



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

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL
CANTÓN CALVARIO Y DISEÑO DE LA ESCUELA OFICIAL RURAL MIXTA
DE LA ALDEA COPA, SAN MIGUEL ACATÁN, HUEHUETENANGO**

William Orlando Chay Pérez

Asesorado por el Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta

Guatemala, noviembre de 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL
CANTÓN CALVARIO Y DISEÑO DE LA ESCUELA OFICIAL RURAL MIXTA
DE LA ALDEA COPA, SAN MIGUEL ACATÁN, HUEHUETENANGO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

WILLIAM ORLANDO CHAY PÉREZ

ASESORADO POR EL ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA OCHAETA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Ronald Estuardo Galindo Rivera
EXAMINADOR	Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta
EXAMINADOR	Ing. Juan Merck Cos
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL CANTÓN CALVARIO Y DISEÑO DE LA ESCUELA OFICIAL RURAL MIXTA DE LA ALDEA COPA, SAN MIGUEL ACATÁN, HUEHUETENANGO

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 11 de mayo de 2010.

William Orlando Chay Pérez



Guatemala, 08 de agosto de 2011
REF.EPS.DOC.1174.08.11

Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano
Directora Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimada Ingeniera Sarmiento Zeceña.

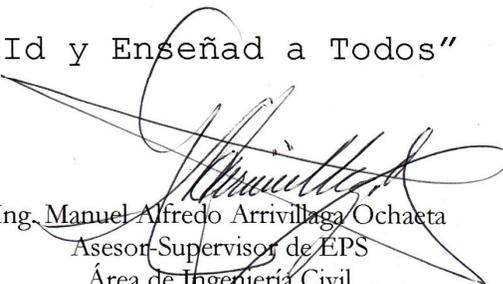
Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **William Orlando Chay Pérez** de la Carrera de Ingeniería Civil, con carné No. **199919438**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **“DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL CANTÓN CALVARIO Y DISEÑO DE LA ESCUELA OFICIAL RURAL MIXTA DE LA ALDEA COPA, SAN MIGUEL ACATÁN, HUEHUETENANGO”**.

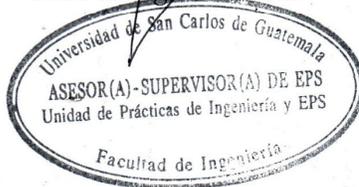
En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

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



Guatemala, 14 de septiembre de 2011
REF.EPS.D.827.09.11

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

Estimado Ingeniero Montenegro Franco.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL CANTÓN CALVARIO Y DISEÑO DE LA ESCUELA OFICIAL RURAL MIXTA DE LA ALDEA COPA, SAN MIGUEL ACATÁN, HUEHUETENANGO"** que fue desarrollado por el estudiante universitario **William Orlando Chay Pérez**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta.

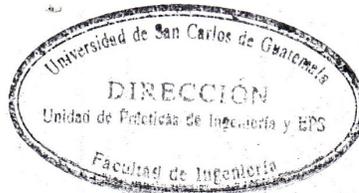
Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor -Supervisor de EPS, en mi calidad de Directora apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"


Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano
Directora Unidad de EPS

NISZ/ra





UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
www.ingenieria-usac.edu.gt



Guatemala,
7 de septiembre de 2011

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

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL CANTÓN CALVARIO Y DISEÑO DE LA ESCUELA OFICIAL RURAL MIXTA DE LA ALDEA COPA, SAN MIGUEL ACATÁN, HUEHUETENANGO, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil William Orlando Chay Pérez, 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

/bbdeb.

Más de 130 Años de Trabajo Académico y Mejora Continua





UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
www.ingenieria-usac.edu.gt



Guatemala,
10 de agosto de 2011

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

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL CANTÓN CALVARIO Y DISEÑO DE LA ESCUELA OFICIAL RURAL MIXTA DE LA ALDEA COPA, SAN MIGUEL ACATÁN, HUEHUETENANGO**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil William Orlando Chay Pérez, 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. Rafael Enrique Morales Ochoa
Revisor por el Departamento de Hidráulica



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
HIDRAULICA
USAC

/bbdeb.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
www.ingenieria-usac.edu.gt



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta y de la Coordinadora de E.P.S. Inga. Norma Ileana Sarmientos Zeceña, al trabajo de graduación del estudiante William Orlando Chay Pérez, titulado DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL CANTÓN CALVARIO Y DISEÑO DE LA ESCUELA OFICIAL RURAL MIXTA DE LA ALDEA COPA, SAN MIGUEL ACATÁN, HUEHUETENANGO, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.


Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, noviembre de 2011

/bbdeb.

Más de 130^{Años} de Trabajo Académico y Mejora Continua





El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al trabajo de graduación titulado **DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL CANTÓN CALVARIO Y DISEÑO DE LA ESCUELA OFICIAL RURAL MIXTA DE LA ALDEA COPA, SAN MIGUEL ACATÁN, HUEHUETENANGO**, presentado por el estudiante universitario **William Orlando Chay Pérez**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos
Decano



Guatemala, noviembre de 2011

/cc

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por haberme dado la sabiduría, perseverancia y fortaleza para alcanzar este triunfo.
- Mis padres** Francisco Enrique Chay Martínez y Maritza Pérez Martínez, por el gran amor y apoyo incondicional que siempre me han brindado y con el cual he logrado terminar mi carrera profesional, siendo la herencia más valiosa que pudiera recibir.
- Mi prometida** Ana Francisca, por su paciencia, comprensión y amor.
- Mis hermanas y sobrina** Gladys Elizabeth, Silvia Angelina, Vilma Amarilis y Sofía Odalys, por el cariño y apoyo que siempre me han dado.
- Toda mi familia** Por sus palabras de aliento y buenos deseos, y en especial a mi familia que reside en el departamento de Huehuetenango.
- Mis amigos** Por su amistad y apoyo durante todo este tiempo, el cual está repleto de experiencias memorables.

AGRADECIMIENTOS A:

**Ing. Manuel Alfredo
Arrivillaga Ochaeta**

Por compartir sus conocimientos y experiencias en el ámbito profesional, además de brindarme la asesoría necesaria para realizar mi trabajo de graduación.

**La Municipalidad de
San Miguel Acatán**

Por la confianza que depositaron en mi persona y la colaboración para el desarrollo de mi Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.)

**La Facultad de
Ingeniería**

Por haber permitido mi formación académica.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO	XVII
RESUMEN.....	XXIII
OBJETIVOS.....	XXV
INTRODUCCIÓN	XXVII
1. MONOGRAFÍA DEL MUNICIPIO DE SAN MIGUEL ACATÁN, HUEHUETENANGO	
1.1. Antecedentes históricos.....	1
1.2. Aspectos físicos.....	2
1.2.1. Extensión territorial, latitud, longitud y altitud	2
1.2.2. Ubicación geográfica.....	2
1.2.3. Límites y colindancias	4
1.2.4. Población	5
1.2.5. Clima.....	5
1.2.6. Actividades económicas.....	5
1.2.7. Organización político - administrativa.....	6
1.2.8. Idioma	8
1.2.9. Fisiografía	8
1.2.9.1. Relieve del suelo	8
1.2.9.2. Accidentes geográficos	9
1.2.10. Evaluación de servicios existentes.....	9
1.2.11. Organización comunitaria.....	10
1.2.12. Presencia institucional.....	11

2.	DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL CANTÓN CALVARIO DE LA CABECERA MUNICIPAL DE SAN MIGUEL ACATÁN, HUEHUETENANGO	
2.1.	Descripción del proyecto	13
2.2.	Estudios topográficos	13
2.2.1.	Planimetría.....	13
2.2.2.	Altimetría.....	14
2.3.	Período de diseño	14
2.4.	Cálculo de la población futura	14
2.4.1.	Método geométrico	14
2.5.	Tipo del sistema	15
2.6.	Diseño del sistema	16
2.7.	Uso del agua	16
2.8.	Cálculo de caudales	16
2.8.1.	Factor de retorno	17
2.8.2.	Caudal domiciliar	17
2.8.3.	Caudal comercial	18
2.8.4.	Caudal de conexiones ilícitas	18
2.8.5.	Caudal de infiltración	18
2.9.	Factor del caudal medio	19
2.10.	Velocidad de flujo	19
2.11.	Tirante	20
2.12.	Factor de Harmon	20
2.13.	Caudal de diseño	20
2.14.	Principios hidráulicos.....	21
2.14.1.	Ecuación de Manning para flujo de canales	21
2.14.2.	Ecuación a sección llena	22
2.14.3.	Ecuación a sección parcialmente llena.....	22
2.14.4.	Relaciones hidráulicas	24

2.15.	Secciones y pendientes	24
2.16.	Diámetro de tuberías	25
2.17.	Cotas invert.....	25
2.18.	Pozos de visita.....	26
2.19.	Conexiones domiciliarias.....	26
2.19.1.	Caja o candela	27
2.19.2.	Tubería secundaria	28
2.20.	Profundidad de tubería	28
2.21.	Volumen de excavación.....	29
2.22.	Ejemplo de diseño hidráulico en un tramo.....	30
2.23.	Diseño de una fosa séptica.....	34
2.24.	Dimensionamiento de pozos de absorción	36
2.25.	Programa de operación y mantenimiento	38
2.26.	Planos.....	39
2.27.	Presupuesto y cronograma de ejecución.....	39
2.28.	Evaluación de impacto ambiental (EIA)	41
2.29.	Evaluación socio - económica	43
2.29.1.	Valor presente neto.....	43
2.29.2.	Tasa interna de retorno	44
3.	DISEÑO DE LA ESCUELA OFICIAL RURAL MIXTA DE LA ALDEA COPA, SAN MIGUEL ACATÁN, HUEHUETENANGO	
3.1.	Diseño de edificación escolar de dos niveles.....	45
3.1.1.	Descripción del proyecto.....	45
3.1.2.	Descripción del área disponible	45
3.1.3.	Evaluación de calidad de suelos	46
3.1.3.1.	Determinación del valor soporte del suelo.....	46
3.1.4.	Diseño arquitectónico.....	47
3.1.4.1.	Ubicación del edificio en el terreno.....	48

3.1.4.2.	Distribución de ambiente.....	49
3.1.4.3.	Altura del edificio.....	49
3.1.5.	Selección del sistema estructural a usar.....	50
3.1.5.1.	Predimensionamiento de elementos estructurales	50
3.1.5.2.	Cargas de diseño.....	54
3.1.5.2.1.	Cargas verticales en marcos dúctiles con nudos rígidos	54
3.1.5.2.2.	Cargas horizontales en marcos dúctiles con nudos rígidos	59
3.1.5.3.	Fuerzas sísmicas.....	73
3.1.5.4.	Modelos matemáticos para marcos dúctiles con nudos rígidos.....	74
3.1.5.5.	Análisis de marcos dúctiles, por un método de análisis estructural numérico y comprobación por medio de <i>software</i>	78
3.1.5.6.	Envolvente de momentos.....	85
3.1.5.7.	Diagrama de corte y momento.....	88
3.1.5.8.	Diseño de losas	92
3.1.5.9.	Diseño de vigas	102
3.1.5.10.	Diseño de columnas	107
3.1.5.11.	Diseño de cimientos.....	115
3.1.5.12.	Diseño de módulo de gradas.....	137
3.1.6.	Instalaciones.....	141
3.1.6.1.	Agua potable.....	141
3.1.6.2.	Drenajes.....	142
3.1.6.3.	Electricidad	144
3.1.7.	Presupuesto y cronograma de ejecución.....	145
3.1.8.	Evaluación de impacto ambiental (EIA)	149

CONCLUSIONES	151
RECOMENDACIONES	153
BIBLIOGRAFÍA	155
APÉNDICES	157
ANEXOS	163

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. Localización del municipio de San Miguel Acatán.....	3
2. Mapa del municipio de San Miguel Acatán.....	4
3. División política del municipio de San Miguel Acatán.....	7
4. Sección transversal de la tubería	23
5. Pozo de visita típico.....	27
6. Conexión domiciliar típica.....	28
7. Fosa séptica y pozo de absorción	38
8. Planta de ubicación del edificio escolar.....	48
9. Planta del edificio escolar	49
10. Fachada del edificio escolar	50
11. Planta de áreas tributarias.....	55
12. Planta de centro de masa y centro de rigidez.....	72
13. Marco eje B, cargas verticales y horizontales.....	73
14. Marco eje 4, cargas verticales y horizontales	74
15. Diagrama de momentos en vigas, carga muerta eje X.....	79
16. Diagrama de momentos en columnas, carga muerta eje X.....	80
17. Diagrama de momentos en vigas, carga viva eje X.....	80
18. Diagrama de momentos en columnas, carga viva eje X.....	81
19. Diagrama de momentos en vigas, carga sísmica eje X.....	81
20. Diagrama de momentos en columnas, carga sísmica eje X.....	82
21. Diagrama de momentos en vigas, carga muerta eje Y.....	82
22. Diagrama de momentos en columnas, carga muerta eje Y.....	83
23. Diagrama de momentos en vigas, carga viva eje Y.....	83

24.	Diagrama de momentos en columnas, carga viva eje Y	84
25.	Diagrama de momentos en vigas, carga sísmica eje Y	84
26.	Diagrama de momentos en columnas, carga sísmica eje Y	85
27.	Diagrama de momentos últimos en vigas, eje X	88
28.	Diagrama de momentos últimos en columnas, eje X	89
29.	Diagrama de cortes últimos en vigas, eje X	89
30.	Diagrama de cortes últimos en columnas, eje X	90
31.	Diagrama de momentos últimos en vigas, eje Y	90
32.	Diagrama de momentos últimos en columnas, eje Y	91
33.	Diagrama de cortes últimos en vigas, eje Y	91
34.	Diagrama de cortes últimos en columnas, eje Y	92
35.	Planta de distribución de losas.....	93
36.	Planta de distribución de momentos en losas.....	97
37.	Balance de momentos de losa.....	98
38.	Planta de distribución de momentos balanceados en losas.....	99
39.	Diagrama de momento y corte en viga eje B	103
40.	Elevación típica de zapata	116
41.	Diagrama de esfuerzo cortante en zapata	118
42.	Diagrama de esfuerzo corte punzonante en zapata.....	119
43.	Diagrama de esfuerzo flexionante en zapata.....	121
44.	Elevación típica de zapata combinada.....	124
45.	Predimensionamiento de zapata combinada	124
46.	Cargas equivalentes en el centro geométrico	126
47.	Presiones sobre el suelo.....	127
48.	Presiones sobre el cimiento	128
49.	Presión última bajo el cimiento.....	129
50.	Presiones últimas por metro lineal en cimiento.....	130
51.	Diagramas de corte y momento para zapata combinada.....	131
52.	Vigas transversales en zapata combinada.....	134

53.	Diagrama de esfuerzo cortante	135
54.	Diagrama de esfuerzo por flexionante.....	136
55.	Dimensiones de gradas.....	138
56.	Distribución de carga y momentos en gradas.....	139

TABLAS

I.	Profundidad mínima de tubería (metros).....	29
II.	Datos de diseño de alcantarillado sanitario.....	30
III.	Datos de diseño de fosa séptica	35
IV.	Presupuesto de alcantarillado sanitario.....	40
V.	Cronograma de ejecución del alcantarillado sanitario	40
VI.	Evaluación de impacto ambiental del alcantarillado sanitario	42
VII.	Fuerzas por nivel.....	63
VIII.	Cálculo de centro de rigideces del segundo nivel	67
IX.	Cálculo de centro de rigideces del primer nivel.....	69
X.	Cálculo de fuerzas por torsión del segundo nivel.....	71
XI.	Cálculo de fuerzas por torsión del primer nivel	72
XII.	Balance de momentos de losa	98
XIII.	Diseño de la línea principal de agua potable.....	142
XIV.	Diseño de la línea principal de drenaje sanitario.....	142
XV.	Diseño de drenaje pluvial	143
XVI.	Diseño de instalación eléctrica.....	145
XVII.	Presupuesto de edificio escolar de dos niveles.....	146
XVIII.	Cronograma de ejecución de edificio escolar de dos niveles.....	148
XIX.	Evaluación de impacto ambiental del edificio escolar	150

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
b	Ancho del elemento en sección
φ	Ángulo de fricción interna
A	Área
A_s	Área de acero de refuerzo
A_{ch}	Área de la sección transversal de un elemento estructural
A_v	Área de varilla
A_z	Área de zapata
A_g	Área gruesa, área total de una sección
P	Carga aplicada a una columna o zapata
P'_o	Carga axial de resistencia de una columna
P_{CR}	Carga crítica de pandeo de Euler
P_u	Carga de resistencia actuante última de una columna

P'_x	Carga de resistencia de una columna con excentricidad en x
P'_y	Carga de resistencia de una columna con excentricidad en y
P'_u	Carga de resistencia máxima axial última de una columna
P_t	Carga de trabajo
CM	Carga muerta
CU	Carga última
CV	Carga viva
Q_{ci}	Caudal de conexiones ilícitas
Q_{dis}	Caudal de diseño
Q	Caudal de fluido
Q_{dom}	Caudal domiciliar
Q_{med}	Caudal medio
C	Coeficiente para el cálculo de momentos en losas
V	Corte basal
Df	Desplante

\emptyset	Diámetro
lts/hab/día	Dotación de agua
E	Esbeltez de una columna
σ_{\max}	Esfuerzo máximo
S	Espaciamiento del acero de refuerzo
e	Excentricidad
F_{cu}	Factor de carga última
f_{qm}	Factor de caudal medio
V_{ik}	Factor de corrimiento
μ_{ik}	Factor de giro
F_H	Factor de Harmon
F_s	Factor de seguridad
V_{act}	Fuerza actuante sobre una zona crítica
Q_n	Fuerza cortante en el piso
V_u	Fuerza cortante última

H_n	Fuerza de sujeción
F_t	Fuerza en la cúspide del edificio
F_{mi}	Fuerza por marco
F_{ni}	Fuerza por nivel
V_r	Fuerza resistente al cortante del concreto
F_i''	Fuerza rotacional
F_i'	Fuerza traslacional
ψ	Grado de empotramiento a la rotación
L_o	Longitud de confinamiento de estribos
δ	Magnificador de momentos
E_s	Módulo de elasticidad del acero
E_c	Módulo de elasticidad del concreto
G	Módulo de rigidez
M	Momento
M_b	Momento balanceado

M_{dis}	Momento de diseño (magnificado)
M_n	Momento de piso
M_s	Momento de sujeción
M_{F_{ik}}	Momento fijo
M_{CM}	Momento inducido por la carga muerta
M_{CV}	Momento inducido por la carga viva
M_S	Momento inducido por la fuerza sísmica
M₍₋₎	Momento negativo
M₍₊₎	Momento positivo
M_{dx}	Momento último actuante en el sentido x
M_{dy}	Momento último actuante en el sentido y
S%	Pendiente del terreno
d	Peralte de un elemento estructural
W_C	Peso del concreto
W_T	Peso total de la estructura

γ_{suelo}	Peso volumétrico del suelo
P_f	Población final
P_o	Población inicial
q	Presión sobre el suelo
q_u	Presión última sobre el suelo
q/Q	Relación de caudales
d/D	Relación de diámetros de tubería
v/V	Relación de velocidades
f'_c	Resistencia a la compresión del concreto
f_y	Resistencia a la fluencia del acero
K_{ik}	Rigidez de los elementos
K_m	Rigidez por marco
r	Tasa de crecimiento
V_s	Valor soporte del suelo

GLOSARIO

Acero mínimo	Cantidad de acero necesaria para resistir esfuerzos inducidos en los elementos estructurales, evitando grietas, expansión o contracción por temperatura en el concreto.
Aguas residuales	Desperdicios líquidos y sólidos transportados por agua provenientes de viviendas, establecimientos industriales y comerciales.
Altimetría	Es el estudio a través del cual se representan las alturas de los puntos observados, referidos a un banco de marca o sobre el nivel del mar, con lo que se definen las pendientes del terreno.
Azimut	Ángulo horizontal referido desde el norte magnético o verdadero determinado astronómicamente, su rango varía de 0° a 360°.
Carga muerta	Peso constante soportado por un elemento estructural durante su vida útil, incluyendo el propio.
Carga viva	Peso variable dado por el uso de la estructura, muebles, maquinaria móvil, etc., soportado por el elemento.

Caudal	Volumen de agua por unidad de tiempo que fluye dentro de una tubería, en un determinado punto de observación durante un instante.
Cimiento corrido	Estructura que sirve de apoyo para muros, transmite estas cargas a las zapatas.
COCODE	Consejo Comunitario de Desarrollo.
COMUDE	Consejo Municipal de Desarrollo.
Colector	Sistema conformado por un conjunto de tuberías, pozos de visita, obras y accesorios, que se utilizan para la descarga de las aguas residuales o pluviales.
Columna	Elemento estructural capaz de resistir carga axial de compresión y que tiene una altura de, por lo menos, tres veces su menor dimensión lateral.
Columna esbelta	Columna en la cual, además de resistir carga axial, también resiste esfuerzos flexionantes debido a la longitud del elemento en relación a su sección transversal.
Compactación	Procedimiento que consiste en aplicar energía al suelo suelto para consolidarlo y eliminar espacios vacíos, aumentando así su densidad y su capacidad de soportar cargas.

Cota de terreno	Altura de un punto del terreno, haciendo referencia a un nivel determinado, banco de marca o nivel del mar.
Cota invert	Cota de la parte inferior del tubo o pozo instalado.
Desfogue	Salida de aguas residuales en un punto determinado.
DMP	Dirección Municipal de Planificación.
Dotación de agua	Cantidad de agua necesaria para consumo, requerida por una persona en un día.
Esfuerzo	Intensidad de fuerza por unidad de área.
Especificaciones de construcción	Normas técnicas de construcción con disposiciones especiales, de acuerdo a las características y tipo de proyecto, son de carácter específico bajo estándares de calidad y seguridad.
ETABS	<i>Extended Three-dimensional Analysis of Buildings System</i> , (Análisis Extendido Tridimensional de Sistema de Edificios).
Fluencia	Capacidad del acero de resistir esfuerzos debido a cargas de tensión o compresión, presentando deformaciones uniformes para luego regresar a su estado original luego de la aplicación de carga.

INFOM	Instituto de Fomento Municipal
Momento	Esfuerzo debido a la aplicación de una fuerza a cierta distancia del centro de masa de un elemento o estructura.
Perfil	Visualización en plano de la superficie de la tierra, según su latitud y altura, referidas a un banco de marca.
Planimetría	Es el estudio mediante el cual se representa la superficie terrestre en un plano horizontal, con la utilización de aparatos y métodos de cálculo adecuados.
Pozo de visita	Estructura que sirve para recibir y depositar las aguas residuales entre dos tuberías. Se utiliza para cambiar de dirección, pendiente, diámetro, y para iniciar un tramo de tubería.
PVC	Material a base de cloruro de polivinilo.
Rigidez	Flexibilidad de una barra, cuando exista una escasa flexibilidad obtendremos un valor máximo de esfuerzo aplicado a la barra.
SAP 2000	<i>Structural Analysis Program</i> (Programa de Análisis Estructural).

SEAOC	<i>Structural Engineers Association of California,</i> (Asociación de Ingenieros Estructurales de California).
Solera	Elemento estructural horizontal, que sirve para darle mayor resistencia a un muro, además de resistir los esfuerzos inducidos en este.
Viga	Elemento estructural horizontal usado principalmente para soportar cargas.
Zapata	Estructura cuya función es transmitir la carga al subsuelo a una presión de acuerdo a las propiedades del suelo.

RESUMEN

En el municipio de San Miguel Acatán, departamento de Huehuetenango, existen comunidades que carecen de servicios básicos en saneamiento e infraestructura, es por eso que en el presente trabajo se diagnostica, analiza y prioriza las necesidades de la población.

Después de investigar y observar las necesidades de las comunidades, se determinó que es necesaria la priorización de los siguientes proyectos de infraestructura: diseño de alcantarillado sanitario del cantón Calvario y del edificio escolar de la aldea Copa.

El sistema de alcantarillado sanitario se diseñó, utilizando tubería PVC Norma ASTM D-3034 con un diámetro de 6" y pozos de visita. Las conexiones consistirán en candelas domiciliarias de tubos de concreto con un diámetro de 12", tubería PVC Norma ASTM D-3034 de 4" de diámetro, silleta tipo "Y", para unirlos al colector principal.

Para el diseño del edificio escolar de dos niveles, según códigos y normas de construcción, se propondrá una estructura conformada por marcos dúctiles y losas planas de concreto reforzado, la cual constará de 6 aulas, gradas y un módulo de baños.

OBJETIVOS

General

Mejorar la calidad de vida de los habitantes del cantón Calvario, reduciendo la contaminación por efluencia de aguas residuales y proporcionar un espacio apropiado para la enseñanza-aprendizaje de la población estudiantil de la aldea Copa del municipio de San Miguel Acatán, departamento de Huehuetenango.

Específicos

1. Realizar una investigación monográfica y un diagnóstico sobre las necesidades de servicios básicos e infraestructura del cantón Calvario y la aldea Copa del municipio de San Miguel Acatán.
2. Capacitar a los miembros del comité del cantón Calvario y proporcionar manuales sobre aspectos de operación y mantenimiento del sistema de alcantarillado sanitario.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de graduación es el resultado del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), desarrollado en el municipio de San Miguel Acatán, departamento de Huehuetenango. El cual describe la planificación y el procedimiento para realizar el diseño de diversos proyectos de infraestructura, que beneficien a las comunidades acorde a sus necesidades.

El proyecto de diseño del sistema de alcantarillado sanitario del cantón Calvario, se debe principalmente al aumento poblacional ocurrido en los últimos años en el municipio, lo cual ha hecho que la cabecera municipal también tenga un crecimiento territorial, dando como resultado que la mayoría de los recientes habitantes de este lugar, no cuenten con un servicio de drenaje adecuado.

El diseño de la escuela oficial rural mixta de la aldea Copa, es de gran importancia, ya que de acuerdo a inspecciones previas realizadas, han puesto al descubierto que la infraestructura actual utilizada por los alumnos se encuentra en condiciones poco favorables, y las aulas, aparte de ser muy pequeñas, presentan problemas estructurales, poniendo así en riesgo el bienestar de los maestros y alumnos.

La monografía servirá para conocer los aspectos principales del municipio de San Miguel Acatán, comprende los antecedentes históricos, aspectos físicos, población, clima, idioma, actividades económicas, presencia institucional, etc.

El sistema de alcantarillado sanitario se utilizará para conducir las aguas residuales hacia el colector principal de la cabecera municipal; dicho proyecto beneficiará a 330 habitantes que residen en el cantón Calvario.

El edificio escolar, proporcionará un ambiente favorable para la enseñanza y el aprendizaje de los alumnos, en la planificación de este proyecto se tomaron en cuenta las necesidades de los maestros, alumnos y pobladores de la aldea Copa.

En ambos proyectos se efectuarán los estudios necesarios para realizar la planificación, diseño, juegos de planos y los presupuestos respectivos, con el objetivo de que estos se puedan ejecutar al corto o mediano plazo y de esta manera aminorar las necesidades de la población.

1. MONOGRAFÍA DEL MUNICIPIO DE SAN MIGUEL ACATÁN, HUEHUETENANGO

1.1. Antecedentes históricos

Se ignora la fecha de fundación del municipio de San Miguel Acatán. Los antepasados de San Miguel Acatán son descendientes de Walunh Qana, primos hermanos con los Stia' que significa orilla del río, actualmente es el municipio de Jacaltenango. Según los antepasados mayas, ellos vivían en la ciudad de Tenam que significa multitud de personas. Alrededor de 1700 fueron víctimas de un gran desastre natural y de la invasión de los españoles, entonces para evitar la exterminación de su raza decidieron huir hacia el lugar conocido como B'alam que quiere decir tigre, fue así como quedó poblado este lugar al cual llamaron Ak'atan que significa cerca de la multitud.

Con la llegada de los misioneros, comenzó la cristianización de todos los mayas existentes en Guatemala, fue así como arribó al pueblo, ahora llamado Jak'atan, un cura de nombre Darío, que después de haber logrado convertir a varios mayas a la religión católica, empezó a buscar un nombre para el pueblo, llegó a la conclusión de llamarlo San Miguel en honor a San Miguel Arcángel y para no dejar en el olvido el nombre antiguo, los habitantes mayas de aquel entonces le pidieron al cura Darío nombrar al pueblo San Miguel Jak'atan, que significa los migueleños cerca de Tenam, actualmente es el municipio de San Miguel Acatán.

La fiesta titular en honor del patrono del pueblo, se celebra del 26 al 29 de septiembre, siendo este último el día principal, en el que la iglesia conmemora al Arcángel San Miguel.

El Acuerdo Gubernativo del 24 de marzo de 1898, adjudicó a San Miguel Acatán 533 caballerías, el área aumentó posteriormente, cuando por acuerdo del 19 de diciembre de 1945 se le anexaron la aldea Coyá y el caserío Elmul. Sin embargo, perdió territorio al desmembrarse por Acuerdo Gubernativo del 21 de mayo de 1924 una porción de terreno para formar el municipio de San Rafael La Independencia, el lindero entre los dos municipios se fijó conforme al Acuerdo Gubernativo del 1 de julio de 1931.

1.2. Aspectos físicos

1.2.1. Extensión territorial, latitud, longitud y altitud

La extensión del municipio de San Miguel Acatán es de 152 kilómetros cuadrados, que representan el 2,08% con relación al área del departamento de Huehuetenango, sus coordenadas se localizan a 15°41'13" de latitud referida al ecuador y 90°35'56" de longitud referido al meridiano de Greenwich y tiene una altitud de 1 780 metros sobre el nivel del mar. En comparación con los demás municipios del departamento de Huehuetenango, San Miguel Acatán ocupa el lugar número once en extensión territorial.

1.2.2. Ubicación geográfica

San Miguel Acatán, está ubicado en la parte norte del departamento de Huehuetenango, a 124 kilómetros de la cabecera departamental y a 389 kilómetros de la ciudad capital.

Para llegar al municipio, se parte de la cabecera departamental a través de la carretera 9N hacia el norte del departamento, se pasa la cabecera municipal de Chiantla, luego se dirige hacia la aldea de Paquix y de allí se llega al municipio de San Juan Ixcoy, se sigue por el municipio de San Pedro Soloma, luego a Santa Eulalia y por último a San Sebastián Coatlán. La carretera de asfalto es de 73 kilómetros y la de terracería de 51 kilómetros, transitables durante todo el año.

Figura 1. Localización del municipio de San Miguel Acatán

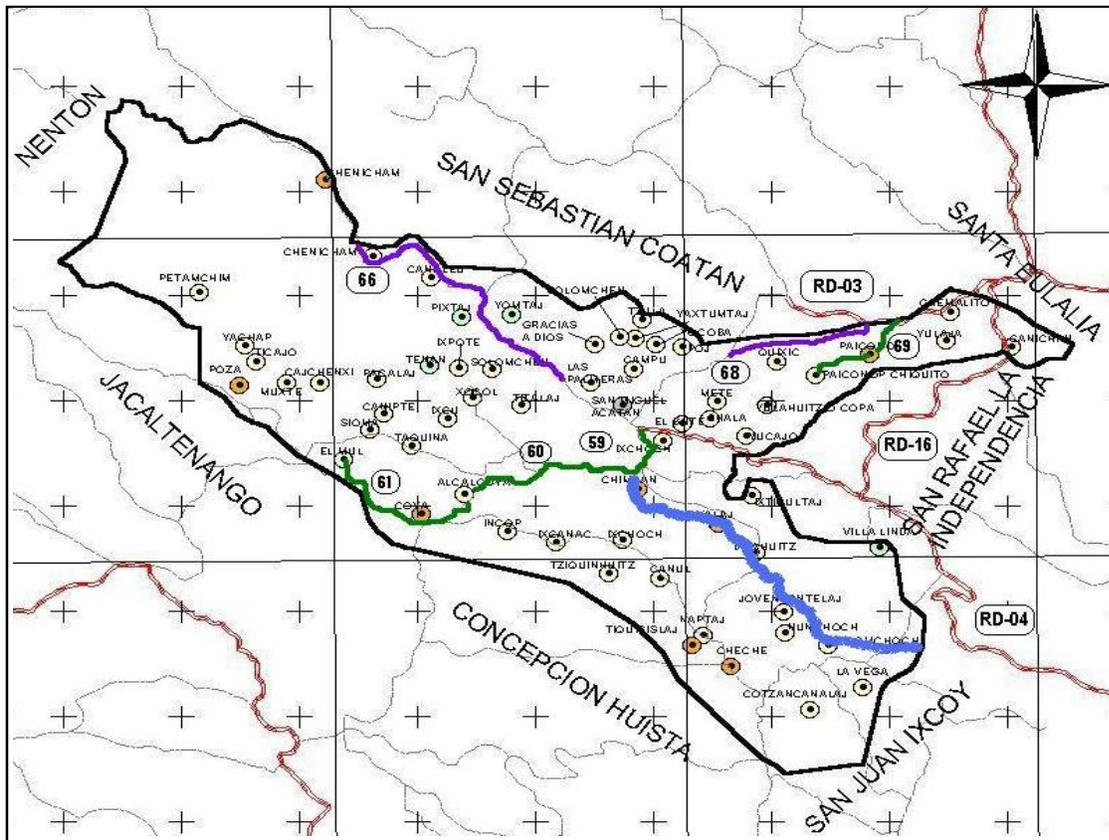


Fuente: Google earth, programa satelital.

1.2.3. Límites y colindancias

El municipio tiene las siguientes colindancias: al norte con San Sebastián Coatlán y Nentón; al este con San Rafael La Independencia y San Juan Ixcóy; al sur con Concepción Huista; y al oeste con Jacaltenango.

Figura 2. Mapa del municipio de San Miguel Acatán



Fuente: Unidad de sistema de información geográfica de Huehuetenango (USIGHUE).

1.2.4. Población

De acuerdo al XI Censo Nacional de Población y VI de Habitación del 2002, la población de San Miguel Acatán es de 21 805 habitantes y la proyectada para el 2004 es de 23 372 habitantes, lo cual representa una tasa de crecimiento poblacional del 3,4% anual.

Conforme al censo anual que realiza la Dirección Municipal de Planificación, la población actual es de 29 292 habitantes aproximadamente, de los cuales, 28 706 son indígenas, que representan el 98% de la población y la no indígena es de 586 habitantes, que es el 0,02% restante. Con una tasa de crecimiento poblacional del 2,5% anual. Esto refleja que en el municipio predomina la población indígena.

1.2.5. Clima

Es una región muy lluviosa y los registros más altos se obtienen de junio a octubre, los niveles de temperatura descienden conforme aumenta la elevación. De acuerdo a la estación meteorológica de San Pedro Soloma, el clima de esta región es de 14,9° centígrados de temperatura media anual y de 3 589 mm de lluvia anual.

1.2.6. Actividades económicas

Las principales actividades productivas del municipio la constituyen en su orden de importancia la agricultura, pecuaria, artesanal y servicios. No existen actividades industriales o agroindustriales.

La principal actividad económica del municipio es la agricultura y provee los medios de subsistencia a la mayor parte de la población; las técnicas de producción son tradicionales y en consecuencia los rendimientos por área cultivada son menores. En cuanto al uso de tecnología apropiada, en la actividad agrícola utilizan escasamente las técnicas de miniriego, y con respecto a los fertilizantes, estos son utilizados en la mayoría de los centros poblados, porque la tierra de la región para la siembra es rocosa y poco fértil.

1.2.7. Organización político - administrativa

Es una variable que permite analizar los cambios que existen en un área, tanto en la organización política, así como en su función administrativa.

La organización política, según el XI Censo de Población y VI de Habitación realizado en el 2002, el municipio se integra por la cabecera municipal, 10 aldeas, 45 caseríos y 4 parajes (ver figura 3, división política del municipio de San Miguel Acatán).

La función administrativa se realiza a través del Concejo Municipal electo cada cuatro años y las alcaldías auxiliares, organizadas de la siguiente manera: el Concejo Municipal está integrado por un alcalde, tres síndicos y siete concejales, éste a la vez colabora con la identificación de las necesidades locales, promueve la organización y la participación sistemática y efectiva de la comunidad en la solución de los problemas a través de los alcaldes auxiliares, quienes se encargan de la administración de las aldeas y duran en el ejercicio de las funciones el período que determine la asamblea comunitaria.

Figura 3. División política del municipio de San Miguel Acatán

Municipio de San Miguel Acatán – Departamento de Huehuetenango			
División política según centros poblados			
Año: 2004			
Pueblo	Aldeas	Caserios	Parajes
San Miguel Acatán	Chenicham 1	Chenicham 2	Yomyaj
	Paiconop Grande	Petamchim	Pixtaj
	Poza	Canuleu	Tenan
	Chimban	Chemalito	Villa Linda
	Coya	Naptaj	
	Yalaj	Poj	
	Tiquisislaj	Yaxtumtaj	
	Cheche	Yulaja	
	Paiconop Chiquito	Solomchen	
	Copa	Quixic	
		Canichan	
		Yocoba	
		Gracias a Dios	
		Yachap	
		Ticajo	
		Pacalaj	
		Ixpote	
		Campu	
		Solomchen	
		Cajchenxi	
		Muxte	
		Zoclo	
		Titalaj	
		Meté	
		Canipte	
		Ixcu	
		Chala	
		El Bute	
		Sioma	
		Yucajo	
		Taquina	
		Ixchoch	
		El mul	
		Alcalcoya	
		Incop	
		Ixlahuitz	
	Ixcnac		
	Ixchoch		
	Tziqinhuitz		
	Canal		
	Jovencantelaj		
	Solomchoch		
	Nunchoch		
	La Vega		
	Cotzancanalaj		

Fuente: Dirección Municipal de Planificación, municipalidad de San Miguel Acatán.

Otro ente que realiza la función administrativa es el Consejo Municipal de Desarrollo (COMUDE), quien promueve, facilita y apoya el funcionamiento de los Consejos Comunitarios de Desarrollo (COCODES), los cuales tienen una participación efectiva dentro las comunidades en la priorización de necesidades, problemas y soluciones.

1.2.8. Idioma

En el municipio de San Miguel Acatán se habla el idioma maya akateko y el castellano. El akateko conjuntamente con el q'anjobal, chuj y popti' forman un mismo grupo de idiomas mayas que se separaron hace aproximadamente 1500 años del protomaya.

1.2.9. Fisiografía

Debido a que el municipio se ubica en la Sierra de los Cuchumatanes, la topografía es muy irregular en todo su territorio, puesto que existen grandes montañas y cerros con grandes pendientes.

1.2.9.1. Relieve del suelo

El aspecto orográfico de este municipio presenta sus mayores elevaciones hacia el sur en el caserío Tziquinhuitz, en donde se encuentran las más altas cumbres y la altitud es de unos 3 000 metros sobre el nivel de mar y el declive disminuye hacia el oeste en el caserío Pacalaj, donde dicha comunidad se encuentra a la orilla del río Rosario y con altitud de 500 metros sobre el nivel del mar.

1.2.9.2. Accidentes geográficos

Entre los principales accidentes geográficos que presenta el municipio de San Miguel Acatán, se encuentra la llanura en donde está ubicada la cabecera municipal, así como varios ríachuelos que la atraviesan y desembocan en el río San Miguel. Además cuenta con varios acantilados de gran altitud en el río Rosario.

1.2.10. Evaluación de servicios existentes

Los servicios de salubridad los presta un centro de salud, ubicado en el casco urbano del municipio y atiende a las personas del área urbana y rural. En adición se cuenta con una clínica médica parroquial con el programa de atención médica general, así como con unidades mínimas de salud en varias comunidades del área rural.

El sistema educativo está conformado por 67 escuelas oficiales de educación primaria y 5 telesecundaria, las cuales reciben asesoramiento de la Dirección General de Educación Bilingüe (DIGEBI). Además existen varias instituciones privadas que prestan servicios educativos: la escuela privada urbana mixta parroquial Diana Ortiz, el Instituto Nacional de Educación Básica San Miguel Acatán (INEB), colegio de Educación Básica por madurez Putzey y el Instituto Nacional de Educación Diversificado (INED).

El abastecimiento de agua para la población proviene de dos fuentes cercanas al casco urbano, canalizados por sistemas de gravedad. En el área rural el sistema que existe es agua entubada a través de mangueras colocadas directamente en los ríos, Ojos de Agua y ríachuelos cercanos a los centros poblados.

Servicio de drenajes hay únicamente en la cabecera municipal, las aguas negras son vertidas en el río San Miguel, sin ningún tipo de tratamiento que permita mitigar el impacto negativo que se ocasiona a este río. En todas las comunidades del área rural las aguas servidas son vertidas en áreas o sitios cercanos a la población, lo que provoca contaminación ambiental.

El servicio de energía eléctrica fue introducido al municipio en 1973 y lo presta la empresa Distribuidora de Electricidad de Occidente S.A. (DEOCSA). Actualmente el 58,15% de la población cuenta con este servicio. Otra entidad que ha impulsado la introducción del servicio eléctrico es el programa Decopaz Care.

1.2.11. Organización comunitaria

A partir del 2002 surgen los Consejos Comunitarios de Desarrollo (COMUDES), quienes asumen las funciones de mejorar las condiciones de vida de la población local, apoyándolos en proyectos como: introducción de agua, energía eléctrica, construcción de drenajes, construcción y remodelación de escuelas.

Existen, además, Consejos Comunitarios de Desarrollo de la Mujer, los cuales trabajan en proyectos de capacitación con temas de: autoestima, derechos y obligaciones, jurídicos, resolución de conflictos e incidencia política.

La Asociación Civil Curaméricas se fundó en 1999, su función principal es ayudar a los niños menores de cinco años y a sus madres, mujeres en edad fértil y embarazadas en las etapas pre y post natal. Su trabajo lo realiza conjuntamente con el centro de salud del municipio.

1.2.12. Presencia institucional

La mancomunidad huista, está formada por ocho municipios del Norte del departamento de Huehuetenango, con el objetivo de resolver las necesidades comunes e impulsar el desarrollo de proyectos regionales que beneficien a sus comunidades.

En la cabecera municipal existe un Juzgado de Paz, las principales funciones que desempeña son: solucionar los diferentes conflictos que existan entre los vecinos, siempre que estén dentro de su competencia.

Además se encuentra una subdelegación de la Policía Nacional Civil, encargada de velar por el orden público, prestar seguridad a la población, y demás funciones que de acuerdo con la ley le corresponden.

Se cuenta con una subdelegación del Registro de Ciudadanos del Tribunal Supremo Electoral, encargada de velar por el desarrollo de los procesos electorarios y el empadronamiento de todas las personas aptas para votar en el municipio.

La Coordinación Técnica Administrativa (CTA), es la encargada de llevar el control documental de los establecimientos educativos, así como del recurso humano, proporciona apoyo técnico y sirve de enlace entre las diferentes unidades que conforman la Dirección Departamental de Educación del Ministerio de Educación (MINEDUC).

2. DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL CANTÓN CALVARIO DE LA CABECERA MUNICIPAL DE SAN MIGUEL ACATÁN, HUEHUETENANGO

2.1. Descripción del proyecto

El proyecto consiste en diseñar el sistema de alcantarillado sanitario, para el cantón Calvario de la cabecera municipal, con una longitud total de 500,05 metros, compuesto por dos ramales. El proyecto se diseñó con base en las especificaciones técnicas del Instituto de Fomento Municipal (INFOM), para un periodo de diseño de 20 años. Éstos se conectarán a la red principal.

El sistema de alcantarillado sanitario está integrado por 19 pozos de visita, la tubería es de PVC de 6" de diámetro y la cantidad de usuarios que lo utilizarán actualmente, es de 330 habitantes.

2.2. Estudios topográficos

El levantamiento topográfico se realizó para identificar la red dentro de las calles, ubicación de los pozos de visita, pendiente del terreno y en general, para ubicar todos los puntos de importancia.

2.2.1. Planimetría

Se realizó este estudio con el fin de obtener para este proyecto, las rutas adecuadas de desfogue y la ubicación de los pozos de visita. Para este caso se

aplicó el método de conservación de azimut, utilizando un teodolito Sokkia DT610, estadal de aluminio, brújula y plomadas metálicas.

2.2.2. Altimetría

En este diseño se utilizó la nivelación taquimétrica, la cual es un procedimiento aplicado en el cálculo de distancias, con el que se determinan en forma indirecta, las distancias horizontales y los desniveles, utilizando un teodolito Sokkia DT610 y un estadal de aluminio.

2.3. Período de diseño

El período de diseño de un sistema de alcantarillado es el tiempo durante el cual el sistema dará un servicio con una eficiencia aceptable, pasado este tiempo es necesario rehabilitarlo. Este será proyectado para llenar adecuadamente su función en un período de 20 años, a partir de la fecha que se realice el diseño, y tomando en cuenta las limitaciones económicas y la vida útil de los materiales a utilizar.

2.4. Cálculo de la población futura

Para la estimación del número de habitantes de la población futura a beneficiarse con este proyecto, se utilizó el método del incremento geométrico.

2.4.1. Método geométrico

Para este método se aplicó una tasa de crecimiento del 2,5% anual, dato proporcionado por la Dirección Municipal de Planificación de la municipalidad de San Miguel Acatán (DMP).

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

Donde:

P_f = población futura

P_o = población inicial = 330 hab.

r = tasa de crecimiento = 2,5% anual

n = período de diseño = 20 años

$$P_f = 330(1 + 0,025)^{20} = 541 \text{ hab.}$$

2.5. Tipo del sistema

Existen tres tipos de sistema de alcantarillado: combinado, separado y sanitario.

Sistema combinado: es la red de alcantarillado que recibe las aguas residuales y las aguas pluviales al mismo tiempo.

Sistema separado: recolecta en un solo conducto las aguas servidas y en otro las aguas pluviales. Están dispuestos según el eje de la calle, a un metro de distancia entre colectores y van paralelamente.

Sistema sanitario: es el que recolecta las aguas residuales domésticas municipales. Para el proyecto se diseñará este sistema.

2.6. Diseño del sistema

El diseño del sistema de alcantarillado sanitario se realizará con base en los siguientes criterios básicos:

- Tipo de sistema a utilizar
- Selección de ruta
- Vida útil (funcionamiento adecuado)
- Periodo de diseño (tiempo determinado)
- Estimación de la población a beneficiar
- Sección y material de alcantarillado
- Diámetros mínimos
- Velocidad mínima y máxima
- Pendiente mínima y máxima
- Caudal de diseño

2.7. Uso del agua

El agua potable es de gran importancia entre las comunidades, ya que se utiliza principalmente para consumo doméstico y la agricultura. Diversos factores afectan a este vital líquido, como: el nivel de vida de las personas, condiciones socioeconómicas, tipo de población, calidad y costo del agua. Se estima que la dotación de agua potable que se asigna a cada habitante en la cabecera municipal es de 200 lts./hab./día.

2.8. Cálculo de caudales

La determinación de los diferentes caudales que componen el flujo de aguas residuales, se efectúa mediante la aplicación de diferentes factores, los

que influirán en la economía del proyecto. Los factores que se deben tomar en cuenta son los siguientes: dotación de agua en las viviendas, sector industrial y comercial, la intensidad de lluvia para el área en estudio, estimación del caudal por conexiones ilícitas, cantidad de agua que puede infiltrarse en el drenaje y condiciones socioeconómicas de la población.

2.8.1. Factor de retorno

Este factor se determina bajo el criterio del uso del agua de la población, se considera que entre el 75% al 95% del consumo de agua de una población, retorna al alcantarillado.

Considerando que el 100% de la dotación de agua potable que entra a una vivienda no regresa al alcantarillado sanitario por razones de uso, infiltración en el suelo y evaporación; en este proyecto se utilizó un factor de 0,75.

2.8.2. Caudal domiciliar

Es el caudal que después de haber sido utilizado por las personas, para la limpieza de los alimentos, la vivienda, aseo personal, etc., es desechado y conducido hacia la red de alcantarillado. El caudal domiciliar se calcula de la siguiente manera:

$$Q_{\text{dom}} = \frac{\text{dotación} * \text{No. hab.} * \text{factor de retorno}}{86\ 400}$$

$$Q_{\text{dom}} = \frac{200 \text{ lts./hab./dia.} * 541 \text{ hab} * 0,75}{86\ 400} = 0,94 \text{ l/s}$$

2.8.3. Caudal comercial

Es el agua que ha sido utilizada por comercios, hoteles, restaurantes, oficinas, etc., debido a que en el lugar no existe ninguno de este tipo no se considerará, al igual que el caudal industrial por carecer de industrias o fábricas.

2.8.4. Caudal de conexiones ilícitas

Este caudal es producido por las viviendas que no cuentan con un sistema de alcantarillado pluvial, por lo que algunos pobladores conectan las tuberías de aguas pluviales al sistema de alcantarillado sanitario.

$$Q_{ci} = 25\% * Q_{dom}$$
$$Q_{ci} = 0,25 * 0,94 \text{ l/s} = 0,24 \text{ l/s}$$

2.8.5. Caudal de infiltración

Para la estimación del caudal de infiltración que entra en las alcantarillas, se tomará en cuenta la profundidad del nivel freático del agua subterránea con relación a la profundidad de las tuberías y el tipo de tubería.

Para tuberías de PVC, que tienen poca profundidad, el caudal de infiltración se calcula de la siguiente manera:

$$Q_{inf} = 0,01 * \text{diámetro de tubería en pulgadas}$$
$$Q_{inf} = 0,01 * 6" = 0,06 \text{ l/s}$$

2.9. Factor de caudal medio

Este factor regula la aportación del caudal en la tubería. Se obtiene de la relación entre el caudal medio y el número de habitantes futuros incluidos en el sistema. El caudal medio es la suma de todos los caudales provenientes de las industrias, comercios, domicilios, conexiones ilícitas e infiltración; descartando todo caudal que no contribuya al diseño del sistema. El caudal medio se calcula de la siguiente manera:

$$Q_{\text{med}} = Q_{\text{dom}} + Q_{\text{ci}} + Q_{\text{inf}}$$
$$Q_{\text{med}} = 0,94 + 0,24 + 0,06 = 1,24 \text{ l/s}$$

El factor de caudal medio debe estar dentro del rango de 0,002 a 0,005, según Normas del INFOM, de lo contrario deberá aproximarse al factor más cercano.

$$fqm = \frac{Q_{\text{med}}}{\text{No. hab.}}$$

$$fqm = \frac{1,24 \text{ l/s}}{541 \text{ hab}} = 0,0023$$

2.10. Velocidad de flujo

Para este proyecto, la tubería a utilizarse es PVC Norma ASTM D-3034, se aconseja que la velocidad para sección parcialmente llena esté comprendida entre 0,60 m/s para la velocidad mínima y una velocidad máxima de 2,5 m/s.

2.11. Tirante

La altura del tirante del flujo deberá ser mayor que el 10% del diámetro de la tubería y menor que el 80%; estos parámetros aseguran el funcionamiento del sistema como un canal abierto y la funcionalidad en el arrastre de los sedimentos. El tirante máximo del flujo a transportar, lo da la relación de tirantes d/D , en donde d es la altura del flujo y D es el diámetro interior de la tubería.

2.12. Factor de Harmon

También conocido como flujo instantáneo, es un factor de seguridad que incrementa el caudal, debido a la posibilidad que en determinado momento una gran cantidad de usuarios utilicen el sistema. Se debe calcular para cada tramo de la red. Su fórmula es:

$$FH = \frac{18 + \sqrt{\text{No. hab.}/1\ 000}}{4 + \sqrt{\text{No. hab.}/1\ 000}}$$

$$FH = \frac{18 + \sqrt{541/1\ 000}}{4 + \sqrt{541/1\ 000}} = 3,96$$

2.13. Caudal de diseño

Se obtiene de multiplicar el factor de Harmon con el de caudal medio y el número de habitantes de la población futura, expresado mediante la siguiente ecuación:

$$Q_{\text{Dis}} = FH * f_{qm} * \text{No. hab.}$$

$$Q_{\text{Dis}} = 3,96 * 0,0023 * 541 \text{ hab} = 4,93 \text{ l/s}$$

2.14. Principios hidráulicos

El principio básico para el buen funcionamiento de un sistema de alcantarillado sanitario, es transportar las aguas servidas por la tubería, como si fuese un canal abierto, funcionando por gravedad, y cuyo flujo está determinado por la rugosidad del material y por la pendiente del canal.

2.14.1. Ecuación de Manning para flujo de canales

Para encontrar valores que determinen la velocidad y el caudal que se conducen en un canal, desde hace años se han propuesto fórmulas experimentales, en las cuales se involucran los factores que más afectan el flujo de las aguas en el conducto. La ecuación de Manning es una fórmula experimental para el cálculo de velocidad para el flujo de canales. Se define de la siguiente manera:

$$V = \left(\frac{1}{n} * Rh^{2/3} * S^{1/2} \right) \quad Rh = \frac{A}{Pm}$$

Donde:

V = velocidad del flujo (m/s)

Rh = radio Hidráulico (m)

S = pendiente del tubo (m/m)

n = coeficiente de rugosidad de la tubería. (n = 0,01; para tubería PVC)

A = área del tubo mojado (m²)

Pm = perímetro mojado (m)

2.14.2. Ecuación a sección llena

El principio fundamental de un sistema de alcantarillado sanitario, es que funcionan como canales abiertos (sección parcial), y en general, las alcantarillas se proyectan para funcionar a sección llena, solamente en condiciones extremas. El caudal que transportará el tubo a sección llena, se obtiene con las siguientes ecuaciones:

$$V = \left(\frac{0,03429 * D^{2/3} * S^{1/2}}{n} \right) \quad A = (5,067 * 10^{-4}) * D^2$$

$$Q = V * A$$

Donde:

Q = caudal (m³/s)

V = velocidad del flujo (m/s)

A = área de tubería (m²)

D = diámetro de la tubería (pulgadas)

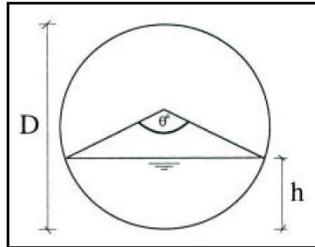
S = pendiente del terreno (m/m)

n = coeficiente de rugosidad de la tubería. (n = 0,01, para tubería PVC)

2.14.3. Ecuación a sección parcialmente llena

En la mayoría de los problemas que se presentan al proyectar las alcantarillas, es necesario estimar la velocidad y el caudal cuando fluyen a sección parcialmente llena, esto incide en una variación de alturas del flujo, que a su vez, hace variar el área transversal del líquido y la velocidad del mismo.

Figura 4. **Sección transversal de la tubería**



Fuente: elaboración propia.

Donde:

D = diámetro

h = altura del flujo

θ = ángulo central

$$\theta^\circ = 2\arccos\left(1 - \frac{2h}{D}\right); \text{ ángulo central (en grado sexagesimal)}$$

$$R_h = \frac{D}{4} \left(1 - \frac{360\text{sen}\theta^\circ}{2\pi\theta^\circ}\right); \text{ radio hidráulico}$$

Sustituyendo valores en la fórmula de Manning:

$$V = \frac{0,397^{2/3}}{n} \left(1 - \frac{360\text{sen}\theta^\circ}{2\pi\theta^\circ}\right)^{2/3} * S^{1/2}; \text{ velocidad de flujo}$$

$$Q = \frac{D^{8/3}}{7\,257,15 * n * (2\pi\theta^\circ)^{2/3}} (2\pi\theta^\circ - 360\text{sen}\theta^\circ)^{5/3} * S^{1/2}; \text{ caudal de flujo}$$

Donde:

D = diámetro de la tubería (pulgadas)

S = pendiente del terreno (m/m)

n = coeficiente de rugosidad de la tubería. (n = 0,01, para tubería PVC)

2.14.4. Relaciones hidráulicas

Relación q/Q : determina qué porcentaje de caudal pasa con respecto al máximo posible. El caudal de diseño debe ser menor que el caudal a sección llena $Q_{dis} < Q$.

Relación v/V : relación entre la velocidad del flujo a sección parcial y la velocidad del flujo a sección llena. Para hallar este valor se utilizan las tablas de relaciones hidráulicas, según el valor de q/Q . Una vez encontrada la relación de velocidades se puede determinar la velocidad parcial dentro de la tubería.

Relación d/D : relación entre la altura del flujo dentro de la tubería (tirante) y el diámetro de la tubería. Este valor se determina a través de las tablas de relaciones hidráulicas, según el valor de q/Q .

La relación d/D debe estar comprendida entre $0,10 \leq d/D \leq 0,75$. Para tramos iniciales el valor puede ser menor a 0,10.

2.15. Secciones y pendientes

La sección de la tubería a utilizar en el alcantarillado será de forma circular, deberá cumplir con las relaciones hidráulicas y parámetros de

velocidad. Con respecto a la pendiente de la tubería, ésta deberá partir de la pendiente del terreno, para evitar costos de excavación innecesarios.

2.16. Diámetro de tuberías

Se debe elegir un diámetro que cumpla con las relaciones hidráulicas y la velocidad adecuada, las Normas generales del INFOM indica un diámetro de tubería para el colector principal mínimo de 6" para tramos iniciales, y 4" para las conexiones domiciliarias.

2.17. Cotas invert

Es la cota o altura de la parte inferior de la tubería, se trabaja conjuntamente con la rasante del pozo de visita para determinar la profundidad del mismo. Ésta se obtiene con la pendiente de la tubería y la distancia del tramo entre pozos, siguiendo estas especificaciones:

- Cuando el diámetro de la tubería que entra a un pozo de visita es igual al diámetro de la tubería que sale, la cota invert de salida se coloca como mínimo, tres centímetros por debajo de la cota invert de entrada.
- Cuando el diámetro de la tubería que entra a un pozo de visita sea menor que el diámetro de la que sale, la diferencia de alturas entre cotas invert será como mínimo, la diferencia de dichos diámetros.
- Cuando el diámetro de la tubería que entra al pozo es mayor que el diámetro de la tubería de salida, la cota invert de salida estará colocada por debajo a una dimensión igual al diámetro de la tubería de entrada.

2.18. Pozos de visita

Los pozos de visita sirven para verificar el buen funcionamiento de la red de tubería, así como para efectuar operaciones de limpieza y mantenimiento; se pueden construir de cualquier material, siempre que sean impermeables y duraderos dentro del período de diseño (ver figura 5, pozo de visita típico).

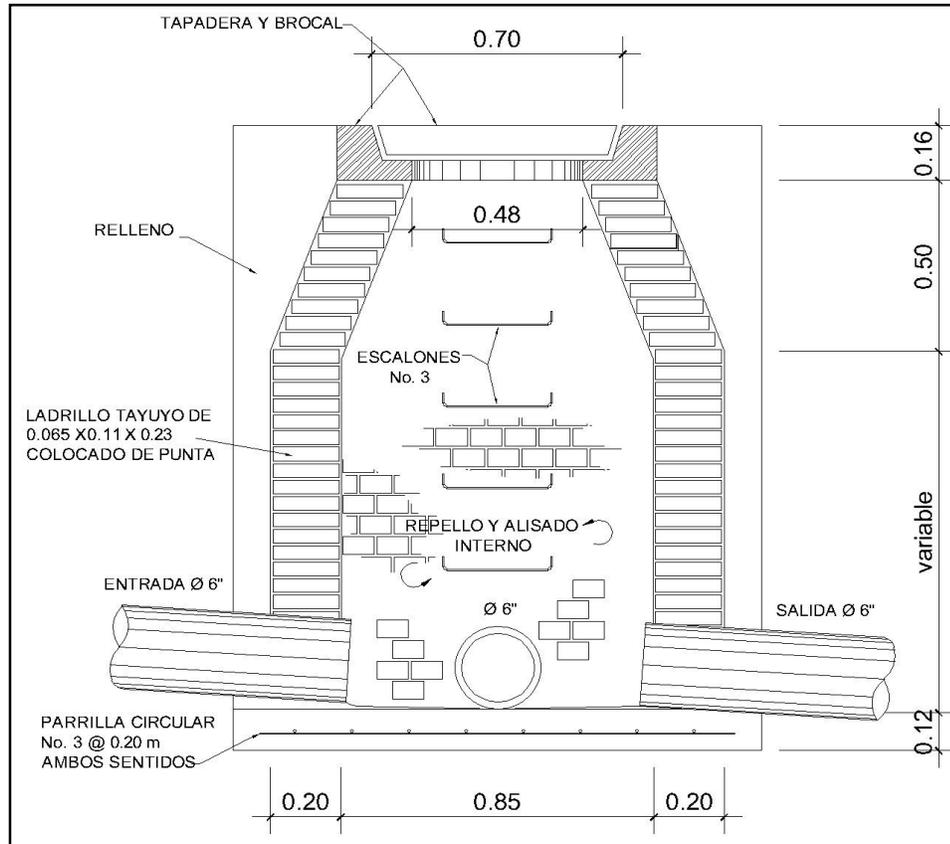
Según las Normas generales del INFOM para el diseño de alcantarillado, se recomienda colocar pozos de visita en los siguientes casos:

- Cambio de diámetro
- Cambio de pendiente
- Intersecciones de tuberías colectoras
- Extremos superiores de ramales iniciales
- Cambios de dirección horizontal para diámetros menores de 24"
- A distancias no mayores de 100 metros en línea recta, en diámetros hasta de 24"

2.19. Conexiones domiciliarias

Son subestructuras que tienen la finalidad de descargar todas las aguas provenientes de las viviendas al colector principal a través de la tubería secundaria. Consta de las siguientes partes: caja o candela y tubería secundaria (ver figura 6, conexión domiciliar típica).

Figura 5. Pozo de visita típico



Fuente: elaboración propia.

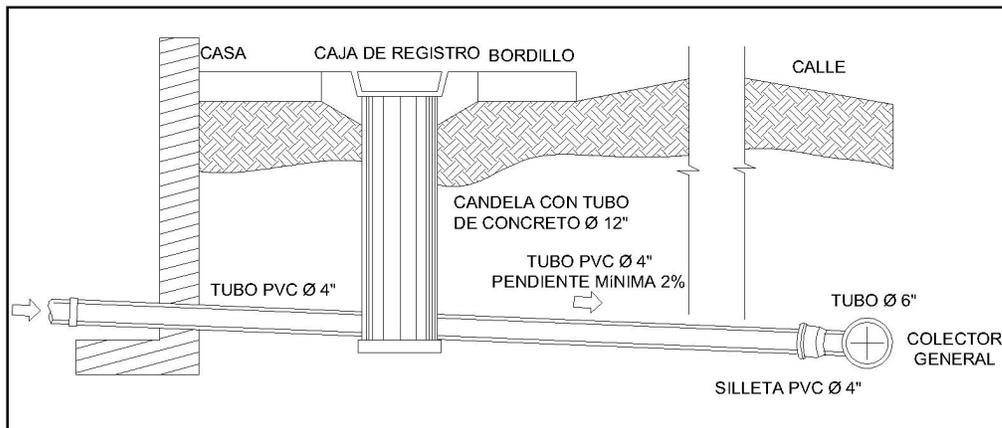
2.19.1. Caja o candela

La candela domiciliar deberá taparse e impermeabilizarse para evitar la entrada de aguas subterráneas y raíces. Se empleará tubería de concreto de 12" de diámetro y colocada verticalmente con tapadera de concreto reforzado.

2.19.2. Tubería secundaria

La conexión de la candela domiciliar con el alcantarillado se hará por medio de la tubería secundaria, la cual tiene un diámetro de 4" en tubería de PVC y deberá tener una pendiente mínima del 2% y una máxima del 6% a efecto de evacuar adecuadamente las aguas servidas al colector principal.

Figura 6. **Conexión domiciliar típica**



Fuente: elaboración propia.

2.20. Profundidad de tubería

Ésta depende del diámetro y del tipo carga que pueda soportar la superficie. Para que no se vea afectada la tubería y pueda ocasionar la fractura de la misma, las profundidades recomendables se describen en la tabla I.

Tabla I. **Profundidad mínima de tubería (metros)**

Diámetro	8"	10"	12"	16"	18"	21"	24"	30"	36"
Tránsito normal	1,20	1,25	1,35	1,40	1,50	1,60	1,65	1,85	2,00
Tránsito pesado	1,40	1,45	1,55	1,50	1,70	1,80	1,85	2,05	2,20

Fuente: Instituto de Fomento Municipal (INFOM).

2.21. **Volumen de excavación**

El volumen de material que se removerá se calcula a partir de la profundidad y la distancia entre pozos de visita, el ancho de la zanja que depende del diámetro de la tubería a utilizar. Se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Vol} = \left(\left(\frac{H_1 + H_2}{2} \right) d * z \right)$$

Donde:

Vol = volumen de excavación (m³)

H₁ = profundidad del primer pozo (m)

H₂ = profundidad del segundo pozo (m)

d = distancia entre pozos (m)

z = factor de hinchamiento del suelo (adimensional)

2.22. Ejemplo de diseño hidráulico en un tramo

Para el diseño del sistema de alcantarillado sanitario del cantón Calvario, se utilizaron las especificaciones técnicas del INFOM y con parámetros detallados en la tabla II.

Tabla II. **Datos de diseño de alcantarillado sanitario**

Tipo de sistema	Alcantarillado sanitario
Periodo de diseño	20 años
Población actual	330 habitantes
Población de diseño (futuro)	541 habitantes
Tasa de crecimiento anual	2,50% (DMP)
Tipo de tubería	PVC Ø 6", Norma ASTM D-3034
Conexión domiciliar	PVC Ø 4", pendiente mínima de 2%
Dotación de agua	200 lts/hab./día.
Factor de retorno del agua	75%
Densidad de habitantes/vivienda	6 hab./vivienda
Relación de velocidad	$0,6 \leq v \leq 2,5$ m/s

Fuente: elaboración propia.

Se utilizará como ejemplo el tramo entre los pozos PV-8 al PV-9:

Datos:

Distancia = 45,50 m

Número de viviendas = 2 viviendas

Cota de terreno inicial = 969,30

Cota de terreno final = 967,91

Pendiente del terreno

$$S\% = \frac{(CT_{\text{inicial}} - CT_{\text{final}})}{\text{distancia}} * 100$$

$$S\% = \frac{(969,30 - 967,91)}{45,50} * 100 = 3,05\%$$

No. de viviendas actuales

Locales = 2 viviendas

Acumuladas = 15 + 2 = 17 viviendas

No. de habitantes a servir en el futuro

Actual: $P_o = (6 \text{ hab/viv}) (17 \text{ viv}) = 102 \text{ hab.}$

Futuro: $P_f = 102(1 + 0,025)^{20} = 168 \text{ hab.}$

Factor de Harmon

$$\text{Actual : FH} = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{102/1\ 000}} = 4,24$$

$$\text{Futuro: FH} = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{168/1\ 000}} = 4,17$$

Caudal domiciliar

$$\text{Actual : } Q_{\text{dom}} = \frac{200 \text{ lts/hab/dia} * 102 \text{ hab} * 0,75}{86\ 400} = 0,177 \text{ l/s}$$

$$\text{Futuro : } Q_{\text{dom}} = \frac{200 \text{ lts/hab/dia} * 168 \text{ hab} * 0,75}{86\ 400} = 0,292 \text{ l/s}$$

Caudal de conexiones ilícitas

$$\text{Actual: } Q_{cl} = 0,25 \cdot 0,177 \text{ l/s} = 0,044 \text{ l/s}$$

$$\text{Futuro: } Q_{cl} = 0,25 \cdot 0,292 \text{ l/s} = 0,073 \text{ l/s}$$

Caudal de infiltración

$$\text{Actual: Futuro: } Q_{inf} = 0,01 \cdot 6'' = 0,06 \text{ l/s}$$

Caudal medio

$$\text{Actual: } Q_{med} = 0,177 + 0,044 + 0,06 = 0,281 \text{ l/s}$$

$$\text{Futuro: } Q_{med} = 0,292 + 0,073 + 0,06 = 0,425 \text{ l/s}$$

Factor de caudal medio

$$\text{Actual : } f_{qm} = \frac{0,281 \text{ l/s}}{102 \text{ hab}} = 0,0028$$

$$\text{Futuro : } f_{qm} = \frac{0,425 \text{ l/s}}{168 \text{ hab}} = 0,0025$$

Caudal de diseño

$$\text{Actual: } Q_{dis} = (4,24) (0,0028) (102) = 1,21 \text{ l/s}$$

$$\text{Futuro: } Q_{dis} = (4,17) (0,0025) (168) = 1,75 \text{ l/s}$$

Velocidad y caudal a sección llena

Datos:

$\varnothing = 6''$ (tubería PVC)

S% = 2,93% (pendiente del tubo propuesta)

Velocidad

$$V = \left(\frac{0,03429(6)^{2/3} (2,93/100)^{1/2}}{0,010} \right) = 1,94 \text{ m/s}$$

Área

$$A = (0,0005067) (6)^2 = 0,01824 \text{ m}^2$$

Caudal

$$Q = (0,01824) (1,94) (1\ 000) = 35,38 \text{ l/s}$$

Chequeo de velocidad mediante relaciones hidráulicas

Actual:

$$Q_{dis}/Q = 1,21/35,38 = 0,0342001$$

$$v/V = 0,468$$

$$d/D = 0,1275; (0,10 \leq d/D \leq 0,75 \text{ Si cumple})$$

$$v = (0,468) (1,94 \text{ m/s}) = 0,91 \text{ m/s}; (0,6 \leq v \leq 2,5 \text{ m/s Si cumple})$$

Futuro:

$$Q_{dis}/Q = 1,75/35,38 = 0,0494629$$

$$v/V = 0,522$$

$$d/D = 0,1525; (0,10 \leq d/D \leq 0,75 \text{ Si cumple})$$

$$v = (0,522) (1,94 \text{ m/s}) = 1,01 \text{ m/s}; (0,6 \leq v \leq 2,5 \text{ m/s Si cumple})$$

Se cumplen con los límites de relación hidráulica de velocidad y tirante, el cuadro resumen de diseño del proyecto se presenta en el apéndice.

Cotas invert

$$\text{PV - 8: } \text{CIS} = \text{CIE} - 0,05 \quad \text{CIS} = 968,14 - 0,05 = 968,09 \text{ m}$$

$$\text{PV - 9: } \text{CIE} = \text{CIS} - \left(\frac{\text{DH} \cdot \text{S}\%}{100} \right) \quad \text{CIE} = 968,09 - \left(\frac{45,50 \cdot 2,93}{100} \right) = 966,75$$

Alturas de pozos

$$\text{PV - 8: } h_1 = \text{CT} - \text{CIS} \quad h_1 = 969,30 - 968,09 = 1,21 \text{ m}$$

$$\text{PV - 9: } h_2 = \text{CT} - \text{CIE} \quad h_1 = 967,91 - 966,75 = 1,16 + 0,05 = 1,21 \text{ m}$$

Para realizar de una forma práctica la construcción del pozo de visita, se dejará una altura de $h = 1,20 \text{ m}$.

2.23. Diseño de una fosa séptica

Es una estructura de concreto reforzado o mampostería reforzada, la cual funciona como un depósito de las aguas provenientes del sistema de alcantarillado sanitario, donde quedan retenidos los sólidos y en suspensión, ya sean orgánicos e inorgánicos para su tratamiento mediante el proceso físico de sedimentación, al proporcionar un tiempo de permanencia adecuado (tiempo de retención). Los sólidos suspendidos que llegan a la fosa son decantados, a

través del proceso de sedimentación, separando la materia sedimentable, la cual entra en un proceso de digestión anaeróbica dentro de la fosa.

Para el diseño de una fosa séptica, se considera un período de retención mínimo de 12 horas, una relación largo-ancho de 2/1 a 4/1, la dotación de lodos hacia la fosa es de 30 a 60 lts./hab./año y la capacidad máxima para que sea funcional, deberá ser de 60 viviendas. Ejemplo de cálculo de volumen y parámetros de diseño en la tabla III.

Tabla III. **Datos de diseño de fosa séptica**

Período de diseño	24 horas
Dotación	200 lts./hab./día
No. de habitantes	330 hab. (55 viviendas)
Lodos	30 lts./hab./año
Período de limpieza	5 años

Fuente: elaboración propia.

Caudal aportado

$$Q = (200 \text{ lts/hab/día}) (0,75) (330 \text{ hab}) = 49\,500 \text{ lts/día}$$

$$Q = 49,50 \text{ m}^3/\text{día}$$

Volumen de lodos

$$V_L = (330 \text{ hab}) (30 \text{ lts/hab/año}) = 9\,900 \text{ lts/año}$$

$$V_L = (9\,900 \text{ lts/año}) / (1\,000 \text{ m}^3/\text{lts}) = 9,90 \text{ m}^3/\text{año}$$

$$V_L = (9,90 \text{ m}^3/\text{año}) (5 \text{ años}) = 49,50 \text{ m}^3$$

Volumen total

$$V = 49,50 \text{ m}^3 + 49,50 \text{ m}^3 = 99 \text{ m}^3$$

Ancho en función del volumen de la fosa

$$V = A * L * H$$

$$H = 2,5 \text{ m} \text{ y } L = 2 * A$$

$$99 \text{ m}^3 = 2 * A^2 (2,5 \text{ m})$$

Dimensiones de la fosa séptica

$$A = \sqrt{\frac{99 \text{ m}^3}{2 * 2,5 \text{ m}}} = 4,45 \text{ m (ancho)}$$

$$L = 2 * A = 2 * 4,45 \text{ m} = 8,9 \text{ m (largo)}$$

$$H = 2,5 \text{ m (altura)}$$

2.24. Dimensionamiento de pozos de absorción

Un pozo de absorción, también conocido como pozo de filtración, es una cámara cubierta, de paredes porosas, que permite que el agua se filtre lentamente al terreno. El efluente sedimentado proveniente de la fosa séptica es descargado en la cámara subterránea de donde se infiltra al terreno que la circunda. El pozo de absorción se puede dejar vacío y recubrir con un material poroso (para dar soporte y evitar que se colapse), o dejar sin cubrir y llenar con piedras grandes y grava. Las piedras y la grava evitarán que las paredes se colapsen, pero dejarán espacio adecuado para las aguas residuales. En ambos casos, una capa de arena y grava fina debe ser repartida en el fondo para ayudar a que se disperse el flujo.

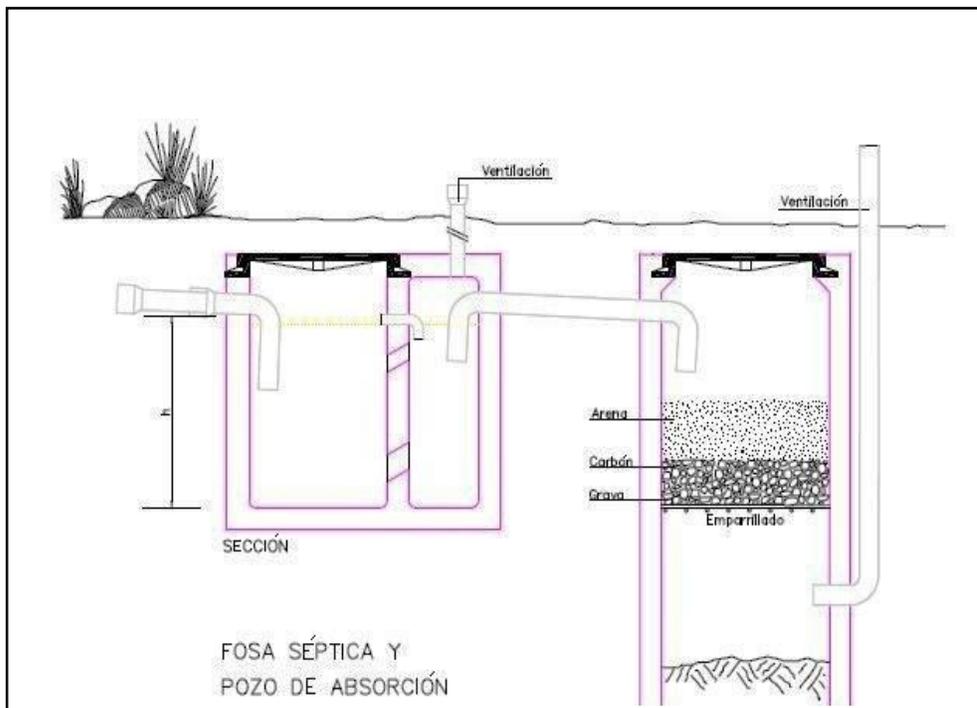
- Dimensiones del pozo de absorción

El pozo de absorción debe tener entre 1,5 y 3 metros de profundidad, cuando la profundidad sea mayor de 3 m, se recomienda disponer de otro pozo, con el objeto de disminuir la profundidad de desplante y debe tener un diámetro mínimo de 1 metro. Es importante que el pozo de absorción se localice a una distancia segura de la fuente de agua (lo ideal sería 30 m).

Como el agua residual (aguas grises o negras pre-tratadas) se filtra por el terreno desde el pozo de absorción, pequeñas partículas se filtran en la matriz del terreno y los materiales orgánicos son digeridos por microorganismos. Así, los pozos de absorción son los más adecuados para terrenos con buenas propiedades de absorción; no son adecuados para terrenos con barro, compactos o rocosos.

Un pozo de absorción puede durar entre 3 y 5 años sin mantenimiento, para extender la vida de un pozo de absorción, se debe tener cuidado de asegurar que el efluente ha sido clarificado o filtrado para evitar la acumulación excesiva de sólidos y deberá mantenerse lejos de las áreas de mucho tránsito de manera que el terreno por encima y alrededor del pozo no este compactado. Cuando el desempeño del pozo de absorción se deteriora, el material dentro del pozo puede ser excavado y rellenado. Para permitir futuros accesos, se debe usar una tapa removible (preferentemente de concreto) para sellar el pozo hasta que requiera mantenimiento.

Figura 7. Fosa séptica y pozo de absorción



Fuente: Código técnico, LOUA, información constructiva.

2.25. Programa de operación y mantenimiento

Es necesario que el COCODE seleccione al personal adecuado para realizar la inspección del sistema de alcantarillado sanitario, ya que por el uso constante del mismo está en riesgo a deteriorarse, así como por obstrucciones en el flujo producto de los mismos desechos.

La inspección será de tipo visual, se llevará a cabo a través de la colocación de una linterna dentro de la tubería en el pozo de visita, para luego ser observada al otro extremo, determinando si existe o no obstrucciones al sistema. Otra forma de realizar la inspección es verter una cierta cantidad de

agua en la tubería, y observar la circulación del agua en la salida de la tubería, esperando que ésta sea normal.

Los pozos de visita serán revisados periódicamente, ya que son parte fundamental del sistema, y su conservación garantiza el buen funcionamiento del mismo, por lo que deberán limpiarse de residuos y lodos acumulables que eviten la libre circulación de las aguas residuales. También cada vecino será responsable por el mantenimiento de la candela correspondiente a su vivienda, ya que ésta deberá conservarse en buen estado para un funcionamiento correcto.

2.26. Planos

Los planos correspondientes al proyecto son: planta general con densidad de viviendas, planta perfil de línea central y ramales, detalles de pozo de visita y conexión domiciliar. Ver apéndice, sección de planos constructivos, sistema de alcantarillado sanitario para el cantón Calvario.

2.27. Presupuesto y cronograma de ejecución

La integración del presupuesto fue realizada con base en: los precios unitarios obtenidos de las guías de trabajo para los equipos departamentales y regionales; estimación de costos de obras civiles y guía de costos promedios de construcción del INFOM; los materiales de construcción que se cotizan en el municipio y lo concerniente a mano de obra calificada y no calificada se aplicó lo que la municipalidad asigna para casos similares, en cuanto a costos indirectos se aplicó el 30%.

Tabla IV. Presupuesto de alcantarillado sanitario

SAN MIGUEL ACATÁN, HUEHUETENANGO					
ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL CANTÓN CALVARIO					
No	Renglón	Unidad	Cantidad	Precio unitario (Q)	Precio total (Q)
1,	Replanteo topográfico	M	500,06	3,90	1 950,23
2,	Excavación en roca de desperdicio	m ³	399,50	69,55	27 785,23
3,	Colector de 6" (PVC)	Unidad	88	1 020,07	89 766,16
4,	Pozo de visita (h=1,20 m)	Unidad	19	3 706,08	70 415,52
5,	Relleno y compactación	m ³	570,71	45,24	25 818,92
6,	Conexiones domiciliarias	Unidad	55	1 719,56	94 575,80
COSTO TOTAL DEL PROYECTO				Q 310 311,86	

Fuente: elaboración propia.

Tabla V. Cronograma de ejecución del alcantarillado sanitario

CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN-INVERSIÓN DEL ALCANTARILLADO SANITARIO DEL CANTÓN CALVARIO						
No.	Descripción	Total	Primer mes	Segundo mes	Tercer mes	%
1	REPLANTEO TOPOGRÁFICO	Q 1 950,23				0,63%
2	EXCAVACIÓN EN ROCA DE DESPERDICIO	Q 27 785,23				8,95%
3	COLECTOR DE 6" (pvc)	Q 89 766,16				28,93%
4	POZO DE VISITA (h=1.20m)	Q 70 415,52				22,69%
5	RELLENO Y COMPACTACIÓN	Q 25 818,92				8,32%
6	CONEXIONES DOMICILIARES	Q 94 575,80				30,48%
COSTO TOTAL DEL PROYECTO		Q 310 311,86	PORCENTAJE DE EJECUCIÓN-INVERSIÓN			100,00%

Fuente: elaboración propia.

2.28. Evaluación de impacto ambiental (EIA)

La evaluación de impacto ambiental es un procedimiento jurídico-administrativo que tiene por objetivo la identificación, predicción e interpretación de los impactos ambientales que un proyecto o actividad producirá en caso de ser ejecutado, así como la prevención, corrección y valoración de los mismos; con el fin de ser aceptado, modificado, rechazado por parte de la administración pública competente. Es decir, la evaluación de impacto ambiental es un instrumento que provee información para toma de decisiones.

En el caso de este proyecto, durante la etapa de construcción se tomarán medidas de mitigación, a causa del polvo, ruidos y vibraciones provocados por la operación en el área de las máquinas de mediano porte (retroexcavadoras, camiones de volteo, mezcladoras etc.), cuyo empleo no afectará considerablemente el medio ambiente ni a la población. Las tareas a realizar en la etapa constructiva deberán ser ejecutadas en el día, a fin de minimizar los efectos negativos.

Tabla VI. **Evaluación de impacto ambiental del alcantarillado sanitario**

ETAPA DE EJECUCIÓN		
ACTIVIDADES	IMPACTOS NEGATIVOS	MEDIDAS DE MITIGACIÓN
Ingreso de maquinaria, cuadrilla de trabajadores y materiales.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Producción de ruido y vibraciones. ▪ Producción de desechos. ▪ Obstrucción del tránsito en calle principal. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Trabajar en horas donde se cause la menor molestia a la población. ▪ Mantener bolsas de basura para cualquier desecho que produzca la cuadrilla.
Zanjeo y relleno. (Línea principal y pozos de visita)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Incremento de la erosión. ▪ Obstrucción del tránsito. ▪ Destrucción parcial de cultivos. ▪ Posibles accidentes de los trabajadores y población. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Colocar avisos o señales cerca de las excavaciones. ▪ Proteger las paredes de la zanja para evitar derrumbes. ▪ Realizar las zanjas en el menor tiempo posible. ▪ Concientizar previamente a la población sobre la destrucción de los cultivos.

Fuente: elaboración propia.

2.29. Evaluación socio-económica

2.29.1. Valor presente neto

Esta es una alternativa para la toma de decisiones de la inversión que se hará en el proyecto, lo cual permite determinar si la inversión vale la pena realizarla o no, evitando así, hacer malas inversiones que provoquen en un futuro pérdidas.

- Cuando el VPN < 0, y si el resultado es un valor negativo muy grande alejado del cero, está alertando o previniendo que el proyecto no es rentable.
- Cuando el VPN = 0, está indicando que exactamente se está generando el porcentaje de utilidad que se desea.
- Cuando el VPN > 0, está indicando que la opción es rentable y que inclusive podrían incrementarse el porcentaje de utilidad.

En el proyecto de sistema de alcantarillado sanitario del cantón Calvario, el valor presente neto es de:

$$\text{VPN} = \text{ingresos} - \text{egresos}$$

$$\text{VPN} = \text{Q } 0,00 - \text{Q } 310\,311,86$$

$$\text{VPN} = \text{Q} - 310\,311,86$$

El valor presente neto negativo del proyecto es de Q 310 311,86. Este costo será de inversión social por parte de la municipalidad. No se recupera la inversión, sino que se beneficia a la población con servicios básicos, por lo cual no se está estipulando ningún ingreso ni rentabilidad del proyecto.

2.29.2. Tasa interna de retorno

Conceptualmente se puede decir que la tasa interna de retorno, es la máxima de utilidad que puede obtenerse cuando se analiza una alternativa de inversión, teniendo en cuenta un equilibrio entre el flujo de ingresos y egresos.

Como pudo constatarse al calcular el valor presente neto, no se prevé ningún tipo de ingreso para este proyecto, debido a que la propuesta de disposición y tratamiento de aguas negras no es rentable para la municipalidad, ya que el costo de la obra supera a los ingresos que genera el mismo; sin embargo, el no ser rentable no significa que sea innecesario para la comunidad. Por lo que se procede para este caso, tomar el valor de tasa interna de retorno (TIR), igual a 4,5%, la cual representa el costo que el Estado debe desembolsar para la ejecución de dicho proyecto.

La tasa interna de retorno fue calculada, tomando en cuenta la tasa libre de riesgo de Guatemala, que es la inversión en títulos públicos que actualmente se cancela, es lo que le cuesta al Estado captar los fondos para invertirlos en obras públicas.

3. DISEÑO DE LA ESCUELA OFICIAL RURAL MIXTA DE LA ALDEA COPA, SAN MIGUEL ACATÁN, HUEHUETENANGO

3.1. Diseño de edificación escolar de dos niveles

3.1.1. Descripción del proyecto

Este consiste en el diseño de un edificio escolar de dos niveles, para la aldea Copa.

La edificación escolar contará con 6 aulas. Asimismo se diseñará un módulo independiente de gradas y de servicios sanitarios. Además contará con los servicios de energía eléctrica, agua potable y drenaje.

La estructura del edificio escolar estará compuesta por marcos dúctiles y losas planas de concreto reforzado, muros de block pómez, piso de granito, puertas y ventanas metálicas.

3.1.2. Descripción del área disponible

Por la forma del terreno, no hubo necesidad de realizar un levantamiento topográfico, ya que la superficie es plana. El terreno disponible es un área de 350 m² de forma irregular y el área de construcción del edificio escolar de dos niveles es de 196 m².

3.1.3. Evaluación de calidad de suelos

Dentro de las primeras actividades básicas en el diseño de la edificación escolar, se encuentra el estudio de suelos, el cual tiene como principal objetivo describir las características físicas y mecánicas del suelo portante de la edificación, en especial la capacidad de carga admisible o valor soporte del suelo. Para la determinación de dicha propiedad mecánica del suelo se procedió a realizar el ensayo de compresión triaxial, el cual determina los parámetros de la resistencia al esfuerzo de corte (cohesión y ángulo de fricción interna).

3.1.3.1. Determinación del valor soporte del suelo

Para determinar el valor soporte del suelo (V_s), se realizó a través del método empírico propuesto por el Dr. Karl Terzaghi, con los datos obtenidos en el ensayo de compresión triaxial.

El ensayo de compresión triaxial no consolidado y no drenado se le realizó a una muestra inalterada de suelo de 1 pie³ de volumen. La cual dio una descripción de un suelo limo arenoso de color café, teniendo las siguientes propiedades:

Coeficiente de cohesión (C_u)	= 4,4 ton/m ²
Ángulo de fricción interna (φ)	= 27,30°
Peso volumétrico del suelo (γ_{suelo})	= 1,17 ton/m ³
Base de cimentación propuesta (B)	= 1,00 m
Desplante (D_f)	= 1,50 m
Factor de seguridad (F_s)	= 5

Factores: (ver en anexos, factores de capacidad de carga de Terzaghi)

$$N'_q = 16,47$$

$$N'_c = 29,95$$

$$N'_\gamma = 12,23$$

$$q_u = 1,3C_u N'_c + qN'_q + 0,4\gamma_{\text{suelo}}BN'_\gamma$$

$$q_u = 1,3(4,4)(29,95) + (1,17 \cdot 1,50)(16,47) + 0,4(1,17)(1,00)(12,23) = 205,94 \text{ ton/m}^2$$

$$V_s = \frac{q_u}{F_s} = \frac{205,94}{5} = 41,19 \text{ ton/m}^2$$

Se adoptó un factor de seguridad alto para cubrir las deficiencias que pudieran haberse dado, tanto en la obtención de la muestra como en la realización del ensayo triaxial.

3.1.4. Diseño arquitectónico

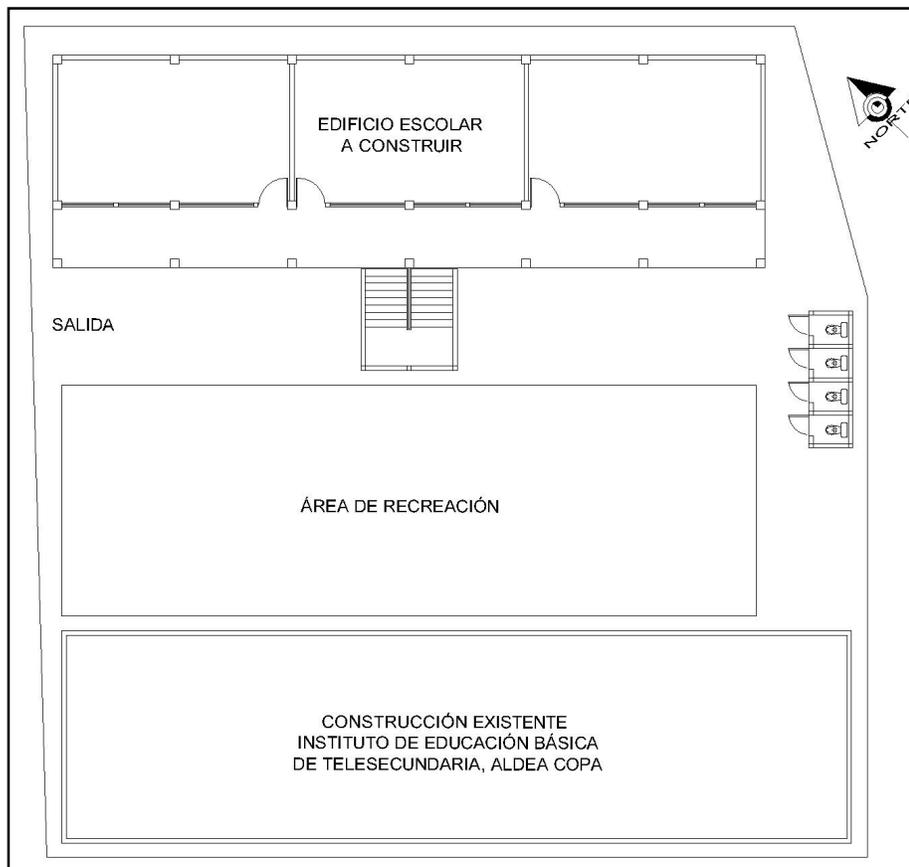
Este diseño permite proporcionar una forma adecuada de distribuir los diferentes ambientes que componen el edificio. Se hace para tener un lugar cómodo y funcional para su uso.

Las aulas se diseñaron para una capacidad de 30 alumnos, necesitando un área mínima de 1,30 m² por alumno, y un área interna del salón de 40 m², de forma rectangular y con dimensiones de 5 x 8 m. Para establecer estos datos, se deben tomar en cuenta diferentes criterios, tales como: número aproximado de alumnos que utilizarán la edificación, crecimiento poblacional, dimensiones del terreno y financiamiento para la construcción.

3.1.4.1. Ubicación del edificio en el terreno

La edificación escolar estará situada en la parte Noreste del área disponible, ya que en el resto del terreno se encuentra ubicado el edificio de educación básica Telesecundaria de la aldea Copa y el área de recreación.

Figura 8. **Planta de ubicación del edificio escolar**

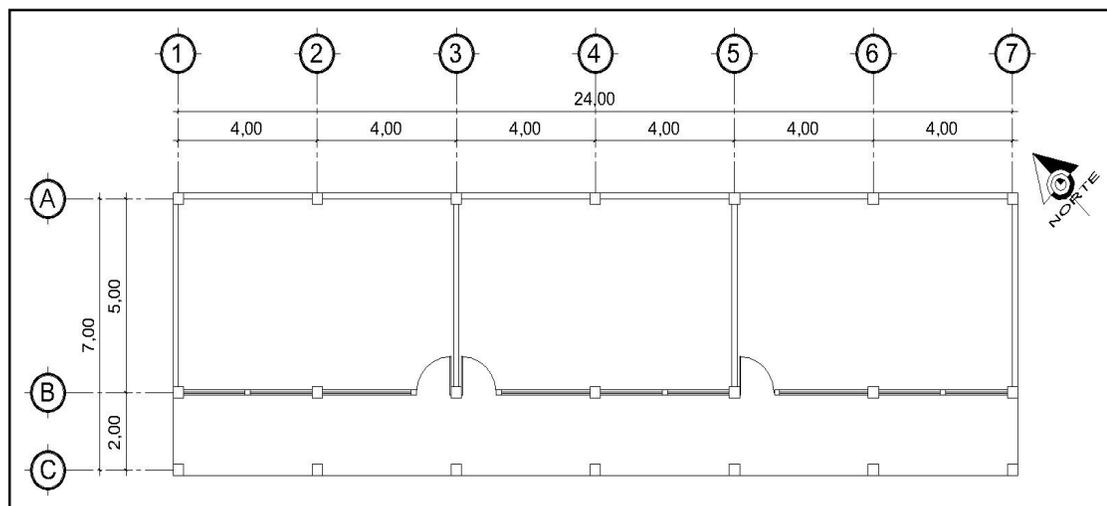


Fuente: elaboración propia.

3.1.4.2. Distribución de ambientes

La forma de los ambientes y su distribución dentro de la edificación, se realizará del modo tradicional para edificios educativos, por ser ésta la que más se ajusta a las necesidades existentes y al espacio disponible. Se contemplarán 6 salones de clases para el edificio escolar, serán 3 salones para la planta baja, como para la planta alta, un módulo de gradas y de servicios sanitarios.

Figura 9. **Planta del edificio escolar**

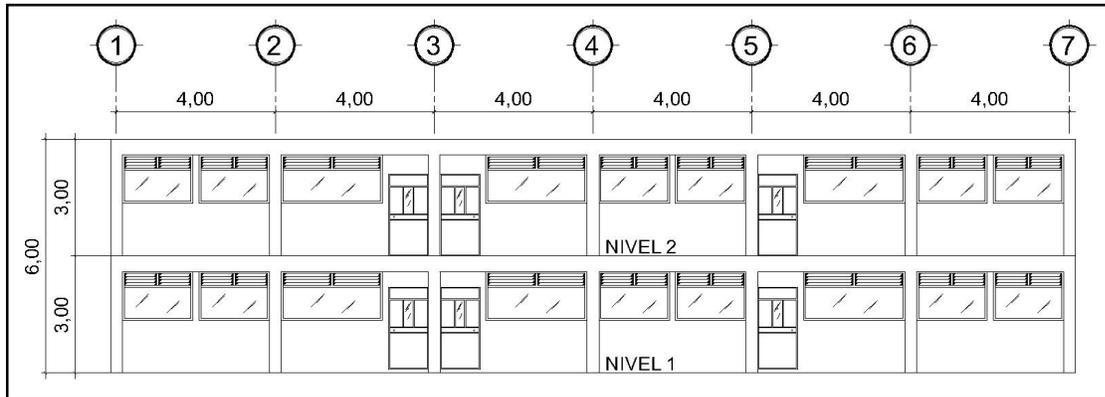


Fuente: elaboración propia.

3.1.4.3. Altura del edificio

La edificación escolar se diseñó para dos niveles, debido a las limitantes de área disponible, y con la propuesta de este diseño se acomoda mejor el edificio dentro del terreno. Cada nivel posee una altura de 3 m, por lo que la altura del edificio es de 6 m desde el nivel del terreno.

Figura 10. **Fachada del edificio escolar**



Fuente: elaboración propia.

3.1.5. Selección del sistema estructural a usar

Un sistema estructural es la combinación de elementos tales como: losas, vigas, columnas, zapatas, los cuales están unidas de tal forma, que formen un sistema. Para este proyecto se utilizó un sistema de marcos espaciales dúctiles con nudos rígidos, losas planas de concreto reforzado y muros de mampostería reforzada de block pómez.

3.1.5.1. Predimensionamiento de elementos estructurales

Es necesario proponer dimensiones a los elementos estructurales que se crean convenientes para la estructura, los cuales soportarán los esfuerzos y las cargas que se aplicarán en el edificio. A través del Código ACI 318-02 se establecen métodos sencillos que garantizan su funcionalidad. Estos valores pueden modificarse, según lo demande el diseño estructural.

- Predimensionamiento de losa

Primero: para proceder a dimensionar el espesor de la losa, se debe determinar la dirección de cada una del edificio. La clasificación de las losas está en función de la relación que existe entre el lado corto con el lado largo.

$$m = \frac{a}{b}$$

Donde:

a = lado corto de la losa

b = lado largo de la losa

Si $m < 0,5$ = losa armada en una dirección

Si $0,5 \leq m \leq 1$ = losa armada en dos direcciones

$$m_{\text{salones}} = \frac{4}{5} = 0,8 \text{ (losa armada en dos direcciones)}$$

$$m_{\text{pasillos}} = \frac{2}{4} = 0,5 \text{ (losa armada en dos direcciones)}$$

La siguiente ecuación se utiliza para determinar el espesor “t” de las losas armadas en dos direcciones:

$$t = \frac{b}{30 + \left(3\left(\frac{b}{a}\right)\right)} \quad (\text{ACI 318-02 seccion 6.5.4.; ecuación 6,1})$$

$$t_{\text{salones}} = \frac{5}{30 + \left(3\left(\frac{5}{4}\right)\right)} = 0,148 \text{ m}$$

$$t_{\text{pasillos}} = \frac{4}{30 + \left(3\left(\frac{4}{2}\right)\right)} = 0,111 \text{ m}$$

Según los resultados obtenidos, el espesor de la losa para el edificio escolar, no debe ser mayor de 0,148 m, ni menor de 0,111 m. Por lo que, para efectos de diseño se utilizará una losa con espesor $t = 0,12 \text{ m}$.

- Predimensionamiento de viga

La viga se define con base a la longitud efectiva. El Código ACI 318-02 proporciona diferentes situaciones para poder predimensionar una viga.

$$t = \frac{\lambda}{14} \quad (\text{sección 6.5.3.2; Tabla 6,4})$$

$$t_{\text{viga}} = 3t_{\text{losa}} \quad (\text{sección 6.5.4.})$$

Longitud de la viga mayor $\lambda = 5 \text{ m}$.

$$t_{\text{viga}} = \frac{5}{14} = 0,357 \text{ m} \qquad t_{\text{viga}} = 3(0,12) = 0,36 \text{ m}$$

De acuerdo a los resultados obtenidos y para efectos de construcción, el espesor de la viga a utilizar será de $t = 0,40 \text{ m}$.

Con respecto a la base de la viga, el Código ACI 318-02 en la sección 8.4.3.2., se encuentra la tabla 8,3, la cual dice que la base mínima de una viga es de $b = 0,20 \text{ m}$. Por lo que para efectos de diseño y construcción se propone una base de $b = 0,30 \text{ m}$.

- Predimensionamiento de columna

Al igual que en la viga, la columna se puede definir con base a la longitud efectiva. El Código ACI 318-02 proporciona diferentes situaciones para poder predimensionar una columna.

Dado que existen columnas centrales en el diseño, se utilizará una de éstas para predimensionar, según el Código ACI 318-02 en la sección 10.3.3.2., en las columnas centrales, la dimensión de la sección de la columna paralela a la dirección del apoyo no debe ser menor de 1/10 de la distancia libre entre apoyos laterales. Debido a que todas las columnas son paralelas y de la misma longitud en los dos niveles, se utilizará una distancia libre entre apoyos de 3 m.

$$b_{\text{columna}} = 3 \left(\frac{1}{10} \right) = 0,30 \text{ m}$$

Otro parámetro que ofrece el Código ACI 318-02 en la sección 10.4.2.11., se encuentra la tabla 10,1, la cual dice que la base mínima de una columna es de $b = 0,25 \text{ m}$. Por lo que para efectos de diseño y construcción se utilizará una base de $b = 0,30 \text{ m}$, la cual coincidirá con el ancho de la viga propuesta. Con respecto al espesor de la columna, la dimensión será igual a la base propuesta, debido a que se propondrá una columna cuadrada para los dos niveles.

- Predimensionamiento de zapata

Los cimientos de la edificación escolar se diseñarán como zapatas aisladas. El predimensionamiento de las zapatas se detalla en la sección de diseño de cimientos.

3.1.5.2. Cargas de diseño

Las cargas de diseño que actúan sobre las estructuras pueden dividirse en tres grandes categorías: cargas muertas, cargas vivas y cargas ambientales.

- Las cargas muertas: son las que se mantienen constantes en magnitud y fijas en su posición durante la vida útil de la estructura.
- Las cargas vivas: consisten principalmente en cargas de ocupación en edificios. Éstas pueden estar total o parcialmente en su sitio o no estar presentes y pueden cambiar su ubicación. Su magnitud y distribución son inciertas en un momento dado.
- Las cargas ambientales: consisten, principalmente, en cargas sísmicas, cargas de presión y succión de viento, presiones de suelo, etc. Al igual que las cargas vivas, las cargas ambientales son inciertas, tanto en magnitud como en distribución.

3.1.5.2.1. Cargas verticales en marcos dúctiles con nudos rígidos

También son llamadas cargas por gravedad, están integradas por cargas vivas y muertas, la carga viva es una carga ocasional, producida por el peso de las personas, mobiliario, etc., la carga muerta es la que permanece constante, inamovible y permanente dentro de una estructura, generalmente está constituida por el peso propio de los elementos que integran la estructura.

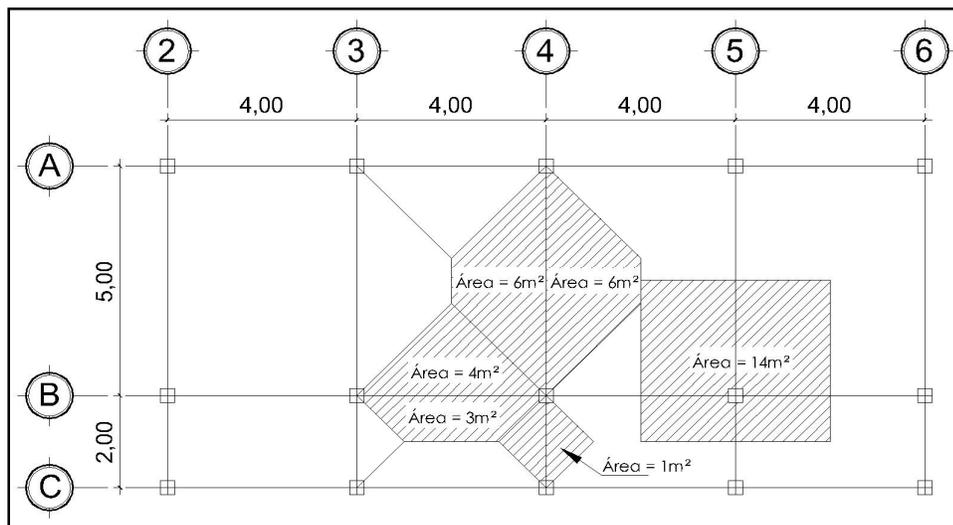
Las cargas muertas que se utilizarán son las siguientes:

- Concreto = 2 400 kg/m³
- Muros = 175 kg/m²
- Acabados = 25 kg/m³
- Piso = 75 kg/m³

Las cargas vivas que se utilizaron en el diseño son de las Normas AGIES NR-2; 2000: (ver anexos)

- Techo = 100 kg/m²
- Pasillo = 500 kg/m²
- Aulas = 300 kg/m²
- Gradadas = 500 kg/m³

Figura 11. Planta de áreas tributarias



Fuente: elaboración propia.

Integración de cargas para marcos dúctiles:

Eje B – Viga 3-4

Nivel 2

Carga muerta = losa + acabados + viga

$$\text{Peso losa} = (7 \text{ m}^2 * 0,12 \text{ m} * 2 \text{ 400 kg/m}^3) / 4 \text{ m} = 504,00 \text{ kg/m}$$

$$\text{Peso acabados} = (7 \text{ m}^2 * 25 \text{ kg/m}^2) / 4 \text{ m} = 43,75 \text{ kg/m}$$

$$\text{Peso viga} = (0,30 \text{ m} * 0,40 \text{ m} * 2 \text{ 400 kg/m}^3) = 288,00 \text{ kg/m}$$

$$\text{Total carga muerta} = 835,75 \text{ kg/m}$$

Carga viva = techo

$$\text{Peso techo} = (7 \text{ m}^2 * 100 \text{ kg/m}^2) / 4 \text{ m} = 175,00 \text{ kg/m}$$

$$\text{Total carga viva} = 175,00 \text{ kg/m}$$

Eje B – Viga 3-4

Nivel 1

Carga muerta = losa + acabados + piso + viga + muro

$$\text{Peso losa} = (7 \text{ m}^2 * 0,12 \text{ m} * 2 \text{ 400 kg/m}^3) / 4 \text{ m} = 504,00 \text{ kg/m}$$

$$\text{Peso acabados} = (7 \text{ m}^2 * 25 \text{ kg/m}^2) / 4 \text{ m} = 43,75 \text{ kg/m}$$

$$\text{Peso piso} = (7 \text{ m}^2 * 75 \text{ kg/m}^2) / 4 \text{ m} = 131,25 \text{ kg/m}$$

$$\text{Peso viga} = (0,30 \text{ m} * 0,40 \text{ m} * 2 \text{ 400 kg/m}^3) = 288,00 \text{ kg/m}$$

$$\text{Peso muro} = (4 \text{ m} * 200 \text{ kg/m}^2) = 800,00 \text{ kg/m}$$

$$\text{Total carga muerta} = 1 \text{ 767,00 kg/m}$$

Carga viva = aulas + pasillos

Peso aulas	= $(4 \text{ m}^2 * 300 \text{ kg/m}^2) / 4 \text{ m}$	=	300,00 kg/m
Peso pasillos	= $(3 \text{ m}^2 * 500 \text{ kg/m}^2) / 4 \text{ m}$	=	375,00 kg/m
Total carga viva		=	675,00 kg/m

Eje 4 – Viga A-B
Nivel 2

Carga muerta = losa + acabados + viga

Peso losa	= $(12 \text{ m}^2 * 0,12 \text{ m} * 2 400 \text{ kg/m}^3) / 5 \text{ m}$	=	691,20 kg/m
Peso acabados	= $(12 \text{ m}^2 * 25 \text{ kg/m}^2) / 5 \text{ m}$	=	60,00 kg/m
Peso viga	= $(0,30 \text{ m} * 0,40 \text{ m} * 2 400 \text{ kg/m}^3)$	=	288,00 kg/m
Total carga muerta		=	1 039,20 kg/m

Carga viva = techo

Peso techo	= $(12 \text{ m}^2 * 100 \text{ kg/m}^2) / 5 \text{ m}$	=	240,00 kg/m
Total carga viva		=	240,00 kg/m

Eje 4 – Viga B-C
Nivel 2

Carga muerta = losa + acabados + viga

Peso losa	= $(2 \text{ m}^2 * 0,12 \text{ m} * 2 400 \text{ kg/m}^3) / 2 \text{ m}$	=	288,00 kg/m
Peso acabados	= $(2 \text{ m}^2 * 25 \text{ kg/m}^2) / 2 \text{ m}$	=	25,00 kg/m
Peso viga	= $(0,30 \text{ m} * 0,40 \text{ m} * 2 400 \text{ kg/m}^3)$	=	288,00 kg/m

$$\text{Total carga muerta} = 601,00 \text{ kg/m}$$

Carga viva = techo

$$\text{Peso techo} = (2 \text{ m}^2 * 100 \text{ kg/m}^2) / 2 \text{ m} = 100,00 \text{ kg/m}$$

$$\text{Total carga viva} = 100,00 \text{ kg/m}$$

Eje 4 – Viga A-B

Nivel 1

Carga muerta = losa + acabados + piso + viga + muro

$$\text{Peso losa} = (12 \text{ m}^2 * 0,12 \text{ m} * 2 \text{ 400 kg/m}^3) / 5 \text{ m} = 691,20 \text{ kg/m}$$

$$\text{Peso acabados} = (12 \text{ m}^2 * 25 \text{ kg/m}^2) / 5 \text{ m} = 60,00 \text{ kg/m}$$

$$\text{Peso piso} = (12 \text{ m}^2 * 75 \text{ kg/m}^2) / 5 \text{ m} = 180,00 \text{ kg/m}$$

$$\text{Peso viga} = (0,30 \text{ m} * 0,40 \text{ m} * 2 \text{ 400 kg/m}^3) = 288,00 \text{ kg/m}$$

$$\text{Peso muro} = (5 \text{ m} * 200 \text{ kg/m}^2) = 1 \text{ 000,00 kg/m}$$

$$\text{Total carga muerta} = 2 \text{ 219,20 kg/m}$$

Carga viva = aulas

$$\text{Peso aulas} = (12 \text{ m}^2 * 300 \text{ kg/m}^2) / 5 \text{ m} = 720,00 \text{ kg/m}$$

$$\text{Total carga viva} = 720,00 \text{ kg/m}$$

Eje 4 – Viga B-C

Nivel 1

Carga muerta = losa + acabados + piso + viga + muro

Peso losa	= (2 m ² *0,12 m*2 400 kg/m ³)/2 m	=	288,00 kg/m
Peso acabados	= (2 m ² *25 kg/m ²)/2 m	=	25,00 kg/m
Peso piso	= (2 m ² *75 kg/m ²)/2 m	=	75,00 kg/m
Peso viga	= (0,30 m*0,40 m*2 400 kg/m ³)	=	288,00 kg/m
Peso muro	= (2 m*200 kg/m ²)	=	400,00 kg/m
Total carga muerta		=	1 076,00 kg/m

Carga viva = pasillos

Peso pasillos	= (2 m ² *500 kg/m ²)/2 m	=	500,00 kg/m
Total carga viva		=	500,00 kg/m

3.1.5.2.2. Cargas horizontales en marcos dúctiles con nudos rígidos

Las cargas horizontales son las que actúan perpendicularmente a la línea de la gravedad, son producidas por sismos, viento o impacto y son puramente dinámicas. Debido a que Guatemala está considerada como zona sísmica, se aplica únicamente la fuerza del sismo. Para encontrar las fuerzas sísmicas aplicadas al edificio se utilizó el método *SEAOC*, de la manera siguiente:

Corte basal (V): es la fuerza sísmica que el suelo transmite a la base del edificio, su valor se obtiene de la siguiente fórmula.

$$V=Z*I*K*C*S*W_T$$

Donde:

Z = 1 coeficiente de la zona sísmica para Huehuetenango.

I = 1,40 coeficiente de importancia del edificio después que actúa el sismo, para instituciones educativas.

K = 0,67 factor para el sistema estructural de marcos dúctiles espaciales.

T = período natural de vibración de la estructura.

$$T = \frac{0,09h}{\sqrt{D}}$$

C = Coeficiente que depende del periodo natural de vibración.

$$C = \frac{1}{15\sqrt{T}} \quad C_x = C_y = C \leq 0,12$$

Donde:

h = altura del edificio, desde los cimientos.

D = base del edificio, que depende del sentido que se analiza.

Sentido X:

$$T_x = \frac{0,906(7,5)}{\sqrt{24}} = 0,139 \quad C_x = \frac{1}{15\sqrt{0,139}} = 0,18; \text{ usar } 0,12$$

Sentido Y:

$$T_y = \frac{0,0906(7,5)}{\sqrt{7}} = 0,257 \quad C_y = \frac{1}{15\sqrt{0,257}} = 0,13; \text{ usar } 0,12$$

S = 1,5 Factor de interacción del suelo – estructura cuando es desconocido.

Si $C_x * S > 0,14$ utilizar: $C_x * S = 0,14$

Si $C_y * S > 0,14$ utilizar: $C_y * S = 0,14$

$C_x * S = C_y * S = (0,12)(1,5) = 0,18 > 0,14$; usar 0,14

$W_T =$ Carga muerta total de la estructura + 25% de carga viva.

Nivel 2

Losa	= (168 m ² *0,12 m*2 400 kg/m ³)	= 48 384 kg
Acabados	= (168 m ² *25 kg/m ²)	= 4 200 kg
Vigas	= (0,3 m*0,4 m*2 400 kg/m ³ *121 m)	= 34 848 kg
Columnas	= ((21*1,5 m)*0,30 m*0,30 m*2 400 kg/m ³)	= 6 804 kg
Muros	= ((7*5 m + 2*24 m)(1,5 m)200 kg/m ²)	= 24 900 kg
CV techo	= (168 m ² *100 kg/m ²)25%	= 4 200 kg
Peso total del segundo nivel		= 123 336 kg

Nivel 1

Losa	= (168 m ² *0,12 m*2 400 kg/m ³)	=	48 384 kg
Acabados	= (168 m ² *25 kg/m ²)	=	4 200 kg
Pisos	= (168 m ² *75 kg/m ²)	=	12 600 kg
Vigas	= (0,3 m*0,4 m*2 400 kg/m ³ *121 m)	=	34 848 kg
Columnas	= ((21*6 m)*0,30 m*0,30 m*2 400 kg/m ³)	=	27 216 kg
Muros	= ((7*5 m + 2*24 m)(4,5 m)200 kg/m ²)	=	74 700 kg
CV aulas	= ((120 m ² *300 kg/m ²)25%)	=	9 000 kg
CV pasillos	= ((48 m ² *500 kg/m ²)25%)	=	6 000 kg
Peso total del segundo nivel		=	216 948 kg
Peso total de la estructura	= 123 336 + 216 948	=	340 284 kg

Por lo que el valor del corte basal es:

$$V=Z*I*K*C*S*W_T$$

$$V_{x,y} = (1)(1,40)(0,67)(0,14)(340 284 \text{ kg}) = 44 686,09 \text{ kg}$$

Fuerza por nivel (Fn): es la fuerza obtenida por el cálculo del corte basal, la cual se transmite hacia los distintos niveles de la estructura. Se obtiene de la siguiente fórmula.

$$F_n = \frac{(V-F_t)(W_i*H_i)}{\sum(W_i*H_i)}$$

Donde:

V = corte basal

F_t = fuerza en la cúspide igual a 0, cuando T < 0,25 (periodo de vibración)

Si T > 0,25; F_t = 0,07*T*V

W_i = peso de nivel

H_i = altura de nivel

$$T_y = \frac{0,0906(7,5)}{\sqrt{7}} = 0,257$$

$$T_x = \frac{0,0906(7,5)}{\sqrt{24}} = 0,139$$

Debido a que T_y > 0,25, se usará la fórmula:

$$F_t = 0,07 * T_y * V$$

$$F_t = 0,07(0,257)(44\ 686,09 \text{ kg}) = 803,36 \text{ kg}$$

Debido a que T_x < 0,25, entonces F_t = 0.

Tabla VII. **Fuerzas por nivel**

INTEGRACIÓN DE PESO POR CADA NIVEL			
Nivel	Wi (kg)	Hi (m)	Wi*Hi (kg*m)
2	123 336,00	7,50	925 020,00
1	216 948,00	4,50	976 266,00
Σ Wi =	340 284,00	Σ Wi*Hi =	1 901 286,00

Fuente: elaboración propia.

Fuerzas por nivel en el eje Y:

$$F_2 = \frac{(44\,686,09 \text{ kg} - 803,36 \text{ kg})(925\,020 \text{ kg})}{(1\,901\,286 \text{ kg}\cdot\text{m})} = 21\,349,97 \text{ kg}$$

$$F_1 = \frac{(44\,686,09 \text{ kg} - 803,36 \text{ kg})(976\,266 \text{ kg})}{(1\,901\,286 \text{ kg}\cdot\text{m})} = 22\,532,76 \text{ kg}$$

Comprobando:

$$\sum F_n = V = 21\,349,97 \text{ kg} + 22\,532,76 \text{ kg} + 803,36 \text{ kg} = 44\,686,09 \text{ kg}$$

Fuerzas por nivel en el eje X:

$$F_2 = \frac{(44\,686,09 \text{ kg})(925\,020 \text{ kg})}{(1\,901\,286 \text{ kg}\cdot\text{m})} = 21\,740,83 \text{ kg}$$

$$F_1 = \frac{(44\,686,09 \text{ kg})(976\,266 \text{ kg})}{(1\,901\,286 \text{ kg}\cdot\text{m})} = 22\,945,26 \text{ kg}$$

Comprobando:

$$\sum F_n = V = 21\,740,83 \text{ kg} + 22\,945,26 \text{ kg} = 44\,686,09 \text{ kg}$$

Fuerzas por marco (F_m): se calculan dividiendo la fuerza por piso (F_n), entre el número de marcos paralelos a esta fuerza, si los marcos espaciados están simétricamente colocados. Si los marcos son asimétricos, se tendrá que dividir la fuerza del piso proporcional a la rigidez de los marcos.

Las fuerzas en marcos asimétricos dependen del centro de rigidez (CR) y centro de masa (CM), cuando éstos no coinciden entre sí, se produce una excentricidad en la estructura, esto debido a que existe una distribución desigual y asimétrica de las masas y las rigideces en la estructura.

Fuerza por marco típico eje Y: como se observa en la figura No. 11, los marcos están espaciados simétricamente, por lo que no existe excentricidad entre el CR y CM.

$$F_m = \frac{F_2 + F_t}{\# \text{ marcos}}$$

Nivel 2

$$F_2 = \frac{21\,349,97 \text{ kg} + 803,36 \text{ kg}}{7 \text{ marcos}} = 3\,164,76 \text{ kg} \approx 3\,165 \text{ kg}$$

Nivel 1

$$F_1 = \frac{22\,532,76 \text{ kg} + 0 \text{ kg}}{7 \text{ marcos}} = 3\,218,97 \text{ kg} \approx 3\,219 \text{ kg}$$

Fuerza por marco típico eje X: como se observa en la figura No. 11, los dos marcos están espaciados asimétricamente, por lo tanto, la fuerza aplicada en este marco se calculará por torsión, pero antes deberá calcularse la rigidez del marco por medio del método del voladizo.

Método del voladizo: se utiliza para calcular la rigidez en edificios de un nivel o los últimos niveles de edificios de varios niveles.

$$K_m = \frac{1}{\frac{Ph^3}{3EI} + \frac{1,2Ph}{AG}}$$

$$I = \frac{bl^3}{12} \text{ (seccion del elemento)} \quad E = 15\,100\sqrt{f'c} \quad G = 0,4E$$

Donde:

P = carga asumida, generalmente 10 000 kg

h = altura de la columna analizada

E = módulo de elasticidad del concreto

I = inercia del elemento

A = sección transversal de la columna analizada

G = módulo de rigidez

f'c = 210 kg/cm²

Para calcular el centro de rigidez, de masa y excentricidad, se utilizarán las siguientes ecuaciones:

Cálculo del centro de rigidez (CR):

$$CR = \frac{(\sum k_m \cdot \text{brazo})}{\sum k_m}$$

Cálculo del centro de masa (CM):

$$CM = L/2; \text{ (L = lado asimétrico y perpendicular)}$$

$$e = CM - CR \text{ (excentricidad); } e_{\min} = 0,05 \cdot L$$

Nivel 2

$$I = \frac{30 \text{ cm}(30 \text{ cm})^3}{12} = 67\,500 \text{ cm}^4$$

$$E = 15\,100\sqrt{210} = 218\,819,79 \text{ kg/cm}^2$$

$$G = 0,4(218\,819,79 \text{ kg/cm}^2) = 87\,527,92 \text{ kg/cm}^2$$

$$K_2 = \frac{1}{\frac{(10\,000 \text{ kg})(300 \text{ cm})^3}{3(218\,819,79 \text{ kg/cm}^2)(67\,500 \text{ cm}^4)} + \frac{1,2(10\,000 \text{ kg})(300 \text{ cm})}{(30 \text{ cm} \cdot 30 \text{ cm})(87\,527,92 \text{ kg/cm}^2)}}$$

$$K_2 = 0,163$$

Como la sección de las columnas son las mismas en los marcos:

$$K_2 = 7(0,163) = 1,143$$

Tabla VIII. **Cálculo de centro de rigideces del segundo nivel**

CENTRO DE RIGIDEZ PARA EL SEGUNDO NIVEL			
Marco	Km	Brazo (m)	Km*brazo (m)
A	1,14	7	7,98
B	1,14	2	2,28
C	1,14	0	0,00
$\Sigma \text{ Km} =$	3,42	$\Sigma \text{ Km*brazo} =$	10,26

Fuente: elaboración propia.

$$CR = \frac{(10,26 \text{ m})}{3,42} = 3,00 \text{ m}$$

$$CM = \frac{7,00 \text{ m}}{2} = 3,5 \text{ m}$$

$$e = 3,5 \text{ m} - 3,00 \text{ m} = 0,5 \text{ m}$$

$$e_{\min} = (0,05) (7,5 \text{ m}) = 0,375 \text{ m}; \quad \text{Usar el mayor, } e = 0,50 \text{ m}$$

Nivel 1

$$I = \frac{30 \text{ cm}(30 \text{ cm})^3}{12} = 67\,500 \text{ cm}^4$$

$$E = 15\,100\sqrt{210} = 218\,819,79 \text{ kg/cm}^2$$

$$G = 0,4(218\,819,79 \text{ kg/cm}^2) = 87\,527,92 \text{ kg/cm}^2$$

$$K_2 = \frac{1}{\frac{(10\,000 \text{ kg})(450 \text{ cm})^3}{3(218\,819,79 \text{ kg/cm}^2)(67\,500 \text{ cm}^4)} + \frac{1,2(10\,000 \text{ kg})(450 \text{ cm})}{(30 \text{ cm} \cdot 30 \text{ cm})(87\,527,92 \text{ kg/cm}^2)}}$$

$$K_2 = 0,048$$

Como la sección de las columnas son las mismas en los marcos:

$$K_2 = 7(0,048) = 0,34$$

Tabla IX. **Cálculo de centro de rigideces del primer nivel**

CENTRO DE RIGIDEZ PARA EL PRIMER NIVEL			
Marco	Km	Brazo (m)	Km*brazo (m)
A	0,34	7	2,37
B	0,34	2	0,68
C	0,34	0	0,00
$\Sigma Km =$	1,02	$\Sigma Km*brazo =$	3,05

Fuente: elaboración propia.

$$CR = \frac{(3,05 \text{ m})}{1,02} = 2,99 \text{ m} \approx 3,00 \text{ m}$$

$$CM = \frac{7,00 \text{ m}}{2} = 3,5 \text{ m}$$

$$e = 3,5 \text{ m} - 3,00 \text{ m} = 0,5 \text{ m}$$

$$e_{\min} = (0,05) (7,5 \text{ m}) = 0,375 \text{ m}; \quad \text{Usar el mayor, } e = 0,50 \text{ m}$$

Fuerza del marco por torsión (F_m): el cálculo de la fuerza que llega a cada marco se realiza por medio de la suma algebraica de la fuerza por torsión F_i'' (fuerza rotacional) y la fuerza directamente proporcional a la rigidez de los marcos F_i' (fuerza traslacional).

$$F_m = F_i'' + F_i'$$

$$F_i' = \frac{(K_m * F_n)}{\sum K_m} \quad F_i'' = \frac{(e * F_n)}{E_i} \quad E_i'' = \frac{\sum (K_m * d_i)^2}{K_m * d_i}$$

Donde:

K_m = rigidez del marco

$\sum K_m$ = es la sumatoria de todas las rigidez del nivel

d_i = distancia del centro de rigidez al marco considerado

F_n = fuerza por nivel

E_i = relación entre rigideces y brazo de cada marco

e = excentricidad

Si el valor $F_m < F_i'$, se debe tomar F_i' como la fuerza de marco. Si el valor $F_m > F_i''$, F_m será el valor del marco analizado. Es decir, se toman los valores críticos.

Nivel 2

$$F_i' = \frac{(1,14 * 21\,740,83 \text{ kg})}{3,42} = 7\,246,94 \text{ kg}$$

$$E_i'' = \frac{33,80 \text{ m}^2}{4,56 \text{ m}} = 7,41 \text{ m}$$

$$F_i'' = \frac{(0,50 \text{ m} * 21\,740,83 \text{ kg})}{7,41 \text{ m}} = 1\,466,67 \text{ kg}$$

$$F_m = 7\,246,94 \text{ kg} + 1\,466,67 \text{ kg} = 8\,713,61 \text{ kg}$$

Tabla X. Cálculo de fuerzas por torsión del segundo nivel

MARCO POR TORSIÓN EN EL SEGUNDO NIVEL								
Marco	Km	di	Km*di	(km*di) ²	Ei	Fi'	Fi''	Fm
A	1,14	4,00	4,56	20,80	7,41	7 246,94	1 466,67	8 713 61
B	1,14	-1,00	-1,14	1,30	-29,95	7 246,94	-366,67	6 880,28
C	1,14	-3,00	-3,42	11,70	-9,88	7 246,94	-1 100,00	6 146,94
Σ Km = 3,42			Σ (Km*di) ² = 33,80					

Fuente: elaboración propia.

El valor crítico que afecta de igual forma a todos los marcos es Fi', por eso la fuerza del marco $F_2 = 7\,246,94\text{ kg} \approx 7\,247\text{ kg}$

Nivel 1

$$Fi' = \frac{(0,34 * 22\,945,27\text{ kg})}{1,02} = 7\,648,42\text{ kg}$$

$$Ei'' = \frac{3,00\text{ m}^2}{1,36\text{ m}} = 2,21\text{ m}$$

$$Fi'' = \frac{(0,50\text{ m} * 22\,945,27\text{ kg})}{2,21\text{ m}} = 5\,202,63\text{ kg}$$

$$Fm = 7\,648,42\text{ kg} + 5\,202,63\text{ kg} = 12\,851,05\text{ kg}$$

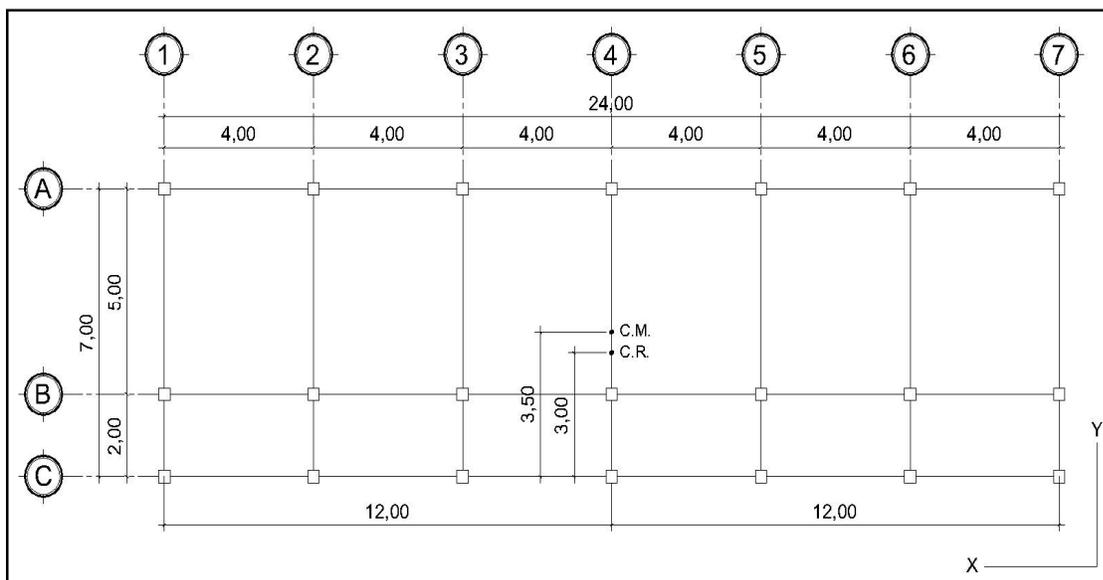
Tabla XI. **Cálculo de fuerzas por torsión del primer nivel**

MARCO POR TORSIÓN EN EL PRIMER NIVEL								
Marco	Km	di	Km*di	(km*di) ²	Ei	Fi'	Fi''	Fm
A	0,34	4,00	1,36	1,84	2,21	7 648,42	5 202,63	12 851,05
B	0,34	-1,00	-0,34	0,12	-8,82	7 648,42	-1 300,66	6 347,77
C	0,34	-3,00	-1,02	1,04	-2,94	7 648,42	-3 901,97	3 746,45
$\sum Km = 1,02$			$\sum (Km*di)^2 = 3,00$					

Fuente: elaboración propia.

El valor crítico que afecta de igual forma a todos los marcos es F_i' , por eso la fuerza del marco $F_1 = 7\ 648,42\ kg \approx 7\ 649\ kg$

Figura 12. **Planta de centro de masa y centro de rigidez**



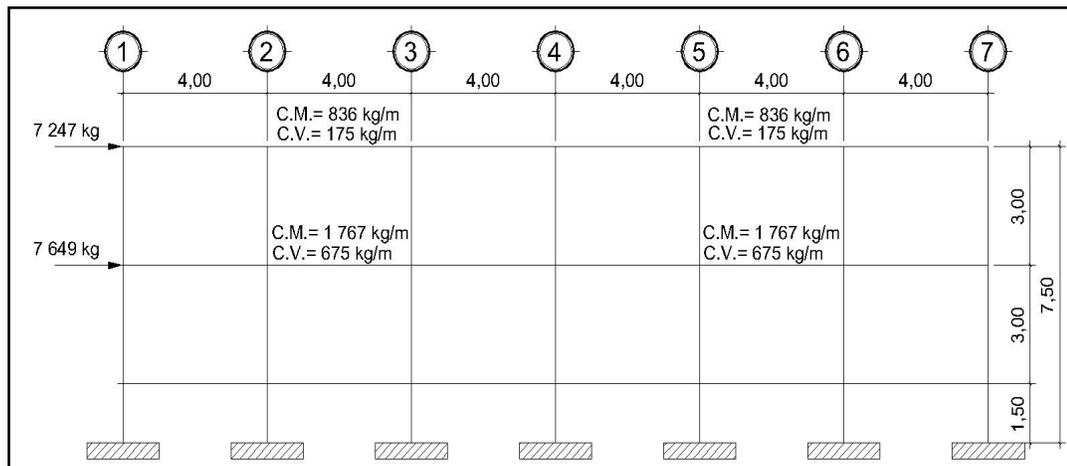
Fuente: elaboración propia.

3.1.5.3. Fuerzas sísmicas

El análisis sísmico de la edificación tiene como objetivo encontrar las fuerzas y momentos internos, debido a la carga sísmica en cada uno de los elementos del sistema estructural, para luego proceder al diseño.

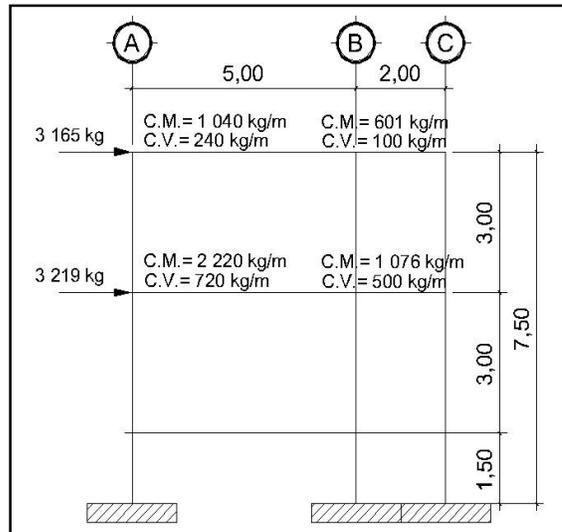
A continuación se detallan las fuerzas sísmicas y gravitacionales que se utilizarán en el análisis estructural del edificio escolar (ver figura 13, marco eje B, cargas verticales y horizontales y figura 14, marco eje 4, cargas verticales y horizontales).

Figura 13. Marco eje B, cargas verticales y horizontales



Fuente: elaboración propia.

Figura 14. Marco eje 4, cargas verticales y horizontales



Fuente: elaboración propia.

3.1.5.4. Modelos matemáticos para marcos dúctiles con nudos rígidos

Existen muchas formas de clasificar los métodos utilizados en el análisis estructural, una de ellas es la siguiente:

- Métodos aproximados: éstos son utilizados en diseños preliminares, y sirven además como comprobaciones rápidas de los resultados de métodos más refinados.
- Métodos exactos: éstos utilizan una matemática muy refinada, básicamente se realizan a través de procesos iterativos.

Para efectos de este proyecto se tomarán en cuenta la utilización de los métodos exactos, ya que éstos son los que mejor describen el comportamiento

real de la estructura ante la acción de las cargas. Son también conocidos como métodos de los desplazamientos, los cuales están basados en la metodología de distribución de momentos, entre los cuales se pueden mencionar:

- Método de Cross
- Método de Kani

Para la realización del análisis estructural de este proyecto se utilizará el método de Kani, el cual efectúa una distribución de momentos que se desarrollan a través de aproximaciones sucesivas, lo cual implica que las respuestas se pueden lograr con la exactitud que se desee.

El siguiente resumen se aplica únicamente para miembros de sección constante, además no incluye los casos en los que existan columnas de diferente altura en un mismo piso o cuando existan articulaciones en los apoyos de las columnas.

Momentos fijos o de empotramiento perfecto (MF_{ik}): en los momentos que se encuentran sometidos a cargas intermedias, surgen otros momentos para anular los giros que producirán tales cargas si los extremos pudiesen rotar libremente, éstos son los llamados momentos de empotramiento y se calculan de la siguiente manera:

$$MF_{ik} = \frac{(WL^2)}{12}; \text{ (para carga linealmente distribuida)}$$

Momentos de sujeción (M_s): éstos se calculan cuando hay cargas verticales, se aplican en los nudos en donde concurren varios momentos fijos. En los nudos en donde solamente concurre un momento fijo, éste será igual al momento de sujeción.

$$M_s = \sum MF_{ik}$$

Fuerzas de sujeción (H_n): se dan cuando hay carga lateral en los nudos, para el presente caso, la fuerza de sujeción será igual a:

$$H_n = F_n; \text{ (Fuerza por marco del nivel } n \text{)}$$

Fuerza cortante en el piso (Q_n): se calculan en función de la fuerza de sujeción en el nudo. La determinación del cortante de piso en el nivel n es igual a la suma de las fuerzas H_n por encima del piso en análisis (Incluyendo el nivel n).

Momentos de piso (M_n): éstos se calculan aplicando la siguiente formula a las fuerzas cortantes de piso.

$$M_n = \frac{Q_n h_n}{3}; \text{ (} H_n \text{ = altura del piso } n \text{)}$$

Rigideces de los elementos (K_{ik}): la rigidez es la medida de la capacidad de un elemento para oponerse al giro de uno de sus extremos, cuando se le aplica en él un momento. Se calcula de la siguiente manera en función de su rigidez relativa.

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

Donde:

I = inercia del elemento $(b \cdot h^3)/12$

L = longitud del elemento

Factores de giro o coeficiente de reparto (μ_{ik}): éstos se dan en todos los elementos, en las zapatas por definición $\mu_{ik} = 0$, y para el resto de los elementos se calcula de la siguiente manera:

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

Factores de corrimiento o desplazamiento (V_{ik}): éstos se dan cuando existe desplazamiento en los nudos de las columnas, debido a la carga lateral, o algún tipo de antisimetría estructural de cargas o de apoyos. Se calcula solamente a las columnas de cada nivel, de la siguiente manera:

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

Cálculo de iteraciones, influencia de giro (M'_{ik})

$$M' = \mu_{ik} (M_s + \sum M'_{ni}); \text{ (sin ladeo)}$$

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

Cálculo de iteraciones, influencia del desplazamiento de columnas (M''_{ik})

$$M''_{ik} = v_{ik} \left(\sum (M'_{ik} + M'_{ki}) \right); \text{ (ladeo por antisimetría)}$$

$$M''_{ik} = v_{ik} \left(M_n + \sum (M'_{ik} + M'_{ki}) \right); \text{ (ladeo por fuerza horizontal)}$$

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

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

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

3.1.5.5. Análisis de marcos dúctiles, por un método de análisis estructural numérico y comprobación por medio de *software*

El *software ETABS* es ideal para el análisis y diseño de edificios. Al igual que el *SAP 2000*, puede realizar análisis a estructuras complejas, pero tiene muchas más opciones extras que simplifican el diseño de edificaciones. Entre estas opciones se pueden mencionar:

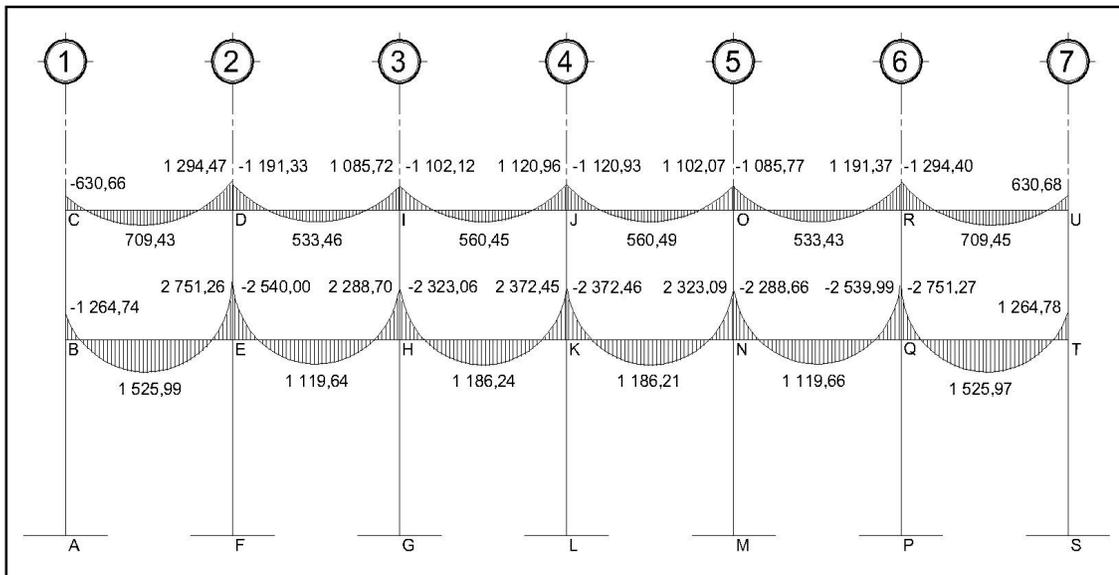
- Cálculo automático de coordenadas de centros de masas.
- Cálculo automático de coordenadas de centros de rigideces.
- Cálculo automático de fuerzas sísmicas, sus excentricidades y aplicación en el centro de masas.
- Cálculo automático de masas de edificio a partir de los casos de carga elegidos.

- Plantillas predefinidas de sistemas de losas planas, losas en una dirección, losas reticulares o con nervaduras, cubiertas, entre otras.

Se realizó el análisis estructural, por medio del *software ETABS*, para la obtención de los momentos en cada uno de los elementos estructurales. Luego, se realizó la comprobación a través del método numérico de Kani.

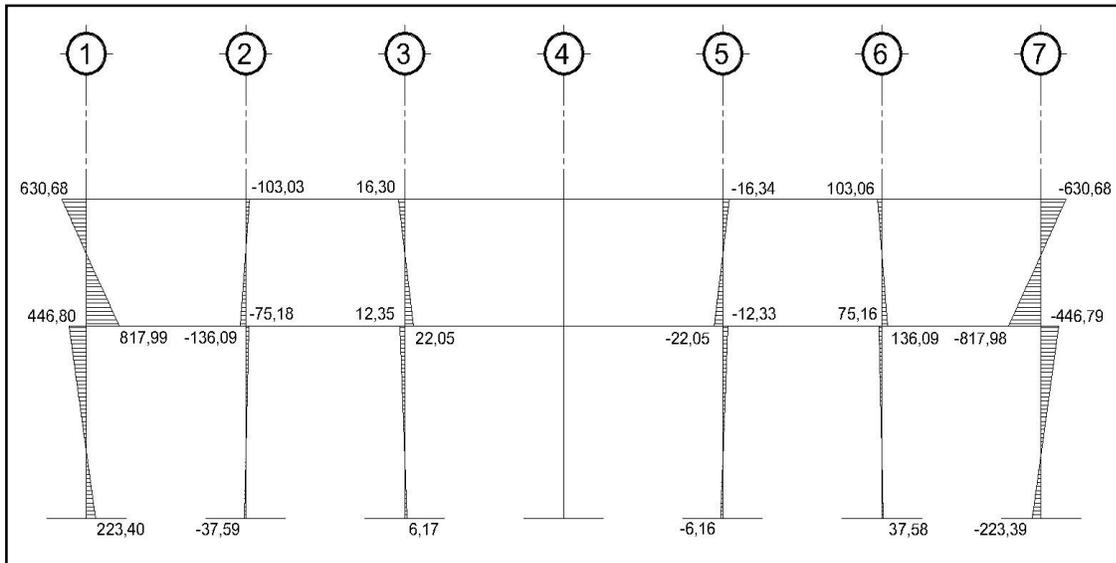
Para efectos de diseño, se tomaron los resultados obtenidos con el método Kani. A continuación se presentan los diagramas de momentos del marco típico del eje X y Y, debido a la carga: muerta, viva y sísmica respectivamente.

Figura 15. Diagrama de momentos en vigas, carga muerta eje X



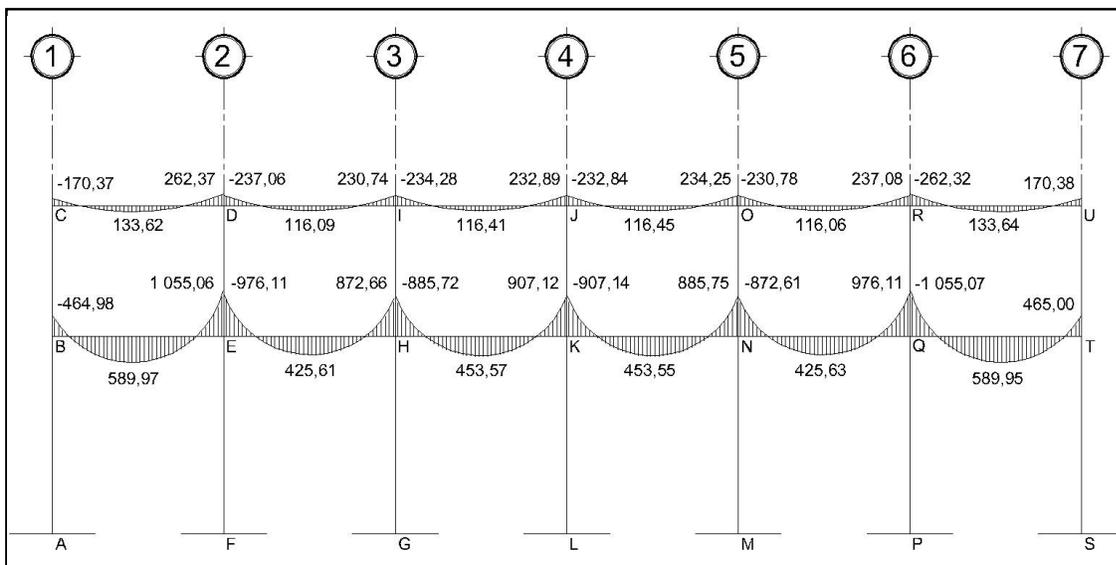
Fuente: elaboración propia.

Figura 16. Diagrama de momentos en columnas, carga muerta eje X



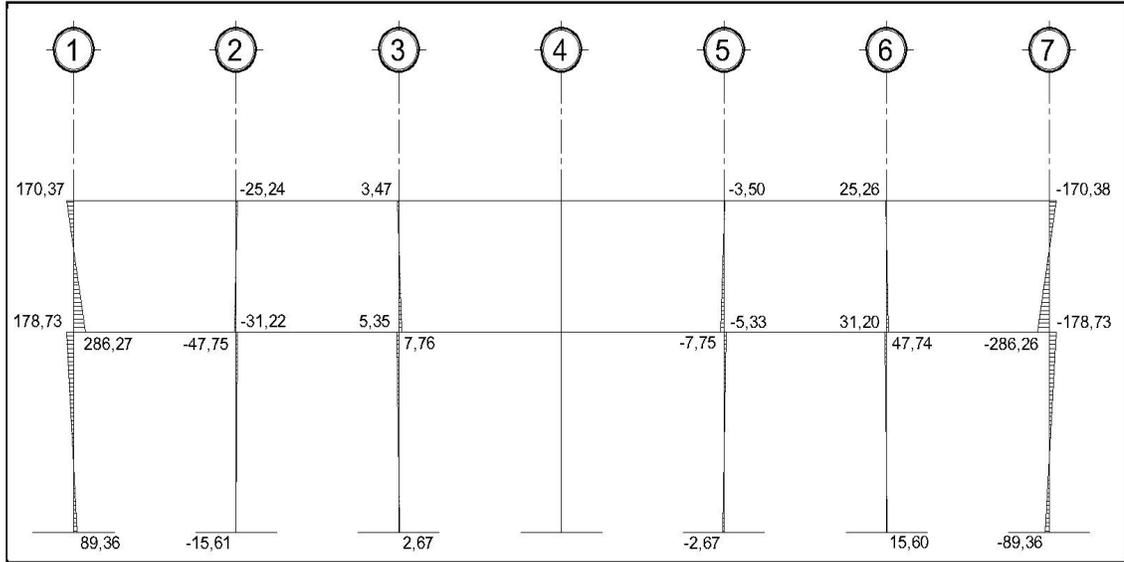
Fuente: elaboración propia.

Figura 17. Diagrama de momentos en vigas, carga viva eje X



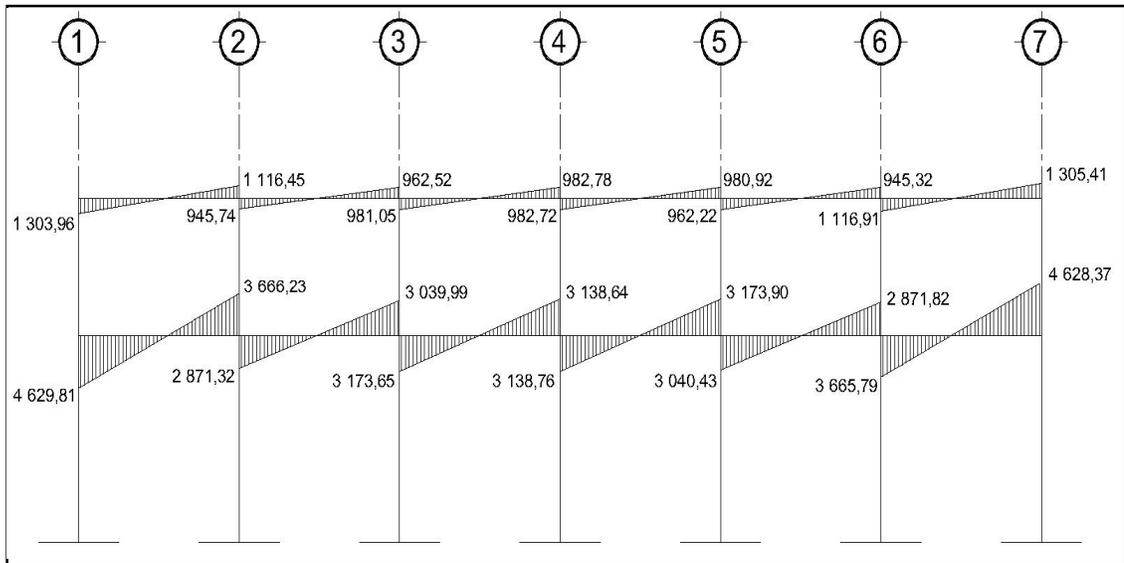
Fuente: elaboración propia.

Figura 18. Diagrama de momentos en columnas, carga viva eje X



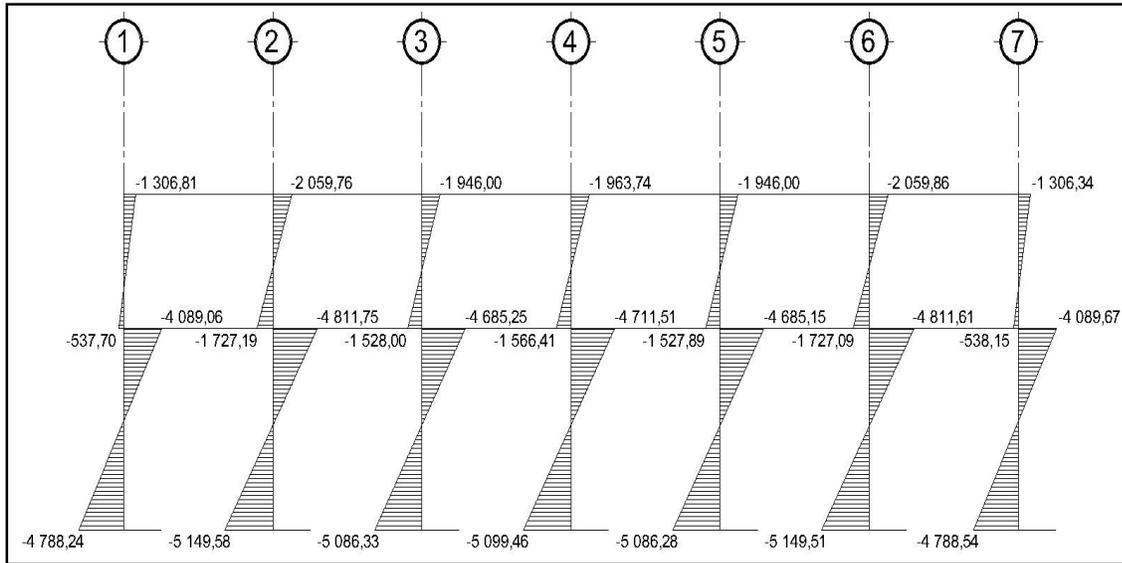
Fuente: elaboración propia.

Figura 19. Diagrama de momentos en vigas, carga sísmica eje X



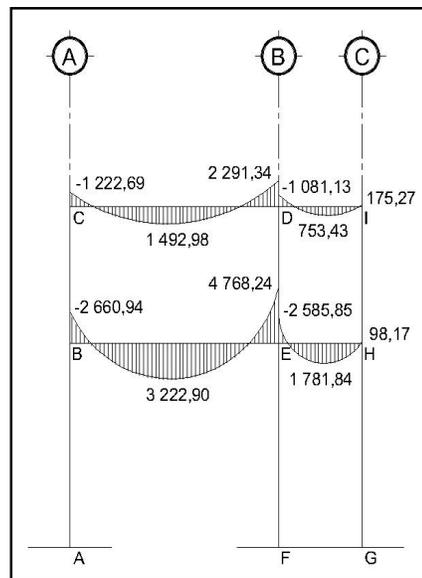
Fuente: elaboración propia.

Figura 20. Diagrama de momentos en columnas, carga sísmica eje X



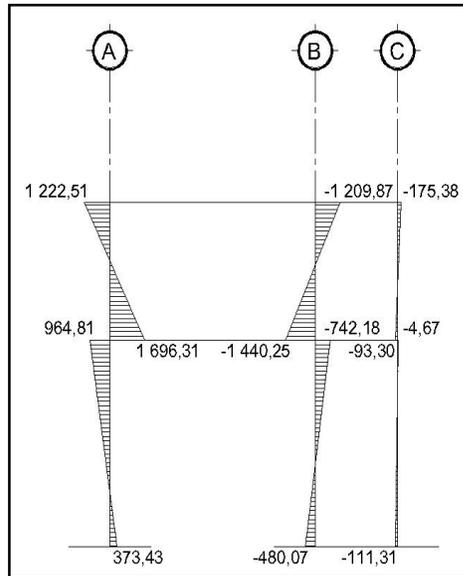
Fuente: elaboración propia.

Figura 21. Diagrama de momentos en vigas, carga muerta eje Y



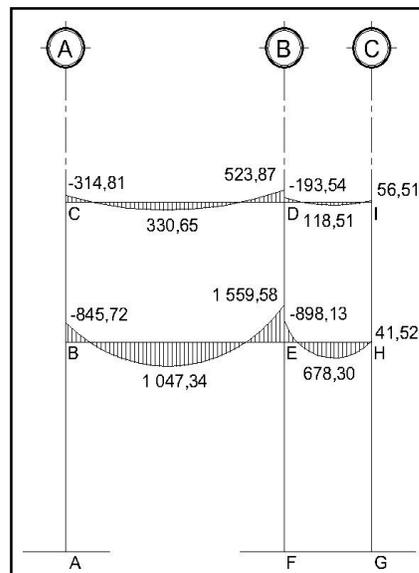
Fuente: elaboración propia.

Figura 22. Diagrama de momentos en columnas, carga muerta eje Y



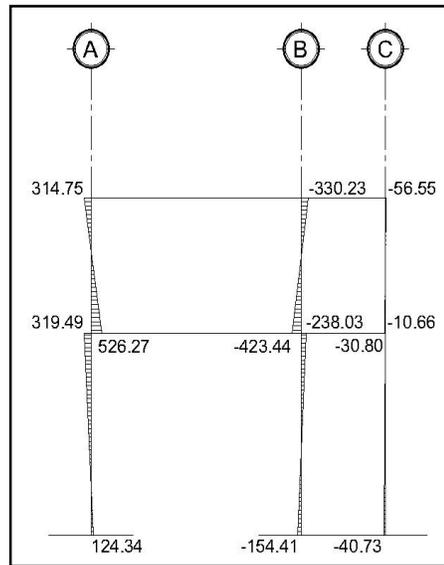
Fuente: elaboración propia.

Figura 23. Diagrama de momentos en vigas, carga viva eje Y



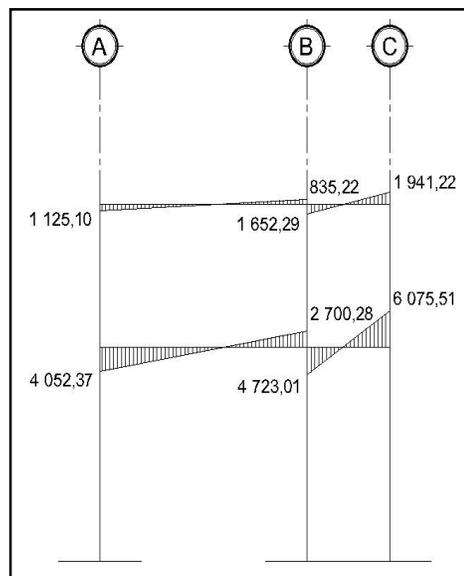
Fuente: elaboración propia.

Figura 24. Diagrama de momentos en columnas, carga viva eje Y



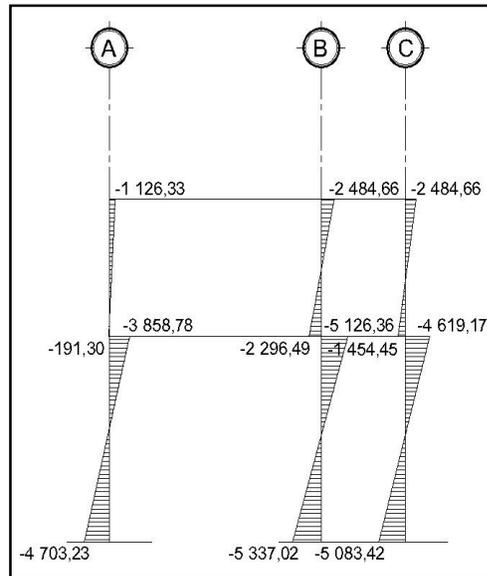
Fuente: elaboración propia.

Figura 25. Diagrama de momentos en vigas, carga sísmica eje Y



Fuente: elaboración propia.

Figura 26. Diagrama de momentos en columnas, carga sísmica eje Y



Fuente: elaboración propia.

3.1.5.6. Envolvente de momentos

Es la representación de los esfuerzos máximos, que pueden ocurrir al superponer los efectos de la carga muerta, la viva y la sísmica. Para considerar los efectos de la superposición, el Código ACI propone las siguientes combinaciones:

- Fórmulas utilizadas para realizar la envolvente de momentos
 - Para los momentos últimos negativos en vigas

$$M_{(-)} = 0,75(1,4M_{CM} + 1,7M_{CV} \pm 1,87M_s)$$

- Para los momentos últimos positivos en vigas

$$M_{(+)} = 1,4M_{CM} + 1,7M_{CV}$$

- Para los momentos últimos en columnas

$$M_{(c)} = 0,75(1,4M_{CM} + 1,7M_{CV} \pm 1,87M_S)$$

Además de la envolvente de momentos, existen los esfuerzos cortantes en los elementos estructurales de cada marco típico, los cuales se obtienen de las siguientes ecuaciones:

- Fórmulas utilizadas para realizar los diagramas de corte

- Corte en vigas

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

- Corte en columnas

$$V_C = \frac{\sum M_{col}}{L}$$

Ejemplo de cálculo de la envolvente de momentos en los marcos analizados.

Eje B- Viga 1-2

Nivel 2

Momentos últimos negativos

$$M_{(CD)} = 0,75(1,4(-630,66) + 1,7(-170,37) - 1,87(1\ 303,96)) = -2\ 708,24$$

$$M_{(CD)} = 0,75(1,4(-630,66) + 1,7(-170,37) + 1,87(1\ 303,96)) = 949,38$$

$$M_{(DC)} = 0,75(1,4(1\ 294,47) + 1,7(262,37) - 1,87(1\ 116,45)) = 127,88$$

$$M_{(DC)} = 0,75(1,4(1\ 294,47) + 1,7(262,37) + 1,87(1\ 116,45)) = 3\ 259,55$$

Momentos últimos positivos

$$M_{(CD)} = 1,4(709,43) + 1,7(133,62) = 1\ 220,37$$

Momentos últimos en columnas

$$M_{(BC)} = 0,75(1,4(817,99) + 1,7(286,27) - 1,87(-537,70)) = 1\ 978,02$$

$$M_{(BC)} = 0,75(1,4(817,99) + 1,7(286,27) + 1,87(-537,70)) = 469,76$$

$$M_{(CB)} = 0,75(1,4(630,68) + 1,7(170,37) - 1,87(-1\ 306,81)) = 2\ 712,25$$

$$M_{(CB)} = 0,75(1,4(630,68) + 1,7(170,37) + 1,87(-1\ 306,81)) = -953,35$$

- Corte en vigas

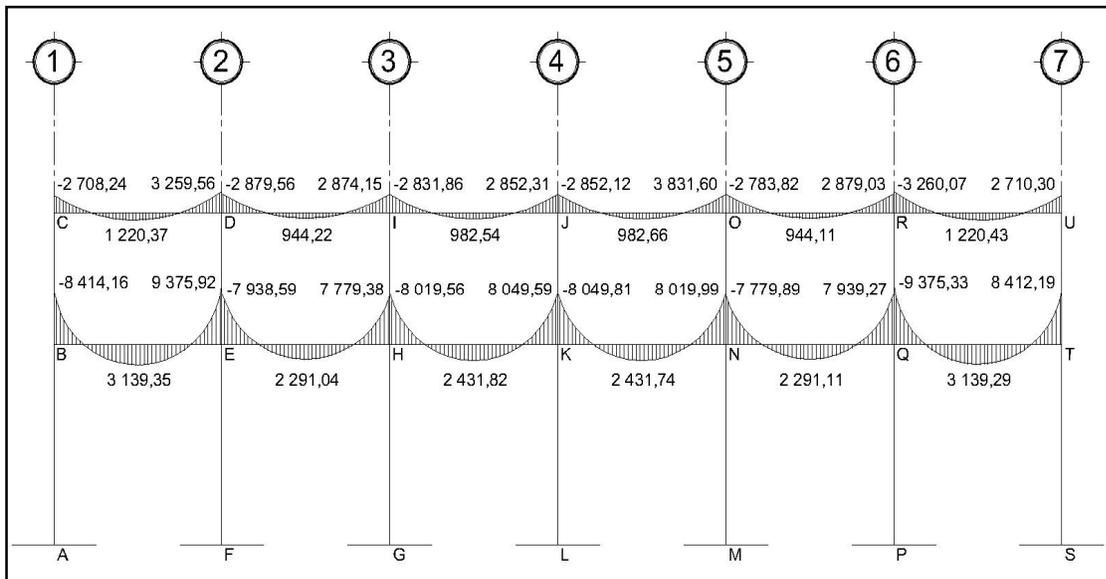
$$V_{CD} = 0,75 \left(\frac{1,4(836 \cdot 4)}{2} + \frac{1,7(175 \cdot 4)}{2} + \frac{1,87(1\,303,96 + 1\,116,45)}{4} \right) = 3\,050,51$$

- Corte en columnas

$$V_{BC} = \frac{(1\,978,02 + 2\,712,24)}{3} = 1\,563,42$$

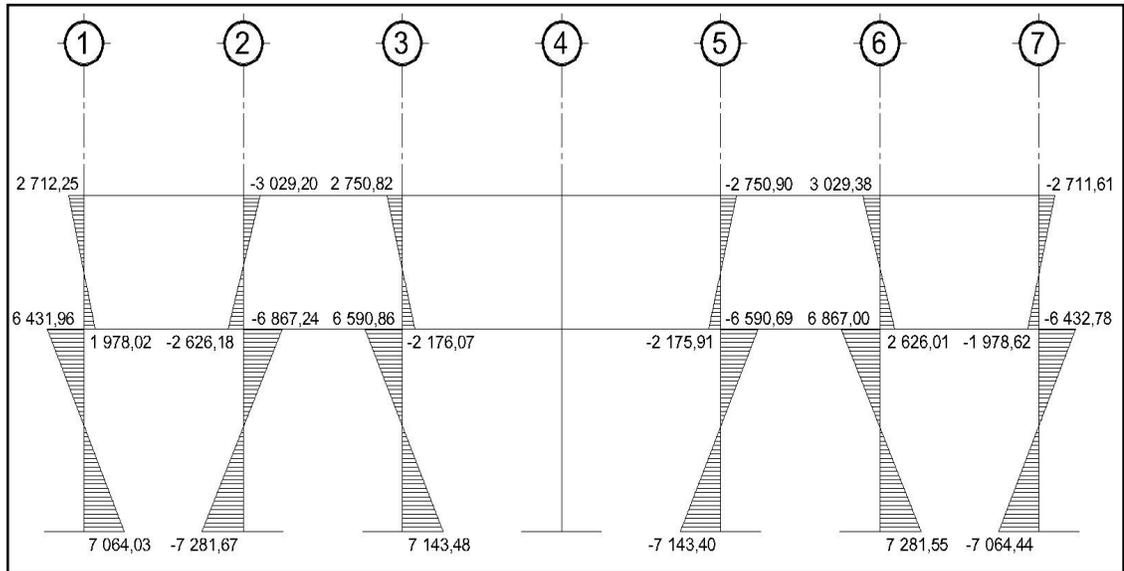
3.1.5.7. Diagramas de corte y momento

Figura 27. Diagrama de momentos últimos en vigas, eje X



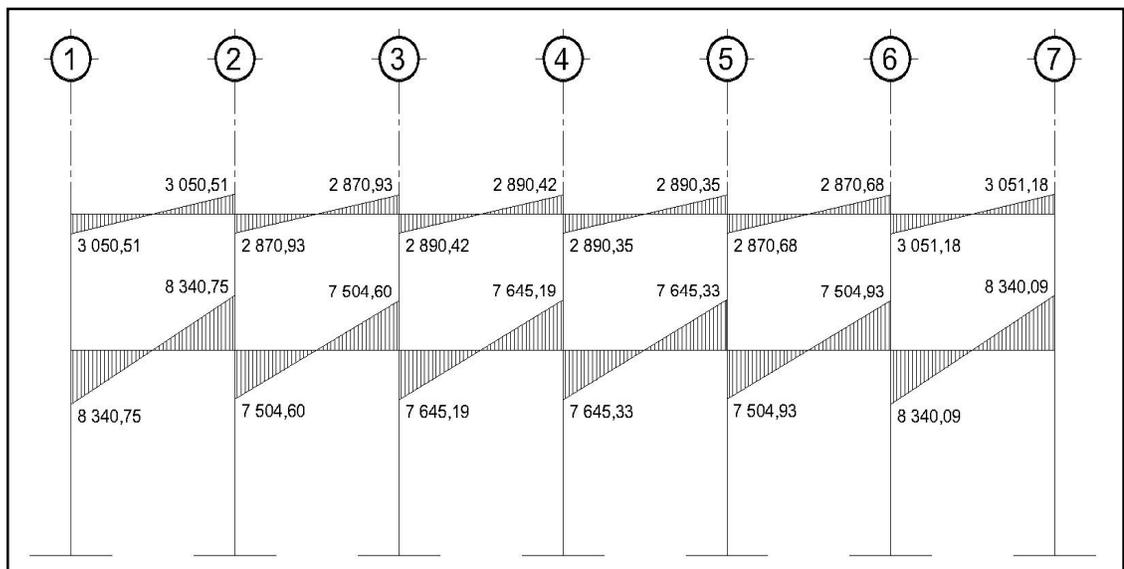
Fuente: elaboración propia.

Figura 28. Diagrama de momentos últimos en columnas, eje X



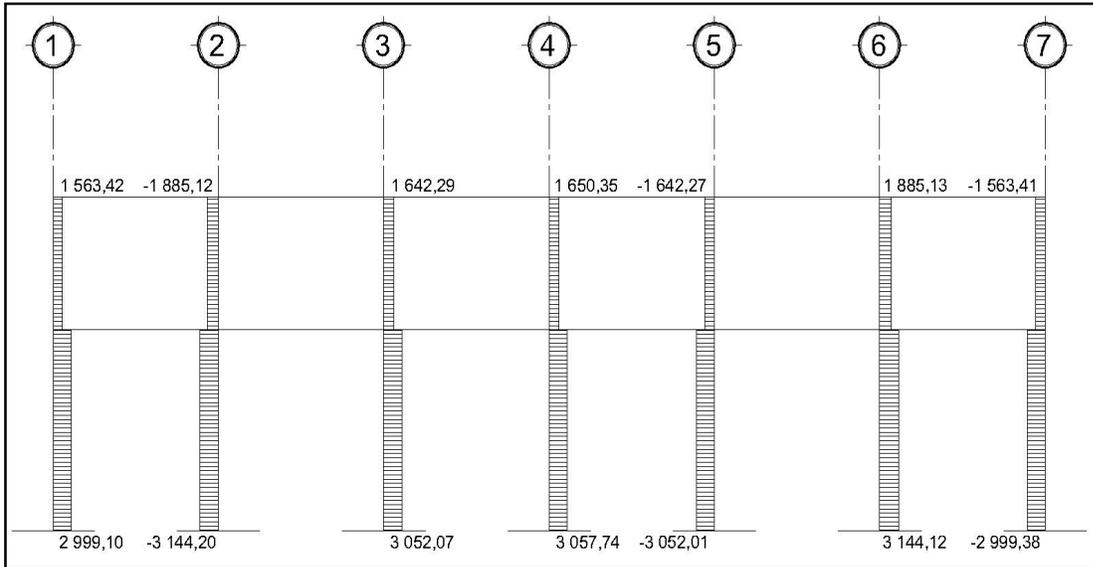
Fuente: elaboración propia.

Figura 29. Diagrama de cortes últimos en vigas, eje X



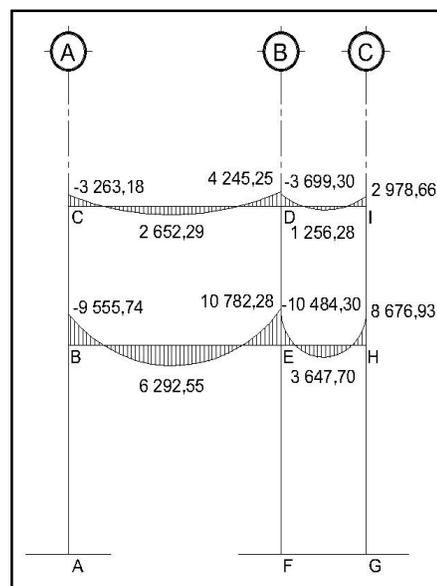
Fuente: elaboración propia.

Figura 30. Diagrama de cortes últimos en columnas, eje X



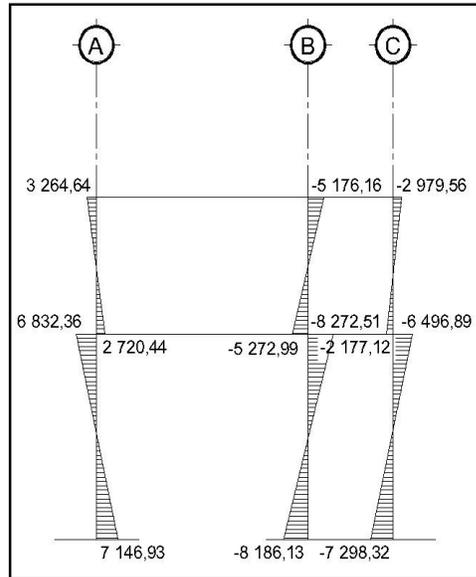
Fuente: elaboración propia.

Figura 31. Diagrama de momentos últimos en vigas, eje Y



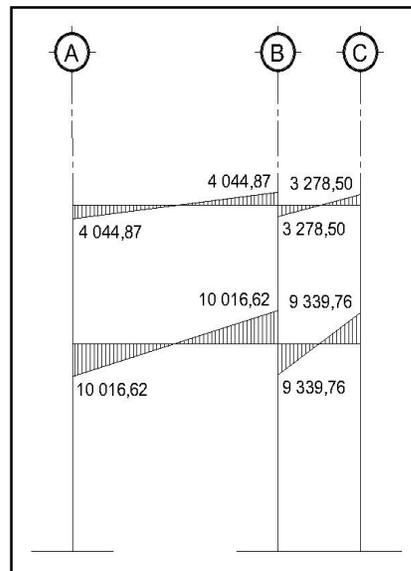
Fuente: elaboración propia.

Figura 32. Diagrama de momentos últimos en columnas, eje Y



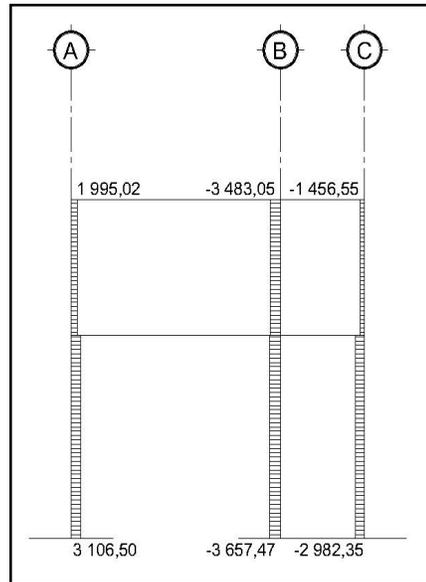
Fuente: elaboración propia.

Figura 33. Diagrama de cortes últimos en vigas, eje Y



Fuente: elaboración propia.

Figura 34. Diagrama de cortes últimos en columnas, eje Y



Fuente: elaboración propia.

3.1.5.8. Diseño de losas

El diseño estructural consiste en determinar las características de los elementos que forman la estructura, siendo éstas: dimensión, cantidad de refuerzo de acero, forma, etc., necesarios para que sean resistentes a las cargas analizadas, proporcionando seguridad y una vida útil considerable.

Para el diseño estructural se utilizaron las siguientes especificaciones.

$$f_y = 2810 \text{ kg/cm}^2$$

$$f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$$

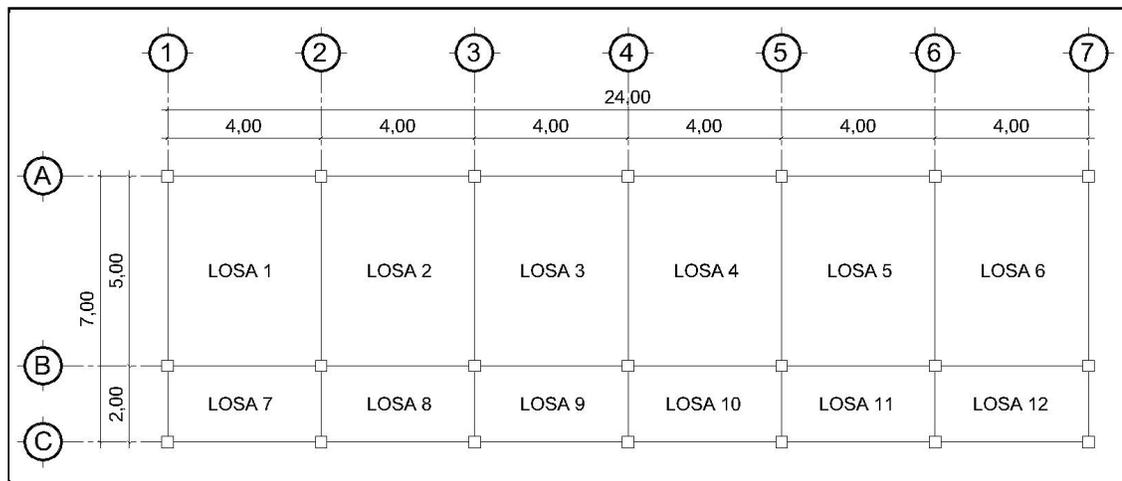
$$W_c = 2400 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_s = 2,1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_c = 15100 \sqrt{f'_c} \text{ kg/cm}^2$$

Las losas son elementos estructurales que pueden servir como cubiertas que protegen de la intemperie, como entrepisos para transmitir cargas verticales, o como diafragmas para transmitir cargas horizontales. Por lo regular, van apoyadas a las vigas y se funden monolíticamente con éstas. Para el diseño de losas se utilizó el método 3 del Código ACI.

Figura 35. **Planta de distribución de losas**



Fuente: elaboración propia.

Análisis de losas

Nivel 1

Carga muerta última: 1,4 (peso de losa + acabados + pisos)

$$CM_u = 1,4(2\,400 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,12 \text{ m} + 25 \text{ kg/m}^2 + 100 \text{ kg/m}^2) = 578,20 \text{ kg/m}^2$$

Carga viva última: 1,7 (carga viva de aulas)

$$CV_u = 1,7(300 \text{ kg/m}^2) = 510 \text{ kg/m}^2$$

Carga viva última: 1,7 (carga viva de pasillo)

$$CV_u = 1,7(500 \text{ kg/m}^2) = 850 \text{ kg/m}^2$$

Carga última total para aulas $CU_T = 578,20 + 510 = 1\,088,20 \text{ kg/m}^2$

Carga última total para pasillo $CU_T = 578,20 + 850 = 1\,428,20 \text{ kg/m}^2$

Cálculo de momentos actuantes (M_{\pm}): para el cálculo de estos momentos se utilizan las siguientes fórmulas:

Momentos negativos

Momentos positivos

$$M_{a(-)} = C_{a-} * CU_T * a^2$$

$$M_{a(+)} = C_{am-} * CM_U * a^2 + C_{av-} * CV_U * a^2$$

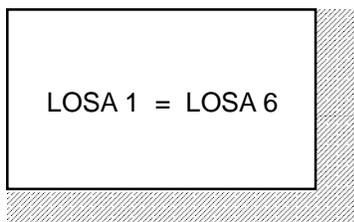
$$M_{b(-)} = C_{b-} * CU_T * b^2$$

$$M_{b(+)} = C_{bm-} * CM_U * b^2 + C_{bv-} * CV_U * b^2$$

$C_{a-} = C_{b-}$ = coeficiente para momentos negativos debido a carga total

$C_{am-} = C_{bm-}$ = coeficiente para momentos positivos debido a carga muerta

$C_{av-} = C_{bv-}$ = coeficiente para momentos positivos debido a carga viva



$$m = \frac{4}{5} = 0,80; \text{ losa en dos direcciones}$$

Caso 4

$$M_{a(-)} = (0,071)(1\,088,20)4^2 = 1\,236,20 \text{ kg-m}$$

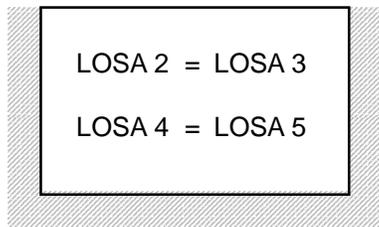
$$M_{a(+)} = (0,048)(510)4^2 + (0,039)(578,20)4^2 = 752,48 \text{ kg-m}$$

$$M_{a(+)} = \frac{M_{a(+)}}{3} = \frac{752,48 \text{ kg-m}}{3} = 250,83 \text{ kg-m}$$

$$M_{b(-)} = (0,029)(1\ 088,20)5^2 = 788,95 \text{ kg-m}$$

$$M_{b(+)} = (0,02)(510)5^2 + (0,016)(578,20)5^2 = 486,28 \text{ kg-m}$$

$$M_{b(+)} = \frac{M_{b(+)}}{3} = \frac{486,28 \text{ kg-m}}{3} = 162,09 \text{ kg-m}$$



$$m = \frac{4}{5} = 0,80; \text{ losa en dos direcciones}$$

Caso 9

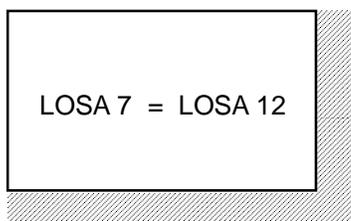
$$M_{a(-)} = (0,075)(1\ 088,20)4^2 = 1\ 305,84 \text{ kg-m}$$

$$M_{a(+)} = (0,042)(510)4^2 + (0,029)(578,20)4^2 = 611 \text{ kg-m}$$

$$M_{b(-)} = (0,017)(1\ 088,20)5^2 = 462,49 \text{ kg-m}$$

$$M_{b(+)} = (0,017)(510)5^2 + (0,01)(578,20)5^2 = 361,30 \text{ kg-m}$$

$$M_{b(+)} = \frac{M_{b(+)}}{3} = \frac{361,30 \text{ kg-m}}{3} = 120,43 \text{ kg-m}$$



$$m = \frac{2}{4} = 0,50; \text{ losa en dos direcciones}$$

Caso 4

$$M_{a(-)} = (0,094)(1\ 428,20)2^2 = 537\text{ kg-m}$$

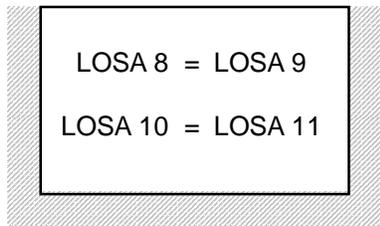
$$M_{a(+)} = (0,077)(850)2^2 + (0,059)(578,20)2^2 = 398,26\text{ kg-m}$$

$$M_{a(+)} = \frac{M_{a(+)}}{3} = \frac{398,26\text{ kg-m}}{3} = 132,75\text{ kg-m}$$

$$M_{b(-)} = (0,006)(1\ 428,20)4^2 = 137,11\text{ kg-m}$$

$$M_{b(+)} = (0,005)(850)4^2 + (0,004)(578,20)4^2 = 105\text{ kg-m}$$

$$M_{b(+)} = \frac{M_{b(+)}}{3} = \frac{105\text{ kg-m}}{3} = 35\text{ kg-m}$$



$$m = \frac{2}{4} = 0,50; \text{ losa en dos direcciones}$$

Caso 8

$$M_{a(-)} = (0,089)(1\ 428,20)2^2 = 508,44\text{ kg-m}$$

$$M_{a(+)} = (0,076)(850)2^2 + (0,056)(578,20)2^2 = 378,92\text{ kg-m}$$

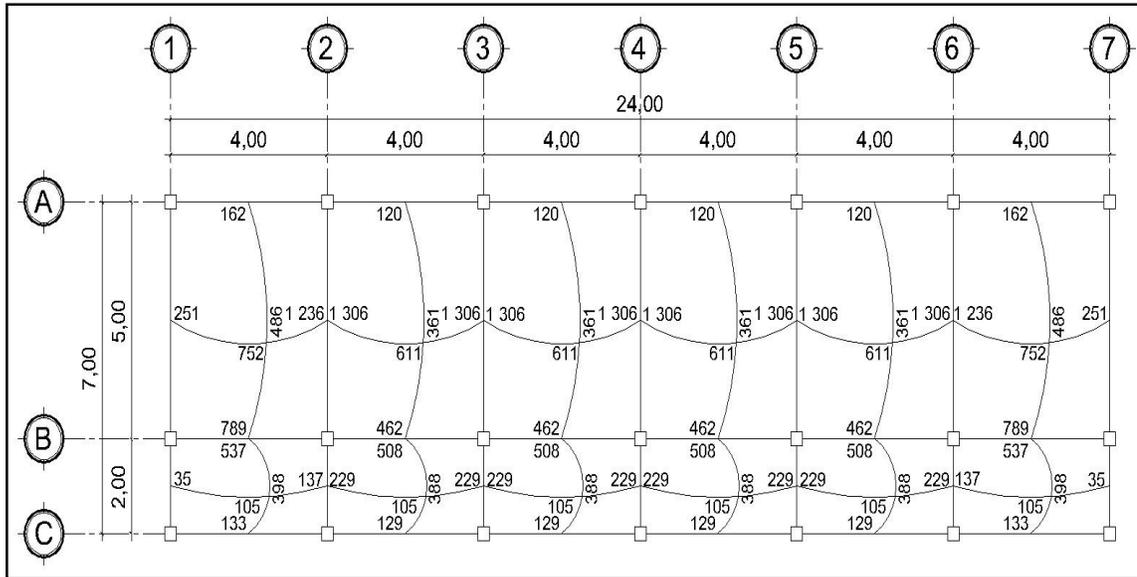
$$M_{b(+)} = \frac{M_{b(+)}}{3} = \frac{378,92\text{ kg-m}}{3} = 129,31\text{ kg-m}$$

$$M_{b(-)} = (0,01)(1\ 428,20)4^2 = 228,51\text{ kg-m}$$

$$M_{b(+)} = (0,005)(850)4^2 + (0,004)(578,20)4^2 = 105\text{ kg-m}$$

$$M_{b(+)} = \frac{M_{b(+)}}{3} = \frac{105\text{ kg-m}}{3} = 35\text{ kg-m}$$

Figura 36. **Planta de distribución de momentos en losas**



Fuente: elaboración propia.

Balance de momentos: cuando las losas tienen un lado en común y tienen momentos diferentes, se deben balancear dichos momentos antes de proceder a diseñar los refuerzos que requiere. Se puede balancear los momentos de la siguiente manera:

Si $M_{1menor} > 0,80 \cdot M_{2mayor}$

= $M_b = (M_{2mayor} + M_{1menor}) / 2$

Si $M_{1menor} < 0,80 \cdot M_{2mayor}$

= Se balancean proporcionalmente a su rigidez.

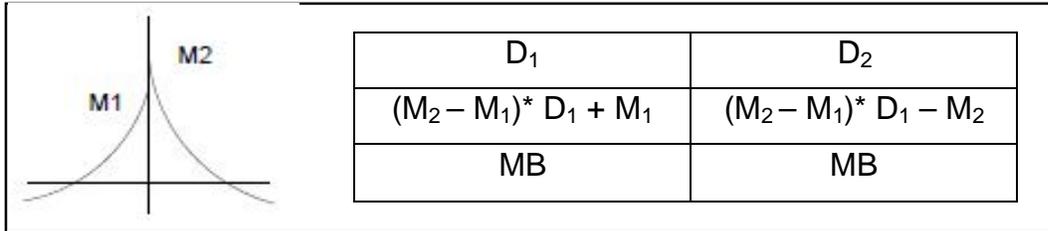
$$K_1 = \frac{1}{L_1}$$

$$K_2 = \frac{1}{L_2}$$

$$D_1 = \frac{K_1}{K_1 + K_2}$$

$$D_2 = \frac{K_2}{K_1 + K_2}$$

Figura 37. **Balance de momentos de losa**



Fuente: elaboración propia.

Balance de momentos:

$$M_2 = (0,80 * 229) = 183,20 \text{ kg-m}$$

$$M_1 = 137 \text{ kg-m}$$

$M_1 < M_2$ balancear por su rigidez

$$K_1 = \frac{1}{4,00} = 0,25$$

$$K_2 = \frac{1}{4,00} = 0,25$$

$$D_1 = \frac{0,25}{0,25 + 0,25} = 0,50$$

$$D_2 = \frac{0,25}{0,25 + 0,25} = 0,50$$

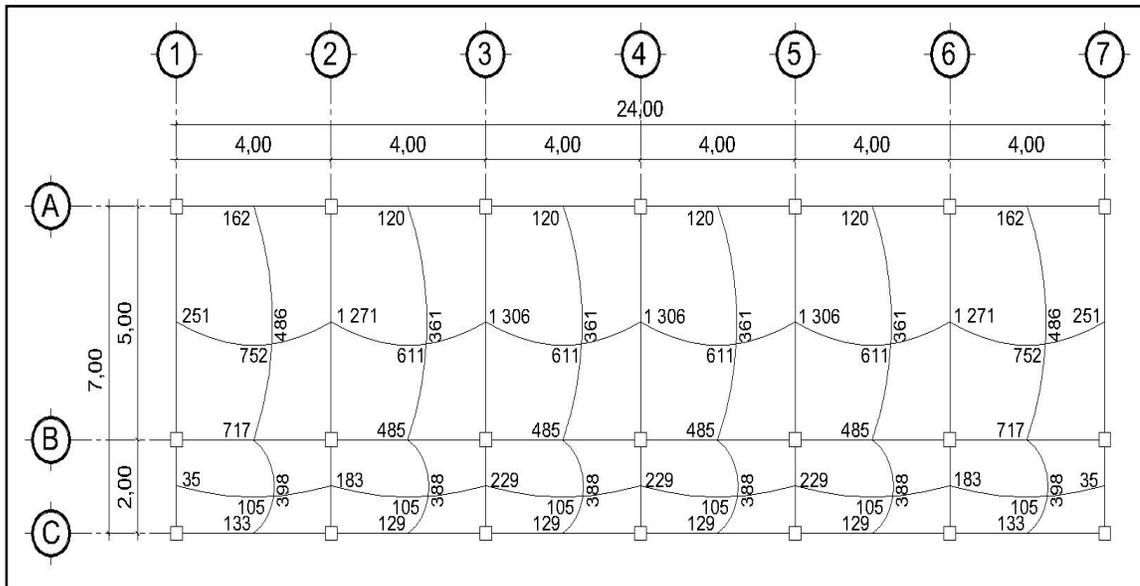
Tabla XII. **Balance de momentos de losa**

D ₁	D ₂
(229 - 137)0,50 + 137	(229 - 137)0,50 - 229
183 kg-m	--183 kg-m

Fuente: elaboración propia.

Los resultados del balance de momentos, en todos los puntos necesarios, pueden observarse en la figura 38.

Figura 38. **Planta de distribución de momentos balanceados en losas**



Fuente: elaboración propia.

Diseño de armado de losa: se calcula como si fuera una viga, con un ancho unitario de 1 m, el recubrimiento será de 2,5 cm y el espesor de 12 cm, según el predimensionamiento. Para el acero de refuerzo en la losa, se diseñará con varilla No. 3.

Cálculo del peralte efectivo:

$$d = t - \text{rec} - (\varnothing/2)$$

$$d = 12 - 2,5 - (0,953/2) = 9 \text{ cm}$$

El área de acero mínimo ($A_{s\text{min}}$) en una losa, se calcula usando un ancho unitario de 1 m ($b = 100 \text{ cm}$), y una cuantía de acero mínima (ρ_{min}).

$$A_{s\text{mín}} = \rho_{\text{mín}} bd = \frac{14,1}{2\ 810} (100)(9) = 4,52 \text{ cm}^2$$

$$S = \frac{(0,71 \text{ cm}^2)(100 \text{ cm})}{4,52 \text{ cm}^2} = 15,70 \text{ cm}$$

Tomando en cuenta el espaciamiento de la armadura en las secciones críticas, no debe exceder de 3 veces el espesor de la losa, ni ser mayor de 30 cm, según el ACI 318-02, capítulo 7, sección 7.3.4.1.

$$S_{\text{max}} = 3t = 3(12) = 36 \text{ cm}$$

Entonces el espaciamiento a usar será el $S=15 \text{ cm}$, por lo que se procede a encontrar el momento que resiste el área de acero mínima.

Momento que resiste el área de acero mínima

$$M_{A_{s\text{mín}}} = \phi \left(A_s f_y \left(d - \frac{A_s f_y}{1,7 f'_c b} \right) \right)$$

$$M_{A_{s\text{mín}}} = 0,90 \left(4,52 * 2\ 810 \left(9 - \frac{4,52(2\ 810)}{1,7(210)(100)} \right) \right) \frac{1}{100} = 988,13 \text{ kg-m}$$

Cálculo de área de acero para los momentos mayores

$$A_s = \left((bd) - \sqrt{(bd)^2 - \frac{M_u b}{0,003825 f'_c}} \right) \frac{0,85 f'_c}{2\ 810}$$

$$A_s = \left((9 \cdot 100) - \sqrt{(9 \cdot 100)^2 - \frac{(1\,306)(100)}{0,003825(210)}} \right) \frac{0,85(210)}{2\,810} = 6,06 \text{ cm}^2$$

$$S = \frac{(0,71 \text{ cm}^2)(100 \text{ cm})}{6,06 \text{ cm}^2} = 11,76 \text{ cm}$$

Las losas del nivel 1 en el eje X diseñadas para aulas deberán tener un refuerzo: No. 3 @ 0,12 m y las losas diseñadas para pasillos tendrán un refuerzo: No. 3 @ 0,15 m.

Todas las losas del nivel 1 en el eje Y tendrán un refuerzo: No. 3 @ 0,15 m.

Chequeo por corte: (W = carga última total)

$$V_{\text{máx}} = \frac{WL}{2} = \frac{1\,428,20(2)}{2} = 1\,428,20 \text{ kg (pasillos)}$$

$$V_{\text{máx}} = \frac{WL}{2} = \frac{1\,088,20(4)}{2} = 2\,176,40 \text{ kg (aulas)}$$

$$V_r = 45t\sqrt{f'_c} = 45(12)\sqrt{210} = 7\,825,34 \text{ kg}$$

El valor del cortante resistente (V_r) es mayor al actuante máximo ($V_{\text{máx}}$), por lo tanto, es correcto. El armado final de losas en todos los niveles se encuentra en el apéndice: plano de losas del edificio.

3.1.5.9. Diseño de vigas

Las vigas son elementos estructurales horizontales, los cuales reciben la carga de la losa y la transmiten hacia las columnas, están sometidas a esfuerzos de tensión, compresión y corte. Se diseñará la viga del primer nivel del eje B con el predimensionamiento realizado y con un área de acero mínima (ρ_{\min} = cuantía de acero mínima).

Diseño de viga en la dirección X

Nivel 1

$$A_{s_{\min}} = \rho_{\min} bd = \frac{14,1}{2\ 810}(30)(36) = 5,42 \text{ cm}^2$$

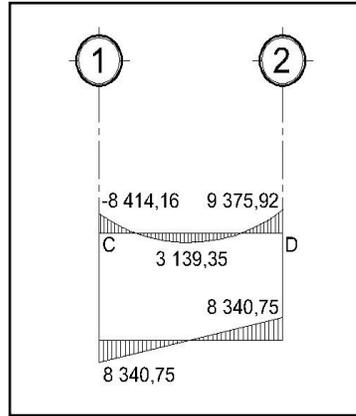
$$\rho_{\text{bal}} = \phi \left(\frac{\beta f'_c}{f_y} \frac{6\ 090}{(f_y + 6\ 090)} \right) = 0,85 \left(\frac{0,85(210)}{2\ 810} * \frac{6\ 090}{(2\ 810 + 6\ 090)} \right) = 0,036947$$

$$A_{s_{\max}} = 0,50 \rho_{\text{bal}} bd = 0,50(0,036947)(30)(36) = 19,95 \text{ cm}^2$$

Cálculo del área de acero longitudinal, para los momentos dados.

$$A_s = \left(bd - \sqrt{(bd)^2 - \frac{Mb}{0,003825f'_c}} \right) \frac{0,85f'_c}{f_y}$$

Figura 39. Diagrama de momento y corte en viga eje B



Fuente: elaboración propia.

$$M_{(-)} = 8\,414,16 \text{ kg-m}$$

$$A_s = \left((30 \cdot 36) - \sqrt{(30 \cdot 36)^2 - \frac{(8\,414,16)(30)}{0,003825(210)}} \right) \frac{0,85(210)}{2\,810} = 9,97 \text{ cm}^2$$

$$M_{(+)} = 3\,139,35 \text{ kg-m}$$

$$A_s = \left((30 \cdot 36) - \sqrt{(30 \cdot 36)^2 - \frac{(3\,139,35)(30)}{0,003825(210)}} \right) \frac{0,85(210)}{2\,810} = 3,54 \text{ cm}^2$$

$$M_{(-)} = 9\,375,92 \text{ kg-m}$$

$$A_s = \left((30 \cdot 36) - \sqrt{(30 \cdot 36)^2 - \frac{(9\,375,92)(30)}{0,003825(210)}} \right) \frac{0,85(210)}{2\,810} = 11,21 \text{ cm}^2$$

Según el Código ACI 318, los requerimientos para el armado de la cama superior e inferior se definen de la siguiente manera.

Cama superior al centro: dos varillas corridas como mínimo con las dimensiones siguientes, el mayor de los dos.

- $A_{s\text{mín}} = 5,42 \text{ cm}^2$
- $33\%A_{s(M-)} = 0,33 \cdot 11,21 = 3,70 \text{ cm}^2$

Se usará el $A_{s\text{mín}} = 5,42 \text{ cm}^2$

En la cama inferior: se debe colocar como mínimo dos varillas corridas, utilizando el mayor de las tres dimensiones.

- $A_{s\text{mín}} = 5,42 \text{ cm}^2$
- $50\%A_{s(M-)} = 0,50 \cdot 11,21 = 5,61 \text{ cm}^2$
- $50\%A_{s(M+)} = 0,50 \cdot 3,54 = 1,77 \text{ cm}^2$

Se usará el $A_{s\text{mín}} = 5,61 \text{ cm}^2$.

El armado final queda de la siguiente manera:

Cama superior: $5,42 \text{ cm}^2$ se cubre con 2 varillas corridas No 6 ($5,70 \text{ cm}^2$).

Cama inferior: $5,61 \text{ cm}^2$ se cubre con 2 varillas corridas No 6 ($5,70 \text{ cm}^2$).

En los momentos donde se necesite más refuerzo se cubrirá con bastones.

$$M_{(-)} = 8\,414,16 \text{ kg-m} = 9,97 \text{ cm}^2$$

$$A_s = 9,97 \text{ cm}^2 - 5,70 \text{ cm}^2 = 4,27 \text{ cm}^2 \text{ (Se cubrirá con 2 bastones No 6)}$$

$$M_{(-)} = 9\,375,72 \text{ kg-m} = 11,21 \text{ cm}^2$$

$$A_s = 11,21 \text{ cm}^2 - 5,70 \text{ cm}^2 = 5,51 \text{ cm}^2 \text{ (Se cubrirá con 2 bastones No 6)}$$

$$M_{(+)} = 3\,139,35 \text{ kg-m} = 3,54 \text{ cm}^2 \text{ (No hay necesidad de refuerzo)}$$

Cálculo del área de acero transversal: los esfuerzos cortantes serán resistidos por el refuerzo transversal o estribos. A esto se le llama confinamiento, debido a que el efecto es mayor en los apoyos.

Cálculo del corte resistente

$$V_r = \phi * 0,53 \sqrt{f'_c} * b d = 0,85 * 0,53 \sqrt{210} (30)(36) = 7\,050,63 \text{ kg}$$

$$V_{act} = 8\,340,75 \text{ kg, es el esfuerzo actuante en la viga.}$$

Comparación del corte resistente y corte actuante

Si $V_r > V_{act}$, colocar estribos por armado a $S_{m\acute{a}x} = d/2$

Si $V_r < V_{act}$, calcular S y longitud de confinamiento

Debido a que el esfuerzo resistente es menor que el actuante, se colocará los estribos por separación y longitud de confinamiento.

$$S = \frac{2 * \varnothing_{\text{varilla}} * f_y * d}{V_{\text{act}} - V_r} = \frac{2 * 0,71 * 2\ 810 * 36}{8\ 340,75 - 7\ 050,63} = 111,34 \text{ cm}$$

$$S_{\text{max}} = \frac{d}{2} = \frac{36}{2} = 18 \text{ cm}; \text{ según ACI 318-02 Capítulo 8, sección 8.5.4.5}$$

Para la separación de estribos en zona de confinamiento, según el ACI 318-02 capítulo 11, sección 11.5.2.3, el armado debe ser:

Colocar estribos en extremos del elemento, en una longitud igual a dos veces el peralte del elemento:

$$S = 2d = 2 * 36 = 72 \text{ cm}$$

El primer estribo debe estar situado a no más de 5 cm del borde de la columna.

El espaciamiento máximo de los estribos no debe exceder a:

$$d/4 = 36/4 = 9 \text{ cm}$$

$$S = 12,5 \text{ cm}$$

Por lo tanto, el primer estribo en la zona de confinamiento quedará a 5 cm, luego el resto de estribos estarán separados a 9 cm y los estribos fuera de la zona de confinamiento se colocarán a 18 cm. Ver el plano de detalles de losas y vigas del edificio escolar en el apéndice.

3.1.5.10. Diseño de columnas

Las columnas son elementos verticales que absorben la carga completa del edificio para trasladarla a los cimientos. Está sometido principalmente a esfuerzos de compresión axial y momentos flexionantes. Se diseñará únicamente la columna crítica para el nivel completo.

Diseño de columna

Nivel 1

Sección de columna: 30 cm x 30 cm

Sección de vigas: 30 cm x 40 cm

Longitud de columna: 3,00 m

Área tributaria: 14 m²

E_c = módulo de elasticidad del concreto (15 100√210)

Momento máximo en X; M_x : 7 281,67 kg-m

Momento máximo en Y; M_y : 8 186,13 kg-m

Carga axial última: $C_U = 1,4C_M + 1,7C_V$

$C_M = (0,12 \cdot 2\,400 + 175 + 25 + 100) = 588 \text{ kg/m}^2$

$C_V = 500 \text{ kg/m}^2$

$C_U = 1,4(588) + 1,7(500) = 1\,673,20 \text{ kg/m}^2$

Factor de carga última

$$F_{cu} = \frac{C_U}{C_M + C_V} \qquad F_{cu} = \frac{1\,673,20}{588 + 500} = 1,54$$

Peso de viga

$$P_v = b \cdot h \cdot \gamma_{\text{concreto}} \cdot L \quad P_v = (0,30)(0,40)(2\,400)(15) = 4\,320 \text{ kg}$$

Peso de columna

$$P_v = b \cdot h \cdot \gamma_{\text{concreto}} \cdot L_u \quad P_c = (0,30)(0,30)(2\,400)(3) = 648 \text{ kg}$$

Carga axial última

$$P_u = (A_{\text{losa}} \cdot C_U) + (P_{\text{viga}} \cdot F_{cu}) + (P_{\text{col}} \cdot F_{cu})$$

$$P_u = (14 \cdot 1\,673,20) + (4\,320 \cdot 1,54) + (648 \cdot 1,54) = 31\,075,52 \text{ kg} = 31,07 \text{ ton}$$

Esbeltez de columnas (E): la esbeltez en una columna está definida por la relación entre la longitud del elemento y su sección transversal (L_u/A), de aquí que se clasifican en corta ($E < 22$), intermedia ($22 < E < 100$), larga ($E > 100$).

La ecuación a utilizar es, $E = KL_u/\sigma$, por lo que es necesario encontrar los valores del coeficiente de rigidez de la columna (K), la longitud efectiva de pandeo (L_u) y el 30% del lado menor de la columna (σ).

Regularmente en las estructuras de concreto reforzado, las columnas se encuentran restringidas por las uniones viga-columna o columna-zapata, por lo que el grado de restricción depende de la relación entre las rigideces de los elementos.

Grado de empotramiento a la rotación

$$\psi = \frac{\sum K_{\text{Col}}}{\sum K_{\text{Viga}}}; \quad K = \frac{I}{L}; \quad I = \frac{1}{12}bh^3$$

$$I_{\text{col}} = \frac{1}{12}(0,30)^4 = 0,000675 \text{ m}^4$$

$$I_{\text{viga}} = \frac{1}{12}(0,30)(0,40)^3 = 0,0016 \text{ m}^4$$

$$K_{\text{col2}} = \frac{0,000675}{3} = 0,000225;$$

$$K_{\text{col1}} = \frac{0,000675}{4,5} = 0,00015$$

$$K_{\text{viga-y}} = \left(\frac{0,0016}{5} + \frac{0,0016}{2} \right) / 2 = 0,00056;$$

$$K_{\text{viga-x}} = \frac{0,0016}{4} = 0,0004$$

$$\Psi_{\text{a-y}} = \frac{0,000225 + 0,00015}{4 * 0,00056} = 0,17;$$

$$\Psi_{\text{a-x}} = \frac{0,000225 + 0,00015}{4 * 0,0004} = 0,23$$

$$\Psi_{\text{b}} = 0 \text{ (empotramiento en las zapatas)}$$

$$\Psi_{\text{prom-y}} = \frac{\Psi_{\text{a-y}} + \Psi_{\text{b}}}{2} = \frac{0,17 + 0}{2} = 0,09;$$

$$\Psi_{\text{prom-x}} = \frac{\Psi_{\text{a-x}} + \Psi_{\text{b}}}{2} = \frac{0,23 + 0}{2} = 0,12$$

Cálculo del coeficiente K

$$K = \frac{20 - \Psi_{\text{prom}}}{20} \sqrt{1 + \Psi_{\text{prom}}}$$

para $\Psi_{\text{prom}} < 2$

$$K = 0,90 \sqrt{1 + \Psi_{\text{prom}}}$$

para $\Psi_{\text{prom}} \geq 2$

$$K_{\text{y}} = \frac{20 - 0,09}{20} \sqrt{1 + 0,09} = 1,04;$$

$$K_{\text{x}} = \frac{20 - 0,12}{20} \sqrt{1 + 0,12} = 1,05$$

Cálculo de esbeltez de la columna

$$E_y = \frac{KL_u}{\sigma} = \frac{(1,04)(4,5)}{(0,30)(0,30)} = 52; \quad E_x = \frac{KL_u}{\sigma} = \frac{(1,05)(4,5)}{(0,30)(0,30)} = 52,5$$

Por lo tanto, se clasifica como una columna esbelta intermedia y se procede a la magnificación de momentos, utilizando el método del ACI.

$$\beta_d = \frac{1,4CM}{CU} \quad (\text{factor de flujo plástico})$$

$$EI = \frac{0,4 * E_c * I_{col}}{1 + \beta_d} \quad (\text{cálculo del factor EI})$$

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 * EI}{(K * L_u)^2} \quad (\text{carga crítica de pandeo de Euler})$$

$$\delta = \frac{1}{1 - \frac{P_u}{\phi * P_{cr}}} \quad (\text{amplificador de momentos})$$

$$\beta_d = \frac{1,4(588)}{1\ 673,20} = 0,49$$

$$EI = \frac{0,4(15\ 100\sqrt{210})\left(\frac{1}{12} * 30^4\right)}{1 + 0,49} = 3,965 \times 10^9 \text{ kg-cm}^2 = 396,52 \text{ Ton-m}^2$$

$$P_{cr-y} = \frac{\pi^2(396,52)}{(1,04 * 4,50)^2} = 178,68 \text{ Ton}; \quad P_{cr-x} = \frac{\pi^2(396,52)}{(1,05 * 4,50)^2} = 175,29 \text{ Ton}$$

$$\delta_y = \frac{1}{1 - \frac{31,07}{0,7(178,68)}} = 1,33; \quad \delta_x = \frac{1}{1 - \frac{31,07}{0,7(175,29)}} = 1,34$$

Cálculo de momentos amplificados o de diseño

$$M_{dy} = \delta_y M_y = 1,33(8\ 186,13 \text{ kg-m}) = 10\ 887,55 \text{ kg-m}$$

$$M_{dx} = \delta_x M_x = 1,34(7\ 281,67 \text{ kg-m}) = 9\ 757,44 \text{ kg-m}$$

Refuerzo longitudinal (método de Bressler): consiste en determinar el perfil de la superficie de falla de la columna y establecer la cantidad de acero longitudinal.

$$\frac{1}{P'_u} = \frac{1}{P'_x} + \frac{1}{P'_y} - \frac{1}{P'_o}$$

Cálculo de parámetros independientes a utilizar en el diagrama de interacción

$$\gamma_{x,y} = \frac{d - d'}{h} = \frac{27 - 3}{30} = 0,80 \quad (d' = \text{recubrimiento de la columna})$$

$$\left(\frac{e}{h}\right)_y = \left(\frac{M_y}{P_u h}\right) = \left(\frac{10\ 887,55}{31\ 075,52(0,30)}\right) = 1,17$$

$$\left(\frac{e}{h}\right)_x = \left(\frac{M_x}{P_u h}\right) = \left(\frac{9\ 757,44}{31\ 075,52(0,30)}\right) = 1,05$$

Área de acero: según el Código ACI 318, la cuantía de acero de una columna en zona sísmica, debe oscilar entre $0,06 \geq \rho \geq 0,01$, de tal manera que se propone una cuantía de acero 0,035:

$$A_s = 0,035(30^2) = 31,50 \text{ cm}^2$$

Se utilizarán 4 varillas No 8 y 4 varillas No 6 que equivalen a 31,67 cm².

Cuantía de acero para el área de acero: (A_g = área gruesa)

$$\rho_w = \frac{A_s f_y}{0,85 A_g f'_c} = \frac{31,67(2810)}{0,85(30^2)(210)} = 0,55$$

Valores de los coeficientes del diagrama de interacción

$$K'_x = 0,29; \quad K'_y = 0,35, \text{ (Diagrama de interacción de columna, ver anexos)}$$

Calcular la carga máxima axial resistente de la columna sometida a flexión biaxial

$$\frac{1}{P'_u} = \frac{1}{P'_x} + \frac{1}{P'_y} - \frac{1}{P'_o}$$

$$P'_o = 0,70(0,85 \cdot 210(30^2 - 31,67) + (31,67 \cdot 2810)) = 170,79 \text{ Ton}$$

$$P'_x = 0,29(210 \cdot 30^2) / 1000 = 54,81 \text{ Ton}$$

$$P'_y = 0,35(210 \cdot 30^2) / 1000 = 66,15 \text{ Ton}$$

$$\frac{1}{P'_u} = \frac{1}{54,81} + \frac{1}{66,15} - \frac{1}{170,79}$$

$$P'_u = 36,35 \text{ Ton (carga resistente)}$$

$$P'_u \geq P_u = 36,35 \text{ Ton} > 31,07 \text{ Ton (carga actuante)}$$

Debido a que la carga axial última (P'_u) que resiste la columna, es mayor a la carga actuante última (P_u), se considera adecuado el armado propuesto.

Refuerzo transversal: al igual que las vigas, las columnas también sufren esfuerzos de corte máximos en los nudos, por lo que es necesario reforzar estas áreas a través de un confinamiento adecuado, para los estribos se utilizarán varillas No 3.

$$V_r = \phi * 0,53\sqrt{f'_c} * bd = 0,85 * 0,53\sqrt{210} (30)(27) = 5\ 288 \text{ kg}$$

$$V_{act} = 3\ 483,05 \text{ kg}$$

Debido a que el esfuerzo resistente del concreto es mayor que el actuante, será necesario diseñar de acuerdo con el Código ACI 318-02 Capítulo 11 sección 11.5.3.4; si por el contrario el esfuerzo cortante actuante hubiese sido mayor que el resistente, se tendría que diseñar los estribos por corte al igual de como se hizo con las vigas.

Espaciamiento fuera de la longitud de confinamiento, se usará el menor

$$S_{max} = 15 \text{ cm}$$

$$S_{m\acute{a}x} = \frac{d}{2} = \frac{27}{2} = 13 \text{ cm}$$

$$6 * \varnothing_{\text{varilla longitudinal}} = 6(2,54 \text{ cm}) = 15,24 \text{ cm}$$

Para la longitud de confinamiento se utilizará la mayor dimensión

$$L_u/6 = 450/6 = 75 \text{ cm}$$

Sección mayor de la columna = 30 cm

$$L > 50 \text{ cm}$$

Para los estribos en la zona de confinamiento se usará la menor dimensión

$$S_{\text{max}} = 10 \text{ cm}$$

$$S = \frac{f_y * A_{\text{varilla}}}{15f_c} = \frac{2f_y * A_{\text{varilla}}}{3f_c} = \frac{2 * 2810 * 0,71}{3 * 210} = 6,33 \text{ cm} = 7,00 \text{ cm}$$

Se colocarán los estribos rotados a 45° alternados, según el Código ACI 318, debido a las barras longitudinales que se encuentran en medio de las caras.

Este método de cálculo se aplicó para la columna del primer nivel, con los momentos y cortes máximos. El detalle de las secciones y el armado de las columnas que se diseñaron para el edificio escolar, se encuentran en el plano de detalles estructurales de columnas en el apéndice.

3.1.5.11. Diseño de cimientos

Los cimientos se ubican por debajo de la superficie del terreno y transmiten las cargas de la estructura al suelo o rocas subyacentes. Los dos requisitos esenciales en el diseño de cimentaciones son, que el asentamiento total de la estructura esté limitado a una cantidad tolerablemente pequeña y que el asentamiento diferencial de las distintas partes de la estructura se elimine.

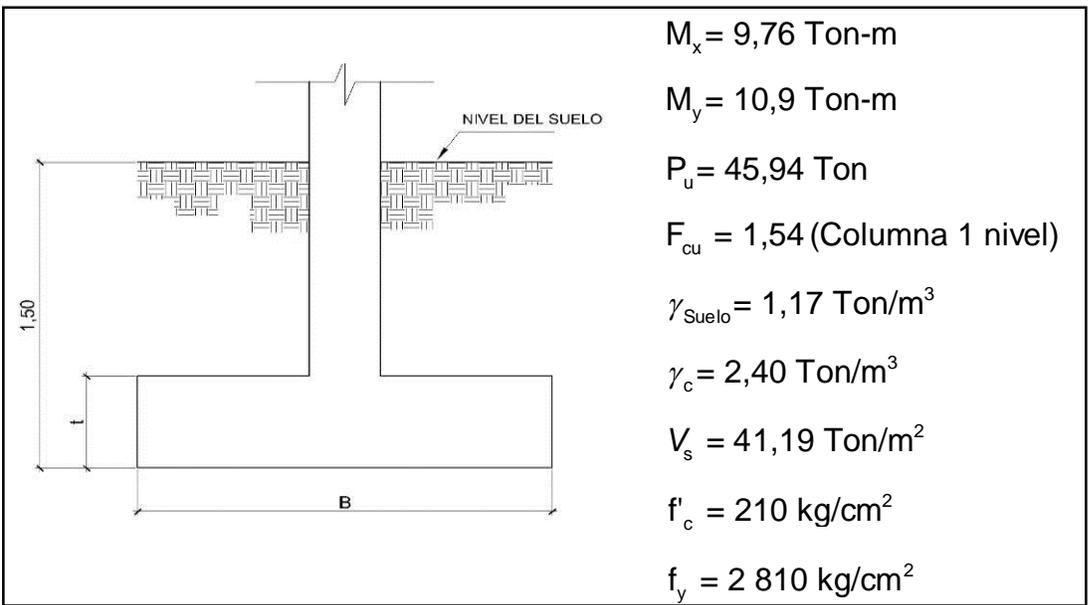
Para limitar los asentamientos de la manera indicada es necesario:

- Transmitir la carga de la estructura hasta un estrato de suelo que tenga la resistencia suficiente.
- Distribuir la carga sobre un área suficientemente grande de este estrato, para minimizar las presiones de contacto.

Las zapatas son estructuras, que habitualmente se utilizan para las columnas individuales, por lo general son cuadradas y representan el tipo de cimentación más sencillo y económico.

Para el diseño de zapatas, se utilizan datos del análisis estructural y de los estudios del suelo realizados en el lugar. Los datos a utilizarse para el diseño de la zapata, son los siguientes:

Figura 40. Elevación típica de zapata



Fuente: elaboración propia.

Determinación de cargas de trabajo

$$P_T = \frac{P_u}{F_{cu}} = \frac{45,94}{1,54} = 29,83 \text{ Ton}$$

$$M_{dx} = \frac{M_x}{F_{cu}} = \frac{9,76}{1,54} = 6,34 \text{ Ton-m}$$

$$M_{dy} = \frac{M_y}{F_{cu}} = \frac{10,9}{1,54} = 7,08 \text{ Ton-m}$$

Predimensionamiento de zapata

$$A_z = \frac{1,5P_T}{V_s} = \frac{1,5(29,83)}{41,19} = 1,08 \text{ m}^2$$

Se propone una zapata cuadrada con lados $b = 1,50$ m, esta dimensión es la más adecuada de acuerdo al valor que soporta el suelo, por lo que se tendrá una zapata con un área de $A_z = 2,25$ m².

Revisión de presión sobre el suelo

$$s_x = s_y = \frac{1,50 * 1,50^2}{6} = 0,56 \text{ m}^3$$

Integración de la carga de diseño

$$P = P_T + P_{Col} + P_{Suelo} + P_{Cim}$$

$$P = 29,83 + (0,3^2)(2,4)(4,5) + 1,17(1,50)(2,25) + 2,4(0,45)(2,25) = 37,18 \text{ Ton}$$

Determinar el esfuerzo máximo de reacción del suelo

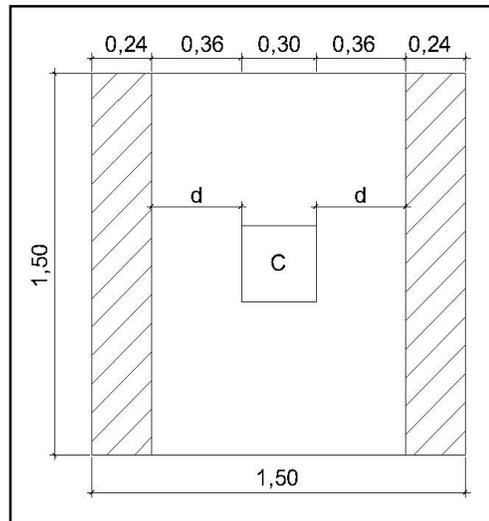
$$\sigma_{max} = \frac{P}{A_z} + \frac{M_{dx}}{s_x} + \frac{M_{dy}}{s_y}$$

$$\sigma_{max} = \frac{37,18}{2,25} + \frac{6,34}{0,56} + \frac{7,08}{0,56} = 40,49 \text{ ton/m}^2 < 41,19 \text{ ton/m}^2 \text{ (cumple)}$$

La carga está ubicada en el tercio medio de la cimentación, dando como resultado un esfuerzo máximo de reacción del suelo inferior al esfuerzo permisible, por lo que las dimensiones de la zapata son correctas.

Revisión por corte simple

Figura 41. Diagrama de esfuerzo cortante en zapata



Fuente: elaboración propia.

Peralte efectivo

$$d = t - \text{rec} - (\varnothing/2) = 45 - 7,5 - (1,97/2) = 0,365 \text{ m} \approx 36 \text{ cm}$$

Carga de diseño

$$q_{\text{dis}} = F_{\text{CU}} * \sigma_{\text{max}} = (1,54 * 40,49) = 62,35 \text{ ton/m}^2$$

Fuerza cortante que actúa en la sección crítica

$$V_{\text{act}} = q_{\text{dis}} \left(\frac{B_{\text{zap}} - B_{\text{col}}}{2} - d \right) B_{\text{zap}}$$

$$V_{act} = 62,35 \left(\frac{1,50 - 0,30}{2} - 0,36 \right) 1,50 = 22,45 \text{ ton}$$

Fuerza cortante que resiste el concreto

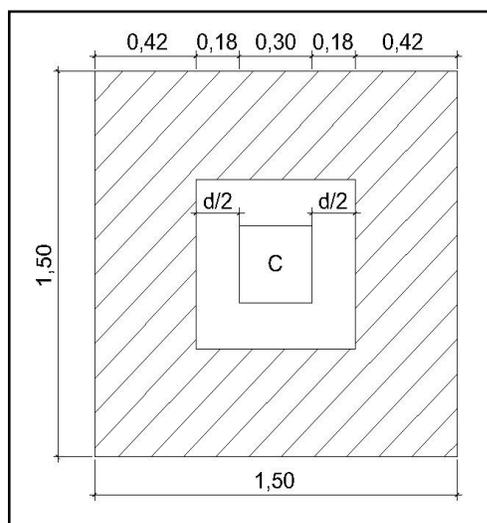
$$V_r = \phi * 0,53 \sqrt{f_c} * b d$$

$$V_r = 0,85 * 0,53 * \sqrt{210} * 150 * 36 = 30\,356,90 \text{ kg} = 35,25 \text{ Ton}$$

El esfuerzo de corte que actúa en la sección crítica es menor a la capacidad de resistencia del concreto, por lo que el peralte seleccionado es correcto.

Revisión por corte punzonante

Figura 42. Diagrama de esfuerzo corte punzonante en zapata



Fuente: elaboración propia.

Fuerza cortante que actúa en la sección crítica

$$V_{act} = q_{dis} (A_z - (c + d)^2)$$

$$V_{act} = 62,35 (2,25 - (0,3 + 0,36)^2) = 113,12 \text{ Ton}$$

Fuerza resistente a corte por punzonamiento que resiste el concreto

β_o = Perímetro de la sección crítica por punzonamiento

$$V_r = \phi * 1,10 \sqrt{210} * \beta_o * d$$

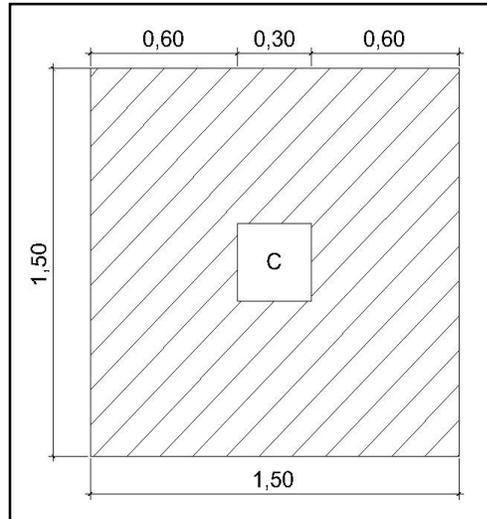
$$V_r = 0,85 * 1,10 \sqrt{210} (4 * 66) 36 = 128 773,85 \text{ kg} = 128,77 \text{ Ton}$$

El esfuerzo de corte por punzonamiento que actúa en la sección crítica es menor a la capacidad de resistencia del concreto, por lo que el peralte seleccionado es correcto.

Diseño por flexión

El suelo causa presión a la zapata y se produce un momento flector, por eso es necesario reforzarla con acero estructural, para la determinación del momento flector de diseño se utilizará la fórmula del voladizo y luego se determinará el área de acero necesaria para resistir este momento.

Figura 43. Diagrama de esfuerzo flexionante en zapata



Fuente: elaboración propia.

$$M_{dis} = \frac{WL^2}{2} \quad A_s = \left(Ld - \sqrt{(Ld)^2 - \frac{M_{dis}L}{0,003825f'_c}} \right) \frac{0,85f'_c}{f_y}$$

Donde:

L = distancia que hay desde el rostro de la columna al extremo de la zapata

W = reacción neta del suelo en una franja unitaria ($\sigma_{max} = 62,35 \text{ Ton/m}^2 \cdot 1,0 \text{ m}$)

M_{dis} = momento flector de diseño

A_s = área de acero requerida para el momento flector de diseño

d = peralte efectivo de la zapata

f'_c = resistencia del concreto

f_y = grado de fluencia del acero

$$M_{dis} = \frac{62,35 * 0,60^2}{2} = 11,22 \text{ Ton-m} = 11\ 220 \text{ kg-m}$$

$$A_s = \left(60*36 - \sqrt{(60*36)^2 - \frac{11\ 220*60}{0,003825*210}} \right) \frac{0,85*210}{2\ 810} = 12,93 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{min}} = \frac{14,1}{2\ 810} * 100*36 = 18,06 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{temp}} = 0,002*100*36 = 7,2 \text{ cm}^2$$

Debido a que el área de acero mínimo es mayor a la obtenida para resistir el momento flector y el acero por temperatura, el armado requerido es el armado mínimo y su separación máxima será la siguiente:

$$S_{max} = \frac{d}{2} = \frac{36}{2} = 18 \text{ cm}; \quad \text{Se propondrá usar un } S = 15 \text{ cm}$$

$$A_{s_{varilla}} = \frac{18,06 * 15}{100} = 2,71 \text{ cm}^2$$

La armadura se realizará colocando varillas No. 6 @ 0,15 m en ambos sentidos, el cual satisface el $A_s = 2,71 \text{ cm}^2$ que se obtuvo, ver en el apéndice el plano de cimentación y columna con más detalles.

Revisión de longitud de desarrollo: el refuerzo de adherencia en los elementos estructurales sujetos a flexión debe ser proporcionado por la longitud de desarrollo del refuerzo.

$$L_d = \frac{0,06A_v f_y}{\sqrt{f_c}} = \frac{0,06*2,71*2\ 810}{\sqrt{210}} = 31,53 \text{ cm}$$

Se utilizará un recubrimiento de 7,5 cm entre el extremo de la varilla y el borde de la zapata, la longitud disponible de desarrollo será:

$$C - 7,5 = \frac{150 - 30}{2} - 7,5 = 52,50 \text{ cm} > 31,53 \text{ cm}$$

Como se puede observar la longitud de anclaje sí satisface como mínimo la longitud de desarrollo que estable el ACI 318.

Diseño de zapata combinada

Datos:

$$Y_{\text{suelo}} = 1,17 \text{ Ton/m}^3$$

$$V_s = 41,19 \text{ Ton/m}^2$$

$$f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_y = 2\ 810 \text{ kg/cm}^2$$

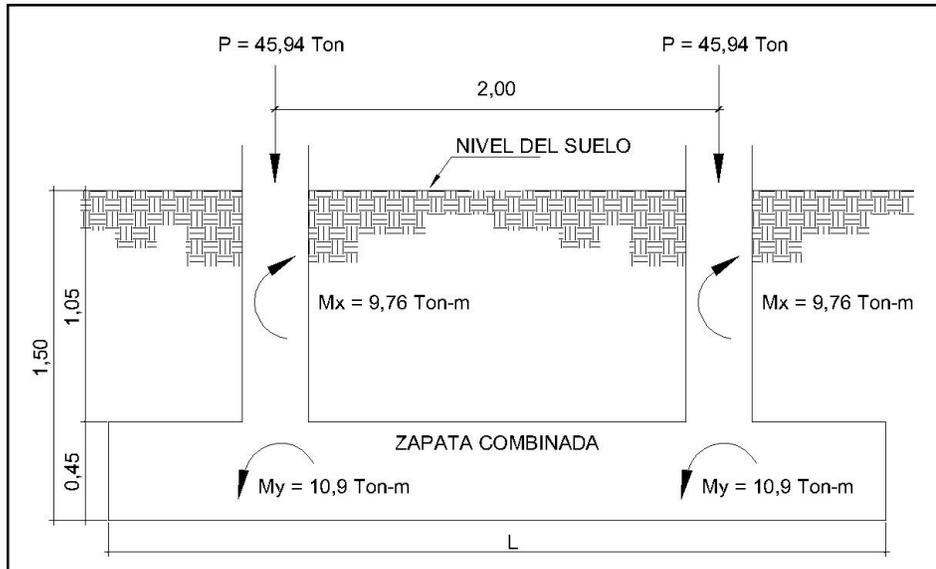
$$F_{CU} = 1,54$$

$$M_x = 9,76 \text{ Ton-m}$$

$$M_y = 10,9 \text{ Ton-m}$$

$$P_U = 45,94 \text{ Ton}$$

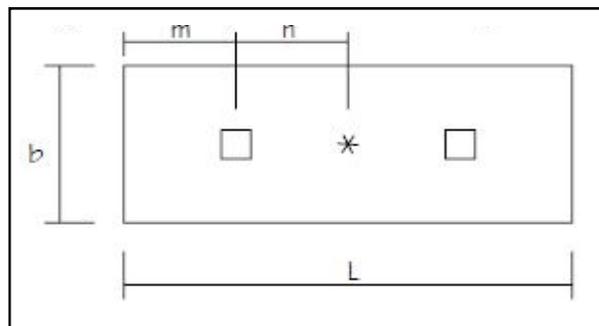
Figura 44. **Elevación típica de zapata combinada**



Fuente: elaboración propia.

Haciendo el cimiento rectangular y tomando como base la distancia entre columnas, se tiene que:

Figura 45. **Predimensionamiento de zapata combinada**



Fuente: elaboración propia.

Donde:

$$L = 2(m + n) \qquad q = V_s$$
$$R = P_{col1} + P_{col2} \qquad b = R / (q * L)$$

Cargas de trabajo

$$P_T = \frac{45,94}{1,54} = 29,83 \text{ Ton}$$

$$M_{dx} = \frac{9,76}{1,54} = 6,34 \text{ Ton-m}$$

$$M_{dy} = \frac{10,9}{1,54} = 7,08 \text{ Ton-m}$$

Se asume que

$$m = 0,75 \text{ m}$$

$$n = 1,00 \text{ m (distancia entre ejes)}$$

$$L = 2(0,75 + 1,00) = 3,50 \text{ m}$$

$$R = 29,83 + 29,83 = 59,66 \text{ Ton}$$

$$b = 59,66 / (41,19 * 3,50) = 0,41 \text{ m} \approx 0,45 \text{ m}$$

Debido a que la base obtenida de la zapata combinada es considerablemente menor a las dimensiones de base de la zapata aislada, se propondrá utilizar una $b = 1,50 \text{ m}$.

Área de zapata propuesta

$$A_Z = b * L = 1,50 * 3,50 = 5,25 \text{ m}^2$$

$$P_{col} = (0,30 * 0,30 * 4,50)2,40 = 0,972 \text{ Ton}$$

$$P_{\text{suelo}} = (1,17 * 5,25)1,50 = 9,21 \text{ Ton}$$

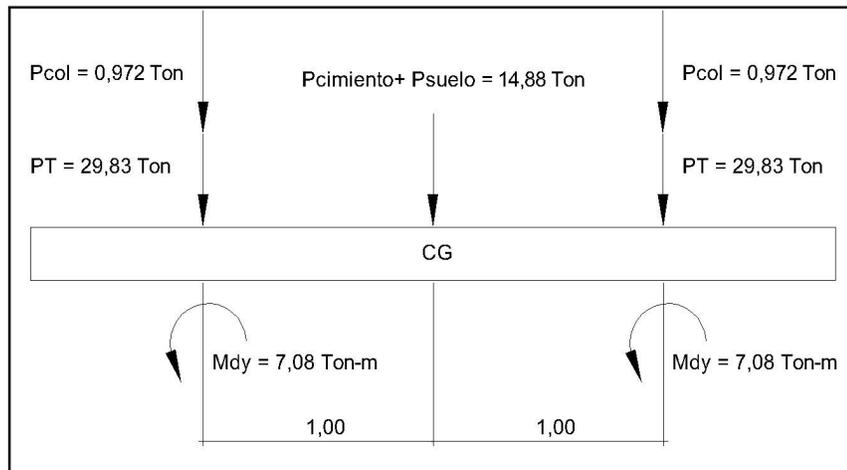
Se asume que

$$d = 0,45 \text{ m}$$

$$P_{\text{cim}} = (0,45 * 5,25)2,40 = 5,67 \text{ Ton}$$

$$P_{\text{suelo}} + P_{\text{cim}} = 9,21 + 5,67 = 14,88 \text{ Ton}$$

Figura 46. **Cargas equivalentes en el centro geométrico**



Fuente: elaboración propia.

$$P_{\text{CG}} = (29,83 * 2) + (0,972 * 2) + 14,88 = 76,48 \text{ Ton}$$

$$M_{\text{CGY}} = -7,08 - 1,00(0,972 + 29,83) + 1,00(0,972 + 29,83) - 7,08 = -14,16 \text{ Ton}$$

$$M_{\text{CGX}} = -6,34 - 1,00(0,972 + 29,83) + 1,00(0,972 + 29,83) - 6,34 = -12,68 \text{ Ton}$$

Presiones sobre el suelo

$$q = \left(\frac{P_{\text{CG}}}{A_z} \right) \pm \left(\frac{M_{\text{CG}}}{S} \right)$$

$$S = \frac{1}{6}b \cdot L^2$$

$$q = \left(\frac{76,48}{5,25} \right) \pm \left(\frac{6 \cdot 7,08}{1,50 \cdot 3,50^2} \right) \pm \left(\frac{6 \cdot 6,34}{3,50 \cdot 1,50^2} \right)$$

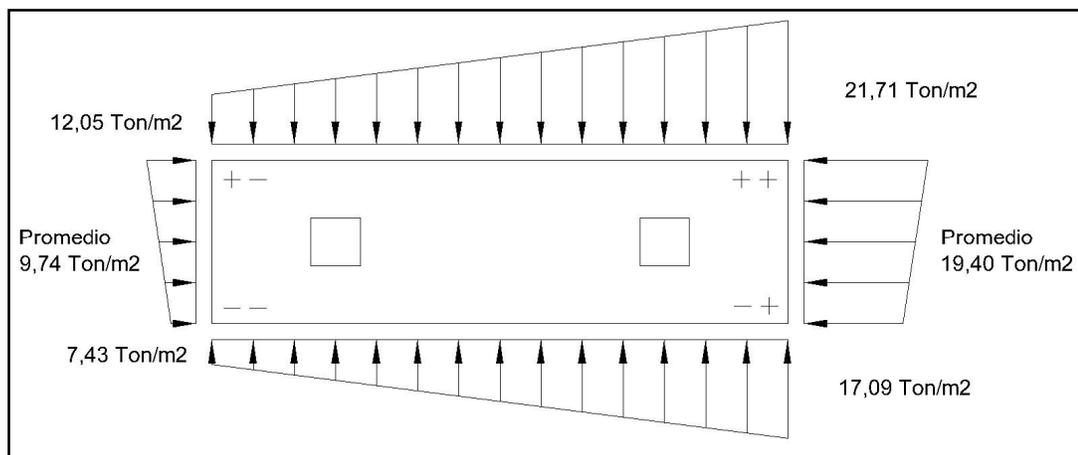
$$q_{\text{Máx}} = 14,57 + 2,31 + 4,83 = 21,71 \text{ Ton/m}^2 < V_s \text{ (si cumple)}$$

$$q_{\text{Mín}} = 14,57 - 2,31 - 4,83 = 7,43 \text{ Ton/m}^2 > 0 \text{ (si cumple)}$$

$$q = 14,57 + 2,31 - 4,83 = 12,05 \text{ Ton/m}^2$$

$$q = 14,57 - 2,31 + 4,83 = 17,09 \text{ Ton/m}^2$$

Figura 47. Presiones sobre el suelo



Fuente: elaboración propia.

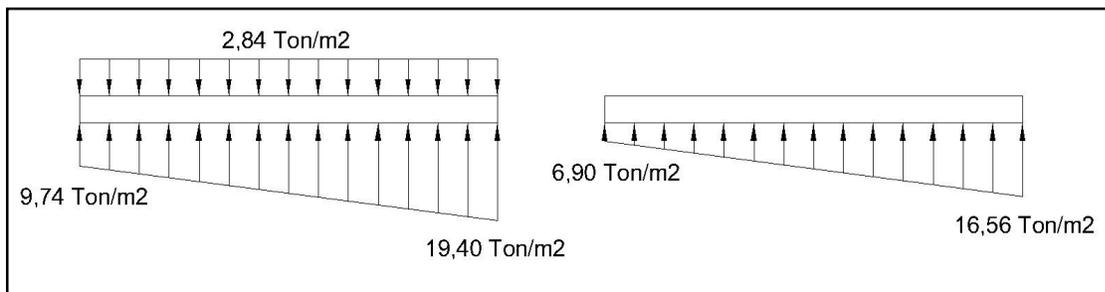
Las presiones del suelo y cimiento

$$q_{\text{suelo}} = \text{desp} * \gamma_{\text{suelo}} = 1,50 * 1,17 = 1,76 \text{ Ton/m}^2$$

$$q_{\text{cim}} = t * \gamma_c = 0,45 * 2,40 = 1,08 \text{ Ton/m}^2$$

$$q_{\text{suelo}} + q_{\text{cim}} = 1,76 + 1,08 = 2,84 \text{ Ton/m}^2$$

Figura 48. Presiones sobre el cimiento



Fuente: elaboración propia.

Las presiones últimas de diseño se obtendrán mediante la siguiente ecuación:

$$q_{\text{dis}} = F_{\text{cu}} * q \quad F_{\text{cu}} = 1,54$$

$$\text{Para } q = 6,90 \text{ Ton/m}^2 \rightarrow q_{\text{dis}} = 1,54 * 6,90 = 10,63 \text{ Ton/m}^2$$

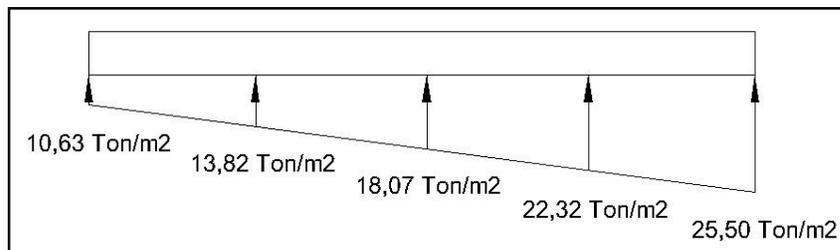
$$\text{Para } q = 16,56 \text{ Ton/m}^2 \rightarrow q_{\text{dis}} = 1,54 * 16,56 = 25,50 \text{ Ton/m}^2$$

Se encuentra una expresión para cualquier distancia x , la presión está dada por la relación de triángulos.

$$\frac{3,50}{(25,50 - 10,63)} = \frac{x}{q_{\text{d}(x)} - 10,63} \quad q_{\text{d}(x)} = 10,63 + 4,25x$$

Para: $x = 0,75 \text{ m}, \quad q_{d(x)} = 10,63 + 4,25(0,75) = 13,82 \text{ Ton/m}^2$
 $x = 1,75 \text{ m}, \quad q_{d(x)} = 10,63 + 4,25(1,75) = 18,07 \text{ Ton/m}^2$
 $x = 2,75 \text{ m}, \quad q_{d(x)} = 10,63 + 4,25(2,75) = 22,32 \text{ Ton/m}^2$

Figura 49. **Presión última bajo el cimiento**



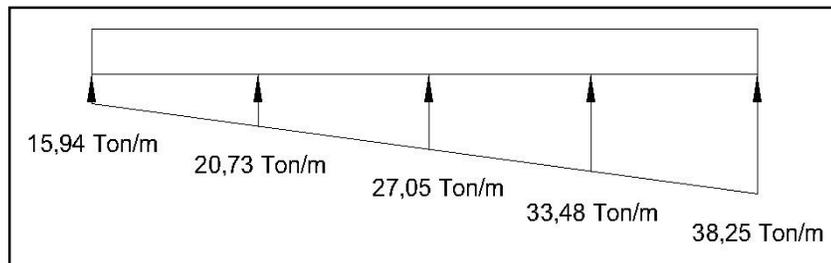
Fuente: elaboración propia.

Las presiones últimas por metro lineal se obtienen de la siguiente ecuación:

$$W = b * q_{disu} \quad b = 1,50 \text{ m}$$

Para: $q_{disu} = 10,63 \text{ Ton/m}^2 \rightarrow W = 1,50 * 10,63 = 15,94 \text{ Ton/m}$
 $q_{disu} = 13,82 \text{ Ton/m}^2 \rightarrow W = 1,50 * 13,82 = 20,73 \text{ Ton/m}$
 $q_{disu} = 18,07 \text{ Ton/m}^2 \rightarrow W = 1,50 * 18,07 = 27,05 \text{ Ton/m}$
 $q_{disu} = 22,32 \text{ Ton/m}^2 \rightarrow W = 1,50 * 22,32 = 33,48 \text{ Ton/m}$
 $q_{disu} = 25,50 \text{ Ton/m}^2 \rightarrow W = 1,50 * 25,50 = 38,25 \text{ Ton/m}$

Figura 50. **Presiones últimas por metro lineal en cimiento**



Fuente: elaboración propia.

Se encuentra una expresión por relación de triángulos para cualquier distancia x , obteniendo una presión última por metro lineal.

$$\frac{3,50}{(38,25 - 15,94)} = \frac{x}{W_{(x)} - 15,94} \quad W_{(x)} = 15,94 + 6,37x$$

Si se encuentra W para cuando $x_{(CG)} = 1,75$ m, se obtiene:

$$W_{(CG)} = 15,94 + 6,37(1,75) = 27,09 \text{ Ton/m}$$

Diagramas de corte y momento

$$V_{ab} = (15,94 + 6,37(0,75))0,75 = 15,54 \text{ Ton}$$

$$V_b = V_{ab} - P = 15,54 - 45,94 = -30,40 \text{ Ton}$$

Para $V_c = 0$

$$V_c = -30,40 + 15,94y + 6,37y^2 \Rightarrow y = 1,09 \text{ m}; \quad x = 0,75 + 1,09 = 1,84 \text{ m}$$

$$V_{bd} = (15,94 + 6,37(1,84))1,09 = 30,15 \text{ Ton}$$

$$V_c = V_b + V_{bd} = -30,40 + 30,15 = -0,25 \text{ Ton}$$

$$V_{de} = (33,48 + 38,25)0,5 \cdot 0,75 = 26,90 \text{ Ton}$$

$$V_d = P - V_{de} = 45,94 - 26,90 = 19,04 \text{ Ton}$$

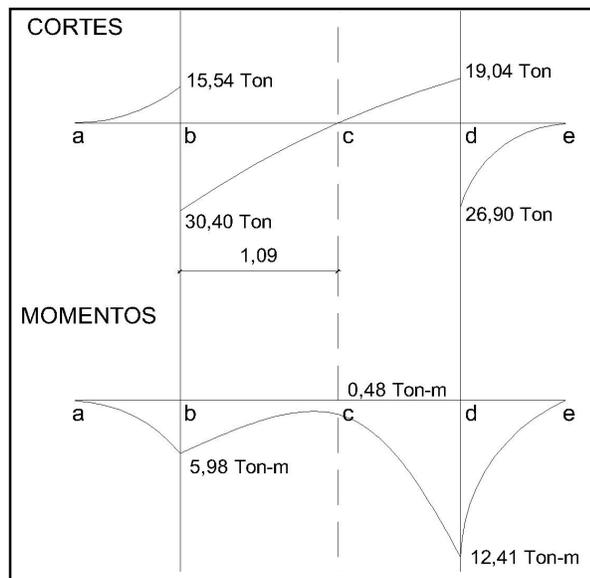
$$M_{ab} = \left(\frac{15,94 \cdot 0,75^2}{2} \right) + \left(\frac{15,94 \cdot 0,75^2}{2} \right) \left(\frac{1}{3} \right) = 5,98 \text{ Ton-m}$$

$$M_{\max} = 15,94 + \left(\frac{20,73 \cdot 1,09^2}{2} \right) + \left(\frac{27,05 \cdot 1,09^2}{2} \right) \left(\frac{1}{3} \right) - 30,40(1,09)$$

$$M_{\max} = 0,48 \text{ Ton-m}$$

$$M_{cd} = \left(\frac{33,48 \cdot 0,75^2}{2} \right) + \left(\frac{15,94 \cdot 0,75^2}{2} \right) \left(\frac{2}{3} \right) = 12,41 \text{ Ton-m}$$

Figura 51. Diagramas de corte y momento para zapata combinada



Fuente: elaboración propia.

Revisión por corte simple

Asumiendo $t = 0,45$ m y varillas \emptyset No. 6

$$d = 45 - 7,5 - (1,91/2) = 36,5 \text{ cm}$$

$$V_r = \phi * 0,53\sqrt{f'c} * bd = 0,85 * 0,53\sqrt{210} (150)(36,5)(1/1\ 000) = 35,74 \text{ Ton}$$

$$V_{M\acute{a}x} = 30,40 \text{ Ton (ver diagrama de corte y momento)}$$

$$V_{M\acute{a}x} < V_r \Rightarrow \text{si resiste el corte}$$

Revisión por corte punzonante

$$d = 36,50 \text{ cm} \Rightarrow c + d = 30 + 36,50 = 66,50 \text{ cm}$$

$$V_r = \phi * 1,06\sqrt{f'c} * bd = 0,85 * 1,06\sqrt{210} (150)(66,50)(1/1\ 000) = 130,24 \text{ Ton}$$

Cálculo de corte punzonante actuante

$$V_{pz} = P_{u2} - q_d * A_{pz} = 45,94 - 22,32(66,55/100)^2 = 36,05 \text{ Ton}$$

$$V_{pz} < V_r \Rightarrow \text{si resiste el punzonamiento}$$

Revisión por flexión

Refuerzo mínimo en un metro lineal:

$$A_{S\text{mín}} = \frac{14,1}{f_y} bd = \frac{14,1}{2\ 810} (100)(36,5) = 18,31 \text{ cm}^2$$

Refuerzo mínimo en el ancho de 1,50 m

$$A_{S\text{mín}} = \frac{14,1}{f_y} bd = \frac{14,1}{2\ 810} (150)(36,5) = 27,47 \text{ cm}^2$$

Momento que resiste

$$M_{A\text{smín}} = \phi \left(A_s f_y \left(d - \frac{A_s f_y}{1,7 f_c b} \right) \right)$$

$$M_{A\text{smín}} = 0,90 \left(27,47 * 2\ 810 \left(36,50 - \frac{27,47 * 2\ 810}{1,7 * 210 * 150} \right) \right) (1/1\ 000)(1/100)$$

$M_{A\text{smín}} = 24,36 \text{ Ton-m}$ (este momento satisface al momento maximo)

$$S = \frac{(2,85 \text{ cm}^2)(150 \text{ cm})}{27,47 \text{ cm}^2} = 15,56 \text{ cm}$$

Para el armado se utilizarán varillas No. 6 @ 0,15 m en ambos lados.

Acero por temperatura

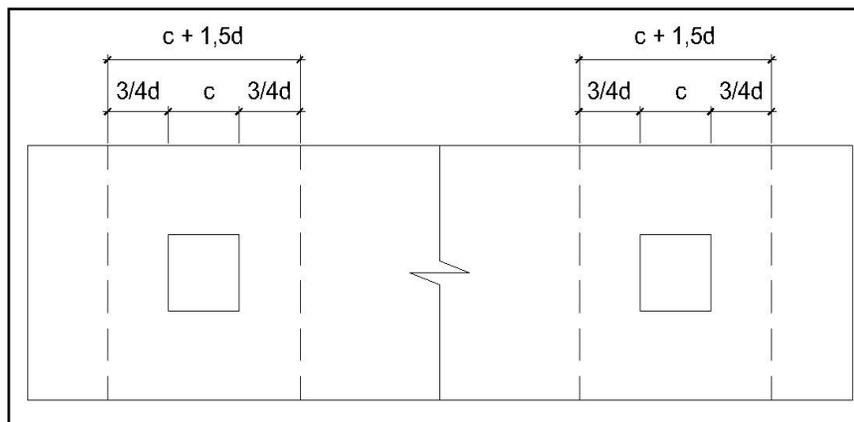
$$A_{S\text{Temp}} = 0,002bt = 0,002(350)(45) = 31,50 \text{ cm}^2$$

$$S = \frac{(1,97 \text{ cm}^2)(350 \text{ cm})}{31,50 \text{ cm}^2} = 21,89 \text{ cm}$$

Para el armado se utilizarán varillas No. 5 @ 0,20 m.

Vigas transversales

Figura 52. **Vigas transversales en zapata combinada**



Fuente: elaboración propia.

Asumiendo un ancho de viga de $(c + 1,5d)$, se revisará bajo una columna crítica, y considerando que la viga será igual para las dos columnas.

$$d_{x-x} = d_{y-y} - \frac{\varnothing_x}{2} - \frac{\varnothing_y}{2} \rightarrow 36,5 - \frac{2,54}{2} - \frac{1,91}{2} = 34,28 \text{ cm}$$

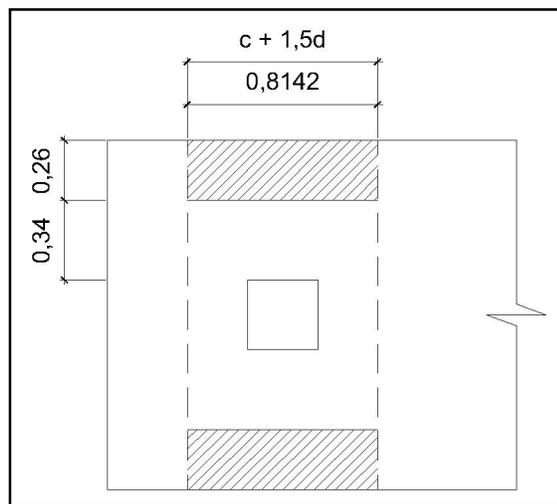
$$c + 1,5d = (30 + 1,5 \cdot 34,28) = 81,42 \text{ cm}$$

La viga transversal, se diseñará con la presión uniforme, causada por la carga puntual de la columna.

$$q_d = \frac{P_u}{b(c + 1,5d)} = \frac{45,94}{1,50(0,8142)} = 37,62 \text{ Ton/m}^2$$

Revisión por corte simple

Figura 53. Diagrama de esfuerzo cortante



Fuente: elaboración propia.

$$V_{act} = q_d * b'(c + 1,5d)$$

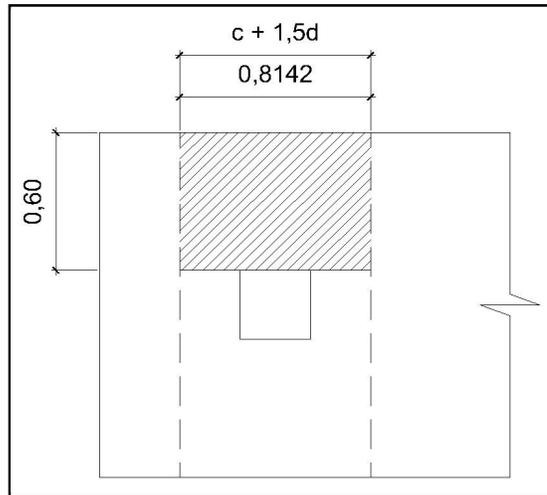
$$V_{act} = (37,62)(0,26)(0,8142) = 7,96 \text{ Ton}$$

$$V_r = \phi * 0,53\sqrt{f'_c} * bd = 0,85 * 0,53\sqrt{210}(26)(81,42)(1/1\ 000) = 13,82 \text{ Ton}$$

$V_r > V_{act}$; chequea por corte simple

Revisión por flexión

Figura 54. **Diagrama de esfuerzo por flexionante**



Fuente: elaboración propia.

$$M_{act} = \frac{q_d * b^2}{2} = \frac{37,62(1,20)^2}{2} = 27,09 \text{ Ton-m}$$

$$A_s = \left((60 * 81,42) - \sqrt{(60 * 81,42)^2 - \frac{27\ 090 * 60}{0,003825 * 210}} \right) \frac{0,85 * 210}{2\ 810} = 13,45 \text{ cm}^2$$

$$S = \frac{(1,98 \text{ cm}^2)(81,42 \text{ cm})}{13,45 \text{ cm}^2} = 11,99 \text{ cm}$$

Para el amado se utilizarán varillas No. 5 @ 0,12 m.

3.1.5.12. Diseño de módulo de gradas

Para la ubicación del módulo de gradas, se debe tomar en cuenta que la circulación en los diferentes niveles no sea problemática; además, debe tener iluminación y ventilación aceptable.

Un módulo de gradas debe ser cómodo y seguro, lo cual depende de su pendiente o relación de dimensiones de los peldaños, es decir, la relación de huella y contrahuella.

Las siguientes relaciones pueden garantizar la comodidad de una escalera:

- Procedimiento para el diseño de la escalera

Número de contrahuellas mínimo = $h/c = 3/0,17 = 18$ escalones. Se tomarán 9 contrahuellas antes del descanso.

Número de huellas = Núm. contrahuellas – 1 = 9 – 1 = 8 huellas

- Relaciones de comodidad

$$C = 17 \text{ cm} \leq 20 \text{ cm}$$

$$H = 25 \text{ cm} > 20 \text{ cm}$$

$$2C + H = 2 \cdot 17 + 25 = 59 \leq 64 \text{ cm}$$

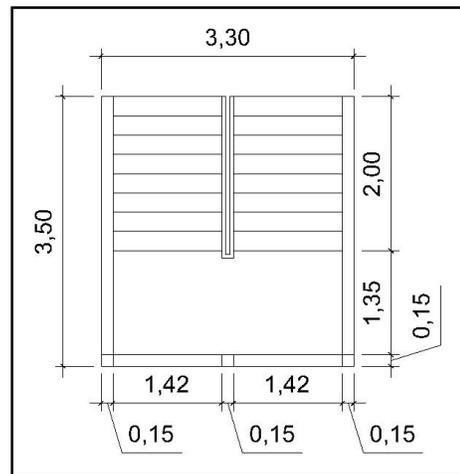
Por lo tanto se obtienen 9 contrahuellas de 17 cm y 8 huellas de 25 cm.

- Espesor de la losa

$t = L/21 = 3,30/21 = 0,15 \text{ m} \approx$ Por comodidad se utilizará 0,12 m

Usar $t = 0,12$

Figura 55. Dimensiones de gradas



Fuente: elaboración propia.

Datos

Carga viva = 500 kg/m^2

$f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$

$f_y = 2810 \text{ kg/cm}^2$

$\gamma_c = 2400 \text{ kg/m}^3$

Integración de cargas

Carga muerta = peso propio de la escalera + acabados + piso

$$PP = \gamma_c \left(t + \frac{c}{2} \right) = 2\,400 \left(0,12 + \frac{0,17}{2} \right) = 492 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Acabados} = 25 \text{ kg/cm}^2$$

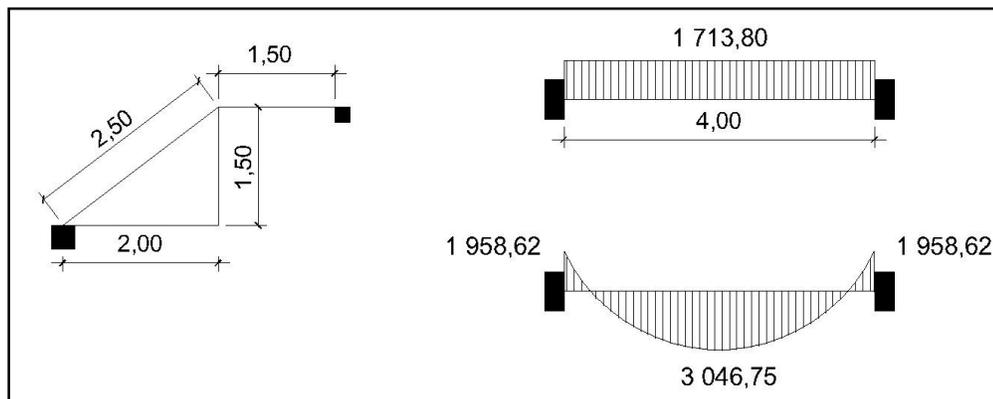
$$\text{Pisos} = 100 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Carga muerta} = 617 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Carga viva} = 500 \text{ kg/cm}^2 \text{ (edificio escolar)}$$

$$CU = 1,4CM + 1,7CV = 1,4(617) + 1,7(500) = 1\,713,80 \text{ kg/m}^2$$

Figura 56. **Distribución de carga y momentos en gradas**



Fuente: elaboración propia.

$$L = 2,50 \text{ m} + 1,50 \text{ m} = 4,00 \text{ m}$$

Cálculo de momentos

$$M_{(+)} = \frac{Cu \cdot L^2}{9} = \frac{1\,713,80(4)^2}{9} = 3\,046,75 \text{ kg-m} \quad (\text{ver diagrama en la figura 56})$$

$$M_{(-)} = \frac{Cu \cdot L^2}{14} = \frac{1\,713,80(4)^2}{14} = 1\,958,62 \text{ kg-m} \quad (\text{ver diagrama en la figura 56})$$

Área de acero para momentos que se utilizará en 1 m de largo de las gradas:

$$A_s = \left(bd - \sqrt{(bd)^2 - \frac{Mb}{0,003825f'_c}} \right) \frac{0,85f'_c}{f_y}$$

Donde:

$$b = 100 \text{ cm}$$

$$d = 7,5 \text{ cm}$$

$$f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_y = 2\,810 \text{ kg/cm}^2$$

$$M_{(-)} = 1\,958,62 \text{ kg-m}$$

$$A_{s1} = \left(100 \cdot 7,5 - \sqrt{(100 \cdot 7,5)^2 - \frac{1\,958,62 \cdot 100}{0,003825 \cdot 210}} \right) \frac{0,85 \cdot 210}{2\,810} = 11,78 \text{ cm}^2$$

$$S = \frac{100 \cdot 1,9793}{11,78} = 16,80 \text{ cm}; \quad (\text{usar varilla No. 5 @ 0,15 m})$$

$$M_{(+)} = 3\,046,75 \text{ kg-m}$$

$$As_2 = \left(100 \cdot 7,5 - \sqrt{(100 \cdot 7,5)^2 - \frac{3\,046,75 \cdot 100}{0,003825 \cdot 210}} \right) \frac{0,85 \cdot 210}{2\,810} = 20,45 \text{ cm}^2$$

$$S = \frac{100 \cdot 1,9793}{20,45} = 9,68 \text{ cm}; \text{ (usar varilla No. 5 @ 0,10 m)}$$

Acero por temperatura (refuerzo transversal en la losa)

$$As_{\text{temp}} = 0,002bt = (0,002) (100) (12) = 2,4 \text{ cm}^2.$$

$$S = \frac{100 \cdot 0,71}{2,40} = 29,58 \text{ cm}; \text{ (usar varilla No. 3 @ 0,10 m)}$$

3.1.6. Instalaciones

3.1.6.1. Agua potable

El sistema de agua potable está diseñado para los servicios sanitarios del edificio. La red principal deberá estar por lo menos a 0,50 metros por debajo del nivel del piso y a 0,30 metros sobre la tubería del alcantarillado. Se colocará una válvula de cheque y una válvula de compuerta, como seguridad y para mantenimiento de la tubería.

Debido a que es un ramal abierto, se utilizó la ecuación de Hazen – Williams para realizar el diseño del agua potable, usando un coeficiente de rugosidad para tubería PVC de $C=150$.

Tabla XIII. **Diseño de la línea principal de agua potable**

De	A	Cota terreno	Cota terreno	Longitud (m)	Q. local (l/s)	C CHW	Ø Teorico (Plg)	Ø Comercial (Plg)	Hf (m)	velocidad Chequeo	Tubería PVC tubos	Presión PSI
		inicial (m)	final (m)									
1	2	100	99,8	26	0,1	150	0,78	0,5	1,76	0,81487	4	100 PSI

Fuente: elaboración propia.

Se utilizará tubería de PVC de ½" de diámetro en la línea principal y para las líneas secundarias y accesorios de los sanitarios, según Norma ASTM D-1785.

3.1.6.2. Drenajes

La evacuación de aguas negras y pluviales, es a través de sistemas independientes. Para evitar la contaminación e incremento de caudal en el sistema del drenaje general.

Tabla XIV. **Diseño de la línea principal de drenaje sanitario**

De	A	Cotas de Terreno		Dist. H (m)	Terreno S (%)	Población Estudiantil	Fact. Harmon	Q. escuela (l/s)	Q. ilicito (l/s)	Q infil (l/s)	Q med (l/s)	fqm
		Inicio	Final									
1	2	99,80	100,00	23,80	-0,84	180	4,16	0,156	0,039	0,030	0,225	0,0013

De	A	Q dis (l/s)	Ø (plg)	Tubo S (%)	Area (m2)	Seccion Llena		Rel q/Q Actual	Rel d/D actual	Rel v/V actual	Chequeo Vel act
						Vel (m/s)	Q (l/s)				
1	2	0,94	3	1,00	0,00456	0,71	3,25	0,28846469	0,37	0,868	0,62

Fuente: elaboración propia.

Se utilizará tubería y accesorios PVC de diámetro de 3", según Norma ASTM D-3034. La tubería del drenaje será colocada con una pendiente mínima del 1%, será ubicada a 0,60 m por debajo del nivel del piso y se utilizarán cajas de unión en los cambios de dirección. Para el diseño del drenaje pluvial se utilizó la ecuación racional.

Donde:

I = intensidad: intensidad de lluvia máxima previsible en un período de retorno

C = coeficiente de escorrentía del lugar (Zona con vegetación media)

A = área de aulas: es la superficie aportadora (La superficie de las aulas)

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

Tabla XV. **Diseño de drenaje pluvial**

Ramal	Cotas de Terreno		Dist. H (m)	Terreno S (%)	Intensidad (mm/h)	C (Vegetación)	Area de aulas (Ha)	q. dis (l/s)	Ø (plg)	S (%)
	Inicio	Final								
1	99,80	99,90	7,53	-1,33	85	0,40	0,004	0,42131	3	1,70
2	99,80	99,90	7,53	-1,33	85	0,40	0,004	0,42131	3	1,70
3	99,85	99,90	3,05	-1,64	85	0,40	0,009	0,83534	3	1,00
4	99,85	99,90	3,05	-1,64	85	0,40	0,009	0,83534	3	1,00
5	99,90	99,90	6,18	0,00	85	0,40	0,001	0,06773	3	8,00
6	100,00	99,90	15,40	0,65	85	0,40	0,014	1,32729	3	0,70

Ramal	Seccion Llena		Area (m2)	Rel q/Q Actual	Rel d/D actual	Rel v/V actual	Chequeo Vel act
	Vel (m/s)	Q (l/s)					
1	0,9300	4,2410	0,0046	0,09934315	0,22	0,644	0,60
2	0,9300	4,2410	0,0046	0,09934315	0,22	0,644	0,60
3	0,7133	3,2527	0,0046	0,25681639	0,35	0,843	0,60
4	0,7133	3,2527	0,0046	0,25681639	0,35	0,843	0,60
5	2,0174	9,2000	0,0046	0,00736230	0,06	0,297	0,60
6	0,5968	2,7214	0,0046	0,48772583	0,50	1,000	0,60

Fuente: elaboración propia.

Se utilizará tubería y accesorios PVC de diámetro de 3", según Norma ASTM D-3034. La tubería será colocada con las pendientes indicadas en el diseño del drenaje pluvial. Será ubicada a 0,60 m por debajo del nivel del piso y se utilizarán cajas de unión en los cambios de dirección.

3.1.6.3. Electricidad

La instalación eléctrica constará de circuitos de iluminación y fuerza que estarán ubicados en los diferentes ambientes del edificio escolar y en los sanitarios.

Para este caso, la potencia real P (Watts) será igual a la potencia aparente P (Voltiamperio (VA)), en lo que a iluminación y tomacorrientes se refiere.

Las cargas mínimas para la iluminación y tomacorrientes comunes menores a 20 A, será de 32 VA por metro cuadrado de construcción, entonces según la anterior afirmación, se considera que para 100 m² de construcción se utilizan 3 200 VA.

Entonces para el edificio escolar que mide 196 m² se utilizaran 6 272 VA.

$$I (A) = \frac{P}{V}$$

$$I = \frac{6\,272\text{ VA}}{120\text{ V}} = 52,27\text{ A}; \text{ se proponen 5 circuitos para el edificio escolar.}$$

$$\frac{52,27\text{ A}}{5\text{ circuito}} = 10,45\text{ A/circuito}$$

Con esto se asegura que se puede utilizar flipones de 15 A, para cada circuito, garantizando la seguridad de los mismos.

Tabla XVI. **Diseño de instalación eléctrica**

Circuito	Tomacorrientes			Lámparas			P (W)	I (A)	Seguridad 1.25 * I	Calibre del cable (AWG)	Protección Flipon (A)
	240 V	120 V	Total	100 W	2x40 W	Total					
A	0	5	600	0	6	480	1080	9,00	11,25	3 # 12	1 x 20
B	0	4	480	6	0	600	1080	9,00	11,25	3 # 12	1 x 20
C	0	5	600	0	6	480	1080	9,00	11,25	3 # 12	1 x 20
D	0	4	480	7	0	700	1180	9,83	12,29	3 # 12	1 x 20
E	0	0	0	4	0	400	400	3,33	4,17	3 # 12	1 x 20

Fuente: elaboración propia.

La instalación eléctrica constará de un tablero de distribución de 6 flipones de 20 A, en la iluminación se usará lámparas fluorescentes de 2 x 40 watts en las aulas y bombillas incandescentes de 100 watts en los pasillos y baños; en cuanto a los circuitos de fuerza se usará tomacorrientes dobles con placa metálica de 120 V y se usará cable de cobre de calibre #12 AWG, para todos los circuitos.

3.1.7. Presupuesto y cronograma de ejecución

La integración del presupuesto fue realizada con costos directos con base en: precios unitarios, materiales de construcción, guías de trabajo para los equipos departamentales y regionales, mano de obra calificada y no calificada; dentro de los costos indirectos: utilidades, administración, supervisión e imprevistos equivalentes al 30%.

Tabla XVII. Presupuesto de edificio escolar de dos niveles

SAN MIGUEL ACATÁN, HUEHUETENANGO					
EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA LA ALDEA COPA					
No.	REGLÓN	Unidad	Cantidad	P. U. (Q)	Total (Q)
1	TRABAJOS PRELIMINARES				
1,1	Limpieza y nivelación	m ²	350	4,00	1 400,00
1,2	Trazo y estaqueado	m ²	196	3,00	588,00
2	CIMENTACION				
2,1	Excavación y relleno	m ³	112	50,00	5 600,00
2,2	Zapatatas	Unidad	23	1 625,00	37 375,00
2,3	Cimiento corrido	ml	106,3	299,65	31 852,80
2,4	Vigas de amarre	ml	45	227,50	10 237,50
3	MUROS				
3,1	Muros de block 0,15 x 0,20 x 0,40	m ²	607,25	163,75	99 437,19
4	SOLERAS				
4,1	Solera hidrófuga de 0,15 x 0,20	ml	151,3	238,12	36 027,56
4,2	Solera intermedia de 0,15 x 0,20	ml	30,9	261,27	8 073,24
4,3	Solera intermedia de 0,15 x 0,15	ml	145,5	151,37	22 024,34
4,4	Solera en dintel de 0,15 x 0,15	ml	10	109,09	1 090,90
4,5	Solera corona de 0,15 x 0,20	ml	33,3	289,31	9 634,02
5	COLUMNAS				
5,1	Columna tipo A (primer nivel)	Unidad	21	1 638,00	34 398,00
5,2	Columna tipo B (segundo nivel)	Unidad	21	1 257,75	26 412,75
5,3	Columna tipo C (dos niveles)	Unidad	56	638,12	35 734,72
6	VIGAS				
6,1	Viga tipo 1 (primer nivel)	ml	49	706,50	34 618,50
6,2	Viga tipo 2 (primer nivel)	ml	72	635,85	45 781,20
6,3	Viga tipo 3 (segundo nivel)	ml	49	565,20	27 694,80
6,4	Viga tipo 4 (segundo nivel)	ml	72	494,55	35 607,60
7	TECHOS				
7,1	Losa tradicional (primer nivel)	m ²	175,12	386,10	67 613,83
7,2	Losa tradicional (segundo nivel)	m ²	179,55	347,49	62 391,83

Continuación tabla XVII.

8	GRADAS				
8,1	Módulo de gradas	Global	1	60 000,00	60 000,00
9	ACABADOS				
9,1	Piso de granito	m ²	354,8	250,00	88 700,00
9,2	Repello (en dos caras)	m ²	607,25	50,00	30 362,50
9,3	Cernido vertical (en dos caras)	m ²	607,25	65,00	39 471,25
9,4	Pintura	m ²	607,25	60,00	36 435,00
9,5	Tallado de columnas	m ²	201,6	50,00	10 080,00
9,6	Tallado de vigas	m ²	193,6	50,00	9 680,00
9,7	Tallado de losas	m ²	354,67	60,00	21 280,20
10	INSTALACIONES				
10,1	Drenaje pluvial	Global	1	6 500,00	6 500,00
10,2	Drenaje sanitario	Global	1	4 000,00	4 000,00
10,3	Instalación agua potable	Global	1	2 500,00	2 500,00
10,4	Instalación eléctrica (iluminación)	Global	1	10 050,00	10 050,00
10,5	Instalación eléctrica (fuerza)	Global	1	5 120,00	5 120,00
11	PUERTAS Y VENTANAS				
11,1	Puerta tipo 1	Unidad	6	1 135,00	6 810,00
11,2	Puerta tipo 2	Unidad	4	905,00	3 620,00
11,3	Ventana tipo 1	Unidad	12	1 147,00	13 764,00
11,4	Ventana tipo 2	Unidad	6	801,00	4 806,00
11,5	Ventana tipo 3	Unidad	2	715,68	1 431,36
12	OTROS				
12,1	Barandas	m ²	30,5	400,00	12 200,00
COSTO TOTAL DEL PROYECTO				Q	1 000 404,09

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVIII. Cronograma de ejecución de edificio escolar de dos niveles

CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN-INVERSIÓN DEL EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES											
No.	Descripción	Sub-total	Total	Primer mes	Segundo mes	Tercer mes	Cuarto mes	Quinto mes	Sexto mes	%	
1	TRABAJOS PRELIMINARES	Q 1 400,00	Q 1 988,00							0,20%	
1.1	Limpieza y nivelación	Q 588,00									
1.2	Trazo y estacado	Q 810,00									
2	CIMENTACIÓN	Q 5 600,00	Q 85 065,30							8,50%	
2.1	Excavación y relleno	Q 37 375,00									
2.2	Zapatas	Q 31 852,80									
2.3	Cimiento corrido	Q 10 237,50									
2.4	Vigas de amarre	Q 99 437,19	Q 99 437,19							9,94%	
3	MUROS	Q 76 850,06	Q 76 850,06							7,68%	
3.1	Muros de block de 0.15x0.20x0.40	Q 36 027,56									
4	SOLERAS	Q 8 073,24									
4.1	Solera hidrófuga de 0.15x0.20	Q 22 024,34									
4.2	Solera intermedia de 0.15x0.20	Q 1 090,90									
4.3	Solera intermedia de 0.15x0.15	Q 9 634,02									
4.4	Solera en diel de 0.15x0.15	Q 34 398,00									
4.5	Solera corona de 00.15x0.20	Q 26 412,75									
5	COLUMNAS	Q 35 734,72	Q 96 545,47							9,65%	
5.1	Columna Tipo A (primer Nivel)	Q 34 618,50									
5.2	Columna Tipo B (segundo Nivel)	Q 45 781,20									
5.3	Columna Tipo C (dos niveles)	Q 27 694,80									
6	VIGAS	Q 35 607,60	Q 143 702,10							14,36%	
6.1	Viga Tipo 1 (primer nivel)	Q 67 613,83									
6.2	Viga Tipo 2 (primer nivel)	Q 62 391,83									
6.3	Viga Tipo 3 (segundo nivel)	Q 130 005,66								13,00%	
6.4	Viga Tipo 4 (segundo nivel)	Q 60 000,00	Q 60 000,00							6,00%	
7	TECHOS	Q 236 008,95	Q 236 008,95							23,59%	
7.1	Losa tradicional (primer nivel)	Q 88 700,00									
7.2	Losa tradicional (segundo nivel)	Q 30 362,50									
8	GRADAS	Q 39 471,25									
8.1	Módulo de gradas	Q 36 435,00									
9	ACABADOS	Q 10 060,00									
9.1	Piso de granito	Q 9 680,00									
9.2	Replido (a dos caras)	Q 21 280,20									
9.3	Cermedo vertical (a dos caras)	Q 6 500,00									
9.4	Pintura	Q 4 000,00									
9.5	Tallado en columnas	Q 2 500,00									
9.6	Tallado en vigas	Q 10 050,00									
9.7	Tallado en losas	Q 5 120,00									
10	INSTALACIONES	Q 28 170,00	Q 28 170,00							2,82%	
10.1	Drenaje pluvial	Q 6 500,00									
10.2	Drenaje sanitario	Q 4 000,00									
10.3	Instalación agua potable	Q 2 500,00									
10.4	Instalación eléctrica (iluminación)	Q 10 050,00									
10.5	Instalación eléctrica (fuerza)	Q 5 120,00									
11	PUERTAS Y VENTANAS	Q 30 431,36	Q 30 431,36							3,04%	
12	OTROS	Q 12 200,00	Q 12 200,00							1,22%	
COSTO TOTAL DEL PROYECTO			Q 1 000 404,09	PORCENTAJE DE EJECUCIÓN-INVERSIÓN DEL PROYECTO							100,00%

Fuente: elaboración propia.

3.1.8. Evaluación de impacto ambiental (EIA)

Antes de comenzar determinados proyectos que puedan producir impactos importantes en el ambiente, la legislación obliga a hacer una evaluación de impacto ambiental, con la finalidad de identificar, predecir e interpretar los impactos que ese proyecto producirá, si es ejecutado.

En el caso de este proyecto, al evaluar los posibles daños al medio ambiente, se mitigaron los impactos causados por los trabajos de instalaciones hidráulicas, drenaje sanitario, drenaje pluvial y la construcción de las aulas, con el objetivo de crear un ecosistema agradable para el medio ambiente, para que los usuarios de la escuela y la comunidad a su alrededor, obtengan un correcto funcionamiento de dicha escuela.

Tabla XIX. **Evaluación de impacto ambiental del edificio escolar**

ETAPA DE EJECUCIÓN		
ACTIVIDADES	IMPACTOS NEGATIVOS	MEDIDAS DE MITIGACIÓN
<p>Limpieza y desmonte.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aumento de la erosión por eliminación de la vegetación en zonas cercanas a la construcción. ▪ Tala de árboles. ▪ Destrucción parcial de cultivos. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Realizar la actividad de limpieza y desmonte solo en las áreas que sean necesarias. ▪ Concientizar previamente a los vecinos sobre la tala de árboles y destrucción de los cultivos.
<p>Ingreso de maquinaria liviana, cuadrilla de trabajadores y materiales.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Producción de ruido. ▪ Producción de desechos. ▪ Obstrucción parcial del tránsito. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Trabajar en horas donde se cause la menor molestia a la población. ▪ Mantener bolsas de basura para cualquier desecho que produzca la cuadrilla.
<p>Construcción de la obra.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Posibles accidentes de los trabajadores y población. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Colocar avisos o señales cerca de la construcción. ▪ Cuando lo amerite, usar equipos de protección, como casco y arnés para realizar el trabajo.

Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

1. Para el drenaje sanitario se utilizaron las Normas generales de diseño de alcantarillados del INFOM, con lo cual se garantiza un funcionamiento idóneo del proyecto, ya que dichas Normas fueron elaboradas para las comunidades del interior de la República de Guatemala.
2. Para el diseño del edificio escolar se utilizó un sistema estructural de marcos dúctiles con losas planas de concreto reforzado. El edificio de dos niveles está diseñado con el método *SEAOC*, que considera los efectos laterales que un sismo causa, es por eso que es una estructura sismo resistente. El diseño estructural se realizó con el Código ACI 318 y Normas AGIES.
3. La red de alcantarillado sanitario para el cantón Calvario contribuirá al saneamiento ambiental y al ornato del municipio. Beneficiará directamente a 330 habitantes en la actualidad, con un costo de Q 310 311,86, por lo que el costo unitario por habitantes es de Q 940,34. Esta inversión es razonable respecto a la zona de construcción y al número de beneficiarios finales.
4. El edificio escolar de la aldea Copa posee un área de construcción de 385 m², con un valor de Q 1 000 404,09, por lo que el costo por m² de construcción es de Q 2 598,45, siendo una inversión razonable, según los precios de transporte de material y la ubicación de la aldea con respecto de la cabecera municipal.

5. Acorde a los estudios de impacto ambiental efectuados, los daños al medio ambiente por la construcción de ambos proyectos serán mínimos, ocasionando únicamente, polvo, ruidos y vibraciones, debido a la maquinaria que se encuentra cerca del área de construcción y al transporte de los materiales.

RECOMENDACIONES

A la Municipalidad de San Miguel Acatán

1. Capacitar a los miembros del COCODE, del cantón Calvario de la cabecera municipal e implementar un plan de mantenimiento anual del sistema de alcantarillado sanitario, para que éste posea un funcionamiento y durabilidad adecuada, sobre todo antes de la época de lluvias.
2. Realizar la creación de una junta o comité en el mantenimiento del edificio escolar, para que se mantenga en buen estado y proporcione las condiciones necesarias para el proceso de enseñanza-aprendizaje.
3. Si el terreno es municipal, tiene que trasladarse el título de propiedad al MINEDUC, para que éste le proporcione mobiliario y maestros.
4. Desarrollar una campaña de concientización a la población del municipio, a fin de conocer, valorar y conservar el medio ambiente. Esto debe realizarse durante las fases de construcción y ejecución de las actividades de los proyectos.
5. Crear la Unidad o Dirección de Infraestructura Municipal, la cual sería la encargada de ejecutar y velar por las construcciones, mejoramientos de servicios, reparaciones, remodelaciones, ampliaciones de infraestructura e introducción de sistemas de drenaje, lo cual permitiría dar una respuesta rápida a las necesidades de la población, fomentar el desarrollo y proporcionar mejor calidad de vida.

6. Al iniciar la construcción de ambos proyectos, se deben establecer medidas de mitigación, para reducir los posibles daños al medio ambiente y a la población cercana al área de construcción de la escuela y del alcantarillado sanitario.

BIBLIOGRAFÍA

1. Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica, *Normas estructurales de diseño y construcción recomendadas para la República de Guatemala*. Guatemala: AGIES, 2002. 22 p.
2. Instituto de Fomento Municipal, *Guía para el diseño de abastecimiento de agua potable a zonas rurales*. Guatemala: INFOM, UNEPAR, 1997. 100 p.
3. NILSON, Arthur H. *Diseño de estructuras de concreto*. 13^a ed. Colombia: McGraw-Hill, 2001. 772 p.
4. Requisitos esenciales para edificaciones de concreto reforzado. *Para edificaciones de tamaño y altura limitadas, basado en ACI 318-02*. 2002. 255 p.
5. ROJAS PALACIOS, Melvin Raúl. *Diseño del sistema de alcantarillado sanitario para el cantón Marroquín y edificación de dos niveles para salón comunal en el caserío el Tigre, municipio de Salcajá, departamento de Quetzaltenango*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2009. 121 p.

APÉNDICE 1

Diseño de la red de alcantarillado sanitario del cantón Calvario, San Miguel Acatán

Proyecto: Alcantarillado Sanitario
Ubicación: Cantón Calvario de la cabecera municipal, San Miguel Acatán, Huehuetenango

De	A	Azimuth	Cotas de Terreno		Dist. H (m)	S (%)	Conexiones		Poblacion		F. Harmon.		Q. dom (l/s)		Q. ilícito (l/s)		Q. infl		Q. med (l/s)		f _{qm}			
			MI	Inicio			Final	Local	Acum	Local	Acum	Actual	Futura	Actual	Futura	Actual	Futura	Actual	Futura	Actual	Futura	Actual	Futura	Actual
1	2	221	22	1000,00	995,84	18,63	16,96	4	4	24	40	4,37	4,33	0,042	0,069	0,010	0,017	0,060	0,112	0,147	0,0047	0,0037		
2	3	238	13	996,84	991,03	29,42	19,75	3	7	42	69	4,33	4,28	0,073	0,120	0,018	0,030	0,060	0,151	0,210	0,0036	0,0030		
3	4	233	0	991,03	984,76	35,30	17,77	1	10	2	17	60	99	4,30	4,24	0,104	0,172	0,026	0,043	0,060	0,190	0,0032	0,0028	
4	5	345	7	984,76	979,85	23,54	20,85	2	12	72	118	4,28	4,22	0,125	0,205	0,031	0,051	0,060	0,216	0,316	0,0030	0,0027		
5	6	350	35	979,85	974,55	24,52	21,62	2	14	84	138	4,26	4,20	0,146	0,240	0,036	0,060	0,060	0,242	0,359	0,0029	0,0026		
6	7	365	36	974,55	970,48	24,52	16,60	1	15	90	148	4,26	4,19	0,156	0,257	0,039	0,064	0,060	0,255	0,381	0,0028	0,0026		
7	8	355	58	970,48	969,30	19,00	6,24	0	15	90	148	4,26	4,19	0,156	0,257	0,039	0,064	0,060	0,255	0,381	0,0028	0,0026		
8	9	242	0	969,30	967,91	45,50	3,05	2	17	102	168	4,24	4,17	0,177	0,292	0,044	0,073	0,060	0,281	0,425	0,0028	0,0025		
9	A	271	5	967,91	967,12	17,96	4,39	7	24	114	236	4,20	4,12	0,230	0,410	0,063	0,102	0,060	0,373	0,572	0,0026	0,0024		
4	4	141	27	984,76	988,19	26,19	13,11	2	2	12	20	4,41	4,38	0,021	0,035	0,005	0,009	0,060	0,086	0,103	0,0052	0,0052		
10	11	309	35	986,85	984,64	34,33	6,45	7	7	42	69	4,33	4,28	0,073	0,120	0,018	0,030	0,060	0,151	0,210	0,0036	0,0030		
11	12	238	43	984,64	976,70	23,06	34,43	5	12	8	20	72	118	4,28	4,22	0,125	0,205	0,031	0,051	0,060	0,216	0,316	0,0030	0,0027
12	13	228	42	976,70	969,26	19,90	37,37	3	15	4	25	90	148	4,26	4,19	0,156	0,257	0,039	0,064	0,060	0,255	0,381	0,0028	0,0026
13	14	227	17	969,26	963,08	24,85	24,85	4	19	7	31	114	187	4,23	4,16	0,198	0,325	0,049	0,081	0,060	0,307	0,466	0,0027	0,0025
14	15	226	58	963,08	955,12	30,80	25,86	3	22	4	36	132	217	4,21	4,13	0,229	0,377	0,057	0,094	0,060	0,346	0,531	0,0026	0,0024
15	16	266	13	955,12	951,11	15,60	25,72	1	29	2	48	174	286	4,17	4,09	0,302	0,497	0,076	0,124	0,060	0,438	0,681	0,0025	0,0024
16	17	167	55	951,11	949,12	35,42	5,61	2	31	3	51	186	305	4,16	4,08	0,323	0,530	0,081	0,132	0,060	0,464	0,722	0,0025	0,0024
17	B	148	8	949,12	948,12	15,00	6,70	0	31	0	51	186	305	4,16	4,08	0,323	0,530	0,081	0,132	0,060	0,464	0,722	0,0025	0,0024
16	16	332	6	951,11	959,42	36,50	22,77	6	6	9	10	36	59	4,34	4,30	0,063	0,102	0,016	0,026	0,060	0,138	0,188	0,0038	0,0032
A	B	271	5	967,12	948,12	100,00	19,00	15	70	23	109	420	656	4,01	3,91	0,729	1,140	0,182	0,285	0,250	1,161	1,675	0,0028	0,0026
																						600,05		

Continuación apéndice 1.

De	A	Q	diseño	(l/s)	α	S (%)	Area	Seccion	Llena	Rel. q/Q	Rel. d/D	Rel. v/V	Chequeo	Vel act	Rel. q/Q	Futuro	Rel. d/D	Rel. v/V	Chequeo	Vel fut	Salida	Entrada	Altura Pozos	Excava	Releno
PV		actual	futuro	(plg)		α	(m2)	Vel (m/s)	Q(l/s)	Actual	actual	actual	Vel act	Futuro	Futuro	Futuro	Futuro	Futuro	Futuro	Salida	Entrada	Salida	Entrada	cion	
1	2	0.49	0.64	6	16.70	0.018	4.63	84.40	0.005803	0.06	0.273	1.26	0.007537	0.06	0.297	1.37	988.80	995.69	1.20	1.15	14.74	21.05			
2	3	0.65	0.90	6	19.58	0.018	5.01	91.39	0.007160	0.06	0.297	1.49	0.008833	0.07	0.320	1.60	985.64	989.88	1.20	1.15	23.89	34.13			
3	4	0.82	1.17	6	17.63	0.018	4.75	86.72	0.009427	0.07	0.320	1.52	0.013453	0.08	0.355	1.69	989.83	983.60	1.20	1.15	28.76	41.08			
4	5	0.93	1.33	6	20.63	0.018	5.14	93.81	0.008866	0.07	0.327	1.68	0.014230	0.09	0.361	1.86	983.55	978.70	1.20	1.15	19.01	27.16			
5	6	1.03	1.51	6	21.40	0.018	5.24	95.54	0.010812	0.08	0.334	1.75	0.015812	0.09	0.375	1.96	978.65	973.40	1.20	1.15	19.82	28.31			
6	7	1.09	1.60	6	16.40	0.018	4.59	83.64	0.012991	0.08	0.348	1.60	0.019109	0.10	0.393	1.80	973.35	969.33	1.20	1.15	19.60	28.00			
7	8	1.09	1.60	6	6.00	0.018	2.77	50.59	0.021478	0.10	0.408	1.13	0.031592	0.12	0.456	1.26	969.23	968.14	1.20	1.15	14.85	21.22			
8	9	1.19	1.77	6	2.93	0.018	1.94	35.35	0.033754	0.13	0.468	0.91	0.050138	0.15	0.522	1.01	968.09	966.76	1.20	1.15	36.67	52.39			
9	A	1.56	2.36	6	2.00	0.018	1.60	29.21	0.053522	0.16	0.533	0.85	0.080725	0.20	0.605	0.97	966.71	966.35	1.20	0.77	11.70	16.72			
4	4.1	0.26	0.44	6	12.93	0.018	4.07	74.27	0.003560	0.05	0.239	0.97	0.005898	0.06	0.273	1.11	983.61	986.99	1.15	1.20	20.94	29.91			
10	11	0.65	0.90	6	6.30	0.018	2.84	51.84	0.012623	0.08	0.348	0.99	0.017334	0.09	0.381	1.08	985.65	983.49	1.20	1.15	27.47	39.24			
11	12	0.93	1.33	6	34.20	0.018	6.62	120.78	0.007663	0.06	0.297	1.97	0.011062	0.08	0.334	2.21	983.44	975.65	1.20	1.15	19.24	27.48			
12	13	1.09	1.60	6	37.15	0.018	6.90	125.88	0.008632	0.07	0.312	2.15	0.012696	0.08	0.348	2.40	975.50	968.11	1.20	1.15	16.68	23.83			
13	14	1.30	1.94	6	24.65	0.018	5.62	102.64	0.012673	0.08	0.348	1.96	0.018891	0.10	0.393	2.21	968.06	961.93	1.20	1.15	20.30	29.01			
14	15	1.46	2.20	6	25.70	0.018	5.74	104.70	0.013926	0.09	0.361	2.07	0.020967	0.10	0.408	2.34	961.88	953.97	1.20	1.15	25.45	36.35			
15	16	1.82	2.78	6	25.35	0.018	5.70	103.99	0.017546	0.09	0.381	2.17	0.026754	0.12	0.439	2.50	953.92	949.95	1.20	1.15	12.46	17.79			
16	17	1.93	2.94	6	5.47	0.018	2.65	48.30	0.039924	0.14	0.490	1.30	0.060906	0.17	0.560	1.48	949.91	947.97	1.20	1.15	28.30	40.43			
17	B	1.93	2.94	6	3.85	0.018	2.22	40.52	0.047588	0.15	0.517	1.15	0.072598	0.19	0.587	1.30	947.92	947.35	1.20	0.77	9.65	13.78			
16	16	0.60	0.81	6	22.63	0.018	5.39	98.25	0.006104	0.06	0.281	1.51	0.006229	0.07	0.305	1.64	949.96	958.22	1.15	1.20	29.98	42.83			
A	B	4.66	6.55	10	19.00	0.051	4.63	234.35	0.019884	0.10	0.401	1.85	0.027944	0.12	0.439	2.03	966.25	947.25	0.87	0.87			399.50	570.71	

Fuente: elaboración propia.

APÉNDICE 2

Ensayo de compresión triaxial, diagrama de Mohr



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

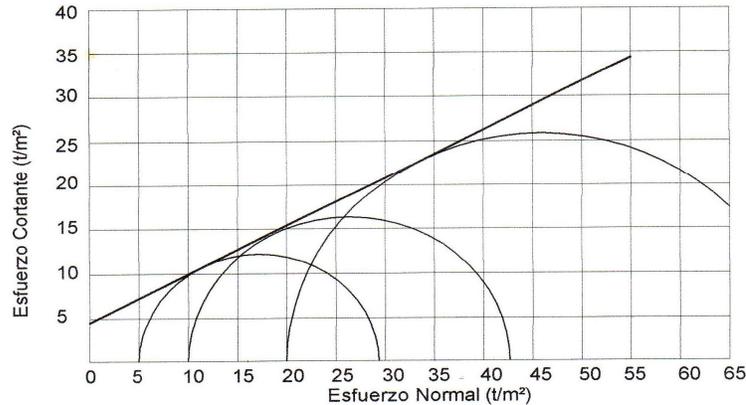


Nº 12641

ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL, DIAGRAMA DE MOHR

INFORME No. 078 S.S. O.T.No.: 26.577

INTERESADO: William Orlando Chay Pérez
 PROYECTO: EPS - Diseño de la Escuela Oficial Rural Mixta de la Aldea Copa
 UBICACIÓN: Aldea Copa, San Miguel Acatán, Huehuetenango
 pozo: 1 Profundidad: 2.00 m. Muestra: 1
 Fecha: Guatemala 24 de Febrero de 2010



PARAMETROS DE CORTE:

ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA : $\phi = 27,3^\circ$ COHESIÓN: $C_u = 4.4T/m^2$

TIPO DE ENSAYO: No consolidado y no drenado.
 DESCRIPCIÓN DEL SUELO: Limo arenoso color café
 DIMENSIÓN Y TIPO DE LA PROBETA: 2.5" X 5.0"
 OBSERVACIONES: Muestra proporcionada por el interesado.

PROBETA No.	1	1	1
PRESIÓN LATERAL (T/m ²)	5	10	20
DESVIADOR EN ROTURA $q(T/m^2)$	24.39	32.59	51.48
PRESIÓN INTERSTICIAL $u(T/m^2)$	x	x	x
DEFORMACIÓN EN ROTURA E_r (%)	3.5	5.5	11.0
DENSIDAD SECA (T/m ³)	1.17	1.17	1.17
DENSIDAD HUMEDA (T/m ³)	1.46	1.46	1.46
HUMEDAD (%H)	27.95	27.95	27.95

Vo. Bo. Atentamente,

Telma Maricela Cano Morales
DIRECTORA CII/USAC



Ing. Omar Enrique Méndez Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos

Análisis granulométrico con tamices y lavado previo



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



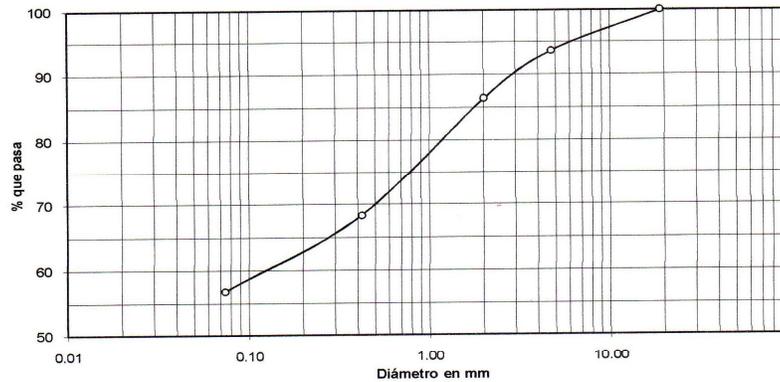
Nº 12645

INFORME No. 080 S.S. O.T. No. 26.577

Interesado: William Orlando Chay Perez
 Tipo de Ensayo: Análisis Granulométrico, con tamices y lavado previo.
 Norma: A.A.S.H.T.O. T-27, T-11
 Proyecto: EPS - Diseño de la Escuela Rural Mixto de la Aldea Copa
 Procedencia: Aldea Copa, San Miguel Acatán, Huehuetenango
 Fecha: 24 de Febrero de 2010

Tamiz	Abertura (mm)	% que pasa
2"	50.8	100.00
3/4"	19.00	100.00
4	4.76	93.67
10	2.00	86.37
40	0.42	68.37
200	0.074	56.85

% de Grava: 0.00
 % de Arena: 43.15
 % de Finos: 56.85



Descripción del suelo: Limo Arenoso Color Café
 Clasificación: S.C.U.: ML P.R.A.: A - 4
 Observaciones: Muestra tomada por el interesado.

Atentamente,

Vo. Bo.

Inga. Telma Maricela Cano Morales
 DIRECTORA CI/USAC



Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
 Jefe Sección Mecánica de Suelos

FACULTAD DE INGENIERIA -USAC
 Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
 Teléfono directo 2476-3992. Planta 2443-9500 Ext. 1502. FAX: 2476-3993
 Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Ensayo de límites de Atterberg



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



Nº 12647

INFORME No. 079 S. S. O.T.: 26,577

Interesado: William Orlando Chay Pérez
Proyecto: EPS - Diseño Escuela Oficial Rural Mixta de la Aldea Copa
Asunto: ENSAYO DE LIMITES DE ATTERBERG
Norma: AASHTO T-89 Y T-90

Ubicación: Aldea Copa, San Miguel Acatán, Huehuetenango
FECHA: 24 de Febrero de 2010

RESULTADOS:

ENSAYO No.	MUESTRA No.	L.L. (%)	I.P. (%)	CLASIFICACION *	DESCRIPCION DEL SUELO
1	1	0.0	0.0	ML	Limo arenoso color café

(*) CLASIFICACION SEGÚN CARTA DE PLASTICIDAD

Observaciones: Muestra tomada por el interesado. Muestra 1

Atentamente,

Vo. Bo.

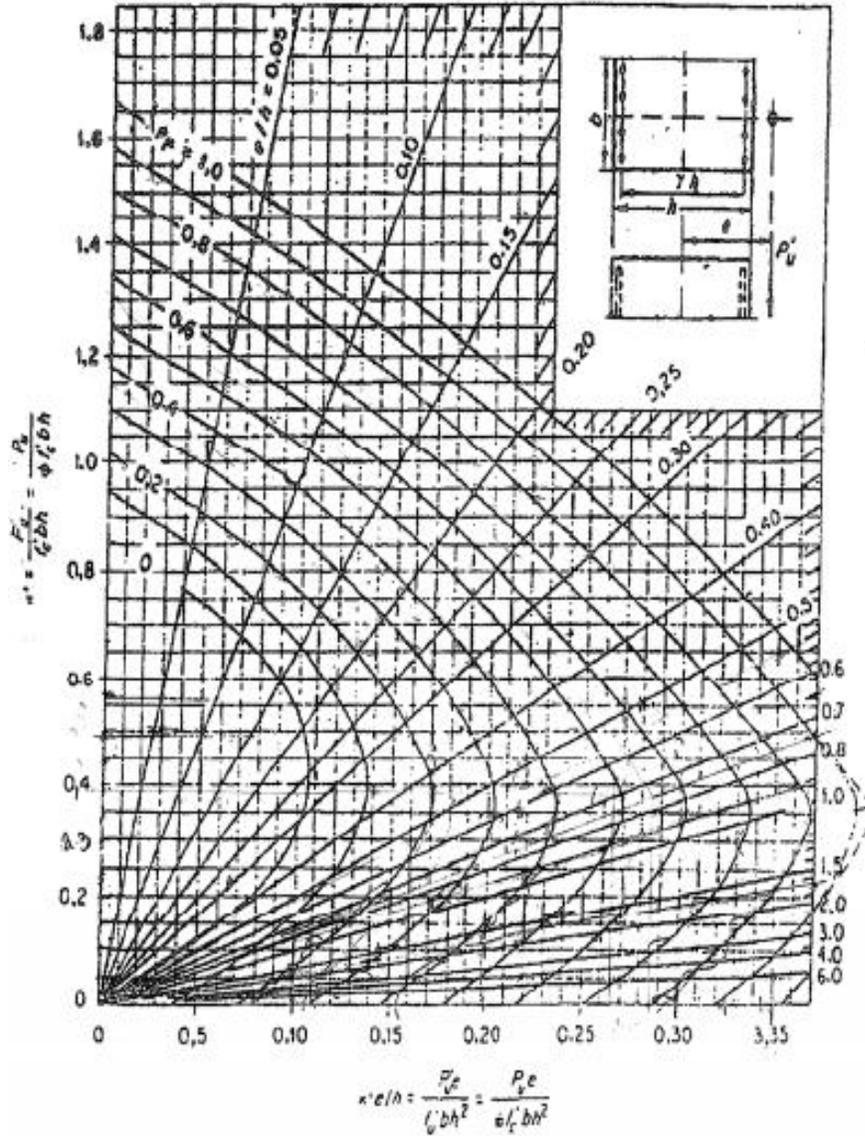
Inga. Telma Maricela Cano Morales
DIRECTORA CII/USAC



Omar E. Medrano Méndez
Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos

ANEXOS

Diagrama de interacción para columna rectangular



Fuente: GONZALES, ROBLES, Casillas y Díaz de Cossio. Aspectos fundamentales del concreto reforzado. p. 396.

Factores de capacidad de carga de Terzaghi

▼ TABLA 3.1 Factores de capacidad de carga de Terzaghi; ecuaciones (3.4), (3.5) y (3.6)

ϕ	N_c	N_q	N_{γ}^a	ϕ	N_c	N_q	N_{γ}^a
0	5.70	1.00	0.00	26	27.09	14.21	9.84
1	6.00	1.1	0.01	27	29.24	15.90	11.60
2	6.30	1.22	0.04	28	31.61	17.81	13.70
3	6.62	1.35	0.06	29	34.24	19.98	16.18
4	6.97	1.49	0.10	30	37.16	22.46	19.13
5	7.34	1.64	0.14	31	40.41	25.28	22.65
6	7.73	1.81	0.20	32	44.04	28.52	26.87
7	8.15	2.00	0.27	33	48.09	32.23	31.94
8	8.60	2.21	0.35	34	52.64	36.50	38.04
9	9.09	2.44	0.44	35	57.75	41.44	45.41
10	9.61	2.69	0.56	36	63.53	47.16	54.36
11	10.16	2.98	0.69	37	70.01	53.80	65.27
12	10.76	3.29	0.85	38	77.50	61.55	78.61
13	11.41	3.63	1.04	39	85.97	70.61	95.03
14	12.11	4.02	1.26	40	95.66	81.27	115.31
15	12.86	4.45	1.52	41	106.81	93.85	140.51
16	13.68	4.92	1.82	42	119.67	108.75	171.99
17	14.60	5.45	2.18	43	134.58	126.50	211.56
18	15.12	6.04	2.59	44	151.95	147.74	261.60
19	16.56	6.70	3.07	45	172.28	173.28	325.34
20	17.69	7.44	3.64	46	196.22	204.19	407.11
21	18.92	8.26	4.31	47	224.55	241.80	512.84
22	20.27	9.19	5.09	48	258.28	287.85	650.67
23	21.75	10.23	6.00	49	298.71	344.63	831.99
24	23.36	11.40	7.08	50	347.50	415.14	1072.80
25	25.13	12.72	8.34				

*Según Kumbhojkar (1993)

Fuente: Braja M. Das, Principios de ingeniería de cimentaciones. p. 129.

Relaciones hidráulicas

Tubería PVC				Tubería PVC			
q/Q	v/V	d/D	a/A	q/Q	v/V	d/D	a/A
0.000151	0.088980	0.010000	0.001693	0.321691	0.890908	0.390000	0.361082
0.000672	0.140803	0.020000	0.004773	0.336988	0.902170	0.400000	0.373530
0.001608	0.183921	0.030000	0.008741	0.352505	0.913154	0.410000	0.386030
0.002980	0.222095	0.040000	0.013417	0.368230	0.923862	0.420000	0.398577
0.004802	0.256893	0.050000	0.018693	0.384151	0.934299	0.430000	0.411165
0.007083	0.289158	0.060000	0.024496	0.400255	0.944467	0.440000	0.423789
0.009829	0.319412	0.070000	0.030772	0.416530	0.954371	0.450000	0.436444
0.012043	0.348007	0.080000	0.037478	0.432962	0.964012	0.460000	0.449125
0.016726	0.375193	0.090000	0.044578	0.449538	0.973393	0.470000	0.461826
0.020878	0.401157	0.100000	0.052044	0.466246	0.982517	0.480000	0.474542
0.025498	0.426042	0.110000	0.059849	0.483071	0.991385	0.490000	0.487268
0.030585	0.449964	0.120000	0.067972	0.500000	1.000000	0.500000	0.500000
0.036135	0.473014	0.130000	0.076393	0.517019	1.008362	0.510000	0.512732
0.042145	0.495268	0.140000	0.085095	0.534114	1.016474	0.520000	0.525458
0.048609	0.516790	0.150000	0.094060	0.551271	1.024336	0.530000	0.538174
0.055524	0.537633	0.160000	0.103275	0.568475	1.031949	0.540000	0.550875
0.062884	0.557845	0.170000	0.112727	0.585711	1.039313	0.550000	0.563556
0.070683	0.577464	0.180000	0.122402	0.602964	1.046430	0.560000	0.576211
0.078914	0.596526	0.190000	0.132290	0.620219	1.053300	0.570000	0.588835
0.087571	0.615060	0.200000	0.142378	0.637461	1.059922	0.580000	0.601423
0.096647	0.633094	0.210000	0.152658	0.654673	1.066296	0.590000	0.613970
0.106134	0.650652	0.220000	0.163119	0.671840	1.072422	0.600000	0.626470
0.116024	0.667755	0.230000	0.173753	0.688945	1.078300	0.610000	0.638918
0.126310	0.684422	0.240000	0.184549	0.705972	1.083927	0.620000	0.651309
0.136982	0.700670	0.250000	0.195501	0.722903	1.089305	0.630000	0.663637
0.148032	0.716516	0.260000	0.206600	0.739721	1.094430	0.640000	0.675896
0.159452	0.731973	0.270000	0.217838	0.756408	1.099301	0.650000	0.688081
0.171231	0.747054	0.280000	0.229208	0.772947	1.103917	0.660000	0.700186
0.183361	0.761771	0.290000	0.240703	0.789319	1.108275	0.670000	0.712205
0.195831	0.776135	0.300000	0.252316	0.805504	1.112372	0.680000	0.724132
0.208633	0.790156	0.310000	0.264040	0.821484	1.116207	0.690000	0.735960
0.221755	0.803842	0.320000	0.275868	0.837238	1.119774	0.700000	0.747684
0.235187	0.817203	0.330000	0.287795	0.852745	1.123072	0.710000	0.759297
0.248919	0.830244	0.340000	0.299814	0.867985	1.126096	0.720000	0.770792
0.262940	0.842975	0.350000	0.311919	0.882936	1.128840	0.730000	0.782162
0.277239	0.855401	0.360000	0.324104	0.897575	1.131301	0.740000	0.793400
0.291805	0.867528	0.370000	0.336363	0.911878	1.133473	0.750000	0.804499
0.306626	0.879362	0.380000	0.348691				

Fuente: Instituto Municipal de Fomento. (INFOM)

Cargas vivas en edificaciones, Norma AGIES NR-2:2000

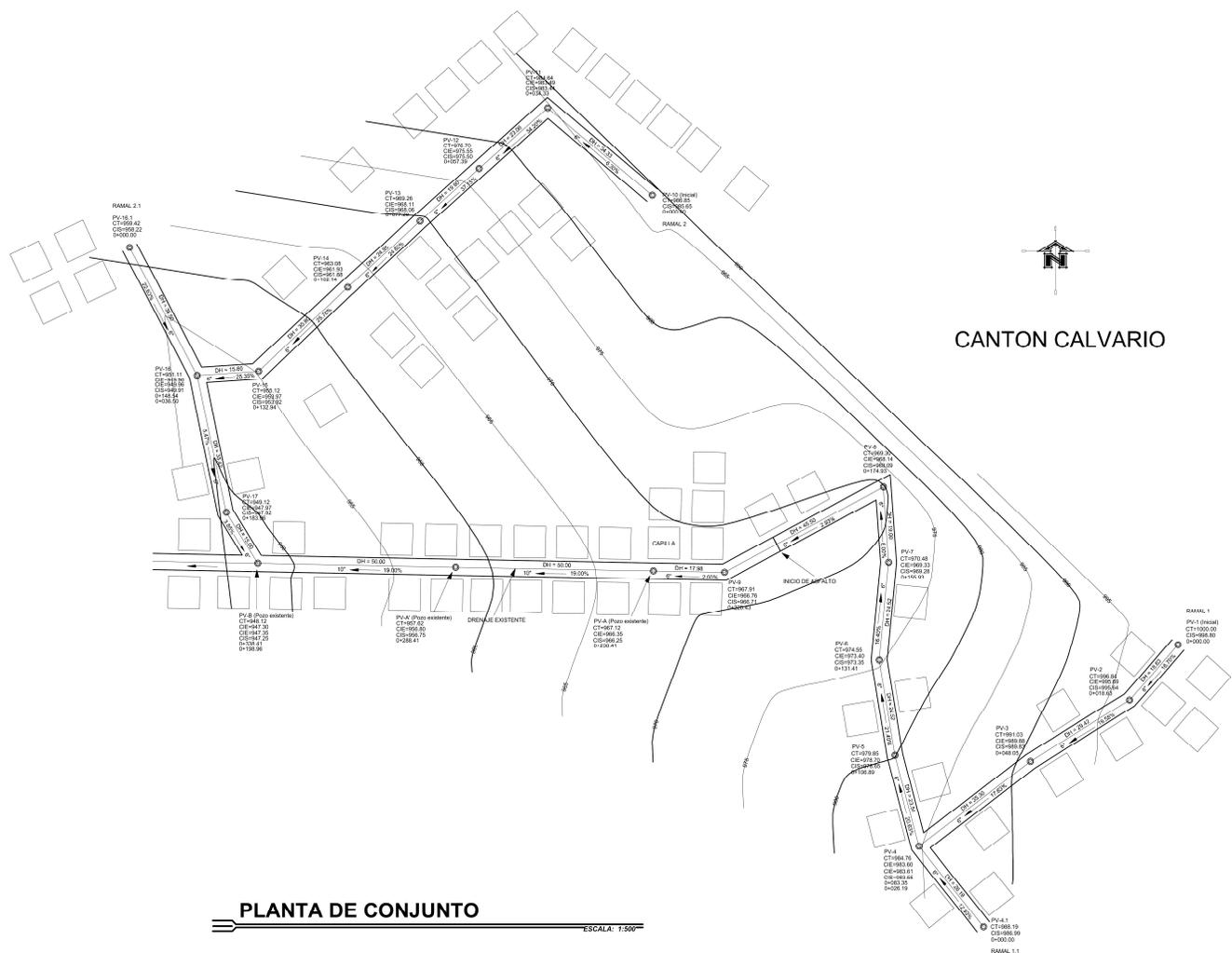
Tipo de ocupación o uso	kg/m ²	Tipo de ocupación o uso	kg/m ²
Vivienda	200	Zonas de asientos	400
Oficina	250	Aulas y escuelas	200
Hospitales - encamamiento y habitaciones	200	Bibliotecas	
Hospitales - servicios médicos y laboratorio	350	Área de lectura	200
Hoteles - alas de habitaciones	200	Depósito de libros	600
Hoteles - servicios y áreas públicas	500	Almacenes	
Escaleras privadas	300	Minoristas	350
Escalera públicas o de escape	500	Mayoristas	500
Balcones, cornisas y marquesinas	300	Estacionamientos y garajes	
Áreas de salida y/o escape	500	Automóviles	250
Vestíbulos públicos	500	Rampas de uso colectivo	750
Plazas y áreas públicas a nivel de calle	500	Corredores de circulación	500
Salones de reunión		Servicio y reparación	500
Con asientos fijos	300	Bodegas	
Sin asientos fijos	500	Cargas livianas	600
Escenarios y circulaciones	500	Cargas pesadas	1200
Instalaciones deportivas públicas			
Zonas de circulación	500		

Fuente: Normas estructurales de diseño y construcción recomendadas para la República de Guatemala. p. 22.

PLANOS CONSTRUCTIVOS

1. Sistema de alcantarillado sanitario
 - 1.1. Planta de conjunto
 - 1.2. Planta y perfil
 - 1.3. Planta y perfil
 - 1.4. Planta y perfil
 - 1.5. Planta y perfil
 - 1.6. Detalles de pozo de visita y acometida domiciliar

2. Edificio escolar de dos niveles
 - 2.1. Planta amueblada
 - 2.2. Planta acotada
 - 2.3. Secciones y elevaciones
 - 2.4. Planta de acabados
 - 2.5. Planta de cimentación y columnas
 - 2.6. Detalles estructurales de columnas y gradas
 - 2.7. Planta de losas y vigas
 - 2.8. Detalles estructurales de losas y vigas
 - 2.9. Planta de iluminación
 - 2.10. Planta de fuerza
 - 2.11. Planta de drenaje pluvial
 - 2.12. Planta de drenaje sanitario e instalación hidráulica



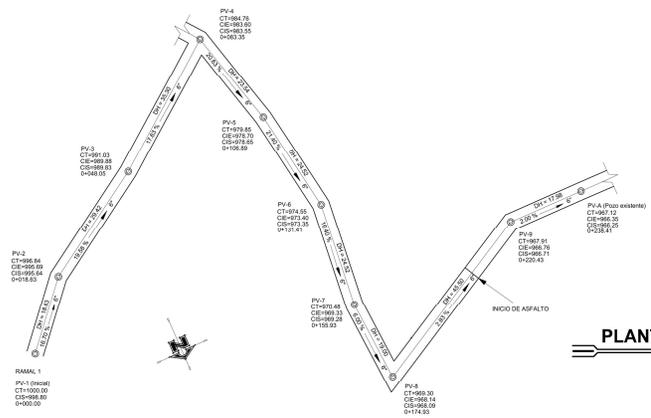
PLANTA DE CONJUNTO
ESCALA: 1:500


CANTON CALVARIO

LIBRETA TOPOGRÁFICA			
EST.	P.O.	AZIMUT	D.H.
1	2	221°22'	18.63
2	3	238°13'	29.42
3	4	233°00'	35.30
4	5	345°07'	23.54
5	6	350°35'	24.52
6	7	360°36'	24.52
7	8	355°58'	6.24
8	9	242°00'	45.50
9	A	271°05'	17.98
4	4.1	141°27'	26.19
10	11	309°35'	34.33
11	12	228°43'	23.06
12	13	228°42'	19.90
13	14	227°17'	24.85
14	15	226°58'	30.80
15	16	266°13'	15.60
16	17	167°55'	35.42
17	B	148°08'	15.00
16	16.1	332°06'	36.50

NOMENCLATURA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
○	POZO DE VISITA
○—○	RAMAL DE DRENAJE
○—○	RAMAL DE DRENAJE EXISTENTE
□	VIVENDAS
P.V.-1	POZO DE VISITA
DH	DISTANCIA HORIZONTAL
←	DIRECCIÓN DE FLUJO
CT	COTA NATURAL DEL TERRENO
CIS	COTA INVERT DE SALIDA
CE	COTA INVERT DE ENTRADA
φ	DIÁMETRO DE TUBERÍA PVC ASTM D-3034

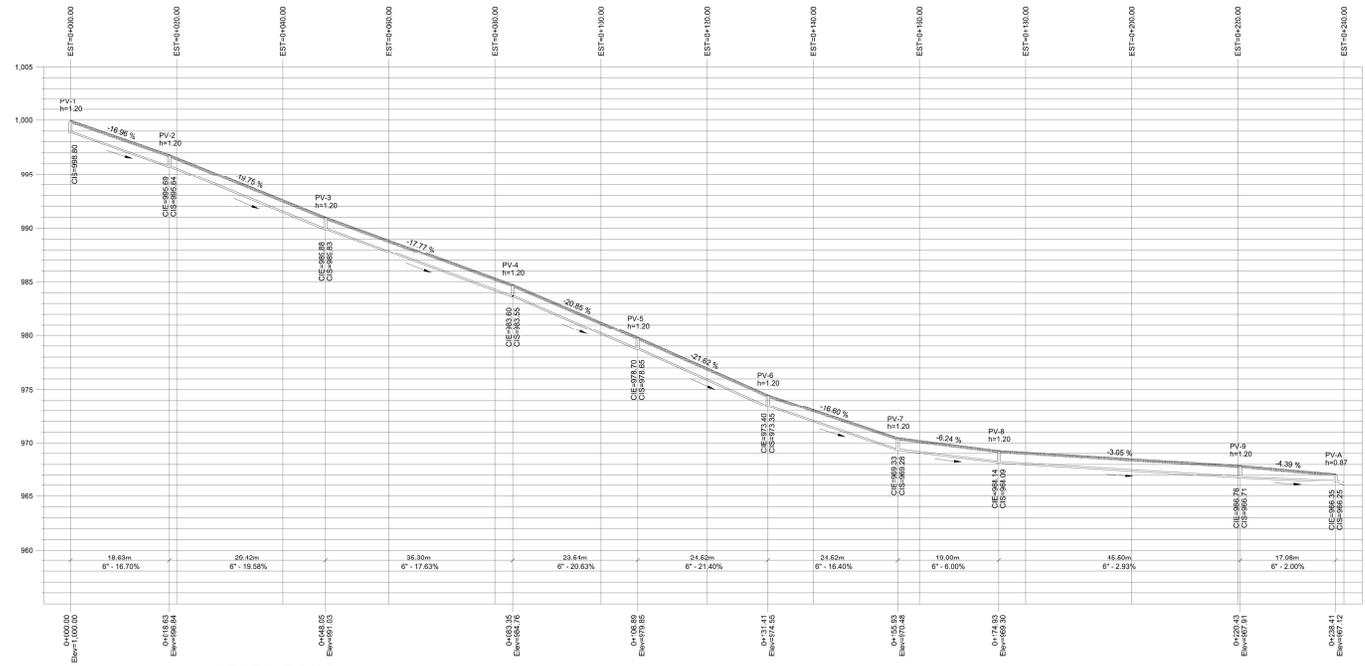
 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA Escuelas Profesionales Supervisadas	
MUNICIPALIDAD DE SAN MIGUEL ACATÁN DEPARTAMENTO DE HIGIENE Y SALUD	TÍTULO: PLANTA GENERAL ESTADO: INICIADO
Proyectado: SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANEAMIENTO PARA EL CANTÓN CALVARIO DE LA CABECERA MUNICIPAL	Diseñado: William Cruz Pérez Calculado: William Cruz Pérez Verificado: William Cruz Pérez
Contenido: PLANTA DE CONJUNTO	Fecha: Mayo 2011
F. HOJA 1 DE 1	



PLANTA RAMAL 1

ESCALA: 1:500

NOMENCLATURA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
○	POZO DE VISITA O REGISTRO (P.V.-N.)
○—○	RAMAL DE DRENAJE
—	DIRECCIÓN DEL FLUJO
—	PERFIL NATURAL DEL TERRENO
—	POZO DE VISITA O REGISTRO (P.V.)
—	TUBERÍA PVC DIÁMETRO INDICADO
CT	COTA DEL TERRENO
(%)	PENDIENTE DEL TERRENO Y TUBERÍA
Ø	DIÁMETRO DE TUBERÍA PVC ASTM D-3034
DH	DISTANCIA HORIZONTAL
CE	COTA INVERTE DE ENTRADA
CIS	COTA INVERTE DE SALIDA
h	ALTURA DEL POZO DE VISITA



PERFIL RAMAL 1

ESCALA H: 1:400
ESCALA V: 1:200



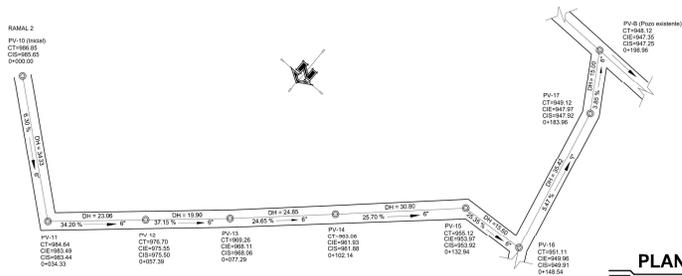
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

MUNICIPALIDAD DE SAN MIGUEL ACATÁN DEPARTAMENTO DE HUETALENANGUÁ	Plan: Detalles Escala: Indicado
Proyecto: SISTEMA DE ALCAANTARILLADO SANTARFO PARA EL CANTÓN CALVARIO DE LA CABECERA MUNICIPAL	Diseño: William Chap Pérez Cálculo: William Chap Pérez
Conenido: PLANTA Y PERFIL	Fecha: Mayo 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

H
D
A

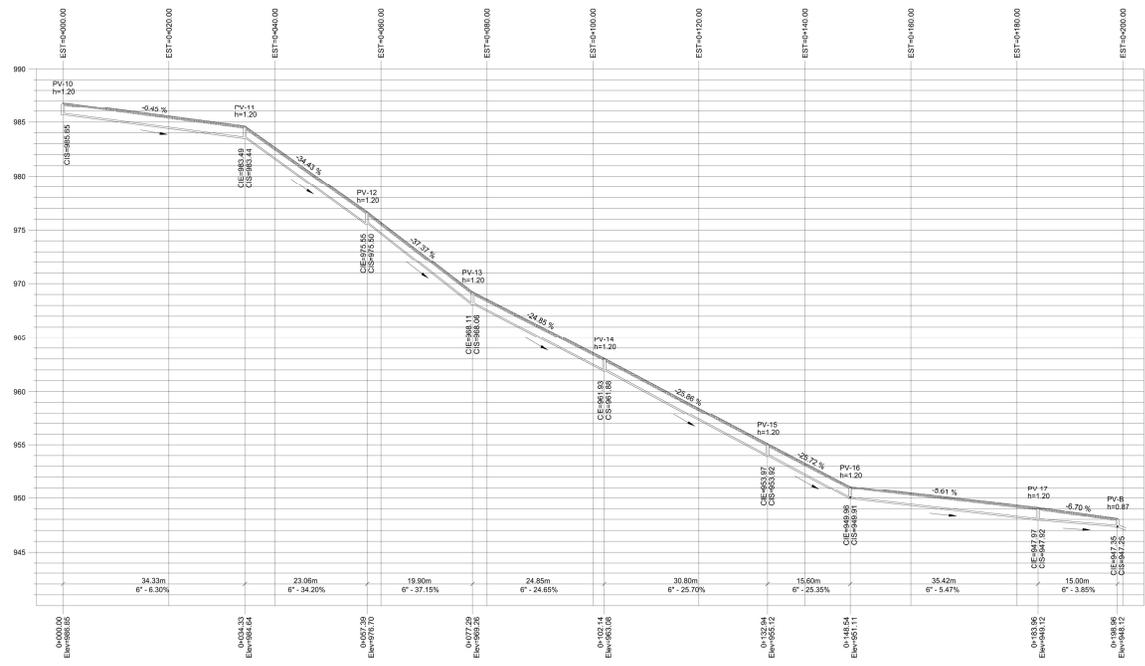




PLANTA RAMAL 2

ESCALA: 1:500

NOMENCLATURA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
○	POZO DE VISITA O REGISTRO (PV-No.)
○—○	RAMAL DE DRENAJE
→	DIRECCIÓN DEL FLUJO
—	PERFIL NATURAL DEL TERRENO
○	POZO DE VISITA O REGISTRO (P.V.)
—	TUBERÍA PVC DIÁMETRO INDICADO
CT	COTA DEL TERRENO
(%)	PENDIENTE DEL TERRENO Y TUBERÍA
Ø	DIÁMETRO DE TUBERÍA PVC ASTM D-3034
DH	DISTANCIA HORIZONTAL
CE	COTA INVERTE DE ENTRADA
CS	COTA INVERTE DE SALIDA
h	ALTURA DEL POZO DE VISITA



PERFIL RAMAL 2

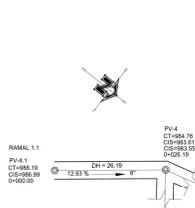
ESCALA H: 1:400
ESCALA V: 1:200



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
Escuela Profesional: Saneamiento

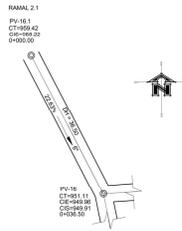
Municipalidad de San Miguel Acátan Departamento de Huehuetenango	Proyecto: SISTEMA DE ALCANTARILLADO CANTONERO PARA EL CANTON CALVARIO DE LA CAJONERA MUNICIPAL	Fecha: Ciudad Escala: 1:500
Contenido: PLANTA Y PERFIL	Elaborado: William Chay Pérez	Corrección: William Chay Pérez
	Fecha: Mayo 2011	





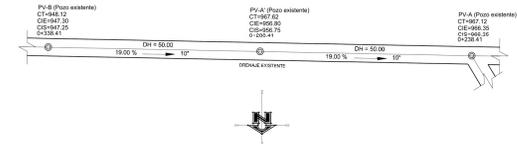
PLANTA RAMAL 1.1

ESCALA: 1:500



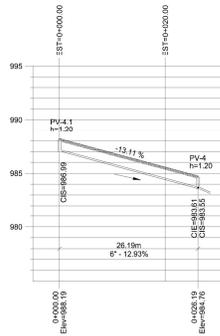
PLANTA RAMAL 2.1

ESCALA: 1:500



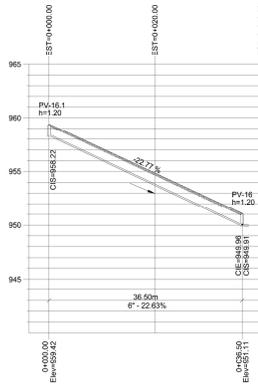
PLANTA RAMAL EXISTENTE

ESCALA: 1:500



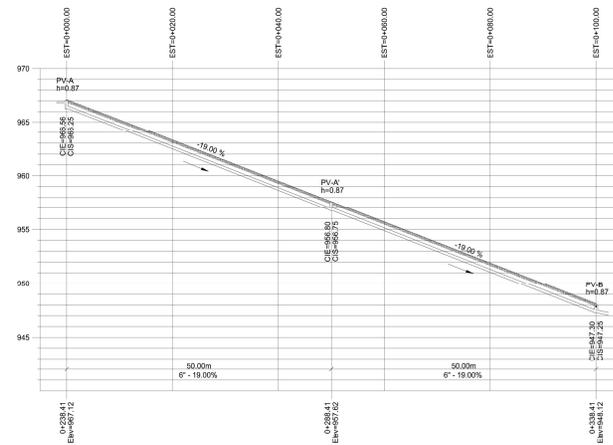
PERFIL RAMAL 1.1

ESCALA H: 1:400
 ESCALA V: 1:200



PERFIL RAMAL 2.1

ESCALA H: 1:400
 ESCALA V: 1:200



PERFIL RAMAL EXISTENTE

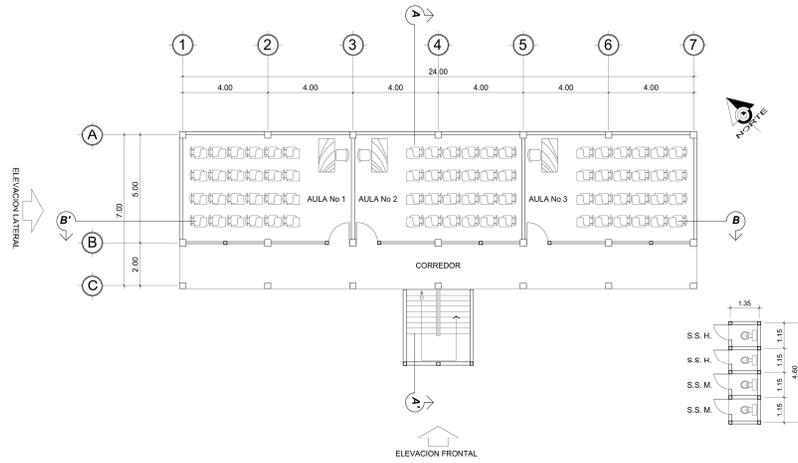
ESCALA H: 1:400
 ESCALA V: 1:200

NOMENCLATURA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
○	POZO DE VISITA O REGISTRO (P.V.)
○—○	RAMAL DE DRENAJE
—	DIRECCIÓN DEL FLUJO
—	PERFIL NATURAL DEL TERRENO
○	POZO DE VISITA O REGISTRO (P.V.)
—	TUBERÍA PVC DIÁMETRO INDICADO
CT	COTA DEL TERRENO
(%)	PENDIENTE DEL TERRENO Y TUBERÍA
d	DIÁMETRO DE TUBERÍA PVC ASTM D-3034
DH	DISTANCIA HORIZONTAL
CE	COTA INVERT DE ENTRADA
CIS	COTA INVERTE DE SALIDA
h	ALTURA DEL POZO DE VISITA



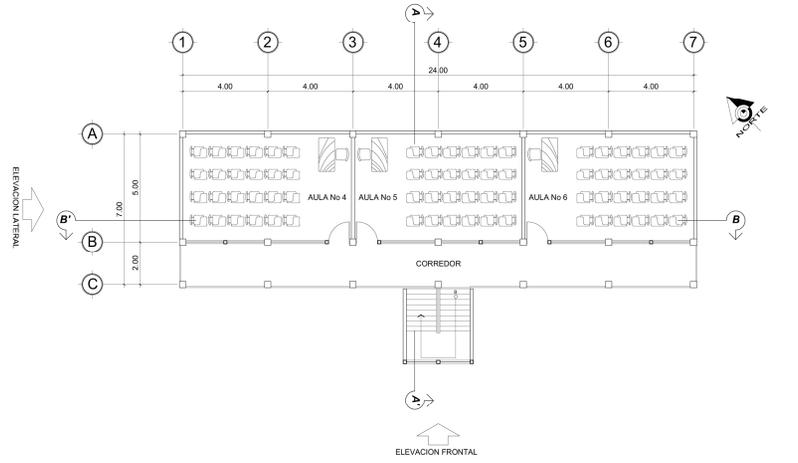
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

MUNICIPALIDAD DE SAN MIGUEL ACATÁN DEPARTAMENTO DE HUEHUETENANGO	Folio: Detalles
Proyecto: SISTEMA DE ALCAÑARILLOS SANTARDO PARA EL CANTÓN CALVARIO DE LA CABECERA MUNICIPAL	Emplazamiento: Indicado
Coordinador: Wladimir Cruz Pérez	Diseño: Wladimir Cruz Pérez
Comprobado: PLANTA Y PERFIL	Dibujó: Wladimir Cruz Pérez
	Fecha: Mayo 2011
	H O J A 4



PLANTA BAJA AMUEBLADA

ESCALA: 1:100

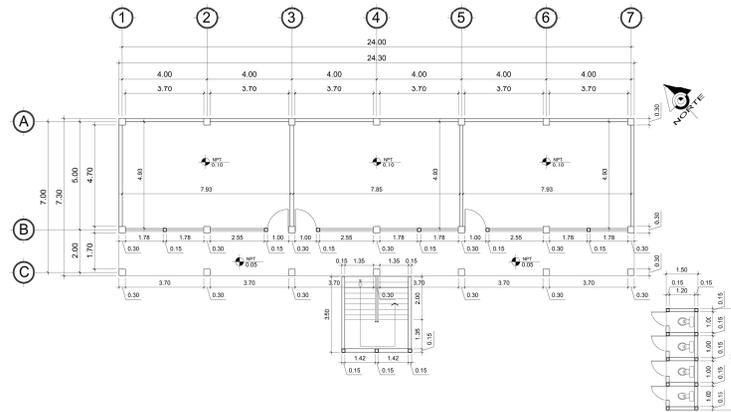


PLANTA ALTA AMUEBLADA

ESCALA: 1:100

SIMBOLOGIA	
	INODORO
	PUERTA
	VENTANA
	ELEVACION FRONTAL Y LATERAL
	SECCION O CORTE
	NORTE MAGNETICO
S.S.H.	SERVICIO SANITARIO HOMBRES
S.S.M.	SERVICIO SANITARIO MUJERES

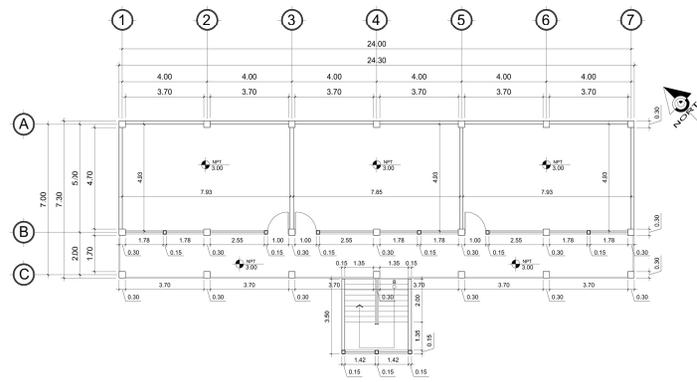
 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA Ejercicio Profesional Supervisado	
MUNICIPALIDAD DE SAN MIGUEL ACATAN DEPARTAMENTO DE HUEHUETENANJAUJ	Plan: Arquitectónico Etapa: Definitiva
Proyecto: EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA LA ALDEA COPA, SAN MIGUEL ACATAN	Cliente: William Chay Pérez Consultor: William Chay Pérez
Contenido: PLANTA AMUEBLADA	DTOP: William Chay Pérez Fecha: Mayo 2011
P. DEL TITULAR: WILMARIO APLICACIONES CONSTRUCTIVAS S.R.L.	H. C. U. G. A. 1 / 12



PLANTA BAJA ACOTADA

ESCALA: 1:100

SIMBOLOGIA	
	INODORO
	PUERTA
	VENTANA
	NORTE MAGNETICO
	NIVEL DE PISO DEL TERRENO
	INDICA DONDE BAJAR AL PRIMER NIVEL
	INDICA DONDE SUBIR AL SEGUNDO NIVEL



PLANTA ALTA ACOTADA

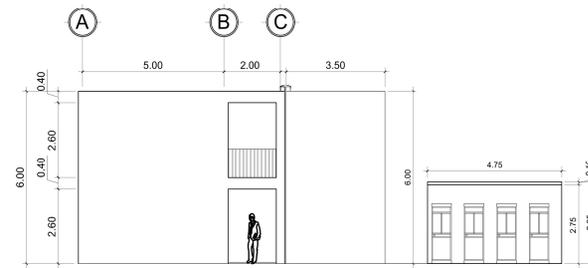
ESCALA: 1:100

 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA Escuela Profesional: Supervisado	
MUNICIPALIDAD DE SAN MIGUEL ACATÁN DEPARTAMENTO DE BUENAVISTA	Fecha: 2011
Proyecto: EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA LA ALDEA COPA, SAN MIGUEL ACATÁN	Diseñó: William Chay Pérez
Contenido: PLANTA ACOTADA	Dibujo: William Chay Pérez Fecha: Mayo 2011
2 / 12	



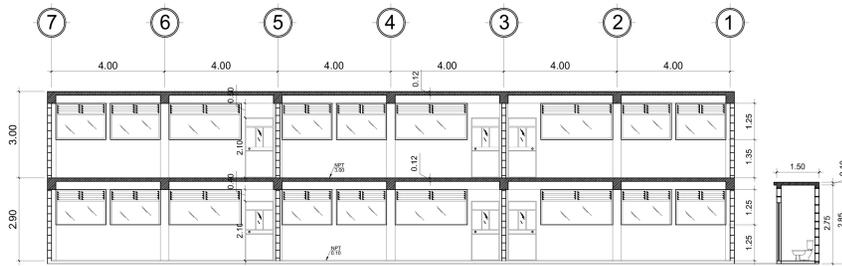
ELEVACION FRONTAL

ESCALA: 1:75



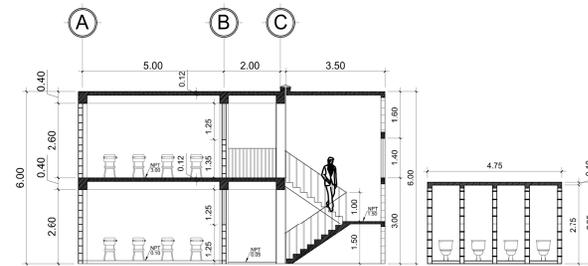
ELEVACION LATERAL

ESCALA: 1:75



SECCION B - B'

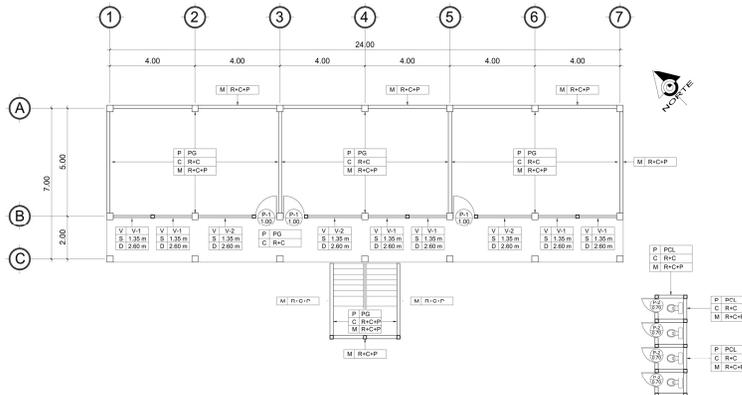
ESCALA: 1:75



SECCION A - A'

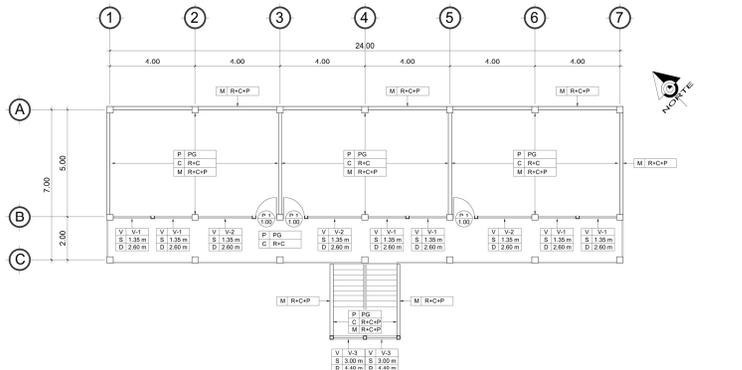
ESCALA: 1:75

 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA Escuela Profesional, Superintendencia	
MUNICIPALIDAD DE SAN MIGUEL ACATÁN DEPARTAMENTO DE BUENAVISTA	Plano: Arquitectónico Escala: 1:75
Proyecto: EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA LA ALDEA COPA, SAN MIGUEL ACATÁN	Director: William Chay Pérez Cálculo: William Chay Pérez
Contenido: SECCIONES Y ELEVACIONES	Director: William Chay Pérez Fecha: Mayo 2011
3 / 12	



PLANTA BAJA ACABADOS

ESCALA: 1:100



PLANTA ALTA ACABADOS

ESCALA: 1:100

SIMBOLOGIA Y NOMENCLATURA

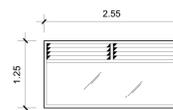
	INDICA ACABADOS EN PISO, CIELO Y MURO
	INDICA TIPO DE PUERTA Y ANCHO DE VANO
	INDICA TIPO DE PUERTA Y ANCHO DE VANO
	INDICA TIPO DE VENTANA, SILLAR Y DINTEL
	PISO DE GRANITO
	PISO DE CEMENTO LIQUIDO
	REPELLO + CERNIDO + PINTURA LATEX

PLANILLA DE VENTANAS

TIPO	SILLAR	DINTEL	ANCHO	UNIDADES	MATERIALES
V-1	1.35 m	2.60 m	1.78 m	12	Estribos de Aluminio lacado de 2" + Viroc Laminado de 3 mm
V-2	1.35 m	2.60 m	2.55 m	6	Estribos de Aluminio lacado de 2" + Viroc Laminado de 3 mm
V-3	3.00 m	4.40 m	1.42 m	2	Estribos de Aluminio lacado de 2" + Viroc Laminado de 3 mm

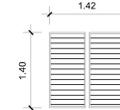
PLANILLA DE PUERTAS

TIPO	DINTEL	ANCHO	UNIDADES	MATERIALES
P-1	2.10 m	1.00 m	6	Metálica
P-2	2.10 m	0.70 m	4	Metálica



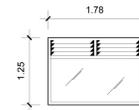
DETALLE DE VENTANA (V-1)

SIN ESCALA



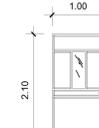
DETALLE DE VENTANA (V-3)

SIN ESCALA



DETALLE DE VENTANA (V-2)

SIN ESCALA



DETALLE DE PUERTA (P-1)

SIN ESCALA



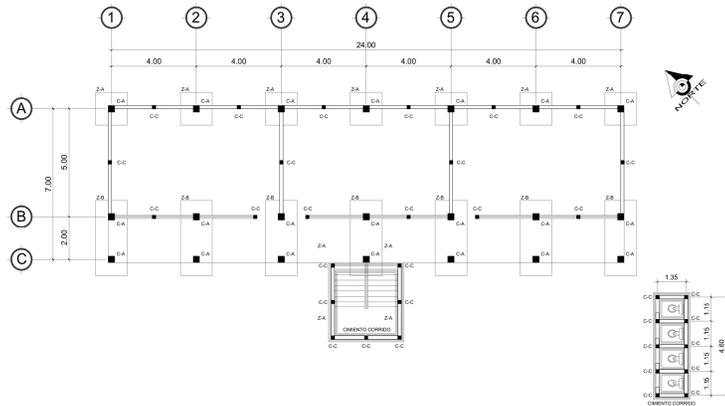
DETALLE DE PUERTA (P-2)

SIN ESCALA

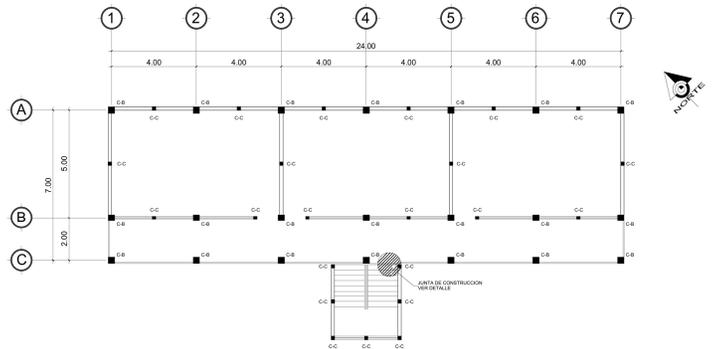


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
Ejercicio Profesional Supervisado

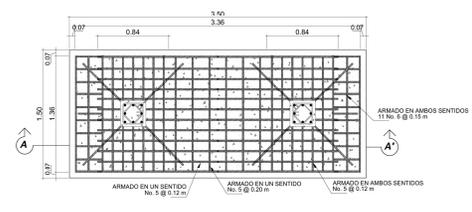
MUNICIPALIDAD DE SAN MIGUEL ACATAN DEPARTAMENTO DE HUAMANTLÁN	Plano: Arquitectura
Proyecto: EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA LA ALDEA COPA, SAN MIGUEL ACATAN	Formato: A4
Comentado: PLANTA DE ACABADOS	Diseño: William Chay Pérez
	Fecha: Mayo 2011
	H O J A
	4 / 12



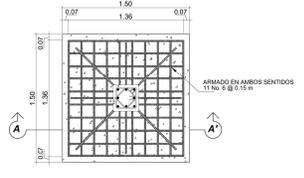
PLANTA BAJA CIMENTACION Y COLUMNAS
ESCALA: 1:100



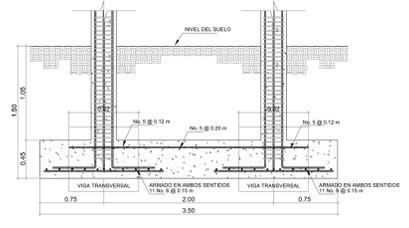
PLANTA ALTA COLUMNAS
ESCALA: 1:100



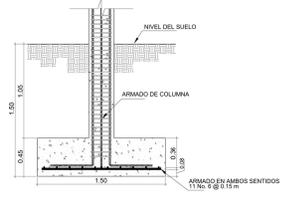
PLANTA DE ZAPATA COMBINADA (Z-B)
ESCALA: 1:25



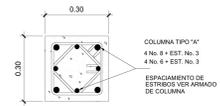
PLANTA DE ZAPATA (Z-1)
ESCALA: 1:25



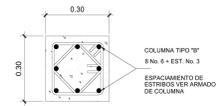
SECCION A-A' (Z-B)
ESCALA: 1:25



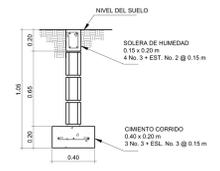
SECCION A-A' (Z-A)
ESCALA: 1:25



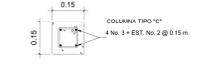
DETALLE DE COLUMNA 1ER NIVEL (C-A)
ESCALA: 1:10



DETALLE DE COLUMNA 2DO NIVEL (C-B)
ESCALA: 1:10



DETALLE DE CIMENTO CORRIDO
ESCALA: 1:25



DETALLE DE COLUMNA (C-C)
ESCALA: 1:10

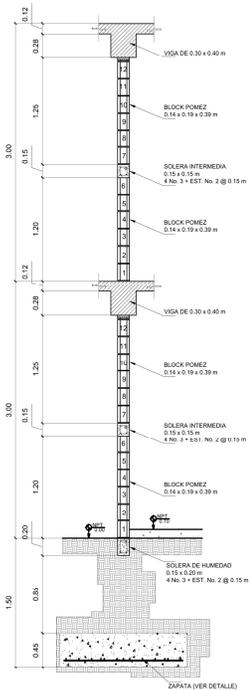
RECUBRIMIENTOS	
VIGAS	4.00 cm
COLUMNAS	3.00 cm
LOSAS	2.50 cm
CIMENTOS	7.50 cm

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
Escuela Profesional: **Superiores**

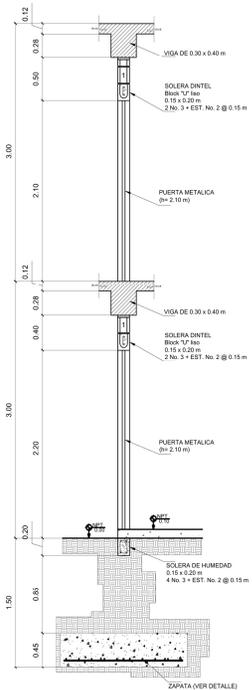
MUNICIPALIDAD DE SAN MIGUEL ACATAN
DEPARTAMENTO DE HUICHISTENANGO
Proyecto: EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA LA ALDEA COPA, SAN MIGUEL ACATAN
Correño: PLANTA DE CIMENTACION Y COLUMNAS

Fecha: **Estimada**
Escuela: **Superiores**
Diseño: **William Chay Pérez**
Cálculo: **William Chay Pérez**
Dibujo: **William Chay Pérez**
Fecha: **Mayo 2011**

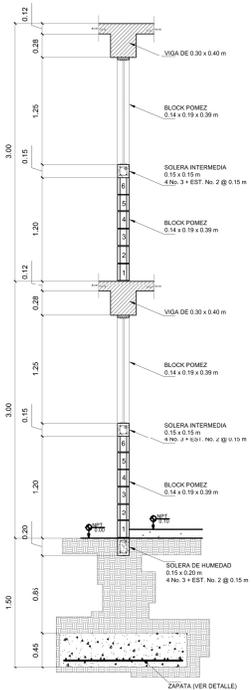
10
12



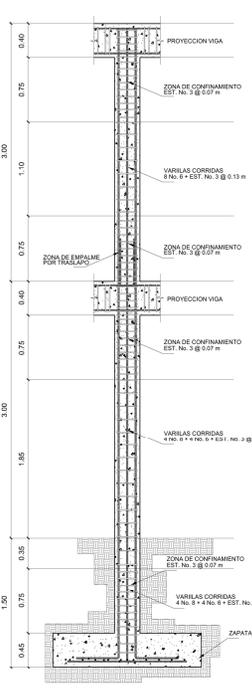
CORTE TÍPICO DE MURO
ESCALA: 1:25



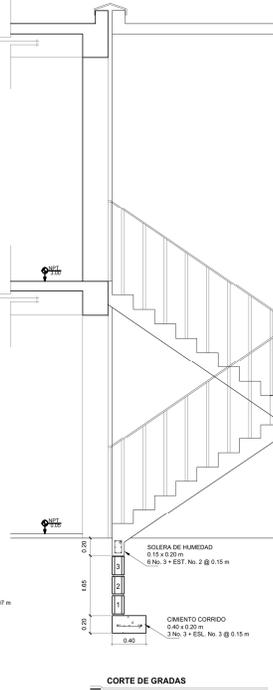
CORTE TÍPICO DE PUERTA
ESCALA: 1:25



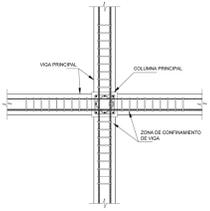
CORTE TÍPICO DE VENTANA
ESCALA: 1:25



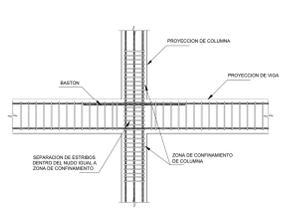
DETALLE DE ARMADO DE COLUMNA
ESCALA: 1:25



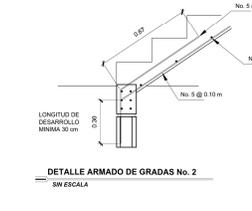
CORTE DE GRADAS
ESCALA: 1:25



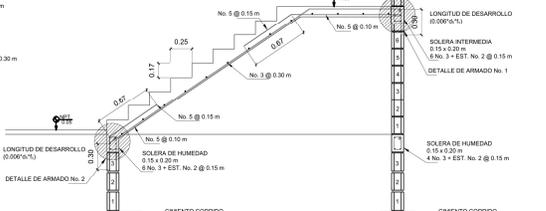
PLANTA DE ARMADO VIGA-COLUMNA
SW ESCALA



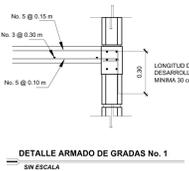
ELEVACION DE ARMADO VIGA-COLUMNA
SW ESCALA



DETALLE ARMADO DE GRADAS No. 2
SW ESCALA



DETALLE ARMADO DE GRADAS
ESCALA: 1:25



DETALLE ARMADO DE GRADAS No. 1
SW ESCALA

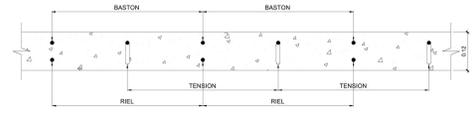
		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
		FACULTAD DE INGENIERIA	
MUNICIPALIDAD DE SAN MIGUEL ACATÁN DEPARTAMENTO DE PUEBLETANANCO		Estructuras Escala: 1:25	
Proyecto: EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA LA ALDEA COPA, SAN MIGUEL ACATÁN		Diseñó: William Chay Pérez	
Contenido: DETALLES ESTRUCTURALES DE COLUMNAS Y GRADAS		Dibujo: William Chay Pérez	
		Fecha: Mayo 2011	
No. 12			



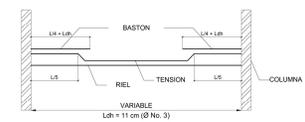
PLANTA BAJA LOSAS Y VIGAS ESCALA: 1:100



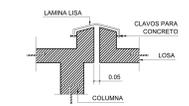
PLANTA ALTA LOSAS Y VIGAS ESCALA: 1:100



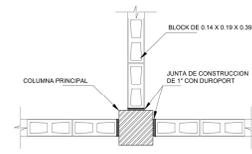
SECCION DE LOSA SIN ESCALA



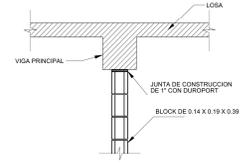
PLANTA DE LOSA SIN ESCALA



DETALLE JUNTA DE CONSTRUCCION SIN ESCALA



DETALLE JUNTA MURO-COLUMNA SIN ESCALA



DETALLE DE JUNTA MURO-VIGA SIN ESCALA



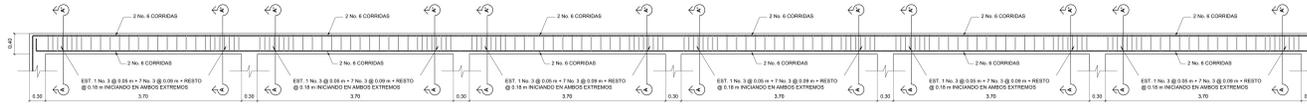
DETALLE DE SOLERA DE SANITARIOS ESCALA: 1:10

CALIDAD DE LOS MATERIALES

- CEMENTO: TIPO I CEMENTO PORTLAND EN SACOS DE 42.5 Kg DEBERA DE SER FRESCO Y DE RECIENTE PRODUCCION. SE DESECHARA EL CEMENTO QUE HAYA ENDURECIDO O QUE HAYA FORMADO GRANULOS POR HIDRATACION.
- ARENA DE RIO: LA ARENA Y LIBRE DE MATERIA ORGANICA, RAICES ARCILLAS, ETC. SU GRANULOMETRIA DEBERA SER UNIFORME.
- PIEDRIN O GRAVA: GRAVA DE PIEDRA CALZA TRITURADA. AMBAS DE GRANULOMETRIA UNIFORME. TAMAÑO MÁXIMO PARA EL AGREGADO PARA CIMENTACION MUROS Y PISO DE 12".
- AGUA: LIBRE DE SALES, ACIDOS Y OTRAS IMPUREZAS QUE PUEDAN REACCIONAR O DEBILITAR LA RESISTENCIA DEL CONCRETO. CONCRETO DE 3000 PSI= 0.65 (27.6 LITROS/SACOS DE CEMENTO)
- EL CONCRETO PARA CIMENTACION PODRA SER MEZCLADOS POR MEDIOS MECANICOS YA SEA POR MEZCLADORES DE 1 O 2 SACOS DE CAPACIDAD O CONCRETO PREMEZCLADO EN CAMIONES.
- PARA LA COLOCACION DE EL CONCRETO PARA LOSA Y COLUMNAS DEBERAN UTILIZARSE VIBRADORES PARA LOGRAR UN ADECUADO ACCIONAMIENTO.
- RELACION AGUA/CEMENTO MAXIMA PERMISIBLE DEL CONCRETO PRINCIPALMENTE PARA EVITAR RATONERAS.
- EL CURADO DE CIMENTACION SE HARA POR RODADO CONTINUO CON AGUA POR UN MINIMO DE 3 DIAS, O BIEN CON MEMBRADA CURADORA QUE NO PROVOQUE PROBLEMAS DE ADHERENCIA.

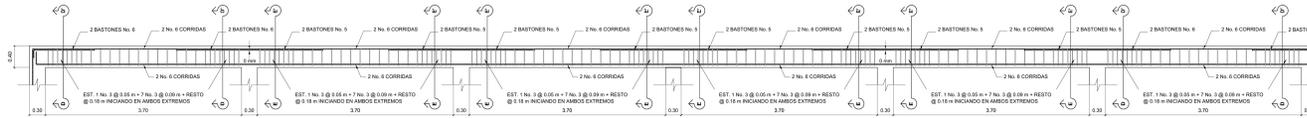
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
Ejercicio Profesional Supervisado

MUNICIPALIDAD DE SAN MIGUEL ACATAN DEPARTAMENTO DE HUEHUETENANGO	Plan: Estructuras Escriba: Indicado
Proyecto: EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA LA ALDEA COPA, SAN MIGUEL ACATAN	Diseño: William Chay Pérez Cálculo: William Chay Pérez
Contenido: PLANTA DE LOSAS Y VIGAS	Check: William Chay Pérez Fecha: Marzo 2011
F. "ING. WILIAM CHAY PÉREZ, C. P. E. C."	H O A 7 / 12



ARMADO DE VIGA SEGUNDO NIVEL EJE X (V-4)

ESCALA: 1:40



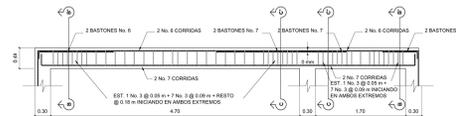
ARMADO DE VIGA PRIMER NIVEL EJE X (V-2)

ESCALA: 1:40



ARMADO DE VIGA SEGUNDO NIVEL EJE Y (V-3)

ESCALA: 1:40



ARMADO DE VIGA PRIMER NIVEL EJE Y (V-1)

ESCALA: 1:40

ESPECIFICACIONES TECNICAS

- f_c = 210 kg/cm² o 3000 psi
- f_y = 2810 kg/cm² o 40000 psi
- Block Pomez de fm = 35 kg/cm²
- Agregado Grueso = 1/2"

CARGAS VIVAS UTILIZADAS:

- AULAS = 300 kg/cm²
- PASILLOS = 500 kg/cm²
- TECHOS = 100 kg/cm²
- ACABADOS = 25 kg/cm²
- PISOS = 100 kg/cm²

NOTAS:

La longitud de confinamiento de las vigas sera de 75 cms.

LONGITUD DE DESARROLLO BASICA (Ld).
La longitud de desarrollo para barras y alambres con resastes, en traccion, debe calcularse con la siguiente expresion:
 $Ld = 0.006d_s f_y$, pero en ningun caso sera menor que 30 cms.

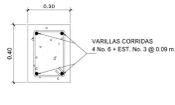
TRASLAPES MINIMOS

- No 3 = 0.35 m.
- No 4 = 0.50 m.
- No 5 = 0.60 m.
- No 6 = 0.75 m.

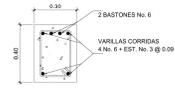
Especificaciones de acuerdo alCodigo ACI 318-02 y las normas Guatemaltecas AGIES.

GANCHOS DE REFUERZO

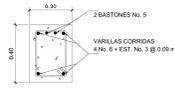
GANCHO	150°	90°	180°
1	1.12	1.12	1.12
2	0.56	0.56	0.56
3	0.06	0.10	0.14
4	0.06	0.10	0.14
5	0.10	0.16	0.20
6	0.12	0.18	0.24
7	0.14	0.20	0.26
8	0.16	0.24	0.30
9	0.22	0.32	0.40
10	0.26	0.38	0.46
11	0.28	0.40	0.48



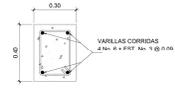
CORTE A-A' SEGUNDO NIVEL EJE X (V-4)
ESCALA 1:15



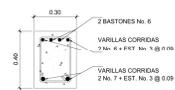
CORTE D-D' PRIMER NIVEL EJE X (V-2)
ESCALA 1:15



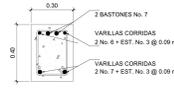
CORTE E-E' PRIMER NIVEL EJE Y (V-1)
ESCALA 1:15



CORTE A-A' SEGUNDO NIVEL EJE Y (V-3)
ESCALA 1:15



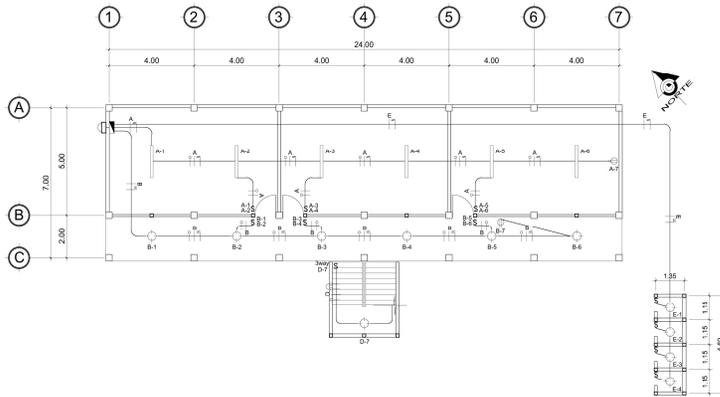
CORTE B-B' PRIMER NIVEL EJE Y (V-1)
ESCALA 1:15



CORTE C-C' PRIMER NIVEL EJE Y (V-1)
ESCALA 1:15

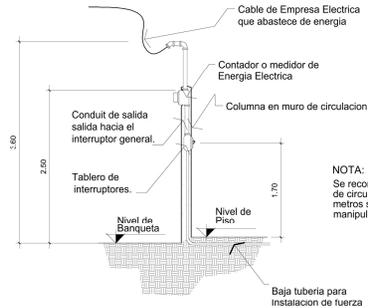
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
Ejercicio Profesional Supervisado

MUNICIPALIDAD DE SAN MIGUEL ACAJAN DEPARTAMENTO DE HUEHUETENANGO	Plan: Estructura Escala: Individual
Proyecto: EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA LA ALDEA COPA, SAN MIGUEL ACAJAN	Diseño: William Chay Pérez Cálculo: William Chay Pérez
Corrección: DETALLES ESTRUCTURALES DE LOSAS Y VIGAS	Diseño: William Chay Pérez Fecha: Mayo 2015
1	H O J A 12



PLANTA BAJA ILUMINACION

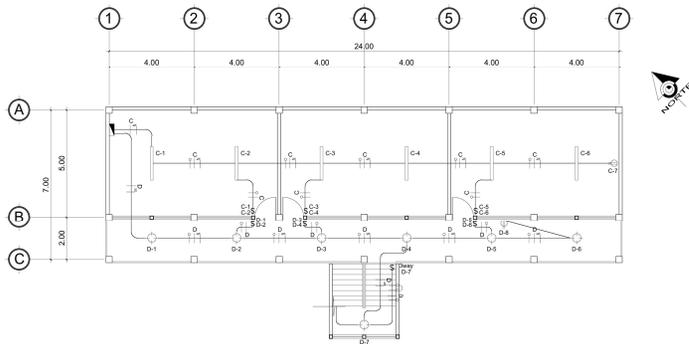
ESCALA: 1:100



DETALLE DE ACOMETIDA ELECTRICA TIPO RESIDENCIAL

SIN ESCALA

NOTA:
Se recomienda que el tablero general de distribución de circuitos sea colocado a una altura de 1.50 mts. a 1.70 mts metros sobre el nivel de piso, para evitar que niños manipulen los flipp-ones o corta circuitos



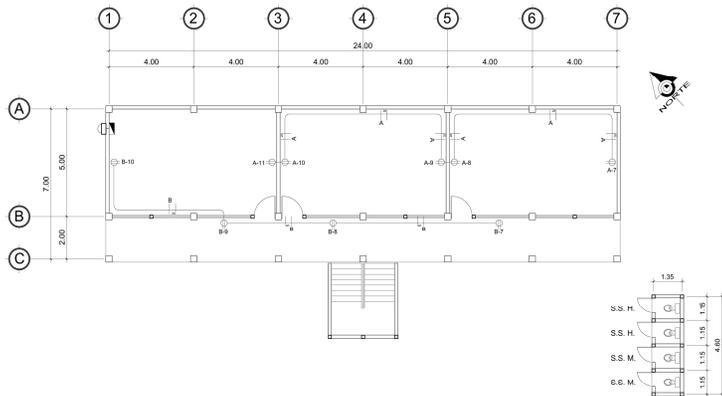
PLANTA ALTA ILUMINACION

ESCALA: 1:100

SIMBOLOGIA

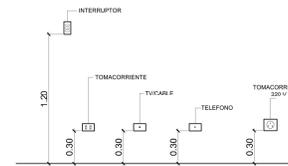
	CONTADOR MONOFASICO 240/120 V. 15/60 A.
	TABLERO DE DISTRIBUCION (6 FLIPONES)
	LAMPARA INCANDESCENTE DE CIELO DE 100 WATTS
	POLIDUCTO DE Ø 3/4"
	LINEA VIVA (CABLE # 12 AWG)
	LINEA NEUTRA (CABLE # 12 AWG)
	LINEA RETORNO (CABLE # 12 AWG)
	INTERRUPTOR SIMPLE H=1.20 S.N.P.T.
	INTERRUPTOR DOBLE H=1.20 S.N.P.T.
	PUENTE 3way
	LAMPARA FLUORESCENTE DE 2x40 WATTS

<p>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA Escuela Profesional: Superintendente</p>	
<p>MUNICIPALIDAD DE SAN MIGUEL ACATAN DEPARTAMENTO DE HUEHUETENANGO</p>	<p>Plan: Iluminaciones Escala: Indefinida</p>
<p>Proyecto: EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA LA ALDEA COPA, SAN MIGUEL ACATAN</p>	<p>Diseño: Wilson Chay Pérez Cálculo: Wilson Chay Pérez</p>
<p>Contenido: PLANTA DE ILUMINACION</p>	<p>Diseño: Wilson Chay Pérez Fecha: Mayo 2014</p>
<p>H O J A</p> <p style="font-size: 2em; font-weight: bold;">9 / 12</p>	

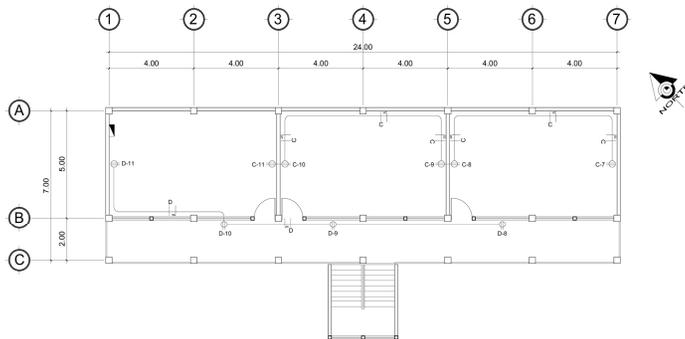


PLANTA BAJA FUERZA

ESCALA: 1:100



ALTURA TOMACORRIENTES
SIN ESCALA



PLANTA ALTA FUERZA

ESCALA: 1:100

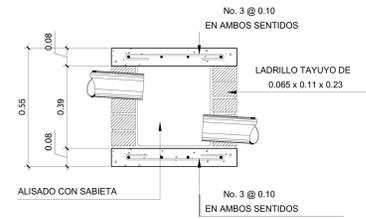
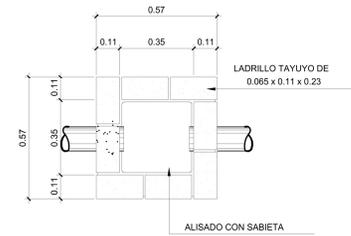
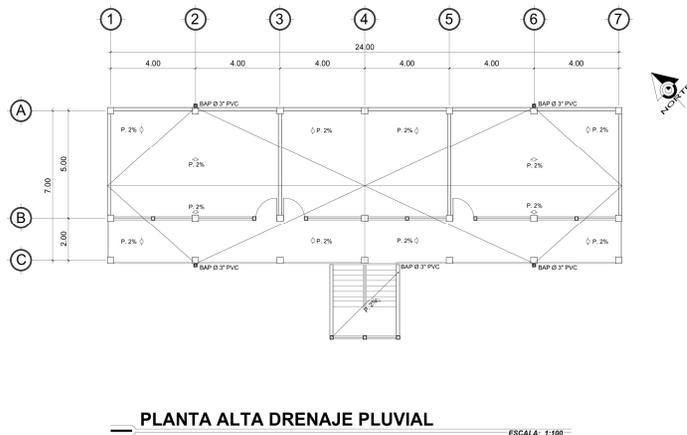
SIMBOLOGIA

	CONTADOR MONOFASICO 240/120 V. 15/60 A.
	TABLERO DE DISTRIBUCION (8 FLIPONES)
	TOMACORRIENTE DOBLE 110 H = 0.30
	POLIDUCTO DE Ø 3/4"
	LINEA NEUTRA (CABLE # 12 AWG)
	LINEA VIVA (CABLE # 12 AWG)



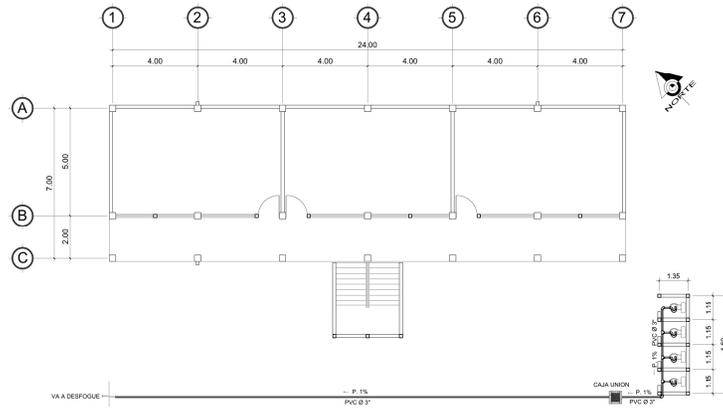
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
Escuela Profesional: Superintendencia

MANICIPALIDAD DE SAN MIGUEL ACATAN DEPARTAMENTO DE HUEHUETENANGO	Plan: Instalaciones Escala: Indicada
Proyecto: EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA LA ALDEA GOPA, SAN MIGUEL ACATAN	Diseño: William Chay Pérez Cálculo: William Chay Pérez
Contenido: PLANTA DE FUERZA	Fecha: Mayo 2011
F. "MI MEMORIO AL SEÑOR SUPERINTENDENTE DE LA ESCUELA"	
H O J A	10 / 12



SIMBOLOGIA	
	TUBO PVC DE AGUA PLUVIAL
	CODO PVC 90° VERTICAL
	CODO PVC 90° HORIZONTAL
	BAJADA AGUA PLUVIAL PVC Ø 3"
	PENDIENTE Y DIRECCION
	CAJA UNION

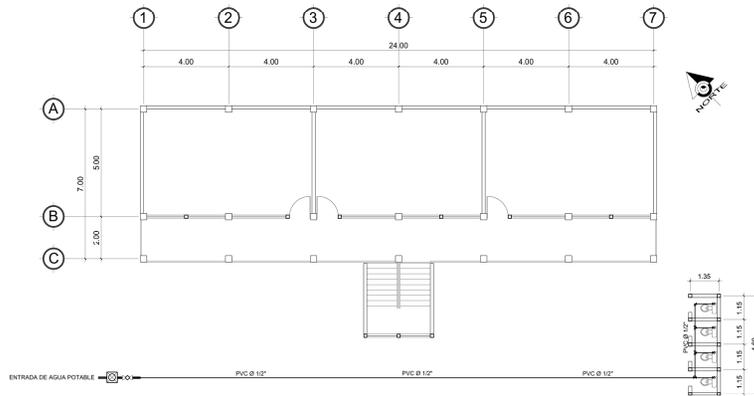
 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA Ejecicio Profesional, Supervisado	
MUNICIPALIDAD DE SAN MIGUEL ACATAN DEPARTAMENTO DE HUEHUETENANGO	P.º: Instalaciones Ejecicio: Instalado
Proyecto: EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA LA ALDEA COPA, SAN MIGUEL ACATAN	Diseñó: William Chay Pérez Calculó: William Chay Pérez
Contenido: PLANTA DE DRENAJE PLUVIAL	Dibujo: William Chay Pérez Fecha: Mayo 2011
F.º "MI MEMBRADO PROFESIONAL EN GUATEMALA" "MI MEMBRADO EN PROFESION EN GUATEMALA"	
H O J A 11 / 12	



PLANTA BAJA DRENAJE SANITARIO

ESCALA: 1:100

SIMBOLOGIA	
	SIFON PVC TERMINAL
	CODO PVC 90° HORIZONTAL
	TEE PVC HORIZONTAL
	TUBERIA PVC Ø 3"
	PENDIENTE Y DIRECCION
	CAJA UNION



PLANTA BAJA INSTALACION HIDRAULICA

ESCALA: 1:100

SIMBOLOGIA	
	CODO PVC 90° VERTICAL
	CODO PVC 90° HORIZONTAL
	TEE PVC HORIZONTAL
	TUBERIA PVC Ø 1/2"
	VALVULA DE COMPUERTA
	VALVULA DE CHEQUE

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA Escuela Profesional de Saneamiento	
MUNICIPALIDAD DE SAN MIGUEL ALCANAN DEPARTAMENTO DE HUEHUETENANGO	Plano Instalaciones Escuela Instalada
Proyecto: EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA LA ALDEA COPA, SAN MIGUEL ACATAN	Diseñador: William Chay Pérez Corresponsable: William Chay Pérez
Contenido: PLANTA DE DRENAJE SANITARIO E INSTALACION HIDRAULICA	Diseñador: William Chay Pérez Fecha: Mayo 2014
INSTITUTO GUATEMALTECO DE NORMALIZACION Y CONTROL TECNICO IGT	
H O A 12/12	