanas de otras tierras no clasificadas.

1.1.1.8. Población

Según el censo realizado por el INE en 2002, la población era de 111 389 habitantes, en donde el 6.9% en área rural, y un 93,1 % en el área urbana, con un porcentaje de 6,3 % de población indígena y para el año 2017 con una proyección estimada se calcula 176 599 habitantes.

La densidad poblacional estimada para el año 2016 es de 5 886 habitantes por kilómetro cuadrado, todo el municipio es poblado, pero la mayor concentración se encuentra en la cabecera municipal, Villa Hermosa y Prados de Villa Hermosa.

1.1.2. Aspectos de infraestructura

El municipio de San Miguel Petapa se encuentra en el área urbana por lo que en la mayoría de su territorio cuenta con los servicios esenciales para desarrollar diversas actividades; además, al municipio se le cataloga como una ciudad dormitorio y que tiene una alta densidad poblacional en la cual se

pueden encontrar centros comerciales, cines, tiendas, despensas familiares, etc.

La red vial del municipio se encuentra pavimentada aproximadamente en un 80 %, por lo tanto, en su mayoría cuenta con los servicios de agua potable, drenaje y energía eléctrica.

En el aspecto de salud y educación el municipio cuenta con centro de salud en la cabecera municipal y un puesto de salud en Villa Hermosa, lo cual denota que no existe cobertura de acuerdo a la densidad poblacional ya que por cada 10 000 habitantes de existir un centro de salud por lo cual para San Miguel Petapa deberían existir 14 puestos de salud para lograr una mejor cobertura; aproximadamente, en el municipio existe 35 centros educativos de nivel preprimaria, primario, básicos y diversificado, respectivamente.

1.1.2.1. Vías de acceso

Entre sus principales vías de comunicación se encuentran la carretera interoceánica CA-9 al sur son 19 kilómetros a Villa Nueva, allí hacia la carretera departamental Guatemala 2-S al sureste 4 kilómetros a Petapa. Otra vía de comunicación parte de la ciudad capital siempre por el lado sur, llega a Villa Canales, se dirige al noreste por la carretera departamental Guatemala 3, llega por el lado de la Aldea Santa Inés y de allí un aproximado de 3 kilómetros para llegar a la cabecera municipal. Actualmente, se puede acceder por la vía alterna sur (VAS) desde la CA-9 sur por el lado de Amatitlán, se ingresa por la aldea Santa Inés.

1.1.2.2. Servicios públicos

Dentro de los principales servicios presentes en el municipio de San Miguel Petapa, se pueden destacar los siguientes:

- Servicio de agua: en las diferentes zonas tanto en el área urbana como rural se encuentran abastecidas de agua potable.
- Servicio sanitario: se cuenta con los sistemas de drenajes con servicios sanitarios en las viviendas. Sin embargo, el problema se agranda, cuando estas aguas servidas van a dar al río más cercano de la población o comunidad, que genera contaminación para los pobladores de más abajo y a los propios ríos.
- Servicio tren de aseo: el tratamiento de la basura en el municipio tiene varias formas; existe el servicio municipal, hay servicio privado que lo utilizan hogares del área urbana especialmente.

1.1.2.3. Organización comunitaria

En San Miguel Petapa las comunidades se han organizado y a la fecha existen consejos comunitarios de desarrollo, Cocodes, estos representan a sus comunidades y contribuyen a facilitar la gestión de proyectos relacionados con las mismas; entre la tipología de proyectos que gestionan los Cocodes están: mejoramiento de los sistemas de agua potable, drenajes, Caminos, calles, escuelas, muros de contención y vivienda.

1.2. Diagnóstico de las necesidades de los servicios básicos e infraestructura del municipio de San Miguel Petapa

En el municipio de San Miguel Petapa se realizó una investigación tipo diagnóstico la cual permitió tener un gran alcance de la magnitud de las necesidades del municipio; resaltó la infraestructura destinada para la educación y los sistemas conductores de aguas residuales los cuales son indispensables en el ámbito del saneamiento, en donde permitan transportar adecuadamente los desechos sin contaminar los recursos naturales y la salud de las personas.

1.2.1. Descripción de las necesidades

La zona que demanda potencialmente la necesidad en saneamiento fue las *Granjas La Joya* debido que no existe un medio que transporte las aguas residuales provenientes de las viviendas del lugar; actualmente, se visualizan como corre el agua a flor que contiene altos grados de contaminación en los que se pueden encontrar altos índices de minerales: materia orgánica, nitrógeno fósforo y sales minerales.

En el ámbito de educación, la parte más afectada es la infraestructura, ya que por ser el municipio con mayor densidad poblacional requiere demanda de mayores servicios; por lo tanto, las instalaciones actuales no pueden satisfacer la demanda de estudiantes, ya sea por la inexistencia o por sus precarias condiciones.

1.2.2. Análisis y priorización de las necesidades

De acuerdo con el análisis realizado de manera macro se reconocieron las necesidades del municipio; seguidamente, se inspeccionaron los lugares más vulnerables.

El alcantarillado sanitario de Granjas La Joya se priorizó debido a las siguientes razones:

- Granjas La Joya no cuenta con alcantarillado un sistema de alcantarillado a pesar de que se encuentra a un kilómetro del casco urbano.
- El agua corre a flor de tierra mayormente en las horas de la mañana y noche.
- Existen altos índices de enfermedades gastrointestinales en los pobladores del sector.

El edificio anexo en el instituto por cooperativa se priorizó debido a las siguientes razones:

- Es uno de los principales institutos que proporciona cobertura a toda el área de Prados de Villa Hermosa.
- Parte de las instalaciones actuales no se encuentran en condiciones adecuadas para dar clases a los alumnos de las diferentes jornadas.

2. DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA GRANJAS LA JOYA, SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA

2.1. Descripción general del proyecto

El diseño del sistema de alcantarillado sanitario en Granjas La Joya consiste en la introducción de tubería de PVC NOVAFORT ASTM F 949 corrugada de 6 pulgadas de diámetro en todo su sistema; así mismo, consta de 33 pozos de visita de profundidades variables que permitirán inspeccionar paulatinamente el sistema si en algún momento es necesario; estos serán elaborados insitu con ladrillo tuyuyo 0,15 x 0,10 x 0,20 mts con su respectiva tapadera de concreto. El sistema de alcantarillado sanitario está diseñado para satisfacer la demanda de 146 viviendas en un periodo de diseño de 30 años.

Las conexiones domiciliarias serán de tubos de concreto de 4 pulgadas, las cuales estarán conectadas al colector principal con pendientes no menores del 2 % para que exista un buen desfogue de la candela de registro hacia la tubería principal; así mismo, la conexión domiciliar estará conectada en forma de Y para evitar que la conexión de flujos no sea de manera violenta.

La disposición final de las aguas residuales será a través de una planta de tratamiento ajena al presente diseño de alcantarillado la cual está ubicada a inmediaciones del lugar para que las aguas sean tratadas y no exista un problema de carácter sanitario para reducir considerablemente el impacto al que causa al medio ambiente.

2.2. Levantamiento topográfico

Para el levantamiento topográfico se tomaron en cuenta varios aspectos del área donde se desarrolló el proyecto: la orografía del lugar ya que derivado de ella se planteó la mejor propuesta para el funcionamiento del alcantarillado.

El método utilizado para la determinación de los relieves de la zona fue por medio de una poligonal abierta que indica la línea central de las calles y avenidas por donde pasará la tubería, por medio de un aparato de precisión llamado teodolito que permite determinar ángulos horizontales y verticales.

2.2.1. Planimetría

La planimetría es la parte de la topografía que permite reproducir o representar todos los detalles que existen en un plano, ya sea a diferentes escalas para tener un mejor dominio y visualización de lo que en el existe.

Para el diseño del alcantarillado sanitario se requirió el uso de la planimetría para determinar la ubicación exacta de los pozos de visita y la dirección de los diferentes ramales que posee la red.

2.2.2. Altimetría

La altimetría es la parte de la topografía que consiste en determinar la situación de los puntos del terreno en el eje z, cuyo objeto permitirá determinar la altitud de los diferentes puntos del terreno.

2.3. Partes de un alcantarillado

Comúnmente se le denomina sistema de alcantarillado debido a que está conformado por un conjunto de elementos para que pueda proporcionar un adecuado funcionamiento. A continuación, se darán a conocer cada una de sus partes en los siguientes subtítulos.

2.3.1. Colector

Es la tubería principal que recibe todas las descargas procedentes de las conexiones domiciliarias y las transporta hacia el lugar destinado para su tratamiento; estas habitualmente son de manera circular ya que permite un mejor flujo de las aguas dentro de ellas, por lo general estas se ubican en medio de las calles o avenidas.

2.3.2. Pozos de visita

Los pozos de visita están destinados con la finalidad de ser un medio para la inspección y limpieza de la red de alcantarillado; estos permiten a su vez cambiar la dirección de la tubería y diámetro según lo vaya requiriendo el diseño; estos son construidos generalmente de ladrillo tayuyo ya que permiten realizarlos de manera rápida y económica.

Los pozos de visita deberán ser revestidos con mortero (cemento y arena) de un espesor de 1 cms para evitar que exista erosión producida por la velocidad y minerales que lleva el agua, es de aclarar que en los pozos no debe haber agua retenida debe fluir sin ningún problema.

2.3.3. Conexiones domiciliarias

Una conexión domiciliar es una tubería que lleva las aguas provenientes de todas las descargas internas de la vivienda hacia la alcantarilla o colector principal. Están constituidas por un tubo aproximado de 24 plg de diámetro de concreto que servirá como caja de registro y de ella derivará una tubería hacia el drenaje. La tubería entre la caja de inspección y el colector no debe tener un diámetro menor de 4 plg y una pendiente menor al 2 % y deberá ser conectada al colector principal en forma de Y para evitar que el choque de ambos flujos no sea de manera violenta.

2.4. Periodo de diseño

Es el lapso en el cual un proyecto prestara el servicio adecuadamente de acuerdo a los criterios y parámetros elegidos para su diseño. En la mayoría de proyectos son diseñados en función de la cantidad de personas a las que se prestara el servicio; para alcantarillados sanitarios, según el Infom (Instituto de Fomento Municipal); los sistemas de alcantarillados serán proyectados para realizar adecuadamente su función durante periodos de 30 a 40 años a partir de la fecha en que se desarrolle el diseño.

2.5. Población futura

Sera la población existente al final del periodo de servicio del proyecto, esta población será estimada a partir:

- Incremento geométrico
- Incremento aritmético
- Incremento o porcentaje decreciente

- Proyección gráfica

A través de estas estimaciones se podrá asegurar que el diseño del proyecto funcionaria adecuadamente, es más usado es el incremento geométrico por su practicidad.

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

Donde:

- P: población futura
- Po: población inicial
- R: tasa de crecimiento
- N: tiempo transcurrido

2.6. Determinación de los caudales

Los caudales que transporta un alcantarillado sanitario son determinados a partir de que áreas tributarias estarán conectadas a la red; es decir, si habrán comercios, industrias, viviendas, rastros entre otros. Más adelante se darán a conocer cada uno de ellos.

2.6.1. Población tributaria

Sera toda aquella población que se conectará al sistema ya sea domiciliar mente, industrialmente o comercial. A partir de la población tributaria se podrá tener una estimación de cuál será la capacidad y profundidad de los colectores y el caudal que podrá trasportar.

Para el caso de Granjas La Joya solo existen conexiones domiciliarias por lo cual la población tributaria se determinó de la siguiente manera:

Núm. de habitantes = núm. de casas x núm. de hab. por vivienda

2.6.2. Dotación

Es la cantidad de agua que se le asigna a una persona en el día para cubrir sus necesidades, esta se mide por medio de la dimensional de litros por habitante por día.

Para el diseño del alcantarillado sanitario se tomó una dotación de 125 lts/hab/día proporcionada por la municipalidad de San Miguel Petapa.

2.6.3. Factor de retorno al sistema

Este factor se aplica a consecuencia de que no todo el porcentaje de agua utilizado regresa a la red de alcantarillado, este factor esta entre 0,80 y 0,90 si se usa un factor mayor hará que exista mayor caudal en la tubería; que da como resultado un incremento en los costos del proyecto. El factor quedara a criterio del diseñador, para el caso del diseño en Granjas La Joya se optó por un factor de 0,80.

2.6.4. Caudal sanitario

El caudal sanitario es producto de las aguas servidas que son producidas por las viviendas, comercios, industrias, rastros, conexiones ilícitas y por infiltración. El caudal sanitario queda expresado como las sumatoria de todos los caudales:

$$Q_{san} = Q_{dom} + Q_{ind} + Q_{com} + Q_{inf} + Q_{con-ili}$$

Para el diseño en *Granjas La Joya* solamente portaran caudal sanitario las aguas provenientes de los domicilios y conexiones ilícitas, debido a que en la zona no hay industrias ni comercios que aporten al sistema; queda de la siguiente manera:

$$Q_{san} = Q_{dom} + Q_{con-ili}$$

2.6.5. Caudal domiciliar

El caudal domiciliar es producido por las descargas provenientes de los baños, duchas, lavaderos, fregaderos que son producto de la limpieza del hogar e higiene humano y son dirigidos hacia la red de alcantarillado. El caudal domiciliar está en función de la dotación asignada por persona, y la cantidad de personas que harán uso de ella.

La fórmula empleada para determinar el caudal domiciliar queda integrada de la siguiente manera.

$$Q_{dom} = \frac{Dot * No\ hab * Fr}{86\ 400}$$

Donde:

- Dot: dotación (litros/habitan/día)
- No hab: población futura
- Fr: factor de retorno
- Qdom: caudal domiciliar (Its/s)

2.6.6. Caudal industrial

Es el caudal procedente de las fábricas derivado de su producción interna, este provoca el mayor incremento de caudal al sistema.

En Granjas La Joya no existen industrias por tal razón no se estimará para el diseño.

2.6.7. Caudal comercial

Es el caudal procedente de los comercios: restaurantes, comedores, hoteles, entre otros. La dotación estimada para los comercios puede estar en los 600 a 3 000 lts/comercio/ día esto puede variar dependiendo el tipo de comercio.

Para el caso de Granjas La Joya no existe actividad comerciar, por lo tanto, no se estimará este caudal en el diseño del proyecto.

2.6.8. Caudal por conexiones ilícitas

Es el caudal producido por las aguas pluviales que son conectadas hacia la red de alcantarillado por viviendas, para poder determinar cuánto caudal es producido se estima un porcentaje de las viviendas que pueden realizar una conexión ilícita por lo que puede variar de 0,5 % a 2,5%.

Como el caudal por conexiones ilícitas es producto del agua pluvial se utiliza un factor de un 10 % del caudal domiciliar de acuerdo a las normas dadas por el Infom (Instituto de Fomento Municipal); sin embargo, en áreas donde no hay drenaje pluvial podrá usarse un valor más alto.

$$Q_{con-ili} = Q_{dom} * 0.10$$

2.6.9. Caudal por infiltración

Es el producto del agua existente en el manto freático que ingresa a las alcantarillas, este dependerá de cuan profunda se encuentre la tubería ya que a mayor profundidad existe mayor probabilidad que ingrese agua al sistema.

El caudal por infiltración se determina mediante la siguiente expresión:

$$Q_{inf} = \frac{F.I.*L.T.}{86\ 400}$$

Donde:

- Q_{inf} : caudal por infiltración (lts)
- F.I.: dotación de infiltración
- L.T.: longitud de la tubería expresada en kilómetros

En este proyecto no se consideró caudal por infiltración ya que se usó tubería de PVC para su diseño.

2.6.10. Caudal medio

Es el caudal obtenido por la multiplicación del número de habitantes y el factor medio. Se determina de la siguiente manera:

$$Q_{med} = No\ Hab * f.q.m.$$

2.6.11. Factor de caudal medio

Es un factor que sirve para regular la aportación de caudal a la tubería, este se determina por medio de la división entre el caudal sanitario y la población a futuro que aportara el caudal a dicho sistema. Para diseño del alcantarillado en Guatemala se tomará un rango de 0,002 a 0,005. El cálculo del factor de caudal medio queda expresado de la siguiente manera:

$$f.q.m. = \frac{Q_{san}}{No\ de\ hab}$$

Donde:

- f.q.m: factor de caudal medio
- Qsan: caudal sanitario
- No hab: no de habitantes a futuro

Si el cálculo del factor esta entre esos dos límites se utiliza el calculado, en cambio sí es inferior o excede, se utiliza el factor más cercano, según sea el caso.

2.6.12. Factor de Harmon

Llamado factor de Harmon o flujo instantáneo sirve para estimar el incremento de caudal cuando está trabajando en horas pico, es decir, en horas cuando más se utiliza el alcantarillado. El factor de flujo es en función de la población que estará haciendo uso del sistema. Su fórmula es la siguiente:

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

Donde:

- F.H.: factor de Harmon
- P: población expresada en miles

2.6.13. Caudal de diseño

Es el máximo caudal proyectado en el alcantarillado sanitario, en el van todos aquellos caudales que fueron tomados para el diseño. Su fórmula es la siguiente:

$$Q_{max} = Q_{dis}$$
$$Q_{max} = No\ de\ hab * f.q.m.* F.H.$$

Donde:

- Qmax: caudal máximo
- No hab.: habitante que hara uso del servicio
- f.q.m.: factor de caudal medio
- F.H.: factor de Harmon

2.7. Fundamentos hidráulicos

Los sistemas de alcantarillados sanitarios están diseñados bajo fundamentos teóricos fundamentados a partir de ensayos y pruebas que determinan su veracidad. La aplicación de ellos depende de las características o medio físico por donde se transportará el líquido: rugosidad, sección y pendientes.

Estos fundamentos hidráulicos aplicarán en todas aquellas tuberías que trabaje como un canal abierto, es decir, en contacto con la presión atmosférica, sin ninguna presión adicional al sistema.

Figura 3. **Principio de sección de tubería de un canal abierto**



Fuente: elaboración propia.

2.7.1. Ecuación de Manning para flujo de canales

Para efecto de cálculo se considera que el régimen en toda la tubería es uniforme, esto quiere decir que la velocidad existen en la sección parcialmente llena de la tubería es constante.

Una de las fórmulas empleadas para determinar el caudal y la velocidad de flujo es la fórmula de Chezy que sirve para flujos uniformes y permanentes. Su fórmula viene dada de la siguiente manera:

$$V = C\sqrt{R_h * S}$$

Donde:

- V: velocidad del flujo (m/s)
- C: coeficiente de rugosidad
- Rh: radio hidráulico
- S: pendiente de terreno

La fórmula de Manning se hace presente ya que el autor da valores más aceptables en la constante C mediante la fórmula:

$$C = \frac{1}{n} * R_h^{1/6}$$

Que al sustituirla en la ecuación proporcionada por Chezy se obtiene la fórmula de Manning, la cual es una de las fórmulas más utilizadas para el diseño de alcantarillados; queda de la siguiente manera:

$$V = \frac{1}{n} * R_h^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$
$$Q = \frac{1}{n} * R_h^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}} * A$$

2.7.2. Relaciones hidráulicas

Al querer determinar el cálculo de las tuberías estas exigen poder determinar aspectos indispensables para el estudio hidráulico, como la velocidad, caudal, secciones de tuberías y pendientes, por lo que se han determinado a través de pruebas experimentales datos que simplifican el proceso de cálculo.

Con la fórmula de Manning y los monogramas existentes se logra determinar una sección parcialmente llena en una tubería.

Se deben considerar algunas especificaciones de diseño:

- $Q_{dis} \leq Q_{seccllena}$
- Las velocidades deben estar en un rango de 0,3 m/s a 3 m/s
- El tirante debe estar en un rango de 0,10 % a 0,75 % del diámetro de la tubería

Con lo anteriormente descrito se evita que exista un mal funcionamiento de la tubería.

2.8. Parámetros de diseño hidráulico

Para el diseño del alcantarillado sanitario en Granjas La Joya se tomaron parámetros de diseños que rige el Infom (Instituto de Fomento Municipal) y la especificaciones técnicas que provee el fabricante de la tubería PVC; en los incisos posteriores se detallarán cuáles fueron los parámetros utilizados en el proyecto.

2.8.1. Coeficiente de rugosidad

Es un coeficiente adimensional que representa el tipo de superficie por el cual está pasando el flujo normalmente se le representa con la letra n. Este factor está en función del material con que está fabricada la tubería.

Los factores de rugosidad de algunas de las tuberías más empleadas en nuestro medio son:

Tabla II. **Coefficientes de rugosidad en tuberías para alcantarillados**

Material	n
Tubos de Cemento < 24" > 24"	0.15
Tubos de P.V.C. y asbesto cemento	0.013
Tubos de hierro fundido	0.009
Tubos de metal corrugado	0.013
Zanjas	0.02
Canales recubiertos con piedra	0.03

Cuadro con coeficientes de rugosidad

Fuente: elaboración propia.

El factor de rugosidad del alcantarillado en Granjas La Joya fue aportado por medio del fabricante, según ese factor puede ser de 0,010 y 0,009. El factor de seguridad a usar quedar a criterio del diseñador.

2.8.2. Sección llena y parcialmente llena

Toda alcantarilla que sea de forma circular puede trabajar a sección llena o parcialmente llena; la última es la apropiada para trabajar en alcantarillado, ya que se requiere que funcione como un canal, para esto es necesario conocer cuáles variables se ven afectadas cuando el tirante dentro de la tubería cambia.

Para determinar la sección parcialmente llena del flujo se recurrirán a las siguientes expresiones:

$$A = \frac{D^2}{4} \left(\frac{\pi * \phi}{360} - \frac{\text{Sen } \phi}{2} \right)$$

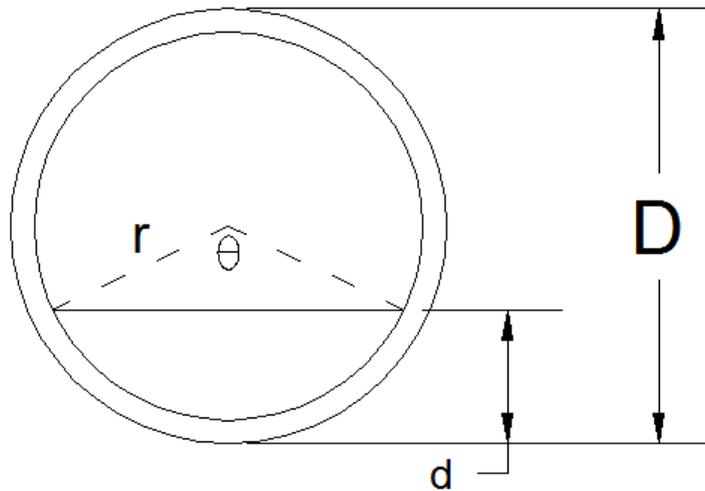
$$P = \left(\frac{\pi * D * \phi}{360} \right)$$

$$R_h = \frac{D}{4} \left(1 - \frac{360 * \text{Sen}\phi}{2\pi\phi} \right)$$

Donde:

- D: diámetro de la tubería
- P: perímetro mojado
- Rh: radio hidráulico

Figura 4. **Sección llena y parcialmente llena de una tubería circular**



Fuente: elaboración propia.

2.8.3. Velocidades máximas y mínimas

Las velocidades dentro de las tuberías deben diseñarse, y estarán en función de la inclinación del terreno, debido que al transportar sólidos se pueden presentar atascos en la red debido a la poca velocidad que esta presenta, muchas veces la baja velocidad que presenta el flujo dentro de las tuberías también se debe a que existen muy pocas conexiones domiciliarias principalmente en los primeros tramos lo que dificulta que exista una adecuada velocidad.

Por norma la velocidad mínima no debe ser menor a 0.3 m/s ya que puede presentar sedimentación y por lo tanto un taponamiento mientras que la velocidad máxima no podrá ser mayor a los 3 m/s para que no exista erosión o desgaste en la tubería. Las velocidades de diseño pueden variar de acuerdo a las especificaciones que brinde el fabricante de sus productos, mayormente la tubería de PVC permite trabajar con rangos más amplios de velocidades lo que permite reducir los costos del proyecto.

2.8.4. Diámetro del colector

En el diseño de alcantarillados el diámetro del colector estar en función de cuán grande sea el caudal que circule en él; sin embargo, por normas como las que establece el Instituto de Fomento Municipal, se deben utilizar tuberías de diámetro mínimo de 8 pulgadas cuando estas sean de concreto y un diámetro mínimo de 6 pulgadas cuando sean de PVC.

Si los costos proyectados para el proyecto permiten un diámetro mayor es preferible ya que se evitaría correr riesgo de alguna obstrucción, esto deberá

ser considerado por el diseñador y la persona que estará a cargo de las finanzas del proyecto.

2.8.5. Profundidad del colector

Generalmente la profundidad de los colectores es de 1.20 metros con respecto al nivel de la superficie y la corona de la tubería; también, hay que considerar en el momento de determinar la profundidad; si existirá tráfico pesado en el lugar para evitar rupturas, a mayor profundidad estarán mejor protegidas pero como consecuencia habrán mayores volúmenes de excavación.

A continuación, se mostrarán algunas de las profundidades mínimas de en función del diámetro y la carga a la que estar expuesta la tubería.

Tabla III. **Profundidades de la tubería**

Diametro (plg)	Trafico normal (m)	Trafico pesado (m)
8	1.22	1.42
10	1.28	1.48
12	1.33	1.53
16	1.41	1.51
18	1.5	1.7
21	1.58	1.78
24	1.66	1.86
30	1.84	2.04
36	1.99	2.19
42	2.14	2.34
48	2.25	2.45
60	2.55	2.75

Fuente: elaboración propia.

2.8.6. Profundidad mínima del colector

La profundidad mínima de la tubería es de 1 metro de profundidad esta se toma con respecto a la superficie del terreno y el coronamiento de la tubería.

En el diseño del alcantarillado en Granjas La Joya se usaron profundidades mínimas de 1,00 y 1,20 metros.

2.8.7. Ancho de la zanja

El ancho libre de la zanja estará dado por la profundidad y el diámetro de la tubería a instalar. El ancho libre de la zanja permitirá al obrero realizar cómodamente la excavación e introducción adecuadamente la tubería; las zanjas deberán quedar a plomo para evitar posibles colapsos y la tierra proveniente de la excavación deberá alojarse aproximadamente a 0,75 de la orilla de la zanja.

A continuación, se mostrarán el ancho libre de zanjas según su profundidad y el diámetro de la tubería a instalar.

Tabla IV. **Ancho de zanja en función de la profundidad y diámetro de tubería**

Prof. De Zanja (cm.)	De 0.00 a 1.30	De 1.31 a 1.85	De 1.86 a 2.35	De 2.36 a 2.85	De 2.86 a 3.35	De 3.36 a 3.85	De 3.86 a 4.35	De 4.38 a 4.85	De 4.86 a 5.35	De 5.36 a 5.85	De 5.86 a 6.35
6"	60	60	65	65	70	70	75	75	75	80	80
8"	60	60	65	65	70	70	75	75	75	80	80
10"		70	70	70	70	70	75	75	75	80	80
12"		75	75	75	75	75	75	75	75	80	80
18"		110	110	110	110	110	110	110	110	110	110
21"		110	110	110	110	110	135	110	110	110	110
24"		135	135	135	135	135	155	135	135	135	135
30"		155	155	155	155	155	175	155	155	155	155
36"			175	175	175	175	180	175	175	175	175

Fuente: Instituto de Fomento Municipal.

2.8.8. Volumen de excavación

Es la cantidad de tierra que habrá de remover para la colocación adecuada de la tubería y se calcula de acuerdo al volumen generado por las dimensiones que tiene la zanja. Este cálculo se puede obtener mediante la relación siguiente:

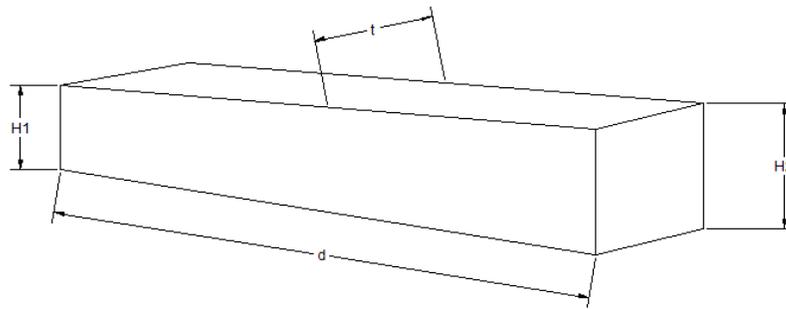
$$V = \left[\left(\frac{H_1 + H_2}{2} \right) \right] * d * t$$

Donde:

- V: volumen de excavación en m³

- H1: profundidad del primer pozo de visita
- H2: profundidad del segundo pozo de visita
- D: distancia entre pozos
- T: ancho de la zanja

Figura 5. **Volumen de excavación**



Volumen del prisma de excavación

Fuente: elaboración propia.

2.8.9. Cotas invert

La cota invert es la distancia existente medida desde la rasante del suelo al nivel inferior de la tubería. A continuación, se muestra cómo se determina la cota invert de la tubería uno de ellos se rige de la siguiente manera:

- La cota invert de salida del pozo se coloca como mínimo 3 cms más abajo que la cota de entrada a ese mismo pozo.

$$\emptyset_a = \emptyset_b$$

$$C_{is} = C_e + 0.03m$$

- Cuando a un pozo de visita entra una tubería de diferente diámetro al que sale; la cota invert de salida estará situada como mínimo a la altura del diámetro de la tubería que entra

$$\begin{aligned}\phi_a &< \phi_b \\ C_{is} &= C_e + \phi_a\end{aligned}$$

- Cuando a un pozo de visita entran varias tuberías del mismo diámetro, la tubería de salida estará 3 cms debajo de la cota de la tubería más baja que entre.

2.8.10. Ubicación de los pozos de visita

Los pozos de visita son partes importantes en el sistema de alcantarillado ya que permitirán que la red funcione adecuadamente, estos son empleados como medios de inspección y limpieza. Según algunas normas de diseño como lo establece el Instituto de Fomento Municipal, se diseñarán pozos de visita para localizarlos en los siguientes casos:

- En cambios de diámetros.
- En cambios de pendiente.
- En cambios de dirección de pendiente para diámetros menores de 24 plg.
- En las intersecciones de tuberías colectoras.
- A distancias no mayores de 100 mts en línea recta en diámetros hasta 24 plg.

- A distancias no mayores de 300 mts en línea recta en diámetros superiores de 24 plg.
- En curvas no más de 30 metros.

2.8.11. Profundidad de los pozos de visita

La altura de los pozos de visita dependerá de gran manera de las pendientes que existan en el lugar donde se realizara el diseño; también, del diseño hidráulico realizado en el sistema, ya que deberá satisfacer las condiciones de velocidad y tirantes.

2.8.12. Características de las conexiones domiciliarias

Es el conjunto de elementos que permiten a una conexión domiciliar, evacuar de manera eficiente las aguas servidas de las viviendas hacia la alcantarilla.

Ordinariamente la red de alcantarillado sanitario es alimentada por estas conexiones domiciliarias en las cuales se deben de tomar algunas consideraciones de diseño para su funcionamiento, entre las cuales se pueden mencionar:

- La tubería proveniente de la vivienda de estar conectada de manera correcta a la candela domiciliar, e impermeabilizarlas para evitar que existan fugas y el colector pueda recibir todas las descargas.
- La candela o registro debe ser construida con mampostería o tubería de concreto con un diámetro no mayor a los 60 cms y no menor a de 30

cms, esta deberá contar con una tapa de registro para hacer revisiones periódicas

- La tubería entre la candela y el colector principal deberá tener un diámetro mínimo de 4 plg cuando el del colector sea de 6 plg y este tendrá una pendiente como mínimo de 2 %.

2.8.13. Diseño hidráulico

El diseño del alcantarillado en Granjas La Joya fue realizado de acuerdo a parámetros establecidos por normas de diseño; se verifican, velocidades, tirantes, pendientes, entre otros. A continuación, se detallará un ejemplo para el diseño del tramo del pozo de visita 4,4 al pozo de visita 4,5.

Datos para el diseño:

- Periodo de diseño: 30 años
- Dotación de agua potable: 125 lts/hab/día
- Factor de Retorno: 0,8
- Caudal de conexiones ilícitas 20 % del caudal domiciliar
- Longitud del tramo: 87,01
- Población actual acumulada: 420
- Población futura acumulada: 934
- Tasa de crecimiento: 2,7 %
- Cota principal del terreno: 1 018,56
- Cota final del terreno: 1 018,73
- Longitud del tramo: 87,01 mts

Caudal domiciliar:

$$Q_{dom} = \frac{Dot * No\ hab * Fr}{86\ 400} = \frac{1\ 25l/hab/dia * 420 * 0,8}{86\ 400} = 0,48\ lts/s$$

$$Q_{con-ili} = Q_{dom} * 0,20 = 0,48 * 0,20 = 0,096$$

Para el diseño de la red de alcantarillado no se tomó en cuenta el caudal comercial ya que en los tramos existentes no cuentan con comercios que tributen al colector principal.

Para el diseño de la red de alcantarillado no se tomó en cuenta el caudal por infiltración debido que la tubería a usar es de PVC.

Factor de caudal medio:

$$f.q.m. = \frac{Q_{san}}{No\ de\ hab} = \frac{0,48}{420} = 0,0011$$

Como $0,0011 < 0,002$ se utiliza como $f.q.m. = 0,002$

Determinando la pendiente del terreno:

$$S\% = \frac{cota\ principal\ de\ terreno - cota\ final\ de\ terreno}{distancia\ de\ tramo} * 100 =$$

$$S\% = \frac{1\ 018,56 - 1\ 018,73}{87,01} * 100 = -0,20$$

De acuerdo al cálculo anterior, la terracería existente en el tramo 4,4 a 4,5 se encuentra a contra pendiente; por lo cual se tendrá una mayor excavación y profundidad de pozos de visita mayores.

- Factor de Harmond

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

$$F.H. = \frac{18 + \sqrt{420/1\ 000}}{4 + \sqrt{420/1\ 000}} = 4,01$$

Este factor es exclusivamente para todo el tramo.

- Caudal de diseño

$$Q_{max} = No\ de\ hab * f.q.m.* F.H.$$

$$Q_{max} = 420 * 0,002 * 4,01 = 3,37$$

- Diseño hidráulico del tramo

- Determinando la velocidad y caudal a sección

$$V = \frac{1}{n} * R_h^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

$$V_{secllena} = \frac{1}{0,009} * \left(\frac{6 * 0,0254}{4}\right)^{\frac{2}{3}} * (0,019)^{\frac{1}{2}} = 1,26\ m/s$$

$$Q_{seccllena} = A * V = 0,018 \text{ m}^2 * \frac{1,26\text{m}}{\text{s}} * 1\ 000 = 22,95\text{ts/s}$$

- Verificando las relaciones hidráulicas

$$\frac{q}{Q} = \frac{3,37}{22,95} = 0,15$$

Por consiguiente:

$$\frac{d}{D} = 0,30; \quad 0,10 < 0,30 < 0,75 = \text{cumple}$$

$$\frac{v}{V} = 0,70$$

- Despejando v se obtiene

$$v = 0,70 * V = 0,7 * 1,26 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 0,88 \text{ m/s}$$

- Diseño a futuro

- Caudal domiciliar

$$Q_{dom} = \frac{Dot * No \text{ hab} * Fr}{86\ 400} = \frac{125\text{l/hab/dia} * 934 * 0,8}{86\ 400} = 1,08 \text{ ts/s}$$

$$Q_{con-ili} = Q_{dom} * 0,20 = 1,08 * 0,20 = 0,22$$

- Factor de caudal medio

$$f.q.m. = \frac{Q_{san}}{No\ de\ hab} = \frac{1,30}{934} = 0,0013$$

Como $0,0013 < 0,002$ se utiliza como $f.q.m. = 0,002$

- Factor de Harmond

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

$$F.H. = \frac{18 + \sqrt{934/1\ 000}}{4 + \sqrt{934/1\ 000}} = 3,82$$

- Caudal de diseño

$$Q_{max} = No\ de\ hab * f.q.m.* F.H.$$

$$Q_{max} = 934 * 0,002 * 3,81 = 7,12$$

- Diseño hidráulico del tramo

- Determinando la velocidad y caudal a sección

$$V = \frac{1}{n} * R_h^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

$$V_{secc\ llena} = \frac{1}{0,009} * \left(\frac{6 * 0,0254}{4} \right)^{\frac{2}{3}} * (0,019)^{\frac{1}{2}} = 1,26\ m/s$$

$$Q_{secllena} = A * V = 0,018 \text{ m}^2 * \frac{1,26\text{m}}{\text{s}} = 22,95\text{lbs/s}$$

- Verificando las relaciones hidráulicas

$$\frac{q}{Q} = \frac{7,12}{22,95} = 0,31$$

Por consiguiente:

$$\frac{d}{D} = 0,40; \quad 0,10 < 0,40 < 0,75 = \text{cumple}$$

$$\frac{v}{V} = 0,89$$

- Despejando v se obtiene

$$v = 0,88 * V = 0,88 * 1,26 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 1,12 \text{ m/s}$$

2.9. Desfogue

Para la disposición final de las aguas residuales las cuales son encausadas por medio del alcantarillado, se dispuso al final del tramo 4,6 al 4,10 ya que en los linderos del tramo ya existe la planta de tratamiento que recibe las el caudal sanitario de las zonas 1 y 2 de San Miguel Petapa, que sirve de medio para reducir el impacto ambiental que generan este tipo de aguas.

2.10. Elaboración de planos

Los planos constructivos para el alcantarillado en Granjas La Joya son:

- Planta conjunto: topografía y ubicación de pozos
- Planta – perfil de pozos, para todos los tramos
- Detalles de pozos de visita
- Detalles de conexiones domiciliarias

Ver en apéndice 3 los planos.

2.11. Presupuesto

El presupuesto elaborado se basó en precios de mercado mediante la realización de cotizaciones en el municipio y de empresas conocidas altamente en la industria de la construcción; de igual manera, se utilizó la base de datos con que cuenta la municipalidad de San Miguel Petapa para elaborar sus presupuestos.

La mano de obra no calificada se cotizó en el municipio de San Miguel Petapa y para la mano de obra calificada se utilizaron rendimientos y precios que maneja la municipalidad de San Miguel Petapa.

A continuación, detallan los renglones con sus cantidades de trabajo y respectivos precios unitarios:

Tabla V. **Presupuesto de alcantarillado Granjas La Joya**

PRESUPUESTO

Proyecto: **CONSTRUCCION ALCANTARILLADO SANITARIO GRANJAS LA JOYA, SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA**

Ubicación: **GRANJAS LA JOYA, SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA**

no.	descripción	unidad	cantidad	precio unitario	total
ALCANTARILLADO SANITARIO					
1	rotulo de identificación del proyecto	unidad	1	Q3,036,05	Q3,036,05
2	Trazo y replanteo topográfico	m	1912,00	Q18,24	Q34,874,88
3	POZOS DE VISITA DE 1.20M A 2M	unidad	19,00	Q6,081,42	Q115,546,98
4	POZOS DE VISITA DE 2M A 3M	unidad	8,00	Q8,217,71	Q65,741,68
5	POZOS DE VISITA DE 3M A 4M	unidad	6,00	Q10,325,54	Q61,953,24
6	Suministro y colocación de tubería PVC de 6" ASTM F949	ml	1912,00	Q239,03	Q457,025,36
7	excavación para drenaje	m3	3197,33	Q51,23	Q163,799,22
8	Construcción conexión domiciliar	unidad	146,00	Q2,488,35	Q363,299,10
9	Relleno Compactado	m3	3165,87	Q49,85	Q157,818,62
TOTAL					Q1,423,095,13

Fuente: elaboración propia.

2.12. Evaluación ambiental

Tiene como principal función determinar de manera anticipada los posibles daños ambientales que originaría alguna obra determinada desde el momento que empieza su construcción; para ello se debe asegurar mediante medidas ambientales que el impacto generado sea lo menor posible.

El desfogue del alcantarillado será en una planta existente administrada por la municipalidad por tal razón cumple que los requisitos del *Reglamento 236-2006 sobre tratamiento de aguas residuales y disposición de lodos*.

En el apéndice 2 se muestra el formulario para este proyecto el cual debe de ser presentado ante el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.

3. DISEÑO DE EDIFICIO ANEXO EN EL INSTITUTO BÁSICO POR COOPERATIVA PRADOS DE VILLA HERMOSA, SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA

3.1. Diseño de edificación escolar de dos niveles

El edificio propuesto a anexar en el instituto por cooperativa está diseñado mediante un sistema estructural de marcos de concreto reforzado, el cual permitirá conformar una estructura de dos niveles para recibir las cargas aportadas por la carga propia del inmueble y las cargas inducidas por las personas, materiales, equipo, entre otros.

Para que la edificación sea habitable para el fin deseado, es necesario determinar, mediante análisis y cálculos numéricos, el diseño adecuado de cada uno de los elementos por el cual estará constituida la edificación; se apoya además en el adecuado uso de los espacios por medio del diseño arquitectónico.

3.1.1. Descripción del proyecto

El proyecto consiste en la planificación de un módulo escolar conformado por dos niveles, destinado para el aprendizaje de los alumnos en el instituto por cooperativa de Villa Hermosa, el cual está diseñado para albergar estudiantes para ambas jornadas, matutina y vespertina, en la planta alta y baja del inmueble. La planta alta está conformada por dos ambientes: aulas y servicios sanitarios para hombres y mujeres; la planta baja está conformada igualmente por dos ambientes: aulas y un área destinada para la sala del claustro de

catedráticos. La edificación constara, de un módulo de gradas que será la vía de acceso hacia el segundo nivel.

3.1.2. Descripción del área disponible

El área constituida para la realización del proyecto consiste en 425 m² de los cuales 380 m² es de obra gris la cual está ubicada en la parte este del terreno de la escuela. El edificio colinda con un módulo de salones existentes permitiendo un flujo aceptable para la transitabilidad de los estudiantes.

3.1.3. Estudio de suelos

El estudio de suelos es muy importante ya que a partir del él se podrá realizar detalladamente la cimentación de la estructura, para esto es necesario realizar una evaluación del terreno donde se hará la estructura sacando una muestra inalterada *insitu* a la profundidad a la cual se encontrará el desplante de cimentación; a esta se le realizará un ensayo de compresión triaxial en la cual se podrán determinar los paramentos de cortes inherentes a la muestra.

3.1.3.1. Determinación del valor soporte del suelo

Para poder determinar el valor soporte del suelo es necesario recurrir al método propuesto por el Dr. Dr. Karl Terzaghi que establece la ecuación de carga última del valor soporte del suelo.

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

Donde:

- C: cohesión
- q: esfuerzo efectivo al nivel del fondo de la cimentación
- γ : peso específico del suelo
- B: ancho de la cimentación
- $F_{cs}, F_{qs}, F_{\gamma s}$: factores de forma
- $F_{cd}, F_{qd}, F_{\gamma d}$: factores de profundidad
- $F_{ci}, F_{qi}, F_{\gamma i}$: factores de inclinación de la carga
- N_c, N_q, N_γ : factores de capacidad de carga adimensionales

Valores obtenidos del ensayo triaxial, ver anexo 1:

- Descripción del suelo: limo arenoso color café
- Ángulo de fricción interna (ϕ): 26,52
- Cohesión (C_u): 5.42 Tn/m²
- Densidad seca (γ_s): 1,11 T/m³
- Densidad húmeda (γ_h): 1,53 T/m³
- Desplante de cimentación (D_f): 1,50

Esfuerzo efectivo al nivel del desplante de cimentación:

$$q = \gamma * D_f = 1,11 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^3} * 1,50 \text{ m} = 1,66 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^2}$$

Al ángulo de fricción interna se le aplicará un factor de seguridad (F.S) usualmente los rangos están de 1,4 a 1,6 juntamente a un factor mínimo de seguridad de 3 a 4 por capacidad de carga última; este factor se debe

prácticamente por errores involuntarios a momento de tomar la muestra; por ejemplo, el traslado de la muestra, estado del clima, entre otros.

Ángulo de fricción interna (ϕ): $26,52 \rightarrow 26,52^\circ / 1,50 = 17,68$

Cohesión (C_u): $5.42 \text{ tn/m}^2 \rightarrow 5,42 / 1,50 = 3,61$

- Factor de capacidad de carga debido a la sobre carga N_q

$$N_q = \tan \left(45 + \frac{\phi}{2} \right)^2 * e^{\pi \tan \phi}$$

$$N_q = \tan \left(45 + \frac{17,68}{2} \right)^2 * e^{\pi \tan 17,68} = 5,09$$

- Factor de capacidad de carga debido a la cohesión N_c

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

$$N_c = (5,09 - 1) \cot 17,68 = 12,83$$

- Factor de capacidad de carga debido al peso del suelo N_γ

$$N_\gamma = 2(N_q + 1) \tan \phi$$

$$N_\gamma = 2(5,09 + 1) \tan 17,68 = 3,88$$

- Factores de forma

B=1 → Dimensiones de la cimentación

L= 1

$$F_{cs}=1+\frac{N_q}{N_c}*\frac{B}{L}=1,39$$

$$F_{qs}=1+\frac{B}{L}*\tan\phi=1,31$$

$$F_{ys}=1-0,4*\frac{B}{L}=0,6$$

- Factores de profundidad

$$\frac{D_f}{B}>1, \frac{1,50}{1}>1$$

$$F_{cd}=1+0,4*\tan^{-1}\left(\frac{D_f}{B}\right)=1,59$$

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

$$F_{yd}=1$$

- Factores de inclinación

$$F_{ci}=F_{qi}=\left(1-\frac{\beta^\circ}{90^\circ}\right)^2=1$$

$$F_{Vi} = \left(1 - \frac{\beta^\circ}{\phi}\right)^2 = 1$$

$$q_u = 3,61 \cdot 12,83 \cdot 1,39 \cdot 1,59 \cdot 1 + 1,66 \cdot 5,09 \cdot 1,31 \cdot 1 \cdot 1 + \frac{1}{2} \cdot 1,11 \cdot 1 \cdot 3,88 \cdot 0,6 \cdot 1 \cdot 1 = 114,92 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^2}$$

Siguiendo la recomendación de Braja Mauricio Das, quien sostiene que “independientemente del procedimiento por el cual se aplique el factor de seguridad, la magnitud de FS debe depender de las incertidumbres y riesgos implicados en las condiciones encontradas” (p.165); por tal razón, se aplica en este caso la recomendación dada por el autor utilizando un factor de seguridad mínimo por capacidad de carga última comprendido entre 3 y 4; se optó por ser conservador utilizando un factor de seguridad FS= 4.

El valor de carga última de la muestra es de 114,92 ton/m² al cual se le aplicará un factor de seguridad de 4, que da como resultado:

$$q_{adm} = \frac{114,92 \text{ Ton/m}^2}{4} = 28,73 \text{ Ton/m}^2$$

Tabla VI. **Valor soporte según tipo de suelo**

Material del suelo	Ton/m ²	Observaciones
Roca sana	645	
Roca regular	430	
Roca intermedia	215	
Roca agrietada o porosa	22-86	
Suelo gravilloso	90	Compactados, buena granulometría
Suelo arenoso	32-64	Densos
Arena fina	22-43	Densa
Suelo arcilloso	53	Duros
Suelo arcilloso	22	Solidez mediana
Suelo limoso	32	Densos
Suelo limoso	16	Densidad mediana

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

Para el diseño de la cimentación se tomará un valor de $V_s = 28,73 \text{ Tn/m}^2$, consistentemente, se encuentra en el rango permitido según el tipo de suelo mostrado en la tabla V (además, véase anexo 1).

3.1.4. Normas para el diseño de edificios, según AGIES, Conred

Para el diseño arquitectónico y estructural de la edificación de manera global se hará uso de normas y códigos de diseño que permitirán una adecuada planificación y construcción; entre las cuales están *Manual del aula de calidad del Mineduc*, *Normas para la Reducción de Desastres (NRD)* y las *normas de seguridad estructural (NSE)*.

3.1.4.1. Criterios generales

Dentro de las medidas a tomar para que la edificación sea funcional se tomarán criterios arquitectónicos, estructurales, ocupacionales, entre otros.

Los criterios permitirán una mejor aplicación en los trabajos de las diferentes áreas que serán indispensables para planificación y construcción de la edificación.

3.1.4.2. Criterios de conjunto

Son los criterios aplicados en la fase arquitectónica de la edificación, es decir al momento de la realización del boceto, en el cual se precisan todos los requisitos que debe contener la edificación de acuerdo a las normativas y códigos que rigen en el país.

El área para la modulación del conjunto de la edificación es óptima cuando no sobrepasa el 40 % del área total del terreno destinada para su ubicación.

3.1.4.3. Criterios de Iluminación

Es muy importante considerar la iluminación de los diferentes espacios de los cuales estará compuesta la edificación, natural y artificial, eso dependerá de la amplitud de los espacios y de las características arquitectónicas y acabados que se hayan usado para su construcción; entre las cuales están:

- Iluminación sobre las áreas de trabajo: varía de acuerdo con la naturaleza de la actividad a desarrollar y edad de los educandos, esta última puede establecerse con relación a los niveles educativos.
- Proporción del local: se establece en función de la relación de las dimensiones; por ejemplo, un espacio estrecho y pequeño recibe relativamente mayor iluminación que uno grande y ancho.
- Contraste: es la diferencia de brillantez que se establece con respecto al objeto de interés y sus alrededores, con el fin de que el ojo no se sea obligado a hacer grandes esfuerzos o distraiga la atención.
- Brillantez: depende directamente de la intensidad de la fuente de iluminación colores y coeficientes de reflexión de los acabados. Por ello deberá buscarse colores claros. El cielo falso y las paredes de los elementos reflejantes más importantes para lograr una difusión uniforme. Hay que tomar en cuenta que el piso es el reflector más poderoso, pero en sentido inverso, por lo que de preferencia este no deberá ser tan brillante.

La iluminación natural debe ser proporcionada en forma pareja y uniforme sobre el plano de trabajo en todos los puntos del aula. Pueden ser por su localización en el espacio, los siguientes:

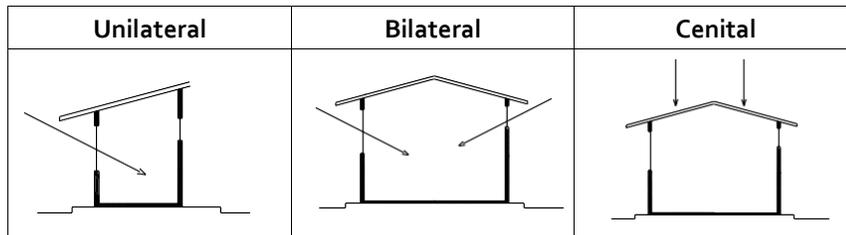
- Iluminación unilateral: es cuando solo un muro de la habitación aporta la iluminación, es decir, solo allí se encuentran ubicadas las ventanas.
- Iluminación bilateral: se dan cuando existe más de un muro que aporte entradas de iluminación, la ubicación de las ventanas pueden estar ubicadas en muros paralelos u opuestos mejorando las condiciones de iluminación, siempre y cuando den al exterior.

Tabla VII. **Coeficientes de reflexión en la superficie de elementos constructivos**

Superficie	Coeficiente de reflexión
Cielo raso o techo	80-85 %
Parte superior de los muros	80-85 %
Muro en general	50-70 %
Molduras y rebordes	30-40 %
Parte superior de escritorios o mesas	35-50 %
Mobiliario	30-40 %
Piso	15-30 %
Pizarrón (pintado)	15-20 %

Fuente: Mineduc. *Criterios normativos para el diseño arquitectónico de centros educativos oficiales*. p. 7.

Figura 6. **Iluminación natural**



Fuente: Mineduc. *Criterios normativos para el diseño arquitectónico de centros educativos oficiales*. p. 8.

3.1.4.4. **Otros criterios**

La edificación demandará de otros criterios no tan principales como los que se describieron en los numerales que anteceden al presente, pero no quiere decir que sean menos importantes, entre los cuales están:

- **Confort acústico:** es el ruido excesivo y la reverberación interfieren con la claridad o entendimiento de voz, lo cual reduce considerablemente las posibilidades de comprensión de mensajes por parte del receptor.
- **Color:** es de gran manera un factor importante para hacer un espacio más confortable y agradable; además, aprovecha la luz natural y artificial; evita los reflejos de las unidades de iluminación, provoca distintas respuestas psicológicas de los usuarios.

Tabla VIII. **Características de diseño por color**

Colores	Coefficiente de reflexión	Respuesta psicológica	Color contraste
Blanco	75-85 %		Negro
Beige	60-70 %		
Amarillo claro	60-70 %	Estimulante mental y nervioso	Morado / bermellón
Amarillo oscuro	50-60 %		
Naranja	50-55 %	Excitante emotivo	Azul
Rojo claro	40-50 %	Excitante emotivo	Azul
Colores	Coefficiente de reflexión	Respuesta psicológica	Color contraste
Rojo oscuro	15-30 %	Aumenta tensión	Verde
Bermellón	15%	Calmante	Amarillo
Verde claro	45-65 %	Sedativo	Rojo
Verde oscuro	5-30 %		
Azul claro	40-60 %	Disminuye la tensión (es más activo que el verde)	Anaranjado
Azul oscuro	5-20 %		
Azul cobalto	15 %		
Pardo	12-25 %		
Gris claro	40-60 %		
Gris oscuro	15-25 %		
Negro	1 %		Blanco

Fuente: Mineduc. *Criterios normativos para el diseño arquitectónico de centros educativos oficiales*. p. 9.

Para la edificación de dos niveles se tomaron los criterios anteriores para que existiera la mayor comodidad y confort por parte de los educandos.

3.1.5. **Diseño arquitectónico**

El diseño arquitectónico de la edificación está en función del espacio disponible y de la demanda de estudiantes que harán uso de las instalaciones. Los ambientes están diseñados para permitir una adecuada movilidad dentro de

la edificación para personas, además de ello está fundamentada en las relaciones de coordinación modular y forma regular (cuadrada o rectangular) utilizando una proporción ancho largo que no exceda una relación de 1:1.5 debido a ellos las dimensiones de las aulas son de 6,40 x 8m,00 mts.

El salón de clases está diseñado bajo un índice de ocupación no menor de 2 metros cuadrados, ya que cada aula está destinada para albergar 20 estudiantes.

3.1.5.1. Ubicación del edificio en el terreno

El edificio se encuentra colindante a un módulo de salones existentes, en la parte de enfrente colinda con el área destinada para la recreación de los estudiantes, debido a ello existe una buena ventilación e iluminación en cada uno de los ambientes.

3.1.5.2. Distribución de los ambientes

La edificación cuenta con tres ambientes, en el segundo nivel está compuesto por dos ambientes, las aulas y los servicios sanitarios específicos para cada género masculino y femenino.

El primero nivel está distribuido de tal forma que cuenta con cuatro aulas, un corredor y un área destinada al claustro de maestros.

Además de ello cuenta con un módulo de gradas específico para la edificación el cual sirve como vía de acceso para ingresar al segundo nivel, la parte inferior de las gradas servirá como bodega para almacenar los utensilios de limpieza.

3.1.5.3. Alturas del edificio

La altura de la edificación en climas templado/cálido no deber ser menor a 3,20 debido a ello la altura es de 3,80 metros para cada uno de los niveles de piso a cielo; por lo tanto, la altura total será de 6 metros, sin contar el espesor de los elementos estructurales.

3.1.6. Selección del sistema estructural a utilizar

Es de acordar que el sistema estructural permite conducir adecuadamente las fuerzas y deformaciones a las cuales estará sujeta la estructura debido a las cargas que serán impuestas por los propios elementos de la estructura y la carga ocupacional. Partiendo de ese principio se debe comprender que la estructura podrá experimentar diferentes tipos de fuerzas; algunas actuarán a tensión y otras a compresión; por lo tanto, existirán diferentes vectores es decir tendrán dirección y magnitud.

El análisis para seleccionar un conveniente sistema estructural requerirá conocer adecuadamente la forma y dimensiones de la estructura, ya que de ello derivará cuál es el mejor sistema estructural a elegir debido a su comportamiento a la imposición de las cargas.

Las características más importantes de un sistema estructural son: su resistencia, rigidez y ductilidad. Esto debido que el sistema estructural a elegir debe resistir de manera eficiente, las diversas condiciones de carga a las cuales estará sometida la estructura; asimismo, poseer la suficiente rigidez para soportar las diferentes fuerzas que actúen en ella y la ductilidad adecuada para no que no exista un estado límite de resistencia que permita un colapso en la estructura.

El sistema estructural a usar en la edificación será de marcos dúctiles resistentes a momentos con nudos rígidos, conformado por vigas y columnas; además de elementos no estructurales como las losas y tabiques para la separación de los ambientes.

3.1.6.1. Predimensionamiento de elementos estructurales

Se realiza el predimensionamiento de un elemento estructural con el objetivo de encontrar las dimensiones o magnitudes adecuadas para afinar un proceso de diseño que posteriormente deberá ser ratificado por medio de un cálculo numérico. Para realizar los predimensionamientos de los elementos estructurales de una edificación se hace uso de métodos que han sido ratificados en laboratorios y que muchas veces sean utilizado de manera empírica.

- Predimensionamiento de viga

Para el pre-dimensionamiento de las vigas se pueden optar varios criterios algunos regidos por códigos y otros que son elegidos de manera empírica; eso no quiere decir que sean descartados totalmente, dado que han sido válidos por su buen resultado a momento de realizar el diseño de cada uno de los elementos.

Uno de los códigos a usar para diseñar los diferentes elementos estructurales que componen la edificación es el reglamento para concreto estructural, American Concrete Institute (ACI 318s-11), que permitirá para este proyecto el buen uso de los criterios de diseño.

A continuación, se mostrarán los parámetros de predimensionamiento dadas por American Concrete Institute en vigas no preesforzadas.

Tabla IX. **Alturas o espesores mínimos de vigas no preesforzadas en una sola dirección**

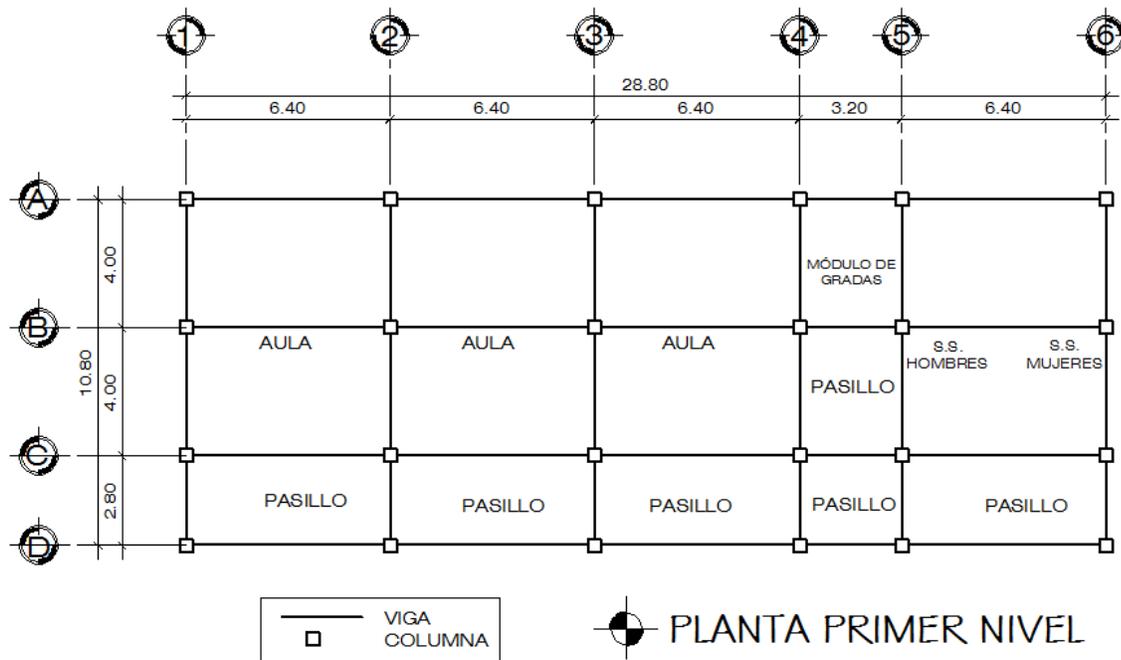
	Espesor mínimo, h			
	Simplemente apoyados	Con un extremo continuo	Ambos extremos continuos	En Voladizo
Elementos	Elementos que no soporten o estén ligados a divisiones u otro tipo de elementos susceptibles a dañarse debido a deflexiones grandes			
Losas macizas en una dirección	$\frac{\ell}{20}$	$\frac{\ell}{24}$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

Fuente: American Concrete Institute. *ACI 318S-11*. p. 130.

El ACI 318 proporciona la tabla para diferentes casos de predimensionamiento, para este caso se considera la viga continua en un extremo.

En la práctica de manera más empírica se hace uso del incremento del peralte en un 8 % por cada metro de luz de la viga y un ½ del peralte total para la base.

Figura 7. Planta de conjunto de la edificación



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Longitud total de la viga con mayor luz: 6,40 mts:

$$h_{viga} = \frac{l}{18,5} = \frac{6,40}{18,5} = 0,35 \text{ mts}$$

La base de la viga queda a criterio del diseñador pero para una adecuada esbeltez del elemento la proporción adecuada altura/base es de 2:1 dando como resultado:

$$0,35/2 = 0,18$$

Otro criterio: $h_{viga} = luz\ libre\ de\ la\ viga * 0,08$

$$h_{viga} = 6,40 * 0,08 = 0,51\ mts$$

$$base_{viga} = \frac{0,51}{2} = 0,26\ mts$$

Por criterio se hará un promedio del peralte como la base:

$$h_{viga} = \frac{0,35 + 0,51}{2} = 0,43\ mts$$

$$b_{viga} = \frac{0,18 + 0,26}{2} = 0,22\ mts$$

Se propone una sección de para las vigas de 0.45x 0.30 mts.

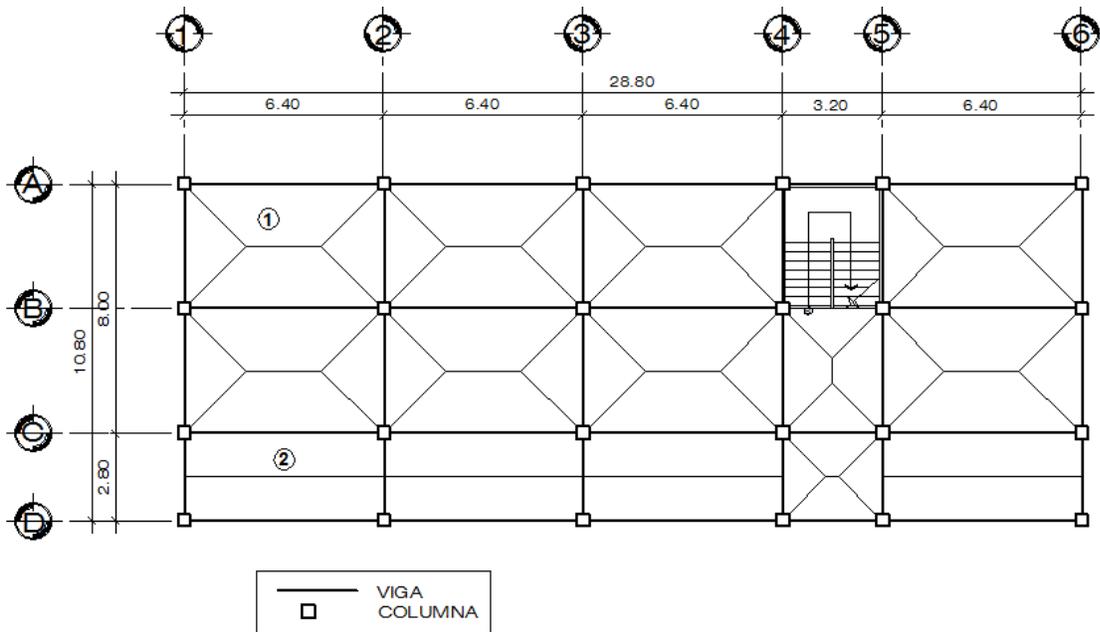
- Predimensionamiento de losas

Las losas son los elementos que sirven para transmitir las cargas de ocupación de la estructura hacia las vigas. Las losas pueden estar diseñadas estructuralmente sin son en un sentido o ambos sentidos, para determinarlo se usar el criterio para diseño de la relación siguiente:

$$m = \frac{lado\ corto}{lado\ largo}$$

- Si $m < 0,5$ es una losa en un sentido
- Si $m > 0,5$ es una losa en ambos sentidos

Figura 8. Planta típica de la edificación



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Las dimensiones de la cubierta más grande son de 4,00 x 6,40 mts, de acuerdo a la relación anterior se puede determinar:

- Losa 1:

$$m = \frac{4,00}{6,40} = 0,62$$

m es mayor a 0,5, por lo tanto, es una losa en ambos sentidos.

- Espesor de losa

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

Donde:

- P: perímetro
- T: espesor de losa

$$t = \frac{2(4 + 6,40)}{180} = 0,115 \approx 0,12 \text{ mts}$$

Por lo que se propone un espesor de losa de 12 cms en ambos sentidos.

- Losa 2

$$m = \frac{2,80}{6,40} = 0,44$$

m es menor a 0,5 por lo tanto es una losa en un sentido.

- Espesor de losa

El código ACI para elementos en una dirección establece en su sección 9.5.2.1 las alturas y espesores mínimos en la tabla 9.5(a):

$$t = \frac{L}{28}$$

Donde:

- L: longitud lado corto
- T: espesor de losa

$$t = \frac{(2,80)}{28} = 0,10 \text{ mts}$$

Por lo que se propone un espesor de losa de 12 cms uniforme.

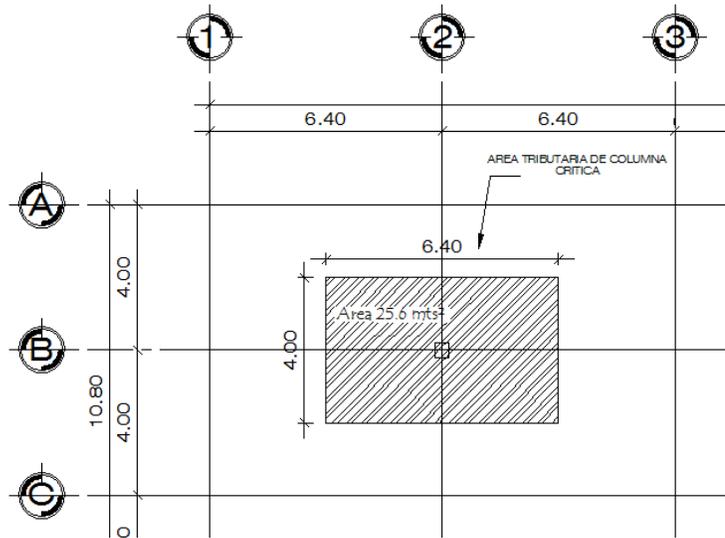
- Predimensionamiento de columnas

Para el predimensionamiento de columnas el código ACI establece en su capítulo 10 en la sección 10.3.6.2, para elementos no presforzados se puede determinar una sección de acuerdo a la siguiente expresión:

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

Cabe resaltar que la expresión anterior sirve para determinar el área gruesa de la sección de la columna, sin tomar algunos criterios de magnificación por fuerzas de sismos y efectos de esbeltez; más adelante se calcularán tales efectos en la columna.

Figura 9. Área tributaria de columna más crítica



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

A continuación, se determina la sección de la columna como lo establece el código ACI 318s-11 en su sección 10.3.6.2:

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

Datos:

- f'_c : 281 kg
- A_s : 1 %* A_g
- f_y : 2 810 kg/cm²
- Donde A_{st} : ρ * A_g

$$P: (2\,400\text{ kg/m}^2) \cdot (6,40\text{ m} \cdot 4\text{ m}) = 61\,440\text{ kg}$$

Despejando el A_g :

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

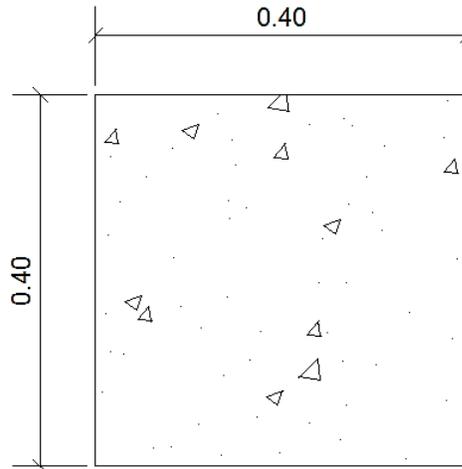
Para el diseño se usará un concreto de una resistencia de 281 kg/cm² y un resistencia de fluencia del acero de 2810 kg/cm² y un $\rho = 0,01$ que será la cuantía mínima de acero que debe llevar una columna de acuerdo a lo establecido por el ACI.

$$A_g = \frac{61\,440\text{ kg}}{0,80[0,85 * 281 * (1 - 0,01) + 2\,810 * 0,01]}$$

$$A_g = 290,29\text{ cms}^2$$

De acuerdo con resultado anterior se establece que el área determinada es suficiente para poder resistir las cargas impuestas, pero hay que recordar que el código ACI 318S-11 en su sección 21.6.1.1 establece que la dimensión menor de la sección para una columna es de 30 cms; es decir, que el área gruesa no será menor que 900 cms², además aun no se han realizado los chequeos de esbeltez y sismo, por lo tanto, se tomará para este diseño una sección de 0,40 x 0,40 metros.

Figura 10. **Sección de columna**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

3.1.6.2. **Cargas de diseño según AGIES**

En Guatemala, las normas de seguridad estructural de edificaciones y obras de infraestructura, en su norma de seguridad estructural NSE2 establece las solicitaciones de carga mínimas de diseño que se deben emplear al momento de diseñar las edificaciones; por lo cual el diseñador está sujeto a emplear los criterios que establece la norma.

La norma en su capítulo 2 y 3 expone los tipos de carga vertical que están haciendo efecto en la estructura que a continuación se detallan:

- **Cargas muertas:** son todas aquellas cargas de elementos permanentes de la construcción. Incluyen, pero no están limitadas al peso propio de la estructura, pisos, rellenos, cielos. Vidrieras, tabiques, equipo permanente rígidamente anclado. Tabiques móviles son casos especiales.

- Cargas vivas: las cargas vivas son aquellas producidas por el uso y la ocupación de la edificación (no debe incluirse cargas de viento y sismo).

La norma AGIES 2010 establece parámetros de carga para que el diseñador tome valores adecuados para su diseño, ya que en función de ellas estará basado el análisis numérico de la edificación, también, su diseño estructural.

Tabla X. **Cargas vivas de diseño según AGIES 2010**

Tipo de ocupación o uso	Wv (kg/m ²)
Vivienda	
Balcones	500
Habitaciones y pasillos	200
Escaleras	300
Oficina	
Pasillos y escaleras	300
Oficinas	250
Áreas de cafetería	500
Hospitales	
Pasillos	500
Clínicas y encamamiento	250
Servicios médicos y laboratorio	350
Farmacia	500
Escaleras	500
Cafetería y cocina	500
Hoteles	
Habitaciones	200
Servicios y áreas públicas	500
Educativos	
Aulas	200
Pasillos y escaleras	500
Salones de Lectura de Biblioteca	200
Área de estanterías de Biblioteca	700
Reunión	
Escaleras privadas	300
Escaleras públicas	500
Balcones	500
Vestíbulos públicos	500
Plazas a nivel de la calle	500
Salones con asiento fijo	300
Salones sin asiento fijo	500
Escenarios y circulaciones	500
Garajes	
Garajes para automóviles de pasajeros	250
Garajes para vehículos de carga (2,000 Kg)	500
Rampas de uso colectivo	750
Corredores de circulación	500
Servicio y reparación	500

Continuación de la tabla X.

Tipo de ocupación o uso	Wv (kg/m²)
Instalaciones deportivas públicas	
Zonas de circulación	500
Zonas de asientos	400
Zonas sin asientos	800
Canchas deportivas	ver nota ^(a)
Almacenes	
Minoristas	500
Mayoristas	600
Bodegas	
Cargas livianas	600
Cargas pesadas	1,200
Fábricas	
Industrias livianas	500
Industrias pesadas	1,000
Cubiertas pesadas	
Azoteas de concreto con acceso	200
Azoteas sin acceso horizontal o inclinadas	100
Azoteas con inclinación mayor de 20°	75 ^(b)
Cubiertas usadas para jardín o para reuniones	500
Cubiertas livianas	
Techos de láminas, tejas, cubiertas plásticas, lonas, etc (aplica a la estructura que soporta la cubierta final)	50 ^(b)

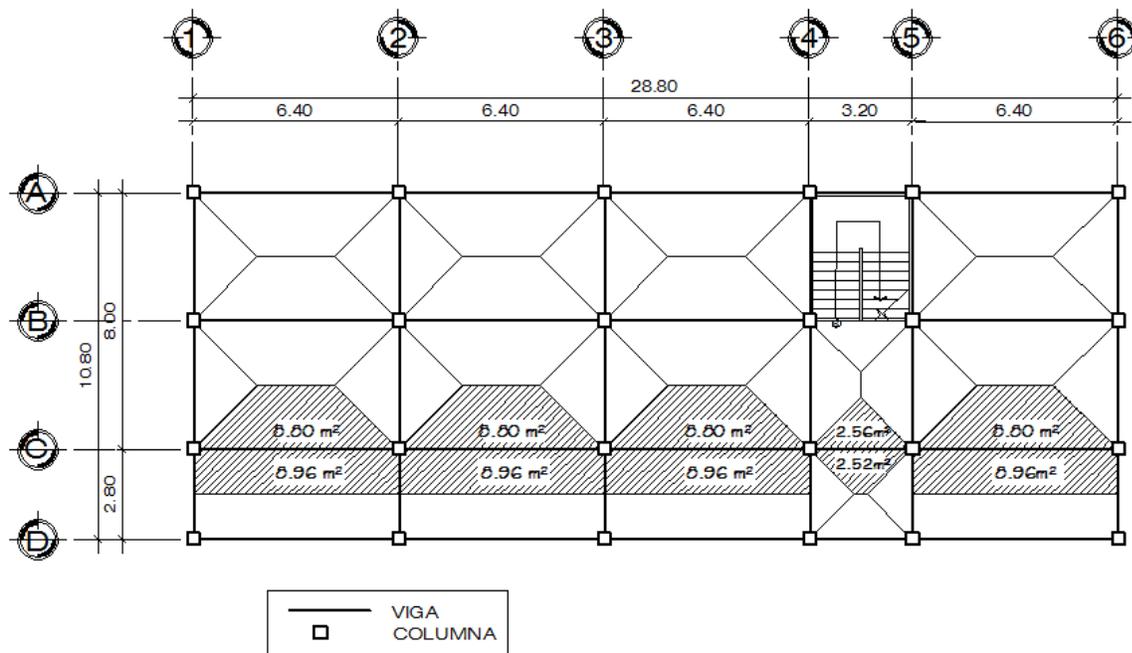
Fuente: AGIES. *Normas de seguridad estructural, (NSE-2)*. p. 24.

Para el diseño del anexo en el instituto por cooperativa se tomaron las siguientes cargas de diseño:

- Carga muerta (CM)
 - Sobre carga y Acabados:
 - Tabiques: 30 kg/m²
 - Acabados: 20 kg/m²
 - Instalaciones: 10 kg/m²
 - Sobrecarga: 30 kg/m²
 - Peso de sobrecarga y acabados: 90 kg/m

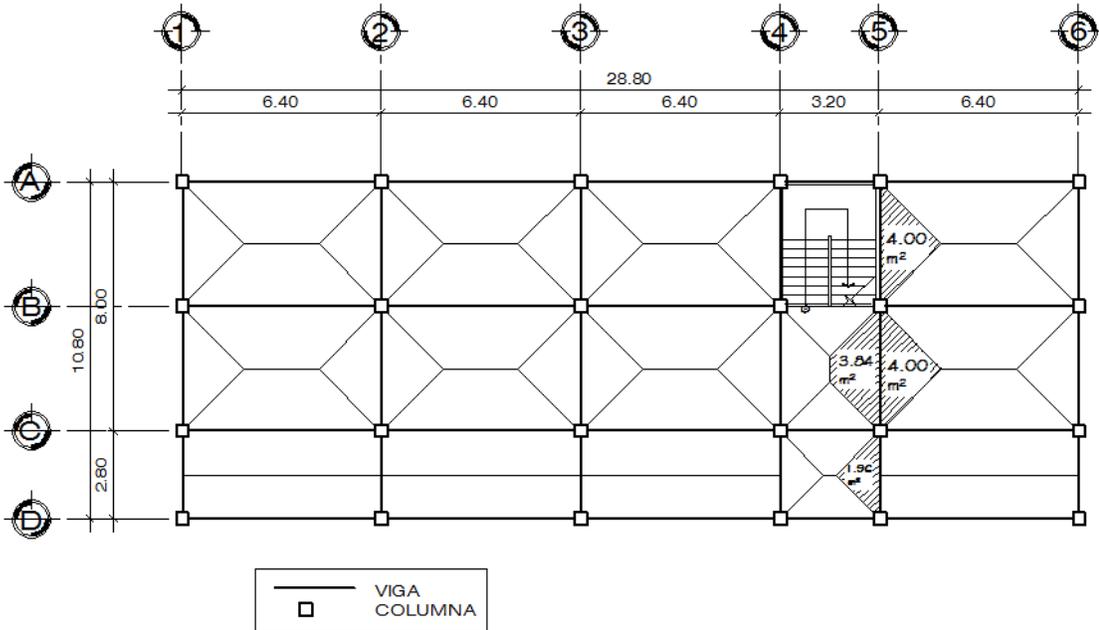
- Carga viva (CV)
 - Azotea (sin acceso): 100 kg/m²
 - Aulas: 300 kg/m²
 - Pasillos: 500 kg/m²

Figura 11. Áreas tributarias de planta típica eje C



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Figura 12. áreas tributarias de planta típica eje 5



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

3.1.6.2.1. Cargas verticales en marcos dúctiles con nudos rígidos

La integración de las cargas verticales sirven para determinar el peso que soportara la estructura de las cargas vivas y muertas que se le impondrán, a lo largo de su vida útil, estas cargas se determinan para los ejes más críticos es decir con mayor área tributante. Es de mencionar que se integraron de igual manera para todos los ejes de la estructura.

- Eje C viga 1-2
 - Segundo nivel

- Carga muerta

$$Losa_{1-2} = \frac{t_{losa} * Area_{tributaria} * P.E. \text{ concreto}}{Longitud \text{ de viga}}$$

$$Losa_{1-2} = \frac{0,12m * 17,76 m^2 * 2\,400 \text{ kg/m}^3}{6,40 m} = 799,20 \text{ kg/m}$$

$$Viga_{1-2} = 0,30 m * 0,33 m * 2\,400 \text{ kg/m}^3 = 237,60 \text{ kg/m}$$

$$Acabados_{1-2} = \frac{90 \text{ kg/m}^2 * 17,76 m^2}{6,40 m} = 249,75 \text{ kg/m}$$

$$P_{total} = P_{losa} + P_{viga} + P_{acabados} = 1\,286,55 \text{ kg/m}$$

- Viga 4-5

- Carga muerta

$$Losa_{5-6} = \frac{0,12m * 5,08 m^2 * 2\,400 \text{ kg/m}^3}{3,20 m} = 457,20 \text{ kg/m}$$

$$Viga_{5-6} = 0,30 m * 0,33 m * 2\,400 \text{ kg/m}^3 = 237,6 \text{ kg/m}$$

$$Acabados_{1-2} = \frac{90 \text{ kg/m}^2 * 5,08 m^2}{3,20 m} = 142,88 \text{ kg/m}$$

$$P_{total} = P_{losa} + P_{viga} + P_{acabados} = 837,68 \text{ kg/m}$$

- Primer nivel

- Carga muerta

$$Muro_{1-2} = \frac{120 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2} * 3,40 \text{ m} * 6,40 \text{ m}}{6,40 \text{ m}} = 408 \text{ kg/m}$$

$$Losa_{1-2} = \frac{0,12 \text{ m} * 17,76 \text{ m}^2 * 2400 \text{ kg/m}^3}{6,40 \text{ m}} = 799,2 \text{ kg/m}$$

$$Viga_{1-2} = 0,30 \text{ m} * 0,33 \text{ m} * 2400 \text{ kg/m}^3 = 237,6 \text{ kg/m}$$

$$Acabados_{1-2} = \frac{90 \text{ kg/m}^2 * 17,76 \text{ m}^2}{6,40 \text{ m}} = 249,75 \text{ kg/m}$$

$$P_{\text{total}} = P_{\text{muros}} + P_{\text{losa}} + P_{\text{viga}} + P_{\text{acabados}} = 1694,55 \text{ kg/m}$$

- Viga 4-5

$$Muro_{5-6} = \frac{120 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2} * 3,40 \text{ m} * 3,20 \text{ m}}{3,20 \text{ m}} = 408 \text{ kg/m}$$

$$Losa_{5-6} = \frac{0,12 \text{ m} * 5,08 \text{ m}^2 * 2400 \text{ kg/m}^3}{3,20 \text{ m}} = 457,20 \text{ kg/m}$$

$$Viga_{5-6} = 0,30 \text{ m} * 0,33 \text{ m} * 2400 \text{ kg/m}^3 = 237,60 \text{ kg/m}$$

$$Acabados_{5-6} = \frac{90 \text{ kg/m}^2 * 5,08 \text{ m}^2}{3,20 \text{ m}} = 142,88 \text{ kg/m}$$

$$P_{\text{total}} = P_{\text{muros}} + P_{\text{losa}} + P_{\text{viga}} + P_{\text{acabados}} = 1\,245,68 \text{ kg/m}$$

- Segundo nivel

- Viga 1-2

- Carga viva

$$Cubierta_{1-2} = \frac{100 \text{ kg/m}^2 * 17,76 \text{ m}^2}{6,40 \text{ m}} = 277,5 \text{ kg/m}$$

- Viga 4-5

$$Cubierta_{1-2} = \frac{100 \text{ kg/m}^2 * 5,08 \text{ m}^2}{3,20 \text{ m}} = 158,75 \text{ kg/m}$$

- Primer nivel

- Viga 1-2

$$Aulas_{1-2} = \frac{300 \text{ kg/m}^2 * 8,80 \text{ m}^2}{6,40 \text{ m}} = 412,50 \text{ kg/m}$$

$$Pasillos_{1-2} = \frac{500 \text{ kg/m}^2 * 8,96 \text{ m}^2}{6,40 \text{ m}} = 700 \text{ kg/m}$$

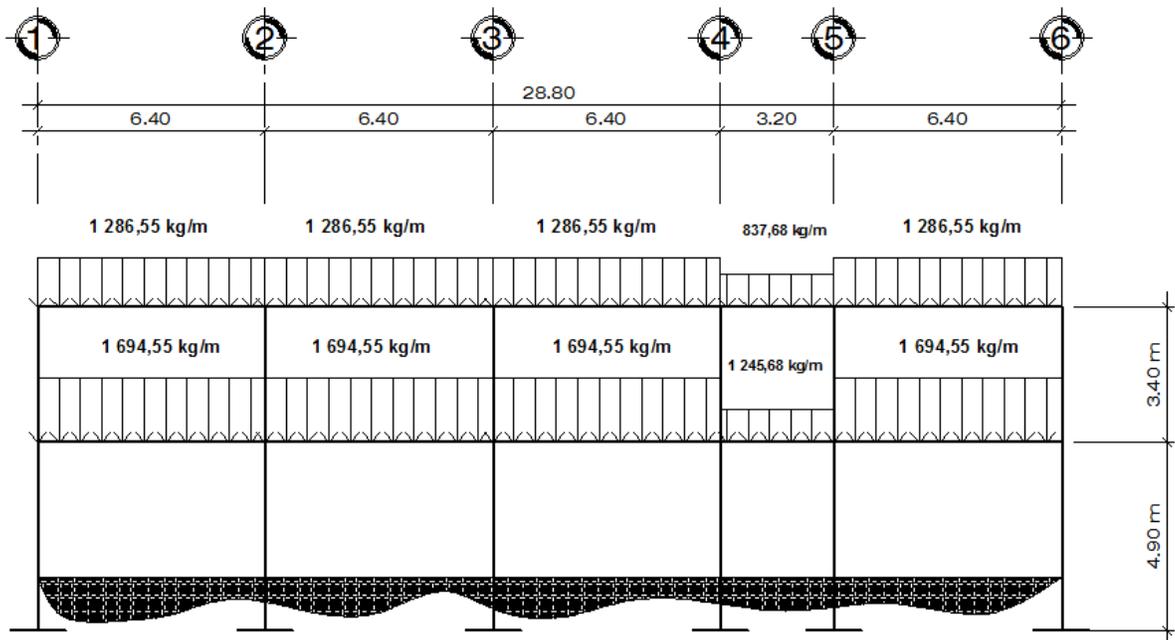
$$P_{\text{total}} = P_{\text{aulas}} + P_{\text{pasillos}} = 1\,112,5 \text{ kg/m}$$

- Viga 4-5

$$Pasillos_{1-2} = \frac{500 \text{ kg/m}^2 * 5,08 \text{ m}^2}{3,20 \text{ m}} = 793,75 \text{ kg/m}$$

De igual manera se determinó las cargas vivas y muertas para el marco en el eje 5, las cargas obtenidas en cada uno de los ejes servirán para realizar el análisis y diseño estructural de la edificación; con lo cual se podrán hacer algunas suposiciones acerca de su comportamiento mediante un modelo matemático; asimismo, por consiguiente, el diseño de cada uno de los elementos estructurales por el cual está conformado.

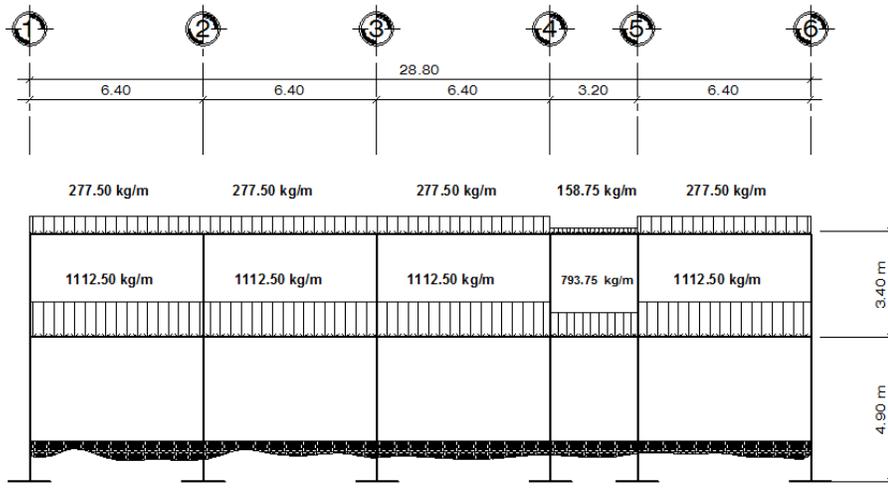
Figura 13. Cargas muertas eje C



Cargas muertas sobre eje C

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

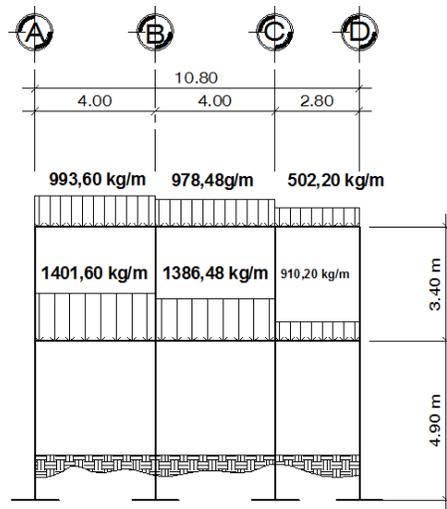
Figura 14. Cargas vivas eje C



Cargas vivas sobre eje C

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

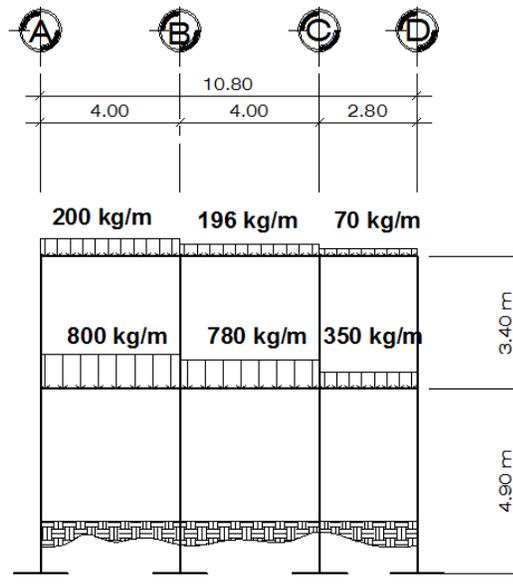
Figura 15. Cargas muertas eje 5



Cargas muertas eje 5

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Figura 16. **Cargas viva eje 5**



Cargas vivas eje 5

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

3.1.6.2.2. **Cargas horizontales en marcos rígidos dúctiles con nudos rígidos**

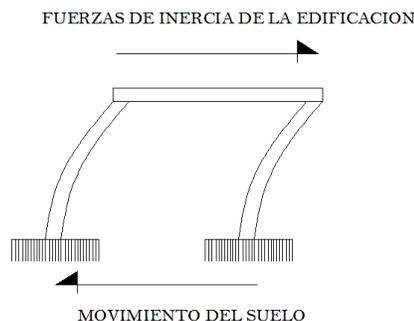
Son aquellas cargas laterales que son producidas principalmente por viento, por sismo, y presiones laterales que ejerce la tierra sobre la estructura.

Las cargas horizontales que afectaran al proyecto son las cargas por sismo, ya que Guatemala por estar en una zona de alta sismicidad, estas cargas serán tomadas en el diseño.

3.1.6.3. Fuerzas sísmicas

Las cargas horizontales son aquellas producidas por las fuerzas sísmicas es decir cuando ocurre una sacudida de la corteza terrestre originada por las zonas de fricción en las fallas existentes, la llegada de las ondas a la superficie terrestre representa para las estructuras sobrellevar grandes esfuerzos en sus elementos, a medida que el terreno se mueve, la inercia tiende a mantener la estructura en su sitio original, con lo cual conlleva a la estructura sufrir desplazamientos y fuerzas que pueden tener consecuencias desastrosas.

Figura 17. **Comportamiento de la estructura ante un sismo**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Al tomar en cuenta este tipo de fuerzas en un diseño estructural sismo resistente, puede prevenir que las fuerzas y los desplazamientos se concentren en partes de la estructura que puedan ser incapaces de proporcionar resistencia u ductilidad adecuadas.

La fuerza horizontal aportada a la estructura es un porcentaje de su peso total, a este se le denomina corte basal (V_B) y este afecta a los elementos

estructurales los cuales reaccionarán proporcionalmente de acuerdo a sus rigideces.

Para el diseño de estructuras sismo resistentes en Guatemala se utilizan los parámetros que se establecen en la normas elaboradas por la Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica (AGIES), las cuales establecen las configuraciones estructurales adecuadas para un buena respuesta sísmica.

A continuación, se detallará el proceso para determinar las fuerzas por sismo que afectaran la estructura.

- Determinación del peso de la estructura
 - Carga muerta, segundo nivel
 - Losa: $0.12m * 29,2 m * 11,20 m * 2400 \frac{kg}{m^3} = 94\ 187,52\ kg$
 - Viga: $0.30m * 0,33m * 184m * 2400 \frac{kg}{m^3} = 43\ 718,40\ kg$
 - Columna: $0,40m * 0,40m * 1,7m * 24 * 2400 \frac{kg}{m^3} = 15\ 667,2\ kg$
 - Muros: $120 \frac{kg}{m^2} * 102m * 1,7m = 20\ 808kg$
 - Acabados: $90 \frac{kg}{m^2} * 29,20m * 11,20m = 29\ 433,60\ kg$
 - Total: $203\ 814,72\ kg$
 - Carga viva, segundo nivel
 - Viva: $100 \frac{kg}{m^2} * 29,20 * 11,20m = 32\ 704\ kg$

- Carga total segundo nivel: $203\,814,72\text{ kg} + 25\% (32\,704\text{ kg}) = 211\,990,72\text{ kg}$

- Carga muerta, primer nivel

- Losa: $0,12\text{m} * 29,20\text{ m} * 11,20\text{ m} * 2\,400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 94\,187,52\text{ kg}$
- Viga: $0,30\text{m} * 0,33\text{m} * 184\text{m} * 2400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 43\,718,40\text{ kg}$
- Columna: $0,40\text{m} * 0,40\text{m} * 6,6\text{m} * 24 * 2\,400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 60\,825,6\text{ kg}$
- Muros: $120 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} * 102\text{ m} * 6,6\text{ m} = 80\,784\text{ kg}$
- Acabados: $90 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} * 29,20\text{ m} * 11,20\text{m} = 29\,433,60\text{ kg}$
- Total: $308\,949,12\text{ kg}$

- Carga viva, primer nivel

Aulas: $300 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} * 204,8\text{m}^2 = 61\,440\text{ kg}$

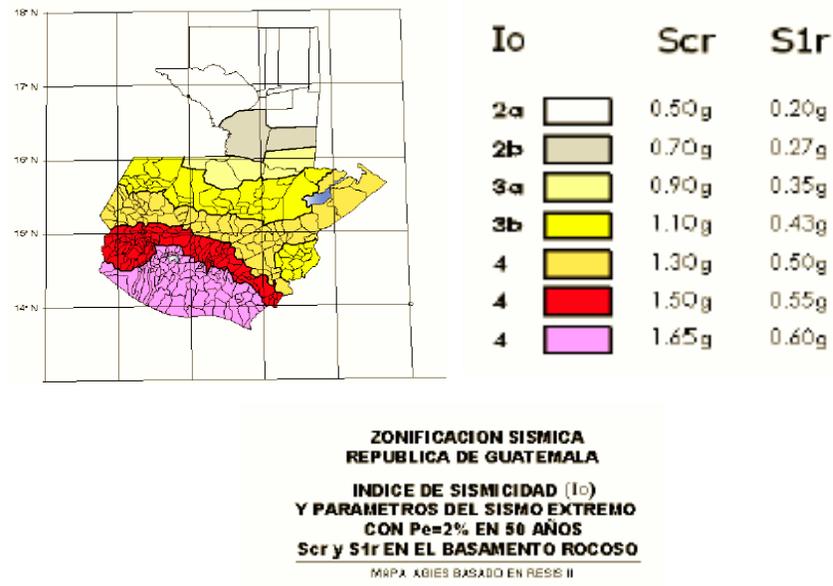
Pasillos: $500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} * 93,44 = 46\,720\text{ kg}$

Total: $108\,160,00\text{ kg}$

Carga total primer nivel: $308\,949,12\text{ kg} + 25\% (108\,160\text{ kg}) = 335\,989,12\text{ kg}$

Peso total del edificio: $547\,979,84\text{ kg}$

Figura 18. Zonificación sísmica para Guatemala



Fuente: AGIES. *Normas de Seguridad Estructural (NSE)*. p. 14.

Además, la norma establece que la ordenada espectral de periodo corto y la ordenada espectral de periodo de 1 segundo de un sismo extremo, esto depende del tipo de suelo donde está ubicada la estructura.

Tabla XI. **Tabla de amenaza sísmica en San Miguel Petapa**

No.	Municipio	Departamento	I _o	S _{or}	S _{ir}
199	San José (Petén)	Petén	2a	0.50 g	0.20 g
200	San José Acatempa	Jutiapa	4	1.65 g	0.60 g
201	San José Chacayá	Atitlán	4	1.65 g	0.60 g
202	San José del Golfo	Guatemala	4	1.50 g	0.55 g
203	San José El Idolo	Suchitepéquez	4	1.65 g	0.60 g
204	San José La Arada	Chiquimula	3b	1.10 g	0.43 g
205	San José Ojetenam	San Marcos	4	1.30 g	0.50 g
206	San José Pinula	Guatemala	4	1.50 g	0.55 g
207	San José Poaquil	Chimaltenango	4	1.50 g	0.55 g
208	San Juan Atitán	Huehuetenango	4	1.30 g	0.50 g
209	San Juan Bautista	Suchitepéquez	4	1.65 g	0.60 g
210	San Juan Chamelco	Alta Verapaz	3b	1.10 g	0.43 g
211	San Juan Comalapa	Chimaltenango	4	1.50 g	0.55 g
212	San Juan Cotzal	Quiché	3b	1.10 g	0.43 g
213	San Juan Ermita	Chiquimula	3b	1.10 g	0.43 g
214	San Juan Ixcoy	Huehuetenango	3b	1.10 g	0.43 g
215	San Juan La Laguna	Atitlán	4	1.65 g	0.60 g
216	San Juan Ostuncalco	Quetzaltenango	4	1.50 g	0.55 g
217	San Juan Sacatepéquez	Guatemala	4	1.50 g	0.55 g
218	San Juan Tecuaco	Santa Rosa	4	1.65 g	0.60 g
219	San Lorenzo	San Marcos	4	1.50 g	0.55 g
220	San Lorenzo	Suchitepéquez	4	1.65 g	0.60 g
221	San Lucas Sacatepéquez	Sacatepéquez	4	1.50 g	0.55 g
222	San Lucas Tolimán	Atitlán	4	1.65 g	0.60 g
223	San Luis	Petén	3a	0.90 g	0.35 g
224	San Luis Jilotepeque	Jalapa	3b	1.10 g	0.43 g
225	San Manuel Chaparrón	Jalapa	4	1.30 g	0.50 g
226	San Marcos	San Marcos	4	1.50 g	0.55 g
227	San Marcos La Laguna	Atitlán	4	1.65 g	0.60 g
228	San Martín Jilotepeque	Chimaltenango	4	1.50 g	0.55 g
229	San Martín Sacatepéquez	Quetzaltenango	4	1.50 g	0.55 g
230	San Martín Zapotitlán	Retalhuleu	4	1.65 g	0.60 g
231	San Mateo Ixtatán	Huehuetenango	3b	1.10 g	0.43 g
232	San Mateo Ixtatán	Quetzaltenango	4	1.50 g	0.55 g
233	San Miguel Acatán	Huehuetenango	3b	1.10 g	0.43 g
234	San Miguel Chicaj	Baja Verapaz	4	1.30 g	0.50 g
235	San Miguel Dueñas	Sacatepéquez	4	1.65 g	0.60 g
236	San Miguel Ixtahuacán	San Marcos	4	1.30 g	0.50 g
237	San Miguel Panán	Suchitepéquez	4	1.65 g	0.60 g
238	San Miguel Petapa	Guatemala	4	1.65 g	0.60 g

Fuente: AGIES. *Normas de Seguridad Estructural (NSE)*. p. 60.

Datos obtenidos por la norma NSE 2-10 y NSE 3-10 para el diseño sismorresistente de la estructural en Prados de Villa Hermosa, San Miguel Petapa.

- $I_0 = 4$ Clase de sitio: E
 - $S_{cr} = 1.65g$ Sistema estructural: marcos E2
 - $S_{1r} = 0.60g$ Distancia de falla más cercana: 2 kms
- Periodo de vibración empírico T_a

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

Donde:

- h_n : es la altura total del edificio
- K_T : 0,047, $x=0,90$ para sistemas estructurales E1, E3, E4 o E5

$$T_a = 0,047(8,3)^{0,90} = 0,32 \text{ s}$$

Figura 19. Sistema estructural

	SISTEMA ESTRUCTURAL (sección 1.5)	Sistema Constructivo Véase Secc1.5.8	R	Ω_r	C_d	Límite de altura en metros			
						Nivel de Protección			
						B	C	D	E
E1	SISTEMA DE MARCOS								
E1-A	Marcos tipo A								
	De concreto reforzado	NSE 7.1	8	3	5.5	SL	SL	SL	SL
	De acero estructural	NSE 7.5	8	3	5.5	SL	SL	SL	SL
E1-B	Marcos tipo B								
	De concreto reforzado	NSE 7.1	5	3	4.5	50	30	12	NP
	De acero estructural	NSE 7.5	4.5	3	4	50	30	12	NP
E1-C	Marcos tipo C								
	De concreto reforzado	NSE 7.1	3	3	3	30	NP	NP	NP
	De acero estructural	NSE 7.5	3.5	3	2.5	30	NP	NP	NP

Fuente: AGIES. Normas de Seguridad Estructural (NSE). p. 11.

- Ajuste por intensidades sísmicas S_{cs} , S_{1s}

Ordenada espectral de periodo corto y la ordenada espectral de periodo de 1 segundo de un sismo extremo S_{cs} , S_{1s} , respectivamente, esto depende del tipo de suelo donde está ubicada la estructura.

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

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

Donde:

- S_{cs} : ordenada espectral de periodo corto.
- S_{1s} : ordenada espectral de periodo de 1 segundo de un sismo extremo.
- N_a y N_v : factores que aplican por la proximidad de amenazas especiales.

$$S_{cs} = 1.65 * 1,0 * 1,12 = 1,85$$

$$S_{1s} = 0.60 * 1,5 * 1.2 = 1,08$$

Tabla XII. **Coefficiente de sitio F_a**

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

Fuente: AGIES. *Normas de Seguridad Estructural (NSE)*. p. 14.

Tabla XIII. **Coeficiente de sitio F_v**

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

Fuente: AGIES. *Normas de Seguridad Estructural (NSE)*. p. 14.

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

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

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

Fuente: AGIES. *Normas de Seguridad Estructural (NSE)*. p. 24.

Tabla XV. **Factor N_v para periodos largos de vibración.**

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

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

Fuente: AGIES. *Normas de Seguridad Estructural (NSE)*. p. 25.

- Factores de escala
 - Sismo ordinario – 10 % probabilidad de ser excedido en 50 años
K_d=0,66.
 - Sismo severo – 5 % probabilidad de ser excedido en 50 años
K_d=0,80.
 - Sismo extremo – 2 % probabilidad de ser excedido en 50 años
K_d=1,00.
 - Sismo mínimo -- condición de excepción K_d=0,55.

Los factores de escala demuestran las probabilidades de ocurrencia de un sismo dependiendo su magnitud; por tal razón, se eligió de manera conservadora un sismo severo que tiene un 5 % de probabilidad que sea excedido en 50 años k_d=0,80.

- Espectro calibrado a nivel de diseño requerido

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

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

$$S_{cd} = 0,80 * 1,85$$

$$S_{1d} = 0,80 * 1,08$$

La fe de erratas dada por las normas AGIES 2010 especifica nuevamente un cambio realizado a la ecuación del periodo de transición, en el cual queda por definitiva la siguiente expresión:

- Periodo de transición

$$T_s = \frac{S_{1d}}{S_{cd}} = \frac{0,86}{1,48} = 0,58 \text{ s}$$

- Ordenada espectrales

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

$$S_a(t) = \frac{S_{1d}}{T} \quad \text{Si } T > T_s$$

Como $0,33 \leq 0,58$, entonces:

$$S_a(t) = 1,48$$

- Coeficiente sísmico al límite de cedencia C_s .

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

$$C_s = \frac{1,48}{8} = 0,185$$

- Corte basal

V_B es el total de las fuerzas sísmicas que actúan en la edificación en cada dirección de análisis, se denomina como cortante basal.

$$V_B = C_s W_s$$

Donde:

- W_s : es el peso de la edificación
- C_s : es el coeficiente sísmico de diseño

$$V_B = 0,185 * 547\,979,84 \text{ kg}$$

$$V_B = 101\,376,27 \text{ kg}$$

- Valores mínimos C_s .

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

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

$$C_s \geq 0,044 * 1,48 = 0,065 < 0,21$$

$$C_s \geq 0,75 * 1,04 * 0,60 / 8 < 0,21$$

La norma establece que el coeficiente sísmico al límite de cendencia no puede ser menor que lo valores anteriormente descrito; sino cumpliera ninguno de los anteriores, se toma el mayor de los calculados.

- Distribución vertical de las fuerzas sísmicas

La norma AGIES 2010 establece la fórmula para determinar las fuerzas actuantes en la estructura:

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

Donde:

- F_x : cortante de cedencia en el nivel x de la edificación
- h_x : altura del nivel x sobre la base
- k : 1, para $T \leq 0,5$ s
- k : $0,75 + 0,5 T_s$, para $0,5 < T \leq 2,5$ s
- k : 2, para $T > 2,5$ s

Tabla XVI. **Distribución de fuerzas verticales sismo**

NIVEL	W(TN)	h(m)	W · h ^k	Cv	F _x (TON)	Eje y (TON) (6)	Eje x (TON) (4)
3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	211.99	8.30	1 759.52	0.52	52.37	8.73	13.09
1.00	335.99	4.90	1 646.35	0.48	49.00	8.17	12.25
Total Σ		Σ	3 405.87	Σ	101.38		

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo a la tabla anterior se puede observar que la estructura por efectos de sismo tendrá que soportar 34,88 toneladas en el eje Y y 52,37 tonelada en el eje X, cual se puede interpretar que los elementos (columnas) tendrán que soportar esa fuerza cortante.

- Cálculo de centro de masa de la estructura

El centro de masa es muy importante al momento de diseñar estructuras, ya que de ella dependen que sean estables o inestables, máxime cuando existen movimientos sísmicos, el centro de masa actúa como un pivote para maximizar las cargas verticales y horizontales actuantes en la estructura.

A continuación, se muestran las tablas donde se determinaron los centros de masa para cada uno de los niveles:

Tabla XVII. Centro de masa segundo nivel eje x

CENTRO DE MASA SEGUNDO NIVEL en eje X					
losa	W m(kg)	Wv(kg)	W total (kg)	l	W total * l
1,00	9 676,80	2 560,00	12 236,80	3,20	39 157,76
2,00	9 676,80	2 560,00	12 236,80	3,20	39 157,76
3,00	6 773,76	1 792,00	8 565,76	3,20	27 410,43
4,00	9 676,80	2 560,00	12 236,80	9,60	117 473,28
5,00	9 676,80	2 560,00	12 236,80	9,60	117 473,28
6,00	6 773,76	1 792,00	8 565,76	9,60	82 231,30
7,00	9 676,80	2 560,00	12 236,80	16,00	195 788,80
8,00	9 676,80	2 560,00	12 236,80	16,00	195 788,80
9,00	6 773,76	1 792,00	8 565,76	16,00	137 052,16
10,00	4 838,40	1 280,00	6 118,40	20,80	127 262,72
11,00	4 838,40	1 280,00	6 118,40	20,80	127 262,72
12,00	3 386,88	896,00	4 282,88	20,80	89 083,90
13,00	9 676,80	2 560,00	12 236,80	25,60	313 262,08
14,00	9 676,80	2 560,00	12 236,80	25,60	313 262,08
15,00	6 773,76	1 792,00	8 565,76	25,60	219 283,46
Total Σ			148 677,12		2140 950,53

Fuente: elaboración propia.

$$C_{mx} = \frac{\sum W_{total} * l_x}{\sum W_{total}}$$

Donde:

- W_{total} : peso total integrando cargas muertas y vivas
- l_x : longitud respecto al eje X

$$C_{mx} = \frac{2,140,950.53}{148\ 677,12} = 14.40\ m$$

Tabla XVIII. Centro de masa segundo nivel eje y

CENTRO DE MASA SEGUNDO NIVEL en eje Y					
losa	W m (kg)	Wv(kg)	W total(kg)	l	W total · l
1,00	6 773,76	1 792,00	8 565,76	1,40	11 992,06
2,00	6 773,76	1 792,00	8 565,76	1,40	11 992,06
3,00	6 773,76	1 792,00	8 565,76	1,40	11 992,06
4,00	3 386,88	896,00	4 282,88	1,40	5 996,03
5,00	6 773,76	1 792,00	8 565,76	1,40	11 992,06
6,00	9 676,80	2 560,00	12 236,80	4,80	58 736,64
7,00	9 676,80	2 560,00	12 236,80	4,80	58 736,64
8,00	9 676,80	2 560,00	12 236,80	4,80	58 736,64
9,00	4 838,40	1 280,00	6 118,40	4,80	29 368,32
10,00	9 676,80	2 560,00	12 236,80	4,80	58 736,64
11,00	9 676,80	2 560,00	12 236,80	8,80	107 683,84
12,00	9 676,80	2 560,00	12 236,80	8,80	107 683,84
13,00	9 676,80	2 560,00	12 236,80	8,80	107 683,84
14,00	4 838,40	1 280,00	6 118,40	8,80	53 841,92
15,00	9 676,80	2 560,00	12 236,80	8,80	107 683,84
Σ total			148 677,12		802 856,45

Fuente: elaboración propia.

$$C_{my} = \frac{148\ 281,02}{802\ 856,16} = 5,40\ m$$

Figura 20. Centro de masa segundo nivel



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Tabla XIX. Centro de masa primer nivel eje x

CENTRO DE MASA PRIMER NIVEL en eje X					
losa	W m(kg)	Wv(kg)	W total (kg)	l	W total · l
1,00	9 676,80	7 680,00	17 356,80	3,20	55 541,76
2,00	9 676,80	7 680,00	17 356,80	3,20	55 541,76
3,00	6 773,76	8 960,00	15 733,76	3,20	50 348,03
4,00	9 676,80	7 680,00	17 356,80	9,60	166 625,28
5,00	9 676,80	7 680,00	17 356,80	9,60	166 625,28
6,00	6 773,76	8 960,00	15 733,76	9,60	151 044,10
7,00	9 676,80	7 680,00	17 356,80	16,00	277 708,80
8,00	9 676,80	7 680,00	17 356,80	16,00	277 708,80
9,00	6 773,76	8 960,00	15 733,76	16,00	251 740,16
10,00	4 838,40	6 400,00	11 238,40	20,80	233 758,72
11,00	4 838,40	6 400,00	11 238,40	20,80	233 758,72
12,00	3 386,88	4 480,00	7 866,88	20,80	163 631,10
13,00	9 676,80	7 680,00	17 356,80	25,60	444 334,08
14,00	9 676,80	7 680,00	17 356,80	25,60	444 334,08
15,00	6 773,76	8 960,00	15 733,76	25,60	402 784,26
muros			61 286,40	14,40	882 524,16
Total Σ			293 419,52		4 258 009,09

Fuente: elaboración propia.

$$C_{mx} = \frac{4\,258\,009,09}{293\,419,52} = 14,51\,m$$

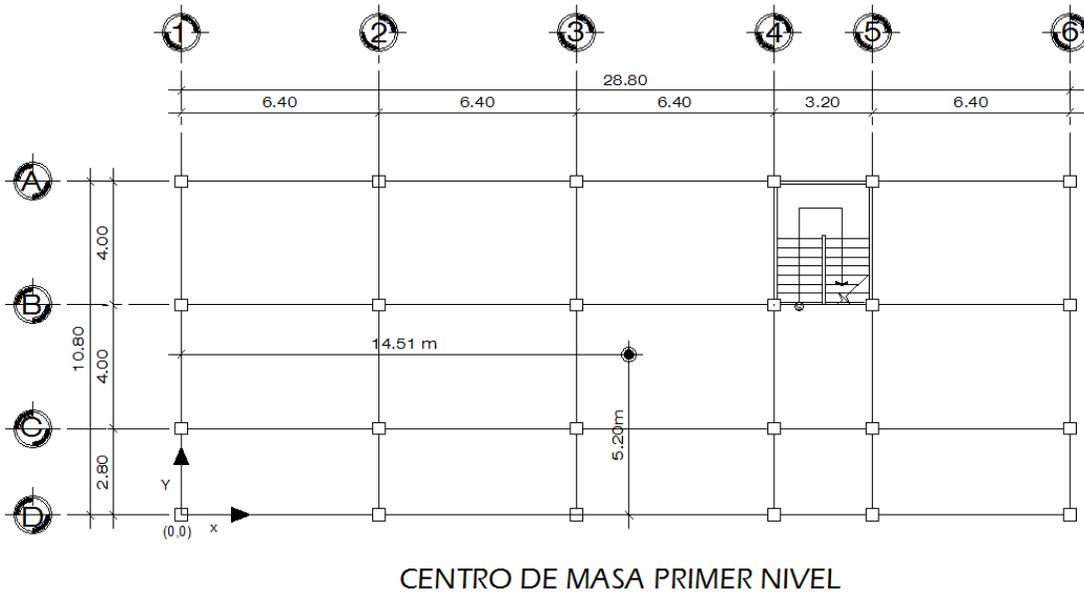
Tabla XX. Centro de masa primer nivel eje y

CENTRO DE MASA PRIMER NIVEL en eje Y					
losa	W m (kg)	Wv(kg)	W total(kg)	l	W total · l
1,00	6 773,76	8 960,00	15 733,76	1,40	22 027,26
2,00	6 773,76	8 960,00	15 733,76	1,40	22 027,26
3,00	6 773,76	8 960,00	15 733,76	1,40	22 027,26
4,00	3 386,88	4 480,00	7 866,88	1,40	11 013,63
5,00	6 773,76	8 960,00	15 733,76	1,40	22 027,26
6,00	9 676,80	7 680,00	17 356,80	4,80	83 312,64
7,00	9 676,80	7 680,00	17 356,80	4,80	83 312,64
8,00	9 676,80	7 680,00	17 356,80	4,80	83 312,64
9,00	4 838,40	6 400,00	11 238,40	4,80	53 944,32
10,00	9 676,80	7 680,00	17 356,80	4,80	83 312,64
11,00	9 676,80	7 680,00	17 356,80	8,80	152 739,84
12,00	9 676,80	7 680,00	17 356,80	8,80	152 739,84
13,00	9 676,80	7 680,00	17 356,80	8,80	152 739,84
14,00	4 838,40	6 400,00	11 238,40	8,80	98 897,92
15,00	9 676,80	7 680,00	17 356,80	8,80	152 739,84
muros			61 286,40	5,40	330 946,56
Total Σ			293 419,52		1 527 121,41

Fuente: elaboración propia.

$$C_{my} = \frac{1\,527\,121,41}{293\,419,52} = 5,20\,m$$

Figura 21. Centro de masa primer nivel



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

- Centro de rigidez (CR)

El centro de rigidez es el lugar exacto donde se concentra el desplazamiento de los marcos de la estructura; es decir, si el edificio presenta alguna rotación debido a las fuerzas sísmicas estas será en función de este punto.

Cuando la estructura presenta rotación, existe una torsión en los elementos estructurales, por lo cual estos deben soportar estos esfuerzos, si el centro de masa no coincide con el centro de rigidez se dirá que existe una excentricidad y esto hará que existan mayores esfuerzos y momentos en los marcos más alejados donde se da origen la excentricidad.

El centro de rigidez de la edificación se determina en función de las características físicas o las irregularidades que esté presente.

- Determinación del centro de rigidez

$$CRX = \frac{\sum KyKi}{\sum Ky}; \quad CRY = \frac{\sum KxKi}{\sum Kx};$$

Donde:

- CRX: centro de rigidez en sentido X
- CRY: centro de rigidez en sentido Y
- Ky: rigidez de elementos verticales en sentido Y
- Xi: posición del elemento vertical respecto a 0 en el sentido X
- Kx: rigidez de los elementos verticales en sentido X
- Yi: posición del elemento vertical respecto a 0 en el sentido Y

Tabla XXI. **Centro de rigidez sentido X**

Centro de rigidez segundo nivel en X					
Marco	# columna	Kc (cm-1)	Km (cm-1)	l (mts)	km*l
1	4	0,07	0,27	0	0,00
2	4	0,07	0,27	6,4	1,72
3	4	0,07	0,27	12,8	3,45
4	4	0,07	0,27	19,2	5,17
5	4	0,07	0,27	22,4	6,03
6	4	0,07	0,27	28,8	7,76
Total Σ			1,62		24,13

Fuente: elaboración propia.

$$C_{Rx} = \frac{24,13}{1,62} = 14,93 \text{ m}$$

Tabla XXII. Centro de rigidez sentido Y

Centro de rigidez Primer nivel en Y					
Marco	# columna	Kc (cm-1)	Km (cm-1)	l (mts)	km·l
1	6	0,10	0,57	0	0,00
2	6	0,10	0,57	2,8	1,60
3	6	0,10	0,57	6,8	3,89
4	6	0,10	0,57	10,8	6,17
Total Σ			2,29		11,66

Fuente: elaboración propia.

$$C_{Ry} = \frac{11,66}{2,29} = 5,1 \text{ m}$$

Primer nivel:

Tabla XXIII. Centro de rigidez sentido X

Centro de rigidez primer nivel en X					
Marco	# columna	Kc (cm-1)	Km (cm-1)	l (mts)	km·l
1	4	0,10	0,38	0	0,00
2	4	0,10	0,38	6,4	2,44
3	4	0,10	0,38	12,8	4,88
4	4	0,10	0,38	19,2	7,32
5	4	0,10	0,38	22,4	8,54
6	4	0,10	0,38	28,8	10,97
Total Σ			2,29		34,14

Fuente: elaboración propia.

$$C_{Rx} = \frac{34,14}{2,29} = 14,93 \text{ m}$$

Tabla XXIV. Centro de rigidez sentido Y

Centro de rigidez segundo nivel en Y					
Marco	# columna	Kc (cm-1)	Km (cm-1)	l (mts)	km·l
1	6	0,07	0,40	0	0,00
2	6	0,07	0,40	2,8	1,13
3	6	0,07	0,40	6,8	2,75
4	6	0,07	0,40	10,8	4,36
Total Σ			1,62		8,24

Fuente: elaboración propia.

$$C_{Ry} = \frac{8,24}{1,62} = 5,1 \text{ m}$$

- Determinación de la excentricidad de la estructura

La excentricidad es la diferencia existente entre el centro de masa y el centro de giro de la estructura, al cual se le denomina centro de rigidez; esta diferencia crea un brazo de giro magnificando las fuerza laterales dando como resultado fuerzas torcionantes que hay que tomar en cuenta al momento de realizar el análisis estructural de la edificación.

$$e_{directa} = |CM - CR|$$

La norma AGIES NSE 3-10 en su sección 2.3.2 establece que toda edificación que tenga diafragmas rígidos, será necesario considerar una excentricidad accidental; esta provocará un momento de giro que estará dado

por la fuerza sísmica V_s por una excentricidad accidental igual al 5 % de la dimensión del nivel.

$$e_{\text{diseño}} = |CM-CR| \pm 0,05*b$$

- Cálculo de las excentricidades por nivel

- Primer nivel eje X

$$e_{1x} = |14,51-14,93| + 0,05*(28,80) = 1,86$$

$$e_{2x} = |14,51-14,93| - 0,05*(28,80) = -1,02$$

- Primer nivel eje Y

$$e_{1y} = |5,2-5,1| + 0,05*(10,80) = 0,64$$

$$e_{2y} = |5,2-5,1| - 0,05*(10,80) = -0,44$$

- Segundo nivel eje X

$$e_{1x} = |14,40-14,93| + 0,05*(28,80) = 1,97$$

$$e_{2x} = |14,40-14,93| - 0,05*(28,80) = -0,91$$

- Segundo nivel eje Y

$$e_{2x} = |5,40-5,10| + 0,05*(10,80) = 0,84$$

$$e_{2y} = |5,40-5,10| - 0,05*(10,80) = -0,24$$

- Corte por sismo

$$V_s = \frac{K_m * F_x}{\sum K_m}$$

- Corte por torsión

$$\frac{e * F_x * K_m * d_i}{\sum (K_m * d_i^2)}$$

- Corte total

$$V_T = V_s + V_t$$

Tabla XXV. Fuerzas por marco, primer nivel, eje X

EJE	e	di	Km	Km*di	Km*d ²	Vs	Vt	Vs+Vt
1	e ₁	1.86	0.61	-8.784	126.49	8 167.30	-2 322.38	5 844.91
	e ₂	-1.02					-14.4	1 273.56
2	e ₁	1.86	0.61	-4.88	39.04	8 167.30	-1 290.21	6 877.08
	e ₂	-1.02					-8	707.54
3	e ₁	1.86	0.61	-0.976	1.56	8 167.30	-258.04	7 909.25
	e ₂	-1.02					-1.6	141.51
4	e ₁	1.86	0.61	2.928	14.05	8 167.30	774.13	8 941.42
	e ₂	-1.02					4.8	-424.52
5	e ₁	1.86	0.61	4.758	37.11	8 167.30	1 257.96	9 425.25
	e ₂	-1.02					7.8	-689.85
6	e ₁	1.86	0.61	8.784	126.49	8 167.30	2 322.38	10 489.68
	e ₂	-1.02					14.4	-1 273.56
			Σ	3.66	Σ	344.75		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVI. Fuerzas por marco, segundo nivel, eje X

Fuerzas por marco segundo nivel sentido en X

EJE	e	di	Km	Km*di	Km*di ²	Vs	Vt	Vs+Vt	
1	e ₁	1.97	-14.4	0.12	-1.728	24.88	8 728.75	-2 628.82	6 099.93
	e ₂	-0.91						1 214.33	9 943.08
2	e ₁	1.97	-8	0.12	-0.96	7.68	8 728.75	-1 460.45	7 268.29
	e ₂	-0.91						674.63	9 403.37
3	e ₁	1.97	-1.6	0.12	-0.192	0.31	8 728.75	-292.09	8 436.66
	e ₂	-0.91						134.93	8 863.67
4	e ₁	1.97	4.8	0.12	0.576	2.76	8 728.75	876.27	9 605.02
	e ₂	-0.91						-404.78	8 323.97
5	e ₁	1.97	7.8	0.12	0.936	7.30	8 728.75	1 423.94	10 152.69
	e ₂	-0.91						-657.76	8 070.99
6	e ₁	1.97	14.4	0.12	1.728	24.88	8 728.75	2 628.82	11 357.57
	e ₂	-0.91						-1 214.33	7 514.42
			Σ	0.72	Σ	67.82			

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVII. Fuerzas por marco, primer nivel, eje Y

Fuerza por marco primer nivel Y

EJE	e	di	Km	Km*di	Km*di ²	Vs	Vt	Vs+Vt	
A	e ₁	0.64	-5.4	0.91	-4.914	26.54	12 284.69	-2 526.21	9 758.48
	e ₂	-0.44						1 736.77	14 021.46
B	e ₁	0.64	-2.6	0.91	-2.366	6.15	12 284.69	-1 216.32	11 068.37
	e ₂	-0.44						836.22	13 120.92
C	e ₁	0.64	1.4	0.91	1.274	1.78	12 284.69	654.94	12 939.64
	e ₂	-0.44						-450.27	11 834.42
D	e ₁	0.64	5.4	0.91	4.914	26.54	12 284.69	2 526.21	14 810.90
	e ₂	-0.44						-1 736.77	10 547.93
			Σ	3.64	Σ	61.01			

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVIII. **Fuerzas por marco, segundo nivel, Y**

Fuerza por marco segundo nivel Y									
EJE	e	di	Km	Km*di	Km*di ²	Vs	Vt	Vs+Vt	
A	e ₁	0.84	-5.4	0.18	-0.972	5.25	13 093.12	-3 543.58	9 549.54
	e ₂	-0.24						1 012.45	14 105.57
B	e ₁	0.84	-2.6	0.18	-0.468	1.22	13 093.12	-1 706.17	11 386.95
	e ₂	-0.24						487.48	13 580.60
C	e ₁	0.84	1.4	0.18	0.252	0.35	13 093.12	918.71	14 011.83
	e ₂	-0.24						- 262.49	12 830.64
D	e ₁	0.84	5.4	0.18	0.972	5.25	13 093.12	3 543.58	16 636.70
	e ₂	-0.24						-1 012.45	12 080.67
			Σ	0.72	Σ	12.07			

Fuente: elaboración propia.

3.1.6.4. Modelos matemáticos para marcos dúctiles con nudos rígidos

El modelo matemático de una edificación representa su configuración estructural, es decir cual es su forma geométrica en planta y elevación, ya que de esto dependerá el análisis estructural al cual estará sometida la edificación; el modelo matemático debe representar ambos sentidos de la edificación es decir el eje X-X' y el eje Y-Y' representando distancias entre ejes y alturas de piso.

3.1.6.5. Modelos matemáticos para marcos dúctiles por un método de análisis estructural numérico y comprobación por medio de software

El sistema estructural a utilizar para la edificación es el propuesto por el ingeniero G. Kani, el cual sirve para determinar las fuerzas internas que se producen en los elementos estructurales cuando se encuentran sometidos a

cargas horizontales como verticales; este método estructural se desarrolla a través de sucesivas iteraciones, que da como resultado datos confiables que servirán para diseñar los elementos estructurales posteriormente.

A continuación, se detallaran las siguientes notaciones que son necesarias para poder desarrollar el método de Kani:

- Cálculo de momentos fijos (MF_{ik}): son producidos cuando los elementos están sometidos a cargas; evita que los extremos de los elementos puedan rotar libremente.
- Cálculo de momentos de sujeción (M_s): son producidos cuando existen cargas verticales, y se originan donde concurren varios momentos fijos. En los nudos en donde solamente concurre un momento fijo, este sera igual al momento de sujeción.

$$M_s = \Sigma (MF_{ik})$$

- Determinación de fuerzas de sujeción (H): son calculadas al analizar las fuerzas horizontales originadas por un evento sísmico las cuales estarán aplicadas a cada marco de acuerdo a los niveles que este posea.
- Cálculo de fuerza cortante de piso (Q_n): se determina cuando existen fuerzas horizontales que afectan a la estructura.

$$M_n = \frac{Q_n * h_n}{3}$$

Donde:

- Q_n : fuerza cortante en el piso n
- h_n : altura de la columna n
- Rigideces de los elementos (K_{ik}): es la capacidad que tienen los elementos a resistir el embate de los momentos evitando el giro en sus extremos, esta se determina de la siguiente manera

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

- I = inercia del elemento
- L = longitud del elemento
- Factores de giro o coeficientes de reparto (μ_{ik}): estos factores de giro distribuirán proporcionalmente los momentos que se distribuyen en cada uno de los miembros en un nudo.

$$\mu_{ik} = \frac{1}{2} * \left(\frac{K_{ik}}{\sum K_{ik}} \right)$$

- Factores de corrimiento o desplazamiento (V_{ik}): se determina debido al ladeo causado por la asimetría de la estructura; también, cuando se cuenta con fuerzas horizontales aplicadas a los marcos rígidos.

$$V_{ik} = \frac{3}{2} * \left(\frac{K_{ik}}{\sum K_{in}} \right)$$

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

$$M''_{ik} = \mu_{ik} (M_s + \Sigma M'_{in}) \text{ sin ladeo}$$

$$M'_{ik} = \mu_{ik} (M_s + \Sigma(M'_{ni} + M''_{in})) \text{ con ladeo}$$

- Cálculo de iteraciones, influencias de desplazamientos de columnas (M''_{ik}) , se determinará al existir ladeo en la estructura:

$$M''_{ik} = V_{ik} (M_{ik} + \Sigma M'_{ki}) \text{ ladeo por asimetría}$$

$$M''_{ik} = V_{ik} (M_n + \Sigma(M'_{ik} + M'_{ki})) \text{ ladeo por fuerza horizontal}$$

- Cálculo de momentos finales en el extremo de cada barra (M_{ik}):

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

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

- Análisis por método de Kani

Se realizará el análisis al marco dirección eje X

- Cálculo de rigidez para vigas y columnas $K_{ik} = I / L_{ik}$

- Inercia de elementos rectangulares

$$I_{columna} = \frac{1}{12} * 0,40 \text{ m} * (0,40)^3 = 0,0021333$$

$$I_{viga} = \frac{1}{12} * 0,30 \text{ m} * (0,45)^3 = 0,00227$$

- Inercias relativas

$$I_{\text{columna}} = \frac{0,0021333}{0,002133} = 1$$

$$I_{\text{columna}} = \frac{0,00227}{0,002133} = 1,0678$$

A continuación, se detallará el cálculo para obtener la rigidez para una viga y una columna; las demás rigideces se mostrarán en la siguiente tabla.

$$K_{AB} = \frac{1,068}{6,40} = 0,167$$

$$K_{AL} = \frac{1}{3,40} = 0,294$$

Tabla XXIX. **Rigideces de los elementos estructurales, sentido X**

Nodo	Dirección	Inercia	Longitud	Rigidez
A	KA-B	1,068	6,400	0,167
	KA-L	1,000	3,400	0,294
			Σ KA	0,461
B	KB-A	1,068	6,400	0,167
	KB-K	1,000	3,400	0,294
	KB-C	1,068	6,400	0,167
			Σ KB	0,628
C	KC-B	1,068	6,400	0,167
	KC-J	1,000	3,400	0,294
	KC-D	1,068	6,400	0,167
			Σ KC	0,628

Continuación de la tabla XXIX.

D	KD-C	1,068	6,400	0,167
	KD-I	1,000	3,400	0,294
	KD-E	1,068	3,200	0,334
			Σ KD	0,795
E	KE-D	1,068	3,200	0,334
	KE-H	1,000	3,400	0,294
	KE-F	1,068	6,400	0,167
			Σ KE	0,795
F	KF-E	1,068	6,400	0,167
	KF-G	1,000	3,400	0,294
			Σ KF	0,461
G	KG-F	1,000	3,400	0,294
	KG-H	1,068	6,400	0,167
	KG-R	1,000	4,900	0,204
			Σ KG	0,665
H	KH-G	1,068	6,400	0,167
	KH-I	1,068	3,200	0,334
	KH-E	1,000	3,400	0,294
	KH-Q	1,000	4,900	0,204
			Σ KH	0,999
I	KI-H	1,068	3,200	0,334
	KI-J	1,068	6,400	0,167
	KI-D	1,000	3,400	0,294
	KI-P	1,000	4,900	0,204
			Σ KI	0,999
J	KJ-I	1,068	6,400	0,167
	KJ-K	1,068	6,400	0,167
	KJ-C	1,000	3,400	0,294
	KJ-O	1,000	4,900	0,204
			Σ KJ	0,832
K	KK-J	1,068	6,400	0,167
	KK-L	1,068	6,400	0,167
	KK-B	1,000	3,400	0,294
	KK-N	1,000	4,900	0,204
			Σ KK	0,832
L	KL-K	1,068	6,400	0,167
	KL-A	1,000	3,400	0,294
	KL-M	1,000	4,900	0,204
			Σ KL	0,665

Fuente: elaboración propia.

- Cálculo de momentos fijos (MF_{ik})

$$(MF_{ik}): \pm \frac{W \cdot L^2}{12}$$

$$(MF_{AB}): \frac{1\,286,55 \cdot 6,40^2}{12} = -4\,391,41 \text{ kg-m}$$

$$(MF_{BA}): \frac{1\,286,55 \cdot 6,40^2}{12} = 4\,391,41 \text{ kg-m}$$

$$(MF_{BC}): \frac{1\,286,55 \cdot 6,40^2}{12} = -4\,391,41 \text{ kg-m}$$

$$(MF_{CB}): \frac{1\,286,55 \cdot 6,40^2}{12} = 4\,391,41 \text{ kg-m}$$

$$(MF_{CD}): \frac{1\,286,55 \cdot 6,40^2}{12} = -4\,391,41 \text{ kg-m}$$

$$(MF_{DC}): \frac{1\,286,55 \cdot 6,40^2}{12} = 4\,391,41 \text{ kg-m}$$

$$(MF_{DE}): \frac{837,68 \cdot 3,20^2}{12} = -714,82 \text{ kg-m}$$

$$(MF_{ED}): \frac{837,68 \cdot 3,20^2}{12} = 714,82 \text{ kg-m}$$

$$(MF_{EF}): \frac{1\,286,55 \cdot 6,40^2}{12} = -4\,391,41 \text{ kg-m}$$

$$(MF_{FE}): \frac{1\,286,55 \cdot 6,40^2}{12} = 4\,391,14 \text{ kg-m}$$

$$(M_{F_{LK}}): \frac{1\,694,55 \cdot 6,40^2}{12} = -5\,784,04 \text{ kg-m}$$

$$(M_{F_{KL}}): \frac{1\,694,55 \cdot 6,40^2}{12} = 5\,784,04 \text{ kg-m}$$

$$(M_{F_{KJ}}): \frac{1\,694,55 \cdot 6,40^2}{12} = -5\,784,04 \text{ kg-m}$$

$$(M_{F_{JK}}): \frac{1\,694,55 \cdot 6,40^2}{12} = 5\,784,04 \text{ kg-m}$$

$$(M_{F_{JI}}): \frac{1\,694,55 \cdot 6,40^2}{12} = -5\,784,04 \text{ kg-m}$$

$$(M_{F_{IJ}}): \frac{1\,694,55 \cdot 6,40^2}{12} = 5\,784,04 \text{ kg-m}$$

$$(M_{F_{IH}}): \frac{1\,245,68 \cdot 3,20^2}{12} = -1\,062,98 \text{ kg-m}$$

$$(M_{F_{HI}}): \frac{1\,245,68 \cdot 3,20^2}{12} = 1\,062,98 \text{ kg-m}$$

$$(M_{F_{HG}}): \frac{1\,694,55 \cdot 6,40^2}{12} = -5\,784,04 \text{ kg-m}$$

$$(M_{F_{GH}}): \frac{1\,694,55 \cdot 6,40^2}{12} = 5\,784,04 \text{ kg-m}$$

Tabla XXX. Momentos fijos para carga muerta, marco C eje X

Direccion	0.083	W (carga)	Longitud L ²	M (kg-m)	M (ton-m)
M _{A-B}	0.083	1286.55	40.96	-4 391.41	- 4.39
M _{B-A}	0.083	1286.55	40.96	4 391.41	4.39
M _{B-C}	0.083	1286.55	40.96	-4 391.41	- 4.39
M _{C-B}	0.083	1286.55	40.96	4 391.41	4.39
M _{C-D}	0.083	1286.55	40.96	-4 391.41	- 4.39
M _{D-C}	0.083	1286.55	40.96	4 391.41	4.39
M _{D-E}	0.083	837.68	10.24	- 714.82	- 0.71
M _{E-D}	0.083	837.68	10.24	714.82	0.71
M _{E-F}	0.083	1286.55	40.96	-4 391.41	- 4.39
M _{F-E}	0.083	1286.55	40.96	4 391.41	4.39
M _{L-K}	0.083	1694.55	40.96	-5 784.04	- 5.78
M _{K-L}	0.083	1694.55	40.96	5 784.04	5.78
M _{K-J}	0.083	1694.55	40.96	-5 784.04	- 5.78
M _{J-K}	0.083	1694.55	40.96	5 784.04	5.78
M _{J-I}	0.083	1694.55	40.96	-5 784.04	- 5.78
M _{I-J}	0.083	1694.55	40.96	5 784.04	5.78
M _{I-H}	0.083	1245.68	10.24	-1 062.98	- 1.06
M _{H-I}	0.083	1245.68	10.24	1 062.98	1.06
M _{H-G}	0.083	1694.55	40.96	-5 784.04	- 5.78
M _{G-H}	0.083	1694.55	40.96	5 784.04	5.78

Fuente: elaboración propia.

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

$$\mu_{empotrado} = 0$$

$$\mu_{ik} = -\frac{1}{2} * \left(\frac{K_{ik}}{\sum K_{ik}} \right)$$

En la tabla XXVIII, se muestran los resultados de los factores de giro calculados para las columnas y vigas del marco típico en dirección X.

Tabla XXXI. Factores de giro para vigas y columnas, marco C, eje X

Dirección	-0,5	K _{ik}	Σk _{ik}	μ
KA-B	-0,5	0,167	0,461	-0,181
KA-L	-0,5	0,294	0,461	-0,319
			ΣμA	-0,500
KB-A	-0,5	0,167	0,628	-0,133
KB-K	-0,5	0,294	0,628	-0,234
KB-C	-0,5	0,167	0,628	-0,133
			ΣμB	-0,500
KC-B	-0,5	0,167	0,628	-0,133
KC-J	-0,5	0,294	0,628	-0,234
KC-D	-0,5	0,167	0,628	-0,133
			ΣμC	-0,500
KD-C	-0,5	0,167	0,795	-0,105
KD-I	-0,5	0,294	0,795	-0,185
KD-E	-0,5	0,334	0,795	-0,210
			ΣμD	-0,500
KE-D	-0,5	0,334	0,795	-0,210
KE-H	-0,5	0,294	0,795	-0,185
KE-F	-0,5	0,167	0,795	-0,105
			ΣμE	-0,500
KF-E	-0,5	0,167	0,461	-0,181
KF-G	-0,5	0,294	0,461	-0,319
			ΣμF	-0,500
KG-F	-0,5	0,294	0,665	-0,221
KG-H	-0,5	0,167	0,665	-0,125
KG-R	-0,5	0,204	0,665	-0,153
			ΣμG	-0,500
KH-G	-0,5	0,167	0,999	-0,084
KH-I	-0,5	0,334	0,999	-0,167
KH-E	-0,5	0,294	0,999	-0,147
KH-Q	-0,5	0,204	0,999	-0,102
			ΣμH	-0,500
KI-H	-0,5	0,334	0,999	-0,167
KI-J	-0,5	0,167	0,999	-0,084
KI-D	-0,5	0,294	0,999	-0,147
KI-P	-0,5	0,204	0,999	-0,102
			ΣμI	-0,500
KJ-I	-0,5	0,167	0,832	-0,100
KJ-K	-0,5	0,167	0,832	-0,100
KJ-C	-0,5	0,294	0,832	-0,177
KJ-O	-0,5	0,204	0,832	-0,123

Continuación de la tabla XXXI.

			$\Sigma\mu J$	-0,500
KK-J	-0,5	0,167	0,832	-0,100
KK-L	-0,5	0,167	0,832	-0,100
KK-B	-0,5	0,294	0,832	-0,177
KK-N	-0,5	0,204	0,832	-0,123
			$\Sigma\mu K$	-0,500
KL-K	-0,5	0,167	0,665	-0,125
KL-A	-0,5	0,294	0,665	-0,221
KL-M	-0,5	0,204	0,665	-0,153
			$\Sigma\mu L$	-0,500

Fuente: elaboración propia.

- Factor de corrimiento V_{ik} .

$$V_{ik} = -\frac{3}{2} * \frac{K_{columna}}{\Sigma K_{columnas \text{ por nivel}}}$$

- Nivel 2

$$V_{A-L} = V_{B-K} = V_{C-J} = V_{D-I} = V_{E-H} = V_{F-G}$$

$$V_{A-H} = -\frac{3}{2} * \frac{0,294}{(0,0294+0,294+0,294+0,294+0,294+0,294)} = -0,25$$

- Nivel 1

$$V_{L-M} = V_{K-N} = V_{J-O} = V_{I-P} = V_{H-Q} = V_{G-R}$$

$$V_{A-H} = -\frac{3}{2} * \frac{0,204}{(0,204+0,+0,204+0,204+0,204+0,204+0,204)} = -0,25$$

- Influencias de giro (M'_{ik})

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

- Primera iteración

- Nodo A

$$M'_{AB} = -0,181 (-4,39 + 0) = 0,795$$

$$M'_{AI} = -0,319 (-4,39 + 0) = 1,401$$

- Nodo B

$$M'_{BA} = -0,133 (0 + 0,795) = -0,106$$

$$M'_{BK} = -0,234 (0 + 0,795) = -0,186$$

$$M'_{BC} = -0,133 (0 + 0,795) = -0,106$$

- Nodo C

$$M'_{CB} = -0,133 (0 + -0,106) = 0,014$$

$$M'_{CJ} = -0,234 (0 + -0,106) = -0,025$$

$$M'_{CD} = -0,133 (0 + -0,106) = -0,014$$

- Nodo D

$$M'_{DC} = -0,105 (3,68 + 0,014) = -0,387$$

$$M'_{DI} = -0,185 (3,68 + 0,014) = -0,683$$

$$M'_{DE} = -0,210 (3,68 + 0,014) = -0,775$$

- Nodo E

$$M'_{ED} = -0,210 (-3,68-0,775) = 0,935$$

$$M'_{EH} = -0,185 (-3,68+0,775) = 0,824$$

$$M'_{EF} = -0,105 (-3,68+0,775) = -0,467$$

- Nodo

$$M'_{FE} = -0,181 (4,39+0,467) = -0,879$$

$$M'_{FG} = -0,319 (4,39+0,467) = -1,550$$

- Nodo G

$$M'_{GF} = -0,221 (5,78-1,550) = -0,936$$

$$M'_{GH} = -0,125 (5,78-1,550) = -0,531$$

$$M'_{GR} = -0,153 (5,78-1,550) = -0,650$$

- Nodo H

$$M'_{HG} = -0,084 (-4,72+(-0,531)+(0,824)) = 0,370$$

$$M'_{HE} = -0,147 (-4,72+(-0,542)+(0,824)) = 0,773$$

$$M'_{HI} = -0,167 (-4,72+(-0,542)+(0,824)) = 0,740$$

$$M'_{HQ} = -0,102 (-4,72+(-0,542)+(0,824)) = 0,452$$

- Nodo I

$$M'_{IH} = -0,167 (4,72+(0,932)+(-0,683)) = -0,798$$

$$M'_{ID} = -0,147 (4,72+(0,932)+(-0,683)) = -0,704$$

$$M'_{IJ} = -0,084(4,72+(0,932)+(-0,683)) = -0,399$$

$$M'_{IP} = -0,102 (4,72+(0,932)+(-0,683)) = -0,488$$

- Nodo J

$$M'_{JI} = -0,100(0+(-0,399)+(0,025)) = 0,038$$

$$M'_{JC} = -0,177(0+(-0,399)+(0,025)) = 0,066$$

$$M'_{JK} = -0,100(0+(-0,399)+(0,025)) = 0,038$$

$$M'_{JO} = -0,123(0+(-0,399)+(0,025)) = -0,046$$

- Nodo K

$$M'_{KJ} = -0,100(0+(-0,038)+(-0,186)) = -0,015$$

$$M'_{KB} = -0,177(0+(-0,038)+(-0,186)) = 0,026$$

$$M'_{KL} = -0,100(0+(-0,038)+(-0,186)) = 0,015$$

$$M'_{KN} = -0,123(0+(-0,038)+(-0,186)) = 0,018$$

- Nodo L

$$M'_{LK} = -0,125(-5,78+(0,015)+(1,401)) = 0,548$$

$$M'_{LA} = -0,221(-5,78+(0,015)+(1,401)) = 1,276$$

$$M'_{LM} = -0,153(-5,82+(0,015)+(1,401)) = 0,670$$

- Segunda iteración

- Nodo A

$$M'_{AB} = -0,181 (-4,39 + (-0,106)+(1,276)) = 0,583$$

$$M'_{AI} = -0,319 (-4,39 + (-0,106)+(1,276)) = 1,028$$

- Nodo B

$$M'_{BA} = -0,133 (0+ 0,583+(-0,026)+(0,014)) = -0,083$$

$$M'_{BK} = -0,234 (0+ 0,583+(-0,026)+(0,014)) = -0,146$$

$$M'_{BC} = -0,13 (0+ 0,583+(-0,026)+(0,014)) = -0,083$$

- Nodo C

$$M'_{CB} = -0,133 (0+ (-0,083)+(0,066)+(0,387)) = 0,054$$

$$M'_{CJ} = -0,234 (0+ (-0,083)+(0,066)+(0,387)) = 0,053$$

$$M'_{CD} = -0,133 (0+ (-0,083)+(0,066)+(0,387)) = 0,054$$

- Nodo D

$$M'_{DC} = -0,105 (3,49+ (0,054)+(-0,704)+(0,935)) = -0,416$$

$$M'_{DI} = -0,185 (3,49+ (0,054)+(-0,704)+(0,935)) = -0,733$$

$$M'_{DE} = -0,210 (3,49+ (0,054)+(-0,704)+(0,935)) = -0,832$$

- Nodo E

$$M'_{ED} = -0,210 (-3,68+ (-0,832)+(0,773)+(-0,879)) = 0,969$$

$$M'_{EH} = -0,185 (-3,68+ (-0,832)+(0,773)+(-0,879)) = 0,777$$

$$M'_{EF} = -0,105 (-3,68+ (-0,832)+(0,773)+(-0,879)) = -0,484$$

- Nodo F

$$M'_{FE} = -0,181 (4,39+(0,484)+(-0,936)) = -0,713$$

$$M'_{FG} = -0,319 (4,39+(0,484)+(-0,936)) = -1,257$$

○ Nodo G

$$M'_{GF} = -0,221 (5,78+(-1,257)+(0,370)) = -1,083$$

$$M'_{GH} = -0,125 (5,78+(-1,257)+(0,370)) = -0,614$$

$$M'_{GR} = -0,153 (5,78+(-1,257)+(0,370)) = -0,751$$

○ Nodo H

$$M'_{HG} = -0,084 (-4,72+(-0,614)+(0,854)+(-0,798)) = 0,441$$

$$M'_{HE} = -0,147 (-4,72+(-0,614)+(0,854)+(-0,798)) = 0,777$$

$$M'_{HI} = -0,167 (-4,72+(-0,614)+(0,854)+(-0,798)) = 0,882$$

$$M'_{HQ} = -0,102 (-4,72+(-0,614)+(0,854)+(-0,798)) = 0,539$$

○ Nodo I

$$M'_{IH} = -0,167 (4,72+(0,882)+(-0,733)+(0,038)) = -0,820$$

$$M'_{ID} = -0,147 (4,72+(0,882)+(-0,733)+(0,038)) = -0,723$$

$$M'_{IJ} = -0,084(4,72+(0,882)+(-0,733)+(0,038)) = -0,410$$

$$M'_{IP} = -0,102 (4,72+(0,882)+(-0,733)+(0,038)) = -0,501$$

○ Nodo J

$$M'_{JI} = -0,100(0+(-0,410)+(0,095)+(0,015)) = 0,030$$

$$M'_{JC} = -0,177(0+(-0,410)+(0,095)+(0,015)) = 0,053$$

$$M'_{JK} = -0,100(0+(-0,410)+(0,095)+(0,015)) = 0,030$$

$$M'_{JO} = -0,123(0+(-0,410)+(0,095)+(0,015)) = 0,037$$

- Nodo K

$$M'_{KJ} = -0,100(0+(0,030))+(-0,146)+(0,548) = -0,043$$

$$M'_{KB} = -0,177(0+(0,038))+(-0,132)+(0,0731) = -0,076$$

$$M'_{KL} = -0,100(0+(0,038))+(-0,132)+(0,0731) = -0,043$$

$$M'_{KN} = -0,123(0+(0,038))+(-0,132)+(0,0731) = -0,053$$

- Nodo L

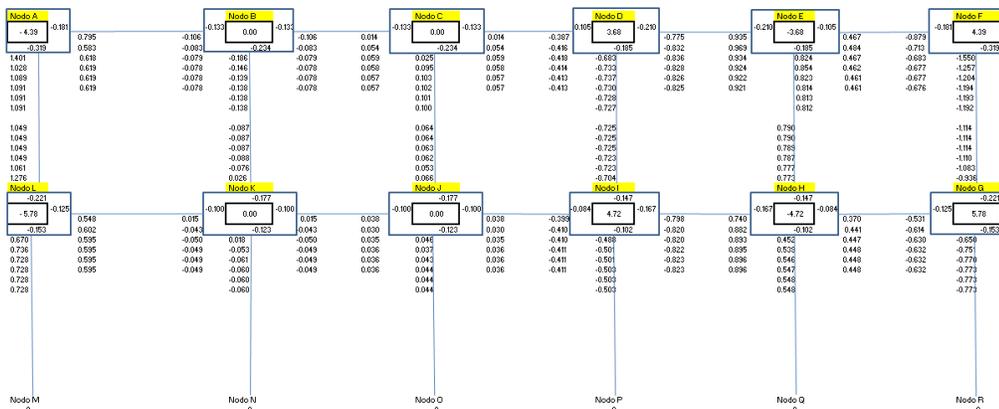
$$M'_{LK} = -0,125(-5,78+(-0,043)+(1,028)) = 0,602$$

$$M'_{LA} = -0,221(-5,78+(-0,043)+(1,028)) = 1,061$$

$$M'_{LM} = -0,153(-5,78+(-0,043)+(1,028)) = 0,736$$

Anteriormente, se observó a detalle el cálculo para obtener las influencias de giro, para lo cual se realizaron dos iteraciones, se buscan que estas se repitan a lo largo de las iteraciones subsiguientes, hasta tener la exactitud deseada; luego de seis iteraciones se observó una exactitud al tercer decimal.

Figura 22. Diagrama de iteraciones cargas muertas, eje X



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Tabla XXXII. **Influencias de giro, carga muerta, eje X**

Nodo	Iteracion 1	Iteracion 2	Iteracion 3	Iteracion 4	Iteracion 5	Iteracion 6
A-B	0.795	0.583	0.618	0.619	0.619	0.619
B-A	-0.106	-0.083	-0.079	-0.078	-0.078	-0.078
B-C	-0.106	-0.083	-0.079	-0.078	-0.078	-0.078
C-B	0.014	0.054	0.059	0.058	0.057	0.057
C-D	0.014	0.054	0.059	0.058	0.057	0.057
D-C	-0.387	-0.416	-0.418	-0.414	-0.413	-0.413
D-E	-0.775	-0.832	-0.836	-0.828	-0.826	-0.825
E-D	0.935	0.969	0.934	0.924	0.922	0.921
E-F	0.467	0.484	0.467	0.462	0.461	0.461
F-E	-0.879	-0.713	-0.683	-0.677	-0.677	-0.676
L-K	0.548	0.736	0.595	0.595	0.595	0.595
K-L	0.015	-0.043	-0.050	-0.049	-0.049	-0.049
K-J	0.015	-0.043	-0.050	-0.049	-0.049	-0.049
J-K	0.038	0.030	0.035	0.036	0.036	0.036
J-I	0.038	0.030	0.035	0.036	0.036	0.036
I-J	-0.399	-0.410	-0.410	-0.411	-0.411	-0.411
I-H	-0.798	-0.820	-0.820	-0.822	-0.823	-0.823
H-I	0.740	0.882	0.893	0.895	0.896	0.896
H-G	0.370	0.441	0.447	0.448	0.448	0.448
G-H	-0.531	-0.614	-0.630	-0.632	-0.632	-0.632

Fuente: elaboración propia.

- Cálculo de momentos finales en el extremo de cada elemento

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

A continuación se detallará el cálculo de los momentos finales para el nodo A y B:

Ejemplo:

$$M_{A-B} = -4,39+2(0,619)+(-0,080)= -3,23$$

$$M_{B-A} = 4,39+2(-0,080)+(0,619)= 4,85$$

En la tabla XXX, se muestran los momentos finales obtenidos para la carga muerta, correspondientes a cada nodo

Tabla XXXIII. **Momentos finales para carga muerta, eje X**

Dirección	M_{ik}	$2 M'_{ik}$	M'_{ki}	M_{final} (TON-M)
A-B	-4.39	1.24	-0.08	-3.23
B-A	4.39	-0.16	0.62	4.85
B-C	-4.39	-0.16	0.06	-4.49
C-B	4.39	0.11	-0.08	4.43
C-D	-4.39	0.11	-0.41	-4.69
D-C	4.39	-0.83	0.06	3.62
D-E	-0.71	-1.65	0.92	-1.44
E-D	0.71	1.84	-0.83	1.73
E-F	-4.39	0.92	-0.68	-4.15
F-E	4.39	-1.35	0.46	3.50
L-K	-5.78	1.19	-0.05	-4.64
K-L	5.78	-0.10	0.59	6.28
K-J	-5.78	-0.10	0.04	-5.85
J-K	5.78	0.07	-0.05	5.81
J-I	-5.78	0.07	-0.41	-6.12
I-J	5.78	-0.82	0.04	5.00
I-H	-1.06	-1.65	0.90	-1.81
H-I	1.06	1.79	-0.82	2.03
H-G	-5.78	0.90	-0.63	-5.52
G-H	5.78	-1.26	0.45	4.97

Fuente: elaboración propia.

- Momentos en el centro de las vigas

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

A continuación, se detallará el cálculo de los momentos en el centro de la viga entre nodo A y B:

$$M_{ik(+)} = \frac{1,287 \cdot 6,40^2}{8} - \frac{|-3,23 + 4,85|}{2} = 2,54 \text{ ton-m}$$

Tabla XXXIV. **Momentos en el centro de las vigas, carga muerta, eje X**

Viga	0.125	L ² (m ²)	W (Ton/m)	M _{ik}	M _{ki}	MOMENTO (Ton-m)
A-B	0.125	40.96	1.287	3.23	4.85	2.54
B-C	0.125	40.96	1.287	4.49	4.43	2.13
C-D	0.125	40.96	1.287	4.69	3.62	2.43
D-E	0.125	10.24	0.838	1.44	1.73	-0.52
E-F	0.125	40.96	1.287	4.15	3.50	2.76
L-K	0.125	40.96	1.69	4.64	6.28	3.21
K-J	0.125	40.96	1.69	5.85	5.81	2.85
J-I	0.125	40.96	1.69	6.12	5.00	3.12
I-H	0.125	10.24	1.25	1.81	2.03	-0.33
H-G	0.125	40.96	1.69	5.52	4.97	3.43

Fuente: elaboración propia.

- Momentos finales para carga viva sentido eje X

El procedimiento para determinar los momentos finales para carga viva se realiza de la misma manera para la carga muerta; por tal razón, se detallarán únicamente los momentos finales en el centro de la viga y en cada nodo.

Tabla XXXV. **Momentos finales, carga viva, eje X**

Dirección	MF_{ik}	2 M'_{ik}	M'_{ki}	M_{final} (TON-M)
A-B	-0.947	0.033	0.011	-0.90
B-A	0.947	0.022	0.017	0.99
B-C	-0.947	0.022	-0.006	-0.93
C-B	0.947	-0.012	0.011	0.95
C-D	-0.947	-0.012	-0.032	-0.99
D-C	0.947	-0.063	-0.006	0.88
D-E	-0.135	-0.126	0.056	-0.21
E-D	0.135	0.111	-0.063	0.18
E-F	-0.947	0.056	-0.011	-0.90
F-E	0.947	-0.022	0.028	0.95
L-K	-3.797	0.959	-0.054	-2.89
K-L	3.797	-0.108	0.479	4.17
K-J	-3.797	-0.108	0.038	-3.87
J-K	3.797	0.077	-0.054	3.82
J-I	-3.797	0.077	-0.318	-4.04
I-J	3.797	-0.636	0.038	3.20
I-H	-0.677	-1.272	0.706	-1.24
H-I	0.677	1.412	-0.636	1.45
H-G	-3.797	0.706	-0.518	-3.61
G-H	3.797	-1.036	0.353	3.11

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXVI. **Momentos positivos en centro de las vigas, carga viva, eje X**

Viga	0.125	L ² (m ²)	W (Ton/m)	M _{ik}	M _{ki}	2	MOMENTO(Ton-m)
A-B	0.125	40.960	0.278	0.903	0.986	2.000	0.478
B-C	0.125	40.960	0.278	0.931	0.946	2.000	0.484
C-D	0.125	40.960	0.278	0.991	0.878	2.000	0.488
D-E	0.125	10.240	0.159	0.206	0.183	2.000	0.008
E-F	0.125	40.960	0.278	0.903	0.953	2.000	0.494
L-K	0.125	40.960	1.113	2.892	4.169	2.000	2.165
K-J	0.125	40.960	1.113	3.867	3.820	2.000	1.853
J-I	0.125	40.960	1.113	4.039	3.199	2.000	2.077
I-H	0.125	10.240	0.794	1.244	1.453	2.000	-0.332
H-G	0.125	40.960	1.113	3.610	3.114	2.000	2.335

Fuente: elaboración propia.

De la misma manera se hizo el procedimiento para el eje Y.

Para realizar el análisis de carga sísmica se deberán tomar en cuenta los siguientes factores:

- Fuerzas de sujeción $H = F_m \text{ Nivel}_n$

$$\text{Nivel 2} = 11\,357,57\text{kg} \quad H_2 = 3,40 \text{ m}$$

$$\text{Nivel 1} = 10\,489,68 \text{ kg} \quad H_1 = 4,90 \text{ m}$$

- Fuerza cortante en el piso $Q_n = \Sigma H$

$$Q_{\text{nivel 2}} = 11\,357,57\text{kg}$$

$$Q_{\text{nivel 1}} = 11\,357,57\text{kg} + 10\,489,68 \text{ kg} = 22\,847,25 \text{ kg}$$

- Momentos de piso M_n

$$M_n = \frac{Q_n * h_n}{3}$$

$$M_{\text{nivel } 2} = \frac{11\,357,57 \text{ kg} * 3,40 \text{ m}}{3} = 12\,871,91 \text{ kg} - \text{m}$$

$$M_{\text{nivel } 2} = 12,87 \text{ Ton} - \text{m}$$

$$M_{\text{nivel } 1} = \frac{22\,844,25 \text{ kg} * 4,90 \text{ m}}{3} = 37\,312,28 \text{ kg} - \text{m}$$

$$M_{\text{nivel } 1} = 37,31 \text{ Ton} - \text{m}$$

- Nivel 2

$$V_{A-L} = V_{B-K} = V_{C-J} = V_{D-I} = V_{E-H} = V_{F-G}$$

$$V_{A-H} = -\frac{3}{2} * \frac{0,294}{(0,294+0,294+0,294+0,294+0,294+0,294)} = -0,25$$

- Nivel 1

$$V_{L-M} = V_{K-N} = V_{J-O} = V_{I-P} = V_{H-Q} = V_{G-R}$$

$$V_{A-H} = -\frac{3}{2} * \frac{0,294}{(0,294+0,294+0,294+0,294+0,294+0,294)} = -0,25$$

- Momentos finales negativos (M_{ik})

$$M''_{ik} = [MN + \Sigma(M'_{ik} + M'_{ki})]$$

- Primera Iteración, nodo A

$$M''_{A-B} = -0,181*(0,00) = 0,00 \text{ kg-m}$$

$$M''_{A-B} = -0,319*(0,00) = 0,00 \text{ kg-m}$$

- Segundo nivel, para todas de las columnas

$$M''_1 = -0,25*(-3,155+0*6) = 0,573 \text{ Ton-m}$$

- Primer nivel, para todas de las columnas

$$M''_1 = -0,25*(-37,31+0*6) = 9,328 \text{ Ton-m}$$

- Segunda iteración, nodo A

$$M''_{A-B} = -0,181*(-4,129) = -0,74 \text{ Ton-m}$$

$$M''_{A-B} = -0,319*(-4,129) = -1,317 \text{ Ton-m}$$

- Segundo nivel, para todas las columnas

$$M''_1 = -0,25*(1,317+0,792+0,86+0,674+0,623+1,205+3,165+1,929+1,863+2,404+2,362+2,843)+4,129 = -9,138 \text{ Ton-m}$$

- Primer nivel, para todas las columnas

$$M''_1 = -0,25 \cdot (1,973 + 1,639 + 1,668 + 1,293 + 1,338 + 2,196) + (-11,38) = -13,91 \text{ Ton-m}$$

- Momentos finales para columnas, nodo A

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

$$M_{A-L} = 0 + 2 \cdot 2,108 + 5,35 + (-12,81) = -3,25 \text{ T-M}$$

Tabla XXXVII. **Momentos finales en vigas, carga sismo X**

Dirección	M_{ik}	$2 M'_{ik}$	M'_{ki}	$M_{final} \text{ (TON-M)}$
A-B	0.00	1.88	0.72	2.60
B-A	0.00	1.45	0.94	2.39
B-C	0.00	1.45	0.75	2.19
C-B	0.00	1.49	0.72	2.22
C-D	0.00	1.49	0.60	2.10
D-C	0.00	1.21	0.75	1.95
D-E	0.00	3.03	1.11	4.14
E-D	0.00	2.23	1.52	3.74
E-F	0.00	1.11	0.95	2.07
F-E	0.00	1.90	0.56	2.46
L-K	0.00	4.91	1.74	6.65
K-L	0.00	3.49	2.45	5.94
K-J	0.00	3.49	1.85	5.34
J-K	0.00	3.70	1.75	5.45
J-I	0.00	3.70	1.44	5.15
I-J	0.00	2.89	1.85	4.74
I-H	0.00	5.77	2.78	8.55
H-I	0.00	5.55	2.89	8.44
H-G	0.00	2.78	2.50	5.27
G-H	0.00	4.99	1.39	6.38

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXVIII. **Momentos finales en columnas, carga de sismo X**

Dirección	2 M'_{ik}	M'_{ki}	M'ki	M_{final} (TON-M)
A-L	3.31	4.32	-10.19	-2.56
B-K	2.55	3.07	-10.19	-4.56
C-J	2.63	3.26	-10.19	-4.29
D-I	2.13	2.54	-10.19	-5.51
E-H	1.96	2.45	-10.19	-4.79
F-G	3.36	4.40	-10.19	-2.43
L-M	6.00	0.00	-12.77	-6.77
K-N	4.27	0.00	-12.77	-8.50
J-O	4.53	0.00	-12.77	-8.24
I-P	3.53	0.00	-12.77	-9.24
H-Q	3.37	0.00	-12.77	-9.40
G-R	6.09	0.00	-12.77	-6.68
Dirección	2 M'_{ik}	M'_{ki}	M'ki	M_{final} (TON-M)
L-A	8.65	1.65	-10.19	0.12
K-B	6.15	1.28	-10.19	-2.76
J-C	6.53	1.32	-10.19	-2.34
I-D	5.09	1.06	-10.19	-4.03
H-E	4.89	0.98	-10.19	-4.31
G-F	8.80	1.68	-10.19	0.29
M-L	0.00	3.00	-12.77	-9.77
N-K	0.00	2.13	-12.77	-10.64
O-J	0.00	2.26	-12.77	-10.51
P-I	0.00	1.77	-12.77	-11.01
Q-H	0.00	1.68	-12.77	-11.09
R-G	0.00	3.05	-12.77	-9.72

Fuente: elaboración propia.

A continuación, se detallarán los diagramas de momento, para carga muerta, carga viva y carga de sismo, para eje X. Los diagramas para el eje Y, se calcularon de la misma manera que el eje X.

Figura 23. Diagrama de momentos (Ton-m) vigas, carga muerta, eje X

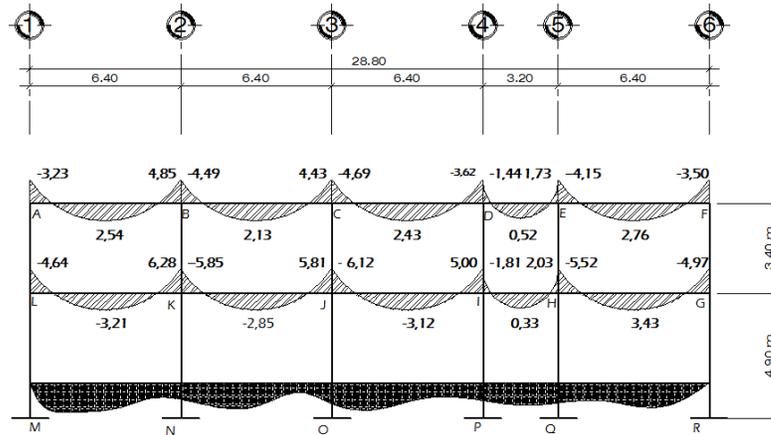


Diagrama de momentos en vigas, carga muerta, eje X

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Figura 24. Diagrama de momentos (Ton-m), columnas carga muerta, eje X

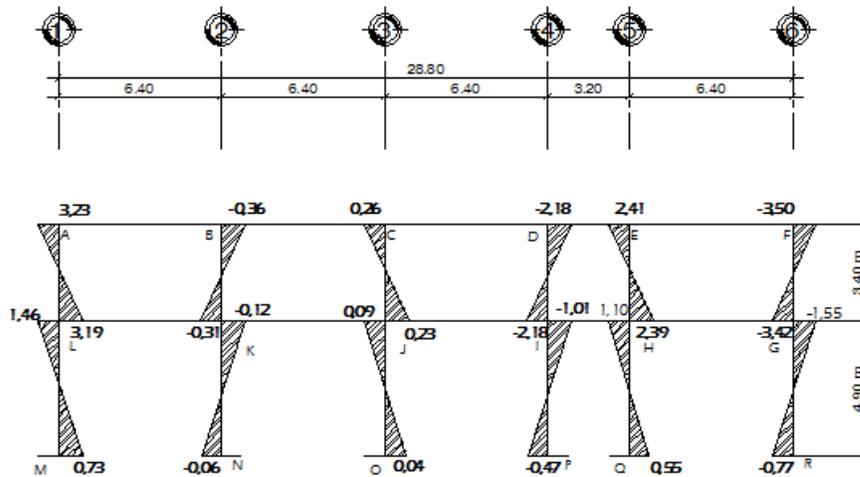


Diagrama de momentos en columnas, carga muerta, eje X

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Figura 25. Diagrama de momentos (Ton-m) vigas, carga viva, eje X

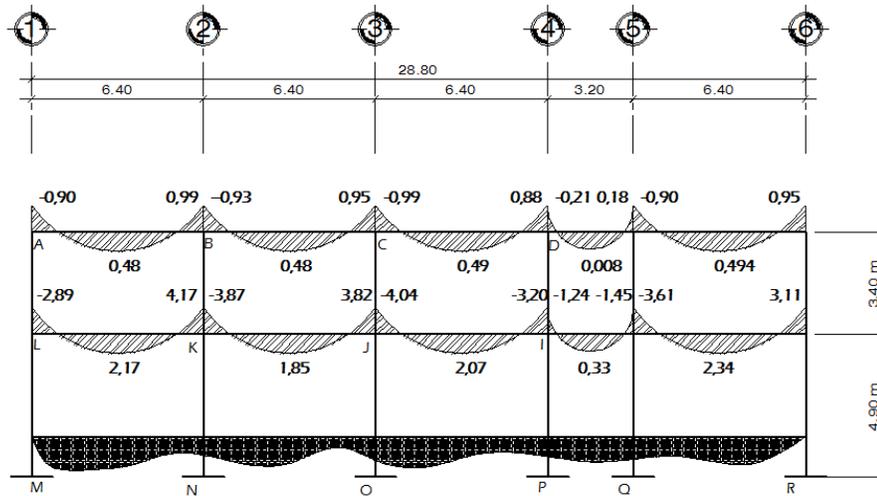


Diagrama de momentos en vigas, carga viva, eje X

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Figura 26. Diagrama de momentos (Ton-m) columnas, carga viva, eje X

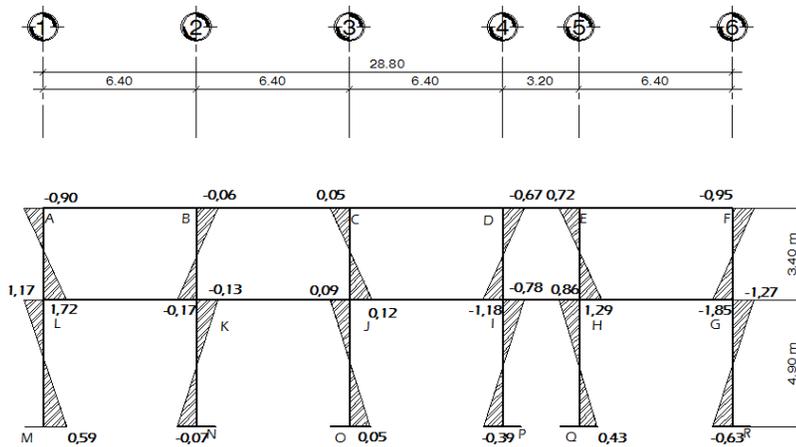


Diagrama de momentos en columnas, carga viva, eje X

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Figura 27. Diagrama de momentos (Ton-m) vigas, carga sismo, eje X

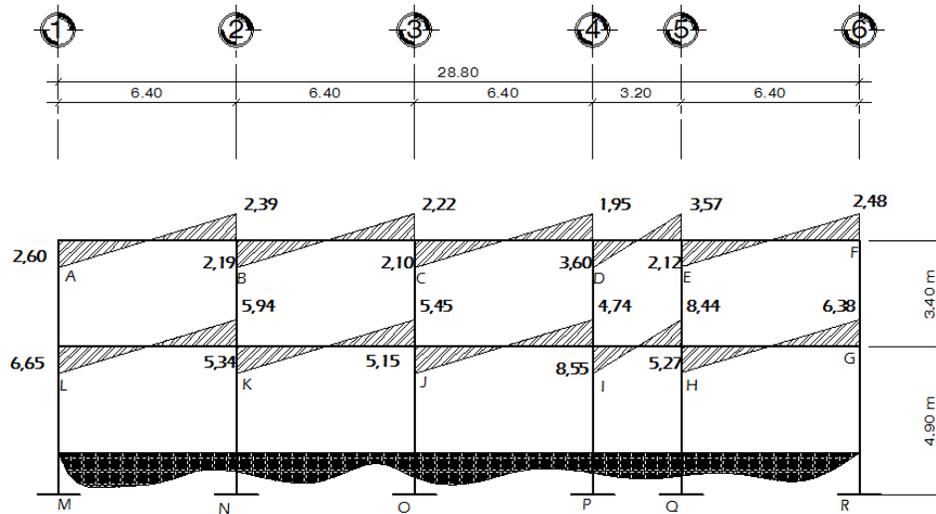


Diagrama de momentos en vigas, carga sismo, sobre eje X

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Figura 28. Diagrama de momentos (Ton-m) vigas, carga sismo, eje X

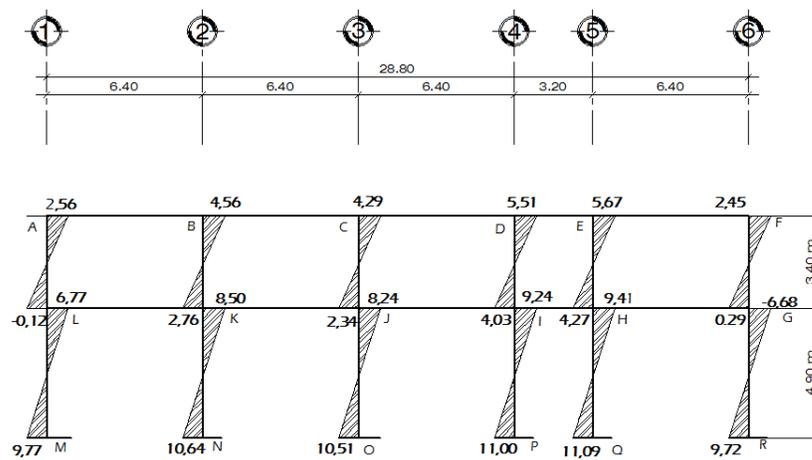


Diagrama de momentos en columnas, carga sismo, sobre eje x

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

- Comprobación por medio de software

En las últimas décadas los profesionales dedicados a la construcción de edificaciones hacen uso de programas por computadora que facilitan el análisis estructural numérico del diseño; por tal razón, se requirió el software ETABS (*extended three dimensional analysis of building system*), para realizar el diseño de la escuela, basado en el método de los elementos finitos.

Los programas por computadora facilitan a los diseñadores a determinar las fuerzas inducidas existentes en los elementos producidos por la imposición de estas, en la estructura.

El software por computadora servirá para determinar los momentos flexionantes y de empotramiento en vigas y columnas, para ello será necesario introducir las cargas verticales y horizontales.

El análisis realizado por computador obtuvo datos muy coherentes con los resultados con los obtenidos con el método de Kani, para determinar si el comportamiento de los esfuerzos en los marcos tenían similitud; los diagramas de momentos en vigas y columnas en los ejes críticos de la edificación tienen conductas muy similares en la mayoría de los elementos, en variaciones entre el 5,22 % al 20 %, esto comparado con el realizado por el método de Kani; pero ya que el programa realiza más iteraciones se puede determinar que son más exactos y con menos error, para el diseño de la edificación se utilizaron los datos obtenidos por el método de Kani.

A continuación, se muestran los diagramas de momentos y cortantes para cargas muertas, vivas y de fuerza de sismo en vigas y columnas, del eje X

obtenidos por el análisis estructural realizado por el programa ETABS, para el eje Y se analizaron de la misma manera.

Tabla XXXIX. **Comparación de resultados entre método de Kani con Etabs**

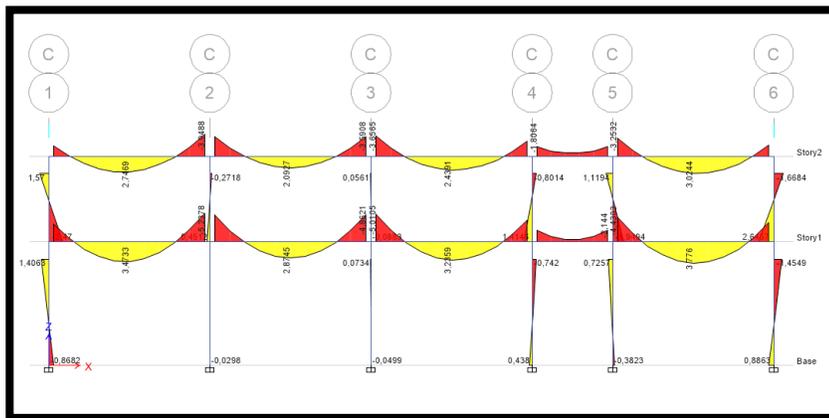
CARGA	TRAMO	METODO DE KANI		ETABS		Error % M. izq.	Error % M. der.
		M. izq. (tn-m)	M. der. (tn-m)	M. izq. (tn-m)	M. der. (tn-m)		
CARGA MUERTA	VIGA						
	A-B	3,23	4,85	3,35	4,52	3,58	6,80
	B-C	4,49	4,43	4,15	4,10	7,57	7,45
	C-D	4,69	3,62	4,36	3,35	7,04	7,46
	D-E	1,44	1,73	1,35	1,50	6,25	13,29
	E-F	4,15	3,50	3,78	3,25	8,92	7,14
	L-K	4,64	6,28	4,12	6,01	11,21	4,30
	K-J	5,85	5,81	4,72	5,45	19,32	6,20
	J-I	6,12	5,00	5,36	4,89	12,42	2,20
	I-H	1,81	2,03	1,75	2,20	3,31	8,37
H-G	5,52	4,97	4,94	4,88	10,51	1,81	
CARGA VIVA	A-B	0,90	0,99	0,80	1,00	11,11	1,01
	B-C	0,93	0,95	0,79	1,02	15,05	7,37
	C-D	0,99	0,88	0,86	0,75	13,13	14,77
	D-E	0,21	0,18	0,19	0,15	9,52	16,67
	E-F	0,90	0,95	0,79	0,9	12,22	5,26
	L-K	2,89	4,17	2,54	4,05	12,11	2,88
	K-J	3,87	3,82	3,50	3,56	9,56	6,81
	J-I	4,04	3,20	3,91	3,01	3,22	5,94
	I-H	1,24	1,45	1,10	1,32	11,29	8,97
	H-G	3,61	3,11	3,35	3,06	7,20	1,61
CARGA POR SISMO	A-B	2,60	2,39	2,45	2,45	5,77	2,51
	B-C	2,19	2,22	2,05	2,05	6,39	7,66
	C-D	2,10	1,95	1,98	1,99	5,71	2,05
	D-E	3,60	3,57	3,24	3,45	10,00	3,36
	E-F	2,12	2,48	1,95	2,15	8,02	13,31
	L-K	6,65	5,94	6,00	6,36	9,77	7,07
	K-J	5,34	5,45	5,10	5,15	4,49	5,50
	J-I	5,15	4,74	4,99	4,70	3,11	0,84
	I-H	8,55	8,44	8,12	8,35	5,03	1,07
	H-G	5,27	6,38	5,08	6,16	3,61	3,45

Fuente: elaboración propia.

Se observó en la tabla XXXVIII. La comparación de los momentos que actúan en la estructura determinados por el método de Kani y la ayuda brindada por el software ETABS; aproximadamente, entre ellos existe una variación entre

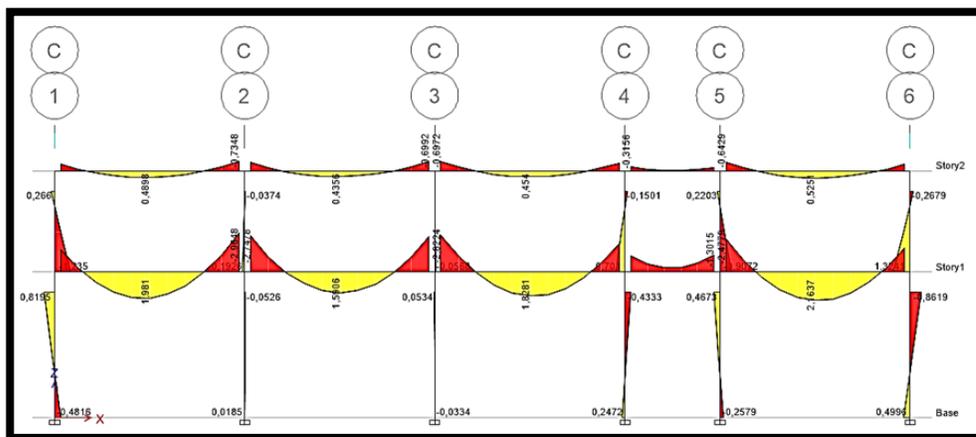
el 0,84 % al 20 % que es el rango promedio, debido a que el valor más alto fue de 19,32 % no se considera representativo; consecuentemente, para los cálculos posteriores se utilizarán los datos obtenidos por Kani.

Figura 29. **Diagrama de momentos (ton-m) carga muerta, eje x**



Fuente: elaboración propia, empleando ETABS 2017.

Figura 30. **Diagrama de momentos (ton-m) carga viva, eje x**



Fuente: elaboración propia, empleando ETABS 2017.

3.1.6.6. Envolverte de momentos

Realizar las combinaciones de carga en una estructura es de mucha importancia para la misma, ya que conlleva a determinar en una forma mayoritaria los esfuerzos que podrían existir en los elementos.

- Para cargas muertas-vivas

El código ACI especifica que las cargas de diseño, cortantes de diseño y momentos de diseño, se obtienen de las cargas de servicio mediante la relación:

$$CU = 1,4 CM + 1,7 CV$$

- Cuando la carga de sismo interactúa en una estructura, la carga total puede ser la más crítica pero la probabilidad de que la carga máxima de sismo ocurra cuando se estén presentando la demás cargas, viva y muerta es menor que la probabilidad que la sobrecarga exista sola.

$$CU = 1,4 CM + 1 CV + E$$

- Cuando la carga viva actúa, sugiere que la carga de sismo puede actuar en sentido contrario; si esto llegara a suceder, un valor muy grande de carga muerta esta de la de inseguridad y por eso es necesario la siguiente relación.

$$CU = 1,4 CM + 1 CV + E$$

3.1.6.7. Diagrama de corte y momento

De acuerdo a las combinaciones de carga que establece el código, se pudieron determinar los posibles esfuerzos que estaría presentando la estructura a la imposición de las cargas. A partir de los momentos finales se podrá determinar el diseño apropiado de los elementos estructurales que conforman la edificación.

A continuación, se mostrarán los diagramas de corte y momento existentes en los elementos estructurales, para el eje X y el eje Y.

Figura 31. Diagrama de momentos últimos (ton-m) para vigas, marco del eje X

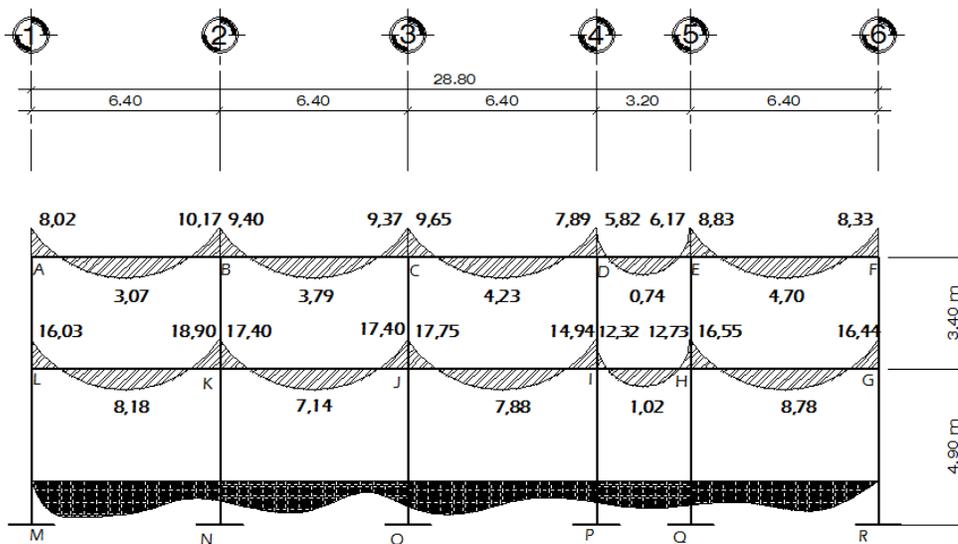


Diagrama de momentos ultimos en vigas, eje X

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Figura 32. **Diagrama de momentos últimos (ton-m) para columnas, marco del eje X**

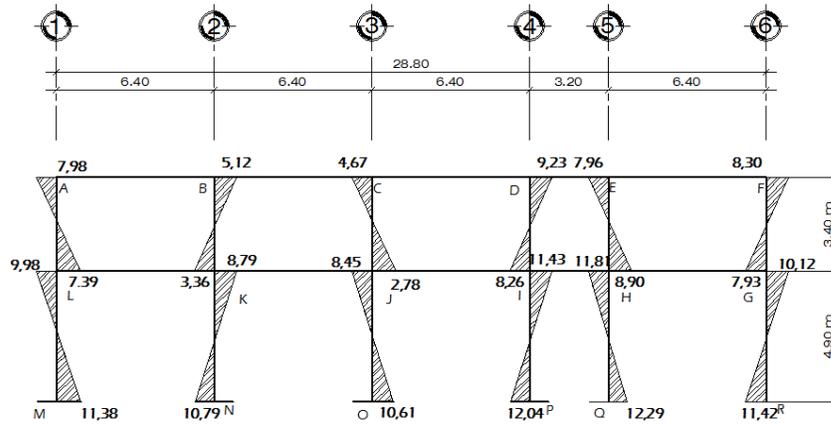


Diagrama de momentos ultimos en columnas, eje X

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Figura 33. **Diagrama de momentos últimos (ton-m) para vigas, marco del eje Y**

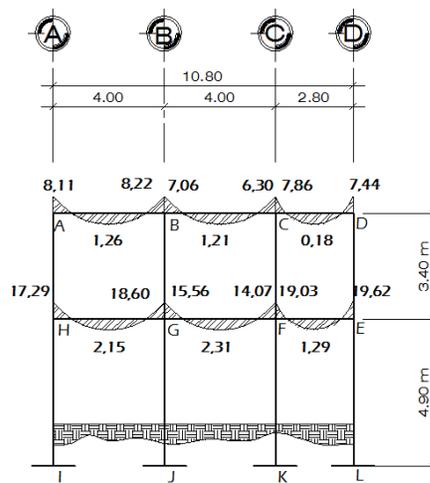
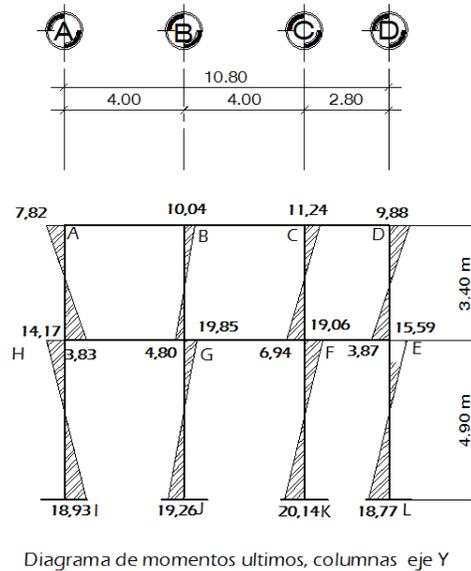


Diagrama de momentos ultimos, vigas eje Y

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Figura 34. Diagrama de momentos últimos (ton-m) para columnas, marco del eje Y



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

- Cortantes últimos en vigas

Los cortantes en las vigas es la sumatoria de la fuerza existente debido a la carga viva, muerta y sismo. El ACI 318-S11 usa factores magnificación y de reducción para determinar la resistencia requerida al cortante.

El cortante para vigas se determina mediante la siguiente expresión:

$$V_{uv} = 0,75 \left(\frac{1,4 * CM * L}{2} + \frac{1,7 * CV * L}{2} + \frac{1,87 * \sum MS}{L} \right)$$

Ejemplo:

$$V_{uv} = 0,75 \left(\frac{1,4 * 1\ 286,55 * 6,40}{2} + \frac{1,7 * 277,50 * 6,40}{2} + \frac{1,87 * \sum 2\ 600 + 2\ 390}{6,40} \right) = 6\ 548,52 \text{ kg}$$

- Cortantes últimos en columnas

$$V_{uc} = \frac{\sum M_{col}}{L}$$

Ejemplo:

$$V_{A-L} = \frac{7,98 + 7,39}{3,40} = 4,52 \text{ Ton}$$

Figura 35. Diagrama de cortantes finales (ton) en vigas, eje X

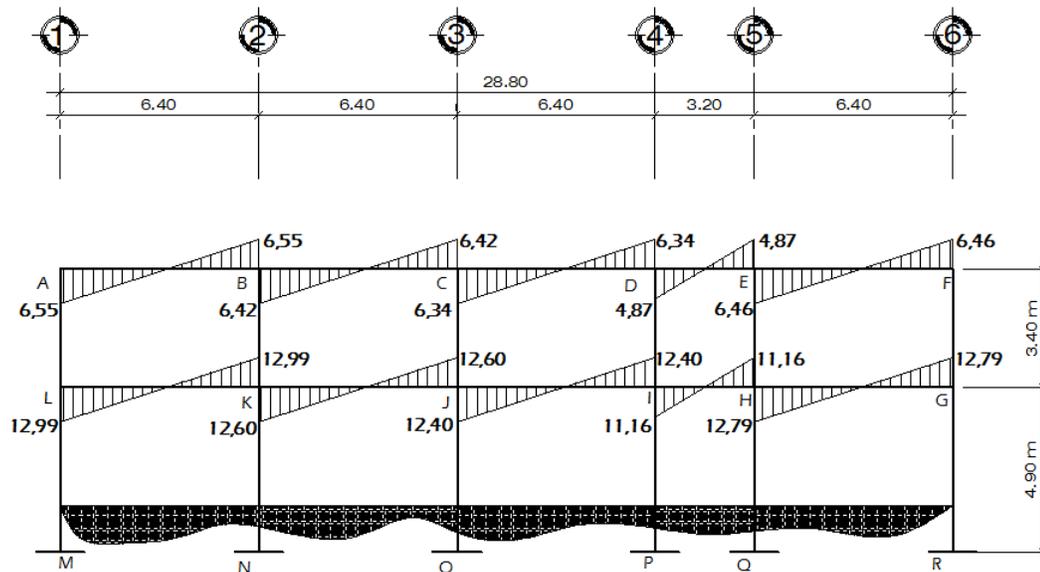


Diagrama de cortantes finales (ton) en vigas, eje X

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Figura 36. Diagrama de cortantes finales (ton-m) en columnas, eje X

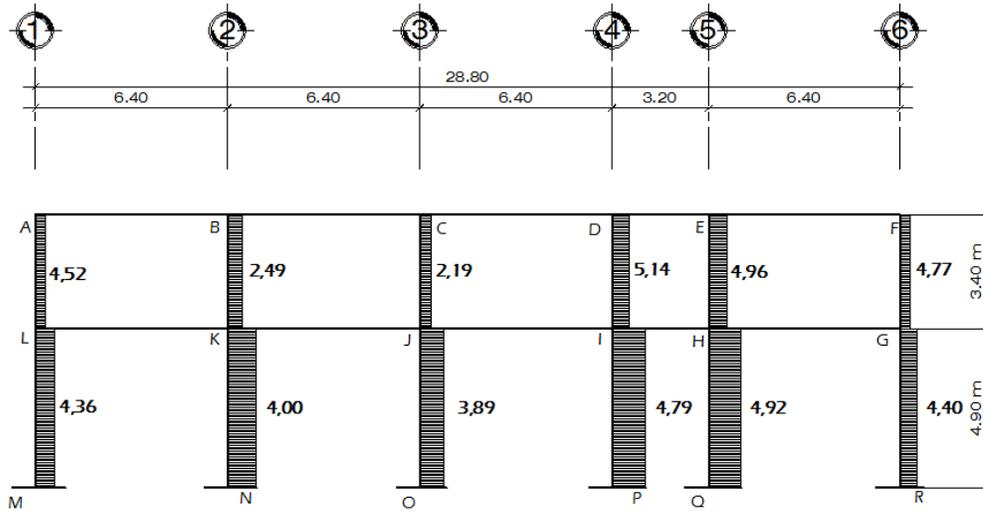


Diagrama de cortantes finales (ton) en columnas, eje X

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Figura 37. Diagrama de cortante finales (ton-m) en vigas, eje Y

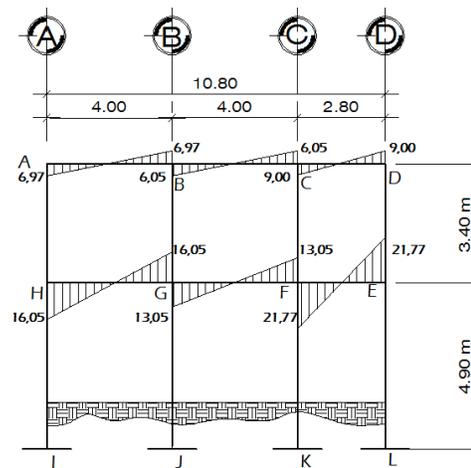


Diagrama de cortantes finales (ton) en vigas, eje Y

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Figura 38. **Diagrama de cortantes finales (ton-m) en columnas, eje Y**

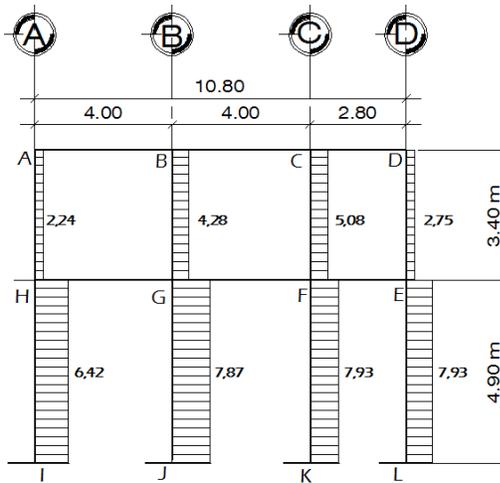


Diagrama de cortantes (ton) en columnas, eje Y

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

3.1.6.8. Diseño de losas

En las edificaciones de concreto reforzado la función principal de las losas es proveer a la estructura superficies planas, la cuales servirán como plataformas útiles para sobreponer las diferentes cargas que esta reciba.

Normalmente, las losas son las partes de la estructura que se diseñan no solo para resistir los esfuerzos; también, para cumplir un destino funcional específico, ya que pueden existir losas planas o inclinadas; losas para entrepisos y otros destinos más.

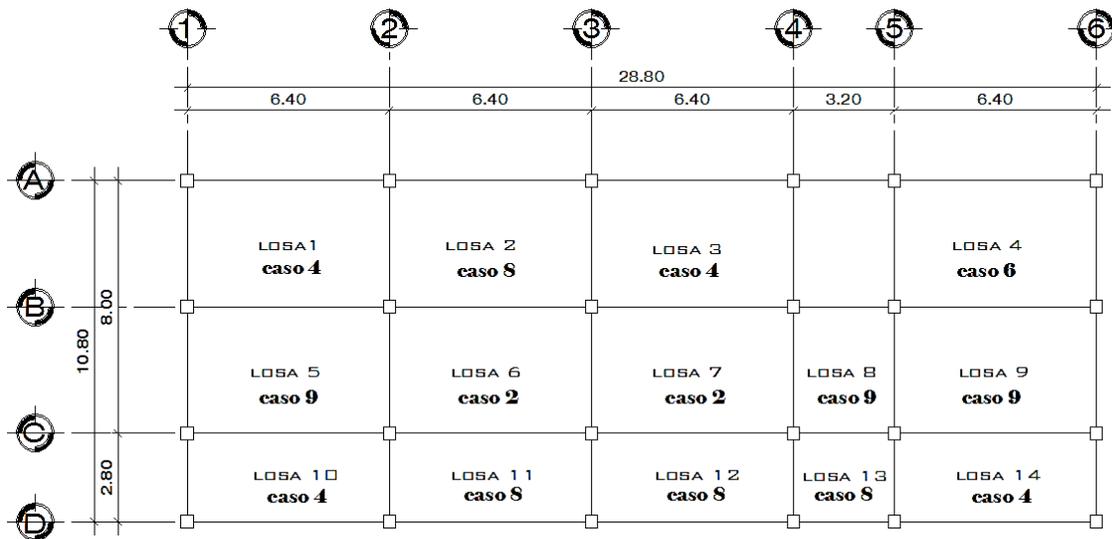
Las losas a diferencia del resto de los elementos estructurales (vigas y columnas) por ser superficiales pueden tener más de dos apoyos; esto hace

que existan combinaciones de borde que transforman notablemente las formas de trabajo de las losas.

El método de diseño para la edificación escolar estará de acuerdo al método por coeficientes, como lo indica el método 3 del ACI del año 1963 para losa tradicionales; para efectos del diseño se tomarán los siguientes datos:

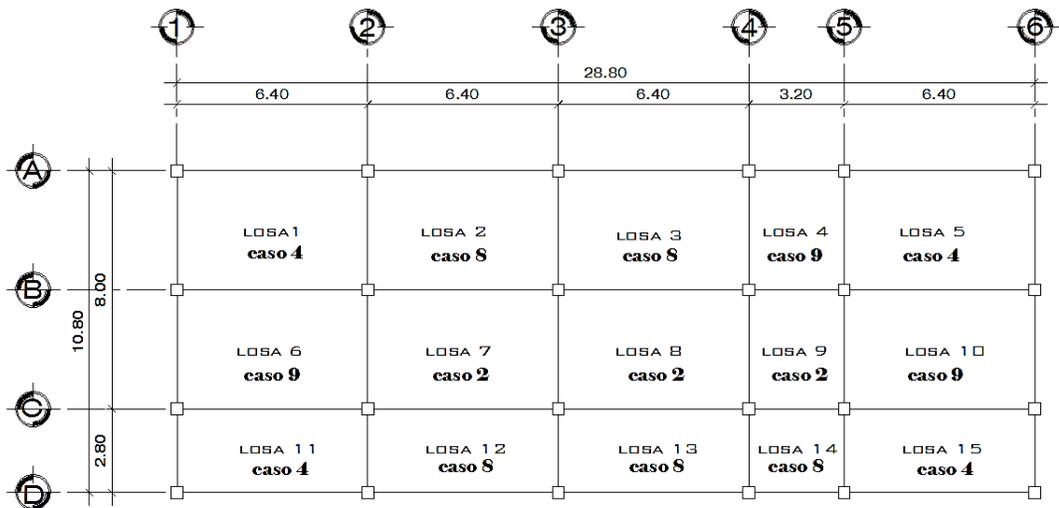
- f_y : resistencia a la fluencia del acero = 2 810,00 kg/cm²
- E_s : módulo de elasticidad del acero = 2,1*10⁶ kg/cm²
- f'_c : resistencia a la compresión del concreto = 210 kg/cm²
- E_c : módulo de elasticidad del concreto = 15 100 (f 'c)^{1/2} kg/cm²
- γ_c : peso específico del concreto = 2 400 kg/cm³

Figura 39. **Distribución de losas y coeficientes, primer nivel**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Figura 40. **Distribución de losas y coeficientes, segundo nivel**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

- Losas primer nivel

La siguiente carga estará dada para las losas 1,2,3,4,5,6,7 y 9

- Carga viva_{aulas} = 300 kg /m²
- Carga muerta = peso de losa + acabados
- Carga muerta = (2 400 kg/m³ * 0,12 m) + 90 kg/m² = 378 kg/m²
- Carga última = 1,4 * CM + 1,7 * CV = 1,4 * 378 Kg/m² + 1,7 * 300 kg/m²
- Carga última = 1 039,20 kg/m²

La siguiente carga estará dada para las losas 8,10,11,12,13 y 14

- Carga viva_{pasillos} = 500 kg /m²

- Carga muerta = peso de losa + acabados.
 - Carga muerta = $(2\,400\text{ kg/m}^3 * 0,12\text{ m}) + 90\text{ kg/m}^2 = 378\text{ kg/m}^2$.
 - Carga última = $1,4 * CM + 1,7 * CV = 1,4 * 378\text{ Kg/m}^2 + 1,7 * 500\text{ kg/m}^2$.
 - Carga última = $1\,379,20\text{ kg/m}^2$.
- Determinación de los momentos producidos por las cargas actuantes en las losas.
 - Expresión para determinar momentos negativos

$$M_{a(-)} = C_{a-} * C_u * a^2$$

$$M_{b(-)} = C_{b-} * C_u * b^2$$

- Expresión para determinar momentos positivos

$$M_{b(+)} = C_{b+} * CV_u * b^2 + C_{b+} * CM_u * b^2$$

$$M_{a(+)} = C_{a+} * CV_u * a^2 + C_{a+} * CM_u * a^2$$

Donde:

- M: momento actuante
- C: coeficiente de tablas de ACI 318-99
- CV_u, CM_u: carga viva y muerta últimas
- A: lado corto de la losa
- B: lado largo de la losa

Figura 41. **Losa 1**



Fuente: elaboración propia.

$$m = 4,00/6,40 = 0,63 \text{ caso 4}$$

$$M_{a(-)} = 0,085 * 1\,039,20 \text{ kg/m}^2 * (4,00\text{m})^2 = 1\,413,31\text{kg-m}$$

$$M_{b(-)} = 0,015 * 1\,039,20 \text{ kg/m}^2 * (6,40)^2 = 638,48 \text{ kg-m}$$

$$M_{a(+)} = (0,050 * 1,7 * 300 * 4,00^2) + (0,062 * 1,4 * 378 * 4,00^2) = 932,96 \text{ kg-m}$$

$$M_{b(+)} = (0,009 * 1,7 * 300 * 6,40^2) + (0,011 * 1,4 * 378 * 6,40) = 426,44 \text{ kg-m}$$

Figura 42. **Losa 2**



Fuente: elaboración propia.

$$m = 4,00/6,40 = 0,63 \text{ caso 8}$$

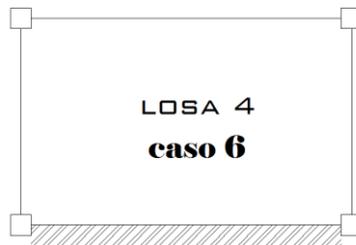
$$M_{a(-)} = 0,074 * 1\,039,20 \text{ kg/m}^2 * (4,00\text{m})^2 = 1\,230,41 \text{ kg-m}$$

$$M_{b(-)} = 0,024 * 1\,039,20 \text{ kg/m}^2 * (6,40)^2 = 1\,021,57 \text{ kg-m}$$

$$M_{a(+)} = (0,059 * 1,7 * 300 * 4,00^2) + (0,044 * 1,4 * 378 * 4,00^2) = 853,99 \text{ kg-m}$$

$$M_{b(+)} = (0,011 * 1,7 * 300 * 6,40^2) + (0,009 * 1,4 * 378 * 6,40) = 424,86 \text{ kg-m}$$

Figura 43. **Losa 4**



Fuente: elaboración propia.

$$m = 4,00/6,40 = 0,63 \text{ caso 6}$$

- Momentos negativos en bordes continuos

$$M_{a(-)} = 0,093 * 1\,039,20 \text{ kg/m}^2 * (4,00\text{m})^2 = 386,58 \text{ kg-m}$$

$$M_{b(-)} = 0 * 1\,039,20 \text{ kg/m}^2 * (6,40\text{m})^2 = 0 \text{ kg-m}$$

- Momentos positivos en bordes continuos

$$M_{a(+)} = (0,064 * 1,7 * 300 * 4,00^2) + (0,054 * 1,4 * 378 * 4,00^2) = 979,46 \text{ kg-m}$$

$$M_{b(+)} = (0,010 * 1,7 * 300 * 6,40^2) + (0,007 * 1,4 * 378 * 6,40) = 360,62 \text{ kg-m}$$

- Momentos negativos en bordes discontinuos

$$M_{b(-)} = 1/3 * 360,62 \text{ kg/m}^2 = 120,20 \text{ kg-m}$$

$$M_{a(-)} = 1/3 * 979,46 \text{ kg/m}^2 = 326,48 \text{ kg-m}$$

Figura 44. **Losa 5**



Fuente: elaboración propia.

$$m = 4,00/6,40 = 0,63 \text{ caso 9}$$

- Momentos negativos en bordes continuos

$$M_{a(-)} = 0,083 * 1\,039,20 \text{ kg/m}^2 * (4,00\text{m})^2 = 1380,05 \text{ kg-m}$$

$$M_{b(-)} = 0,008 * 1\,039,20 \text{ kg/m}^2 * (6,40)^2 = 340,52 \text{ kg-m}$$

- Momentos positivos en bordes continuos

$$M_{a(+)} = (0,054 * 1,7 * 300 * 4,00^2) + (0,034 * 1,4 * 378 * 4,00^2) = 853,99 \text{ kg-m}$$

$$M_{b(+)} = (0,009 * 1,7 * 300 * 6,40^2) + (0,005 * 1,4 * 378 * 6,40) = 424,86 \text{ kg-m}$$

- Momentos negativos en bordes discontinuos

$$M_{a(-)} = 1/3 * 424,86 \text{ kg/m}^2 = 141,62 \text{ kg-m}$$

Figura 45. Losa 6



Fuente: elaboración propia.

$$m = 4,00/6,40 = 0,63 \text{ caso 2}$$

- Momentos negativos en bordes continuos

$$M_{a(-)} = 0,077 * 1\,039,20 \text{ kg/m}^2 * (4,00\text{m})^2 = 1\,280,29 \text{ kg-m}$$

$$M_{b(-)} = 0,014 * 1\,039,20 \text{ kg/m}^2 * (6,40)^2 = 595,91 \text{ kg-m}$$

- Momentos positivos en bordes continuos

$$M_{a(+)} = (0,053 * 1,7 * 300 * 4,00^2) + (0,032 * 1,4 * 378 * 4,00^2) = 703,43 \text{ kg-m}$$

$$M_{b(+)} = (0,010 * 1,7 * 300 * 6,40^2) + (0,006 * 1,4 * 378 * 6,40) = 338,95 \text{ kg-m}$$

Figura 46. **Losa 8**



Fuente: elaboración propia.

$$m = 3,20/4,00 = 0,80 \text{ caso 9}$$

- Momentos negativos en bordes continuos

$$M_{a(-)} = 0,075 * 1\,379,20 \text{ kg/m}^2 * (3,20)^2 = 1059,22 \text{ kg-m}$$

$$M_{b(-)} = 0,017 * 1\,379,20 \text{ kg/m}^2 * (4)^2 = 375,14 \text{ kg-m}$$

- Momentos positivos en bordes continuos

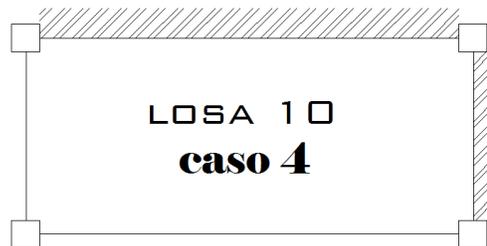
$$M_{a(+)} = (0,042 * 1,7 * 500 * 3,20^2) + (0,029 * 1,4 * 378 * 3,20^2) = 522,71 \text{ kg-m}$$

$$M_{b(+)} = (0,017 * 1,7 * 500 * 4,00^2) + (0,010 * 1,4 * 378 * 4,00^2) = 315,87 \text{ kg-m}$$

- Momentos negativos en bordes discontinuos

$$M_{a(-)} = 1/3 * 315,87 \text{ kg/m}^2 = 105,2 \text{ kg-m}$$

Figura 47. Losa 10



Fuente: elaboración propia.

$$m = 2,80/6,40 = 0,44 \text{ caso 4}$$

- Momentos negativos en bordes continuos

$$M_{a(-)} = 0,094 * 1\,379,20 \text{ kg/m}^2 * (2,80)^2 = 1\,016,41 \text{ kg-m}$$

$$M_{b(-)} = 0,006 * 1\,379,20 \text{ kg/m}^2 * (6,40)^2 = 338,95 \text{ kg-m}$$

- Momentos positivos en bordes continuos

$$M_{a(+)} = (0,077 * 1,7 * 500 * 2,80^2) + (0,059 * 1,4 * 378 * 2,80^2) = 757,91 \text{ kg-m}$$

$$M_{b(+)} = (0,005 * 1,7 * 500 * 6,40^2) + (0,004 * 1,4 * 378 * 6,40^2) = 260,78 \text{ kg-m}$$

- Momentos negativos en bordes discontinuos

$$M_{a(-)} = 1/3 * 757,91 \text{ kg/m}^2 = 252,63 \text{ kg-m}$$

$$M_{b(+)} = 1/3 * 260,78 \text{ kg/m}^2 = 86,92 \text{ kg-m}$$

Figura 48. Losa 11



Fuente: elaboración propia.

$$m = 2,80/6,40 = 0,44 \text{ caso 8}$$

- Momentos negativos en bordes continuos

$$M_{a(-)} = 0,089 * 1\,379,20 \text{ kg/m}^2 * (2,80)^2 = 962,35 \text{ kg-m}$$

$$M_{b(-)} = 0,010 * 1\,379,20 \text{ kg/m}^2 * (6,40)^2 = 544,44 \text{ kg-m}$$

- Momentos positivos en bordes continuos

$$M_{a(+)} = (0,076 * 1,7 * 500 * 2,80^2) + (0,056 * 1,4 * 378 * 2,80^2) = 738,80 \text{ kg-m}$$

$$M_{b(+)} = (0,005 * 1,7 * 500 * 6,40^2) + (0,004 * 1,4 * 378 * 6,40^2) = 260,78 \text{ kg-m}$$

- Momentos negativos en bordes discontinuos

$$M_{b(+)} = 1/3 * 738,80 \text{ kg/m}^2 = 246,26 \text{ kg-m}$$

Figura 49. Losa 14



Fuente: elaboración propia.

$$m = 2,80/3,20 = 0,88 \text{ caso 8}$$

- Momentos negativos en bordes continuos

$$M_{a(-)} = 0,043 * 1\,379,20 \text{ kg/m}^2 * (2,80)^2 = 464,95 \text{ kg-m}$$

$$M_{b(-)} = 0,052 * 1\,379,20 \text{ kg/m}^2 * (3,20)^2 = 734,39 \text{ kg-m}$$

- Momentos positivos en bordes continuos

$$M_{a(+)} = (0,035 * 1,7 * 500 * 2,80^2) + (0,025 * 1,4 * 378 * 2,80^2) = 336,96 \text{ kg-m}$$

$$M_{b(+)} = (0,024 * 1,7 * 500 * 3,20^2) + (0,019 * 1,4 * 378 * 3,20^2) = 311,85 \text{ kg-m}$$

- Momentos negativos en bordes discontinuos

$$M_{a(+)} = 1/3 * 336,96 \text{ kg/m}^2 = 112,32 \text{ kg-m}$$

- Balance de momentos

Cuando dos losas comparten un lado en común, deben presentar ambas en la continuidad el mismo momento; es decir, debe existir un balance, para esto se aplica el siguiente criterio:

Si $0,8 \cdot M_{\text{mayor}} \leq M_{\text{menor}}$; entonces $M_B = (M_{\text{mayor}} + M_{\text{menor}})/2$

Si $0,8 \cdot M_{\text{mayor}} > M_{\text{menor}}$; entonces $M_B =$ proporcional a su rigidez

Figura 50. **Balance de momentos entre losas 1 y 2**



Fuente: elaboración propia.

$$0,8 \cdot 1021,57 = 817,26 > 638,48$$

- Balance por rigideces

$$K_1 = K_2 = \frac{1}{L} = \frac{1}{6,40} = 0,16$$

$$D_1 = D_2 = \frac{K_1}{K_1 + K_2} = \frac{0,16}{0,16 + 0,16} = 0,50$$

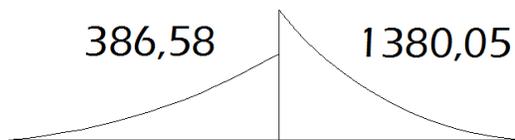
$$M_{B1} = M_{\text{mayor}} - ((M_{\text{mayor}} - M_{\text{menor}}) \cdot D_1)$$

$$M_{B1} = 1021,57 - ((1021,47 - 638,48) \cdot 0,50) = 830,02 \text{ kg-m}$$

$$M_{B2} = M_{\text{menor}} + ((M_{\text{mayor}} - M_{\text{menor}}) * D_2)$$

$$M_{B2} = 638,48 + ((1021,47 - 638,48) * 0,50) = 830,02 \text{ kg-m}$$

Figura 51. **Balance de momentos entre losas 4 y 9**



Fuente: elaboración propia.

$$0,8 * 1385,05 = 1104,04 > 386,58$$

$$D_1 = D_2 = \frac{K_1}{K_1 + K_2} = \frac{0,16}{0,16 + 0,16} = 0,50$$

$$M_{B1} = M_{\text{mayor}} - ((M_{\text{mayor}} - M_{\text{menor}}) * D_1)$$

$$M_{B1} = 1380,05 - ((1380,05 - 386,58) * 0,50) = 883,31 \text{ kg-m}$$

$$M_{B2} = M_{\text{menor}} + ((M_{\text{mayor}} - M_{\text{menor}}) * D_2)$$

$$M_{B2} = 386,58 + ((1380,05 - 386,58) * 0,50) = 883,31 \text{ kg-m}$$

Figura 52. **Balance de momentos entre losas 1 y 5**



Fuente: elaboración propia.

$$0,8 \cdot 1\,413,31 = 1\,104,04 \leq 1\,380,02$$

$$MB = (1\,413,31 + 1\,380,02) / 2 = 1\,396,66$$

Figura 53. Balance de momentos entre losas 2 y 6



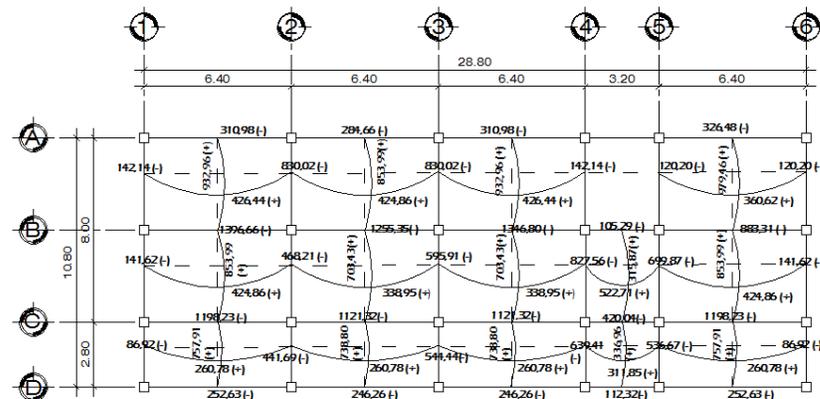
Fuente: elaboración propia.

$$0,8 \cdot 1\,280,29 = 1\,024,23 \leq 1\,230,41$$

$$MB = (1\,280,29 + 1\,230,41) / 2 = 1\,255,35$$

De igual forma, se realizó en balance de momentos para las demás losas del primero y segundo nivel; a continuación, se mostrarán los diagramas de las losas.

Figura 54. Diagrama de losas balanceadas (kg-m) primer nivel



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

- Diseño de refuerzo

A continuación, se mostrara detalladamente el procedimiento para determinar el refuerzo necesario para que las losas soporten los esfuerzos a los que están impuestos debido a las cargas, con base en lo establecido en el código ACI. El refuerzo de diseño estará dado para franjas de 1 metro de ancho.

Ejemplo:

- Peralte efectivo

$$d = t - \text{rec} - \Phi/2;$$

El recubrimiento está dado por la sección 7.7.1 capítulo 7, ACI 318S-11.

$$d = (\text{espesor de losa}) - (\text{recubrimiento}) - \left(\frac{\text{diametro de la varilla}}{2} \right)$$

$$d = (12) - (2,5) - \left(\frac{0,953}{2} \right) = 9,02 \text{ cm}$$

- Acero mínimo

El código ACI 318s-11 en su sección 10.5.1 proporciona dos ecuaciones para determinar el acero mínimo de un elemento sometido a flexión:

$$A_{s_{\min}} = \frac{14.1}{f_y} * b * d$$

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

$$A_{s_{\min}} = \frac{14,1}{2810} * 100 \text{ cm} * 9,02 \text{ cm} = 4,53 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{\min}} = \frac{0,80 * \sqrt{210}}{2810} * 100 \text{ cm} * 9,04 = 3,72 \text{ cm}^2$$

El código no establece que se debe tomar al valor mayor resultante de las expresiones anteriores; por lo que a partir de ello se determina el espaciamiento entre varillas.

- Varilla No 3 = 0,71 cm²
- Acero mínimo = 4,53 cm²

Realizando una regla de tres se obtiene el espaciamiento requerido:

$$S = \frac{(0,71 \text{ cm}^2)(100 \text{ cm}^2)}{4,53 \text{ cm}^2} = 15,67 \approx 15 \text{ cm}$$

De acuerdo al código ACI 318-s11, el espaciamiento no puede ser mayor a 2 veces el espesor de la losa.

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

El espesor calculado es menor al espaciamiento máximo especificado por el código; por lo tanto, se usará en calculado.

- Acero máximo

$$As_{max} = 0,5 * \left(\frac{0,85 * 0,85 * f'c * 6\ 115}{fy * (6\ 115 + fy)} \right) * b * d$$

$$As_{max} = 0,5 * \left(\frac{0,85 * 0,85 * 210\ \text{kg/cm}^2 * 6\ 115}{2\ 810\ \text{kg/cm}^2 * (6\ 115 + 2\ 810\ \text{kg/cm}^2)} \right) * 100\ \text{cm} * 9,02\ \text{cm} = 16,69\ \text{cm}^2$$

Determinando el momento que resiste el acero mínimo:

$$MAS_{min} = \Phi \left(As * fy \left(d - \frac{As * fy}{1,7 * b * fy} \right) \right)$$

$$MAS_{min} = 0,95 \left(4,53 * 2\ 810 \left(9,02 - \frac{4,53 * 2\ 810}{1,7 * 100 * 2\ 810} \right) \right) = 1\ 050,40\ \text{kg-m}$$

$$As = 0,85 * \frac{f'c}{fy} \left(bd - \sqrt{(bd)^2 - \frac{M_{ultimo} * b}{0,003825 * f'c}} \right)$$

A continuación se determinara el área de acero para aquellos momentos que exceden el área de acero mínima, el cual se determina por la siguiente expresión:

$$As = 0,85 * \frac{f'c}{fy} \left(bd - \sqrt{(bd)^2 - \frac{M_{ultimo} * b}{0,003825 * f'c}} \right)$$

Momento negativo: 1396,66 kg-m (mayor de todas la losas del primer nivel).

$$A_s = 0,85 * \frac{210 \text{ kg/cm}^2}{2810 \text{ kg/cm}^2} \left((100 * 9,02) - \sqrt{(100 * 9,02)^2 - \frac{1396,66 * 100}{0,003825 * 210}} \right) = 6,49 \text{ cm}^2$$

Armado para losa 5 primer nivel:

Tabla XL. **Ejemplo área de acero losa 5**

losa	a/b	momento (-)	area de acero (cm ²)	momento (+)	area de acero (cm ²)
5	corto	468,21	4,53 _{as min}	853,99	4,53 _{as min}
	largo	1366,96	6,49	424,86	4,53 _{as min}

Fuente: elaboración propia.

Separación de acero en lado largo de con un área de acero de 6,49 cms² por cada metro lineal de losa.

- Varilla No 3 = 0,71 cm²
- Acero = 6,49 cm²

Realizando una regla de tres se obtiene el espaciamiento requerido:

$$S = \frac{(0,71 \text{ cm}^2)(100 \text{ cm}^2)}{6,49 \text{ cm}^2} = 10,93 \approx 11 \text{ cm}$$

- Chequeo por corte

Las losas por ser un elemento que distribuye cargas no realiza un trabajo exhaustivo por corte, pero para efectos de diseño se determinara el cortante que resiste el concreto:

$$V_{\max} = \frac{V_u * L}{2} = \frac{1\,379,20 * 6,40}{2} = 4\,413,44$$

$$V_{\text{res}} = 0,53 * 0,85 * b * d * \sqrt{f'c}$$

$$V_{\text{res}} = 0,53 * 0,85 * 100 * 9,02 * \sqrt{210} = 5\,891,03 \text{ kg}$$

$$V_{\text{m\u00e1ximo actuante}} < V_{\text{resistente}}$$

- Losas segundo nivel

La siguiente carga estar\u00e1 dada para todas las losas del segundo nivel:

- Carga viva = 100 kg /m²
 - Carga muerta = peso de losa + acabados
 - Carga muerta = (2 400 kg/m³ * 0,12 m) + 90 kg/m² = 378 kg/m²
 - Carga \u00faltima = 1,4 * CM + 1,7 * CV = 1,4 * 378 Kg/m² + 1,7 * 100 kg/m²
 - Carga \u00faltima = 700,00 kg/m²
- Determinaci\u00f3n de los momentos producidos por las cargas actuantes en las losas.

Expresi\u00f3n para determinar momentos negativos

$$M_{a(-)} = C_{a-} * C_u * a^2$$

$$M_{b(-)} = C_{b-} * C_u * b^2$$

Expresión para determinar momentos negativos

$$M_{b(+)} = C_{b+} * CV_u * b^2 + C_{b+} * CM_u * b^2$$

$$M_{a(+)} = C_{a+} * CV_u * a^2 + C_{a+} * CM_u * a^2$$

Donde:

- M: momento actuante
- C: coeficiente de tablas de ACI 318-99
- CVu, CMu: carga viva y muerta últimas
- A: lado corto de la losa
- B: lado largo de la losa

Figura 55. **Losa 1, caso 4**



Fuente: elaboración propia.

$$m = 4,00/6,40 = 0,63 \text{ caso 4}$$

- Momentos negativos en bordes continuos

$$M_{a(-)} = 0,085 * 700 \text{ kg/m}^2 * (4,00\text{m})^2 = 952 \text{ kg-m}$$

$$M_{b(-)} = 0,015 * 700 \text{ kg/m}^2 * (6,40)^2 = 430,08 \text{ kg-m}$$

- Momentos positivos en bordes continuos

$$M_{a(+)} = (0,050 * 1,7 * 100 * 4,00^2) + (0,062 * 1,4 * 378 * 4,00^2) = 660,96 \text{ kg-m}$$

$$M_{b(+)} = (0,009 * 1,7 * 100 * 6,40^2) + (0,011 * 1,4 * 378 * 6,40) = 301,11 \text{ kg-m}$$

- Momentos negativos en bordes discontinuos

$$M_{a(-)} = 1/3 * 660,11 \text{ kg/m}^2 = 220,03 \text{ kg-m}$$

$$M_{b(-)} = 1/3 * 301,11 \text{ kg/m}^2 = 100,37 \text{ kg-m}$$

Figura 56. **Losa 2, caso 8**



Fuente: elaboración propia.

$$m = 4,00/6,40 = 0,63 \text{ caso 8}$$

- Momentos negativos en bordes continuos

$$M_{a(-)} = 0,074 * 700 \text{ kg/m}^2 * (4,00\text{m})^2 = 828,80 \text{ kg-m}$$

$$M_{b(-)} = 0,024 * 700 \text{ kg/m}^2 * (6,40)^2 = 688,13 \text{ kg-m}$$

- Momentos positivos en bordes continuos

$$M_{a(+)} = (0,059 * 1,7 * 100 * 4,00^2) + (0,044 * 1,4 * 378 * 4,00^2) = 533,04 \text{ kg-m}$$

$$M_{b(+)} = (0,011 * 1,7 * 100 * 6,40^2) + (0,009 * 1,4 * 378 * 6,40) = 271,67 \text{ kg-m}$$

- Momentos negativos en bordes discontinuos

$$M_{a(+)} = 1/3 * 533,04 \text{ kg/m}^2 = 177,68 \text{ kg-m}$$

Figura 57. **Losa 4, caso 9**



Fuente: elaboración propia.

$$m = 3,20/4,00 = 0,80 \text{ caso 9}$$

- Momentos negativos en bordes continuos

$$M_{a(-)} = 0,075 * 700 \text{ kg/m}^2 * (3,20)^2 = 537,6 \text{ kg-m}$$

$$M_{b(-)} = 0,017 * 700 \text{ kg/m}^2 * (4)^2 = 190,40 \text{ kg-m}$$

- Momentos positivos en bordes continuos

$$M_{a(+)} = (0,042 * 1,7 * 100 * 3,20^2) + (0,029 * 1,4 * 378 * 3,20^2) = 230,26 \text{ kg-m}$$

$$M_{b(+)} = (0,017 * 1,7 * 100 * 4,00^2) + (0,010 * 1,4 * 378 * 4,00^2) = 130,91 \text{ kg-m}$$

- Momentos negativos en bordes discontinuos

$$M_{b(-)} = 1/3 * 130,91 \text{ kg/m}^2 = 43,64 \text{ kg-m}$$

Figura 58. **Losa 6, caso 9**



Fuente: elaboración propia.

$$m = 4,00/6,40 = 0,63 \text{ caso 9}$$

- Momentos negativos en bordes continuos

$$M_{a(-)} = 0,083 * 700 \text{ kg/m}^2 * (4,00\text{m})^2 = 929,6 \text{ kg-m}$$

$$M_{b(-)} = 0,008 * 700 \text{ kg/m}^2 * (6,40)^2 = 229,38 \text{ kg-m}$$

- Momentos positivos en bordes continuos

$$M_{a(+)} = (0,054 * 1,7 * 100 * 4,00^2) + (0,034 * 1,4 * 378 * 4,00^2) = 434,76 \text{ kg-m}$$

$$M_{b(+)} = (0,009 * 1,7 * 100 * 6,40^2) + (0,005 * 1,4 * 378 * 6,40) = 171,05 \text{ kg-m}$$

- Momentos negativos en bordes discontinuos

$$M_{b(-)} = 1/3 * 171,05 \text{ kg/m}^2 = 57,02 \text{ kg-m}$$

Figura 59. **Losa 7, caso 2**



Fuente: elaboración propia.

$$m = 4,00/6,40 = 0,63 \text{ caso 2}$$

- Momentos negativos en bordes continuos

$$M_{a(-)} = 0,077 * 700 \text{ kg/m}^2 * (4,00\text{m})^2 = 862,40 \text{ kg-m}$$

$$M_{b(-)} = 0,014 * 700 \text{ kg/m}^2 * (6,40)^2 = 401,41 \text{ kg-m}$$

- Momentos positivos en bordes continuos

$$M_{a(+)} = (0,053 * 1,7 * 100 * 4,00^2) + (0,032 * 1,4 * 378 * 4,00^2) = 415,11 \text{ kg-m}$$

$$M_{b(+)} = (0,010 * 1,7 * 100 * 6,40^2) + (0,006 * 1,4 * 378 * 6,40) = 199,69 \text{ kg-m}$$

Figura 60. **Losa 9, caso 2**



Fuente: elaboración propia.

$$m = 3,20/4,00 = 0,80 \text{ caso 2}$$

- Momentos negativos en bordes continuos

$$M_{a(-)} = 0,065 * 700 \text{ kg/m}^2 * (3,20\text{m})^2 = 465,92 \text{ kg-m}$$

$$M_{b(-)} = 0,027 * 700 \text{ kg/m}^2 * (4,00)^2 = 320,40 \text{ kg-m}$$

- Momentos positivos en bordes continuos

$$M_{a(+)} = (0,041 * 1,7 * 100 * 3,20^2) + (0,026 * 1,4 * 378 * 3,20^2) = 212,26 \text{ kg-m}$$

$$M_{b(+)} = (0,017 * 1,7 * 100 * 4,00^2) + (0,011 * 1,4 * 378 * 4,00^2) = 139,37 \text{ kg-m}$$

Figura 61. Losa 11, caso 4



Fuente: elaboración propia.

$$m = 2,80/6,40 = 0,44 \text{ caso 4}$$

- Momentos negativos en bordes continuos

$$M_{a(-)} = 0,094 * 700 \text{ kg/m}^2 * (2,80)^2 = 515,87 \text{ kg-m}$$

$$M_{b(-)} = 0,006 * 700 \text{ kg/m}^2 * (6,40)^2 = 172,03 \text{ kg-m}$$

- Momentos positivos en bordes continuos

$$M_{a(+)} = (0,077 * 1,7 * 100 * 2,80^2) + (0,059 * 1,4 * 378 * 2,80^2) = 347,41 \text{ kg-m}$$

$$M_{b(+)} = (0,005 * 1,7 * 100 * 6,40^2) + (0,004 * 1,4 * 378 * 6,40^2) = 121,52 \text{ kg-m}$$

- Momentos negativos en bordes discontinuos

$$M_{a(-)} = 1/3 * 347,41 \text{ kg/m}^2 = 115,80 \text{ kg-m}$$

$$M_{b(+)} = 1/3 * 121,52 \text{ kg/m}^2 = 40,50 \text{ kg-m}$$

Figura 62. **Losa 12, caso 8**



Fuente: elaboración propia.

$$m = 2,80/6,40 = 0,44 \text{ caso 8}$$

- Momentos negativos en bordes continuos

$$M_{a(-)} = 0,089 * 700 \text{ kg/m}^2 * (2,80)^2 = 488,43 \text{ kg-m}$$

$$M_{b(-)} = 0,010 * 700 \text{ kg/m}^2 * (6,40)^2 = 286,72 \text{ kg-m}$$

- Momentos positivos en bordes continuos

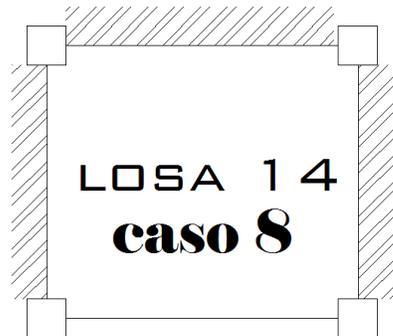
$$M_{a(+)} = (0,076 * 1,7 * 100 * 2,80^2) + (0,056 * 1,4 * 378 * 2,80^2) = 333,63 \text{ kg-m}$$

$$M_{b(+)} = (0,005 * 1,7 * 100 * 6,40^2) + (0,004 * 1,4 * 378 * 6,40^2) = 121,52 \text{ kg-m}$$

- Momentos negativos en bordes discontinuos

$$M_{a(+)} = 1/3 * 333,63 \text{ kg/m}^2 = 111,21 \text{ kg-m}$$

Figura 63. **Losa 14, caso 8**



Fuente: elaboración propia.

$$m = 2,80/3,20 = 0,88 \text{ caso 8}$$

- Momentos negativos en bordes continuos

$$M_{a(-)} = 0,043 \cdot 700 \text{ kg/m}^2 \cdot (2,80)^2 = 235,98 \text{ kg-m}$$

$$M_{b(-)} = 0,052 \cdot 700 \text{ kg/m}^2 \cdot (3,20)^2 = 372,74 \text{ kg-m}$$

- Momentos positivos en bordes continuos

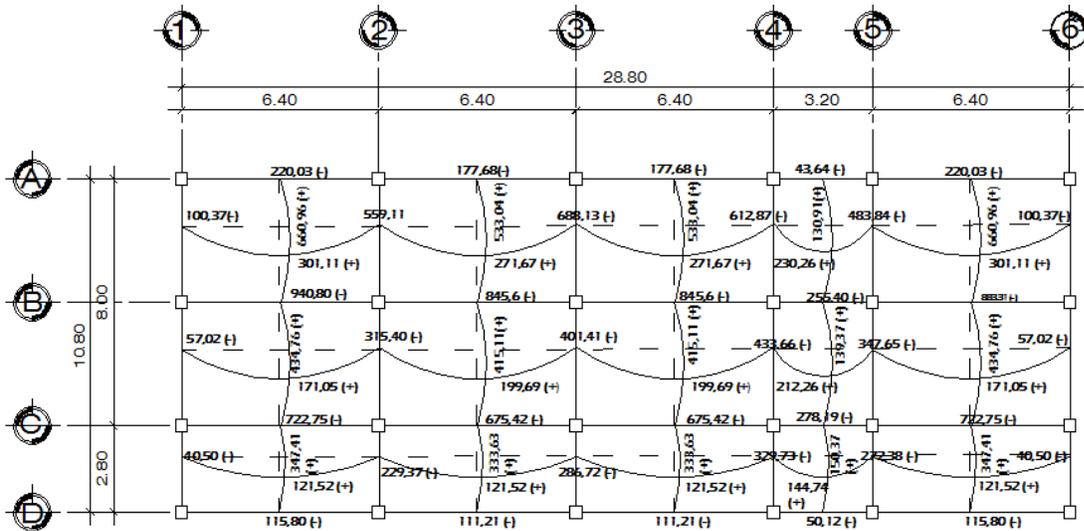
$$M_{a(+)} = (0,035 \cdot 1,7 \cdot 100 \cdot 2,80^2) + (0,025 \cdot 1,4 \cdot 378 \cdot 2,80^2) = 150,37 \text{ kg-m}$$

$$M_{b(+)} = (0,024 \cdot 1,7 \cdot 100 \cdot 3,20^2) + (0,019 \cdot 1,4 \cdot 378 \cdot 3,20^2) = 144,74 \text{ kg-m}$$

- Momentos negativos en bordes discontinuos

$$M_{a(+)} = 1/3 \cdot 150,37 \text{ kg/m}^2 = 50,12 \text{ kg-m}$$

Figura 64. Diagrama de losas balanceadas (kg-m) segundo nivel



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2013.

Tabla XLI. Ejemplo de área de acero losa 6

losa	a/b	momento (-)	area de acero (cm ²)	momento (+)	area de acero (cm ²)
6	corto	315,4	4,53 _{as min}	434,76	4,53 _{as min}
	largo	722,75	4,53 _{as min}	171,05	4,53 _{as min}

Fuente: elaboración propia.

- Varilla No 3 = 0,71 cm²
- Acero mínimo = 4,53 cm²

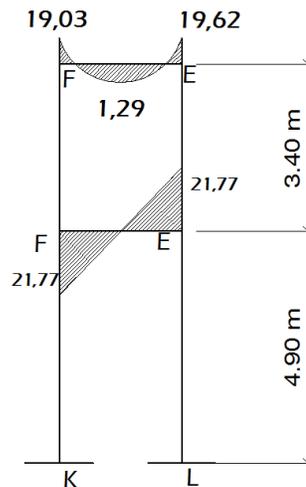
Realizando una regla de tres se obtiene el espaciamiento requerido:

$$S = \frac{(0,71 \text{ cm}^2)(100 \text{ cm}^2)}{4,53 \text{ cm}^2} = 15,67 \approx 15 \text{ cm}$$

3.1.6.9. Diseño de vigas

Las vigas son los elementos estructurales cuya función son transmitir las cargas distribuidas provenientes de las losas hacia las columnas, estos elementos trabajan a compresión y tensión, es decir a flexo-compresión. A continuación, se detallara el diseño numéricamente de una viga.

Figura 65. Viga F-E



Fuente: elaboración propia.

Al igual que las losas, se utilizarán las mismas ecuaciones, ya que el comportamiento una losa es como la de varias vigas juntas en franjas de 1 metro de ancho.

- Acero mínimo

$$d = t - \text{rec} - \Phi / 2;$$

El recubrimiento está dado por la sección 7.7.1 capítulo 7, ACI 318S-11.

$$d = (\text{altura de viga}) - (\text{recubrimiento}) - \left(\frac{\text{diametro de la varilla}}{2} \right)$$

$$d = (45) - (4,00) - \left(\frac{1,27}{2} \right) = 41 \text{ cm}$$

El código ACI 318s-11 en su sección 10.5.1 proporciona dos ecuaciones para determinar el acero mínimo de un elemento sometido a flexión:

$$A_{s_{\min}} = \frac{14.1}{f_y} * b * d$$

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

$$A_{s_{\min}} = \frac{14,1}{2810} * 30 \text{ cm} * 41 \text{ cm} = 6,17 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{\min}} = \frac{0,80 * \sqrt{210}}{2810} * 30 \text{ cm} * 41 = 5,74 \text{ cm}^2$$

- Acero máximo

$$A_{s_{\max}} = 0,5 * \left(\frac{0,85 * 0,85 * f'c * 6115}{f_y * (6115 + f_y)} \right) * b * d$$

$$A_{s_{\max}} = 0,5 * \left(\frac{0,85 * 0,85 * 210 \text{ kg/cm}^2 * 6115}{2810 \text{ kg/cm}^2 * (6115 + 2810 \text{ kg/cm}^2)} \right) * 30 \text{ cm} * 41 \text{ cm} = 22,75 \text{ cm}^2$$

Determinando el acero para el momento (-) = 19 620 kg-m actuante en la viga:

$$A_s = 0,85 * \frac{f'c}{f_y} \left(bd - \sqrt{(bd)^2 - \frac{M_{ultimo} * b}{0,003825 * f'c}} \right)$$

$$A_s = 0,85 * \frac{210}{2810} \left(30 * 41 - \sqrt{(30 * 41)^2 - \frac{19620 * 30}{0,003825 * 210}} \right) = 22,00 \text{ cm}^2$$

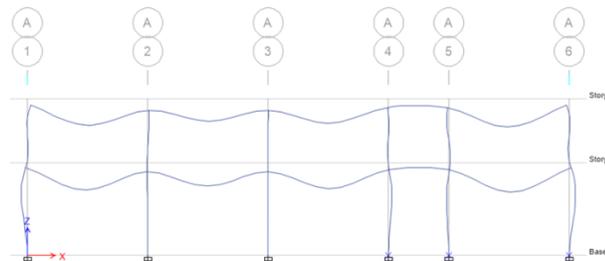
Determinando el acero para el momento (+)= 1,290 kg-m actuante en la viga:

$$A_s = 0,85 * \frac{210}{2810} \left(30 * 41 - \sqrt{(30 * 41)^2 - \frac{1290 * 30}{0,003825 * 210}} \right) = 1,25 \text{ cm}^2$$

Determinando el acero para el momento (-)= 19 030 kg-m actuante en la viga:

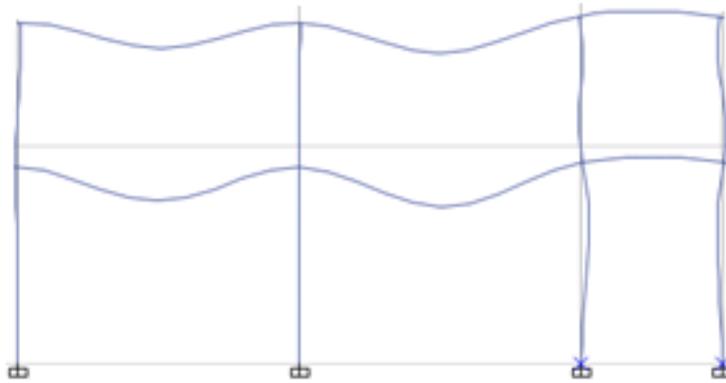
$$A_s = 0,85 * \frac{210}{2810} \left(30 * 41 - \sqrt{(30 * 41)^2 - \frac{19030 * 30}{0,003825 * 210}} \right) = 21,24 \text{ cm}^2$$

Figura 66. **Elástica del eje X**



Fuente: elaboración propia, empleando ETABS.

Figura 67. **Elástica del eje Y**

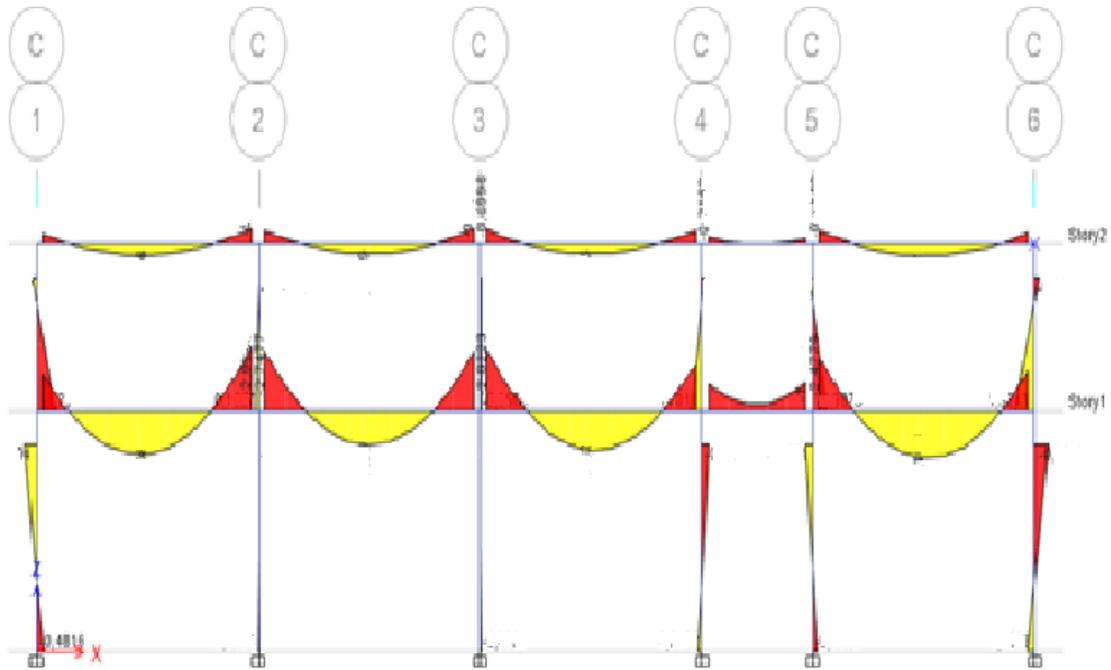


Fuente: elaboración propia, empleando ETABS.

De acuerdo a las figuras 43 y 44 se observa la elástica de los elementos ante la imposición de cargas; se observa que la longitud de la viga corta del pasillo afecta la configuración estructural de la edificación, por tal motivo en dicha zonas los momentos negativos son mayores que los positivos, debido a que la carga tributada en ese pódico es menor al anterior o subsiguiente además de los momentos de sismos que son altos.

En la figura 45 se observa la diferencia del diagrama de momento positivo en el pasillo respecto al momento negativo.

Figura 68. Diagrama de momentos dado



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

- Armado
 - Cama superior

De acuerdo al código ACI 318s-11 el armado de la viga debe cumplir con los siguientes requerimientos:

$$33\% (A_{s_{req}} M_{(-)_{mayor}}) = 33\% (22,02 \text{ cm}^2) = 7,26 \text{ cm}^2$$

En este caso se utilizara $7,26 \text{ cm}^2$ mayor al $A_{s_{min}} = 6,17 \text{ cm}^2$ que equivale a 2 var No 8 corridas = $10,14 \text{ cm}^2$

Para cubrir los momentos negativos de los nudos, será la diferencia entre el A_s requerido y el A_s corrido, colocando bastones adicionales al armado existente.

$M(-) = 19,620 \text{ kg-m}$ $A_s = 22,00 \text{ cm}^2$ las barras corridas equivalen a colocar el A_s el cual es 2 var No 8 corridas $A_s = 10,14 \text{ cm}^2$

Baston: $22,02 \text{ cm}^2 - 10,14 \text{ cm}^2 = 11,90 \text{ cm}^2$
equivale a colocar 2 var No 8

$M(-) = 19\ 030 \text{ kg-m}$ $A_s = 21,24 \text{ cm}^2$ las barras corridas equivalen a colocar el A_s el cual es 2 var No 8 corridas $A_s = 10,14 \text{ cm}^2$

- Cama inferior en apoyos

$50 \% (A_{s\text{req}} M(-)\text{mayor}) = 50 \% (22,02 \text{ cm}^2) = 11,01 \text{ cm}^2$

$50 \% (A_{s\text{req}} M(+)) = 50 \% (1,25 \text{ cm}^2) = 0,63 \text{ cm}^2$

$A_{s\text{mín}} = 6,52 \text{ cm}^2$

Baston: $21,24 \text{ cm}^2 - 10,14 \text{ cm}^2 = 11,10 \text{ cm}^2$
equivale a colocar 2 var No 8

$A_{s(\text{bastón})} = 1,25 - 7,88 = - 6,63 \text{ cm}^2$, el signo negativo indica que no necesita bastón, en el centro de la viga.

- Diseño a corte

Los elementos deben estar diseñados para resistir las fuerzas cortantes, así como también mantener uniforme el refuerzo longitudinal, ya que las vigas pueden fallar a flexión y a corte.

El código ACI 318s-11 en la sección 21.12.4.2 establece que los extremos de la viga deberán estar confinados no menor que 2h la cual esta medida desde la cara del elemento de apoyo (columna) hacia el centro del elemento a confinar; el confinamiento se recurre al código siguiendo los siguientes criterios:

- $d/4$
- 8 veces el diámetro de la barra longitudinal
- 24 veces el diámetro de la barra del estribo
- 30 cm´

DE las anteriores, utilizar la menor.

El código también establece los parámetros mínimos de longitud de confinamiento:

- $L=2*h$
- $L=2*45= 90$ cm

Longitud de confinamiento:

$$\frac{V_u}{L/2} = \frac{V_{res}}{x}$$

$$\frac{8\,029,88 \cdot 1,4}{20\,080} = x$$

$$X = 0,55 \text{ m}$$

$$Y = 1,4 \text{ m} - 0,55 \text{ m} = 0,85 \text{ m}$$

Debido que la longitud de confinamiento es mayor a los parámetros que dicta el código, se utilizará la que se calculó por medio de la expresión anterior que es igual a 85 cm

- Espaciamiento de estribos

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

$$S = \frac{2 \cdot 0,71 \cdot 2\,810 \cdot 41}{20\,080} = 7,51 \text{ cm}$$

El ACI establece:

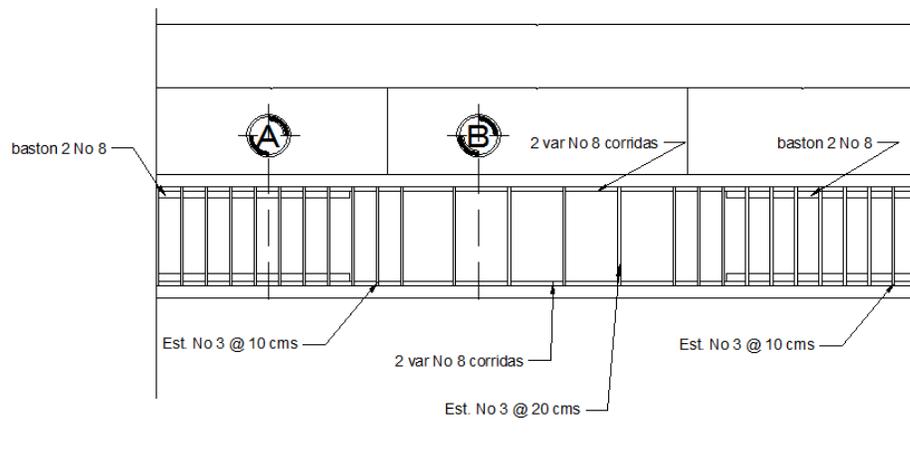
- $d/4 = 10,25$
 - 8 veces el diámetro de la barra longitudinal = 12,7
 - 24 veces el diámetro de la barra del estribo = 22,86 cm
 - 30 cm
- Espaciamiento de los estribos en la zona no confinada de la viga

$$d/2 = 41/2 = 20,50 \text{ cm}$$

Por lo tanto, el confinamiento de los estribos en la zona de confinamiento será de 7,5 cm y en la zona no confinada será de 20,50 cms.

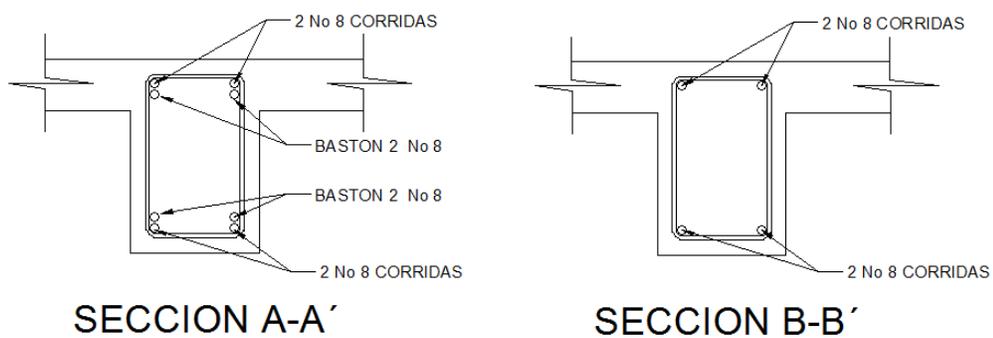
Si el $V_u < V_{res}$, en la viga no existirá zona por confinamiento ya que el concreto es capaz de resistir los esfuerzos por corte existentes en la viga, pero como requisito del código llevará estribos solo por armado a una distancia de $d/2$.

Figura 69. **Detalle de armado longitudinal, viga F-E**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2013.

Figura 70. **Detalle de armado transversal, viga F-E**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2013.

Tabla XLII. **Tabla de armado longitudinal en vigas, eje x**

Viga		$A_{s_{min}}(cm^2)$	$A_{s_{req}}$	Refuerzo corrido	Bastones _{SUP}	Bastones _{INF}	$A_s (cm^2)$
A-B	M(-)	6,17	5,23	4 var # 5			7,92
	M(+)	6,17	4,63	4 var # 5			7,92
	M(-)	6,17	8,46	4 var # 5	1 var # 4	1 var # 4	8,89
B-C	M(-)	6,17	7,73	4 var # 5			7,92
	M(+)	6,17	3,6	4 var # 5			7,92
	M(-)	6,17	7,71	4 var # 5			7,92
C-D	M(-)	6,17	7,73	4 var # 5			7,92
	M(+)	6,17	3,6	4 var # 5			7,92
	M(-)	6,17	7,71	4 var # 5			7,92
D-E	M(-)	6,17	6,68	4 var # 5			7,92
	M(+)	6,17	0,87	4 var # 5			7,92
	M(-)	6,17	5,67	4 var # 5			7,92
E-F	M(-)	6,17	7,22	4 var # 5			7,92
	M(+)	6,17	5,09	4 var # 5			7,92
	M(-)	6,17	5,61	4 var # 5			7,92
L-K	M(-)	6,17	12,85	3 var # 8			18,06
	M(+)	6,17	8,38	3 var # 8			15,21
	M(-)	6,17	17,4	3 var # 8	1 var # 6	1 var # 6	18,06
K-J	M(-)	6,17	15,55	2 var # 8			15,21
	M(+)	6,17	6,77	2 var # 8			10,14
	M(-)	6,17	15,91	2 var # 8	1 var # 8	1 var # 8	15,21
J-I	M(-)	6,17	16,05	2 var # 8	1 var # 8	1 var # 8	15,21
	M(+)	6,17	7,72	2 var # 8			10,14
	M(-)	6,17	12,6	2 var # 8			15,21
H-I	M(-)	6,17	12,73	2 var # 8			15,84
	M(+)	6,17	1,26	2 var # 8			7,88
	M(-)	6,17	13,19	2 var # 8	2 var # 6	2 var # 6	15,84
H-G	M(-)	6,17	14,48	2 var # 8	1 var # 8	1 var # 8	15,21
	M(+)	6,17	9,17	2 var # 8			10,14
	M(-)	6,17	13,49	2 var # 8			15,21

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLIII. **Tabla de armado por corte en vigas de eje x**

Viga	V _{actuante}	V _{resistente}	Armado (resto)	zona de confinamiento	
				longitud confinamiento	Armado
A-B	6 550	8 029,88	8 No 5 corridos + Est # 3 @ 20 + 1 baston No 5	Sin confinamiento	—
B-C	6 420	8 029,88	8 No 5 corridos + Est # 3 @ 20	Sin confinamiento	—
C-D	6 340	8 029,88	8 No 5 corridos + Est # 3 @ 20	Sin confinamiento	—
D-E	4 870	8 029,88	8 No 5 corridos + Est # 3 @ 20	Sin confinamiento	—
E-F	6 460	8 029,88	8 No 5 corridos + Est # 3 @ 20	Sin confinamiento	—
L-K	12 990	8 029,88	6 No 8 corridos + Est # 3 @ 20	120	12 Est. # 3 @ 10 ambos sentidos
K-J	12 600	8 029,88	4 No 8 corridos + Est # 3 @ 20 + baston No 8	120	12 Est. # 3 @ 10 ambos sentidos
J-I	12400	8 029,88	4 No 8 corridos + Est # 3 @ 20 + baston No 8	120	12 Est. # 3 @ 10 ambos sentidos
H-I	11 160	8 029,88	4 No 8 corridos + Est # 3 @ 20 + 2 baston No 6	90	9 Est. # 3 @ 10 ambos sentidos
H-G	12 790	8 029,88	4 No 8 corridos + Est # 3 @ 20 + 2 baston No 6	120	12 Est. # 3 @ 10 ambos sentidos

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLIV. **Tabla de armado longitudinal en vigas, eje y**

Viga		$A_{s_{min}}(cm^2)$	$A_{s_{req}}$	Refuerzo corrido	Bastones _{SUP}	Bastones _{INF}	$A_s (cm^2)$
A-B	M(-)	6,17	5,99	4 var # 5			7,88
	M(+)	6,17	1,8	4 var # 5			7,88
	M(-)	6,17	7,49	4 var # 5			7,88
B-C	M(-)	6,17	5,72	5 var # 4			6,35
	M(+)	6,17	0,74	5 var # 4			6,35
	M(-)	6,17	7,64	5 var # 4			6,35
C-D	M(-)	6,17	7,88	4 var # 5			7,88
	M(+)	6,17	0,74	4 var # 5			7,88
	M(-)	6,17	7,64	4 var # 5			7,88
H-G	M(-)	6,17	17,6	3 var # 8			20,28
	M(+)	6,17	3,18	3 var # 8			15,21
	M(-)	6,17	18,01	3 var # 8	1 var # 8	1 var # 8	20,28
G-F	M(-)	6,17	14,57	2 var # 8	1 var # 8	1 var # 8	15,21
	M(+)	6,17	2,48	2 var # 8			10,14
	M(-)	6,17	12,53	2 var # 8			15,21
F-E	M(-)	6,17	18,48	2 var # 8			20,28
	M(+)	6,17	1,25	2 var # 8			10,14
	M(-)	6,17	19,78	2 var # 2	2 var # 8	2 var # 8	20,28

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLV. **Tabla de armado por corte en viga, eje Y**

Viga	V _{actuante}	V _{resistente}	Armado (resto)	zona de confinamiento	
				longitud confinamiento	Armado
A-B	6 970	8 029,88	8 No 5 corridos + Est # 3 @ 20	Sin confinamiento	_____
B-C	6 050	8 029,88	10 No 4 corridos + Est # 3 @ 20	Sin confinamiento	_____
C-D	9 000	8 029,88	8 No 5 corridos + Est # 3 @ 20	90	9 Est. # 3 @ 10 ambos sentidos
H-G	16 050	8 029,88	6 No 8 corridos + Est # 3 @ 20 + 2 bastones No 8	100	10 Est. # 3 @ 10 ambos sentidos
G-F	13 050	8 029,88	4 No 8 corridos + Est # 3 @ 20 + 2 bastones No 8	100	10 Est. # 3 @ 10 ambos sentidos
F-E	21 770	8 029,88	4 No 8 corridos + Est # 3 @ 20 + 4 bastones No 8	90	9 Est. # 3 @ 10 ambos sentidos

Fuente: elaboración propia.

3.1.6.10. Diseño de columnas

Las columnas son elementos estructurales cuya función es transmitir las cargas de la edificación hacia la cimentación, por lo que internamente están sometidas a soportar cargas axiales.

Para realizar el diseño de las columnas hay que enfocarse en la carga existente por compresión y por momentos flectores, con respecto a ambos ejes de la edificación. Para establecer los valores de diseño, se utilizaran los más críticos, es decir los que presenten mayor área tributaria y mayores momentos flectores. A continuación se detalla el procedimiento para el diseño de una columna:

Datos:

- Sección de columna = 0.40x0.40 m
- Momento máximo en X = 11 600,00 Kg-m
- Momento máximo en Y = 20 140, 00 Kg-m
- Corte actuante máximo en X = 4 040,00 Kg
- Corte actuante máximo en Y = 7 930,00 Kg
- Longitud = 4.70 m

- Área tributaria = 22,80 m²

Para el caso de la carga muerta, será conformada por el peso propio de la losa, peso de los acabados y pesos de los muros:

$$CM_{\text{losa}} + \text{acabados} + \text{muros} = 0,12 * 2\ 400 + 90 + 120 = 498 \text{ kg/m}^2$$

La carga axial queda de la siguiente manera:

$$CU: 1,4 * 498 + 1,7 * 300 = 1\ 196 \text{ kg}$$

Factor de carga última:

$$\left(\frac{CU}{CM+CV} \right) = \left(\frac{1\ 196}{498+300} \right) = 1.50$$

- Carga axial última

$$PU1 = (CU * At) + (Pv * FCU) + PU2$$

Donde:

- PU1 = carga axial última de primer nivel
- Pv = carga de la viga
- At = área tributaria

$$PU1 = (1\,196\text{ kg} \cdot 25,6\text{ mts}^2) + ((2\,400\text{ kg} \cdot 0,30 \cdot 0,45) \cdot 1,50) + (0,40 \cdot 0,40 \cdot 8,30 \cdot 2\,400\text{ kg/m}^3 \cdot 1,50) + (25,60 \cdot 700\text{ kg})$$

$$PU1 = 48\,307,99\text{ kg}$$

- Cálculo de esbeltez

El comportamiento de las columnas depende de gran manera, de su esbeltez, es decir de la relación entre su longitud y las dimensiones de las secciones transversales. Dado con su relación de esbeltez, las columnas se clasifican en: columnas cortas, columnas intermedias y largas o esbeltas; por lo que se pueden clasificar de acuerdo a los siguientes parámetros:

- Cortas; si $E < 22$
- Intermedias; $22 < E < 100$, y
- Largas; si $E > 100$

Si la columna es corta, su diseño se realiza con los momentos resultantes del análisis estructural; si son intermedias se magnifican sus momentos y si son largas no se construyen.

- Rigidez

La esbeltez de la columna en el sentido X, se calcula con el procedimiento siguiente:

$$\text{Inercia}_{\text{vigas}} = (1/12) * (0,30 * 0,45^3) = 0,00227813$$

$$\text{Inercia}_{\text{columnas}} = (1/12) * (0,40) * (0,40)^3 = 0,00213 \text{ m}^4$$

$$K_{\text{columna de 3,40 m}} = \frac{0,00213}{3,40} = 0,000626$$

$$K_{\text{columna de 4,90 m}} = \frac{0,00213}{4,90} = 0,000434$$

$$K_{\text{vigas de 6,40 m}} = \frac{0,00227813}{6,40} = 0,000355$$

$$K_{\text{vigas de 2,80 m}} = \frac{0,00227813}{2,80} = 0,000813$$

$$K_{\text{vigas de 3,20 m}} = \frac{0,00227813}{3,20} = 0,000711$$

$$K_{\text{vigas de 4,00 m}} = \frac{0,00227813}{4,00} = 0,000569$$

- Cálculo de coeficientes

Cálculo de coeficientes que miden el grado de empotramiento a la rotación en las columnas (ψ):

$$\psi = \frac{\sum K_{\text{columnas}}}{\sum K_{\text{vigas}}}$$

- Eje X:

- Extremo superior

$$\psi = \frac{0,000434 + 0,000626}{0,000355 + 0,000711} = 0,99437148$$

- Extremo inferior

$\psi = 0$; por ser empotramiento en la base

$$\psi_{\text{promedio}} = \frac{0,99437148 + 0}{2} = 0,49718574$$

- Factor de longitud efectiva (K)

$$K = \frac{20 - \psi_{\text{promedio}}}{20} * \sqrt{1 + \psi_{\text{promedio}}}$$

$$K_x = \frac{20 - 0,49718574}{20} * \sqrt{1 + 0,49718574} = 1,19317$$

- Esbeltez (E)

$$E = \frac{K * Lu}{\sigma}$$

Donde:

- K: factor de longitud efectiva
- Lu: longitud de la columna
- Σ : 0,30* lado menor de la columna → esto para columnas rectangulares

$$E_x = \frac{1,193170 * 4,90}{0,30 * 0,40} = 48,72$$

- Eje Y

- Extremo superior

$$\psi = \frac{0,000434 + 0,000626}{0,000813 + 0,000569} = 0,767004341$$

- Extremo inferior

$\psi = 0$; por ser empotramiento en la base

$$\psi_{\text{promedio}} = \frac{0,767004341 + 0}{2} = 0,3835021708$$

- Factor de longitud efectiva (K)

$$K = \frac{20 - \psi_{\text{promedio}}}{20} * \sqrt{1 + \psi_{\text{promedio}}}$$
$$K_y = \frac{20 - 0,3835021708}{20} * \sqrt{1 + 0,3835021708} = 1,153669474$$

- Esbeltez (E)

$$E = \frac{K \cdot Lu}{\sigma}$$

Donde:

- K: factor de longitud efectiva
- Lu: longitud de la columna
- σ : 0,30* lado menor de la columna → esto para columnas rectangulares

$$E_Y = \frac{1,153669474 \cdot 4,90}{0,30 \cdot 0,40} = 47,10$$

Con los valores esbeltez de acuerdo al eje X y eje Y se puede categorizar la columna como intermedia, ya que los valores se encuentran entre el rango de 22 y 100. El código ACI 318s-11 indica en su sección 10.10.6 el procedimiento para realizar la magnificación de momentos en una columna.

- Eje X
 - Factor de flujo plástico del concreto

$$\beta_d = \frac{1,4 \cdot CM_u}{CU} = \frac{1,4 \cdot 498}{1\ 196} = 0,58$$

- El total del material

$$E_c = 15100 \sqrt{f'_c}$$

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

$$EI = \frac{E_c * I}{2.50 * (1 + \beta_d)}$$

$$E_c = 15 \ 100 \sqrt{210} = 218 \ 819,79 \text{ kg/cm}^2$$

$$I = \frac{1}{12} * 40^4 = 213 \ 333 \text{ cm}^4$$

$$EI = \frac{218 \ 819,79 \text{ kg/cm}^2 * 213 \ 333 \text{ cm}^4}{2,50 * (1 + 0,49)} = 1,25 * 10^{10} \text{ kg-cm}^2$$

- Carga crítica de pandeo de Euler

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 * EI}{(K * Lu)^2}$$

$$P_{crX} = \frac{\pi^2 * 1250}{(1,193 * 4,90)^2} = 361,02 \text{ Ton}$$

- Magnificador de momentos

$$\sigma = \frac{1}{1 - \frac{P_u}{\phi P_{cr}}}$$

$$\sigma_x = \frac{1}{\left(\frac{48\,307,99}{1\,000} \right) \cdot 1 - \frac{0,70 \cdot 361,02}{1}} = 1,2363$$

- Eje Y

$$\beta_d = \frac{1,4 \cdot CM_u}{CU} = \frac{1,4 \cdot 498}{1\,196} = 0,58$$

- El total del material

$$E_c = 15\,100 \sqrt{f'_c}$$

$$I = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3$$

$$EI = \frac{E_c \cdot I}{2,50 \cdot (1 + \beta_d)}$$

$$E_c = 15\,100 \sqrt{210} = 218\,819,79 \text{ kg/cm}^2$$

$$I = \frac{1}{12} \cdot 40^4 = 213\,333 \text{ cm}^4$$

$$EI = \frac{218\,819,79 \text{ kg/cm}^2 \cdot 213\,333 \text{ cm}^4}{2,50 \cdot (1 + 0,49)} = 1,25 \cdot 10^{10} \text{ kg-cm}^2$$

- Carga crítica de pandeo de Euler

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot EI}{(K \cdot Lu)^2}$$

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 * 1250}{(1,1536 * 4,90)^2} = 386,10 \text{ Ton}$$

- Magnificador de momentos

$$\sigma = \frac{1}{1 - \frac{P_u}{\phi P_{cr}}}$$

$$\sigma_y = \frac{1}{1 - \frac{\left(\frac{48\ 307,99}{1\ 000}\right)}{0,70 * 386,10}} = 1,21$$

- Momentos de diseño

$$M_{dx} = \sigma * M_u = 1,236 * 11\ 600,00 \text{ kg-m} = 14\ 337,60 \text{ kg-m}$$

$$M_{dx} = \sigma * M_u = 1,217 * 20\ 140 \text{ kg-m} = 24\ 510,38 \text{ kg-m}$$

- Determinación del acero longitudinal de la columna

El código ACI 318s-11 en la sección 21.6.3.1 indica que el área de refuerzo longitudinal (A_s) debe satisfacer:

$$0,01 * A_g < A_s < 0,06 * A_g$$

De acuerdo a lo anterior la columna debe tener como mínimo un área de acero:

$$A_{smin} = 0,01 * 40 * 40 = 16 \text{ cm}^2$$

- Acero máximo

$$A_{smax} = 0,06*40*40= 96 \text{ cm}^2$$

Para el armado de la columna se sugiere utilizar 8 varillas Num. 8 que equivalen a un área de acero de 40,53 cm² correspondiente a 2,53 % del área gruesa de la columna.

Para determinar a cabalidad si el área propuesta de acero es la necesaria para soportar la carga axial y los momentos magnificados, es necesario determinar la carga última resistente de la columna. Para determinar la carga última primero se debe calcular la cuantía de acero y las excentricidades en la columna, a partir de estos resultados con la ayuda de los diagramas de iteración de columnas se obtienen los valores del coeficiente K', para determinar las cargas últimas resistente en las excentricidades de la columna.

- Coeficiente K

$$\gamma = \frac{h-2*rec}{h} = \frac{40-2*4}{40} = 0,80$$

- Relación modular de capacidad de carga entre el acero y el concreto estará dado por la siguiente ecuación que estará representada por el valor de la curva:

$$\rho_u = \frac{A_s*f_y}{0,85*f'_c*Ag} = \frac{40,53*2810}{0,85*210*40*40} = 0,40$$

- Excentricidades

$$e_x = \frac{Mdx}{PU} = \frac{13\,340 \text{ kg-m}}{48\,307,99} = 0,27$$

$$e_y = \frac{Mdy}{PU} = \frac{23\,020,02 \text{ kg-m}}{48\,307,99} = 0,47$$

- Valor de las diagonales

$$\frac{e_x}{h_x} = \frac{0,27}{0,40} = 0,67$$

$$\frac{e_y}{h_y} = \frac{0,47}{0,40} = 1,18$$

Con los datos obtenidos, en el diagrama de interacción se buscan los valores de los coeficientes K_x y K_y (ver diagrama en anexos).

$$K_x = 0,35$$

$$K_y = 0,21$$

$$P'_x = K_x * f'_c * b * h = 0,35 * 210 * 40 * 40 = 117\,600 \text{ Kg}$$

$$P'_y = K_y * f'_c * b * h = 0,21 * 210 * 40 * 40 = 70\,560,00 \text{ Kg}$$

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

$$P'_o = 0,70 * (0,85 * 210 * (1\,600 - 40,53) + 40,53 * 2\,810) = 274\,578,29 \text{ Kg}$$

Calculando P'_u :

$$P'_u = \left(\frac{1}{117\,600} + \frac{1}{70\,560,00} - \frac{1}{274\,578,16} \right)^{-1} = 52\,538,15 \text{ kg}$$

$$52\ 538,15\ \text{kg} > 48\ 307,99\ \text{kg}$$

$P'u > P_u$, por lo tanto, As propuesto es correcto.

- Refuerzo de corte

El refuerzo a corte consistirá en estribos perpendiculares a la dirección de la carga axial, las cuales sirven para contrarrestar los esfuerzos de corte actuantes, tomando en cuenta que en una zona sísmica, debe asegurarse la ductilidad del elemento, por lo que se considera una longitud de confinamiento de estribos en los extremos de la columna, el procedimiento es el siguiente.

- Corte resistente

$$V_r = \phi * 0,53 * \sqrt{f'_c} * b * d$$

$$V_r = 0,90 * 0,53 * \sqrt{210} * 30 * (30-3) = 9\ 953,83\ \text{kg}$$

$$V_{act\ max} = 8\ 000\ \text{Kg}$$

$V_r > V_{act}$; si se soporta el esfuerzo de corte, colocar refuerzo mínimo a espaciamiento máximo = $d/2 < 30\ \text{cm}$.

Según el ACI 318-11 en su sección 21.12.5.2, los extremos de la columna se encuentren confinados debido a la concentración de esfuerzos y no debe ser menor a la mayor de las siguientes condiciones:

- Una sexta parte de la luz libre del elemento: $4,90/6 = 0,82$
- La mayor dimensión de la sección transversal del elemento = 0,40 m

- 0,45 m
- Espaciamiento en zona no confinada

$$S = d/2 = (40-4)/2 = 18 \text{ cm} \rightarrow \text{estribo No. 3 @ 15 cm}$$

- Espaciamiento de estribos en zona confinada
 - Relación volumétrica

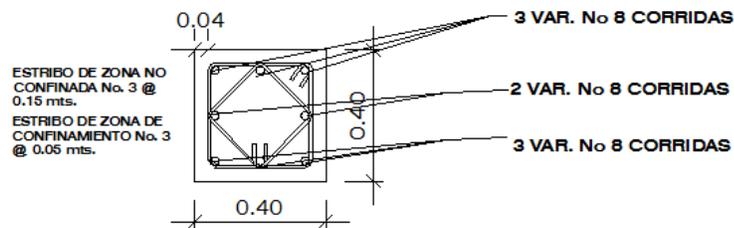
$$\rho_s = 0,45 * \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) * \left(\frac{0,85 * f'_c}{f_y} \right)$$

En donde: $A_{ch} = \text{Área chica} = dx * dy = (40-2*4)*(40-2*4) = 1\,024 \text{ cm}^2$

$$\rho_s = 0,45 * \left(\frac{40*40}{32*32} - 1 \right) * \left(\frac{0,85*210}{2\,810} \right) = 0,016$$

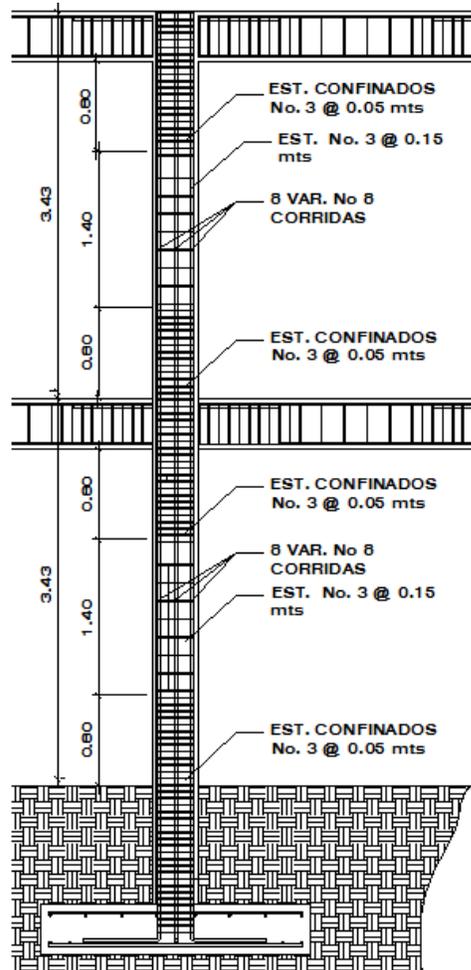
$$S = \frac{4 * A_v}{\rho_s * L_e} = \frac{4 * 0,71}{0,016 * (40 - 2 * 4)} = 5,54 \text{ cm}$$

Figura 71. **Sección transversal de la columna**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Figura 72. **Detalle de armado de la columna**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

3.1.6.11. **Diseño de gradas**

Las gradas deberán diseñarse de tal manera que los usuarios sientan comodidad al acceder de la planta baja a la planta alta o viceversa; para esto deben determinarse los escalones necesarios teniendo parámetros de comodidad y confiabilidad en su recorrido.

c= contrahuella

$$c \leq 17 \text{ cms}$$

H= huella

$$H \leq 30 \text{ cms}$$

Predimensionamiento:

$$c = 17 \text{ cms}$$

El número de escalones se determina mediante la siguiente expresión:

$$\frac{h_{\text{nivel}}}{\text{huella}} = \frac{3,40}{0,17} = 20 \text{ escalones}$$

Número de huellas= número de contrahuellas-1 = 20-1= 19 huellas.

Se realiza chequeo por comodidad:

$$C \leq 17 \text{ cm}$$

$$C \leq 17 \text{ cm}$$

$$H > C$$

$$28 > 17$$

$$2C + H \leq 64 \text{ cm}$$

$$2(17) + 28 = 62 \leq 64 \text{ cm}$$

$$C + H = 45 \text{ a } 48 \text{ cm}$$

$$17 + 28 = 45 \text{ cm}$$

$$C \cdot H = 480 \text{ a } 500 \text{ cm}^2$$

$$17 \cdot 28 = 476 \text{ cm}^2$$

Como todas las condiciones chequean, se tendrán 20 contrahuellas y 19 huellas.

- Integración de cargas
 - Peso propio de gradas

- El peso propio de gradas vendrá dado por la siguiente expresión

$$W_c = \gamma * \left(t + \frac{c}{2} \right)$$

$$W_c = 2400 * \left(0,12 + \frac{0,17}{2} \right) = 492 \text{ kg/m}^2$$

- ✓ $CM = W_c + \text{sobrecarga y acabados}$
- ✓ $CM = 492 + 100 = 592 \text{ kg/m}^2$
- ✓ $CV = 500 \text{ kg/m}^2$
- ✓ $CU = 1,4(592) + 1,7(500) = 1678,8 \text{ kg/m}^2$

- Momentos actuantes

La losa se considera en una dirección, apoyada únicamente en los extremos

$$M(+)=\frac{CU*L^2}{9}=\frac{1678,8 \text{ kg/m}^2 *(4,41)^2}{9}=3627,71 \text{ kg-m}$$

$$M(-)=\frac{CU*L^2}{14}=\frac{1678,8 \text{ kg/m}^2 *(4,41)^2}{14}=2332,10 \text{ kg-m}$$

- Diseño de armado longitudinal

Para el diseño se tomará una franja unitaria de $b=100 \text{ cm}$, para lo cual se es necesario determinar el peralte efectivo; se encontró de la siguiente manera:

$$D = \text{espesor} - \text{recubrimiento} - \left(\frac{\text{diámetro de varilla número 4}}{2} \right)$$

$$D = 12 \text{ cms} - 2,5 \text{ cms} - \left(\frac{1,27}{2}\right) = 8,86 \text{ cms}$$

Determinando el acero mínimo en la franja unitaria:

$$A_{s_{\min}} = \frac{14,1}{f_y} * b * d = \frac{14,1}{2810} * 100 * 8,86 = 4,44 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{\min}} = \frac{0,80 * \sqrt{210}}{2810} * 100 * 8,86 = 3,65 \text{ cm}^2$$

Acero requerido por momento positivo $M_{(+)} = 3\,627,71 \text{ kg-m}$

$$A_s = 0,85 * \frac{f'_c}{f_y} \left(bd - \sqrt{(bd)^2 - \frac{M_{\text{ultimo}} * b}{0,003825 * f'_c}} \right)$$

$$A_s = 0,85 * \frac{210}{2810} \left(100 * 8,86 - \sqrt{(100 * 8,86)^2 - \frac{3\,627,71 * 100}{0,003825 * 210}} \right) = 19,60 \text{ cm}^2$$

- Separacion de refuerzo

$$S = \frac{1,27 * 100 \text{ cms}}{19,60} = 6,47 \text{ cms}$$

Se colocarán varillas No 4 a cada 6 cms.

- Acero por temperatura

$$A_{st} = 0,002 * b * t = 0,002 * 100 * 12 = 2 \text{ cm}^2.$$

- Separación de refuerzo

$$S = \frac{0,71 * 100 \text{ cms}}{2,4 \text{ cms}} = 29,58 \text{ cms}$$

$S_{max} = 2t = 2(12) = 24 \text{ cm}$, por lo tanto varillas No. 3 @ 0,24 m.

3.1.6.12. Diseño de nudo sísmico

El nudo es la unión entre los elementos estructurales viga y columna, estos deben diseñarse para resistir las fuerzas que se transfieren por medio de las vigas y columnas; incluye las cargas axiales, flexión, corte y torsión.

El nudo debe ser capaz de soportar los efectos de sismo que logre que las fuerzas a las que están sometidos los elementos estructurales sean transmitidas a los elementos de soporte; de esta manera, se garantiza la estabilidad e integridad de la estructura.

El comportamiento exitoso de un nudo depende fundamentalmente del confinamiento lateral que se le proporcione.

El esfuerzo para el momento negativo se toma como $T = A_s f_y$, para la fuerza a compresión $C = T$.

El momento aplicado en la cara del nudo:

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

Usando varillas núm 8.

$$T = A_s f_y = (10 \cdot 5,07) \cdot 2,8 = 141,96 \text{ Ton}$$

El momento en el nudo se calcula con base a la fuerza de tensión T, la altura de la viga efectiva es de 41 cms y con una altura de bloque equivalente:

$$S = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot b_w} = \frac{141,96}{0,85 \cdot 210 \cdot 30} = 26,50 \text{ cms}$$

$$M_u = 141,96 \cdot \left(41 - \frac{26,50}{2}\right) = 3\,937,97 \text{ kg-cm} = 39\,379,7 \text{ kg-m}$$

Determinación del ancho efectivo del nudo:

$$S = \frac{B_b + B_c}{2} = \frac{30 + 40}{2} = 35 \text{ cms}$$

Donde:

- B_b: ancho de viga
- B_c: lado corto de la columna
- H: lado largo de la columna

No debe exceder de B_b+h= 30+40= 35 cms

La resistencia a cortante nominal del concreto y de diseño del nudo:

$$V_n = 5,3 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_o \cdot d = 5,3 \cdot \sqrt{210} \cdot 35 \cdot 40 = 107\,526,01 \text{ kg}$$

$$\emptyset * V_n = 0,85 * 107\,526,01 \text{ kg/cm}^2 = 91\,397,11 \text{ kg}$$

El cortante $V_u = 91\,397,11 \text{ kg}$ no excede al cortante nominal del concreto por lo que el cortante si cumple con los requerimientos.

3.1.6.13. Diseño de cimentación

La subestructura o cimentación tiene como finalidad transmitir las cargas de la estructura hacia el suelo o rocas subyacentes, hay que recordar que los suelos so compresibles; por tal razón, al someterlos a cargas causan asentamientos diferenciales, lo que pone en peligro a la estructura de sufrir alguna falla por cortante.

Es muy importante que la cimentación de la estructura se encuentre en un estrato de suelo que tenga la suficiente capacidad carga para soportar las presiones impuestas por la estructura. A continuación, se diseñarán zapatas concéntricas de forma cuadrada:

Datos:

- $P_u = 48\,307,99 \text{ kg}$
- Desplante de cimentación: 1,5 m
- $F_{cu} = 1,55$
- $M_x = 11,600$
- $M_y = 20,140$
- $\gamma_{\text{concreto}} = 2,40 \text{ ton/m}^3$
- $\gamma_{\text{suelo}} = 1,11 \text{ ton/m}^3$
- $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$
- $f'_y = 2810 \text{ kg/cm}^2$

- $V_s = 28,73 \text{ Ton/m}^2$
- Cargas por trabajo

$$P_t = \frac{P_u}{FCU} = \frac{48,31}{1,55} = 31,16$$

$$P_t = \frac{M_{ux}}{FCU} = \frac{11,66}{1,55} = 7,52 \text{ ton}$$

$$P_t = \frac{P_u}{FCU} = \frac{20,14}{1,55} = 13,00 \text{ ton}$$

- Predimensionamiento

Para determinar las dimensiones previas de la zapata, se requiere el área requerida en función de la capacidad última admisible del suelo y la carga de trabajo, mediante la siguiente expresión:

$$A_z = \frac{1,5 \cdot P_t}{q_s} = \frac{1,5 \cdot 31,16}{28,73} = 1,62 \text{ m}^2$$

De acuerdo al área obtenida para el predimensionamiento se propone utilizar una zapata cuadrada con dimensiones de $1,50 \cdot 1,50 \text{ m}$

Teniendo las dimensiones de la zapata se prosigue a determinar la magnitud total de la carga de trabajo, por lo cual se debe calcular el peso propio de la columna, peso propio del suelo sobre la zapata y el peso propio de la zapata.

- Integración de cargas

$$P_z = P_t + P_{\text{columna}} + P_{\text{cimiento}} + P_{\text{suelo}}$$

$$P_z = 31,16 + (0,40 \cdot 0,40 \cdot 8,30 \cdot 2,40) + (2,40 \cdot 2,40 \cdot 2,40 \cdot 0,45) + (1,11 \cdot 2,40 \cdot 2,40 \cdot 1,5)$$

$$P_z = 50,16 \text{ ton}$$

- Presión existente sobre el suelo

A través de la superficie de contacto con el suelo, la zapata transmite cargas sobre ella de manera vertical hacia el suelo.

$$q = \frac{P_z}{A_z} + \frac{M_x}{S_x} + \frac{M_y}{S_y}$$

Donde

- P_t : carga total sobre la zapata
- S_x : núcleo de la sección de la zapata en sentido X
- S_y : núcleo de la sección de la zapata en sentido Y

$$\frac{B}{6} = \frac{L}{6} = \frac{2,50}{6} = 0,41$$

$$e_x = \frac{7,52}{40,88} = 0,18$$

$$e_y = \frac{13,00}{40,88} = 0,31$$

q_{\min} no deber ser negativo y q_{\max} no debe ser mayor al valor soporte del suelo (v_s).

$$S_x = S_y = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{2,40 \cdot 2,4^2}{6} = 2,30$$

$$q_{\max} = \frac{50,15}{5,76} + \frac{7,52}{2,30} + \frac{13,00}{2,30} = 17,62 \text{ ton/m}^2 < V_s$$

$$q_{\min} = \frac{50,15}{5,76} - \frac{7,52}{2,20} - \frac{13,00}{2,20} = 0,21 \text{ ton/m}^2 > 0$$

No se puede dar cuenta que no existen presiones de tensión y la zapata no sufre volteo.

Con los chequeos anteriores, las dimensiones propuestas cumplen con los parámetros de diseño por lo que se procede a realizar el diseño de la zapata.

- Presion última

$$q_{\text{diseño}} = q_{\max} \times F_{cu} = 19,24 \times 1,55 = 29,82 \text{ Ton/m}^2$$

- Peralte de zapata

El código ACI 318s-11 establece que la zapata no puede tener una altura menor de 15 cms desde el refuerzo inferior hasta el borde superior y un recubrimiento no menor de los 7,5 cms debido que el acero no puede exponerse a la humedad y agentes químicos del suelo.

- Peralte efectivo d'

Varilla No 6

$$d = t - \frac{\emptyset}{2} - \text{recubrimiento} = 0,45 - 0,075 - 0,01905/2 = 0,3655$$

$$x = \frac{B}{2} - \frac{B}{2} - d = \frac{2,40}{2} - \frac{0,40}{2} = 0,63$$

- Corte resistente por el concreto

$$V_c = 0,85 * 0,53 * \sqrt{f'_c} * b * d$$

$$V_c = 0,85 * 0,53 * \sqrt{210} * 240 * 36,55 = 57\,266,82$$

- Corte actuante

$$V_a = \text{Area} * q_u$$

$$V_a = (1,51) * (29,82) = 45,08 \text{ Ton}$$

- Cortante por punzonamiento

La principal función de la columna es transmitir las cargas de la estructura hacia la cimentación; esas cargas producen cortes que se le denominan cortes punzantes ya que es producto directamente por la columna y se dan en el perímetro de la misma; el límite de la falla se da a una distancia de $d/2$ de la carga de la columna.

$$d + \text{sección de la columna} = 36,55/2 + 40/2 = 0,77$$

- Área: 5,17 m²

- Corte actuante

$$V_a = \text{Area} * q_u$$

$$V_a = (5,17) * (29,82) = 154,16 \text{ Ton}$$

- Corte resistente del concreto

$$V_c = 0,90 * 1,06 \sqrt{f'_c} * b_o * d$$

$$b_o = 4 (0,4 + d) = 4 (0,4 + 0,3655) = 3,062 \text{ m}$$

$$V_c = 0,90 * 1,06 \sqrt{210} * 306,2 * 36,55 = 154 721,47 \text{ kg}$$

$V_c > V_a$ chequea por punzonamiento

- Diseño a flexión

$$M_u = \frac{q_{dis} * L^2}{2}$$

$$M_u = \frac{29,82 * 1^2}{2} = 14,91 \text{ ton-m}$$

- Área de acero mínimo

$$A_{s_{\min}} = 0,40 * \frac{14,1}{f_y} * b * d$$

$$A_{s_{\min}} = \frac{0,80 * \sqrt{f'_c}}{f_y} * b * d$$

$$A_{s_{\min}} = \frac{14.1}{2810} * 100 \text{ cm} * 36,55 \text{ cm} = 18,34 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{\min}} = \frac{0,80 * \sqrt{210}}{2810} * 100 \text{ cm} * 36,55 = 15,08 \text{ cm}^2$$

$$S = \frac{2,85 \text{ cm}^2 * 100 \text{ cm}^2}{18,34 \text{ cm}^2} = 15,54 \text{ cm}$$

- Área de diseño requerida

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

$$A_s = 0,85 * \frac{210}{2810} \left(100 * 36,55 - \sqrt{(100 * 36,55)^2 - \frac{14910 * 100}{0,003825 * 210}} \right) = 16,73 \text{ cm}^2$$

Como el área de acero requerida por diseño es menor al área mínima por código, se usará el área mínima. $A_{s_{\min}} > A_s$

- Acero por temperatura

$$A_s = 0,002 * b * t = 0,002 * 100 * 0,45 = 9,00 \text{ cm}^2$$

$$S = \frac{2,85 \text{ cm}^2 * 100 \text{ cm}^2}{9 \text{ cm}^2} = 31,66 \text{ cm} \approx 30,00 \text{ cm}$$

3.1.7. Instalaciones

Las instalaciones representa el conjunto de mecanismos que permiten suministrar confort a los usuarios de una edificación, ya que permiten cumplir con las funciones para que hayan sido diseñados.

Las instalaciones son importantes en la edificación ya que son el medio para trasportar y distribuir el suministro propio del sistema ya sea agua potable, electricidad, aguas residuales, entre otros.

3.1.7.1. Agua potable

La red hidráulica está diseñada como circuito cerrado para que no existan perdidas de presiones en todo el edificio; de acuerdo a datos obtenidos en la municipalidad del la localidad se le brinda una dotación de 125 lts/had/día.

Existe un método de diseño para determinar la demanda de agua de los accesorios usados en una edificación, para lo cual es necesario determinar el caudal mediante la siguiente expresión:

$$Q = 0,30 * \sqrt{\sum P}$$

Tabla XLVI. **Demanda de accesorios**

Accesorio	Demanda
Inodoro con caja de descarga	0,30
Lavamanos	0,50
Pila	0,50
Grifos	0,50

Fuente: ENRIQUEZ HARPER, Gilberto. *Cálculo de instalaciones hidráulicas y sanitarias, residenciales y comerciales*. p. 126.

Tabla XLVII. **Demanda de accesorios método de Hunter**

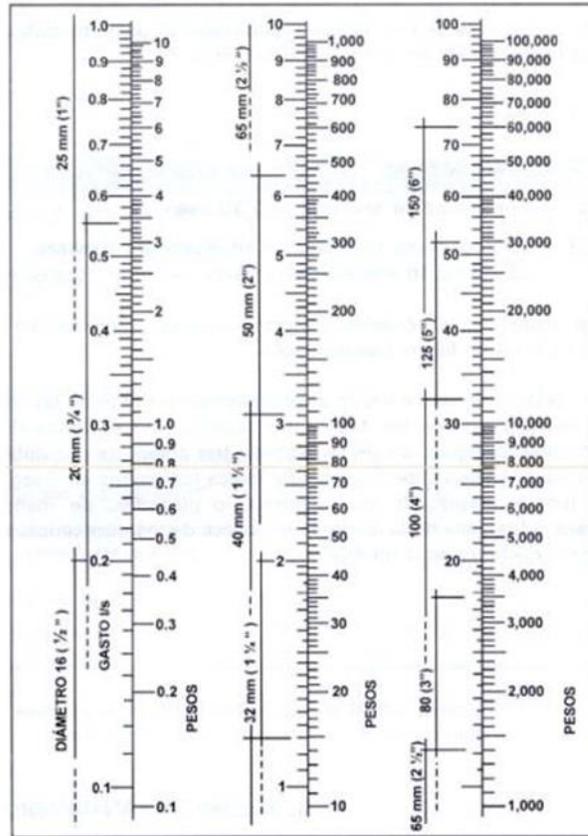
Accesorio	Cantidad	Demanda	Parcial
Inodoro con caja de descarga	12	0,30	3,60
Lavamanos	12	0,50	6,00
Pila	1	0,50	0,50
Grifos	3	0,50	1,50
Total			11,60

Fuente: elaboración propia.

$$Q = 0,30 * \sqrt{45,60} = 1,01$$

El caudal de demanda que estará ingresando al sistema será de 1,01 litros por segundo, por lo que con ayuda de la figura 43, indica que el caudal que se obtuvo se necesita una tubería de 1 ¼" pulgadas de diámetro y para las tuberías secundarias un diámetro como mínimo de ½". La tubería utilizada debe cumplir con la Norma ASTM D2241 y los accesorios serán cédula 40 y deben cumplir con la Norma ASTM D2466.

Figura 73. **Abaco para cálculo de tuberías agua fría**



Fuente: ENRIQUEZ HARPER, Gilberto. *Cálculo de instalaciones hidráulicas y sanitarias, residenciales y comerciales.* p. 128.

3.1.7.2. Drenajes

Los materiales comúnmente para construir las instalaciones sanitarias son de PVC (policloruro de vinilo), y son las más utilizadas ya que son económicas, fáciles de maniobra y resistentes a los agentes químicos que transportan las aguas residuales.

El sistema de drenajes es el conjunto de tubería, conectores, trampas y accesorios utilizados con la finalidad de desalojar las aguas residuales de las edificaciones para ser llevadas al colector municipal, fosas sépticas o colectores; además de establecer elementos para evitar que los gases y malos olores salgan por los muebles sanitarios o por las coladeras.

- Sanitario

Para el diseño de las instalaciones sanitarias es necesario determinar la cantidad de unidades que tendrá la edificación. Para drenajes se consideran que las tuberías estén en un rango de pendientes entre un mínimo del 2 % y un máximo del 6%, para este caso se usara la pendiente mínima del 2 %.

Tabla XLVIII. **Diámetros por tubería de accesorios sanitarios**

Accesorio	Diámetro
Servicio sanitario con caja de descarga	3 "
Lavamanos	1 ½ "
Pila	1 ½ "

Fuente: RODRÍGUEZ SOZA, Luis. *Guía para las instalaciones sanitarias en edificios*. p. 105.

Tabla XLIX. **Diámetros nominales en función de la unidades de descarga**

Máximo de unidades	Diámetro
1	1 “
3	1 ½ “
6	2 “
20	3 “
160	4 “

Fuente: RODRÍGUEZ SOZA, Luis. *Guía para las instalaciones sanitarias en edificios*. p. 105.

Para la edificación se usará una tubería PVC de diámetro de 4” para todo el sistema.

- Pluvial

La finalidad del drenaje pluvial sirve para evacuar el agua proveniente de la lluvia, concentrada mayormente en las áreas tributarias de techo las cuales estarán el segundo nivel por encontrarse a la intemperie.

Para determinar el caudal proveniente de las precipitaciones es necesario determinar las intensidades mayores existentes en el municipio; para San Miguel Petapa, se tienen registros de intensidades máximos de 185,40 mm/h con este dato se diseñarán las instalaciones pluviales.

El área a drenar de la escuela tiene 311 m²; se ubicaron 5 bajadas de agua pluvial en la estructura; el área a drenar por cada bajada de agua y el caudal se atribuye a cada área; el diámetro de tubería requerido para cada bajada de agua pluvial se determina a continuación:

$$Q = \frac{0,90 * 185,40 * 0,0031}{360} = 0,00143 \frac{m^3}{s} = 1,44 \frac{lt}{s}$$

Con el uso de la fórmula de Manning, se obtiene:

$$D = \left(\frac{691\,000 * Q * n}{s^{1/2}} \right)^{3/8}$$

$$D = \left(\frac{691\,000 * 0,00144 * 0,009}{0,01^{1/2}} \right)^{3/8} = 5,40 \text{ cm}$$

Con el dato anterior se puede determinar un diámetro de tubería comercial que satisfaga los 5,40 cms, para ello la tubería comercial más cercana es la de 3 pulgadas de diámetro, pero ser un lugar donde muy pocas veces se le da un mantenimiento periódico; se usará una tubería de 4 pulgadas de diámetro, las bajadas de agua estarán conectadas por medio de cajas unificadoras a una tubería de 4 pulgadas de diámetro.

3.1.7.3. Electricidad

La edificación para su sistema eléctrico tendrá 2 tableros de control en, uno para cada nivel; la iluminación se basó en dos lámparas fluorescentes de 2 x 40 watts tipo listón para cada ambiente; quedó de la siguiente manera:

Para cada aula habrá 12 lámparas fluorescentes en un circuito.

Servicios sanitarios 8 lámparas fluorescentes en un circuito.

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

Donde:

- I: corriente (A)
- P: potencia (w)
- V: voltaje

Para determinar que amperaje tendrá cada circuito por iluminación; se multiplica la cantidad de lámpara por la potencia que consume cada una, es decir:

6 luminarias de 2x40 watts consumen 480 watts de potencia.

$$I = \frac{480 \text{ watts}}{120 \text{ volt}} = 5,33 \text{ A}$$

Por lo tanto, se pueden usar flipones de 15 A, además para los circuitos se usara alambre de cobre calibre 12.

- Fuerza

Las instalaciones de fuerza se pondrán tomacorrientes de 180 watts:

8 tomacorrientes 180 = 1 800

$$I = \frac{1\,800 \text{ watts}}{120 \text{ volt}} = 15 \text{ A}$$

3.1.7.4. Planos

Se elaboraron los siguientes planos:

- Plano amoblada y acotada
- Plano de acabados
- Plano de cimentación y columnas
- Plano de detalles de muros y columnas
- Plano de drenajes
- Plano de instalaciones hidráulicas
- Plano de instalaciones eléctricas, iluminación y fuerza
- Plano de losas
- Plano de elevaciones frontales y laterales

3.1.7.5. Elaboración de presupuesto

El presupuesto fue elaborado de acuerdo a precios actuales de mercado, además de estar incluidas las utilidades.

Los precios se determinaron mediante cotizaciones realizadas a diferentes proveedores, además de la cartera de precios que maneja la Municipalidad de San Miguel Petapa para la elaboración de sus presupuestos.

Tabla L. Presupuesto para anexo del instituto



**MUNICIPALIDAD DE
SAN MIGUEL PETAPA**
1a. Calle 1-56 Zona 1, San Miguel Petapa, Guatemala.



PRESUPUESTO

PROYECTO: EDIFICIO ANEXO EN EL INSTITUTO BÁSICO POR COOPERATIVA DE PRADOS DE VILLA HERMOSA

NO.	REGLONES	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO / REGLÓN
1	LIMPIEZA Y NIVELACIÓN	M2	367,00	Q 6,55	Q 2,403,85
2	TRAZO Y ESTAQUEADO	ML	151,20	Q 13,20	Q 1,995,84
3	EXCAVACIÓN ESTRUCTURAL	M3	207,36	Q 199,54	Q 41,376,61
5	CIMENTO CORRIDO CC-1	ML	122,40	Q 415,92	Q 50,908,61
6	ZAPATA Z-1	UNIDAD	24,00	Q 8,000,65	Q 192,015,60
8	MURO DE CIMENTACIÓN	M2	122,40	Q 244,60	Q 29,939,04
9	SOLERA DE HUMEDAD	ML	122,40	Q 211,04	Q 25,831,30
10	SOLERAS INTERMEDIAS	ML	403,08	Q 232,80	Q 93,837,02
13	LEVANTADO DE MURO BLOCK	M2	330,00	Q 258,69	Q 85,367,70
14	VIGA 1	UNIDAD	12,00	Q 5,088,14	Q 61,057,68
15	VIGA 2 L=6,40	UNIDAD	4,00	Q 4,974,26	Q 19,897,04
16	VIGA 2 I=3,20	UNIDAD	4,00	Q 2,486,84	Q 9,947,36
17	VIGA 3	UNIDAD	4,00	Q 5,862,45	Q 23,449,80
18	VIGA 4	UNIDAD	8,00	Q 5,380,76	Q 43,046,08
19	VIGA 5	UNIDAD	4,00	Q 2,195,46	Q 8,781,84
20	VIGA 6	UNIDAD	4,00	Q 5,803,53	Q 23,214,12
21	VIGA 7	UNIDAD	6,00	Q 3,663,56	Q 21,981,36
22	VIGA 8	UNIDAD	6,00	Q 3,556,84	Q 21,341,04
23	VIGA 9	UNIDAD	6,00	Q 2,920,98	Q 17,525,88
24	VIGA 10	UNIDAD	12,00	Q 3,372,29	Q 40,467,48
25	VIGA 10 I=2,80	UNIDAD	6,00	Q 2,487,45	Q 14,924,70
26	COLUMNA C-1	UNIDAD	24,00	Q 12,016,82	Q 288,403,68
27	COLUMNA C-2	ML	276,00	Q 370,31	Q 102,205,56
28	COLUMNA C-3	ML	24,00	Q 195,48	Q 4,691,52
29	LOSA DE CONCRETO TRADICIONAL t=0,12	M2	654,08	Q 918,55	Q 600,805,18
30	SUMINISTRO Y APLICACIÓN DE REPELLO MÁS CERNIDO	M2	330,00	Q 142,31	Q 46,962,30
31	SUMINISTRO Y APLICACIÓN DE PINTURA	M2	330,00	Q 43,67	Q 14,411,10
32	PISO CERÁMICO PARA INTERIORES	M2	392,40	Q 305,59	Q 119,913,52
33	PISO CERÁMICO PARA EXTERIORES	M2	179,78	Q 320,38	Q 57,597,92
34	GRADAS	UNIDAD	1,00	Q 10,990,00	Q 10,990,00
35	VENTANA V-1	UNIDAD	21,00	Q 3,731,27	Q 78,356,67
36	VENTANA V-2	UNIDAD	12,00	Q 3,736,49	Q 44,837,88
37	VENTANA V-3	UNIDAD	3,00	Q 1,240,24	Q 3,720,72
38	PUERTA P-1 DE 1,00X2,60	UNIDAD	6,00	Q 2,469,48	Q 14,816,88
39	PUERTA P-2 DE 2X2,60	UNIDAD	1,00	Q 2,451,52	Q 2,451,52
40	PUERTA P-3 DE 1,50X0,90	UNIDAD	2,00	Q 1,150,92	Q 2,301,84
41	PUERTA P-4 DE 1,50X0,70	UNIDAD	8,00	Q 971,43	Q 7,771,44
42	BARANDA EN CORREDOR	ML	31,60	Q 790,00	Q 24,964,00
43	PASAMANOS EN MÓDULO DE GRADAS	ML	6,50	Q 815,00	Q 5,297,50
44	TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN+TIERRA FÍSICA+ CABLEADO DE ACOMETIDA	UNIDAD	1,00	Q 3,781,55	Q 3,781,55
45	LÁMPARA TIPO LISTÓN DE 2X40 W	UNIDAD	38,00	Q 730,50	Q 27,759,00
46	INTERRUPTOR SIMPLE	UNIDAD	5,00	Q 389,28	Q 1,946,40
47	INTERRUPTOR DOBLE	UNIDAD	6,00	Q 334,89	Q 2,009,34
48	TOMACORRIENTE DOBLE	UNIDAD	50,00	Q 323,25	Q 16,162,50
49	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE LAVAMANOS (INCLUYE ACCESORIOS)	UNIDAD	8,00	Q 654,27	Q 5,234,16
50	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE MINGITORIO (INCLUYE ACCESORIOS)	UNIDAD	4,00	Q 1,316,39	Q 5,265,56
51	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE INODORO (INCLUYE ACCESORIOS)	UNIDAD	10,00	Q 1,316,39	Q 13,163,90
52	INSTALACIÓN DE CIRCUITO DE AGUA POTABLE	UNIDAD	1,00	Q 6,841,45	Q 6,841,45
53	CONSTRUCCIÓN DE PAÑUELOS PARA LOSA	M2	311,52	Q 113,40	Q 35,326,37
54	INSTALACION DE CIRCUITO DE AGUAS PLUVIALES	UNIDAD	1,00	Q 13,894,92	Q 13,894,92
55	INSTALACIÓN DE CIRCUITO DE AGUAS SERVIDAS (DRENAJE)	UNIDAD	1,00	Q 13,687,41	Q 13,687,41
				TOTAL	Q2,428,369,20

Fuente: elaboración propia.

El costo total del proyecto es de dos millones cuatrocientos veintiocho mil trescientos sesenta y nueve quetzales con veinte centavos.

3.1.7.6. Evaluación de impacto ambiental

Para que la construcción del anexo en la escuela por cooperativa de Prados de Villa Hermosa se lleve a cabo se requerirán varias actividades que soestán íntimamente ligadas a la etapa de ejecución del proyecto; por lo cual se busca minimizar el impacto al ambiente con buenas tecnologías y buenos procedimientos constructivos para que no exista una repercusión negativa al entorno.

- Impactos que puede generar el proyecto
 - Impacto social

Los habitantes que residen en las cercanías donde se ubicara el proyecto principalmente percibirán de manera directa el movimiento generado por la construcción durante el tiempo que dure.

- Estética
 - Ruido
 - Movimiento de tierras
 - Distorsión del paisaje
 - Degradación visual

- Plan de gestión ambiental

Para proteger el entorno circundante al proyecto se deben seguir pautas que permitan conseguir un desarrollo sostenible; por lo cual se debe ser riguroso al momento de ejecutar cada lineamiento; esto se puede encontrar en el plan de gestión ambiental; al ser un proyecto de con múltiples actividades es importante que se tengas aspectos importantes:

- Actividades asociadas a la ejecución de obras.
 - Movimiento de suelos.
 - Impacto en el predio.
 - Respecto al manejo de materias primas y materiales de construcción.
 - Producción de aguas pluviales, aguas residuales domésticas e industriales.
- Medidas de mitigación

Las medidas de mitigación a optar para reducir el impacto ambiental generado por el proyecto estarán dadas por todos los componentes que se ven afectados por este; las acciones de mitigación tendrán como finalidad mantener un entorno sostenible de los recursos naturales involucrados y la protección del medio ambiente.

Es muy importante mencionar que las medidas de mitigación evitan o mitigan las afecciones que se generarían por la construcción o explotación del proyecto; estas serán aplicadas de acuerdo acciones integradas que se complementen entres sí, con los cual se alcanzarán las metas de beneficio para

el medio ambiente y la obra durante la construcción con énfasis en los beneficios del medio ambiente.

A continuación, se presentan algunas acciones de medidas de mitigación para una buena gestión ambiental vinculada a la obra:

- Control de excavaciones, remoción de suelo y cobertura vegetal.
- Evitar dejar herramienta y materiales soterrados que puedan provocar accidentes futuros.
- Control de vehículos, equipos y maquinaria pesada.
- Control en el movimiento de tierras que provoque altas cantidades de partículas suspendidas que afecten a las áreas contiguas al proyecto.
- Disponer en el lugar del proyecto un lugar adecuado para la disposición de los desechos previo a su disposición final.
- Disponer de letrinas móviles a los trabajadores como parte del saneamiento en el proyecto.
- Mantener el área limpia de después de cada jornada entendiéndose equipo, material y herramienta de trabajo inherente al proyecto.

CONCLUSIONES

1. La construcción del alcantarillado sanitario beneficiará directamente a los habitantes que residen en Granjas Las Joyas, lo que permite una inclusión de manera directa al municipio, desde la perspectiva social, enfocada al servicio público, servicios básicos que permiten el desarrollo para lograr una vida más digna.
2. Los proyectos de infraestructura en Granjas La Joya y Prados de Villa Hermosa están elaborados por normas y códigos: Imfom, Conred, AGIES, ACI.
3. El alcantarillado en Granjas La Joya beneficiara a 1 624 habitantes a futuro, por lo cual este proyecto mejorará la calidad de vida de la población y disminuirá los focos de enfermedades además de un adecuado manejo de las fuentes de agua.
4. El precio total directo estimado del proyecto del alcantarillado sanitario en Granjas La Joya es de Q 1 423 095,13 valor con el cual es posible calcular el precio por metro de construcción equivalente a Q 744,29.
5. La verificación de los resultados del software ETABS contra el método de Kani en el análisis estructural permitió conocer el porcentaje de variación porcentual entre uno y otro, por lo que la aplicación de este software es aceptable en el uso actual, pero si se requiere de muy poco tiempo para el diseño del proyecto.

RECOMENDACIONES

1. Es necesario que las municipalidades al momento de ejecutar los proyectos sigan los procedimientos de diseño establecidos en planos, así como las especificaciones técnicas, ya que dependerá de gran manera el periodo de vida útil si se refleja en una buena ejecución.
2. Para ambos proyectos tomar en cuenta que se deberán actualizar los presupuestos año con año, ya que estarán sujetos a la inflación existente producto del desequilibrio entre la producción y demanda.
3. Hacer conciencia a la población de Granjas La Joya para indicar el uso adecuado y cuidado que se debe tener en cuanto a desechos sólidos; además, evitar la conexión de aguas pluviales al sistema para que funcione adecuadamente para lo que fue diseñado.
4. La información de ambos proyectos debe ser compartida por la Dirección Municipal de Planificación a las demás direcciones afines a esta, con la finalidad de que puedan ser conocidos y avalados por la autoridad superior.
5. No realizar cambios a los planos ni diseño del proyecto sin previa consulta y aprobación por parte de un profesional capacitado.

BIBLIOGRAFÍA

1. American Concrete Institute. *Requisitos para concreto estructural y Comentario (ACI 318S-11)*. EE.UU.: ACI, 2011. 541 p.
2. Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica. *Normas de seguridad estructural de edificios y obras de infraestructura para la República de Guatemala*. Guatemala: AGIES, 2010. 75 p.
3. BRAJA M., Das. *Principios de la ingeniería de cimentaciones*. 4ta ed. California, USA: Thompson, 1999. 892 p.
4. HIBBELER, Russell. *Análisis estructural*. 8va ed. México: Pearson Education, 2012. 720 p.
5. GOMEZ CORDOVA, Rubi Abigail. *Diseño de una edificación escolar de dos niveles para la Escuela Oficial Urbana Mixta República Federal de Centro América, casco urbano y de un salón de usos múltiples, Aldea Choacorrál, San Lucas Sacatepéquez*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2007. 354 p.
6. MCCORMAC J., Bronw H. *Diseño de concreto reforzado*. 8va ed. México: Alfaomega, 2011. 724 p.

7. NILSON, Arthur h. *Diseño de estructuras de concreto*. 12a ed.
Colombia: McGraw-Hill, 2001. 722 p.

APÉNDICES

Apéndice 1. Diseño hidráulico de alcantarillado sanitario para Granjas La Joya

De PV	A PV	Cotas terr.		D.H. Local (m)	S(%) Terreno	NO. de casas		Tsa de crecimiento r=2.7%	Período de diseño t=30 años	Hab. A servir		Dotación de agua potable= 125L/hab/día	Factor de retorno 0,8
		Inicio	Final			Local	Acum.			Act. Acum.	Fut. Acum.		
1,1	1,2	1022,11	1022,08	64,88	0,05	5	5	2,70	30	30	67	125	0,8
1,2	1,3	1022,08	1021,35	57,23	1,28	5	10	2,70	30	60	133	125	0,8
1,3B	1,3	1022,10	1021,35	52,96	1,42	7	7	2,70	30	42	93	125	0,8
7,1	6,1	1021,28	1021,40	63,77	-0,19	7	7	2,70	30	42	93	125	0,8
6,1	1,3	1021,40	1021,35	23,70	0,21	8	8	2,70	30	48	107	125	0,8
1,3	1,4	1021,35	1020,64	61,61	1,15	5	37	2,70	30	222	494	125	0,8
8,1	1,4	1021,34	1020,64	52,96	1,32	4	4	2,70	30	24	53	125	0,8
1,4	1,5	1020,64	1020,21	61,27	0,70	4	45	2,70	30	270	600	125	0,8
1,5	1,6	1020,21	1019,88	60,60	0,54	3	48	2,70	30	288	640	125	0,8
1,6	1,7	1019,88	1019,77	8,34	1,32	0	48	2,70	30	288	640	125	0,8
1,1	5,1	1022,11	1021,22	75,51	1,18	8	8	2,70	30	48	107	125	0,8
6,1	5,1	1021,40	1021,22	102,28	0,18	15	15	2,70	30	90	200	125	0,8
5,1	5,2	1021,22	1020,55	91,35	0,73	8	23	2,70	30	138	307	125	0,8
5,2	4	1020,55	1020,18	54,11	0,68	3	26	2,70	30	156	347	125	0,8
4	2,1	1020,18	1020,66	100,00	-0,48	7	7	2,70	30	42	93	125	0,8
2,1	2,2	1020,66	1020,54	100,00	0,12	9	16	2,70	30	96	213	125	0,8
2,2	1,7	1020,54	1019,77	68,97	1,12	5	21	2,70	30	126	280	125	0,8
9,2	9,1	1020,49	1020,46	12,31	0,24	8	8	2,70	30	48	107	125	0,8
9,1	4	1020,46	1020,18	23,59	1,19	1	9	2,70	30	54	120	125	0,8
9,3	9,4	1020,61	1020,67	30,19	-0,20	6	6	2,70	30	36	80	125	0,8
9,4	9,5	1020,67	1020,33	61,30	0,55	4	10	2,70	30	60	133	125	0,8
4	4,1	1020,18	1019,56	50,00	1,24	2	37	2,70	30	222	494	125	0,8
4,1	4,2	1019,56	1019,08	50,00	0,96	3	40	2,70	30	240	534	125	0,8
4,2	4,3	1019,08	1018,58	38,58	1,30	4	44	2,70	30	264	587	125	0,8
4,3	4,4	1018,58	1018,56	84,41	0,02	13	57	2,70	30	342	761	125	0,8
4,4	4,5	1018,56	1018,73	87,01	-0,20	13	70	2,70	30	420	934	125	0,8
1,7	3,1	1019,77	1019,47	70,63	0,42	4	73	2,70	30	438	974	125	0,8
3,1	4,4	1019,47	1018,73	70,63	1,05	0	73	2,70	30	438	974	125	0,8

Continuación del apéndice 1.

Q medio = Sumatoria de Caudales						fqm		FACT. HARMOND		Caudal de Diseño		φ ² asumido	V sec. llena	Q sec. llena
Q domiciliar (L/s)		Q conex. Ilíct. (L/s)		Q medio (L/s)		Act.	Fut.	Act.	Fut.	Act.	Fut.			
Act.	Fut.	Act.	Fut.	Act.	Fut.									
0,035	0,078	0,007	0,016	0,042	0,093	0,0020	0,0020	4,35	4,29	0,261	0,57	6,00	1,33	24,34
0,069	0,154	0,014	0,031	0,083	0,185	0,0020	0,0020	4,30	4,21	0,516	1,12	6,00	1,26	22,90
0,049	0,108	0,010	0,022	0,058	0,129	0,0020	0,0020	4,33	4,25	0,364	0,79	6,00	1,64	29,92
0,049	0,108	0,010	0,022	0,058	0,129	0,0020	0,0020	4,33	4,25	0,364	0,79	6,00	1,15	20,92
0,056	0,124	0,011	0,025	0,067	0,149	0,0020	0,0020	4,32	4,24	0,415	0,91	6,00	1,53	27,89
0,257	0,572	0,051	0,114	0,308	0,686	0,0020	0,0020	4,13	3,98	1,834	3,93	6,00	1,08	19,61
0,028	0,061	0,006	0,012	0,033	0,074	0,0020	0,0020	4,37	4,31	0,210	0,46	6,00	1,39	25,42
0,313	0,694	0,063	0,139	0,375	0,833	0,0020	0,0020	4,10	3,93	2,213	4,72	6,00	1,27	23,09
0,333	0,741	0,067	0,148	0,400	0,889	0,0020	0,0020	4,09	3,92	2,354	5,01	6,00	1,26	23,02
0,333	0,741	0,067	0,148	0,400	0,889	0,0020	0,0020	4,09	3,92	2,354	5,01	6,00	1,23	22,48
0,056	0,124	0,011	0,025	0,067	0,149	0,0020	0,0020	4,32	4,24	0,415	0,91	6,00	1,40	25,61
0,104	0,231	0,021	0,046	0,125	0,278	0,0020	0,0020	4,26	4,15	0,766	1,66	6,00	0,83	15,22
0,160	0,355	0,032	0,071	0,192	0,426	0,0020	0,0020	4,20	4,07	1,160	2,50	6,00	0,87	15,93
0,181	0,402	0,036	0,080	0,217	0,482	0,0020	0,0020	4,19	4,05	1,306	2,81	6,00	0,64	11,67
0,049	0,108	0,010	0,022	0,058	0,129	0,0020	0,0020	4,33	4,25	0,364	0,79	6,00	1,07	19,47
0,111	0,247	0,022	0,049	0,133	0,296	0,0020	0,0020	4,25	4,14	0,816	1,76	6,00	1,26	22,95
0,146	0,324	0,029	0,065	0,175	0,389	0,0020	0,0020	4,21	4,09	1,062	2,29	6,00	1,26	22,95
0,056	0,124	0,011	0,025	0,067	0,149	0,0020	0,0020	4,32	4,24	0,415	0,91	6,00	1,29	23,58
0,063	0,139	0,013	0,028	0,075	0,167	0,0020	0,0020	4,31	4,22	0,465	1,01	6,00	1,30	23,63
0,042	0,093	0,008	0,019	0,050	0,111	0,0020	0,0020	4,34	4,27	0,313	0,68	6,00	1,12	20,46
0,069	0,154	0,014	0,031	0,083	0,185	0,0020	0,0020	4,30	4,21	0,516	1,12	6,00	1,03	18,77
0,257	0,572	0,051	0,114	0,308	0,686	0,0020	0,0020	4,13	3,98	1,834	3,93	6,00	1,37	24,93
0,278	0,618	0,056	0,124	0,333	0,742	0,0020	0,0020	4,12	3,96	1,977	4,23	7,00	1,46	36,31
0,306	0,679	0,061	0,136	0,367	0,815	0,0020	0,0020	4,10	3,94	2,166	4,62	6,00	1,39	25,33
0,396	0,881	0,079	0,176	0,475	1,057	0,0020	0,0020	4,05	3,87	2,773	5,90	6,00	1,22	22,20
0,486	1,081	0,097	0,216	0,583	1,297	0,0020	0,0020	4,01	3,82	3,370	7,13	6,00	1,26	22,95
0,507	1,127	0,101	0,225	0,608	1,353	0,0020	0,0020	4,00	3,81	3,507	7,42	6,00	1,25	22,85
0,507	1,127	0,101	0,225	0,608	1,353	0,0020	0,0020	4,00	3,81	3,507	7,42	6,00	1,29	23,49

Continuación del apéndice 1.

Relación q/Q		Relación v/v		Chequeo V.		Relación d/D		Altura de pozos		Cotas invert		Pendiente	Excav.
q/Q ACT.	q/Q FUT.	v/v ACT.	v/v FUT.	V ACT.	V FUT.	Relación de V. 0.40<V<4	d/D ACT.	d/D FUT.	H. Pozo Inicial	H. pozo entrada	Cota INV. salida	Cota INV. entrada	(m3)
0.01	0.02	0.30	0.40	0.40	0.53	1	5	continuar	1.20	1.90	1020.91	1020.18	75.42
0.02	0.05	0.40	0.50	0.50	0.63	1	5	continuar	1.93	1.77	1020.15	1019.58	79.41
0.01	0.03	0.30	0.40	0.49	0.66	1	5	continuar	1.15	1.30	1020.95	1020.05	48.66
0.02	0.04	0.40	0.50	0.46	0.57	1	5	continuar	1.15	1.80	1020.13	1019.60	70.55
0.01	0.03	0.40	0.50	0.61	0.76	1	5	continuar	1.10	1.40	1020.30	1019.95	22.22
0.09	0.20	0.60	0.80	0.65	0.86	1	5	continuar	1.80	1.54	1019.55	1019.10	77.17
0.01	0.02	0.30	0.40	0.42	0.56	1	5	continuar	1.15	1.10	1020.19	1019.54	44.69
0.10	0.20	0.60	0.80	0.76	1.01	1	5	continuar	1.57	1.76	1019.07	1018.45	76.51
0.10	0.22	0.60	0.80	0.76	1.01	1	5	continuar	1.79	2.07	1018.42	1017.81	87.72
0.10	0.22	0.60	0.80	0.74	0.99	1	5	continuar	2.10	2.07	1017.78	1017.70	13.04
0.02	0.04	0.40	0.50	0.56	0.70	1	5	continuar	1.15	1.20	1020.96	1020.02	66.54
0.05	0.11	0.50	0.70	0.42	0.58	1	5	continuar	1.83	2.10	1019.57	1019.12	150.74
0.07	0.16	0.60	0.70	0.52	0.61	1	5	continuar	2.13	1.90	1019.09	1018.65	138.05
0.11	0.24	0.70	0.80	0.45	0.51	1	5	continuar	1.93	1.70	1018.62	1018.48	73.66
0.02	0.04	0.40	0.50	0.43	0.53	1	5	continuar	1.30	2.50	1018.88	1018.16	142.50
0.04	0.08	0.50	0.60	0.63	0.75	1	5	continuar	2.53	3.41	1018.13	1017.13	222.75
0.05	0.10	0.50	0.60	0.63	0.76	1	5	continuar	3.44	3.36	1017.10	1016.41	175.87
0.02	0.04	0.40	0.50	0.52	0.65	1	5	continuar	1.20	1.30	1019.29	1019.16	11.54
0.02	0.04	0.40	0.50	0.52	0.65	1	5	continuar	1.33	1.30	1019.13	1018.88	23.27
0.02	0.03	0.40	0.50	0.45	0.56	1	5	continuar	1.20	1.50	1019.41	1019.17	30.57
0.03	0.06	0.40	0.50	0.41	0.51	1	5	continuar	1.53	1.60	1019.14	1018.73	71.95
0.07	0.16	0.60	0.70	0.82	0.96	1	5	continuar	1.73	1.70	1018.45	1017.86	64.31
0.05	0.12	0.50	0.70	0.73	1.02	1	5	continuar	1.73	1.80	1017.63	1017.28	66.19
0.09	0.18	0.60	0.80	0.83	1.11	1	5	continuar	1.83	1.80	1017.25	1016.78	52.52
0.12	0.27	0.70	0.80	0.85	0.97	1	5	continuar	1.83	2.60	1016.75	1015.96	140.23
0.15	0.31	0.70	0.90	0.88	1.13	1	5	continuar	2.63	3.67	1015.93	1015.06	205.56
0.15	0.32	0.70	0.90	0.88	1.13	1	5	continuar	3.39	3.79	1016.38	1015.68	190.17
0.15	0.32	0.70	0.90	0.90	1.16	1	5	continuar	3.82	3.82	1015.65	1014.91	202.35

Continuación del apéndice 1.

De PV	A PV	Cotas terr.		D.H. Local (m)	S(%) Terreno	Núm. De casas		TASA de crecimiento r=2,5%	Período de diseño t=25 años	Hab. A servir		Dotación de agua potable= 125L/hab/día	Factor de retorno 0,8
		Inicio	Final			Local	Acum.			Act. Acum.	Fut. Acum.		
4,5	4,6	1018,73	1018,35	59,77	0,64	3	146	2,70	25	876	1705	125	0,8
4,6	4,7	1018,35	1017,1	35,35	3,54	0	146	2,70	25	876	1705	125	0,8
4,7	4,8	1017,1	1015,94	35,35	3,28	0	146	2,70	25	876	1705	125	0,8
4,8	4,9	1015,94	1015,94	57,30	0,00	0	146	2,70	25	876	1705	125	0,8
4,9	4,1	1015,94	1016,17	47,00	-0,49	0	146	2,70	25	876	1705	125	0,8

Q medio = Sumatoria de Caudales						fqm		Fact. Harmand		Caudal de Diseño		φ" asumido	V sec. llena	Q sec. llena
Q domiciliar (L/s)		Q conex. líct. (L/s)		Q medio (L/s)		ACT.	FUT.	Act.	FUT.	ACT.	FUT.			
ACT.	FUT.	ACT.	FUT.	ACT.	FUT.									
1,014	1,973	0,203	0,395	1,217	2,368	0,0020	0,0020	3,84	3,64	6,721	12,41	6,00	1,18	21,61
1,014	1,973	0,203	0,395	1,217	2,368	0,0020	0,0020	3,84	3,64	6,721	12,41	6,00	1,20	21,83
1,014	1,973	0,203	0,395	1,217	2,368	0,0020	0,0020	3,84	3,64	6,721	12,41	6,00	1,27	23,16
1,014	1,973	0,203	0,395	1,217	2,368	0,0020	0,0020	3,84	3,64	6,721	12,41	6,00	1,25	22,89
1,014	1,973	0,203	0,395	1,217	2,368	0,0020	0,0020	3,84	3,64	6,721	12,41	6,00	1,26	22,95

Chequeos y relaciones													
Relación q/Q		Relación v/V		Chequeo V.						Relación d/D			
q/Q ACT.	q/Q FUT.	v/V ACT.	v/V FUT.	V ACT.	V FUT.			Rango de V. 0.40<V<4	d/D ACT.	d/D FUT.			Chequeo 0.1<d/D<0.75
0,31	0,57	0,90	1,00	1,07	1,18	1	5	continuar	0,400	0,500	1	5	continuar
0,31	0,57	0,90	1,00	1,08	1,20	1	5	continuar	0,400	0,500	1	5	continuar
0,29	0,54	0,90	1,00	1,14	1,27	1	5	continuar	0,400	0,500	1	5	continuar
0,29	0,54	0,90	1,00	1,13	1,25	1	5	continuar	0,400	0,500	1	5	continuar
0,29	0,54	0,90	1,00	1,13	1,26	1	5	continuar	0,400	0,500	1	5	continuar

Altura de pozos		Cotas invert		Pendiente de tubería	Excav. (m3)
H. Pozo Inicial	H. pozo entrada	Cota INV. salida	Cota INV. entrada		
3,85	4,00	1014,88	1014,35	0,89	175,95
4,03	3,10	1014,32	1014,00	0,91	94,52
3,13	2,33	1013,97	1013,61	1,02	72,38
2,36	2,93	1013,58	1013,01	0,99	113,67
2,96	3,66	1012,98	1012,51	1,00	116,68

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. **Evaluación ambiental inicial del proyecto de alcantarillado sanitario para Granjas La Joya, San Miguel Petapa, Guatemala**

FORMATO DVGA-GA-002



DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES
VENTANILLA AMBIENTAL-DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-

II.7 Datos laborales

a) Jornada de trabajo: Diurna (X) Nocturna () Mixta () Horas Extras _____

b) Número de empleados por jornada 15-25 Total empleados 25

II.8 USO Y CONSUMO DE AGUA, COMBUSTIBLES, LUBRICANTES, REFRIGERANTES, OTRO...
SI

INSTRUCCIONES PARA USO INTERNO DEL MARN

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 publico	Si	150 lt/hora	Municipalidad	Riego		Pipas
	Pozo	No					
	Agua especial	Si	100 lt/hr	Privado	Beber		Botellas
	Superficial	No					
Combustible	Otro						
	Gasolina	Si	30 Gal/día	Gasolinera	Maquinaria		Recipientes
	Diesel	Si	60 Gal/día	Gasolinera	Maquinaria		Recipientes
	Bunker	No					
	Glp	No					
	Otro	No					
Lubricantes	Solubles	Si	4 botes/día	Privado	Tubería		Cajas
	No solubles						
Refrigerantes		Si	12 Gal/día	Privado	Maquinaria		Galones
Otros							

Continuación del apéndice 2.

FORMATO	DVGA-GA-002
---------	-------------



DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES
VENTANILLA AMBIENTAL-DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-

<p>NOTA: si se cuenta con licencia extendida por la Dirección General de Hidrocarburos del Ministerio de Energía y Minas, para comercialización o almacenaje de combustible. Adjuntar copia</p>
<p>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?</p> <p>Si, generados por el movimiento de suelo al momento de excavación y del transporte del mismo hasta su disposición final.</p> <p>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?</p> <p>Constante riego al suelo para evitar partículas en el aire y protección de los camiones de volteo con lonas a la hora del transporte.</p>

INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN
RUIDO Y VIBRACIONES	
III.3 Las operaciones de la empresa producen sonidos fuertes (ruido), o vibraciones?	
No	
III.4 En donde se genera el sonido y/o las vibraciones (maquinaria, equipo, instrumentos musicales, vehículos, etc.)	
Maquinaria, equipo, vehículos	
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?	
Se generarán ruidos no mayores a los 70 Db, por lo que es recomendado la utilización de protección para los oídos de los trabajadores con sentido del oído muy fino.	
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:	
No	
III.7 Explicar que se está haciendo o se hará para evitar que los olores se dispersen en el ambiente?	
No aplica	
IV. EFECTOS DE LA ACTIVIDAD EN EL AGUA	
AGUAS RESIDUALES	
CARACTERIZACION DE LAS AGUAS RESIDUALES	

Continuación del apéndice 2.



FORMATO	DVGA-GA-002
---------	-------------

DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES
VENTANILLA AMBIENTAL-DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-

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)

c) Mezcla de las anteriores

d) Otro;

Cualquiera que fuera el caso, explicar la información, indicando el caudal (cantidad) de aguas residuales generado

No aplica, ya que se utilizarán inodoros portátiles los cuales serán limpiados tres veces por semana durante la ejecución del proyecto a cargo de un servicio privado.

IV.2 Indicar el número de servicios sanitarios

3 inodoros portátiles

INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	
IV.3 Describir que tipo de tratamiento se da o se propone dar a las aguas residuales generadas por la actividad. (usar hojas adicionales)	
a) sistema de tratamiento	
b) Capacidad	
c) Operación y mantenimiento	
d) Caudal a tratar	
e) Etc.	
DESCARGA FINAL DE AGUAS RESIDUALES	
IV. 4 Indique el punto de descarga de las aguas residuales, por ejemplo en pozo de absorción, colector municipal, río, lago, mar u otro e indicar si se le efectuó tratamiento de acuerdo con el numeral anterior	
Río Villalobos	
AGUA DE LLUVIA (AGUAS PLUVIALES)	
IV.5 Explicar la forma de captación de agua de lluvia y el punto de descarga de la misma (zanjones, ríos, pozos de absorción, alcantarillado, etc.)	
No aplica, ya que son las calles que se utilizan como sistema de absorción de las lluvias por no tener pavimento.	
V. EFECTOS DE LA ACTIVIDAD SOBRE EL SUELO (Sistema edáfico y lítico)	
DESECHOS SÓLIDOS	
VOLUMEN DE DESECHOS	
V.1 Especifique el volumen de desechos o desperdicios genera la actividad desarrollada:	
<input checked="" type="checkbox"/> a) Similar al de una residencia 11 libras/día	
<input type="checkbox"/> b) Generación entre 11 a 222 libras/día	
<input type="checkbox"/> c) Generación entre 222 libras y 1000 libras/día	
<input type="checkbox"/> d) Generación mayor a 1000 libras por día	
V.2 Además de establecer la cantidad generada de desechos sólidos, se deben caracterizar e indicar el tipo de desecho (basura	

Continuación del apéndice 2.

FORMATO DVGA-GA-002



DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES
VENTANILLA AMBIENTAL-DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-

común, desechos de tipo industrial o de proceso, desechos hospitalarios, orgánicos, etc.):

Plástico, papel, orgánicos.

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?
No aplica.

V.4 Se efectúa algún tipo de tratamiento de los desechos (comunes o peligrosos), Explicar el método y/o equipo utilizado
No aplica.

V.5 Si los desechos se trasladan a otro lugar, para tratamiento o disposición final, indicar el tipo de transporte utilizado
Servicio recolector de basura municipal.

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?
No

V.7 Indicar el sitio de disposición final de los desechos generados (comunes y peligrosos)
Basurero municipal.

INSTRUCCIONES		PARA USO INTERNO DEL MARN
VI. DEMANDA Y CONSUMO DE ENERGIA		
CONSUMO		
VI.1 Consumo de energía por unidad de tiempo (kW/hr o kW/mes)	247 kW/h	
VI. 2 Forma de suministro de energía		
a) Sistema público		
b) Sistema privado	Empresa Eléctrica de Guatemala EEGSA	
c) generación propia		
VI.3 Dentro de los sistemas eléctricos de la empresa se utilizan transformadores, condensadores, capacitores o inyectores eléctricos? No aplica		
VI.4 Qué medidas propone para disminuir el consumo de energía o promover el ahorro de energía? Utilizar la energía eléctrica solamente en horarios de trabajo, cuando se necesaria.		
VII. POSIBILIDAD DE AFECTAR LA BIODIVERSIDAD (ANIMALES, PLANTAS, BOSQUES, ETC.)		
VII.1 En el sitio donde se ubica la empresa o actividad, existen:		

Continuación del apéndice 2.

FORMATO DVGA-GA-002



DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES
VENTANILLA AMBIENTAL-DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-

<ul style="list-style-type: none"> - Bosques - Animales - Otros _____ <p style="text-align: center;">No aplica</p> <p>Especificar información _____</p>
<p>VII.2 La operación de la empresa requiere efectuar corte de árboles?</p> <p style="text-align: center;">No</p> <p>VII.3 Las actividades de la empresa, pueden afectar la biodiversidad del área? SI () NO (X) Por qué?</p> <p style="text-align: center;">Las actividades se encuentran en área de paso de vehículos.</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:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Número de vehículos: 4 vehículos b) Tipo de vehículo: Picop doble cabina y tracción. c) sitio para estacionamiento y área que ocupa calles aledañas al proyecto 1082 m2. d) Horario de circulación vehicular: 5:00 am a 19:00 e) Vías alternas: No aplica
<p>IX. EFECTOS SOCIALES, CULTURALES Y PAISAJÍSTICOS</p> <p>ASPECTOS CULTURALES</p> <p>IX.1 En el área donde funciona la actividad, existe alguna (s) etnia (s) predominante, cuál?</p> <p style="text-align: center;">No</p>

INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN
<p>RECURSOS ARQUEOLOGICOS Y CULTURALES</p> <p>IX.2 Con respecto de la actividad y los recursos culturales, naturales y arqueológicos, Indicar lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) <input checked="" type="checkbox"/> La actividad no afecta a ningún recurso cultural, natural o arqueológico _____ b) <input type="checkbox"/> La actividad se encuentra adyacente a un sitio cultural, natural o arqueológico _____ c) <input type="checkbox"/> La actividad afecta significativamente un recurso cultural, natural o arqueológico _____ <p>Ampliar información de la respuesta seleccionada</p> <p>La actividad del proyecto se efectuara a cercanías del casco urbano del municipio, y el recurso natural mas cercano es el Rio Villaalobos ubicado a una distancia aproximada 115 metros del proyecto</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 style="text-align: center;">No aplica</p> <p>IX.5 Qué se ha hecho o se propone realizar para no afectar al vecindario?</p> <p style="text-align: center;">No aplica</p>	

Continuación del apéndice 2.

FORMATO DVGA-GA-002



DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES
VENTANILLA AMBIENTAL-DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-

<p>PAISAJE IX.6 Cree usted que la actividad afecta de alguna manera el paisaje? Explique por qué?</p> <p style="text-align: center;">Si se verá afectado el paisaje en la zona, esto ocurrirá solamente en su fase de construcción.</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 checked="" type="checkbox"/> la actividad no representa riesgo a la salud de pobladores cercanos al sitio</p> <p>b) <input type="checkbox"/> la actividad provoca un grado leve de molestia y riesgo a la salud de pobladores</p> <p>c) <input type="checkbox"/> la actividad provoca grandes molestias y gran riesgo a la salud de pobladores</p> <p>Del inciso marcado explique las razones de su respuesta, identificar que o cuales serían las actividades riesgosas:</p> <p style="text-align: center;">No aplica</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 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 checked="" type="checkbox"/> No existen riesgos para los trabajadores</p> <p>Ampliar información:</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 style="text-align: center;">Casco protector, lentes de protección, botas punta de acero y chalecos reflectivos</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>Se propone realizar charlas con la población para que conozcan los tiempos en los cuales no deben de estar expuestos a la actividad ya que pueden tener problemas respiratorios, por esto es por lo que se dará a conocer el uso de mascarillas. Para evitar las molestias de la población se realizarán las actividades solamente en los horarios del día, 8 horas al día.</p> <p>A los trabajadores se les proveerá información sobre seguridad industrial a cargo de personal competente en el área, así como equipo de protección proporcionada.</p>

Continuación del apéndice 2.

FORMATO DVGA-GA-002



DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES
VENTANILLA AMBIENTAL-DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-

<ul style="list-style-type: none"> 2. Energía eléctrica 3. Combustibles 4. Aceites 5. Refrigerantes • Maquinaria <ul style="list-style-type: none"> 1. Retroexcavadora 2. Camiones de volteo 3. Compactadores de mano 4. Rodos vibratorios 5. Compactadores vibratorios 6. Equipo de laboratorio • Otros de relevancia <ul style="list-style-type: none"> 1. Inodoros portátiles 2. Bodegas 	servicios) <ul style="list-style-type: none"> 1. Bomba de agua potable 2. Servicio de limpieza municipal <ul style="list-style-type: none"> • Horario de Trabajo 8 horas • Otros de relevancia 	
<p>II.3 Área</p> <p>a) Área total de terreno en metros cuadrados: 11,472</p> <p>b) Área de ocupación del proyecto en metros cuadrados: 6118.4 Área total de construcción en metros cuadrados: 2294.4</p>		

INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN															
<p>II.4 Actividades colindantes al proyecto:</p> <p style="text-align: center;"> NORTE Rio Villalobos SUR Viviendas ESTE Rio Villalobos OESTE Viviendas </p> <p>Describir detalladamente las características del entorno (viviendas, barrancos, ríos, basureros, iglesias, centros educativos, centros culturales, etc.):</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">DESCRIPCION</th> <th style="text-align: center;">DIRECCION (NORTE, SUR, ESTE, OESTE)</th> <th style="text-align: center;">DISTANCIA AL PROYECTO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">Rio Villalobos</td> <td style="text-align: center;">NORTE</td> <td style="text-align: center;">195 metros</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Rio Villalobos</td> <td style="text-align: center;">ESTE</td> <td style="text-align: center;">115 metros</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">vivienda</td> <td style="text-align: center;">OESTE</td> <td style="text-align: center;">3 metros</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Vivienda</td> <td style="text-align: center;">SUR</td> <td style="text-align: center;">3 metros</td> </tr> </tbody> </table>		DESCRIPCION	DIRECCION (NORTE, SUR, ESTE, OESTE)	DISTANCIA AL PROYECTO	Rio Villalobos	NORTE	195 metros	Rio Villalobos	ESTE	115 metros	vivienda	OESTE	3 metros	Vivienda	SUR	3 metros
DESCRIPCION	DIRECCION (NORTE, SUR, ESTE, OESTE)	DISTANCIA AL PROYECTO														
Rio Villalobos	NORTE	195 metros														
Rio Villalobos	ESTE	115 metros														
vivienda	OESTE	3 metros														
Vivienda	SUR	3 metros														
<p>II.5 Dirección del viento:</p> <p style="text-align: center;">Noreste</p>																
<p>II.6 En el área donde se ubica la actividad, a qué tipo de riesgo ha estado o está expuesto?</p> <p>a) inundación (x) b) explosión () c) deslizamientos ()</p> <p>d) derrame de combustible () e) fuga de combustible () d) Incendio () e) Otro ()</p> <p>Detalle la información: El proyecto esta ubicado en un lugar cercano a las riveras del Rio Villalobos a una distancia mas cercana de 115 metros del lecho de río, la diferencia de nivel a la que se encuentra el proyecto sobre el río es de 10 metros, el Rio Villalobos en época de invierno presenta altas crecidas ya que se le une el Rio Pinula, en época de estiaje presenta muy poco riesgo.</p>																

Continuación del apéndice 2.

FORMATO DVGA-GA-002



DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES
VENTANILLA AMBIENTAL-DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-

_____ dónde se ubica el proyecto, obra, industria o actividad.

D) De la Empresa y/o persona individual:
Número de Identificación Tributaria (NIT): 672030-7

INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN								
I.3 Teléfono: 6662-1111 Correo electrónico: dmp@municipalmiguelpetapa.gob.gt									
I.4 Dirección de donde se ubica la actividad: (identificando calles, avenidas, número de casa, zona, aldea, cantón, barrio o similar, así como otras delimitaciones territoriales; OBLIGATORIAMENTE indicar el municipio y departamento)									
DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA GRANJAS LA JOYA, SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA.									
Especificar Coordenadas Geográficas									
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Coordenadas Geográficas Datum WGS84</th> </tr> <tr> <th>Coordenadas UTM (Universal Transverse de Mercator) Datum WGS84</th> <th>Coordenadas Geográficas Datum WGS84</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Inicio: P 15 763316.72 m E , 1605502.29 m N</td> <td>Inicio: Lat 14°30'34.65"N , Long 90°33'24.73"O</td> </tr> <tr> <td>Fin: P 15 763809.40 m E , 1605568.93 m N</td> <td>Fin: Lat 14°30'36.83"N , Long 90°33'8.17"O</td> </tr> </tbody> </table>		Coordenadas Geográficas Datum WGS84		Coordenadas UTM (Universal Transverse de Mercator) Datum WGS84	Coordenadas Geográficas Datum WGS84	Inicio: P 15 763316.72 m E , 1605502.29 m N	Inicio: Lat 14°30'34.65"N , Long 90°33'24.73"O	Fin: P 15 763809.40 m E , 1605568.93 m N	Fin: Lat 14°30'36.83"N , Long 90°33'8.17"O
Coordenadas Geográficas Datum WGS84									
Coordenadas UTM (Universal Transverse de Mercator) Datum WGS84	Coordenadas Geográficas Datum WGS84								
Inicio: P 15 763316.72 m E , 1605502.29 m N	Inicio: Lat 14°30'34.65"N , Long 90°33'24.73"O								
Fin: P 15 763809.40 m E , 1605568.93 m N	Fin: Lat 14°30'36.83"N , Long 90°33'8.17"O								
I.5 Dirección para recibir notificaciones (dirección fiscal) (identificando calles, avenidas, número de casa, zona, aldea, cantón, barrio o similar, así como otras delimitaciones territoriales; OBLIGATORIAMENTE indicar el municipio y departamento)									
1a. calle 1-56 zona 1, San Miguel Petapa, Guatemala.									
I.6 Si para consignar la información en este formato, fue apoyado por un profesional, por favor anote el nombre, profesión, número de teléfono y correo electrónico del mismo									
MSc. Ing. Rafael Enrique Morales Ochoa									
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	Operación	Abandono							
<ul style="list-style-type: none"> Actividades a realizar <ol style="list-style-type: none"> Trazo y estaqueo Zanjeo Retiro de material Colocación de tubería Colocación y hechura de pozos de visita Colocación de conexiones domiciliarias Relleno lateral, inicial y final en tubería Compactación Retiro de material sobrante Insumos necesarios <ol style="list-style-type: none"> Agua potable 	<ul style="list-style-type: none"> Actividades o procesos <ol style="list-style-type: none"> Pruebas de estanqueidad Limpieza de candela y pozos de visita Mantenimiento de pozos Prohibir destape de tapadera de pozos Prohibir conexión de agua pluvial Materia prima e insumos <ol style="list-style-type: none"> Agua potable Energía eléctrica Maquinaria <ol style="list-style-type: none"> Camiones Productos y Subproductos (bienes y 	<ul style="list-style-type: none"> Acciones a tomar en caso de cierre <ol style="list-style-type: none"> Entrega de planos hidráulicos al caserío. Reunión con autoridades locales y municipales. Diseño de nuevo sistema para el manejo de aguas residuales ordinarias. 							

Continuación del apéndice 2.

FORMATO DVGA-GA-002



DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES
VENTANILLA AMBIENTAL-DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-

EVALUACION AMBIENTAL INICIAL

ACTIVIDADES DE BAJO IMPACTO AMBIENTAL

(ACUERDO GUBERNATIVO 137-2016, REGLAMENTO DE EVALUACIÓN,
CONTROL Y SEGUIMIENTO AMBIENTAL Y SU REFORMA)

INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN
<p>El formato debe proporcionar toda la información solicitada en los apartados, de lo contrario ventanilla única no lo aceptará.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Completar el siguiente formato de Evaluación Ambiental Inicial, colocando una X en las casillas donde corresponda y debe ampliar con información escrita en cada uno de los espacios del documento, en donde se requiera. • Si necesita más espacio para completar la información, puede utilizar hojas adicionales e indicar el inciso o sub-inciso a que corresponde la información. • La información debe ser completada, utilizando letra de molde legible o a máquina de escribir. • Este formato también puede completarlo de forma digital, el MARN puede proporcionar copia electrónica si se le facilita el disquete, CD, USB; o bien puede solicitarlo a la siguiente dirección: vunica@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 36, grupo 360, categoría b1, división 37, grupo 370 y numeral 551</p> <p>Firma y Sello de Recibido</p>
<p>I. INFORMACION LEGAL</p>	
<p>1.1. Nombre del proyecto, obra, industria o actividad (OBLIGATORIAMENTE que tenga relación con la actividad a realizar):</p>	
<p style="text-align: center;">ALCANTARILLADO SANITARIO</p>	
<p>1.1.2 Descripción del proyecto, obra o actividad para lo que se solicita aprobación de este instrumento.</p>	
<p>El proyecto consiste en la instalación de 1912 metros de tubería PVC con norma ASTM F-949 de diámetro ø No 4 y 33 pozos de visita hechos con mampostería simple y reforzado con diámetro de 1.20 m, 146 conexiones domiciliarias para satisfacer a toda la población en Granjas La Joya .</p>	
<p>1.2. Información legal:</p>	
<p>A) Persona Individual:</p>	
<p>A.1. Representante Legal: LUIS ALBERTO REYES NORIEGA</p>	
<p>A.2. No. de CUI del Documento Personal de Identificación (DPI):</p>	
<p>_____</p>	
<p>B) De la empresa:</p>	
<p>Razón social: Organización Gubernamental</p>	
<p>Nombre Comercial: Municipalidad de San Miguel Petapa</p>	
<p>No. De Escritura Constitutiva: _____</p>	
<p>Fecha de constitución: _____</p>	
<p>Patente de Sociedad Registro No. _____ Folio No. _____ Libro No. _____</p>	
<p>Patente de Comercio Registro No. _____ Folio No. _____ Libro No. _____</p>	
<p>C) De la Propiedad:</p>	
<p>No. De Finca _____ Folio No. _____ Libro No. _____ de _____</p>	

7 Avenida 03-67 zona 13 - PBX: 2423-0500



Fuente: elaboración propia con base en el formulario DVGA-GA-R-002 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.

Apéndice 3. **Planos constructivos de la red de alcantarillado sanitario para Granjas La Joya, San Miguel Petapa, Guatemala y edificio anexo en el Instituto Básico por Cooperativa de Prados de Villa Hermosa**

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2013.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO: ALCANTARILLADO SANITARIO
 UBICACION: GRANJAS LA JOYA, SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA

CONTENIDO: PLANTA TOPOGRÁFICA

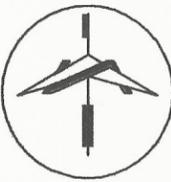
EFESISTA: EDGAR RENE SOBERANIS LÓPEZ
 CARNE: 2012-12936

HOJA: 1/8

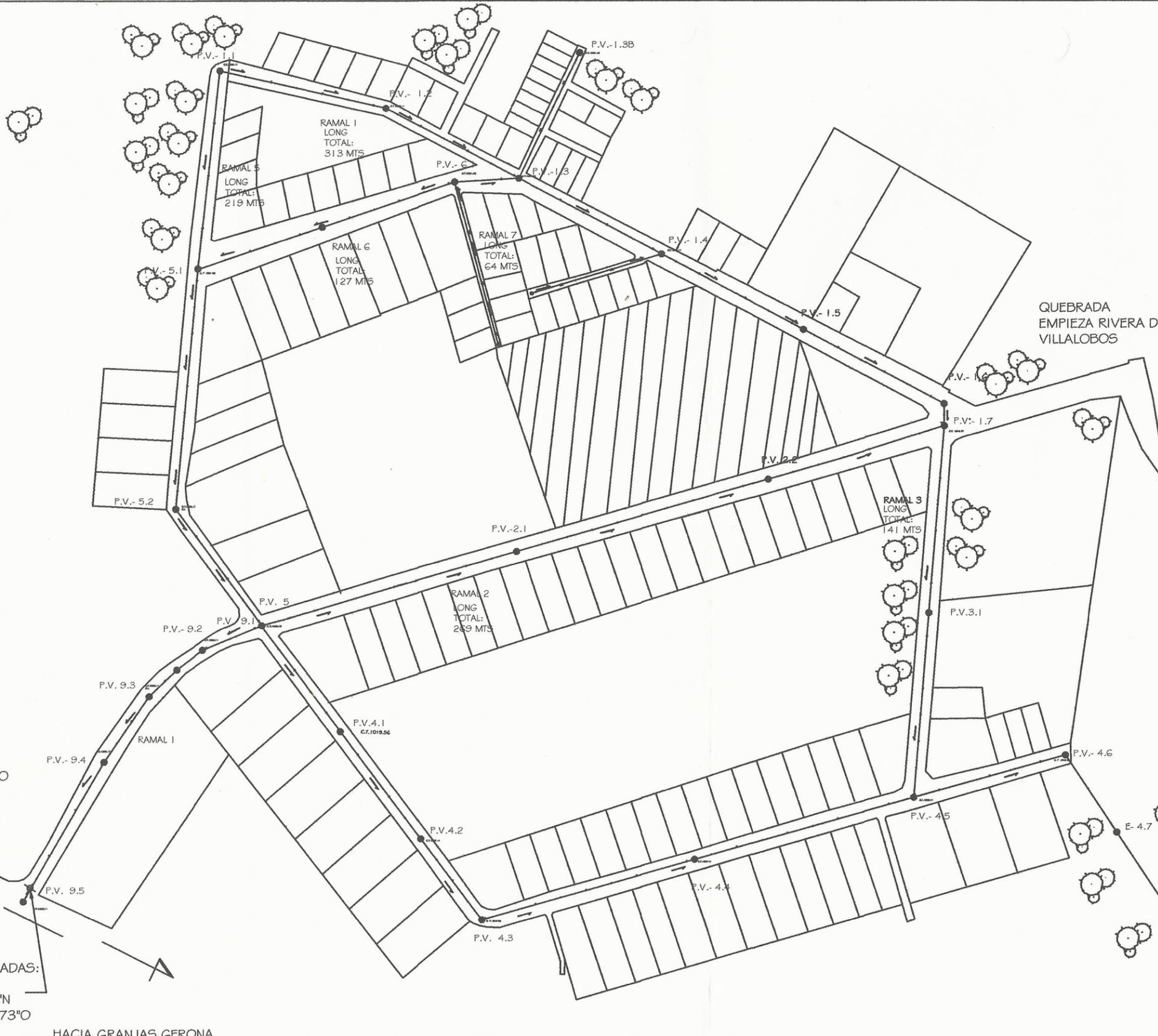
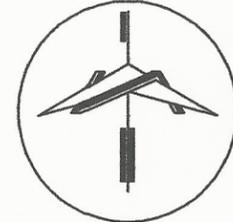
EDGAR RENE SOBERANIS LÓPEZ
 EPS DE INGENIERIA CIVIL

ING. MANUEL ALFREDO BARRALLAGA OCHOAETA
 EPS DE EPS

FECHA: FEBRERO 7 2019



 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		
PROYECTO: ALCANTARILLADO SANITARIO UBICACION: GRANJAS LA JOYA, SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA		
CONTENIDO: DENSIDAD DE VIVIENDA		
EPESISTA: EDGAR RENE SOBERANIS LÓPEZ	CURSE: 2012-12936	HOJA: 2 / 8
VoBo: 		DISEÑO: EDGAR R. SOBERANIS L. CALCULO: EDGAR R. SOBERANIS L. DIBUJO: EDGAR R. SOBERANIS L. ESCALA: INDICADA FECHA: FEBRERO / 2019



RIO VILLALOBOS

QUEBRADA EMPIEZA RIVERA DEL RIO VILLALOBOS

HACIA CASCO URBANO SAN MIGUEL PETAPA

INICIO DEL PROYECTO

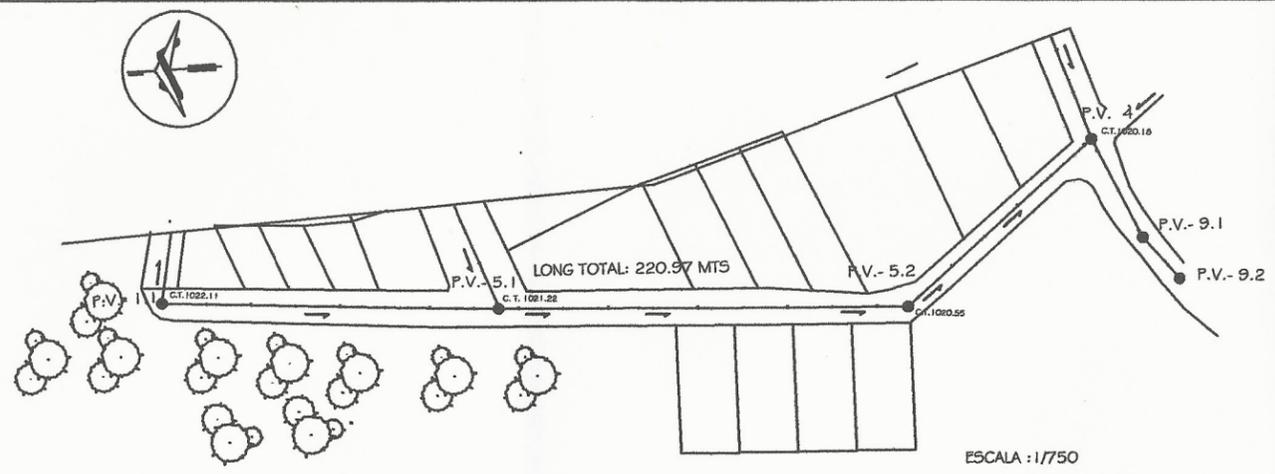
UBICACIÓN, COORDENADAS:
 LATITUD: 14°30'34.65"N
 LONGITUD: 90°33'24.73"O

HACIA GRANJAS GERONA

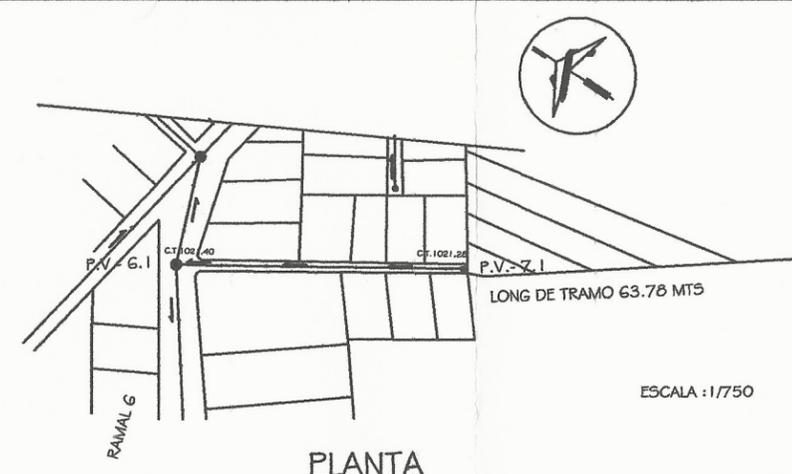
PLANO DE DENSIDAD DE VIVIENDA

ESCALA 1/1000

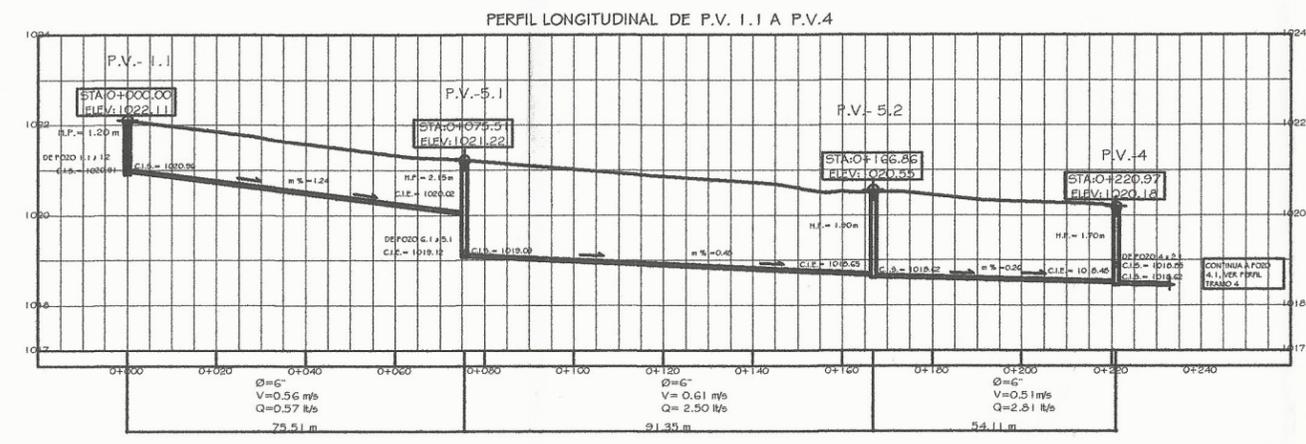
E-4.10 SISTEMA DE TRATAMIENTO AGUAS RESIDUALES



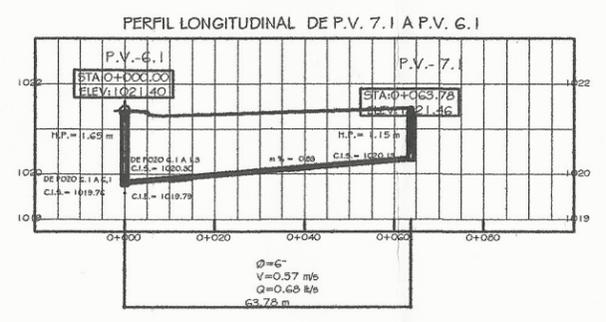
PLANTA



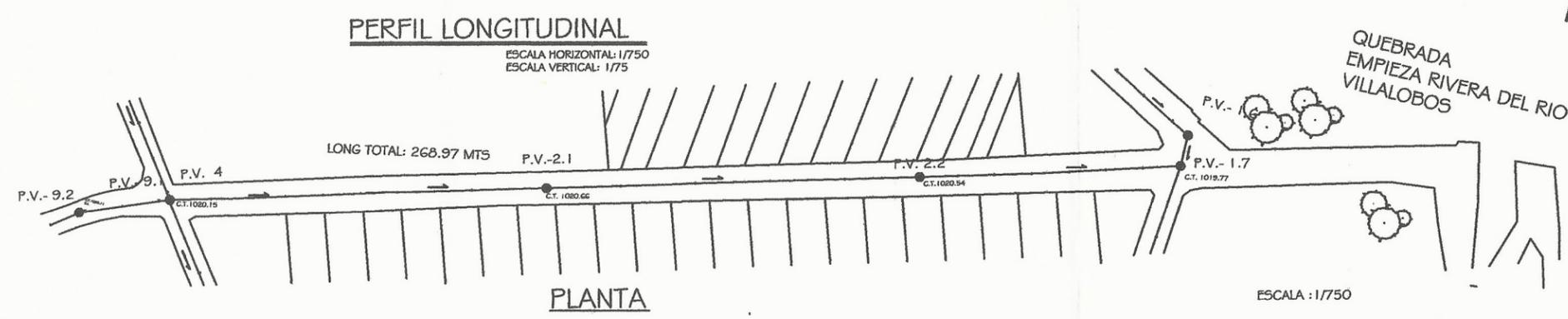
PLANTA



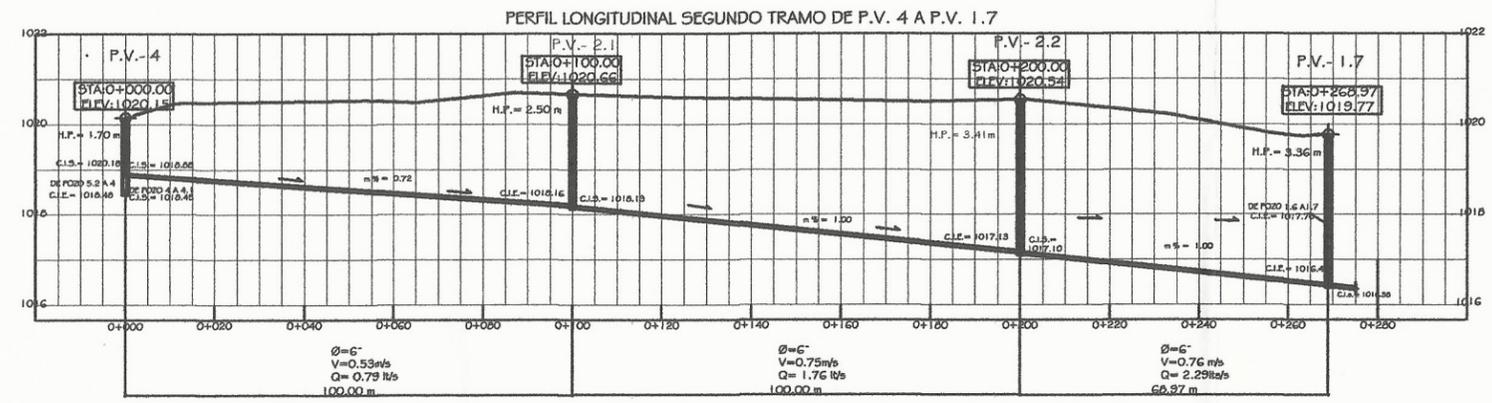
PERFIL LONGITUDINAL



PERFIL LONGITUDINAL



PLANTA

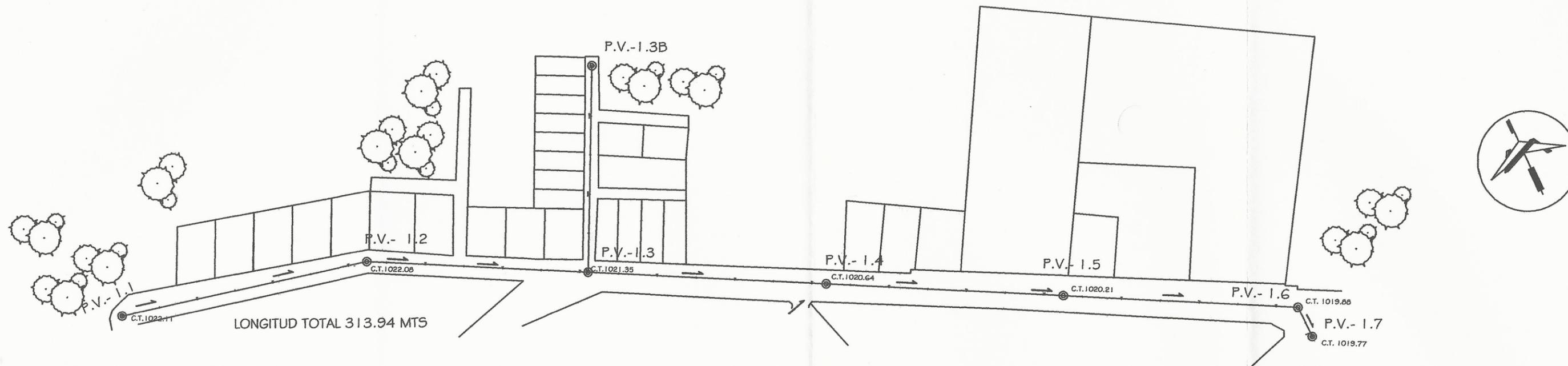


PERFIL LONGITUDINAL

RIO VILLALOBOS

QUEBRADA EMPIEZA RIVERA DEL RIO VILLALOBOS

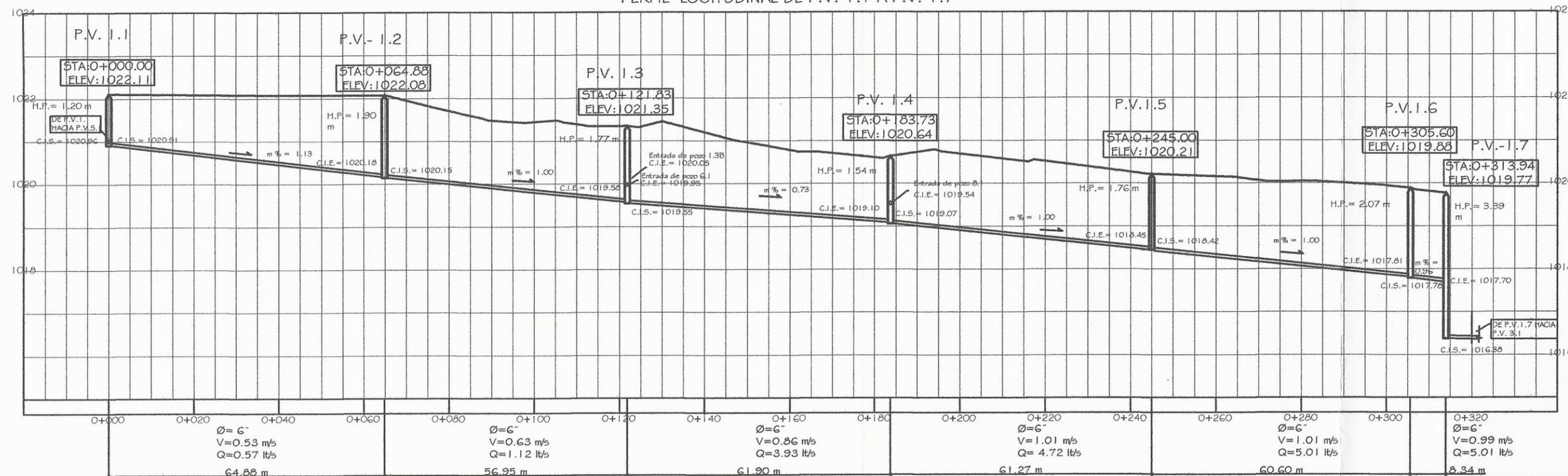
	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA		
	FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		
PROYECTO:	ALCANTARILLADO SANITARIO		DISEÑO: EDGAR R. SOBERANIS L.
UBICACION:	GRANJAS LA JOYA, SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA		
CONTENIDO:	PLANTA PERFIL		CALCULO: EDGAR R. SOBERANIS L.
ELABORADO:	EDGAR RENE SOBERANIS LOPEZ	FECHA: 2012-1-29-36	
VERIFICADO:			DISEÑO: EDGAR R. SOBERANIS L.
ESCALA:			
FECHA:			ESCALA: INDICADA
			FECHA: FEBRERO / 2019



PLANTA

ESCALA : 1/500

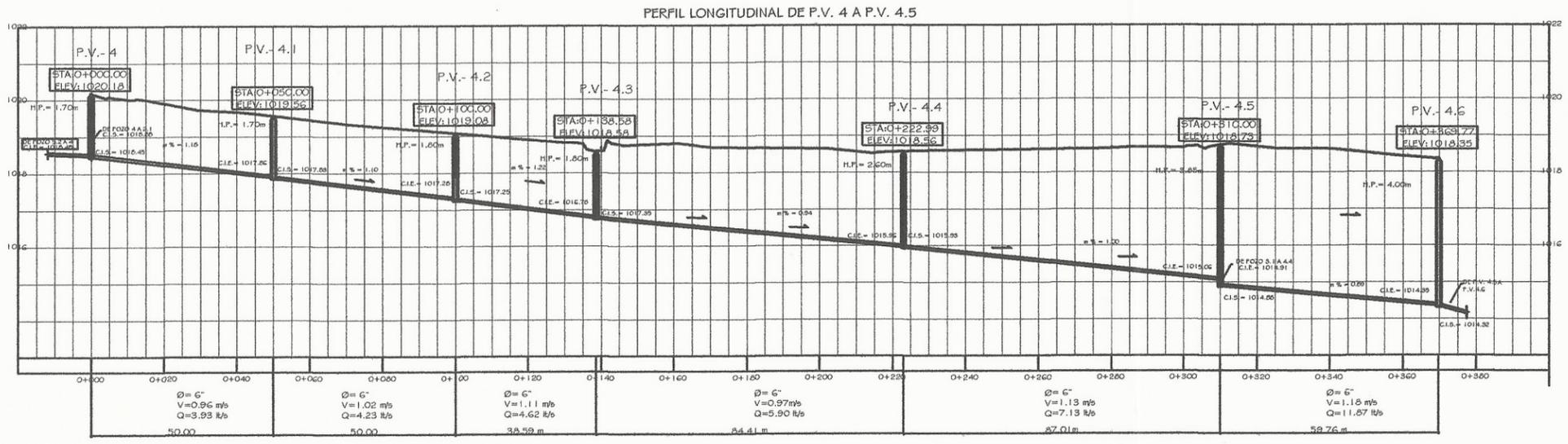
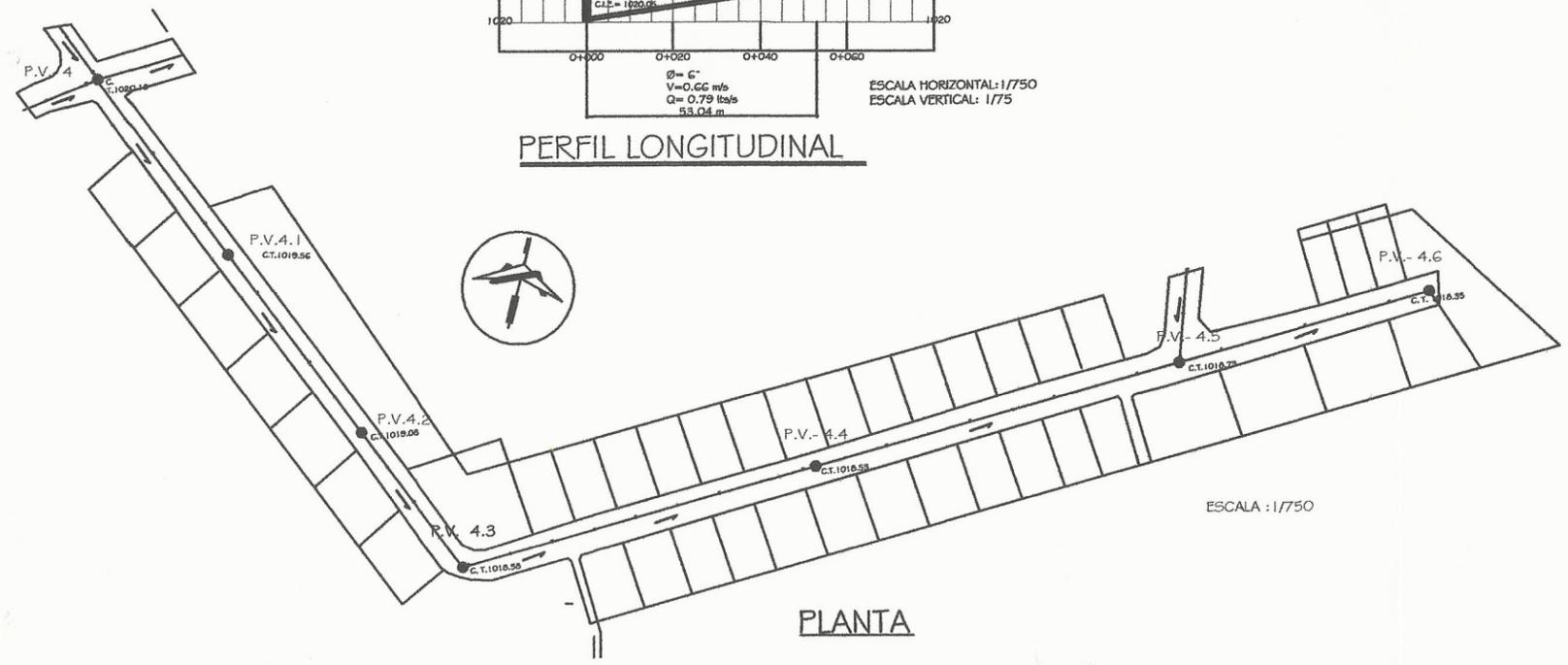
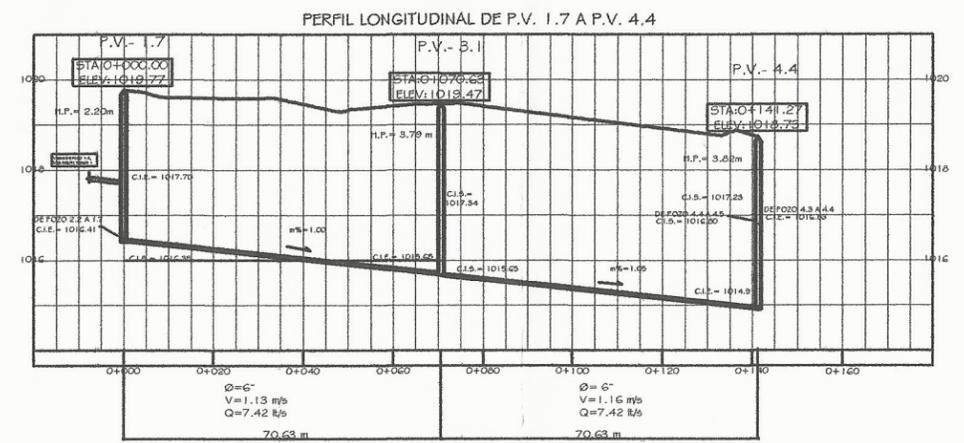
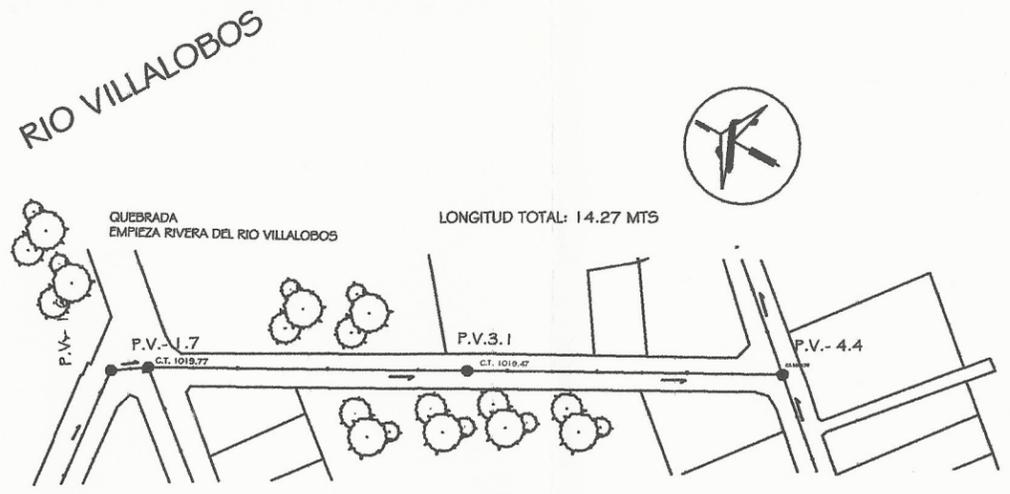
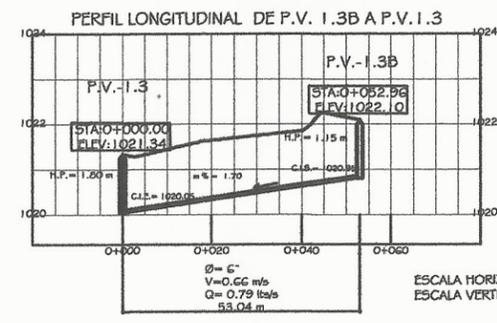
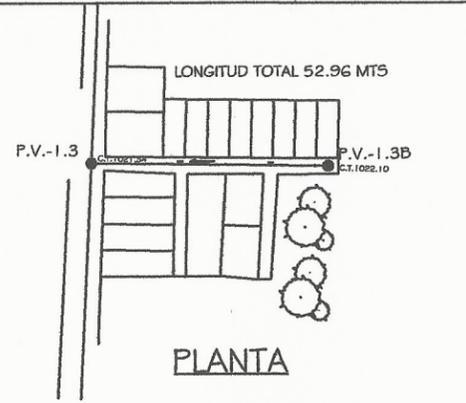
PERFIL LONGITUDINAL DE P.V. 1.1 A P.V. 1.7



PERFIL LONGITUDINAL

ESCALA HORIZONTAL: 1/500
ESCALA VERTICAL: 1/50

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
PROYECTO:	ALCANTARILLADO SANITARIO
UBICACION:	GRANJAS LA JOYA, SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA
CONTENIDO:	PLANTA PERFIL
DISEÑO:	EDGAR R. SOBERANIS L.
REVISADO:	EDGAR R. SOBERANIS L.
ELABORADO:	EDGAR R. SOBERANIS L.
VERIFICADO:	INDICADA
FECHA:	FEBRERO / 2019
NOMBRE: EDGAR RENE SOBERANIS LÓPEZ CARRERA: INGENIERIA CIVIL	CURP: 2012-12936 NOVA: 4/8



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO: ALCANTARILLADO SANITARIO

UBICACION: GRANJAS LA JOYA, SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA

CONTENIDO: PLANTA PERFIL

ESPERISTA: EDGAR RENE SOBERANIS LOPEZ

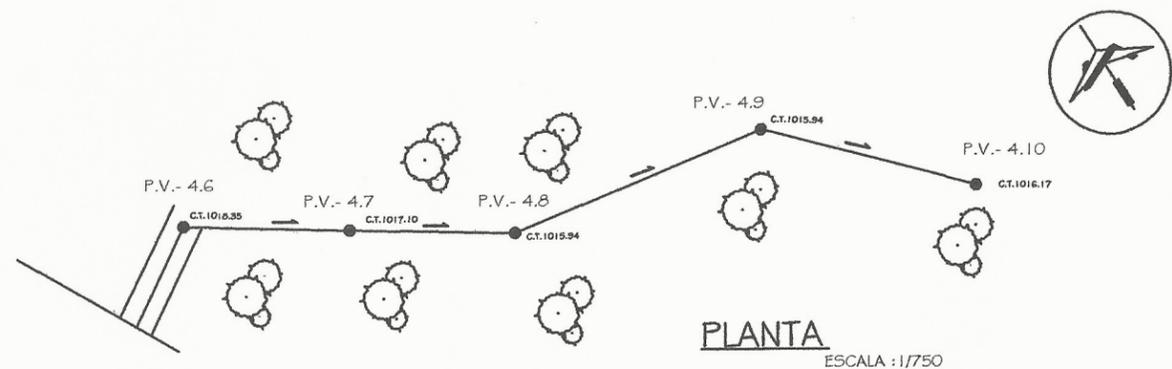
CARRERA: 2012-12936

FECHA: 5/8

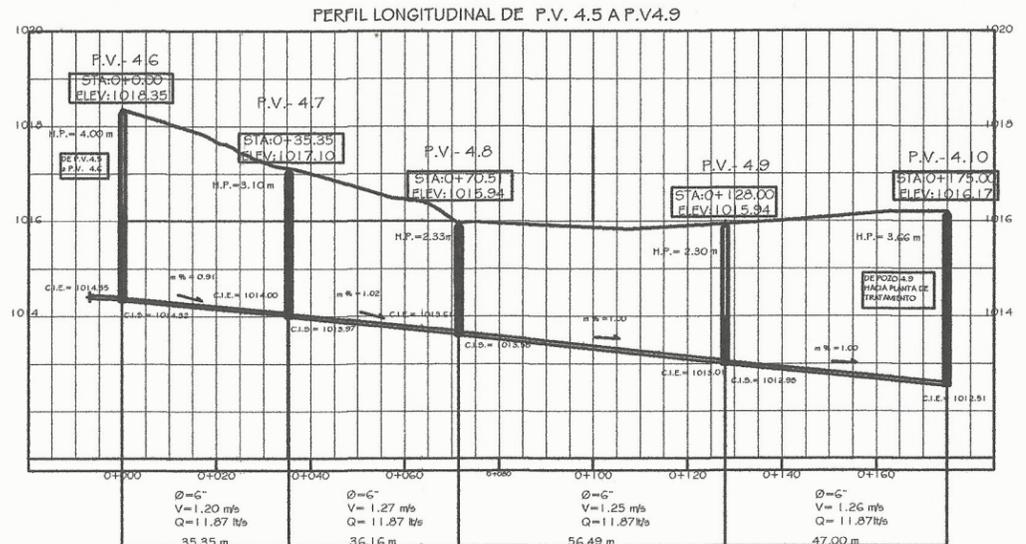
EDGAR RENE SOBERANIS LOPEZ
EPS DE INGENIERIA CIVIL

MANUEL ALFREDO ARELLANO DOMINA
EPS DE INGENIERIA CIVIL

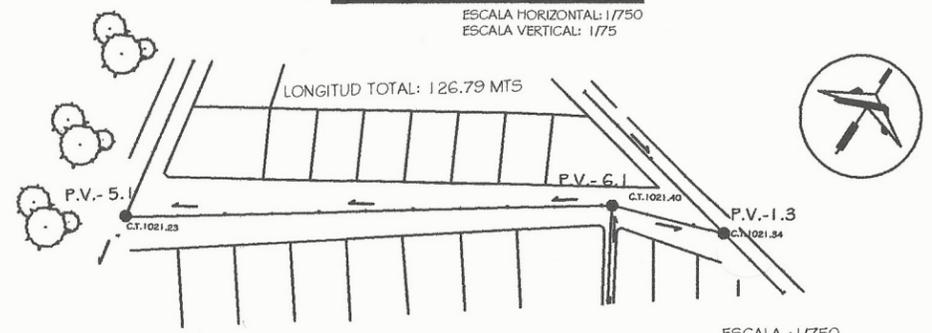
FECHA: FEBRERO / 2019



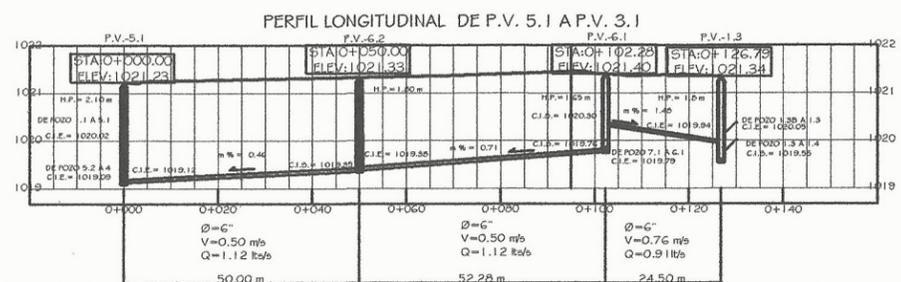
PLANTA
ESCALA : 1/750



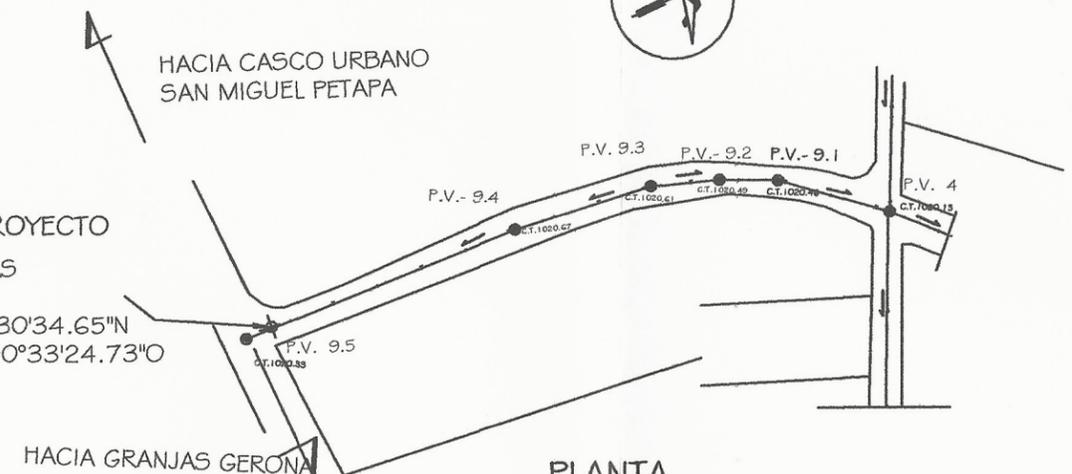
PERFIL LONGITUDINAL
ESCALA HORIZONTAL: 1/750
ESCALA VERTICAL: 1/75



PLANTA
ESCALA : 1/750



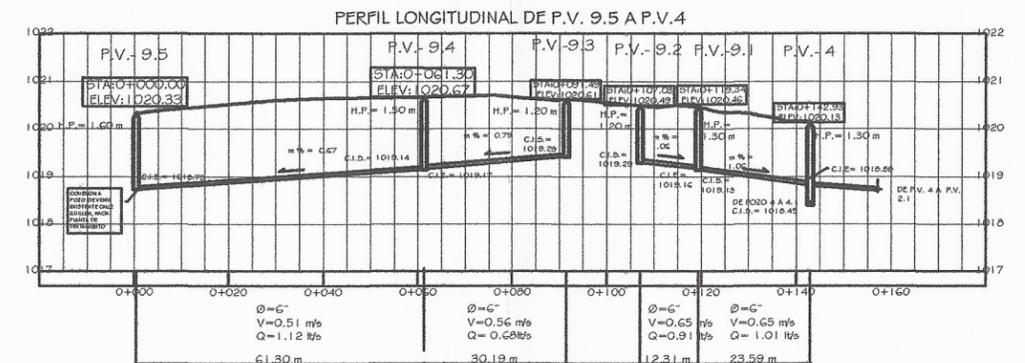
PERFIL LONGITUDINAL
ESCALA HORIZONTAL: 1/750
ESCALA VERTICAL: 1/75



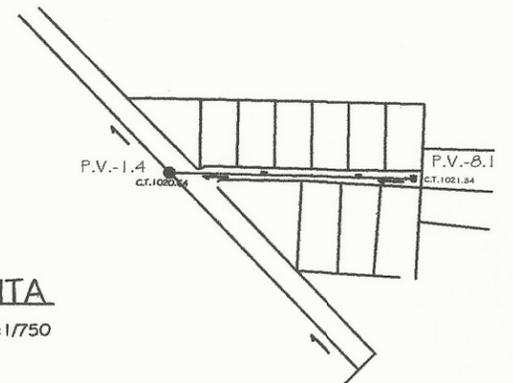
INICIO DEL PROYECTO
COORDENADAS

LATITUD: 14°30'34.65"N
LONGITUD: 90°33'24.73"O

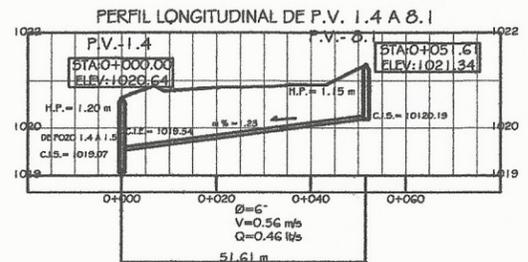
PLANTA
ESCALA : 1/750



PERFIL LONGITUDINAL

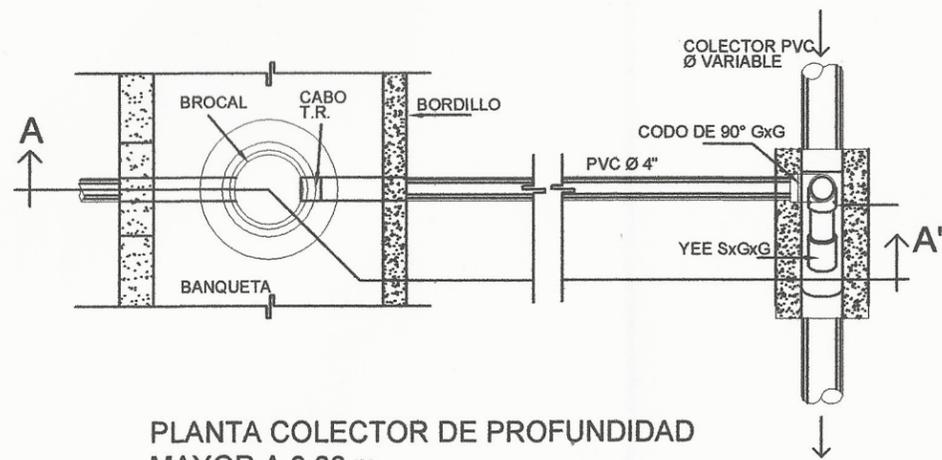


PLANTA
ESCALA : 1/750



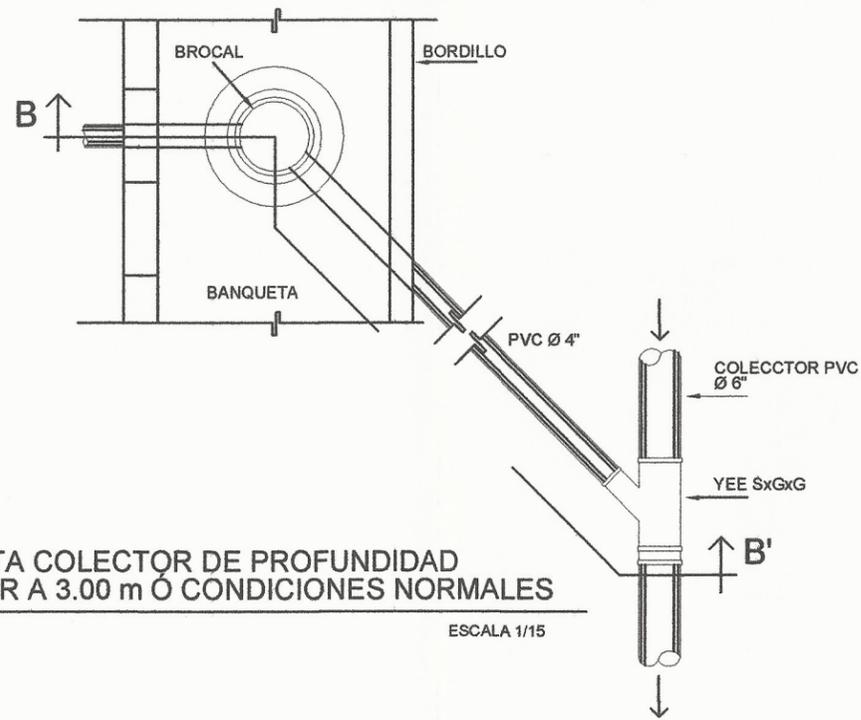
PERFIL LONGITUDINAL
ESCALA HORIZONTAL: 1/750
ESCALA VERTICAL: 1/75

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		
	PROYECTO:	ALCANTARILLADO SANITARIO	
UBICACION:	GRANJAS LA JOYA, SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA		
CONTENIDO:	PLANTA PERFIL		
ESPECIES:	EDGAR RENE SOBERANIS LOPEZ	CARTE:	2012-12936
VoBo:		HOJA:	6/8
EDGAR RENE SOBERANIS LOPEZ EPS DE INGENIERIA CIVIL	M. MANUEL ALFREDO JIRALLAGA OCHOETA ASESOR EPS		FECHA: FEBRERO / 2019



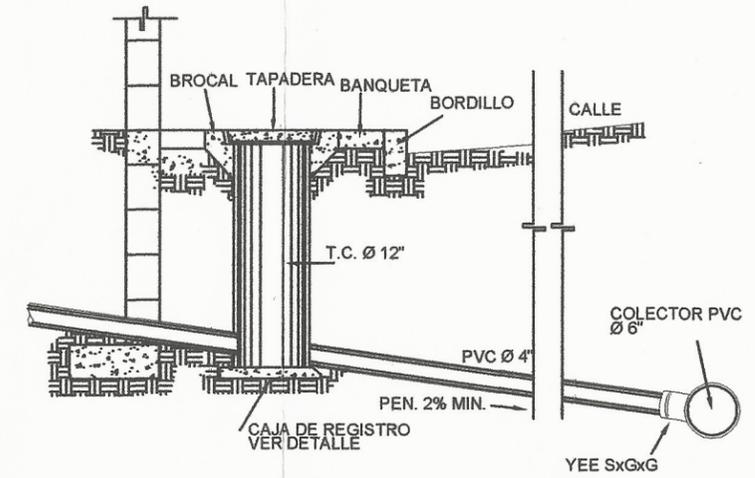
PLANTA COLECTOR DE PROFUNDIDAD MAYOR A 3.00 m

ESCALA 1/15



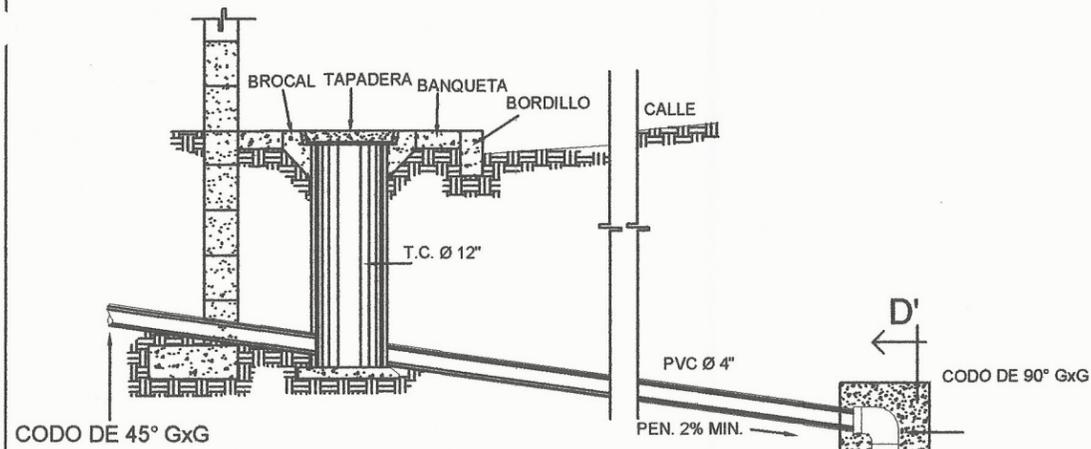
PLANTA COLECTOR DE PROFUNDIDAD MENOR A 3.00 m O CONDICIONES NORMALES

ESCALA 1/15



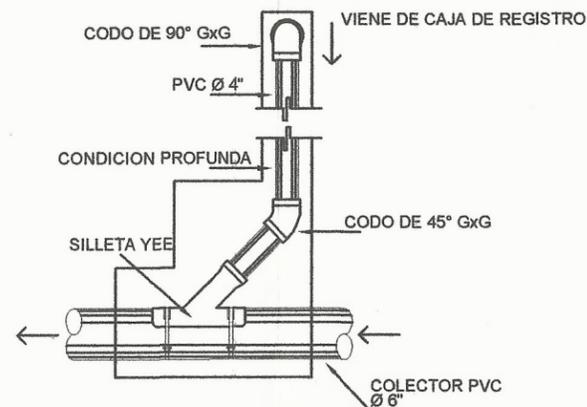
CORTE B-B'

ESCALA 1/15



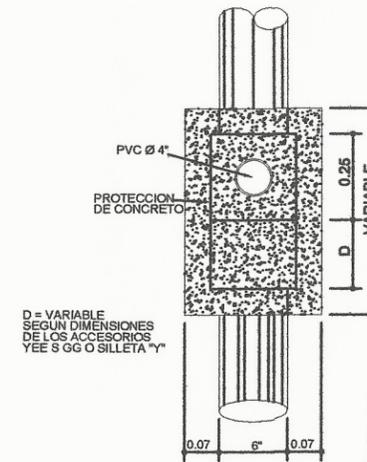
CORTE A-A'

ESCALA 1/15



CORTE D - D'

ESCALA 1/15



CORTE C-C'

ESCALA 1/10

(A) PARA COLECTOR CON PROFUNDIDAD MAYOR DE 3.00 m. A LA COTA DE CORONAMIENTO. ACCESORIOS:

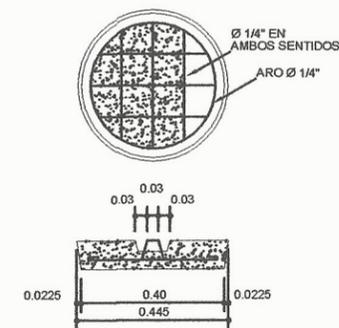
- CABO TRANSFORMADOR / REDUCTOR
- TUBERIA PVC DIAMETRO 4"
- CODO DE 90° 4" G x G
- CODO DE 45° 4" G x G
- YEE S x G x G (DIAMETRO COLECTOR x 4")

(B) CONDICIONES NORMALES

- CABO TRANSFORMADOR / REDUCTOR
- TUBERIA PVC DIAMETRO 4"
- YEE S x G x G (DIAMETRO 4")

(C) PARA COLECTOR EXISTENTE (EN CONDICIONES NORMALES O PROFUNDAS)

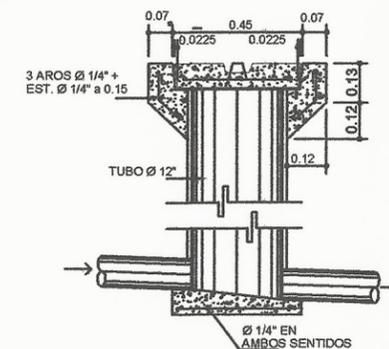
- COLOCACION DE SILLETAS "Y" (DIAMETRO COLECTOR x 4")



DETALLE DE TAPADERA

ESCALA 1/10

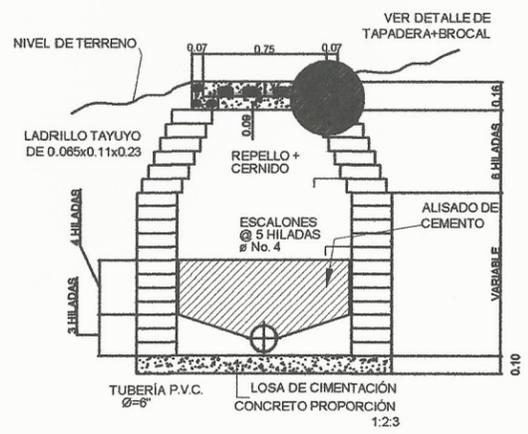
DETALLE TÍPICO DE POZOS DE VISITA



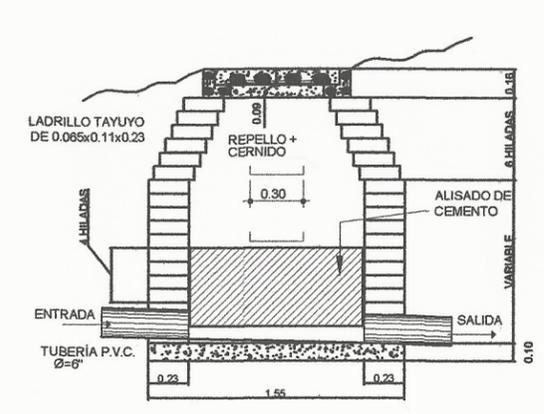
DETALLE DE CAJA DE REGISTRO

ESCALA 1/10

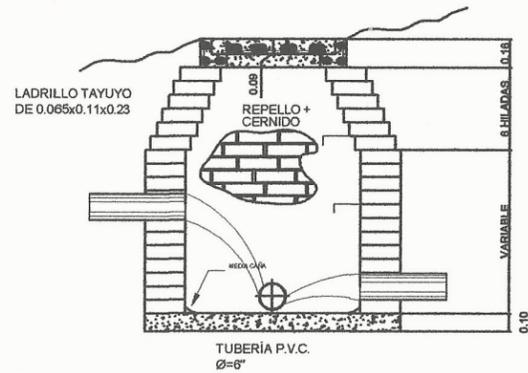
		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		
PROYECTO: ALCANTARILLADO SANITARIO UBICACION: GRANJAS LA JOYA, SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA				
CONTENIDO: DETALLES CONSTRUCTIVOS POZOS DE VISITA				
EPESISTA: EDGAR RENÉ SOBERANIS LÓPEZ	CARRERA: 2012-12936	HOJA: 7/8		
EDGAR RENÉ SOBERANIS LÓPEZ EPD DE INGENIERIA CIVIL				
INGENIERO ALFREDO AMENLAGA OCHOA ASISTENTE EPD				
FECHA: FEBRERO / 2019				



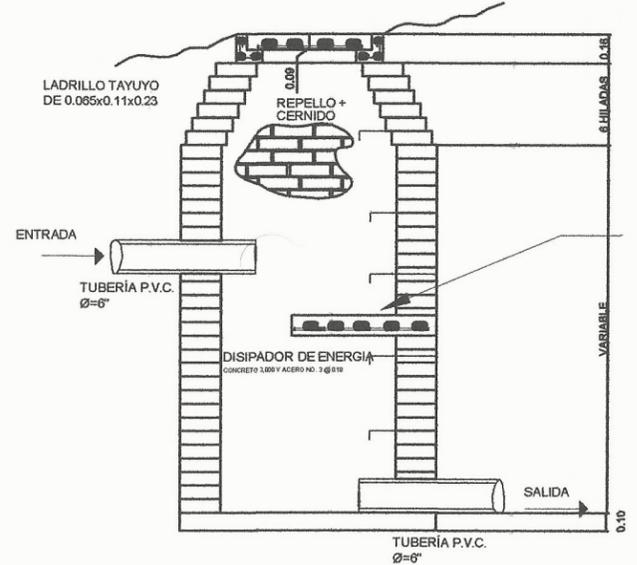
SECCIÓN A-A' h=VAR. SIN ESCALA



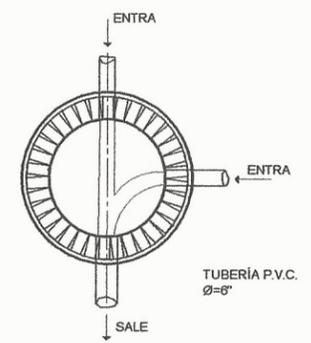
SECCIÓN B-B' h=VAR. SIN ESCALA



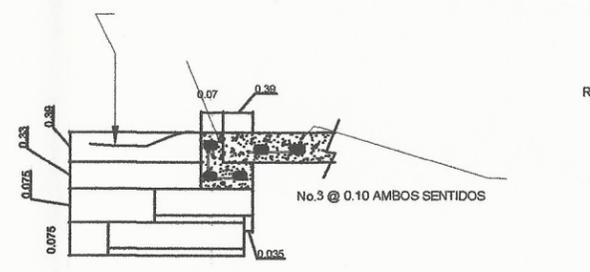
DOS ENTRADAS h=VAR SIN ESCALA



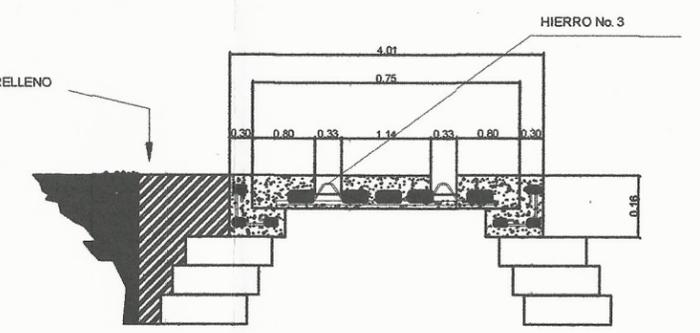
C-C' h=MAYOR A 0.70m SIN ESCALA



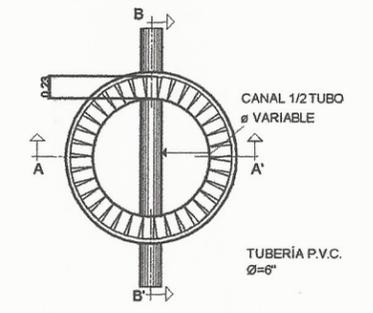
PLANTA POZO CON DOS ENTRADAS SIN ESCALA



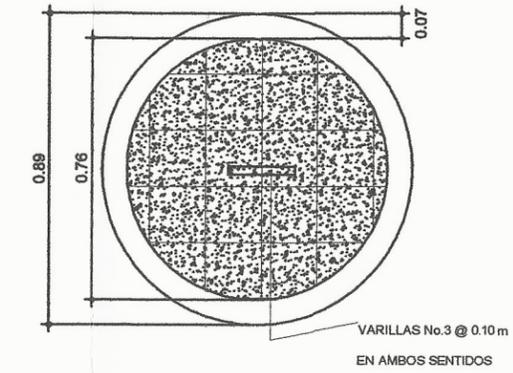
DETALLE DE BROCAL SIN ESCALA



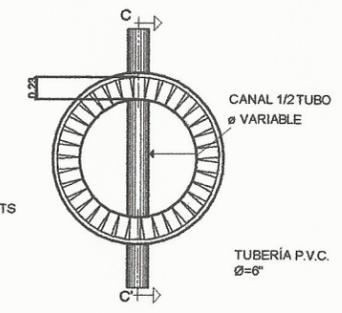
DETALLE DE TAPADERA SIN ESCALA



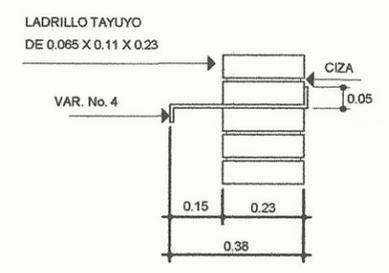
PLANTA POZO TÍPICO SIN ESCALA



DETALLE ARMADO DE TAPADERA SIN ESCALA



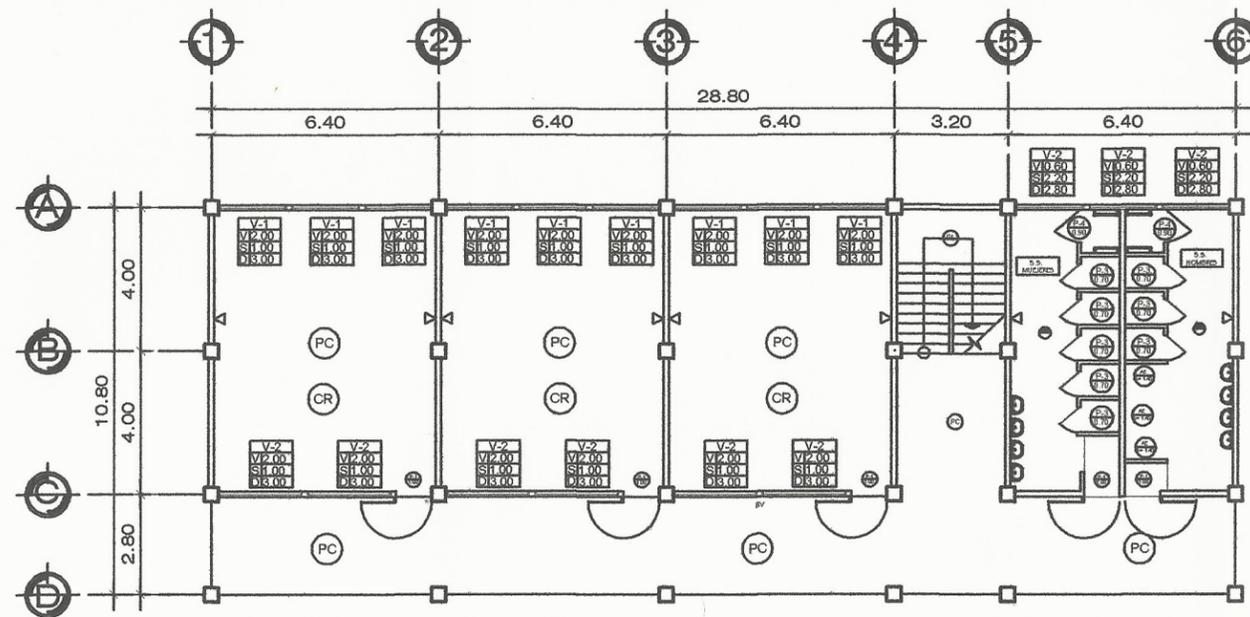
PLANTA POZO TÍPICO h=0.70m SIN ESCALA



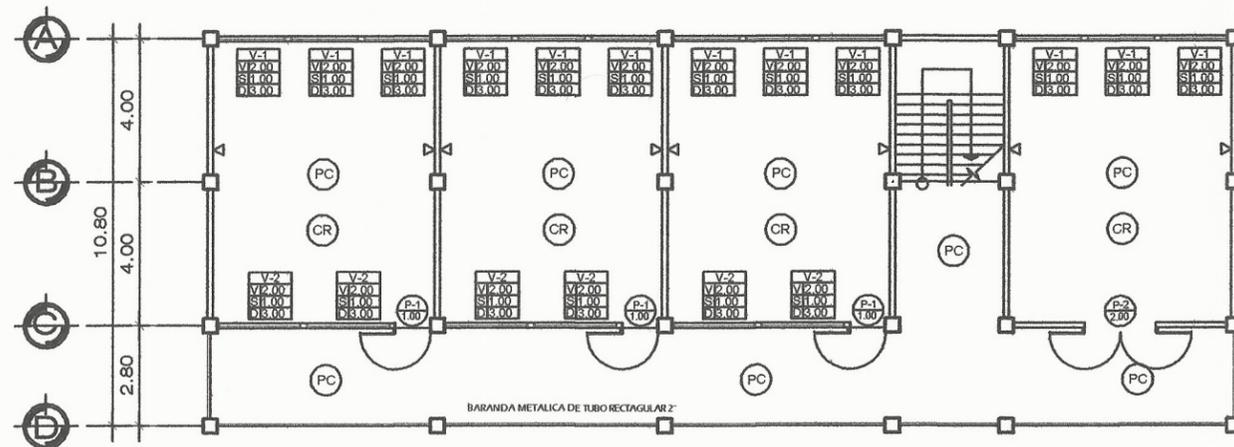
DETALLE DE ESCALÓN SIN ESCALA

- ESPECIFICACIONES:
1. LAS TAPADERAS DE LOS POZOS DE VISITA DEBERÁN IDENTIFICARSE CON LA NOMENCLATURA DEL PLANO DE LA PLANTA TOPOGRÁFICA.
 2. EL CONCRETO DEBERÁ TENER LA PROPORCIÓN VOLUMÉTRICA DE 1:2:3 (UN SACO DE CEMENTO + 3 BOTES DE ARENA + 4 1/2 BOTES DE PIEDRÍN) $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$.
 3. EL MORTERO DE UNIÓN DE LADRILLOS, DEBERÁ SER DE CEMENTO Y ARENA DE RÍO, DE PROPORCIÓN VOLUMÉTRICA 1:3 (UN SACO DE CEMENTO POR CADA 3 BOTES DE ARENA).
 4. LOS BROCALES Y LAS TAPADERAS DE LOS POZOS DEBERÁN CURARSE ANTES DE SU INSTALACIÓN.
 5. TODA ZANJA DEBERÁ SER RELLENADA CON MATERIAL COMPACTADO EN CAPAS DE 0.10 m C/U, CON CIERTO GRADO DE HUMEDAD PARA SU CORRECTA COMPACTACIÓN.
 6. LOS ACCESORIOS A UTILIZAR, SERÁN PVC DE Ø 6" NORMA ASTM F949.
 7. TODO EL LADRILLO A USAR, SERA TIPO TAYUYO DE 6.5X11X23 cm COLOCADO DE PUNTA.
 8. EL INTERIOR DE LOS POZOS DEBERÁ REPELLARSE EN LA PARTE BAJA Y ALISARSE CONFORME SE INDICA.
 9. EL DETALLE DE POZO DE VISITA CON CAÍDA MAYOR A 0.70 m REPRESENTA CUALQUIER POZO QUE EN PLANOS SE INDIQUE QUE ES UN POZO DE VISITA CON DISIPADOR.
 10. TODO EL HIERRO A UTILIZAR EN ESTE PROYECTO SERÁ DE GRADO 40.
- NOTA: UN BOTE ES UN RECIPIENTE DE 5 GALONES

		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
PROYECTO: ALCANTARILLADO SANITARIO		UBICACIÓN: GRANJAS LA JOYA, SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA	
CONTENIDO: DETALLES CONSTRUCTIVOS ACOMETIDA DOMICILIAR			
DISEÑO: EDGAR R. SOBERANIS L.	CÁLCULO: EDGAR R. SOBERANIS L.	HOJA: 8 / 8	FECHA: FEBRERO / 2019
EPESISTA: EDGAR RENE SOBERANIS LÓPEZ		CARRÉ: 2012-12936	ESCALA: INDICADA
Vo.Bo.		INGENIERO ALFREDO ARRIOLA OCHOA	

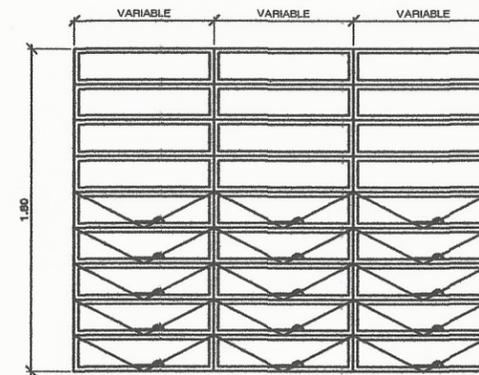


PLANTA AMUEBLADA PRIMER NIVEL
ESCALA: 1/100

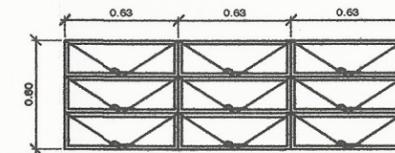


PLANTA AMUEBLADA SEGUNDO NIVEL
ESCALA: 1/100

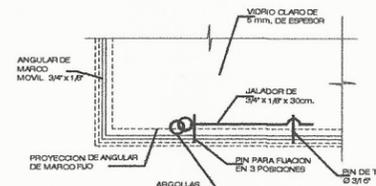
SIMBOLOGIA DE ACABADOS			
	TIPO Y ANCHO DE PUERTA		ALTURA DE AZULEJO
	TIPO VENTANA ALTIMA SILLAR DRIVEL		PISO ANTIDESLIZANTE
	REPELLO MAS CERNIDO		CIELO TIPO REMOLINEADO
	PISO CERAMICO		GRANITO LAVADO



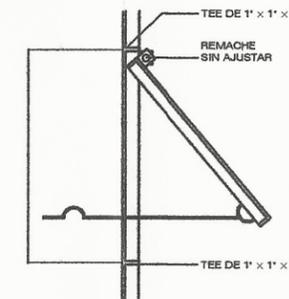
VENTANA TIPO V1, V4



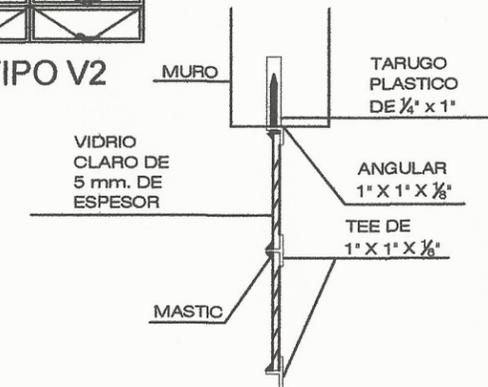
VENTANA TIPO V2



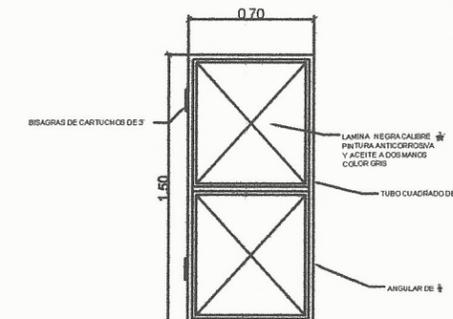
DETALLE DE JALADOR
SIN ESCALA



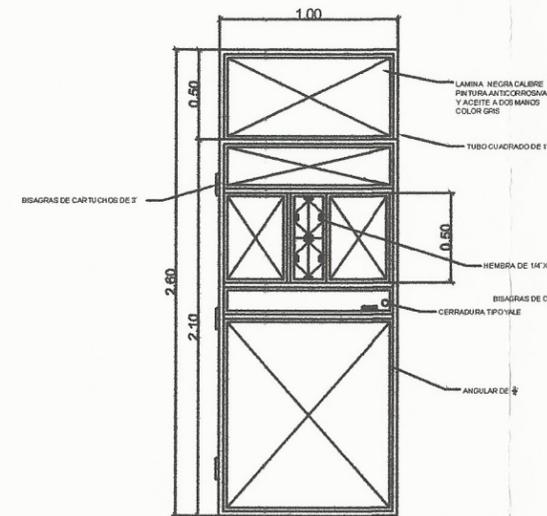
DETALLE DE JALADOR
SIN ESCALA



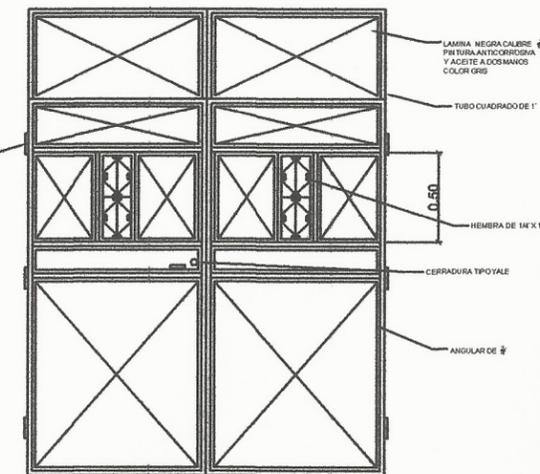
DETALLE TIPO COORTE DE VENTANA
SIN ESCALA



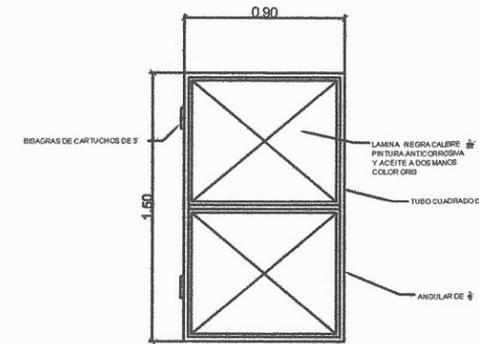
PUERTA TIPO P-4



PUERTA TIPO P-1

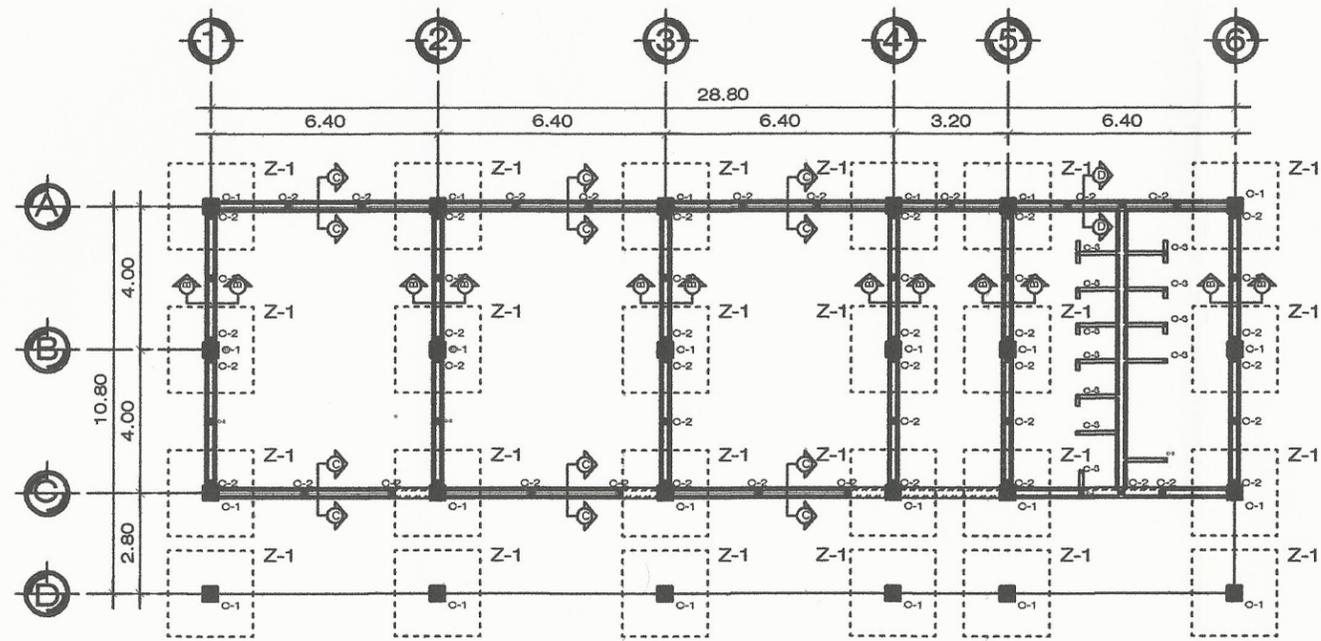


PUERTA TIPO P-2

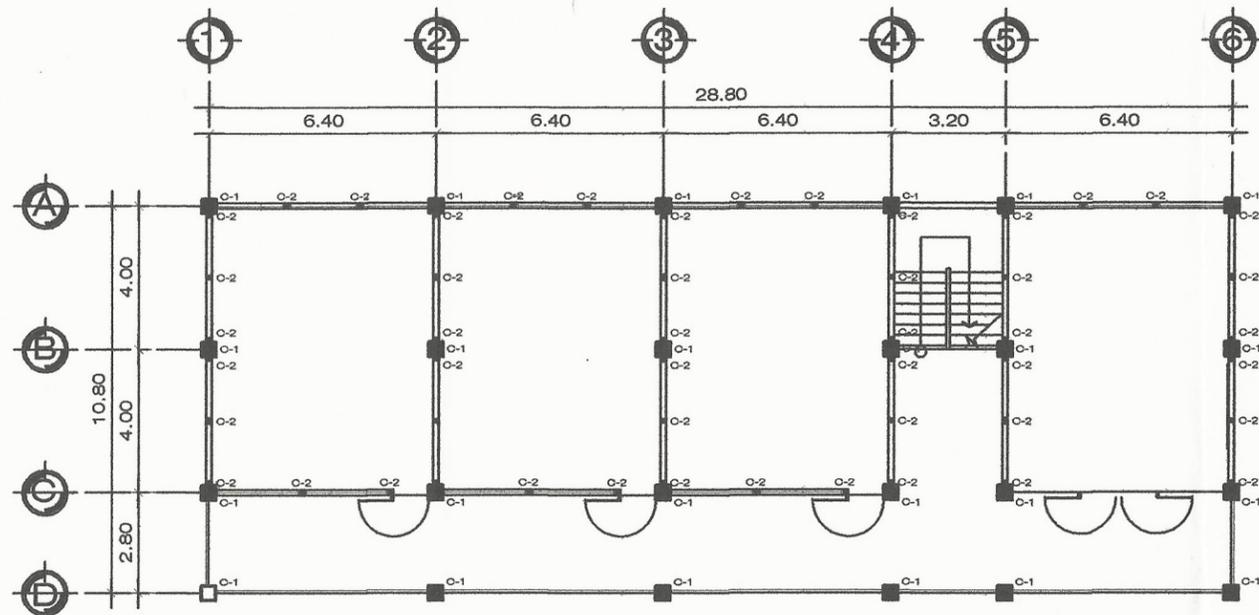


PUERTA TIPO P-3

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		
PROYECTO: INSTITUTO ANIDO BASICO POR COOPERATIVA PRADOS DE VILLA HERMOSA UBICACION: PRADOS DE VILLA HERMOSA, SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA		DISEÑO: EDGAR R. SOBERANIS L. CALCULO: EDGAR R. SOBERANIS L. DIBUJO: EDGAR R. SOBERANIS L. ESCALA: INDICADA FECHA: FEBRERO / 2019
CONTENIDO: PLANTA DE ACABADOS		
EPESISTA: EDGAR RENE SOBERANIS LOPEZ No. de:	CARRERA: 2012-12936 HOJA: 2 / 12	ASesor: M. MANUEL ALFREDO ARRIAGA OCHOA ASesor EPS:

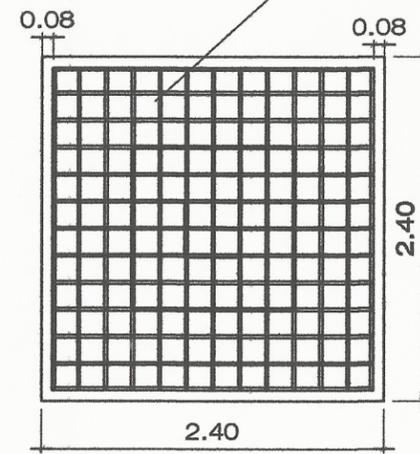


PLANTA PRIMER NIVEL
ESCALA: 1/100



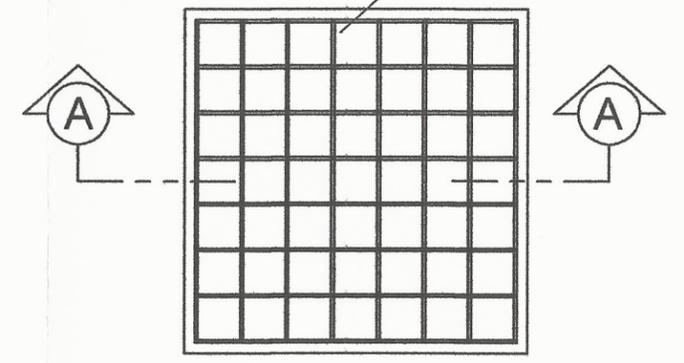
PLANTA SEGUNDO NIVEL
ESCALA: 1/100

REFUERZO INFERIOR
No. 6 @ 0.15 mts.
EN AMBOS
SENTIDOS



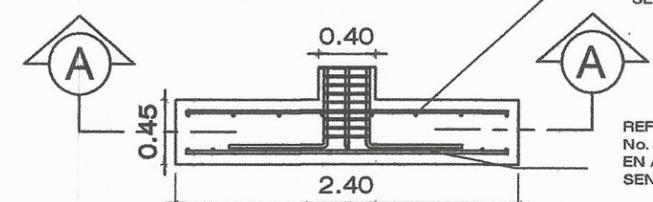
Z-1
ZAPATA 1 ESCALA 1:25

REFUERZO SUPERIOR No. 6
@ 0.30 mts.
EN AMBOS
SENTIDOS

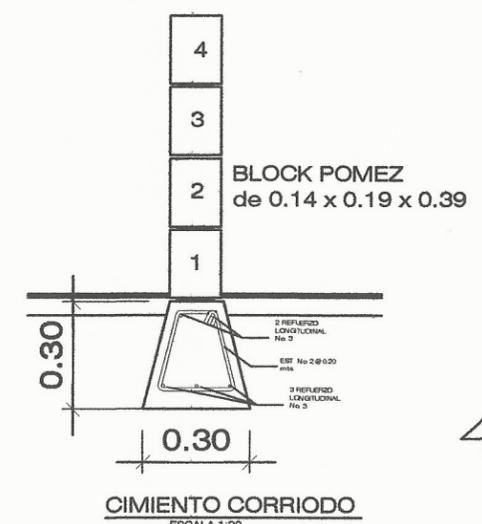


Z-1
ZAPATA 1 ESCALA 1:25

REFUERZO SUPERIOR No. 6
@ 0.30 mts.
EN AMBOS
SENTIDOS

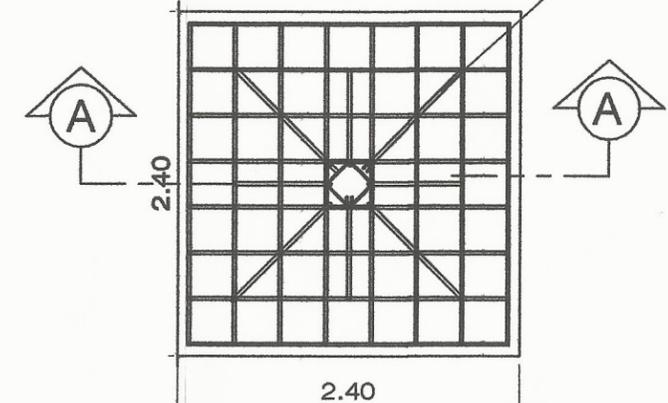


REFUERZO INFERIOR
No. 6 @ 0.15 mts.
EN AMBOS
SENTIDOS

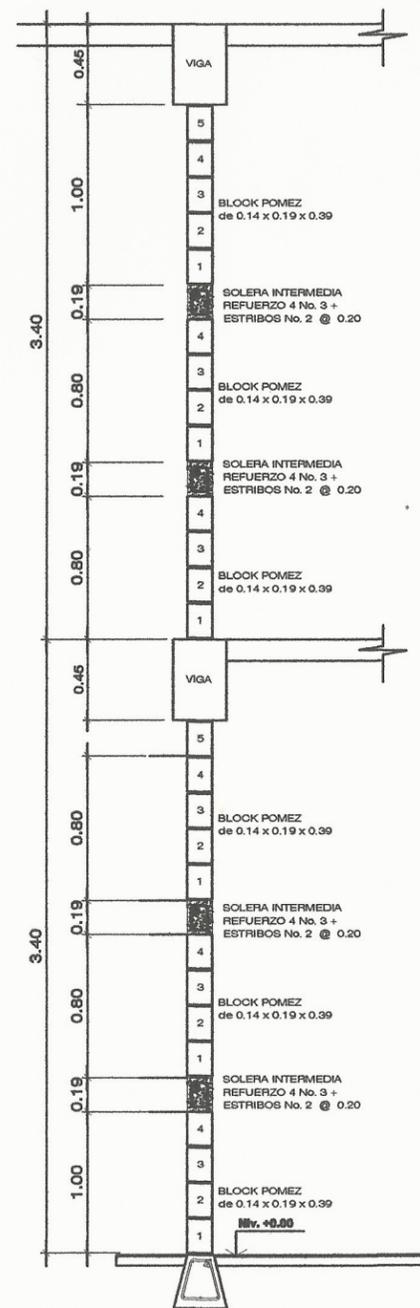


CIMENTO CORRIDO
ESCALA 1:20

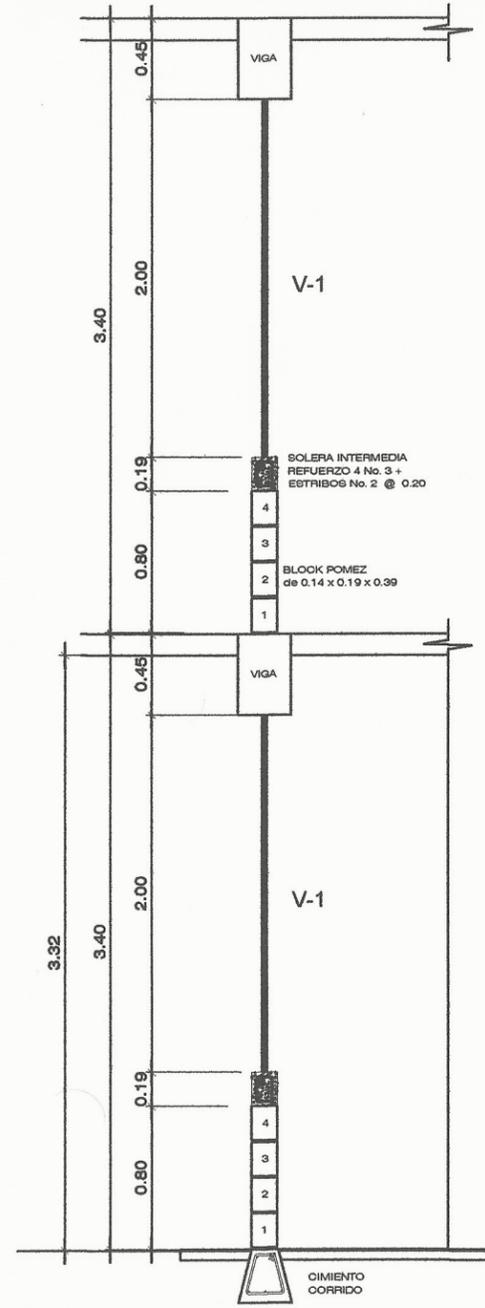
LONGITUD DE
DESARROLLO
0.90 mts



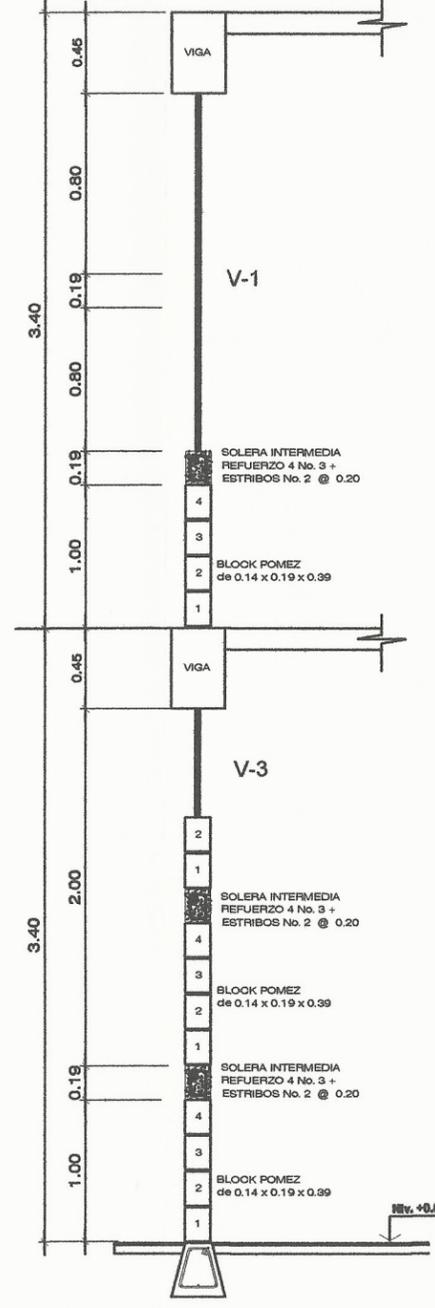
<p>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO</p>		
<p>PROYECTO: INSTITUTO ANIDIO BASICO POR COOPERATIVA PRADOS DE VILLA HERMOSA</p>		<p>USUARIO: EDGAR R. SOBERANIS L.</p> <p>CALCULO: EDGAR R. SOBERANIS L.</p> <p>DISEÑO: EDGAR R. SOBERANIS L.</p> <p>ESCALA: INDICADA</p> <p>FECHA: FEBRERO / 2019</p>
<p>UBICACION: PRADOS DE VILLA HERMOSA, SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA</p>		
<p>CONTENIDO: CIMENTACION Y COLUMNAS</p>		
<p>INGENIERO EN CARRETERAS EDGAR RENE SOBERANIS LOPEZ</p>	<p>CARTEL: 2012-12936</p>	<p>PAGINA: 3 / 12</p>
<p>EDGAR RENE SOBERANIS LOPEZ EPS DE INGENIERIA CIVIL</p>		



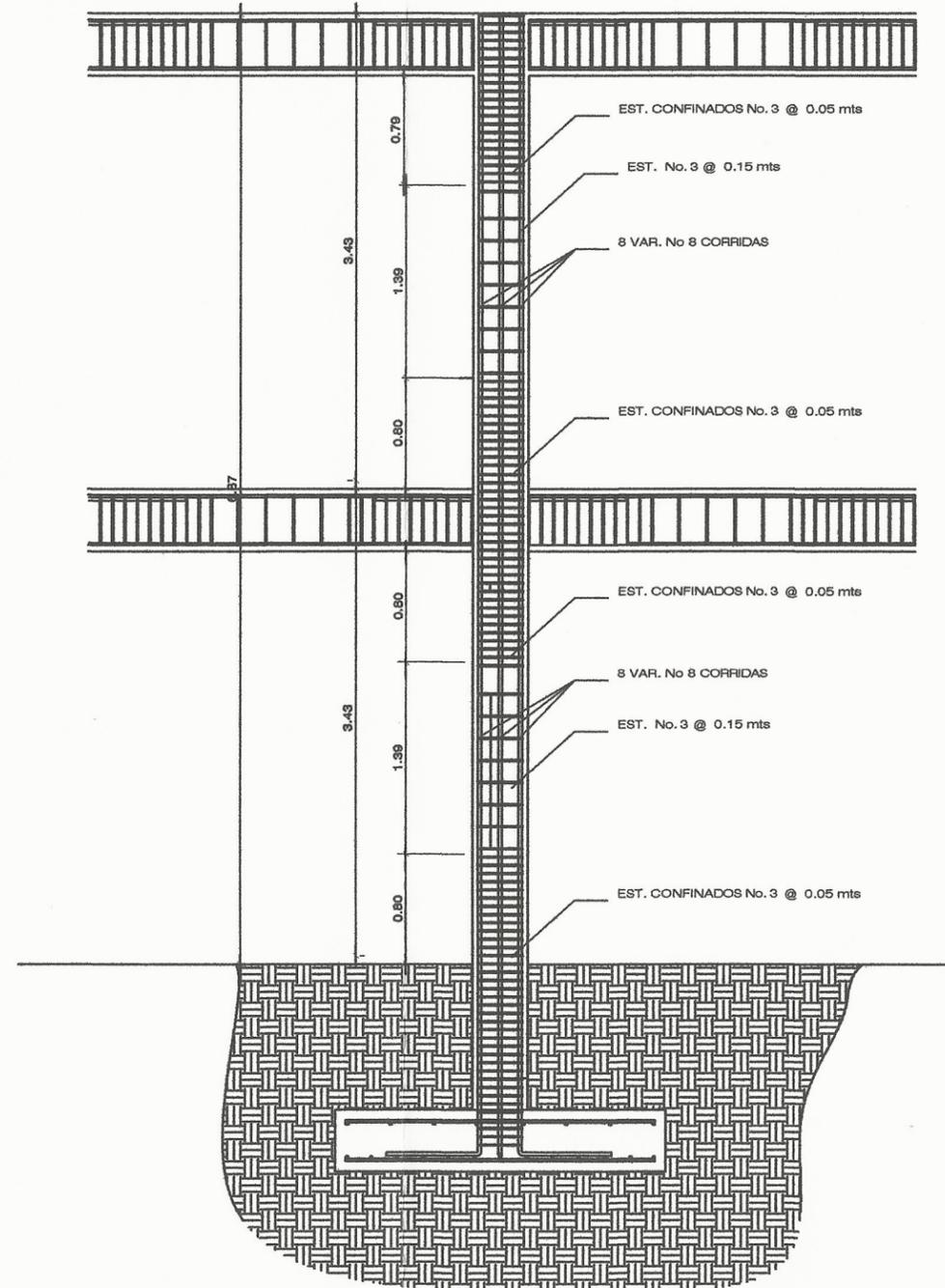
SECCION F-F
ESCALA 1:20



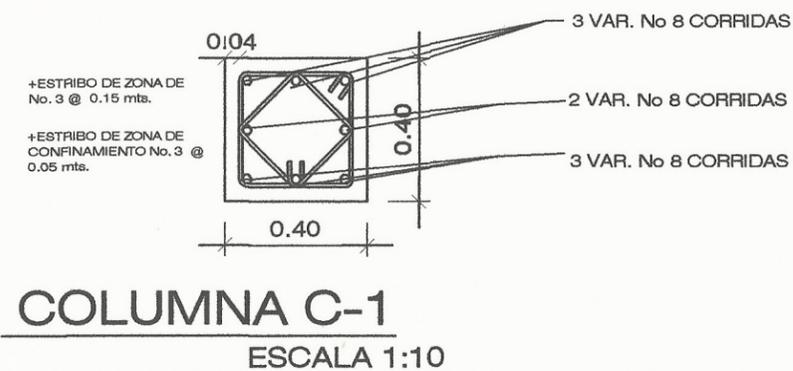
SECCION C-C
ESCALA 1:20



SECCION D-D
ESCALA 1:20



DETALLE DE COLUMNA C-1
ESCALA 1:25



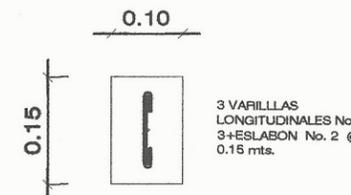
COLUMNA C-1
ESCALA 1:10



COLUMNA C-2
ESCALA 1:5

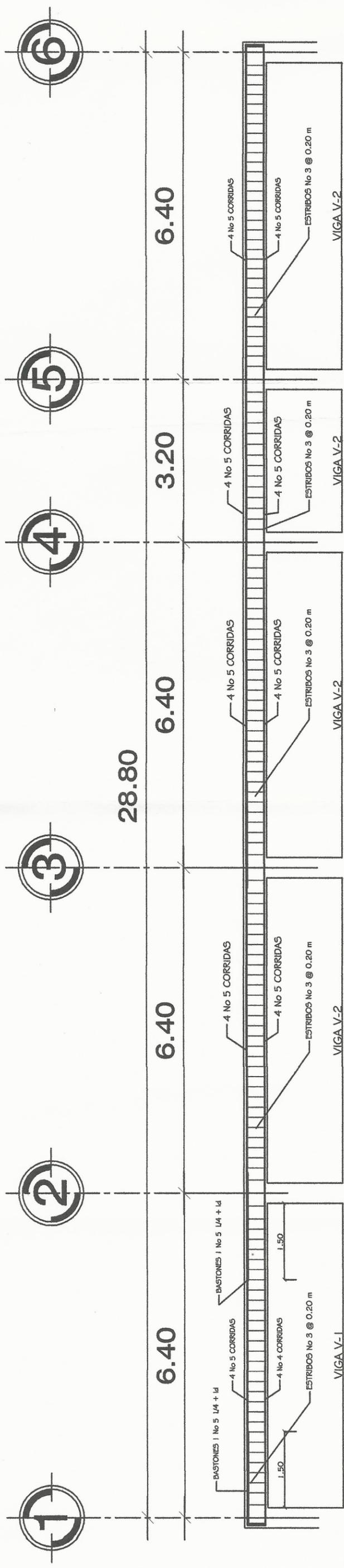


COLUMNA C-3
ESCALA 1:5



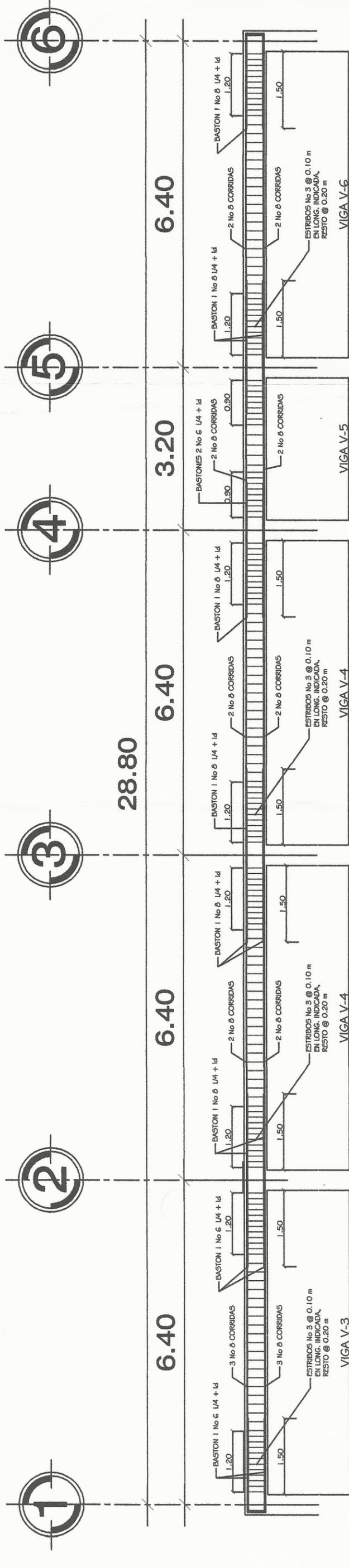
COLUMNA C-4
ESCALA 1:5

<p>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO</p>		
PROYECTO:	INSTITUTO ANDINO BASICO POR COOPERATIVA PRADOS DE VILLA HERMOSA	
UBICACION:	PRADOS DE VILLA HERMOSA, SAN MARCEL PEXAPA, GUATEMALA	
CONTENIDO:	DETALLES MUROS / COLUMNAS	
DISEÑO:	EDGAR R. SOBERANIS L.	HOJA 4 / 12 FECHA FEBRERO / 2019
CALCULO:	EDGAR R. SOBERANIS L.	
VERIFICACION:	EDGAR R. SOBERANIS L.	
ESCALA:	INDICADA	
EDGAR RENE SOBERANIS LOPEZ EPS DE INGENIERIA CIVIL		INGENIERO MANUEL ALFREDO ARRIAGA OCHOA ASESOR EPS



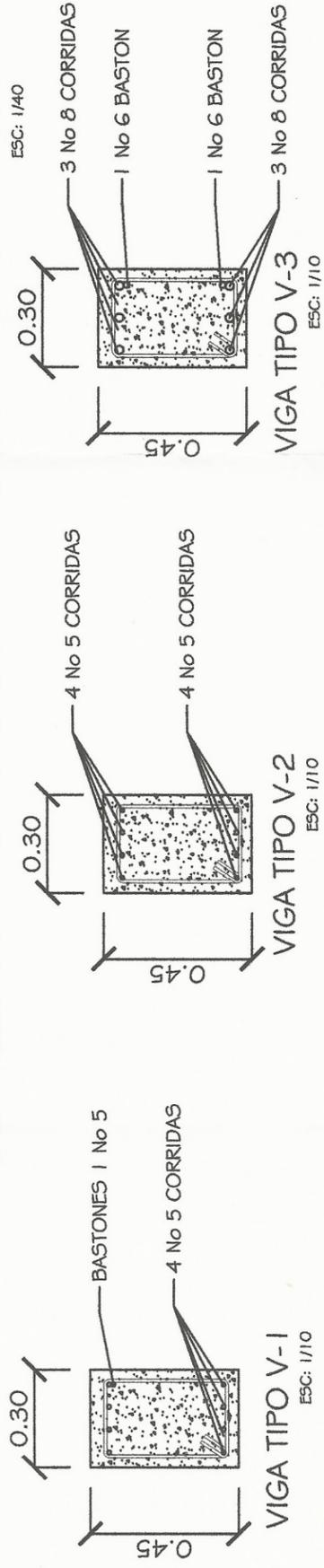
DETALLE DE ARMADO DE VIGA EJE X SEGUNDO NIVEL

ESC: 1/40

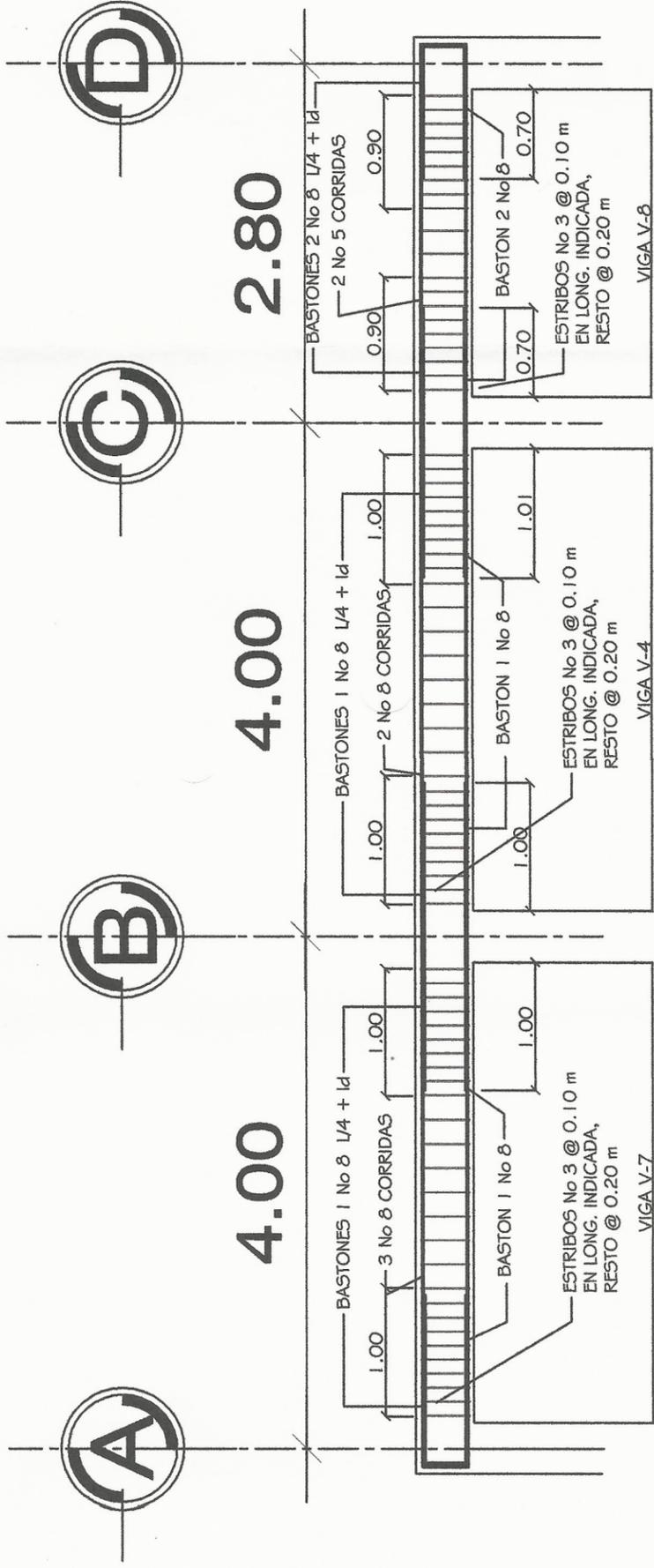


DETALLE DE ARMADO DE VIGA EJE X PRIMER NIVEL

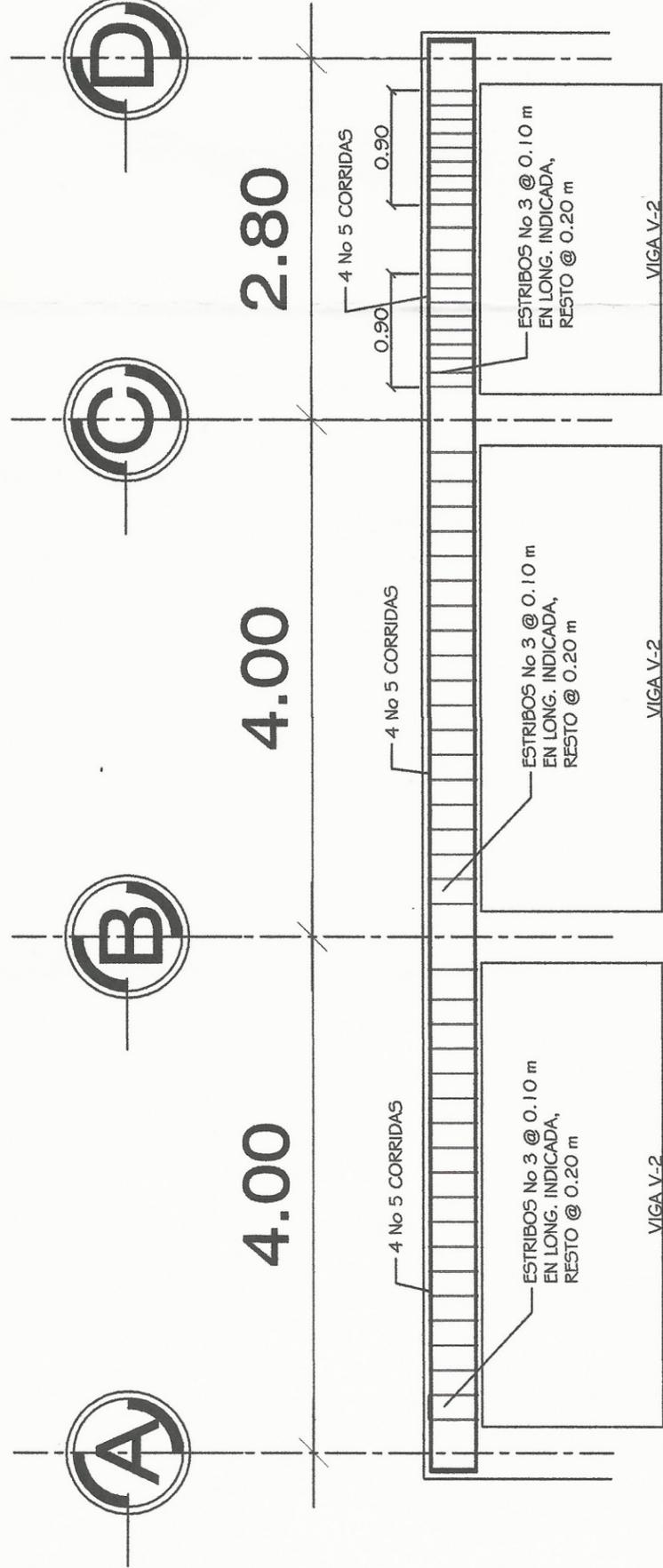
ESC: 1/40



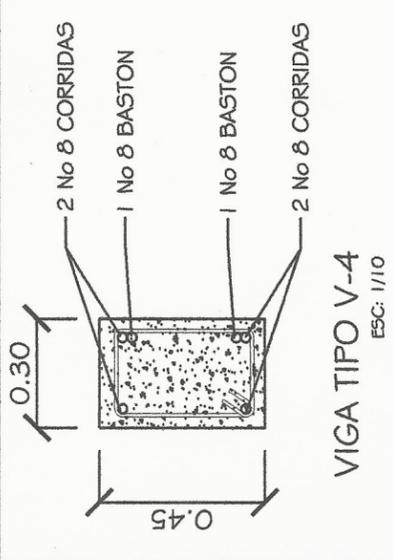
		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
INSTITUTO ANEXO BANCO POR COOPERATIVA FIANCOS DE VILA VERDE UBICACION: FRONTERA DE VILA VERDE, SAN MIGUEL TETAPA, GUATEMALA		DETALLE DE ARMADO DE VIGAS	
PROFESOR: EDGAR RENE SOBERANIS LOPEZ	CARRERA: 2012-12936	HOJA: 5 / 12	FECHA: FEBRERO / 2019



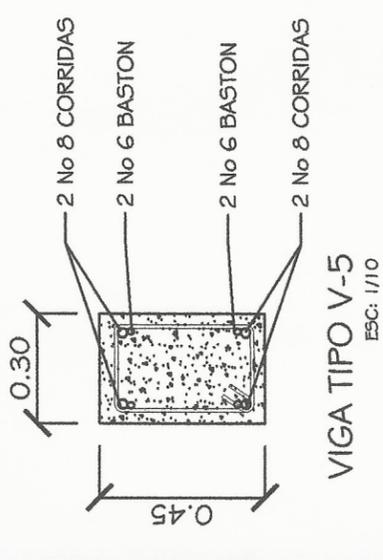
DETALLE DE ARMADO DE VIGA EJE Y PRIMER NIVEL
ESC: 1/25



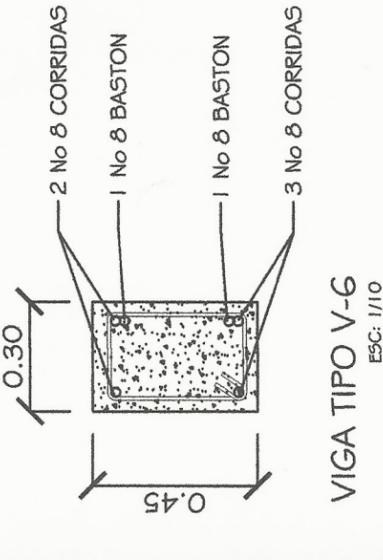
DETALLE DE ARMADO DE VIGA EJE Y SEGUNDO NIVEL
ESC: 1/25



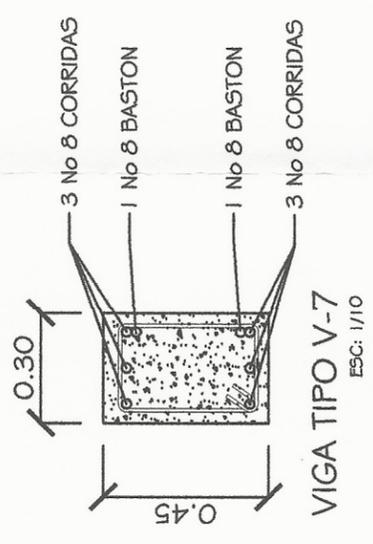
VIGA TIPO V-4
ESC: 1/10



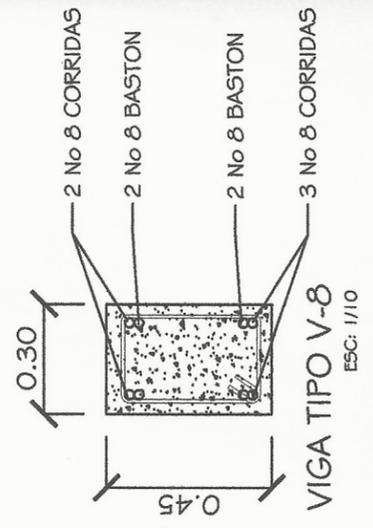
VIGA TIPO V-5
ESC: 1/10



VIGA TIPO V-6
ESC: 1/10



VIGA TIPO V-7
ESC: 1/10

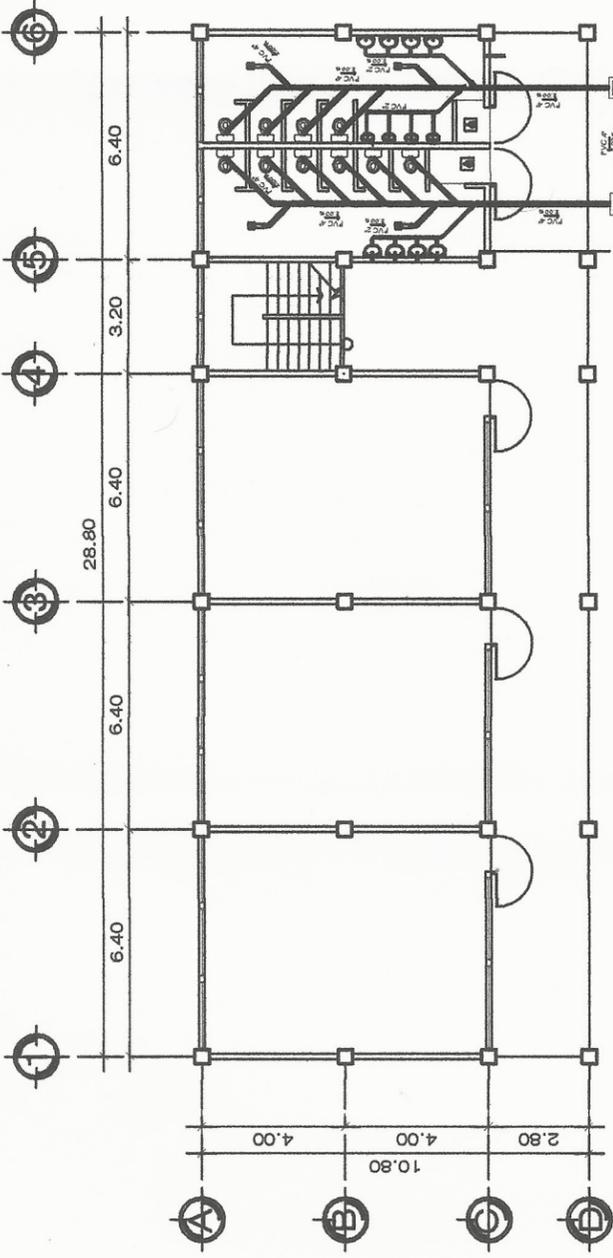


VIGA TIPO V-8
ESC: 1/10

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		PROYECTO: INSTITUTO ANCO BAGCO POR COOPERATIVA FRUOS DE VILLA HEREDIA UBICACION: FRUOS DE VILLA HEREDIA, SAN JESUS, PETEN, GUATEMALA	CONTRATO: DETALLE DE ARMADO DE VIGAS
	EPUBLIKA: EDGAR RENE SOBERANIS LOPEZ No. de:	CARRERA: 2012-12936		
INSTITUTO ANCO BAGCO POR COOPERATIVA FRUOS DE VILLA HEREDIA FRUOS DE VILLA HEREDIA, SAN JESUS, PETEN, GUATEMALA			DETALLE DE ARMADO DE VIGAS	
EDGAR RENE SOBERANIS LOPEZ No. de:			FECHA: 6/12	

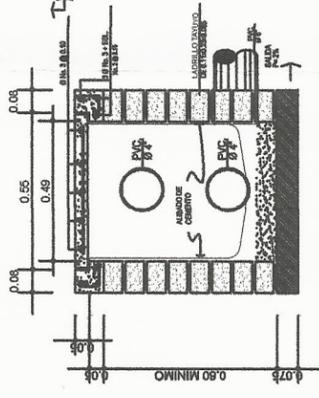
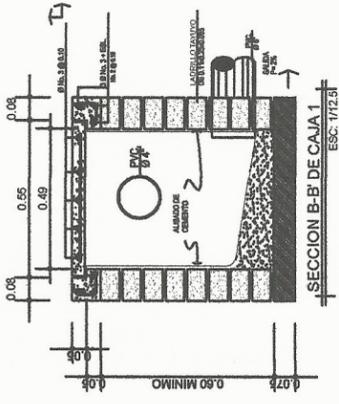
SIMBOLOGIA DE INSTALACIONES DE DRENAJE

SIMBOLO	SIGNIFICADO
	TUBO DE DRENAJE AGUAS NEGRAS DIAMETRO INDICADO
	CODO DE 90°
	YEE HORIZONTAL DIAMETRO INDICADO
	CODO 45 GRADOS DIAMETRO INDICADO
	REDUCIDOR DE 4" A 1 1/2" HORIZONTAL
	INDICA SENTIDO DE LA PENDIENTE 2%
	TEE HORIZONTAL DIAMETRO INDICADO
	TEE HORIZONTAL GIRADA DIAMETRO INDICADO
	CAJA DE REGISTRO
	CAJA DE UNIFICADORA



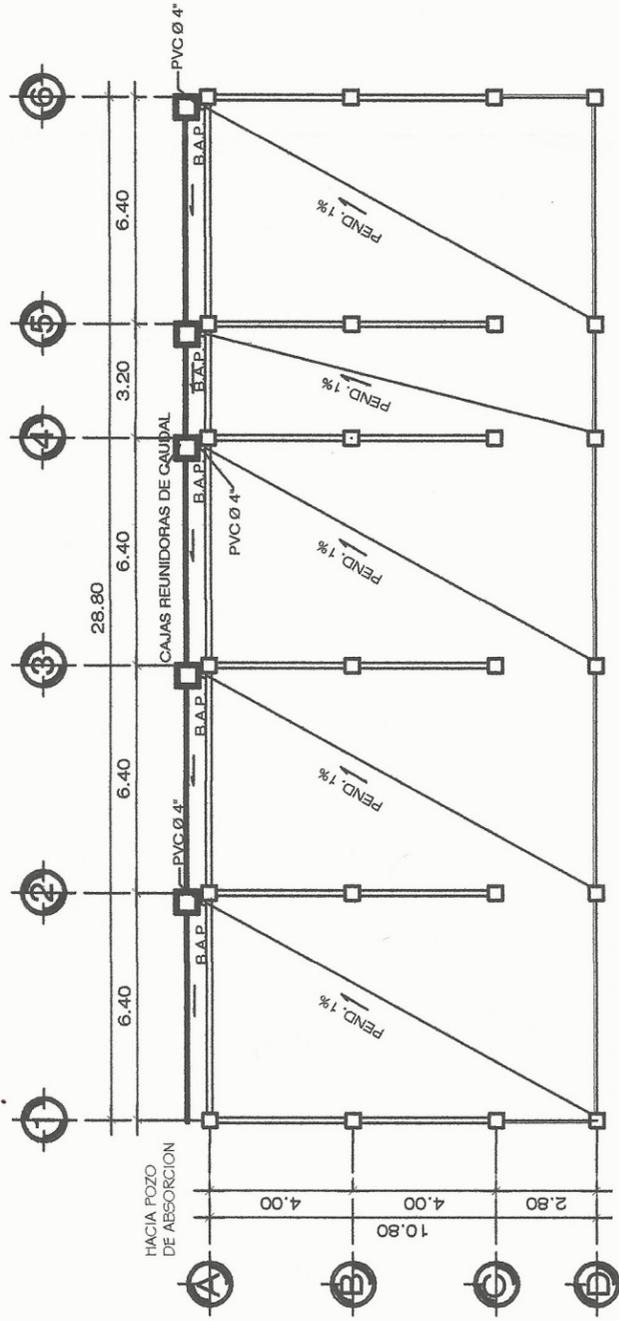
PLANTA PRIMER NIVEL
ESCALA: 1/100

HACIA DRENAJE

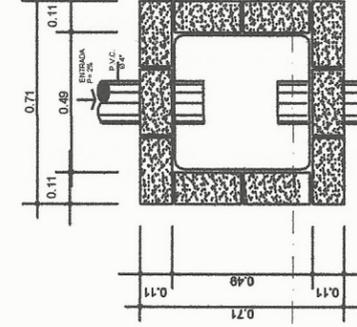


SECCION B-B' DE CAJA 2
ESCALA: 1/12.5

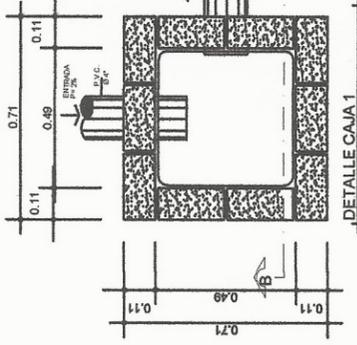
SECCION B-B' DE CAJA 1
ESCALA: 1/12.5



PLANTA SEGUNDO NIVEL
ESCALA: 1/100



DETALLE DE CAJA 2
ESCALA: 1/12.5



DETALLE DE CAJA 1
ESCALA: 1/12.5



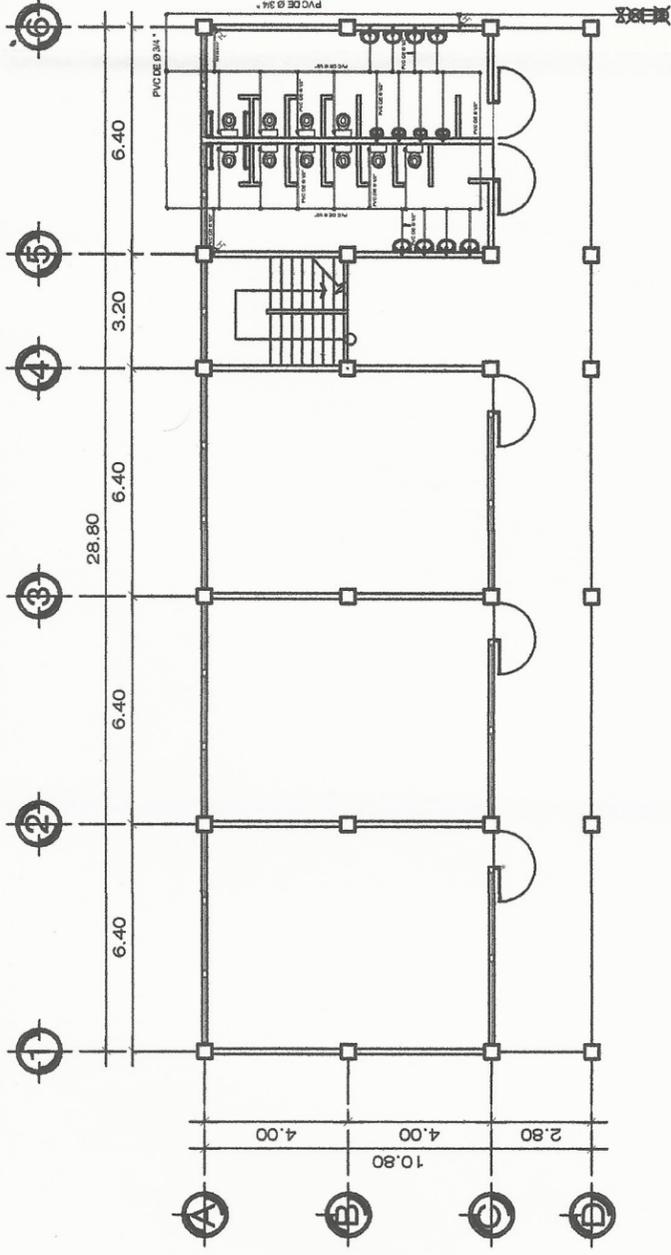

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO: INSTITUTO ANDRO BANCOS POR COOPERATIVA PRADES DE VILLA HERMOSA
EJECUTOR: PRADES DE VILLA HERMOSA, SAN MIGUEL, TETIJA, GUATEMALA

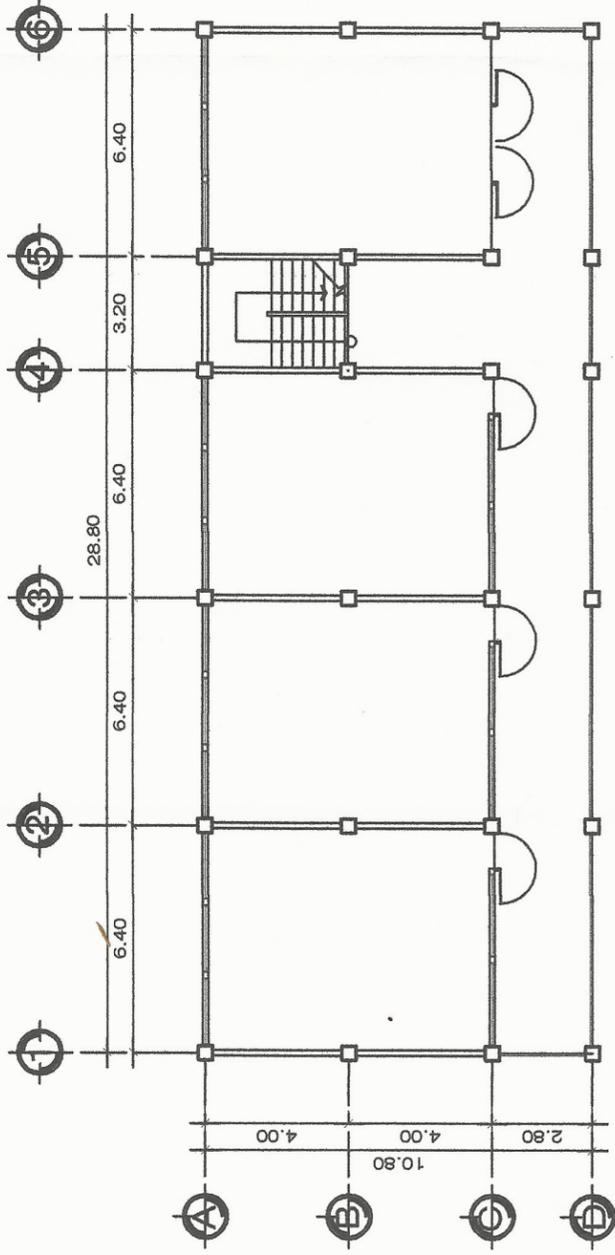
PLANTA DE DRENAJES

REGISTRO: EDGAR RENE SOBERANIS LOPEZ / 2012-12936 / 8 / 12

EDGAR RENE SOBERANIS LOPEZ
EPS DE INGENIERIA CIVIL
FEBRERO / 2018



PLANTA PRIMER NIVEL
ESCALA: 1/100

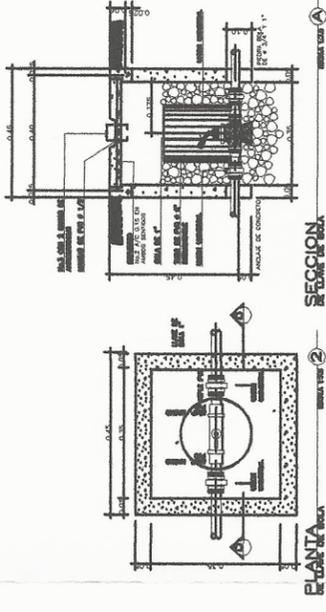


PLANTA SEGUNDO NIVEL
ESCALA: 1/100

INSTALACIÓN HIDRÁULICA

SIMBOLOGIA HIDRAULICA	
SIMBOLO	SIGNIFICADO
→	INDICA DIRECCION DE TUBERIA
┌┐	TE DE PVC
┌┐┐	CODO PVC 90° PLANTA
┌┐┐	CODO PVC 90° PERFIL
▬▬▬	TUBO PVC 3/4" O INDICADO PARA AGUA FRIA
∅	INDICA DIAMETRO DE TUBERIA
⊠	CONTADOR DE VOLUMEN DE AGUA DE 3/4" A 1/2"
∇	VALVULA DE RETENCION O CHEQUE
⊗	LLAVE DE COMPUERTA
⊗	LLAVE DE PASO
⊗	GRIFO

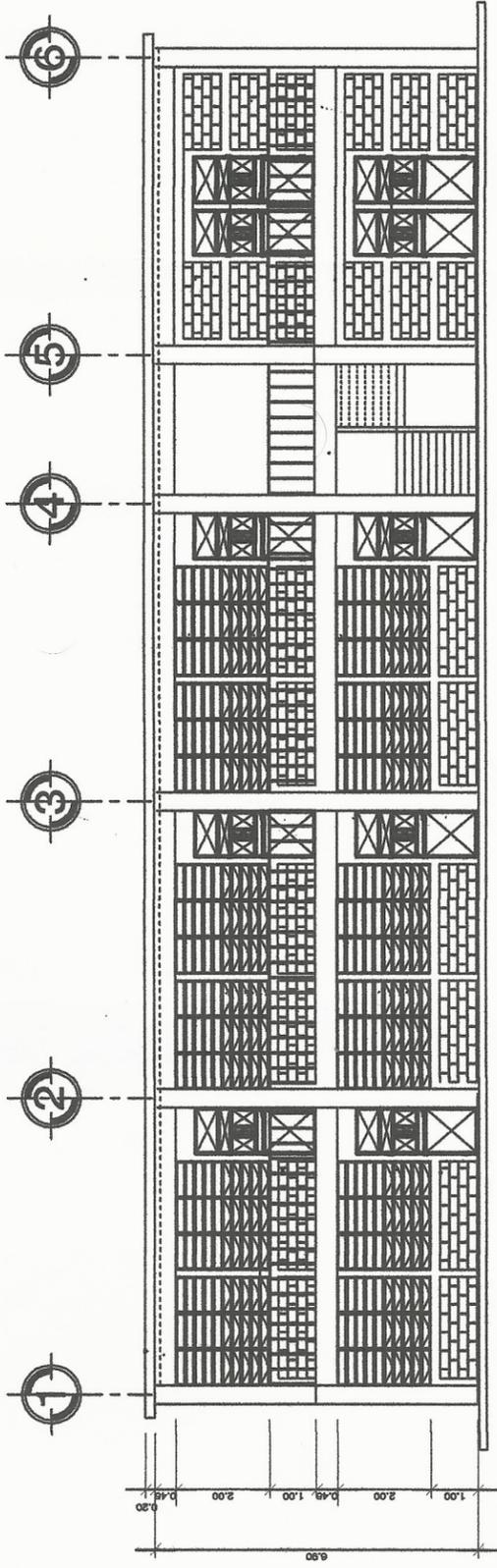
NOTA:
EL DIAMETRO PARA TUBERIA PRINCIPAL SERA DE PVC DE 3/4" Y PARA TUBERIA DE LOS RAMALES HACIA ARTEFACTOS SERA DE PVC DE 1/2"



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:

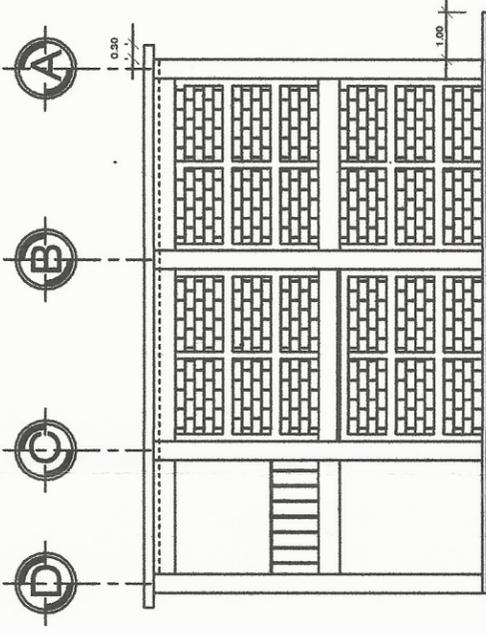
1. La tubería será de cloruro de polivinilo (PVC) que cumpla con la norma ASTM D1785 bajo, cédula 40.
2. La junta de tubería, uniones y conexiones del sistema de distribución serán impermeabilizadas cubriendo la rosca con cinta de teflon antes de acoplarlas.
3. El circuito cerrado de distribución será de PVC 3/4" y en las ramificaciones la tubería será de 1/2".
4. El sistema hidráulico deberá estar a una profundidad no menor de 30 cms a partir del nivel de piso terminado
5. Las válvulas y llaves deberán tener la capacidad de resistir una presión como mínimo de 125 PSI.

		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
PROYECTO: INSTITUTO ANIDO BABIO POR COOPERATIVA FRUITS DE VILA HERMONA	UBICACION: FRUITS DE VILA HERMONA, SAN RAFAEL PETAPA, GUATEMALA	FECHA: 9/12
PLANTA DE INSTALACIONES HIDRAULICAS		
DISEÑADA POR: EDGAR RENE SOBERANIS LOPEZ	C.A.B. N.º: 2012-12936	FOLIO: 9/12
FIRMADO POR: EDGAR RENE SOBERANIS LOPEZ EPS DE INGENIERIA CIVIL		



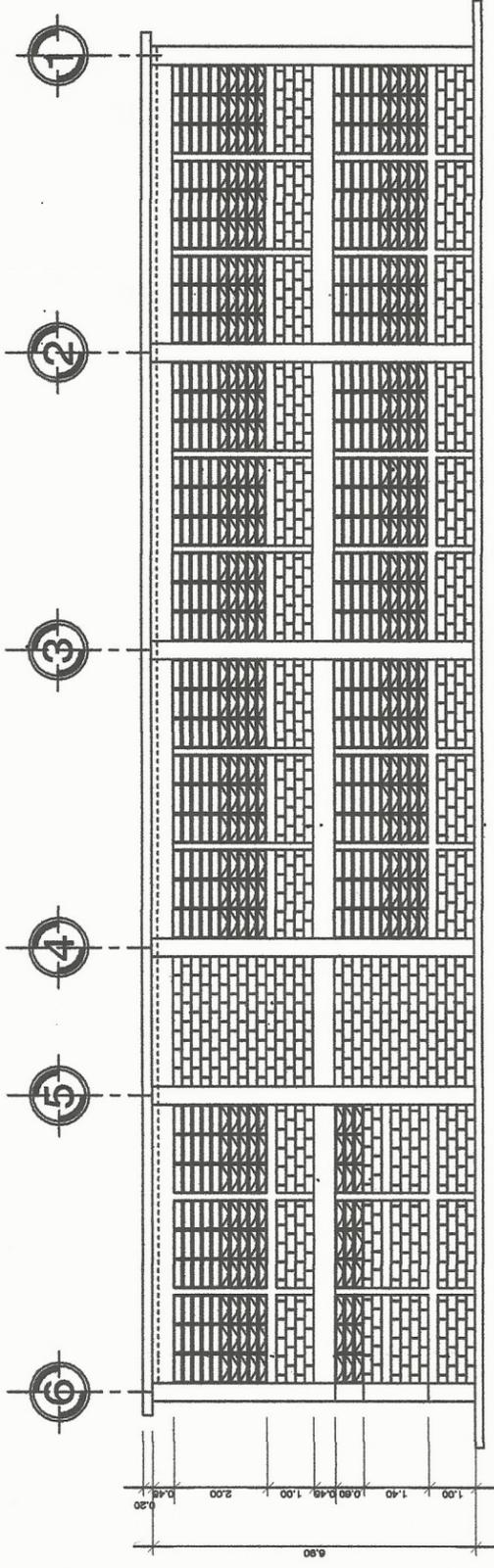
VISTA POSTERIOR

ESCALA: 1/75



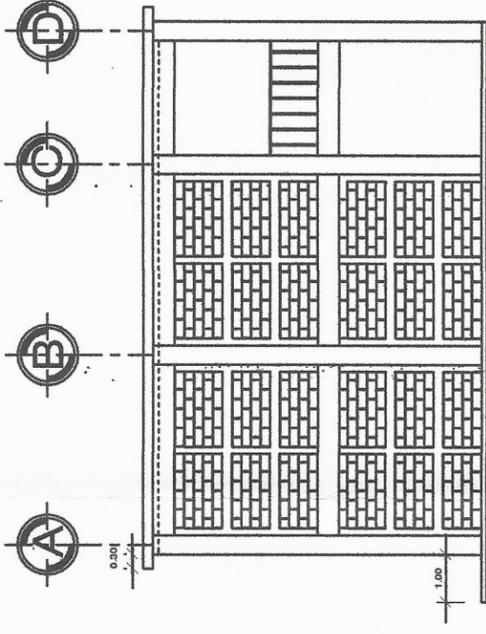
VISTA LATERAL DERECHA

ESCALA: 1/75



VISTA POSTERIOR

ESCALA: 1/75

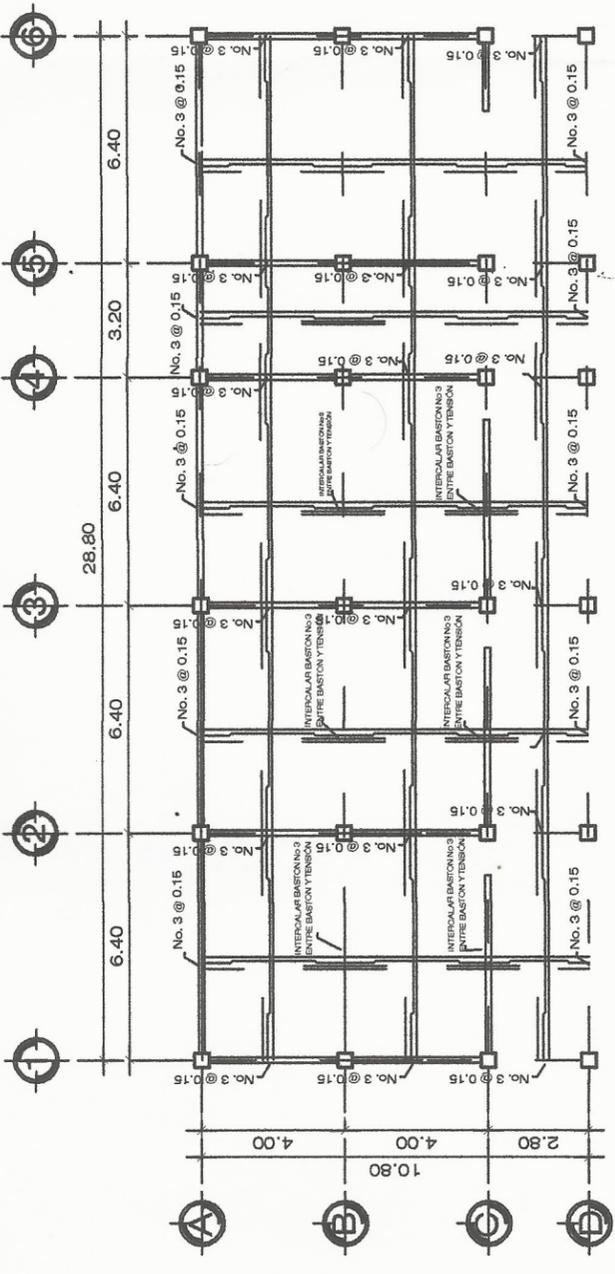


VISTA LATERAL IZQUIERDA

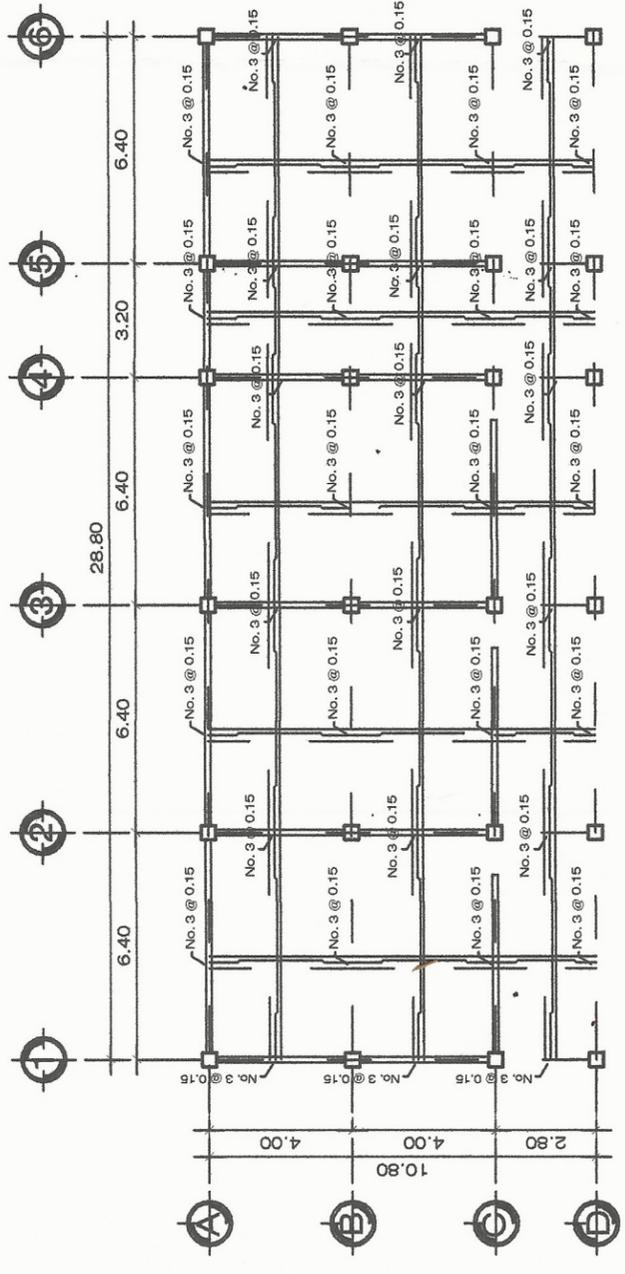
ESCALA: 1/75



			
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO			
PROYECTO: INSTITUTO ANFO BASICO POR COOPERATIVA FIANCOS DE VILLA HERMOZA		DISEÑADOR: EDGAR R. SOBERANIS L.	
EJECUTOR: FIANCOS DE VILA HERMOZA, SAN MIGUEL LETIMIA, GUATEMALA		DISEÑADOR: EDGAR R. SOBERANIS L.	
VISTAS FRONTALES/LATERALES			
CONTENIDO:		ESCALA:	
PRESENTA: EDGAR RENE SOBERANIS LOPEZ		C.A.B.E.: 2012-12936	
NO. DE:		ESCALA:	
EDGAR RENE SOBERANIS LOPEZ EPS DE INGENIEROS CIVILES		19/12	
19 MARTELAJECOO ABOGADA/ARQUITETA ASESOR EN			
FEBRERO / 2019			

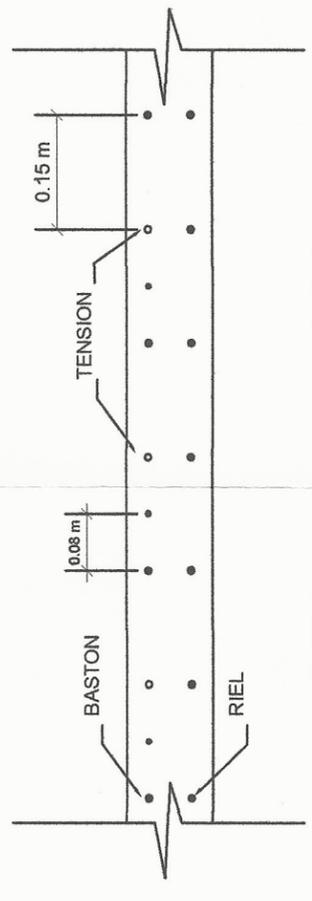


PLANTA LOSA PRIMER NIVEL
ESCALA 1/100



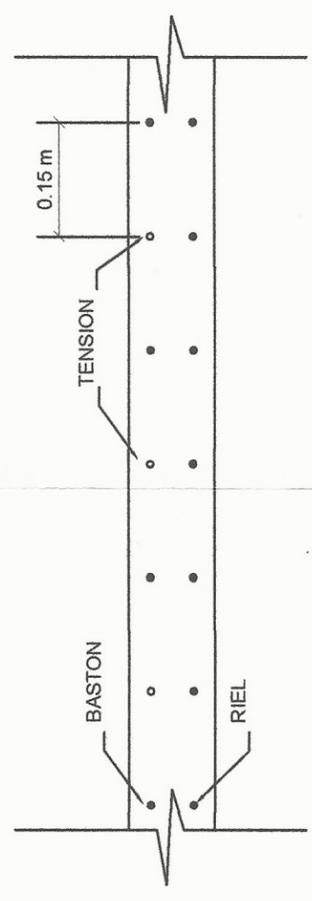
PLANTA LOSA SEGUNDO NIVEL
ESCALA 1/100

VARILLA No.	Ldh. (cms)
3	15
4	15
5	18
6	22
7	25



DETALLE DE LOSA
ESCALA 1/5

Se debiera intercalar un baston No. 3 entre tension y baston, solamente donde el plano lo indique.



DETALLE DE LOSA
ESCALA 1/5

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

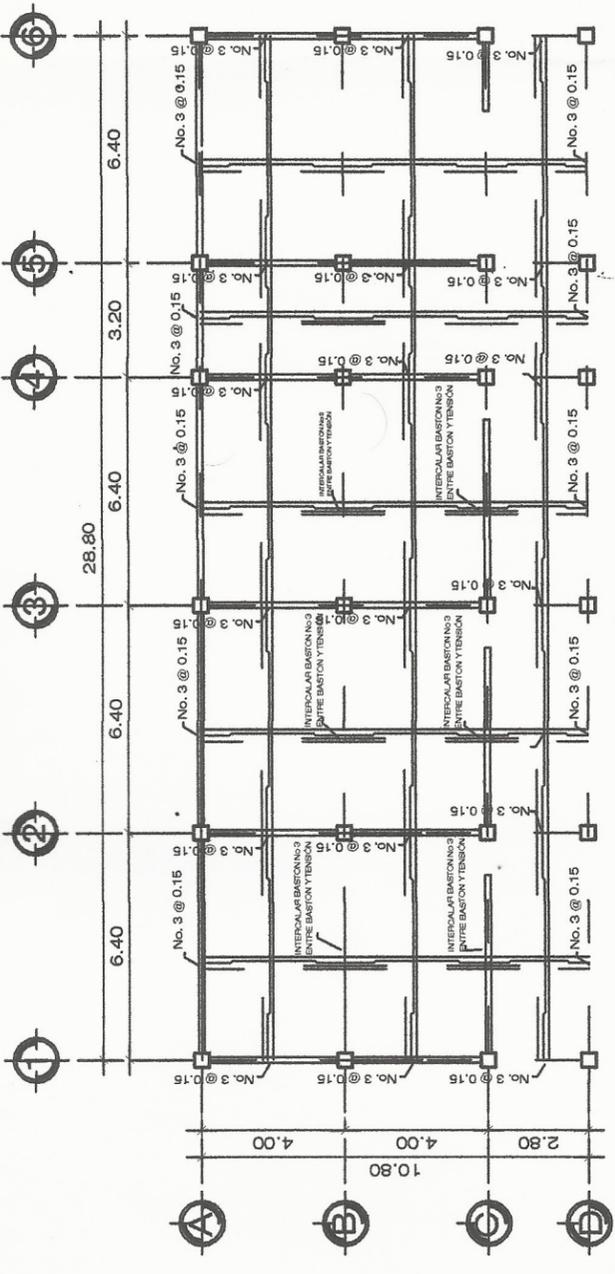
INSTITUTO AMCO DABCO POR COOPERATIVA PRADOS DE VILLA HERGUSA
PRADOS DE VILLA HERGUSA, SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA

CONTENIDO

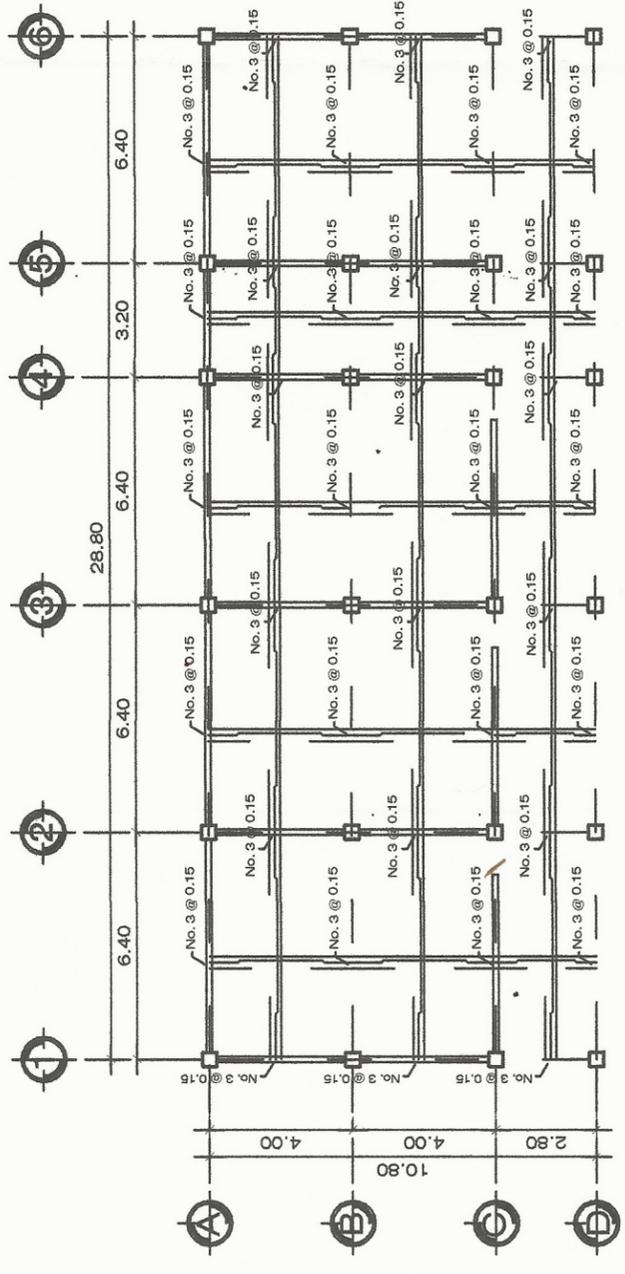
ARMADO DE LOSAS

ESPEJETA: EDGAR RENE SOBERANIS LOPEZ
CARRERA: 2012-1 2936
V.B. [Signature]

FECHA: 11/12
PROYECTO: 12

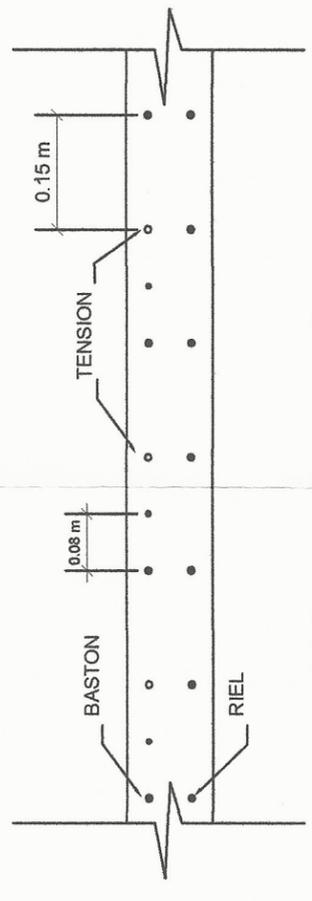


PLANTA LOSA PRIMER NIVEL
ESCALA 1/100



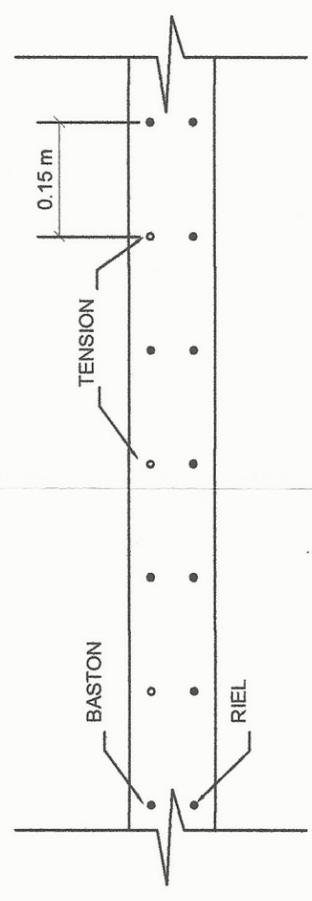
PLANTA LOSA SEGUNDO NIVEL
ESCALA 1/100

VARILLA No.	Ldh. (cms)
3	15
4	15
5	18
6	22
7	25



DETALLE DE LOSA
ESCALA 1/5

Se debera intercalar un baston No. 3 entre tension y baston, solamente donde el plano lo indique.



DETALLE DE LOSA
ESCALA 1/5

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO: INSTITUTO AMGO-BASCO POR COOPERATIVA PRADOS DE VILA HERGOSA
EDIFICIO: PRADOS DE VILA HERGOSA, SAN MIGUEL, PETEN, GUATEMALA

CONTENIDO: ARMADO DE LOSAS

PROFESOR: EDGAR R. SOBERANIS L.

CALCULO: EDGAR R. SOBERANIS L.

DESEO: EDGAR R. SOBERANIS L.

ESCALA: INDICADA

FECHA: FEBRERO 2019

ESPESIA: EDGAR RENE SOBERANIS LOPEZ
No. B. 12-12936

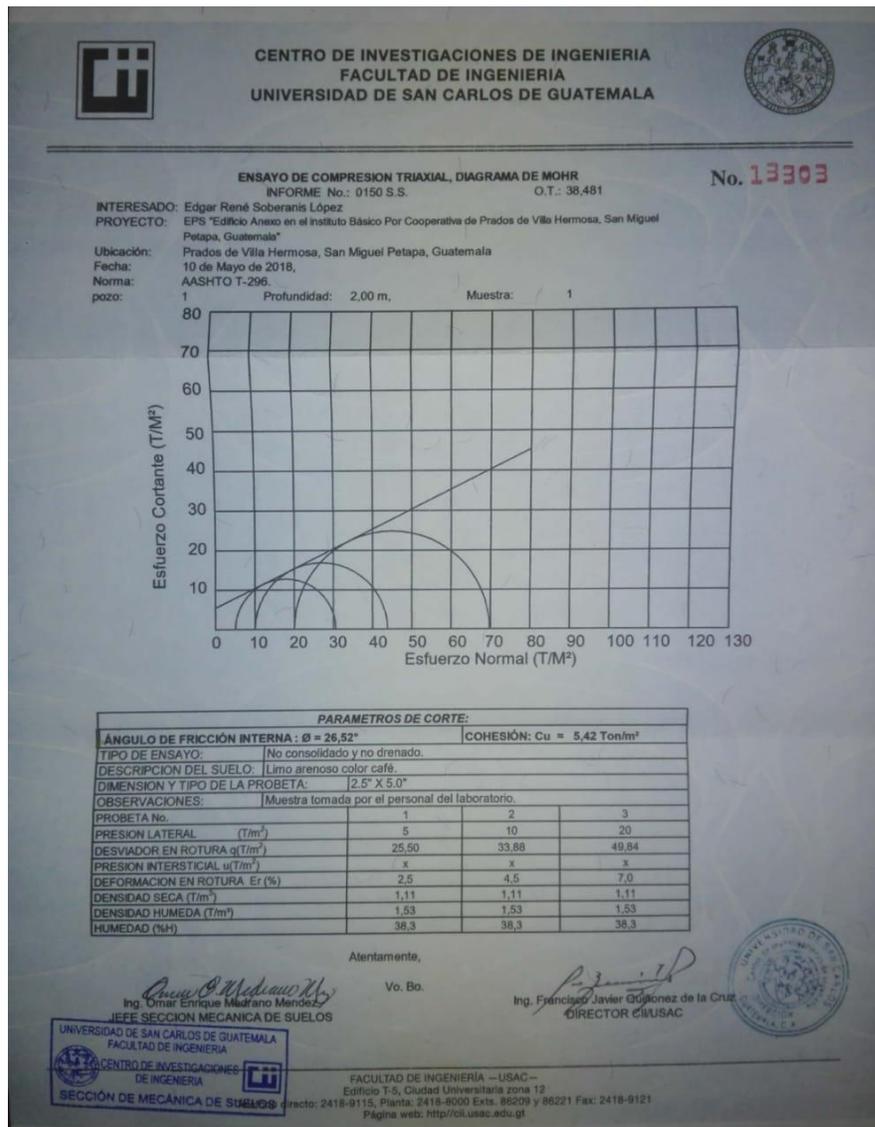
ARMADO DE LOSAS

FECHA: 11/02/2019

EDGAR RENE SOBERANIS LOPEZ
EPS DE INGENIERIA

ANEXOS

Anexo 1. Resultados del ensayo de compresión triaxial para el edificio



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.

Anexo 2. Fe de erratas AGIES



FE DE ERRATAS

Normas de Seguridad Estructural para la República de Guatemala.

Edición "beta" del 11 de junio de 2013

Errores de texto encontrados hasta el 11 de junio de 2013

NSE2-10

- Sección 4.3.3.4 dice $T_s = \frac{S_{lc}}{S_{cr}}$. Debe decir $T_s = \frac{S_{ld}}{S_{cd}}$.

NSE3-10

- Tabla 1-3 inciso 1) dice "... la rigidez lateral es directamente proporcional..." debe decir "... la rigidez lateral es inversamente proporcional..."
- Sección 2.1.2.1 ecuación 2-2b dice $C_s \geq S_{10}/R$ debe cambiarse a $C_s \geq 0.75 * K_i S_{10}/R$
- Sección 2.1.4.1 caso (a) dice "E1", debe decir "E2".
- Sección 2.1.4.1 caso (b) dice "E2", debe decir "E1".
- Sección 2.1.4.1 caso (c) dice "E2", debe decir "E1".
- Sección 2.1.4.1 caso (d) dice "E2", debe decir "E1".
- Sección 2.1.4.1 caso (e) dice "E2", debe decir "E1".

Fuente: AGIES. *Normas de Seguridad Estructural (NSE)*. p. 14.

Anexo 3. Coeficientes para momentos negativos en losas

TABLA 12.3
Coeficientes para momentos negativos en losas^a

$$M_{a,neg} = C_{a,neg} w l_a^2 \quad \text{donde } w = \text{carga muerta más viva uniforme total}$$

$$M_{b,neg} = C_{b,neg} w l_b^2$$

Relación $m = \frac{l_a}{l_b}$	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5	Caso 6	Caso 7	Caso 8	Caso 9
1.00									
$C_{a,neg}$ $C_{b,neg}$		0.045 0.045	0.076	0.050 0.050	0.075	0.071	0.071	0.033 0.061	0.061 0.033
0.95		0.050 0.041	0.072	0.055 0.045	0.079	0.075	0.067	0.038 0.056	0.065 0.029
0.90		0.055 0.037	0.070	0.060 0.040	0.080	0.079	0.062	0.043 0.052	0.068 0.025
0.85		0.060 0.031	0.065	0.066 0.034	0.082	0.083	0.057	0.049 0.046	0.072 0.021
0.80		0.065 0.027	0.061	0.071 0.029	0.083	0.086	0.051	0.055 0.041	0.075 0.017
0.75		0.069 0.022	0.056	0.076 0.024	0.085	0.088	0.044	0.061 0.036	0.078 0.014
0.70		0.074 0.017	0.050	0.081 0.019	0.086	0.091	0.038	0.068 0.029	0.081 0.011
0.65		0.077 0.014	0.043	0.085 0.015	0.087	0.093	0.031	0.074 0.024	0.083 0.008
0.60		0.081 0.010	0.035	0.089 0.011	0.088	0.095	0.024	0.080 0.018	0.085 0.006
0.55		0.084 0.007	0.028	0.092 0.008	0.089	0.096	0.019	0.085 0.014	0.086 0.005
0.50		0.086 0.006	0.022	0.094 0.006	0.090	0.097	0.014	0.089 0.010	0.088 0.003

^a Un borde achurado indica que la losa continúa a través o se encuentra empotrada en el apoyo; un borde sin marcas indica un apoyo donde la resistencia torsional es despreciable.

Fuente: NILSON, Arthur. *Diseño de estructuras de concreto*. p. 378.

Anexo 4. **Coeficientes para momentos positivos debido a carga muerta en losas**

TABLA 12.4
Coeficientes para momentos positivos debidos a carga muerta en losas*

$$M_{a, pos, dl} = C_{a, dl} w l_a^2$$

donde w = carga muerta uniforme total

$$M_{b, pos, dl} = C_{b, dl} w l_b^2$$

Relación $m = \frac{l_a}{l_b}$		Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5	Caso 6	Caso 7	Caso 8	Caso 9
1.00	$C_{a, dl}$	0.036	0.018	0.018	0.027	0.027	0.033	0.027	0.020	0.023
	$C_{b, dl}$	0.036	0.018	0.027	0.027	0.018	0.027	0.033	0.023	0.020
0.95	$C_{a, dl}$	0.040	0.020	0.021	0.030	0.028	0.036	0.031	0.022	0.024
	$C_{b, dl}$	0.033	0.016	0.025	0.024	0.015	0.024	0.031	0.021	0.017
0.90	$C_{a, dl}$	0.045	0.022	0.025	0.033	0.029	0.039	0.035	0.025	0.026
	$C_{b, dl}$	0.029	0.014	0.024	0.022	0.013	0.021	0.028	0.019	0.015
0.85	$C_{a, dl}$	0.050	0.024	0.029	0.036	0.031	0.042	0.040	0.029	0.028
	$C_{b, dl}$	0.026	0.012	0.022	0.019	0.011	0.017	0.025	0.017	0.013
0.80	$C_{a, dl}$	0.056	0.026	0.034	0.039	0.032	0.045	0.045	0.032	0.029
	$C_{b, dl}$	0.023	0.011	0.020	0.016	0.009	0.015	0.022	0.015	0.010
0.75	$C_{a, dl}$	0.061	0.028	0.040	0.043	0.033	0.048	0.051	0.036	0.031
	$C_{b, dl}$	0.019	0.009	0.018	0.013	0.007	0.012	0.020	0.013	0.007
0.70	$C_{a, dl}$	0.068	0.030	0.046	0.046	0.035	0.051	0.058	0.040	0.033
	$C_{b, dl}$	0.016	0.007	0.016	0.011	0.005	0.009	0.017	0.011	0.006
0.65	$C_{a, dl}$	0.074	0.032	0.054	0.050	0.036	0.054	0.065	0.044	0.034
	$C_{b, dl}$	0.013	0.006	0.014	0.009	0.004	0.007	0.014	0.009	0.005
0.60	$C_{a, dl}$	0.081	0.034	0.062	0.053	0.037	0.056	0.073	0.048	0.036
	$C_{b, dl}$	0.010	0.004	0.011	0.007	0.003	0.006	0.012	0.007	0.004
0.55	$C_{a, dl}$	0.088	0.035	0.071	0.056	0.038	0.058	0.081	0.052	0.037
	$C_{b, dl}$	0.008	0.003	0.009	0.005	0.002	0.004	0.009	0.005	0.003
0.50	$C_{a, dl}$	0.095	0.037	0.080	0.059	0.039	0.061	0.089	0.056	0.038
	$C_{b, dl}$	0.006	0.002	0.007	0.004	0.001	0.003	0.007	0.004	0.002

Fuente: NILSON, Arthur. *Diseño de estructuras de concreto*. p. 379.

Anexo 5. **Coefficientes para momentos positivos debido a carga viva en losas**

TABLA 12.5
Coefficientes para momentos positivos debidos a carga viva en losas*

$$M_{a,poz,II} = C_{a,II} w l_a^2$$

donde w = carga viva uniforme total

$$M_{b,poz,II} = C_{b,II} w l_b^2$$

Relación $m = \frac{l_a}{l_b}$	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5	Caso 6	Caso 7	Caso 8	Caso 9
	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
1.00	$C_{a,II}$ 0.036 $C_{b,II}$ 0.036	0.027 0.027	0.027 0.032	0.032 0.032	0.032 0.027	0.035 0.032	0.032 0.035	0.028 0.030	0.030 0.028
0.95	$C_{a,II}$ 0.040 $C_{b,II}$ 0.033	0.030 0.025	0.031 0.029	0.035 0.029	0.034 0.024	0.038 0.029	0.036 0.032	0.031 0.027	0.032 0.025
0.90	$C_{a,II}$ 0.045 $C_{b,II}$ 0.029	0.034 0.022	0.035 0.027	0.039 0.026	0.037 0.021	0.042 0.025	0.040 0.029	0.035 0.024	0.036 0.022
0.85	$C_{a,II}$ 0.050 $C_{b,II}$ 0.026	0.037 0.019	0.040 0.024	0.043 0.023	0.041 0.019	0.046 0.022	0.045 0.026	0.040 0.022	0.039 0.020
0.80	$C_{a,II}$ 0.056 $C_{b,II}$ 0.023	0.041 0.017	0.045 0.022	0.048 0.020	0.044 0.016	0.051 0.019	0.051 0.023	0.044 0.019	0.042 0.017
0.75	$C_{a,II}$ 0.061 $C_{b,II}$ 0.019	0.045 0.014	0.051 0.019	0.052 0.016	0.047 0.013	0.055 0.016	0.056 0.020	0.049 0.016	0.046 0.013
0.70	$C_{a,II}$ 0.068 $C_{b,II}$ 0.016	0.049 0.012	0.057 0.016	0.057 0.014	0.051 0.011	0.060 0.013	0.063 0.017	0.054 0.014	0.050 0.011
0.65	$C_{a,II}$ 0.074 $C_{b,II}$ 0.013	0.053 0.010	0.064 0.014	0.062 0.011	0.055 0.009	0.064 0.010	0.070 0.014	0.059 0.011	0.054 0.009
0.60	$C_{a,II}$ 0.081 $C_{b,II}$ 0.010	0.058 0.007	0.071 0.011	0.067 0.009	0.059 0.007	0.068 0.008	0.077 0.011	0.065 0.009	0.059 0.007
0.55	$C_{a,II}$ 0.088 $C_{b,II}$ 0.008	0.062 0.006	0.080 0.009	0.072 0.007	0.063 0.005	0.073 0.006	0.085 0.009	0.070 0.007	0.063 0.006
0.50	$C_{a,II}$ 0.095 $C_{b,II}$ 0.006	0.066 0.004	0.088 0.007	0.077 0.005	0.067 0.004	0.078 0.005	0.092 0.007	0.076 0.005	0.067 0.004

Fuente: NILSON, Arthur. *Diseño de estructuras de concreto*. p. 380.

Anexo 6. Elementos hidráulicos de una alcantarilla de sección transversal circular

31

SIN CORRECCION POR VARIACIONES EN ESPERZA CON LA PROFUNDIDAD)

d/D	a/A	v/V	Q/Q	d/D	a/A	v/V	Q/Q	d/D	a/A	v/V	Q/Q
0.451	0.437711	0.925346	0.418166	0.526	0.533089	1.021221	0.544402	0.601	0.627717	1.073021	0.673554
0.452	0.438979	0.956330	0.419804	0.527	0.534361	1.022003	0.546118	0.602	0.628954	1.073617	0.675267
0.453	0.440246	0.957290	0.421443	0.528	0.535632	1.022783	0.547836	0.603	0.630210	1.074211	0.676979
0.454	0.441514	0.958258	0.423084	0.529	0.536903	1.023561	0.549553	0.604	0.631456	1.074803	0.678691
0.455	0.442782	0.959224	0.424727	0.53	0.538174	1.024336	0.551271	0.605	0.632701	1.075392	0.680401
0.456	0.444050	0.960187	0.426371	0.531	0.539445	1.025108	0.552990	0.606	0.633945	1.075978	0.682112
0.457	0.445318	0.961147	0.428014	0.532	0.540716	1.025879	0.554709	0.607	0.635190	1.076562	0.683821
0.458	0.446587	0.962104	0.429657	0.533	0.541986	1.026646	0.556428	0.608	0.636433	1.077144	0.685530
0.459	0.447856	0.963059	0.431312	0.534	0.543257	1.027411	0.558148	0.609	0.637674	1.077723	0.687238
0.46	0.449125	0.964012	0.432962	0.535	0.544527	1.028173	0.559866	0.61	0.638914	1.078300	0.688945
0.461	0.450394	0.964962	0.434613	0.536	0.545797	1.028933	0.561589	0.611	0.640160	1.078874	0.690652
0.462	0.451664	0.965909	0.436266	0.537	0.547067	1.029691	0.563310	0.612	0.641401	1.079445	0.692357
0.463	0.452933	0.966853	0.437920	0.538	0.548336	1.030446	0.565031	0.613	0.642642	1.080014	0.694062
0.464	0.454203	0.967795	0.439576	0.539	0.549606	1.031198	0.566753	0.614	0.643882	1.080581	0.695766
0.465	0.455473	0.968735	0.441233	0.54	0.550875	1.031949	0.568475	0.615	0.645121	1.081145	0.697469
0.466	0.456743	0.969672	0.442891	0.541	0.552144	1.032696	0.570197	0.616	0.646360	1.081706	0.699172
0.467	0.458014	0.970606	0.444551	0.542	0.553413	1.033441	0.571920	0.617	0.647598	1.082268	0.700873
0.468	0.459284	0.971538	0.446212	0.543	0.554682	1.034184	0.573643	0.618	0.648836	1.082822	0.702573
0.469	0.460555	0.972467	0.447874	0.544	0.555950	1.034924	0.575366	0.619	0.650073	1.083376	0.704273
0.47	0.461826	0.973393	0.449538	0.545	0.557218	1.035662	0.577090	0.62	0.651309	1.083927	0.705972
0.471	0.463097	0.974317	0.451203	0.546	0.558486	1.036397	0.578814	0.621	0.652545	1.084476	0.707669
0.472	0.464368	0.975238	0.452869	0.547	0.559754	1.037130	0.580538	0.622	0.653780	1.085025	0.709364
0.473	0.465639	0.976157	0.454537	0.548	0.561021	1.037860	0.582262	0.623	0.655014	1.085567	0.711052
0.474	0.466911	0.977074	0.456206	0.549	0.562289	1.038588	0.583986	0.624	0.656248	1.086108	0.712737
0.475	0.468182	0.977987	0.457876	0.55	0.563556	1.039313	0.585711	0.625	0.657481	1.086647	0.714420
0.476	0.469454	0.978898	0.459548	0.551	0.564822	1.040036	0.587436	0.626	0.658714	1.087184	0.716103
0.477	0.470726	0.979807	0.461220	0.552	0.566089	1.040756	0.589161	0.627	0.659945	1.087718	0.717784
0.478	0.472000	0.980713	0.462894	0.553	0.567355	1.041474	0.590886	0.628	0.661177	1.088249	0.719462
0.479	0.473270	0.981616	0.464569	0.554	0.568621	1.042190	0.592611	0.629	0.662407	1.088778	0.721134
0.48	0.474542	0.982517	0.466246	0.555	0.569887	1.042903	0.594336	0.63	0.663637	1.089305	0.722802
0.481	0.475814	0.983415	0.467923	0.556	0.571152	1.043613	0.596062	0.631	0.664866	1.089829	0.724462
0.482	0.477087	0.984311	0.469602	0.557	0.572417	1.044321	0.597787	0.632	0.666094	1.090350	0.726126
0.483	0.478359	0.985204	0.471281	0.558	0.573682	1.045027	0.599513	0.633	0.667322	1.090869	0.727784
0.484	0.479632	0.986095	0.472962	0.559	0.574946	1.045730	0.601238	0.634	0.668549	1.091385	0.729435
0.485	0.480904	0.986983	0.474644	0.56	0.576211	1.046430	0.602964	0.635	0.669775	1.091899	0.731077
0.486	0.482177	0.987869	0.476327	0.561	0.577475	1.047128	0.604690	0.636	0.671001	1.092410	0.732708
0.487	0.483450	0.988752	0.478011	0.562	0.578738	1.047824	0.606416	0.637	0.672226	1.092919	0.734326
0.488	0.484723	0.989632	0.479697	0.563	0.580001	1.048517	0.608141	0.638	0.673450	1.093425	0.735935
0.489	0.485995	0.990510	0.481383	0.564	0.581264	1.049208	0.609867	0.639	0.674673	1.093929	0.737534
0.49	0.487268	0.991385	0.483071	0.565	0.582527	1.049896	0.611593	0.64	0.675896	1.094430	0.739121
0.491	0.488541	0.992258	0.484759	0.566	0.583789	1.050582	0.613318	0.641	0.677118	1.094928	0.740696
0.492	0.489815	0.993129	0.486449	0.567	0.585051	1.051265	0.615044	0.642	0.678339	1.095424	0.742261
0.493	0.491088	0.993996	0.488139	0.568	0.586313	1.051946	0.616769	0.643	0.679559	1.095919	0.743814
0.494	0.492361	0.994862	0.489831	0.569	0.587574	1.052624	0.618494	0.644	0.680779	1.096409	0.745354
0.495	0.493634	0.995724	0.491523	0.57	0.588835	1.053300	0.620219	0.645	0.681998	1.096897	0.746882
0.496	0.494907	0.996585	0.493217	0.571	0.590095	1.053973	0.621944	0.646	0.683216	1.097383	0.748400
0.497	0.496180	0.997442	0.494911	0.572	0.591355	1.054644	0.623669	0.647	0.684434	1.097866	0.750000
0.498	0.497454	0.998297	0.496607	0.573	0.592615	1.055312	0.625394	0.648	0.685650	1.098345	0.751582
0.499	0.498727	0.999150	0.498303	0.574	0.593875	1.055978	0.627119	0.649	0.686866	1.098825	0.753146
0.5	0.500000	1.000000	0.500000	0.575	0.595134	1.056642	0.628843	0.65	0.688081	1.099301	0.754696
0.501	0.501273	1.000848	0.501698	0.576	0.596392	1.057302	0.630567	0.651	0.689295	1.099774	0.756236
0.502	0.502546	1.001693	0.503397	0.577	0.597651	1.057961	0.632291	0.652	0.690509	1.100245	0.757767
0.503	0.503820	1.002535	0.505097	0.578	0.598909	1.058617	0.634015	0.653	0.691721	1.100713	0.759287
0.504	0.505093	1.003375	0.506798	0.579	0.600166	1.059271	0.635738	0.654	0.692933	1.101178	0.760794
0.505	0.506366	1.004213	0.508500	0.58	0.601423	1.059922	0.637461	0.655	0.694144	1.101641	0.762298
0.506	0.507639	1.005050	0.510201	0.581	0.602680	1.060570	0.639184	0.656	0.695354	1.102101	0.763791
0.507	0.508912	1.005880	0.511905	0.582	0.603936	1.061216	0.640906	0.657	0.696563	1.102559	0.765273
0.508	0.510185	1.006710	0.513609	0.583	0.605192	1.061860	0.642629	0.658	0.697772	1.103014	0.766745
0.509	0.511459	1.007537	0.515314	0.584	0.606447	1.062501	0.644350	0.659	0.698979	1.103467	0.768206
0.51	0.512732	1.008362	0.517019	0.585	0.607702	1.063140	0.646072	0.66	0.700186	1.103917	0.769657
0.511	0.514005	1.009185	0.518726	0.586	0.608956	1.063776	0.647793	0.661	0.701392	1.104366	0.771097
0.512	0.515277	1.010005	0.520433	0.587	0.610210	1.064410	0.649514	0.662	0.702597	1.104813	0.772526
0.513	0.516550	1.010822	0.522140	0.588	0.611464	1.065041	0.651234	0.663	0.703801	1.105255	0.773945
0.514	0.517823	1.011637	0.523849	0.589	0.612717	1.065670	0.652954	0.664	0.705004	1.105691	0.775354
0.515	0.519096	1.012448	0.525558	0.59	0.613970	1.066296	0.654673	0.665	0.706207	1.106128	0.776753
0.516	0.520368	1.013257	0.527266	0.591	0.615222	1.066920	0.656392	0.666	0.707408	1.106563	0.778142
0.517	0.521641	1.014067	0.528979	0.592	0.616474	1.067541	0.658111	0.667	0.708609	1.106995	0.779521
0.518	0.522913	1.014872	0.530690	0.593	0.617725	1.068160	0.659829	0.668	0.709808	1.107424	0.780890
0.519	0.524186	1.015674	0.532402	0.594	0.618976	1.068776	0.661546	0.669	0.711007	1.107851	0.782249
0.52	0.525458	1.016474	0.534114	0.595	0.620226	1.069390	0.663263	0.67	0.712205	1.108275	0.783598
0.521	0.526730	1.017271	0.535828	0.596	0.621476	1.070001	0.664979	0.671	0.713402	1.108696	0.784946
0.522	0.528002	1.018066	0.537541	0.597	0.622725	1.070609	0.666696	0.672	0.714598	1.109115	0.786285
0.523	0.529274	1.018859	0.539256	0.598	0.623974	1.071217	0.668411	0.673	0.715793	1.109532	0.787614
0.524	0.530546	1.019649	0.540970	0.599	0.625222	1.071821	0.670126	0.674	0.716987	1.109945	0.788943
0.525	0.531818	1.020436	0.542686	0.6	0.626470	1.072422	0.671840	0.675	0.718180	1.110356	0.790272

Hoja 3

Fuente: CHAY PÉREZ, Fabian Estuardo. Normas generales para el diseño de alcantarillados.

Anexo 7. Elementos hidráulicos de una alcantarilla de sección transversal circular

SIN CORRECCION POR VARIACIONES EN ESPEREA CON LA PROFUNDIDAD)

31

d/D	a/A	v/V	Q/Q	d/D	a/A	v/V	Q/Q	d/D	a/A	v/V	Q/Q
0.451	0.437711	0.955346	0.418166	0.526	0.533089	1.021221	0.544402	0.601	0.627717	1.073021	0.672354
0.452	0.438979	0.956320	0.419804	0.527	0.534361	1.022003	0.546118	0.602	0.628964	1.073617	0.672967
0.453	0.440246	0.957290	0.421443	0.528	0.535632	1.022783	0.547836	0.603	0.630210	1.074211	0.673579
0.454	0.441514	0.958258	0.423084	0.529	0.536903	1.023561	0.549553	0.604	0.631456	1.074803	0.674191
0.455	0.442782	0.959224	0.424727	0.53	0.538174	1.024336	0.551271	0.605	0.632701	1.075392	0.674804
0.456	0.444050	0.960187	0.426371	0.531	0.539445	1.025108	0.552989	0.606	0.633945	1.075978	0.675417
0.457	0.445318	0.961147	0.428016	0.532	0.540716	1.025878	0.554707	0.607	0.635189	1.076562	0.676030
0.458	0.446587	0.962104	0.429663	0.533	0.541986	1.026646	0.556425	0.608	0.636433	1.077144	0.676643
0.459	0.447856	0.963059	0.431312	0.534	0.543257	1.027411	0.558144	0.609	0.637676	1.077723	0.677256
0.46	0.449125	0.964012	0.432962	0.535	0.544527	1.028173	0.559862	0.61	0.638918	1.078300	0.677869
0.461	0.450394	0.964962	0.434613	0.536	0.545797	1.028933	0.561589	0.611	0.640160	1.078874	0.678482
0.462	0.451664	0.965909	0.436266	0.537	0.547067	1.029691	0.563310	0.612	0.641401	1.079445	0.679095
0.463	0.452933	0.966853	0.437920	0.538	0.548336	1.030446	0.565031	0.613	0.642642	1.080014	0.679708
0.464	0.454203	0.967795	0.439576	0.539	0.549606	1.031198	0.566751	0.614	0.643882	1.080581	0.680321
0.465	0.455473	0.968735	0.441233	0.54	0.550875	1.031949	0.568472	0.615	0.645121	1.081145	0.680934
0.466	0.456743	0.969672	0.442891	0.541	0.552144	1.032696	0.570193	0.616	0.646360	1.081706	0.681547
0.467	0.458014	0.970606	0.444551	0.542	0.553413	1.033441	0.571913	0.617	0.647599	1.082262	0.682160
0.468	0.459284	0.971538	0.446212	0.543	0.554682	1.034184	0.573634	0.618	0.648838	1.082817	0.682773
0.469	0.460555	0.972467	0.447874	0.544	0.555950	1.034924	0.575356	0.619	0.650077	1.083372	0.683386
0.47	0.461826	0.973393	0.449538	0.545	0.557218	1.035662	0.577079	0.62	0.651315	1.083927	0.684000
0.471	0.463097	0.974317	0.451203	0.546	0.558486	1.036397	0.578801	0.621	0.652554	1.084481	0.684613
0.472	0.464368	0.975238	0.452869	0.547	0.559754	1.037130	0.580523	0.622	0.653792	1.085035	0.685227
0.473	0.465639	0.976157	0.454537	0.548	0.561021	1.037860	0.582245	0.623	0.655030	1.085589	0.685840
0.474	0.466911	0.977074	0.456206	0.549	0.562289	1.038588	0.583966	0.624	0.656268	1.086142	0.686454
0.475	0.468182	0.977987	0.457876	0.55	0.563556	1.039313	0.585687	0.625	0.657506	1.086695	0.687068
0.476	0.469454	0.978898	0.459548	0.551	0.564822	1.040036	0.587408	0.626	0.658744	1.087248	0.687682
0.477	0.470726	0.979807	0.461220	0.552	0.566089	1.040756	0.589129	0.627	0.659982	1.087800	0.688296
0.478	0.471998	0.980713	0.462894	0.553	0.567355	1.041474	0.590849	0.628	0.661220	1.088352	0.688910
0.479	0.473270	0.981618	0.464569	0.554	0.568621	1.042190	0.592571	0.629	0.662458	1.088903	0.689524
0.48	0.474542	0.982521	0.466246	0.555	0.569887	1.042903	0.594293	0.63	0.663696	1.089454	0.690138
0.481	0.475814	0.983425	0.467923	0.556	0.571152	1.043613	0.596015	0.631	0.664934	1.090005	0.690752
0.482	0.477087	0.984328	0.469602	0.557	0.572417	1.044321	0.597737	0.632	0.666172	1.090556	0.691366
0.483	0.478359	0.985230	0.471281	0.558	0.573682	1.045027	0.599459	0.633	0.667410	1.091107	0.691980
0.484	0.479632	0.986132	0.472962	0.559	0.574946	1.045730	0.601181	0.634	0.668648	1.091658	0.692594
0.485	0.480904	0.987033	0.474644	0.56	0.576211	1.046433	0.602903	0.635	0.669886	1.092209	0.693208
0.486	0.482177	0.987933	0.476327	0.561	0.577475	1.047133	0.604625	0.636	0.671124	1.092760	0.693822
0.487	0.483450	0.988832	0.478012	0.562	0.578738	1.047831	0.606347	0.637	0.672362	1.093311	0.694436
0.488	0.484723	0.989730	0.479699	0.563	0.580001	1.048527	0.608069	0.638	0.673600	1.093862	0.695050
0.489	0.485995	0.990628	0.481383	0.564	0.581264	1.049220	0.609791	0.639	0.674838	1.094413	0.695664
0.49	0.487268	0.991525	0.483071	0.565	0.582527	1.049910	0.611513	0.64	0.676076	1.094964	0.696278
0.491	0.488541	0.992422	0.484759	0.566	0.583789	1.050598	0.613235	0.641	0.677314	1.095515	0.696892
0.492	0.489815	0.993319	0.486449	0.567	0.585051	1.051285	0.614957	0.642	0.678552	1.096066	0.697506
0.493	0.491088	0.994215	0.488139	0.568	0.586313	1.051970	0.616679	0.643	0.679790	1.096617	0.698120
0.494	0.492361	0.995110	0.489831	0.569	0.587574	1.052654	0.618401	0.644	0.681028	1.097168	0.698734
0.495	0.493634	0.996005	0.491523	0.57	0.588835	1.053336	0.620123	0.645	0.682266	1.097719	0.699348
0.496	0.494907	0.996900	0.493217	0.571	0.590095	1.054017	0.621845	0.646	0.683504	1.098270	0.699962
0.497	0.496180	0.997794	0.494911	0.572	0.591355	1.054697	0.623567	0.647	0.684742	1.098821	0.700576
0.498	0.497454	0.998687	0.496607	0.573	0.592615	1.055376	0.625289	0.648	0.685980	1.099372	0.701190
0.499	0.498727	0.999580	0.498303	0.574	0.593875	1.056054	0.627011	0.649	0.687218	1.099923	0.701804
0.5	0.500000	1.000000	0.500000	0.575	0.595134	1.056731	0.628733	0.65	0.688456	1.100474	0.702418
0.501	0.501273	1.000848	0.501698	0.576	0.596392	1.057407	0.630455	0.651	0.689694	1.101025	0.703032
0.502	0.502546	1.001693	0.503297	0.577	0.597651	1.058082	0.632177	0.652	0.690932	1.101576	0.703646
0.503	0.503820	1.002535	0.504896	0.578	0.598909	1.058756	0.633900	0.653	0.692170	1.102127	0.704260
0.504	0.505093	1.003375	0.506495	0.579	0.599866	1.059427	0.635623	0.654	0.693408	1.102678	0.704874
0.505	0.506367	1.004215	0.508094	0.58	0.601423	1.060092	0.637345	0.655	0.694646	1.103229	0.705488
0.506	0.507640	1.005054	0.510202	0.581	0.602680	1.060754	0.639067	0.656	0.695884	1.103780	0.706102
0.507	0.508912	1.005890	0.511905	0.582	0.603936	1.061415	0.640789	0.657	0.697122	1.104331	0.706716
0.508	0.510185	1.006727	0.513609	0.583	0.605192	1.062074	0.642511	0.658	0.698360	1.104882	0.707330
0.509	0.511459	1.007563	0.515314	0.584	0.606447	1.062731	0.644233	0.659	0.699598	1.105433	0.707944
0.51	0.512732	1.008398	0.517019	0.585	0.607702	1.063387	0.645955	0.66	0.700836	1.105984	0.708558
0.511	0.514005	1.009232	0.518726	0.586	0.608956	1.064041	0.647677	0.661	0.702074	1.106535	0.709172
0.512	0.515277	1.010065	0.520433	0.587	0.610210	1.064693	0.649400	0.662	0.703312	1.107086	0.709786
0.513	0.516550	1.010897	0.522140	0.588	0.611464	1.065344	0.651122	0.663	0.704550	1.107637	0.710400
0.514	0.517823	1.011728	0.523849	0.589	0.612717	1.065992	0.652845	0.664	0.705788	1.108188	0.711014
0.515	0.519096	1.012558	0.525558	0.59	0.613970	1.066637	0.654567	0.665	0.707026	1.108739	0.711628
0.516	0.520368	1.013389	0.527266	0.591	0.615222	1.067280	0.656290	0.666	0.708264	1.109290	0.712242
0.517	0.521641	1.014219	0.528975	0.592	0.616474	1.067921	0.658013	0.667	0.709502	1.109841	0.712856
0.518	0.522913	1.015048	0.530684	0.593	0.617725	1.068561	0.659735	0.668	0.710740	1.110392	0.713470
0.519	0.524186	1.015877	0.532393	0.594	0.618976	1.069200	0.661457	0.669	0.711978	1.110943	0.714084
0.52	0.525458	1.016705	0.534104	0.595	0.620226	1.069838	0.663180	0.67	0.713216	1.111494	0.714698
0.521	0.526730	1.017532	0.535815	0.596	0.621476	1.070475	0.664903	0.671	0.714454	1.112045	0.715312
0.522	0.528002	1.018359	0.537526	0.597	0.622725	1.071111	0.666626	0.672	0.715692	1.112596	0.715926
0.523	0.529274	1.019185	0.539236	0.598	0.623974	1.071746	0.668349	0.673	0.716930	1.113147	0.716540
0.524	0.530546	1.020010	0.540947	0.599	0.625222	1.072380	0.670072	0.674	0.718168	1.113698	0.717154
0.525	0.531818	1.020836	0.542658	0.6	0.626470	1.073013	0.671800	0.675	0.719406	1.114249	0.717768

Hoja 3

Fuente: CHAY PÉREZ, Fabian Estuardo. Normas generales para el diseño de alcantarillados.

