



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

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LAS ALDEAS COLA
DE PAVA Y SAN JERÓNIMO Y DISEÑO DE ESCUELA DE DOS NIVELES PARA EL
BARRIO LA PROLAC, MUNICIPIO DE ASUNCIÓN MITA, JUTIAPA**

Luis Carlos Monzón Cerna

Asesorado por el Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta

Guatemala, noviembre de 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LAS ALDEAS COLA
DE PAVA Y SAN JERÓNIMO Y DISEÑO DE ESCUELA DE DOS NIVELES PARA EL
BARRIO LA PROLAC, MUNICIPIO DE ASUNCIÓN MITA, JUTIAPA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

LUIS CARLOS MONZÓN CERNA

ASESORADO POR EL ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA OCHAETA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Raúl Eduardo Ticún Córdova
VOCAL V	Br. Henry Fernando Duarte García
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

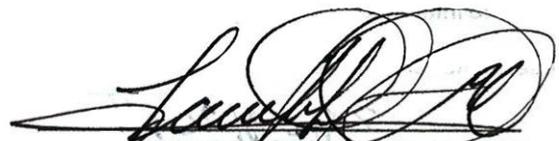
DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
EXAMINADOR	Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta
EXAMINADOR	Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

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 LAS ALDEAS COLA DE PAVA Y SAN JERÓNIMO Y DISEÑO DE ESCUELA DE DOS NIVELES PARA EL BARRIO LA PROLAC, MUNICIPIO DE ASUNCIÓN MITA, JUTIAPA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha de 21 octubre de 2011.



Luis Carlos Monzón Gerna



Guatemala, 27 de marzo de 2014
Ref.EPS.DOC.437.03.14

Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
Director
Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Rodríguez Serrano.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Luis Carlos Monzón Cerna** con carné No. **200614862**, de la Carrera de Ingeniería Civil, , procedí a revisar el informe final, cuyo título es **DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LAS ALDEAS COLA DE PAVA Y SAN JERÓNIMO Y DISEÑO DE LA ESCUELA DE DOS NIVELES PARA EL BARRIO LA PROLAC, MUNICIPIO DE ASUNCIÓN MITA, JUTIAPA.**

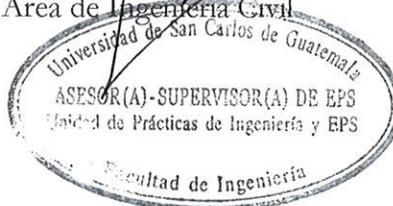
En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

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



c.c. Archivo
MAAO/ra



USAC
TRICENTENARIA
 Universidad de San Carlos de Guatemala

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

Universidad de San Carlos de Guatemala
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 Escuela de Ingeniería Civil



Guatemala,
 19 de mayo de 2014

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 LAS ALDEAS COLA DE PAVA Y SAN JERÓNIMO Y DISEÑO DE LA ESCUELA DE DOS NIVELES PARA EL BARRIO LA PROLAC, MUNICIPIO DE ASUNCIÓN MITA, JUTIAPA** desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Luis Carlos Monzón Cerna, con Carnet No. 200614862, 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 INGENIERÍA
 DEPARTAMENTO
 DE
 HIDRÁULICA
 USAC

Más de **134** años de Trabajo Académico y Mejora Continua





USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

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

Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela de Ingeniería Civil



Guatemala,
27 de mayo de 2015

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 LAS ALDEAS COLA DE PAVA Y SAN JERÓNIMO Y DISEÑO DE LA ESCUELA DE DOS NIVELES PARA EL BARRIO LA PROLAC, MUNICIPIO DE ASUNCIÓN MITA, JUTIAPA,** desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Luis Carlos Monzón Cerna, con Carnet No. 200614862, 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.

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua





Guatemala, 03 de junio de 2015
Ref.EPS.D.282.06.15

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 LAS ALDEAS COLA DE PAVA Y SAN JERÓNIMO Y DISEÑO DE LA ESCUELA DE DOS NIVELES PARA EL BARRIO LA PROLAC, MUNICIPIO DE ASUNCIÓN MITA, JUTIAPA**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Luis Carlos Monzón Cerna, carné 200614862**, 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 Director apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
Director Unidad de EPS

SJRS/ra





El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta y del Coordinador de E.P.S. Ing. Silvio José Rodríguez Serrano, al trabajo de graduación del estudiante Luis Carlos Monzón Cerna, titulado **DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LAS ALDEAS COLA DE PAVA Y SAN JERÓNIMO Y DISEÑO DE LA ESCUELA DE DOS NIVELES PARA EL BARRIO LA PROLAC, MUNICIPIO DE ASUNCIÓN MITA, JUTIAPA**, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.


Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, noviembre 2015.

/bbdeb.

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua





Ref. DTG.603.2015

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 DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LAS ALDEAS COLA DE PAVA Y SAN JERÓNIMO Y DISEÑO DE ESCUELA DE DOS NIVELES PARA EL BARRIO LA PROLAC, MUNICIPIO DE ASUNCIÓN MITA, JUTIAPA**, presentado por el estudiante universitario: **Luis Carlos Monzón Cerna**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano



Guatemala, noviembre de 2015

/cc

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por ser mi principal guía en este camino y brindarme la sabiduría de alcanzar esta tan ansiada meta.
- Mis padres** Fabián Agapito Monzón y Olga Dolores Cerna, por su apoyo incondicional para lograr hacer de mí un hombre de bien; siempre estaré agradecido con ustedes por todo lo que me han brindado.
- Mis hermanos** Fabián Antonio y José Pablo Monzón, por estar siempre a mi lado y darme todo su cariño; espero que mi logro los motive a seguir adelante.
- Mi abuela** Bertila Brindis (q. e. p. d.), por su gran cariño brindado.
- Mis familiares** A todos los que me han apoyado a lo largo de mi vida, siempre agradecido por todo.
- Mis amigos** A todos los que contribuyeron de alguna manera para que alcanzara este logro.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	El Todopoderoso, por haberme permitido iniciar y finalizar con éxito mi carrera profesional; a la vez ser el guía en mi vida y levantarme en los momentos difíciles; toda la gloria sea para Él.
Universidad de San Carlos de Guatemala	Por darme la oportunidad de realizar mis estudios profesionales en tan gloriosa universidad y ser uno más de sus estudiantes.
Facultad de Ingeniería	Por haberme recibido y permitido estudiar en sus aulas, así como brindarme los conocimientos necesarios sobre la ingeniería civil.
Ing. Manuel Arrivillaga	Por el apoyo brindado durante todo el desarrollo de este trabajo de graduación.
Municipalidad de Asunción Mita	Por abrirme las puertas y permitir realizar mi ejercicio profesional en dicha alcaldía.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO	XVII
RESUMEN.....	XXI
OBJETIVOS.....	XXIII
JUSTIFICACIÓN.....	XXV
INTRODUCCIÓN	XXVII
1. ANTECEDENTES.....	1
1.1. Monografía de las aldeas Cola de Pava y San Jerónimo, de la villa de Asunción Mita, Jutiapa.....	1
1.1.1. Aspectos generales	1
1.1.2. Localización	1
1.1.3. Ubicación geográfica	2
1.1.4. Aspectos topográficos	3
1.1.5. Aspectos económicos y actividades productivas	3
1.1.6. Extensión territorial	3
1.1.7. Límites	4
1.1.8. Clima	4
1.1.9. Vías de acceso	4
1.1.10. Servicios públicos existentes	4
1.1.11. Comercios.....	5
1.1.12. Turismo.....	5
1.1.13. Idiomas	6
1.1.14. Demografía.....	6

1.1.14.1.	Población	7
1.1.14.2.	Distribución de viviendas	7
1.1.14.3.	Tipología de viviendas	8
1.2.	Investigación diagnóstica sobre las necesidades de servicios básicos e infraestructura de las aldeas Cola de Pava y San Jerónimo y de la Villa de Asunción Mita, Jutiapa.....	8
1.2.1.	Descripción de las necesidades	8
1.2.2.	Priorización y análisis de las necesidades	9
2.	FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL.....	11
2.1.	Diseño de sistema de alcantarillado sanitario para las aldeas Cola de Pava y San Jerónimo	11
2.1.1.	Alcances del proyecto	11
2.1.2.	Estudios topográficos	11
2.1.2.1.	Levantamiento planimétrico	12
2.1.2.2.	Levantamiento altimétrico	12
2.1.3.	Trazo de la red	13
2.1.4.	Parámetros de diseño	13
2.1.4.1.	Periodo de diseño	14
2.1.4.2.	Población de diseño.....	14
2.1.4.2.1.	Método del crecimiento geométrico	15
2.1.4.3.	Dotación.....	16
2.1.4.4.	Factor de retorno (FR)	16
2.1.4.5.	Factor de rugosidad (n).....	16
2.1.5.	Diseño	17
2.1.5.1.	Velocidad de diseño.....	17
2.1.5.1.1.	Velocidad de arrastre	17
2.1.5.2.	Cálculo de caudales sanitarios	18

2.1.5.2.1.	Caudal domiciliar (Q_{dom})	18
2.1.5.2.2.	Caudal comercial (Q_{com})	19
2.1.5.2.3.	Caudal industrial (Q_{ind})	19
2.1.5.2.4.	Caudal de infiltración (Q_{inf})	20
2.1.5.2.5.	Caudal de conexiones ilícitas (Q_{ilic})	21
2.1.5.2.6.	Factor de caudal medio (F_{qm}).....	21
2.1.5.2.7.	Factor de flujo instantáneo (F_H)	22
2.1.5.3.	Caudal de diseño	22
2.1.5.4.	Relación de caudales y diámetros q/Q . d/D	23
2.1.5.5.	Relación v/V	23
2.1.5.6.	Fórmula de Manning	24
2.1.5.7.	Profundidades mínimas de tubería y anchos de zanja	24
2.1.5.8.	Cotas invert	25
2.1.5.9.	Componentes del sistema de alcantarillado sanitario.....	26
2.1.5.9.1.	Pozos de visita	26
2.1.5.9.2.	Colectores principales ...	27
2.1.5.10.	Diseño de la red de alcantarillado	27
2.1.5.11.	Acometida domiciliar	37
2.1.5.12.	Descarga	37

	2.1.5.12.1.	Localización de la descarga	37
	2.1.5.12.2.	Diseño de fosa séptica...	37
2.1.6.		Estudio de impacto ambiental	46
	2.1.6.1.	En construcción	49
	2.1.6.2.	En operación	50
2.1.7.		Elaboración de planos	51
2.1.8.		Evaluación socioeconómica	51
	2.1.8.1.	Valor presente neto (VPN)	52
	2.1.8.2.	Tasa interna de retorno (TIR).....	53
2.1.9.		Presupuesto	54
	2.1.9.1.	Presupuesto de materiales	54
	2.1.9.2.	Presupuesto mano de obra.....	55
	2.1.9.3.	Resumen presupuesto final	55
2.1.10.		Cronograma de actividades.....	57
2.2.		Diseño de la escuela de dos niveles para el barrio La Prolac	57
2.2.1.		Descripción del proyecto	58
	2.2.1.1.	Infraestructura requerida.....	58
2.2.2.		Descripción del terreno disponible	59
	2.2.2.1.	Localización del terreno	59
	2.2.2.2.	Estudio topográfico	59
	2.2.2.2.1.	Planimetría	59
	2.2.2.2.2.	Altimetría.....	60
2.2.3.		Criterios de diseño	60
2.2.4.		Diseño arquitectónico	63
2.2.5.		Tipología estructural.....	63
2.2.6.		Predimensionamiento estructural	64
	2.2.6.1.	Columnas.....	64
	2.2.6.2.	Vigas.....	65

	2.2.6.3.	Losas.....	66
2.2.7.		Tipos de cargas	66
	2.2.7.1.	Cargas muertas.....	67
	2.2.7.2.	Cargas vivas.....	67
	2.2.7.3.	Cargas ambientales	67
2.2.8.		Integración de cargas	67
	2.2.8.1.	Integración de cargas verticales.....	68
	2.2.8.2.	Integración de cargas horizontales.....	74
		2.2.8.2.1.	Fuerzas por nivel..... 79
		2.2.8.2.2.	Fuerzas por marco 80
2.2.9.		Análisis de marcos rígidos por el software	
		CSI ETABS.....	88
2.2.10.		Momentos últimos por envolvente de momentos.....	88
2.2.11.		Diseño estructural.....	92
	2.2.11.1.	Diseño de losas.....	93
		2.2.11.1.1.	Diseño de losas nivel 1.. 94
	2.2.11.2.	Diseño de vigas.....	105
	2.2.11.3.	Diseño de columnas.....	112
		2.2.11.3.1.	Magnificación de momentos..... 115
	2.2.11.4.	Diseño de cimiento corrido	123
	2.2.11.5.	Diseño de zapatas.....	124
		2.2.11.5.1.	Diseño de zapatas individuales..... 124
		2.2.11.5.2.	Diseño de zapatas combinadas 132
	2.2.11.6.	Diseño de módulos de gradas.....	150
2.2.12.		Diseño de instalaciones eléctricas e hidráulicas.....	154
	2.2.12.1.	Diseño de instalaciones eléctricas	154

2.2.12.2.	Diseño de instalaciones hidráulicas	157
2.2.12.2.1.	Agua potable	157
2.2.13.	Estudio de impacto ambiental	163
2.2.13.1.	En construcción	164
2.2.14.	Elaboración de planos	165
2.2.15.	Evaluación socioeconómica	165
2.2.16.	Presupuesto	165
2.2.16.1.	Presupuesto de materiales	166
2.2.16.2.	Presupuesto mano de obra.....	166
2.2.16.3.	Resumen presupuesto final	166
2.2.17.	Cronograma de actividades.....	168
CONCLUSIONES.....		169
RECOMENDACIONES		171
BIBLIOGRAFÍA.....		173
APÉNDICES.....		175
ANEXOS.....		177

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Ubicación geográfica Cola de Pava y San Jerónimo	2
2.	Planta de edificio escolar	64
3.	Planta de áreas tributarias	69
4.	Elevación del edificio sentido X.....	69
5.	Elevación del edificio sentido Y.....	70
6.	Cargas verticales sobre el marco dúctil en eje X	73
7.	Cargas verticales sobre el marco dúctil en eje Y	73
8.	Planta simétrica del edificio escolar	80
9.	Cargas horizontales sobre el marco dúctil en eje X	87
10.	Cargas horizontales sobre el marco dúctil en eje Y	87
11.	Diagrama de momentos últimos en vigas eje Y (kg-m)	89
12.	Diagrama de momentos últimos en vigas eje X (kg-m)	89
13.	Diagrama de momentos últimos en columnas eje Y (kg-m)	90
14.	Diagrama de momentos últimos en columnas eje X (kg-m)	90
15.	Diagrama de cortes últimos en vigas eje Y (kg-m)	91
16.	Diagrama de cortes últimos en vigas eje X (kg-m)	91
17.	Diagrama de cortes últimos en columnas eje Y (kg-m)	92
18.	Diagrama de cortes últimos en columnas eje X (kg-m)	92
19.	Planta de distribución de losas.....	94
20.	Planta de momentos actuantes en losas nivel 1 (kg-m).....	98
21.	Planta de momentos balanceados en losas nivel 1 (kg-m)	100
22.	Diagrama de momentos y cortes últimos en viga tipo 1	106
23.	Distribución de acero longitudinal viga tipo 1	109

24.	Sección cimiento corrido trapezoidal	123
25.	Corte simple en zapata	129
26.	Corte punzonante en zapata.....	130
27.	Fuerzas sobre zapata combinada.....	132
28.	Planta zapata combinada	133
29.	Presiones en esquinas de zapata combinada 1	135
30.	Presiones en esquinas de zapata combinada 2	138
31.	Presiones totales sobre la zapata combinada	139
32.	Presiones bajo el cimiento	140
33.	Presiones últimas bajo el cimiento.....	142
34.	Diagrama de corte en zapata combinada	143
35.	Diagrama de momento en zapata combinada	144
36.	Vigas transversales.....	147
37.	Zapata combinada por corte simple.....	148
38.	Detalle de armado zapata combinada	149
39.	Dimensiones de módulo de gradas.....	151

TABLAS

I.	Datos de población Asunción Mita.....	7
II.	Factor de rugosidad (n).....	16
III.	Anchos y profundidades de zanjas para tuberías Novafort.....	25
IV.	Cantidad de viviendas.....	28
V.	Verificación de especificaciones hidráulicas	31
VI.	Diseño de sistema de alcantarillado sanitario	33
VII.	Cotas invert, profundidad de pozos y dimensiones de zanjas	35
VIII.	Datos para chequeos de muros y losa de fosa séptica.....	39
IX.	Cálculo de Mr muro exterior.....	40
X.	Cálculo de Mr muro intermedio	42

XI.	Costo sistema de alcantarillado sanitario	52
XII.	Presupuesto final alcantarillado sanitario	56
XIII.	Cronograma de actividades alcantarillado sanitario	57
XIV.	Cargas verticales sobre el marco dúctil en eje X	72
XV.	Cargas verticales sobre el marco dúctil en eje Y	72
XVI.	Peso de la estructura por nivel.....	79
XVII.	Centro de rigidez nivel 2.....	84
XVIII.	Fuerza del marco por torsión nivel 2	85
XIX.	Centro de rigidez nivel 1.....	85
XX.	Fuerza del marco por torsión nivel 1	86
XXI.	Tipos de losas según su espesor.....	93
XXII.	Datos para diseño de losa.....	95
XXIII.	Balance de momentos losas 1 y 3 nivel 1	100
XXIV.	Áreas de acero requeridas en losas nivel 1 eje X	103
XXV.	Áreas de acero requeridas en losas nivel 1 eje Y	104
XXVI.	Áreas de acero requeridas en losas nivel 2 eje X	104
XXVII.	Áreas de acero requeridas en losas nivel 2 eje Y	104
XXVIII.	Presupuesto final edificio dos niveles	167

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
Hi	Altura de cada nivel
H o h	Altura del elemento analizado
B	Ancho del elemento en sección
A	Área
As	Área de acero de refuerzo
As_{máx}	Área de acero máximo permitido
As_{min}	Área de acero mínimo permitido
Astemp	Área de acero por temperatura
Ap	Área de punzonamiento
AN	Área del núcleo de la sección tomada a ejes del refuerzo longitudinal exterior.
Ag	Área gruesa, área total de la sección
At	Área tributaria
B/C	Beneficio – costo
P	Carga aplicada a la columna
P'o	Carga axial de resistencia de la columna
Pcr	Carga crítica de pandeo de Euler
P'u	Carga de resistencia de la columna
P'ux	Carga de resistencia de la columna a una excentricidad ex.
P'uy	Carga de resistencia de la columna a una excentricidad ey.
P't	Carga de trabajo actuando en la columna

CM	Carga muerta
CMu	Carga muerta última
CU	Carga última
Pu	Carga última
CV	Carga viva
CVu	Carga viva última
Q	Caudal
Qci	Caudal de conexiones ilícitas
Qdis	Caudal de diseño
Qinf	Caudal de infiltración
Qdom	Caudal domiciliar
Qs	Caudal sanitario
CG	Centro de gravedad
CM	Centro de masa
CR	Centro de rigidez
Ø	Coefficiente de reducción de resistencia
K	Coefficiente determinado
C	Coefficiente para el cálculo de momentos en losas, tomado del ACI.
ψP	Coefficiente promedio que mide el grado de empotramiento a la rotación.
ΨA	Coefficiente que mide el grado de empotramiento a la rotación de una columna, en su extremo superior.
ψB	Coefficiente que mide el grado de empotramiento a la rotación de una columna, en su extremo inferior.
K'x	Coefficiente tomado del diagrama de iteración para el sentido X.

K'y	Coeficiente tomado del diagrama de iteración para el sentido Y.
V	Corte
Vact	Corte actuante
Vr	Corte máximo resistente
Vu	Corte último
D	Diámetro
Al	Dimensión del lado corto considerado de la losa
B	Dimensión del lado largo considerado de la losa
Di	Distancia de CR a marco considerado
DH	Distancia horizontal
Dot	Dotación
E	Esbeltez de la columna
Se	Espaciamiento del acero de refuerzo
e	Excentricidad
ex	Excentricidad en el sentido X
ey	Excentricidad en el sentido Y
FCU	Factor de carga última
fqm	Factor de caudal medio
βd	Factor de flujo plástico del concreto
F.H	Factor de Harmond
FR	Factor de retorno
Fm	Fuerza por marco
Fn	Fuerza por nivel
Fni	Fuerza por nivel, en el nivel i
I o Ig	Inercia de la sección total del concreto respecto del eje centroidal, sin tomar en cuenta el acero de refuerzo.

σ	Lado menor para columnas rectangulares (radio de giro).
Lo	Longitud de confinamiento de estribos
L	Longitud del elemento
Lu	Longitud libre de pandeo de la columna
δ	Magnificador de momentos
G	Módulo de rigidez
Sx	Módulo de sección en el sentido X
Sy	Módulo de sección en el sentido Y
M	Momento
Mb	Momento balanceado
Md	Momento de diseño (magnificado)
Mdx	Momento de diseño (magnificado) actuando en el sentido.
Mdy	Momento de diseño (magnificado) actuando en el sentido.
MCM	Momento inducido por la carga muerta
MCV	Momento inducido por la carga viva
M(-)	Momento negativo
M(+)	Momento positivo
Msop	Momento soportado
Mx	Momento último actuando en el sentido X
My	Momento último actuando en el sentido Y
Núm.hab	Número de habitantes
S	Pendiente
Sdis	Pendiente de diseño
t	Peralte

d	Peralte efectivo del elemento en sección, distancia medida desde la fibra extrema en compresión al centroide del refuerzo en tensión.
bo	Perímetro del área punzante
n	Período de diseño
W	Peso
Pc	Peso volumétrico del concreto
Ps	Peso volumétrico del suelo
Po	Población del último censo
Pf	Población futura
pbal	Porcentaje de acero en la falla balanceada
pmáx	Porcentaje de acero máximo permitido en un elemento.
pmin	Porcentaje de acero mínimo permitido en un elemento.
qmáx	Presión máxima sobre el suelo
qmin	Presión mínima sobre el suelo
qs	Presión sobre el suelo
qu	Presión última sobre el suelo
m	Relación entre los claros de la losa
ps	Relación volumétrica del volumen de espiral al volumen.
f'c	Resistencia a la compresión del concreto
Fy	Resistencia a la fluencia del acero de refuerzo
R	Rigidez de un elemento
Ri	Rigidez total del marco rígido i
r	Tasa de crecimiento poblacional
TIR	Tasa interna de retorno
VAN	Valor actual neto

Vs

Valor soporte del suelo

Vel

Velocidad

GLOSARIO

ACI	Instituto Americano del Concreto.
Agregado	Material inerte, que se mezcla con cemento y agua para producir concreto.
Altimetría	Son los procedimientos del levantamiento topográfico y tienen por objeto, la determinación de las elevaciones (niveles) de los puntos, o estaciones estudiadas.
Carga axial	Carga aplicada en el eje longitudinal de un elemento.
Carga muerta	Carga que permanece estática a través del tiempo.
Carga puntual	Carga aplicada en magnitud en un solo punto.
Carga viva	Carga que puede moverse, a través del tiempo.
Concreto	Es un material pétreo, artificial, obtenido de la mezcla, en proporciones determinadas de cemento, arena, pedrín y agua.
Esfuerzo	Fuerza por unidad de área.

Estribo	Refuerzo de acero utilizado para resistir esfuerzos cortantes y de torsión en un elemento estructural.
Estación	Cada uno de los puntos en el que se coloca el instrumento topográfico, en cualquier operación de levantamiento planimétrico o de nivelación.
ETABS	Por sus siglas en inglés <i>Extended Three Dimensional Análisis of Building Systems</i> , software utilizado para el análisis tridimensional de un sistema estructural, dinámico y estático de edificaciones a construir.
Excentricidad	Distancia comprendida entre el centro de masa y el centro de rigidez de una estructura.
Momento	Producto de intensidad de una fuerza por su distancia perpendicular, desde la línea de acción de la fuerza al eje de rotación.
Planimetría	Parte de la topografía que enseña a representar en una superficie plana una porción de la tierra.
Refuerzo	Material que consiste en acero estructural y se utiliza para aumentar el soporte estructural de los elementos de concreto reforzado.

Solera

Elemento estructural horizontal de concreto, que tiene como función conectar monolíticamente los elementos estructurales, para dar mayor estabilidad a las estructuras y refuerzo de muros de mampostería.

Topografía

Es la ciencia que estudia el conjunto de principios y procedimientos que tienen por objeto la representación gráfica de la superficie de la Tierra, con sus formas y detalles. Para eso se utiliza un sistema de coordenadas tridimensionales, siendo la X y la Y competencia de la planimetría y la Z de la altimetría.

RESUMEN

En esta investigación se elaboró el diseño del sistema de alcantarillado sanitario para las aldeas Cola de Pava y San Jerónimo y la escuela de dos niveles para el barrio La Prolac, en el municipio de Asunción Mita, Jutiapa.

Se diseñó el edificio de educación primaria de dos niveles, el cual es una ampliación al establecimiento existente, cuenta con siete aulas teóricas cada una para 30 a 35 estudiantes, manteniéndose en el rango de área mínima por estudiante. El sistema estructural utilizado fue mediante marcos rígidos, los elementos estructurales que lo componen son: losas, vigas, columnas y zapatas, el análisis estructural se realizó con el software ETTABS.

Para las aldeas Cola de Pava y San Jerónimo, se diseñó el sistema de alcantarillado sanitario, utilizando tubería PVC tipo Novafort fabricada bajo las Normas NTC 3722-1 y NMX-E-215/2 con diámetro de tubería de 6 plg., pozos de visita de ladrillo tayuyo. Las conexiones domiciliarias consistirán en candela domiciliar de tubos de concreto de 16 plg de diámetro, tubería secundaria de 4 plg de diámetro PVC norma 3034, silleta "Y" para la unión entre el colector principal y la candela domiciliar.

OBJETIVOS

General

Elaborar el diseño de sistema de alcantarillado sanitario para las aldeas Cola de Pava y San Jerónimo y diseño de escuela de dos niveles para el barrio La Prolac, municipio de Asunción Mita, Jutiapa.

Específicos

1. Realizar una investigación monográfica y un diagnóstico de los problemas y necesidades de infraestructura de las aldeas Cola de Pava y San Jerónimo.
2. Contribuir con el desarrollo de las aldeas Cola de Pava y San Jerónimo a nivel social, brindando una mejor calidad de vida con un sistema de alcantarillado óptimo.
3. Contribuir a la educación del barrio La Prolac.
4. Brindar unas instalaciones adecuadas para los alumnos actuales, y motivar a los padres de familia del barrio a mandar a sus hijos a la escuela.
5. Capacitar a miembros de Cocodes de las aldeas Cola de Pava y San Jerónimo sobre el mantenimiento del sistema de alcantarillado para que este funcione a cabalidad.

JUSTIFICACIÓN

El municipio de Asunción Mita está integrado por sus diferentes aldeas, estas se encuentran en vías de desarrollo, debido a que no cuentan con una red de alcantarillado sanitario; también otras comunidades carecen total o parcialmente de infraestructura y de servicios básicos, al igual en el barrio La Prolac no se cuenta con escuela para impartir la enseñanza-aprendizaje a los alumnos debido al incremento de estudiantes cada año; independientemente de las causas que los originan, la realidad latente es que este municipio no ha podido mejorar sus condiciones de vida.

Es por esta razón que el presente trabajo de graduación está orientado a plantear soluciones factibles a problemas de servicios básicos e infraestructura del área rural y en el casco urbano del municipio de Asunción Mita, Jutiapa, como el diseño de la red de alcantarillado sanitario para la aldeas Cola de Pava y San Jerónimo y la edificación escolar de dos niveles para el barrio La Prolac, proyectos que son de vital importancia para este municipio. Teniendo presente que para el sistema de alcantarillado sanitario es necesario considerar una planta de tratamiento para las aguas residuales, de manera que no se dañe o afecte al ambiente; para luego desfogar al afluente cercano.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de graduación contiene información de las actividades desarrolladas durante la realización del Ejercicio Profesional Supervisado en el municipio de Asunción Mita, departamento de Jutiapa; en el cual se describen paso a paso, los criterios que se tomaron en cuenta para el diseño de los proyectos de la red de alcantarillado sanitario para las aldeas Cola de Pava y San Jerónimo y edificación escolar de dos niveles para el barrio La Prolac, Asunción Mita, Jutiapa.

Cabe mencionar que en el diseño de la red de alcantarillado sanitario se incluyen las obras de arte, conexiones domiciliarias, propuesta de ubicación, planta de tratamiento y el punto del desfogue. En el caso de la edificación escolar, se diseñó la estructura física necesaria para el funcionamiento de esta, haciendo énfasis en el diseño estructural, considerando una estructura de marcos dúctiles, con losas planas de concreto reforzado.

Así también se elaboraron los planos y presupuestos para cada uno de los proyectos.

La población de ambas aldeas necesita evacuar sus aguas residuales de manera más segura y limpia; el otro proyecto es el diseño de la escuela en el barrio La Prolac, el cual se enfoca a la construcción de un edificio de dos niveles para nivel preprimaria, primaria y una proyección para el nivel secundaria (segundo nivel); ambos proyectos son prioridades atendidas por el programa de EPS.

1. ANTECEDENTES

1.1. Monografía de las aldeas Cola de Pava y San Jerónimo, de la villa de Asunción Mita, Jutiapa

En el presente capítulo se presentan los datos principales de las aldeas Cola de Pava y San Jerónimo, como localización, datos topográficos, actividades económicas, productivas, extensión territorial, límites, clima, vías de acceso, demografía, entre otros.

1.1.1. Aspectos generales

Mita se deriva del vocablo *náhuatl Mictlác* que puede interpretarse como “Lugar de la muerte” o donde hay huesos humanos. Su jeroglífico representa a la tierra (*tlalli*) así como tres fémures. Categoría de la cabecera municipal: se declaró como Villa por Acuerdo Gubernativo del 11 de febrero de 1915. Asunción Mita se encuentra ubicado en una planicie al sur del río Ostúa o Grande de Mita y al norte del río Tamazulapa. Es atravesado por el riachuelo Ataicinco.

1.1.2. Localización

El municipio de Asunción Mita se encuentra en la parte sureste de Guatemala, a 145 kilómetros de la capital. Las aldeas Cola de Pava y San Jerónimo, pertenecen al municipio de Asunción Mita, departamento de Jutiapa; están ubicadas a 10 y 9 kilómetros, respectivamente de la villa de Asunción

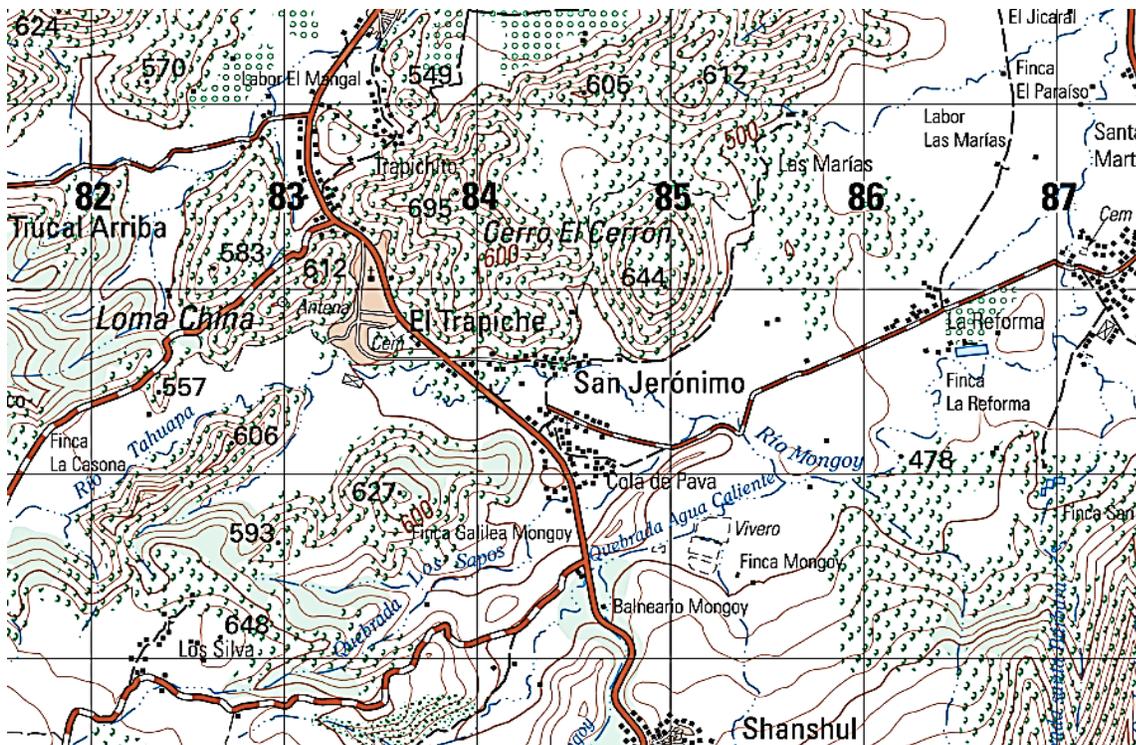
Mita, que es la cabecera municipal, la cual se encuentra al noreste de la cabecera departamental de Jutiapa.

1.1.3. Ubicación geográfica

El municipio de Asunción Mita se encuentra ubicado geográficamente en la latitud $14^{\circ} 19' 58''$ N y longitud $89^{\circ} 42' 34''$ O.

La ubicación geográfica de las aldeas Cola de Pava y San Jerónimo están en la latitud $14^{\circ} 15' 42''$ N y longitud $89^{\circ} 43' 04''$ O; tal como lo muestra la hoja cartográfica del IGN 2258-I.

Figura 1. Ubicación geográfica Cola de Pava y San Jerónimo



Fuente: Instituto Geográfico Nacional, hoja 2258-I, Lago de Güija.

1.1.4. Aspectos topográficos

En su jurisdicción se encuentra el volcán Ixtepeque y el Suchitán; además existen 46 cerros. El municipio es regado por 14 ríos, 12 riachuelos, 5 zanjones, 75 quebradas, 1 estero, 1 lago (de Güija, que sirve de línea divisoria con El Salvador) y una laguneta. Son varios los ríos que bañan sus terrenos, siendo los más importantes: Ostúa, Mongoy, Tamazulapa, La Virgen y Tiucal. Asimismo, cuenta con varios riachuelos como: Ataicinco, Agua Caliente, El Riíto, Las Marías, Las Piletas y otros. También cuenta con 75 quebradas y los zanjones: de Aguilera, de Orozco, del Guacuco, El Aguacate y El Sabilar. Como parte importante de su hidrografía, está la laguna de Guija, la cual tiene una tercera parte de su extensión dentro de este municipio.

1.1.5. Aspectos económicos y actividades productivas

La economía de las aldeas Cola de Pava y San Jerónimo está basada en la agricultura, siendo sus principales productos la cebolla y el frijol, también dedicándose a la actividad ganadera (vacuna, porcina y caballo). En la villa de Asunción la actividad económica está basada en comercios y mercado. Muchos pobladores también trabajan en la melonera que se encuentra ubicada en la aldea Trapiche y en la minera ubicada en la aldea Cerro Blanco.

1.1.6. Extensión territorial

La aldea Cola de Pava tiene una extensión territorial de 3,48 kilómetros cuadrados y la aldea San Jerónimo 4,85 kilómetros cuadrados. El municipio de Asunción Mita tiene una extensión territorial aproximada de 476 kilómetros cuadrados.

1.1.7. Límites

El municipio de Asunción Mita limita al norte con Santa Catarina Mita y Agua Blanca (Jutiapa); al este con Agua Blanca y la República de El Salvador, al sur con Atescatempa y Yupiltepeque (Jutiapa) y la República de El Salvador y al oeste con Jutiapa y Yupiltepeque.

1.1.8. Clima

La estación climatológica Asunción Mita del Insivumeh es la más cercana a los proyectos, se encuentra en la cabecera municipal con coordenadas 14° 20' 68" N de latitud y 89° 42' 14" O de longitud, proporciona la siguiente información:

- La temperatura media anual es de 29 °C
- La precipitación pluvial media anual es de 1 120 a 1 240 mm

1.1.9. Vías de acceso

Para llegar a Asunción Mita, se toma la ruta CA-01 oriente; la villa de Asunción Mita se encuentra el kilómetro 145, la aldea San Jerónimo se encuentra en el kilómetro 159 y la aldea Cola de Pava en el kilómetro 160, ambas a orillas de la ruta CA-01 oriente, o también conocida como la carretera Interamericana.

1.1.10. Servicios públicos existentes

La villa de Asunción Mita cuenta con los servicios de energía eléctrica, drenaje sanitario, agua potable, línea telefónica, estación de bomberos,

estación de policía. Las aldeas Cola de Pava y San Jerónimo cuentan con energía eléctrica, agua potable, pero no con drenaje sanitario.

1.1.11. Comercios

En las aldea Cola de Pava y San Jerónimo el comercio se limita cuando es temporada de cosecha, ya sea de frijol o de maíz; también existen regadillos, los que irrigan los terrenos dedicados a la siembra con lo cual tienen varias cosechas al año, ya sea de cebolla o tomate, que es el otro producto agropecuario de las aldeas; de allí lo venden a los lugares cercanos como la cabecera municipal o a San Cristóbal Frontera. También se dedican a la compra y venta de ganado, a la elaboración de productos lácteos y talabartería.

1.1.12. Turismo

A nivel de municipio, Asunción Mita cuenta con varios sitios turísticos como el balneario de aguas termales Atatupa, paseo Mongoyito y Laguna de Atescatempa. El municipio de Asunción Mita es el que cuenta con mayor número de atractivos turísticos naturales en el departamento de Jutiapa, contando con las siguientes áreas con potencial turístico. La cuenca del lago de Güija, ubicada al oriente y distante 34 kilómetros de la cabecera municipal, colindante con la hermana República de El Salvador.

Para llegar a esta cuenca hay que recorrer 5 kilómetros de asfalto sobre la carretera Interamericana y 29 de tercería hacia el oriente. La cuenca del río Ostúa atraviesa el territorio municipal desde el norte, entrando por el municipio de Santa Catarina Mita, atravesando el valle hacia el oriente, desembocando en el lago de Güija, teniendo como potencial turístico los lugares denominados La Vegona, El Balneario, La Poza de la Lechuza, y la Poza de la Ventana. El

balneario de aguas termales Atatupa, situado al sur de la villa, cuenta con un nacimiento cristalino de agua tibia y salóbrega y una piscina artificial y que es muy concurrida durante todo el año, por turistas de la región y pobladores locales.

El Paseo de Mongoy situado al sur de la villa que a su paso forma bellas cataratas, se encuentra en el kilómetro 160 de la Ruta Interamericana, formada por un pequeño bosque natural de árboles centenarios y las corrientes cristalinas y frescas del río del mismo nombre. Las cuevas San Juan Las Minas y Las Lágrimas del Alma también son sitios muy visitados por personas de la región y de todo Jutiapa.

Por último se mencionan los miradores Valle-Mita que son frecuentados por los pobladores y turistas y de los sitios arqueológicos: Asunción Mita y Micla.

1.1.13. Idiomas

El idioma predominante de las personas de las aldeas Cola de Pava y San Jerónimo es el español, y en menor uso, el xinca y el mam.

1.1.14. Demografía

La demografía es el estudio estadístico de las poblaciones humanas según su estado y distribución en un momento determinado o según su evolución histórica. En el siguiente apartado se presentan los datos demográficos relevantes como: la población, distribución de viviendas y tipología.

1.1.14.1. Población

Los datos más importantes sobre la población de Asunción Mita se muestran en la siguiente tabla.

Tabla I. Datos de población Asunción Mita

Concepto	1998	1999	2000	2002
Población total	45 169	45 830	46 500	47 781
Población urbana	9 937	10 083	10 230	10 823
Población rural	35 232	35 475	36 270	36 958
Población masculina	22 133	22 457	22 785	24 137
Población femenina	23 036	23 373	23 715	23 646
Población indígena	903	917	930	960
Población no indígena	44 266	44 913	45 570	46 864
Densidad de población total (hab./Km ²)			49	49
Población no pobre	6 324	6 416	6 510	6 704
Núm. de viviendas área urbana	2 703	2 703	2 703	2 703
Núm. de centros poblados	69	69	69	69

Fuente: Jefatura de Área de Salud Ministerio de Salud Pública, Jutiapa, 2002.

1.1.14.2. Distribución de viviendas

La distribución de viviendas de Asunción Mita está dada por barrios, con casas tipo coloniales y contemporáneas en la cabecera municipal, y casas de adobe y ranchos en las comunidades rurales.

1.1.14.3. Tipología de viviendas

La mayoría de viviendas de Asunción Mita están construidas en mampostería de *block*, con techos de teja sostenidos con estructuras de madera y en viviendas antiguas con muros de adobe de 60 centímetros de espesor, compartiendo muros entre casas; esto ha generado mucho problema en la actualidad al momento de que a los propietarios quieren remodelar sus casas y construir con *block* de concreto o ladrillo de barro.

1.2. Investigación diagnóstica sobre las necesidades de servicios básicos e infraestructura de las aldeas Cola de Pava y San Jerónimo y de la Villa de Asunción Mita, Jutiapa

En el siguiente apartado se presenta el diagnóstico sobre las necesidades de los servicios básicos de infraestructura de las aldeas, para determinar su situación actual y priorizar el análisis de las necesidades.

1.2.1. Descripción de las necesidades

Para Cola de Pava:

- Mejoramiento del sistema vial: se requiere un diseño técnico y un pavimentado de las calles.
- Sistema de alcantarillado sanitario: hay inexistencia de alcantarillado sanitario para la deposición de las aguas negras.

Para la villa de Asunción Mita, barrio La Prolac:

- Escuela pública: el barrio cuenta con una escuela pública, pero es muy pequeña y el barrio creció, ya que se formó por una invasión en el 2002.
- Mejoramiento del sistema vial: pavimentación de las calles.
- Sistema de alcantarillado sanitario: hay inexistencia de alcantarillado sanitario para la deposición de las aguas negras.

1.2.2. Priorización y análisis de las necesidades

Al analizar las necesidades más importantes de las comunidades mencionadas en el inciso anterior, se llegó a la decisión de darle prioridad a las siguientes:

- Diseño del sistema de alcantarillado sanitario para las aldeas Cola de Pava y San Jerónimo, ya que los Cocodes de ambas aldeas concluyeron que es un sistema necesario en sus comunidades por ser aldeas atravesadas por el río Mongoy, evacuar el agua negra en letrinas y fosas puede contaminar el río en el futuro y este es fundamental para el riego de sus cosechas.
- Una escuela de dos niveles para el barrio La Prolac, las autoridades de la actual escuela llegaron a la conclusión de que es necesaria una escuela más amplia por el crecimiento poblacional del área.

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

2.1. Diseño de sistema de alcantarillado sanitario para las aldeas Cola de Pava y San Jerónimo

A continuación se presenta el diseño de sistema de alcantarillado sanitario propuesto, desglosado de la siguiente forma: alcances del proyecto, estudios topográficos, diseño de la escuela de dos niveles, presupuesto y finalmente el cronograma de actividades.

2.1.1. Alcances del proyecto

El proyecto comprende el diseño de un sistema de alcantarillado para las aldeas Cola de Pava y San Jerónimo, al cual las 131 casas en la actualidad podrán evacuar sus aguas residuales. El sistema de alcantarillado sanitario cuenta con una red de colectores que suman 2 605,46 metros conectados, conexiones domiciliarias y un total de 44 pozos de visita, proponiendo un sistema de tratamiento de agua por una fosa séptica para su posterior descarga al cuerpo receptor.

2.1.2. Estudios topográficos

La topografía consiste básicamente en describir y representar en un plano la superficie o relieve de un terreno; en el siguiente apartado se presentan los datos sobre el levantamiento planimétrico y el altimétrico.

2.1.2.1. Levantamiento planimétrico

Está definido como el conjunto de trabajos necesarios para representar gráficamente la superficie de la tierra, tomando como referencia el norte para su orientación.

Para este proyecto se utilizó el método de conservación del Azimut, utilizando un teodolito marca Wild de precisión en minutos, un estadal marca Sokkisha, plomadas, estacas, clavos de lámina y cinta topográfica.

La planimetría se aplica en este proyecto para encontrar las distancias y direcciones donde pasarán los colectores, así como para saber dónde se colocarán los pozos de visita según sea la necesidad.

2.1.2.2. Levantamiento altimétrico

Esta tiene por objeto determinar las diferencias de alturas entre los puntos del terreno. Las alturas de los puntos se toman sobre planos de comparación diversos, el más común de estos es el nivel del mar.

En este tipo de proyectos de alcantarillado sanitario es fundamental conocer alturas o cotas por donde pasarán los colectores municipales, ya que el flujo del agua se da con ayuda de la gravedad, por lo que se necesita diseñar los colectores con determinadas pendientes.

Se utilizó un teodolito marca Wild de precisión en minutos, un estadal marca Sokkisha, plomadas, estacas, clavos de lámina y cinta topográfica.

2.1.3. Trazo de la red

Para el trazo de la red se deben considerar los siguientes preceptos:

- Se debe iniciar el recorrido en los puntos de cotas altas y dirigir el flujo hacia las cotas bajas.
- En el diseño, se trata de seguir la pendiente del terreno, así se evitarán excavaciones profundas.
- Tratar en lo posible de no dirigir el agua en contra de la pendiente del terreno.

Para este estudio se trazaron las líneas principales, en cada sistema, a las cuales se enlazan los ramales de cada tramo, tratando de dirigir el flujo del agua conforme la pendiente del terreno en los lugares que se pudo, pero fue en pocos colectores, ya que la posición de las aldeas respecto del cuerpo receptor es de altura mayor.

2.1.4. Parámetros de diseño

Los parámetros de diseño, se refiere a ciertos lineamientos que se deben de tomar en cuenta para el diseño de un proyecto; en este caso para el sistema de alcantarillado sanitario se refiere al tiempo o periodo y la población que va hacer uso del sistema, aparte de los demás datos proporcionados por los tipos de materiales a utilizar y la cantidad de agua a transportar.

2.1.4.1. Período de diseño

El período de diseño de una red de alcantarillado es el tiempo durante el cual el sistema dará un servicio con una eficiencia aceptable. Este período varía de acuerdo con el crecimiento de la población, capacidad de la administración, operación y mantenimiento, criterios de instituciones como el Instituto de Fomento Municipal Infom, Empagua, y el Fondo de la Naciones Unidas para la infancia Unicef, quienes recomiendan que los drenajes se diseñen para un período de 30 a 40 años. El período de diseño adoptado para todos los componentes del sistema de este proyecto es de 30 años.

2.1.4.2. Población de diseño

Para el diseño de proyectos, se estima una población que será la que utilizará el servicio durante el período de diseño. Para el cálculo de esta población futura se utilizan varios diseños como:

- Método de crecimiento geométrico o exponencial
- Método de crecimiento aritmético o lineal
- Método de crecimiento bacteriano
- Estimaciones a través de censos poblacionales

Para este proyecto se utilizó el método del crecimiento geométrico.

2.1.4.2.1. Método del crecimiento geométrico

El método de crecimiento geométrico se utiliza para el cálculo estimado de una población futura, tomando en cuenta la población actual y una tasa de crecimiento poblacional que por lo general se obtiene de censos poblacionales. La fórmula de este método es la siguiente:

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

Donde:

Pf = población futura o población de diseño

Po= población actual o inicial

R = tasa de crecimiento poblacional

n = período de diseño

Sustituyendo valores:

Po = 655 habitantes, con base en el censo realizado por el Ine 2008 (5 habitantes por vivienda)

R = 3 %, basado en el censo realizado por el Ine 2008

n = 30 años

$$P_f = 655 * \left(1 + \frac{3}{100}\right)^{30} = 1\,590 \text{ habitantes}$$

2.1.4.3. Dotación

La norma del Infom establece que se debe utilizar, para el diseño una contribución mínima de 200 lts/hab/día para localidades donde el clima es cálido.

2.1.4.4. Factor de retorno (FR)

Es el factor que considera que el 75 % al 90 % del consumo de agua de una población retorna al sistema de alcantarillado. Para este proyecto se utilizará un valor promedio de 80 %.

2.1.4.5. Factor de rugosidad (n)

El factor de rugosidad expresa que tan lisa es la superficie del material por donde se desplaza el flujo, en este caso el colector; y depende del tipo de material de la tubería a utilizar; para este diseño se utilizó tubería PVC; con una rugosidad de 0,010. En la siguiente tabla se presentan algunos valores para diferentes tipos de superficie:

Tabla II. Factor de rugosidad (n)

Material	Factor de rugosidad
Concreto	0,140
Asbesto de cemento	0,011
Mampostería	0,017
Hierro galvanizado (HG)	0,015
Hierro fundido	0,013
Fibra de vidrio	0,011
Polietileno de alta densidad (HDPE)	0,010
Cloruro de polivinilo (PVC)	0,010

Fuente: elaboración propia.

2.1.5. Diseño

El diseño de un sistema de alcantarillado, ya sea pluvial, sanitario o combinado, va a consistir en el cálculo de los diámetros óptimos de tubería y las pendientes de la misma, tomando en cuenta ciertos parámetros de velocidad y altura para que el sistema sea eficaz.

2.1.5.1. Velocidad de diseño

La velocidad de diseño se refiere a la velocidad con la que avanzará el flujo a lo largo de los colectores o tuberías principales.

2.1.5.1.1. Velocidad de arrastre

La velocidad de arrastre es el rango de velocidades con la que debe avanzar el flujo por dos motivos:

- Arrastrar los sólidos para evitar que se azolven y autolimpiarse
- No erosionar la tubería

La velocidad mínima para que los sólidos no se azolven en el fondo de la tubería según, el Infom, es de 0,60 m/s, y la velocidad máxima para evitar que la tubería se erosione es de 3,00 m/s, por lo cual debe respetarse este rango de velocidades para evitar reducir la vida útil del material.

2.1.5.2. Cálculo de caudales sanitarios

Se deben calcular todos los caudales que se evacuarán a través del alcantarillado sanitario, ya que con base en esto se encontrarán los diámetros de la tubería óptimos.

2.1.5.2.1. Caudal domiciliar (Q_{dom})

Es la cantidad de agua que se evacua hacia el alcantarillado luego de ser utilizada en las viviendas. Este desecho doméstico está relacionado íntimamente con la dotación y el suministro de agua potable. El caudal domiciliar se calcula con la siguiente fórmula:

$$Q_{\text{dom}} = \frac{\text{Dotación} * \text{Núm. de habitantes} * \text{FR}}{86\ 400}$$

$$Q_{\text{dom}} = \frac{(200 \text{ lt/hab/día}) (1590 \text{ hab})(0,80)}{86\ 400}$$

$$Q_{\text{dom}} = 2,95 \text{ lt/s}$$

Donde:

Q_{dom} = caudal domiciliar

FR = factor de retorno

2.1.5.2.2. Caudal comercial (Qcom)

Es la cantidad de agua producido por comercios que evacuan al alcantarillado, por lo general provienen de hoteles, restaurantes, almacenes, entre otros. En la actualidad no existen comercios en las aldeas, pero se calculará dado el crecimiento económico del área.

Con base en la siguiente relación (*Apuntes de Ingeniería Sanitaria 2*), los posibles comercios son:

$$\frac{1 \text{ comercio}}{100 \text{ casas}}$$

$$\text{Núm. de comercios} = 131 \text{ casas} * \frac{100 \text{ casas}}{1 \text{ comercio}} = 1,31 \text{ comercios} \approx 2 \text{ comercios}$$

La dotación para un comercio es de 1000 lt/comercio/día

$$Q_{\text{com}} = \frac{\text{Dotacion} * \text{Núm. comercios}}{86\ 400}$$

$$Q_{\text{com}} = \frac{(1000 \text{ lt/comercio/día}) (2 \text{ comercios})}{86\ 400} = 0,02 \text{ lt/s}$$

2.1.5.2.3. Caudal industrial (Qind)

Es la cantidad de agua producida por industrias que evacuan al alcantarillado; por lo general proviene de fábricas, canteras, entre otros. En la actualidad no existen industrias en las aldeas, pero se calculará dado el crecimiento económico del área.

Con base en la siguiente relación (*Apuntes de Ingeniería Sanitaria 2*), los posibles comercios son:

$$\frac{1 \text{ industria}}{200 \text{ casas}}$$

$$\text{Núm. industrias} = 131 \text{ casas} * \frac{200 \text{ casas}}{1 \text{ industria}} = 0,650 \text{ industrias} \approx 2 \text{ industrias}$$

La dotación para una industria es de 3 000 lt/industria/día

$$Q_{\text{ind}} = \frac{\text{Dotación} * \text{Núm. industrias}}{86\ 400}$$

$$Q_{\text{ind}} = \frac{(1000 \text{ lt/industria/día}) (1 \text{ industria})}{86\ 400} = 0,01 \text{ lt/s}$$

2.1.5.2.4. Caudal de infiltración (Qinf)

Es la cantidad de agua que filtra a través de los poros del material de la tubería, principalmente por la proximidad del nivel freático.

La dotación para la infiltración es de 12 000 lt/km/día, según lo indicado por el Infom.

$$Q_{\text{ind}} = \frac{\text{Dotación} [(\text{metros de tubería}) + (\text{Núm.de casas} * 6)]}{86\ 400}$$

$$Q_{\text{ind}} = \frac{12\ 000 \text{ lt/km/día} [(2\ 605,46 \text{ m}) + (130 * 6)]}{86\ 400} = 0,47 \text{ lt/s}$$

2.1.5.2.5. Caudal de conexiones ilícitas (Qilic)

Es el caudal producto de las aguas pluviales (lluvia, granizo, rocío) y son agregadas al sistema de alcantarillado sanitario. Según criterio del Infom, el caudal de conexiones ilícitas es igual a un 10 % del caudal domiciliar.

$$Q_{ilic} = (0,10)Q_{dom} = (0,10)(2,55) = 0,25 \text{ lt/s}$$

2.1.5.2.6. Factor de caudal medio (Fqm)

Se considera como la suma de todos los caudales anteriormente descritos, dividida por el número de habitantes a servir, es decir, el volumen de aguas negras en promedio que circularán por el alcantarillado.

Este factor debe ser mayor a 0,0020 y menor que 0,0050, si por alguna razón el valor calculado estuviera debajo de 0,0020 se adoptará este; y si por el contrario el valor calculado estuviera arriba de 0,0050 se tomará como valor para el diseño 0,0050; considerando siempre que los valores no se alejen demasiado de los límites. El factor de caudal medio se encuentra con la siguiente fórmula:

$$F_{qm} = \frac{\sum Q}{\text{Núm. de hab.}} = \frac{Q_{dom} + Q_{com} + Q_{ind} + Q_{inf} + Q_{ilic}}{\text{Núm. de hab.}}$$

$$F_{qm} = \frac{2,95 + 0,02 + 0,01 + 0,47 + 0,25}{1\ 590 \text{ habitantes}} = 0,0034$$

$$0,002 \leq 0,0034 \leq 0,005$$

2.1.5.2.7. Factor de flujo instantáneo (FH)

El factor de flujo instantáneo o factor de Harmond, determina la probabilidad de que el sistema de drenaje esté siendo utilizado por varios artefactos sanitarios de forma simultánea, a lo largo de un tramo. Se calcula de la siguiente manera:

$$F_H = \frac{18 + \sqrt{P}}{4 + \sqrt{P}}$$

Donde:

F_H = factor de Harmond

P = población en miles

2.1.5.3. Caudal de diseño

También conocido como caudal máximo; es la cantidad de agua negra que transporta el sistema de alcantarillado, para cada tramo existente. Se utiliza la siguiente expresión.

$$Q_{dis} = (\text{Núm. habitantes})(F_{qm})(F_H)$$

Donde:

Núm. de habitantes = habitantes que descargan al colector

F_{qm} = factor de caudal medio

F_H = factor de Harmond

2.1.5.4. Relación de caudales y diámetros q/Q . d/D

La relación de caudales q/Q se obtiene de la división del caudal de diseño, ya sea de población actual o población futura con el caudal que podría transportar la tubería a sección llena. El valor del caudal de diseño debe de ser menor al caudal de sección lleno, y con este valor se pueden encontrar los valores de d/D y v/V , con los cuales se verifica que el sistema está cumpliendo con los parámetros establecidos según el lugar donde se esté diseñando el alcantarillado; para este proyecto es el Infom.

En el diseño del sistema, la relación entre el tirante y el diámetro interno del tubo (d/D) debe estar comprendido entre 0,10 y 0,75. Esta relación depende del caudal que transporta la tubería y habitualmente, en los tramos iniciales, es menor a 0,10; para áreas rurales es aceptable que cinco tramos seguidos, posean una relación debajo del límite inferior.

2.1.5.5. Relación v/V

Es la relación que se da entre la velocidad diseño y la velocidad, si el sistema funcionará a sección llena. La velocidad de flujo mínima del sistema deberá ser mayor o igual a 0,60 m/s, con lo cual se evitará la sedimentación de los sólidos que transporta el flujo; la máxima velocidad será menor o igual a 3,00 m/s, para que el flujo no erosione la tubería, debido a que en algunos ramales hay escasa viviendas y producen caudales bajos; en tales casos se acepta una velocidad de hasta 0,40 m/s.

2.1.5.6. Fórmula de Manning

Se utiliza para determinar la velocidad del flujo a sección llena y se encuentra en función del diámetro, la pendiente y el coeficiente de rugosidad. La fórmula de Manning es la siguiente:

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

Donde:

V = velocidad a sección llena

D = diámetro de la tubería (pulgadas)

S = pendiente de la gradiente hidráulica (m/m)

n = coeficiente de rugosidad de la tubería

2.1.5.7. Profundidades mínimas de tubería y anchos de zanja

La profundidad y ancho de la excavación para la colocación de las tuberías del alcantarillado sanitario dependen de varios factores:

- Diámetro de la tubería
- Tipo de tránsito por donde pasa el colector

En la tabla III se pueden consultar las profundidades y anchos mínimos.

Tabla III. **Anchos y profundidades de zanjas para tuberías Novafort**

Diámetro de tubería (pulgadas)	Ancho de zanja (cm)	Profundidad de zanja (cm)
1	50	50
1 ½	55	50
2	55	50
2 ½	60	50
3	60	50
4	60	50
6	75	60
8	75	65
10	80	70
12	85	75
14	90	80
16	95	90
18	110	95
20	115	105
24	130	115
30	150	135
36	170	160
42	190	180
48	210	190
60	250	250
72	280	210
84	320	330

Fuente: Catálogo de tuberías Amanco, 2009, p. 14.

2.1.5.8. Cotas invert

Se denomina cota invert a la distancia existente entre el nivel de la rasante del suelo y el nivel inferior interno de la tubería.

La diferencia entre la cota invert de la tubería que entra y la cota invert de la tubería que sale, será como mínimo la carga de velocidad en el tubo de salida; a continuación se muestra la fórmula general:

$$h_v = \frac{V^2}{2g}$$

Donde:

V = velocidad en tubería de salida (metros/segundo)

g = constante gravitacional (9,81 m/s²)

2.1.5.9. Componentes del sistema de alcantarillado sanitario

Los sistemas de alcantarillado sanitario se componen básicamente de los colectores que son las tuberías que transportan los flujos de un punto a otro y los pozos de visita, los cuales se instalan para realizar cambios de pendiente, de dirección y recolección de flujo y controles de limpieza.

2.1.5.9.1. Pozos de visita

Los pozos de visita son empleados para la inspección y verificación del buen funcionamiento de la red de alcantarillado, así como para efectuar operaciones de limpieza y mantenimiento; según las normas del Infom, se recomienda colocarlos en los siguientes casos:

- En las intersecciones de colectores
- En cambios de diámetro de los colectores

- Al inicio de cada colector
- En cambios de dirección o pendiente
- En tramos rectos, a distancias no mayores de 100 metros
- En cambios de dirección horizontal

Los pozos de visita de este proyecto serán de ladrillo tayuyo, tendrán un diámetro de 1,20 m; el brocal y la tapadera serán de concreto reforzado; estarán cimentados en una plancha de concreto. Por dentro llevarán un revestimiento de repello y canales que dirigirán los caudales hacia el tubo de salida. Cuando la caída sea mayor de 0,70 m se construirá un sifón de PVC para que el flujo ingrese a nivel de fondo. La ubicación y detalles se pueden observar en los planos de conjunto hidráulico y planta perfil, mostrados en el apéndice.

2.1.5.9.2. Colectores principales

También se conoce como red de alcantarillado; son las tuberías por las que se conducen las aguas negras; la tubería mínima que se utilizará en este proyecto será PVC de 6" tipo Novafort, de diámetro bajo la norma constructiva NTC 3722-1 y NMX-E-215/2.

2.1.5.10. Diseño de la red de alcantarillado

Se diseñará un tramo inicial del PV-25 al PV-26. Se tienen los siguientes datos:

Cota PV-25 = 100,26 m

Cota PV-6 = 100,40 m

Distancia horizontal = 60,00 m

Se procede al cálculo de la pendiente del terreno:

$$S = \left(\frac{100,26 - 100,40}{86,00} \right) 100 = -0,23\%$$

El resultado da un valor negativo, lo cual indica que el flujo del agua en contra de la pendiente del terreno está entre en este par de pozos.

En el plano de densidad de vivienda se observa que en el tramo existen 8 viviendas y no hoy existen viviendas antes de este tramo; de la investigación se tiene que la densidad promedio es igual a 5 hab/vivienda.

Tabla IV. **Cantidad de viviendas**

Viviendas	Núm
Anteriores	0
Actuales	3
Total	3

Fuente: elaboración propia.

$$\text{Núm. de habitantes actuales} = 3 \text{ viviendas} * \frac{5 \text{ habitantes}}{1 \text{ vivienda}} = 15 \text{ habitantes}$$

$$\text{Núm. de habitantes futuro} = 15 \left(1 + \frac{3}{100} \right)^{30} = 36 \text{ habitantes}$$

Cálculo del factor de Harmond para la población actual y futura del respectivo tramo.

$$F_{\text{Hactual}} = \frac{18 + \sqrt{\frac{36}{1000}}}{4 + \sqrt{\frac{36}{1000}}} = 4,40$$

$$F_{\text{Hfutura}} = \frac{18 + \sqrt{\frac{97}{1000}}}{4 + \sqrt{\frac{97}{1000}}} = 4,34$$

Cálculo de diseño actual y futuro:

$$Q_{\text{dactual}} = (15)(4,40)(0,0034) = 0,40 \frac{\text{lt}}{\text{s}}$$

$$Q_{\text{dfuturo}} = (36)(4,34)(0,0034) = 0,54 \frac{\text{lt}}{\text{s}}$$

Se propone un diámetro de tubería; como es tramo inicial se asigna uno de 6" tipo PVC tipo Novafort; la pendiente del terreno no se puede utilizar, ya que va en contra de la dirección del flujo, por lo que se propone una pendiente de 2,40 %. Utilizando la fórmula de Manning, se determina la velocidad a sección llena:

$$V_{\text{llena}} = \frac{0,03429 * (6)^{2/3} * \left(\frac{2,40}{100}\right)^{1/2}}{0,010} = 1,75 \text{ m/s}$$

También se debe encontrar el área hidráulica en el caso de que la tubería estuviera funcionando a sección llena:

$$A_{\text{llena}} = (5,067 \times 10^{-4})(6 \text{ plg})^2 = 0,01824 \text{ m}^2$$

Cálculo de caudal a sección llena:

$$Q_{\text{llena}} = A_{\text{llena}} * V_{\text{llena}}$$

$$Q_{\text{llena}} = (0,01824 \text{ m}^2) * (1,75 \text{ m/s}) * \frac{1 \text{ 000 lt}}{1 \text{ m}^3} = 31,73 \frac{\text{lt}}{\text{s}}$$

Contando con los valores de caudales de diseño y el caudal a sección llena, se procede a encontrar la relación de caudales para ambas situaciones.

Actual:

$$\frac{q}{Q} = \frac{0,40}{31,73} = 0,012502$$

A partir de este valor de q/Q , pueden encontrarse los valores de v/V y d/D :

$$\frac{v}{V} = 0,34241$$

$$\frac{d}{D} = 0,078 \cong 0,1$$

Cálculo de la velocidad actual a sección parcialmente llena:

$$v_{\text{actual}} = (0,3452)(1,74) = 0,60 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Futuro:

$$\frac{q}{Q} = \frac{0,54}{31,73} = 0,01701$$

A partir de este valor encontrado de q/Q , pueden hallarse los valores de v/V y d/D :

$$\frac{v}{V} = 0,375193$$

$$\frac{d}{D} = 0,09 \cong 0,1$$

Cálculo de la velocidad actual a sección parcialmente llena:

$$v_{\text{futuro}} = (0,375193)(1,74) = 0,66 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

En la tabla V se observan las verificaciones hidráulicas que deben cumplirse según el Infom:

Tabla V. **Verificación de especificaciones hidráulicas**

	Caudales lt/s	Velocidad m/s	Diámetros
	$q < Q$	$0,60 \leq v \leq 3,00$	$0,10 \leq \frac{d}{D} \leq 0,75$
Actual	$0,41 < 31,73$	$0,60 \leq 0,60 \leq 3,00$	$0,10 \leq 0,10 \leq 0,75$
Futuro	$0,98 < 31,73$	$0,60 \leq 0,78 \leq 3,00$	$0,10 \leq 0,12 \leq 0,75$

Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar las relaciones hidráulicas cumplen.

Por último se calculan las cotas invert de la siguiente manera:

$$\text{Cota invert salida PV-25} = \text{CIS}_{25}$$

$$\text{Cota invert entrada PV-26} = \text{CIE}_{26}$$

$$\text{Cota terreno PV-25} = \text{CT}_{25}$$

Altura mínima de PV = 0,60 m, ya que la Norma NTC 3722-1 y NMX-E-215/2 para tubería tipo Novafort que es diseñada con una pared anular que la hace estructuralmente más resistente al aplastamiento, dice que la distancia mínima entre la corona del tubo a la superficie del suelo no debe de ser menor de 0,40 m; por lo que se usa una altura de 0,60 m dando 0,20 m más por seguridad.

Entonces:

$$\text{CIS}_{25} = \text{CT}_{25} - H_{\text{min}} = 100,26 \text{ m} - 0,60 \text{ m} = 99,66 \text{ m}$$

$$\text{CIE}_{26} = \text{CIS}_{25} - \frac{S_{\text{tubo}} \cdot \text{DH}}{100} = 99,66 - \left[\frac{2,40 \cdot (60,00 - 1,20)}{100} \right] = 98,25 \text{ m}$$

Los datos y resultados del cálculo hidráulico para todos los ramales, realizado con el procedimiento anteriormente descrito, se presentan a continuación en las tablas VI y VII.

Tabla VI. Diseño de sistema de alcantarillado sanitario

RAMAL	PV		COTA DE TERRENO		DH (m)	S% Terreno	No. De Casas		Factor de Harmond		Caudal sección llena (l/s)	Caudal de diseño(l/s)		Fq _m	Diámetro propuesto (pulgadas)	S% de tubería propuesto	Velocidad (m/s)	
	DE	A	INICO	FINAL			Acumulado	Local	Actual	Futuro		Actual	Futuro				Actual	Futuro
RAMAL 1	1	2	98.82	100	10	-11.80	0	2	4.41	4.37	32.00	0.40	0.40	0.0034	6	2.40	0.60	0.60
	2	17	100	100.11	58	-0.19	2	2	4.38	4.32	32.00	0.40	0.71	0.0034	6	2.40	0.60	0.72
RAMAL 2	7	8	102.18	101.8	27.05	1.40	0	2	4.41	4.37	32.00	0.40	0.40	0.0034	6	2.40	0.60	0.60
	8	9	101.8	101.11	50	1.38	2	4	4.35	4.28	30.49	0.44	1.06	0.0034	6	2.18	0.60	0.78
	9	10	101.11	100.38	46.15	1.58	6	3	4.32	4.23	25.71	0.66	1.57	0.0034	6	1.55	0.60	0.78
	10	17	100.38	100.11	60	0.45	9	3	4.30	4.20	22.91	0.88	2.08	0.0034	6	1.23	0.60	0.78
RAMAL 3	3	4	99.915	99.29	59.97	1.04	0	3	4.40	4.34	32.00	0.40	0.54	0.0034	6	2.40	0.60	0.66
	4	5	99.29	100.16	56.73	-1.53	3	1	4.38	4.32	32.00	0.40	0.71	0.0034	6	2.40	0.60	0.72
	5	16	100.16	100.11	50	0.10	4	3	4.34	4.26	30.07	0.52	1.23	0.0034	6	2.12	0.62	0.81
	13	14	101.55	100.665	60	1.47	0	2	4.41	4.37	32.00	0.40	0.40	0.0034	6	2.40	0.60	0.60
	14	15	100.665	100.245	62.86	0.67	2	3	4.37	4.30	32.00	0.40	0.89	0.0034	6	2.40	0.60	0.76
RAMAL 4	15	16	100.245	100.11	55.71	0.24	5	1	4.35	4.28	30.49	0.44	1.06	0.0034	6	2.18	0.60	0.78
	16	17	100.11	100.11	11	0.00	29	0	4.20	4.05	20.65	2.07	4.84	0.0034	6	1.00	0.72	0.92
	17	18	100.11	99.37	60	1.23	8	29	4.16	4.00	20.65	2.62	6.10	0.0034	6	1.00	0.78	0.98
RAMAL 5	18	27	99.37	100.55	14.28	-8.26	37	0	4.16	4.00	20.65	2.62	6.10	0.0034	6	1.00	0.78	0.98
	20	22	100.92	100.74	75	0.24	0	4	4.38	4.32	32.00	0.40	0.71	0.0034	6	2.40	0.60	0.72
RAMAL 6	22	23	100.74	100.56	75	0.24	4	3	4.34	4.26	28.62	0.52	1.23	0.0034	6	1.92	0.60	0.78
	23	24	100.56	100.335	41	0.55	7	3	4.31	4.22	24.61	0.73	1.74	0.0034	6	1.42	0.60	0.78
	24	27	100.335	100.55	11.4	-1.89	10	1	4.31	4.21	23.64	0.81	1.91	0.0034	6	1.31	0.60	0.78
	25	26	100.26	100.4	60	-0.23	0	3	4.40	4.34	32.00	0.40	0.54	0.0034	6	2.40	0.60	0.66
RAMAL 7	26	27	100.4	100.55	45	-0.33	3	4	4.34	4.26	28.47	0.52	1.23	0.0034	6	1.90	0.60	0.78
	27	28	100.55	100.39	55	0.29	55	4	4.08	3.89	20.65	4.09	9.47	0.0034	6	1.00	0.88	1.11
	28	29	100.39	100.37	94	0.02	59	10	4.05	3.85	20.65	4.75	10.96	0.0034	6	1.00	0.92	1.15
	29	33	100.37	99.54	58	1.43	69	6	4.04	3.83	20.65	5.15	11.84	0.0034	6	1.00	0.94	1.17

Continuación de la tabla VI.

RAMAL	PV		COTA DE TERRENO		DH (m)	S% Terreno	No. De Casas		Factor de Harmond		Caudal sección llena (lt/s)	Caudal de diseño(lt/s)		Fom	Diámetro propuesto (pulgadas)	S% de tubería propuesto	Velocidad (m/s)	
	DE	A	INICO	FINAL			Acumulado	Local	Actual	Futuro		Actual	Futuro				Actual	Futuro
RAMAL 10	30	31	99.64	99.62	66.98	0.03	0	10	4.31	4.22	24.61	0.73	1.74	0.0034	6	1.42	0.60	0.78
	31	32	99.62	99.55	58	0.12	10	2	4.30	4.20	22.91	0.88	2.08	0.0034	6	1.23	0.60	0.78
	32	33	99.55	99.54	38	0.03	12	3	4.28	4.16	20.86	1.09	2.58	0.0034	6	1.02	0.60	0.78
RAMAL 11	33	34	99.54	99.095	50	0.89	90	2	3.99	3.77	20.65	6.24	14.31	0.0034	6	1.00	0.99	1.22
	34	35	99.095	98.56	60	0.89	92	2	3.99	3.76	20.65	6.37	14.59	0.0034	6	1.00	1.00	1.23
	35	36	98.56	98.41	28	0.54	94	0	3.99	3.76	20.65	6.37	14.59	0.0034	6	1.00	1.00	1.23
	36	37	98.41	98.23	84.12	0.21	94	1	3.99	3.76	20.65	6.44	14.74	0.0034	6	1.00	1.00	1.23
	37	44	98.23	98.16	33.48	0.21	95	0	3.99	3.76	20.65	6.44	14.74	0.0034	6	1.00	1.00	1.23
RAMAL 12	6	7	102.13	102.18	84	-0.06	0	2	4.41	4.37	32.00	0.40	0.40	0.0034	6	2.40	0.60	0.60
RAMAL 13	11	12	101.56	101.26	65.04	0.46	0	3	4.40	4.34	32.00	0.40	0.54	0.0034	6	2.40	0.60	0.66
	12	13	101.26	101.055	31.65	0.65	3	1	4.38	4.32	32.00	0.40	0.71	0.0034	6	2.40	0.60	0.72
	13	7	101.055	102.13	11	-9.77	4	0	4.38	4.32	32.00	0.40	0.71	0.0034	6	2.40	0.60	0.72
RAMAL 14	7	19	102.13	101.99	62	0.23	6	0	4.35	4.28	30.49	0.44	1.06	0.0034	6	2.18	0.60	0.78
	19	20	101.99	100.92	46	2.33	6	1	4.34	4.26	28.62	0.52	1.23	0.0034	6	1.92	0.60	0.78
RAMAL 15	20	21	100.92	100.22	86	0.81	7	8	4.28	4.16	20.86	1.09	2.58	0.0034	6	1.02	0.60	0.78
RAMAL 16	21	38	100.22	100.08	66	0.21	15	3	4.26	4.13	20.65	1.30	3.07	0.0034	6	1.00	0.63	0.81
	38	39	100.08	99.81	80	0.34	18	3	4.24	4.11	20.65	1.51	3.56	0.0034	6	1.00	0.66	0.85
	39	40	99.81	99.54	80	0.34	21	9	4.19	4.04	20.65	2.14	5.00	0.0034	6	1.00	0.73	0.93
	40	41	99.54	99.24	87.98	0.34	30	6	4.16	4.00	20.65	2.55	5.95	0.0034	6	1.00	0.77	0.98
	41	42	99.24	98.9	100	0.34	36	0	4.16	4.00	20.65	2.55	5.95	0.0034	6	1.00	0.77	0.98
	42	43	98.9	98.56	100	0.34	36	0	4.16	4.00	20.65	2.55	5.95	0.0034	6	1.00	0.77	0.98
	43	44	98.56	98.16	91.06	0.44	36	0	4.16	4.00	20.65	2.55	5.95	0.0034	6	1.00	0.77	0.98
					2605.46													

Fuente: elaboración propia.

Tabla VII. Cotas invert, profundidad de pozos y dimensiones de zanjas

RAMAL	PV		COTA DE TERRENO		DH (m)	S% Terreno	Cotas invert		Zanjas		Pozos		Mov. tierras (m3)
	DE	A	INICO	FINAL			Salida	Entrada	Ancho (m)	Profundidad (m)	Diámetro (m)	Profundidad (m)	
RAMAL 1	1	2	98.82	100.00	10.00	-11.80	98.22	98.01	0.75	1.30	1.20	1.99	12.11
	2	17	100.00	100.11	58.00	-0.19	97.98	96.62	0.75	2.76	1.20	3.49	124.16
RAMAL 2	7	8	102.18	101.80	27.05	1.40	101.58	100.96	0.75	0.72	1.20	0.84	15.62
	8	9	101.80	101.11	50.00	1.38	100.93	99.87	0.75	1.06	1.20	1.24	41.14
	9	10	101.11	100.38	46.15	1.58	99.84	99.14	0.75	1.26	1.20	1.24	45.02
	10	17	100.38	100.11	60.00	0.45	99.11	98.39	0.75	1.50	1.20	1.72	69.46
RAMAL 3	3	4	99.92	99.29	59.97	1.04	99.32	97.90	0.75	0.99	1.20	1.39	46.31
	4	5	99.29	100.16	56.73	-1.53	97.87	96.54	0.75	2.52	1.20	3.62	111.43
	5	16	100.16	100.11	50.00	0.10	96.51	95.48	0.75	4.14	1.20	4.63	160.83
RAMAL 4	13	14	101.55	100.67	60.00	1.47	100.95	99.54	0.75	0.86	1.20	1.13	40.19
	14	15	100.67	100.25	62.86	0.67	99.51	98.03	0.75	1.69	1.20	2.22	82.15
	15	16	100.25	100.11	55.71	0.24	98.00	96.81	0.75	2.77	1.20	3.30	119.81
	16	17	100.11	100.11	11.00	0.00	95.45	95.35	0.75	4.71	1.20	4.76	44.58
RAMAL 6	17	18	100.11	99.37	60.00	1.23	95.32	94.73	0.75	4.71	1.20	4.64	217.73
	18	27	99.37	100.55	14.28	-8.26	94.70	94.57	0.75	5.32	1.20	5.98	64.20
RAMAL 7	20	22	100.92	100.74	75.00	0.24	100.32	98.55	0.75	1.40	1.20	2.19	81.13
	22	23	100.74	100.56	75.00	0.24	98.52	97.10	0.75	2.84	1.20	3.46	163.88
	23	24	100.56	100.34	41.00	0.55	97.07	96.51	0.75	3.66	1.20	3.83	117.08
	24	27	100.34	100.55	11.40	-1.89	96.48	96.34	0.75	4.03	1.20	4.21	39.53
RAMAL 8	25	26	100.26	100.40	60.00	-0.23	99.66	98.25	0.75	1.38	1.20	2.15	64.48
	26	27	100.40	100.55	45.00	-0.33	98.22	97.39	0.75	2.67	1.20	3.16	93.99
RAMAL 9	27	28	100.55	100.39	55.00	0.29	94.54	94.00	0.75	6.20	1.20	6.39	263.36
	28	29	100.39	100.37	94.00	0.02	93.97	93.04	0.75	6.87	1.20	7.33	493.24
	29	33	100.37	99.54	58.00	1.43	93.01	92.45	0.75	7.22	1.20	7.09	322.78

Continuación de la tabla VII.

RAMAL	PV		COTA DE TERRENO		DH (m)	% Terreno	Cotas Invert		Zanjas		Pozos		Mov. tierras (m ³)
	DE	A	INICO	FINAL			Salida	Entrada	Ancho (m)	Profundidad (m)	Diámetro (m)	Profundidad (m)	
RAMAL 10	30	31	99.64	99.62	66.98	0.03	99.04	98.11	0.75	1.06	1.20	1.51	54.92
	31	32	99.62	99.55	58.00	0.12	98.08	97.38	0.75	1.86	1.20	2.17	83.45
	32	33	99.55	99.54	38.00	0.03	97.35	96.97	0.75	2.39	1.20	2.57	71.07
RAMAL 11	33	34	99.54	99.10	50.00	0.89	92.42	91.93	0.75	7.15	1.20	7.17	276.54
	34	35	99.10	98.56	60.00	0.89	91.90	91.31	0.75	7.22	1.20	7.25	333.74
	35	36	98.56	98.41	28.00	0.54	91.28	91.01	0.75	7.34	1.20	7.40	162.99
	36	37	98.41	98.23	84.12	0.21	90.98	90.15	0.75	7.75	1.20	8.08	498.78
	37	44	98.23	98.16	33.48	0.21	90.12	89.80	0.75	8.23	1.20	8.36	216.77
RAMAL 12	6	7	102.13	102.18	84.00	-0.06	101.53	99.54	0.75	1.62	1.20	2.64	105.14
	11	12	101.56	101.26	65.04	0.46	100.96	99.43	0.75	1.22	1.20	1.83	61.52
RAMAL 13	12	13	101.26	101.06	31.65	0.65	99.40	98.67	0.75	2.13	1.20	2.39	53.31
	13	7	101.06	102.13	11.00	-9.77	98.64	98.40	0.75	3.07	1.20	3.73	29.83
RAMAL 14	7	19	102.13	101.99	62.00	0.23	98.37	97.05	0.75	4.35	1.20	4.94	208.25
	19	20	101.99	100.92	46.00	2.33	97.02	96.16	0.75	4.87	1.20	4.76	173.69
	20	21	100.92	100.22	86.00	0.81	96.13	95.26	0.75	4.88	1.20	4.96	320.47
RAMAL 16	21	38	100.22	100.08	66.00	0.21	95.23	94.58	0.75	5.24	1.20	5.50	266.11
	38	39	100.08	99.81	80.00	0.34	94.55	93.77	0.75	5.79	1.20	6.04	354.40
	39	40	99.81	99.54	80.00	0.34	93.74	92.95	0.75	6.33	1.20	6.59	387.93
	40	41	99.54	99.24	87.98	0.34	92.92	92.05	0.75	6.91	1.20	7.19	464.36
	41	42	99.24	98.90	100.00	0.34	92.02	91.03	0.75	7.54	1.20	7.87	575.28
RAMAL 15	42	43	98.90	98.56	100.00	0.34	91.00	90.01	0.75	8.22	1.20	8.55	626.94
	43	44	98.56	98.16	91.06	0.44	89.98	89.08	0.75	8.83	1.20	9.08	613.65
													8773.31

Fuente: elaboración propia.

2.1.5.11. Acometida domiciliar

Una acometida domiciliar también se conoce con el nombre de conexión domiciliar, y es un tubo que lleva las aguas servidas desde una vivienda o edificio a una alcantarilla común o a un punto de desagüe. Generalmente al construir un sistema de alcantarillado, se deja previsto una conexión en Y o en T en cada lote edificado o en cada lugar donde haya que conectar un desagüe doméstico.

2.1.5.12. Descarga

El punto de la descarga es por donde las aguas negras serán tratadas, para luego dirigirlas a un cuerpo receptor (desfogue), ya sea un río, lago o mar. En este proyecto se diseñó un sistema a base de fosa séptica que trabajará como tratamiento primario, antes de su descarga al río que pasa por el lugar.

2.1.5.12.1. Localización de la descarga

El punto de desfogue, previo a un tratamiento primario de este proyecto, estará ubicado a orillas del río Mongoy. Se puede observar en los planos de diseño, en el apéndice.

2.1.5.12.2. Diseño de fosa séptica

La fosa séptica es una unidad de tratamiento primario, consistente en una o varias cámaras construidas para tratar las aguas negras, antes de ser enviadas a los pozos de absorción o puntos de desfogue. Cumple con la función de sedimentar y digerir los lodos, y permite la transformación anaerobia de las grasas a sustancias y compuestos más simples y estables; a medida que

las aguas negras, procedentes del sistema de alcantarillado, entran en la fosa, la velocidad del flujo se reduce, sólidos mayores forman el cieno, el cual es la acumulación de sólidos en el fondo de la fosa, y las natas que son el conjunto de sólidos parcialmente sumergidos y flotantes que se forman en la superficie.

El periodo de retención de las aguas negras en esta unidad varía de 12 a 72 horas, dependiendo del caudal a tratar. Para este estudio se recomienda implementar 48 horas, para dar suficiente tiempo a la sedimentación. El volumen máximo recomendado para el diseño, es aquel descargado cuando la población corresponde a 131 viviendas (254,40 m³/día),

Fosa séptica (todos los ramales)

Cálculo de caudal:

$$Q = \text{dotación} * \# \text{ habitantes} * F, R,$$
$$Q = 200 \text{ lts/hab/día} * 1\ 590 * 0,08$$
$$Q = 25\ 440 \text{ lts/día} = 254,40 \text{ m}^3/\text{día}$$

Cálculo de dimensiones de fosa séptica:

$$V = L * a * H$$

$$\text{Si } L = 2 * a$$

$$\text{Entonces } V = 2 * H * a^2$$

Proponiendo $H = 2$, altura de sólidos

Sustituyendo valores:

$$254,40 \text{ m}^3/\text{día} = 2 * a^2 * 2,00 \text{ m} \rightarrow a = 7,41 \text{ m}$$

Ancho = 8,00 m

Largo = 16,00 m

Alto = 2,00 m

Tabla VIII. **Datos para chequeos de muros y losa de fosa séptica**

Descripción	Valor	Unidad
Peso específico del suelo	1600	Kg/m ³
Peso específico del concreto	2400	Kg/m ³
Presión activa del suelo	150	Kg/m ²
Presión activa del agua	125	Kg/m ²
Presión máxima admisible del suelo	7320	Kg/m ²
Resistencia del concreto	210	Kg/cm ²
Resistencia de varillas de acero	2810	Kg/cm ²

Fuente: elaboración propia.

Muro exterior:

Utilizando la siguiente fórmula se chequeará por volteo:

$$F_{SV} = \frac{M_r + M_c}{M_{act}}$$

Donde

FSV = estabilidad contra el volteo > 1,5

Mr = momento que produce el peso propio del muro

Mc = momento que ejerce la carga

Mact = momento producido por el empuje del suelo

Cálculo de Mc:

Por el método de las áreas tributarias se encuentra que el muro soportará una carga de $P = 23\ 107,2\ \text{Kg}$.

$$M_c = 23107,2\ \text{kg} * 4,1\ (\text{brazo estimado}) = 94739,52\ \text{kg} - \text{m}$$

Tabla IX. **Cálculo de Mr muro exterior**

Lado	Descripción	Valores	Peso (kg)	Brazo (m)	Momento (Kg-m)
Corto	Peso específico del concreto (Kg/m^3)	2400,00	17318,40	4,10	71005,44
	Largo (m)	0,20			
	Alto (m)	2,20			
	Profundidad (m)	16,40			
Largo	Peso específico del concreto (Kg/m^3)	2400,00	31488,00	2,00	62976,00
	Largo (m)	0,20			
	Alto (m)	4,00			
	Profundidad (m)	16,40			

Fuente: elaboración propia.

$$M_r = 71\ 005,44\ \text{kg} - \text{m} + 62\ 976,00\ \text{kg} - \text{m} = 133\ 981,44\ \text{kg} - \text{m}$$

Cálculo de Mact:

$$M_{act} = 1,600\ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 2,0\text{m} + 2,0\text{m} + 16,4\text{m} = 104\ 960,00, \text{kg} * \frac{2}{3}\text{m} = 69\ 973,33$$

$$F_{SV} = \frac{M_r + M_c}{M_{act}} = \frac{94\ 739,52 + 133\ 981,44}{69\ 973,33} = 3,3 > 1,5; \text{correcto}$$

Chequeo de acero en muro exterior

$$150 (2) = 300 \text{ Kg/m}^2$$

$$H_i = \frac{1}{2} (300) (2) = 300 \text{ Kg}$$

$$M = 300 (200/3) = 20\,000 \text{ Kg/cm}$$

$$A_{s_{\min}} = \frac{M}{f_s * j * d} = \frac{20\,000}{1380 * 0,9 * 10} = 1,61 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

Área de acero en diseño:

$$A_s = \pi \frac{(0,5 \text{ plg})^2}{4} = 0,1963 \text{ plg}^2 * \frac{(2,54 \text{ cm})^2}{1 \text{ plg}^2} = 1,26 \text{ cm}^2 * 5 = 6,33 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

$6,33 \text{ cm}^2 / \text{m} > 1,61 \text{ cm}^2 / \text{m}$ por tanto el área de acero propuesta es adecuada.

Muro intermedio:

Se utilizará el mismo método usado anteriormente para el siguiente cálculo:

Cálculo de M_c :

Por el método de las áreas tributarias se encuentra que el muro soportará una carga de $P = 46\,214,4 \text{ Kg}$.

$$M_c = 46\,214,4 \text{ kg} * 4,1 \text{ (brazo estimado)} = 189\,479,04 \text{ kg} - \text{m}$$

Tabla X. **Cálculo de Mr muro intermedio**

Lado	Descripción	Valores	Peso (kg)	Brazo (m)	Momento (Kg-m)
Corto	Peso específico del concreto (Kg/m ³)	2400,00	17 318,40	4,10	71 005,44
	Largo (m)	0,20			
	Alto (m)	2,20			
	Profundidad (m)	16,40			
Largo	Peso específico del concreto (Kg/m ³)	2400,00	31 488,00	2,00	62 976,00
	Largo (m)	0,20			
	Alto (m)	4,00			
	Profundidad (m)	16,40			

Fuente: elaboración propia.

$$M_r = 71\,005,44 \text{ kg} - \text{m} + 62\,976,00 \text{ kg} - \text{m} = 133\,981,44 \text{ kg} - \text{m}$$

Cálculo de M_{act}:

$$M_{act_1} = \left(1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 2,0 \text{ m} * 2,0 \text{ m} * 16,4 \text{ m} \right) * \frac{2}{3} \text{ m} = 43\,733,33 \text{ kg} - \text{m}$$

$$M_{act_2} = \left(2\,400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0,20 \text{ m} * 4,0 \text{ m} * 16,4 \text{ m} \right) * 2,75 \text{ m} = 86\,592,00 \text{ kg} - \text{m}$$

$$M_{act} = M_{act_1} + M_{act_2} = 43\,733,33 + 86\,592,00 = 130\,325,33,$$

$$F_{SV} = \frac{M_r + M_c}{M_{act}} = \frac{189\,479,04 + 133\,981,44}{130\,325,33} = 2,5 > 1,5; \text{ correcto}$$

Chequeo de acero en muro interior:

$$1000 \text{ Kg/m}^2$$

$$H_i = \frac{1}{2} (1000) (2) = 1000 \text{ Kg}$$

$$M = 1000 (200/3) = 16666,66 \text{ Kg/cm}$$

$$A_{s_{\min}} = \frac{M}{f_s * j * d} = \frac{66666,67}{1380 * 0,9 * 10} = 5,36 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

Área de acero en diseño:

$$A_s = \pi \frac{(0,5 \text{ plg})^2}{4} = 0,1963 \text{ plg}^2 * \frac{(2,54 \text{ cm})^2}{1 \text{ plg}^2} = 1,26 \text{ cm}^2 * 5 = 6,33 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

$6,33 \text{ cm}^2 / \text{m} > 5,36 \text{ cm}^2 / \text{m}$ por tanto el área de acero propuesta es adecuada.

Chequeo de losa:

El diseño indica núm. 3 @ 0,20 en ambos sentidos

Calculando A_s que conlleva el diseño en un metro lineal:

$$A_s \rightarrow 100 \text{ cm}$$

$$1,27 \text{ cm}^2 \rightarrow 15 \text{ cm}; A_s = 8,45 \text{ cm}^2$$

Cálculo del momento resistente $A_{s_{\min}} = 3,55 \text{ cm}^2$

$$M_{u_{As}} = \phi * \left[A_{s_{\min}} * f_y * \left(d - \frac{A_{s_{\min}} * f_y}{1,7 * f'_c * b} \right) \right]$$

$$Mu_{As} = 0,9 * \left[8,45 * 2810 * \left(7 - \frac{8,45 * 2810}{1,7 * 210 * 100} \right) \right] = 135377 \text{ kg} - \text{cm}$$

$$Mu_{As} = 1353,77 \text{ kg} - \text{m}$$

Integración de cargas

Carga muerta (cm)

Se considera el peso propio y las sobrecargas

CM = $\delta c * t$ + sobrecarga

$$CM = 2400 \text{ Kg/m}^3 * 0,10 \text{ m} + 100 \text{ Kg/m}^2$$

$$CM = 340 \text{ Kg/m}^2$$

Carga muerta última (CMu) = 1,4*CM

$$CMu = 1,4 * 340 \text{ Kg/m}^2$$

$$CMu = 476 \text{ Kg/m}^2$$

Carga viva (cv)

La losa será accesible, por lo tanto se asumirá una carga viva (CV) de 100 Kg/m².

Carga viva última (CVu) = 1,7*CV

$$CVu = 1,7 * 100 \text{ Kg/m}^2$$

$$CVu = 170 \text{ Kg/m}^2$$

Carga última (cu)

Esta carga es la que se utiliza para el diseño final y está en función de la carga muerta y la carga viva.

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

$$CU = 476 \text{ Kg/m}^2 + 170 \text{ Kg/m}^2$$

$$CU = 646 \text{ Kg/m}^2$$

Comparación de momentos

El ACI establece las fórmulas específicas para determinar los momentos negativos y positivos en una losa, dependiendo del tipo de apoyo o caso; para este caso particular se utilizará únicamente la fórmula del MB(+) para comparar con el momento que resiste el acero en la losa de la fosa:

Donde:

MB = momento actuante (negativa, positiva en ambas longitudes)

CBcm = coeficiente de carga muerta (+), según relación a/b y empotramiento

CBcv = coeficiente de carga viva (+), según relación a/b y empotramiento

M = 1, Caso 7:

$$MB(+) = \left[(0,033) \left(476 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \right) (7,33\text{m})^2 \right] + \left[(0,035) \left(170 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \right) (7,33\text{m})^2 \right]$$

$$MB(+) = 1163,60 \text{ kg} - \text{m}$$

Por tanto $MuAs > MB (+)$

1353,77 Kg – m > 1163,6 Kg-m

Se concluye que el área de acero en la losa resiste el momento producido por la carga.

2.1.6. Estudio de impacto ambiental

Es necesario tomar en cuenta los factores importantes en lo que se refiere al control que se debe brindar en todas las fases del proyecto, con la finalidad de disminuir cualquier riesgo, entre los cuales se mencionan: la seguridad personal, proceso aire, suelo, agua, flora y saneamiento.

Decreto número 68-86. Artículo 8.- (reformado por el decreto del Congreso Número 1-93). Para todo proyecto, obra, industria o cualquier otra actividad que por sus características puede producir deterioro a los recursos naturales renovables o no al ambiente, o introducir modificaciones nocivas o notorias al paisaje y a los recursos culturales del patrimonio nacional, será necesario previamente a su desarrollo un estudio de evaluación del impacto ambiental, realizado por técnicos en la materia y aprobado por la Comisión de Medio Ambiente.

- **Componente social:** los beneficiados de los proyectos recibirán directamente el impacto de acarreo de materiales de construcción y molestias del proceso de zanjeo y construcción durante el tiempo que dure la misma.
- **Estética:** ruido: movimiento de tierras, paisaje dañado y degradación visual.

- Impacto de las aguas servidas: el término aguas residuales comprende numerosos tipos de desechos líquidos, desde las aguas de drenaje doméstico y de servicios, hasta los subproductos industriales y las aguas pluviales colectadas en la red municipal.

Cuando estas aguas no reciben tratamiento alguno y son conducidas y arrojadas fuera del área urbana, como ocurre en la mayoría de las poblaciones de Latinoamérica, representa un problema a las áreas silvestres y a la calidad de vida de las comunidades.

Los contaminantes de las aguas residuales regularmente están constituidos de materia orgánica (a manera de sólidos disueltos y suspendidos), nutrientes, grasas o aceites, sustancias tóxicas y microorganismos patógenos, Los indicadores de calidad de aguas servidas más monitoreados son:

- Demanda bioquímica de oxígeno o DBO (mg/l): mide el potencial de contaminación biológica.
- Demanda química de oxígeno o DQO (mg/l): mide el consumo de oxígeno del agua debido a reacciones químicas en ese medio.
- Oxígeno disuelto (OD).
- Sólidos: suspendidos totales (mg/l), sedimentables (ml/l).
- pH (unidades de pH).
- Grasas y aceites (mg/l).
- Coliformes totales.
- Fósforo total.
- Nitrógeno total.

En relación con el manejo de desechos sólidos, el Código de Salud. Decreto 90-97 del Congreso de la República de Guatemala, en el artículo 103, que se refiere a la disposición de los desechos sólidos indica:

“Se prohíbe arrojar o acumular desechos sólidos de cualquier tipo en lugares no autorizados, alrededor de zonas habitadas y en lugares que puedan producir daños a la salud a la población, al ornato o al paisaje, utilizar medios inadecuados para su transporte y almacenamiento o proceder a su utilización, tratamiento y disposición final, sin la autorización municipal correspondiente, la que deberá tener en cuenta el cumplimiento de las medidas sanitarias establecidas para evitar la contaminación del ambiente, específicamente de los derivados de la contaminación de los afluentes provenientes de los botaderos de basura legales o clandestinos”.

Ciertas normativas que pueden ser de gran utilidad para el manejo de desechos sólidos para el sistema de alcantarillado de la aldea El Cielito. La Municipalidad de Asunción Mita será el ente principal para regular y controlar dicho manejo.

- Regular y controlar el almacenamiento temporal de los desechos sólidos en: industrias, mercados, comercios, plazas, calles, demás lugares públicos o privados, así como en las edificaciones nuevas que se autoricen, deberá preverse el depósito adecuado y accesible al recolectar.
- Establecer, regular, autorizar, controlar y supervisar el sistema de almacenamiento, recolección y transporte de los desechos sólidos de industrias, mercados, comercios, parques, plazas, calles y demás lugares públicos o privados, con cobertura en todo el municipio, en el cual se pueden establecer áreas de trabajo y procedimientos específicos en cada caso.

- Controlar técnicamente, la disposición final de los desechos sólidos en los lugares autorizados.
- Establecer y promover programas de concientización, sensibilización y educación ambiental para la población, incluyendo el conocimiento de la normativa ambiental existente; y promover e incentivar programas de investigación y estudios específicos para el mejor conocimiento de los desechos sólidos que se generan, sus características y cómo reducir los efectos contaminantes y las formas para un manejo adecuado.
- Coordinar con instituciones públicas o privadas, las actividades que permitan eliminar y prevenir los focos de contaminación y mantener la limpieza del municipio.
- Promover la clasificación, selección, recuperación, reutilización y reciclado de los desechos sólidos que así lo permitan.

2.1.6.1. En construcción

En los trabajos de construcción del sistema de drenaje es importante considerar las siguientes medidas de mitigación para su ejecución:

- Nivel atmosférico: la emanación de partículas y polvo son el principal contaminante, cuando se realiza la extracción de tierra; por lo tanto, se deberá de humedecer constantemente el suelo (del sitio y el extraído). Asimismo la contaminación auditiva, producto de la utilización de la maquinaria y equipo, deberá mitigarse realizando los trabajos en horas hábiles.

- Nivel lítico: se debe buscar el acomodamiento correcto del sitio donde se harán los depósitos de tierra, compactando de manera adecuada.
- Nivel sanitario: se colocarán letrinas y basureros provisionales, para utilización de los trabajadores; así se evitará contaminar los alrededores y provocar enfermedades o molestias a los vecinos.
- Nivel socio cultural: la circulación peatonal y vehicular podría verse interrumpida; por tal razón, se deberán señalizar e informar los días y horas en que podría suceder.
- Nivel ambiental: se tratará la manera de que en la ejecución del proyecto, no se modifique excesivamente el paisaje natural, de lo contrario se reforestará y mejorará la vegetación.

2.1.6.2. En operación

En la etapa de funcionamiento del proyecto de drenaje sanitario de la aldeas Cola de Pava y San Jerónimo, cuando se llegan a generar los impactos ambientales de mayor significado, principalmente en lo relativo a desechos sólidos y líquidos que el sistema recolecta, dada la contaminación que generan las aguas residuales, se pueden reducir mediante los siguientes procesos:

- Tratamiento de aguas servidas propuesto: es importante indicar que las fosas sépticas deben ser limpiadas de los lodos por lo menos cada 6 meses.

- Por la emisión de gases de la fosa séptica, se debe considerar una posibilidad de riesgo por incendio, por lo que se estima conveniente tener siempre a la mano extintores en áreas cercanas a la fosa.
- Los métodos de tratamiento de las aguas servidas deben ser instalados tal y como se describen en los diseños y planos del proyecto, para que los desechos sólidos y líquidos sean tratados de la manera indicada y propuesta.

2.1.7. Elaboración de planos

Después de realizar los procedimientos descritos en las secciones anteriores, es necesario plasmar los resultados en planos. Estos son representaciones gráficas que detallan todas las partes y los trabajos a realizar en el proyecto, y que sirven para presupuestar, contratar y construir los diferentes trabajos del mismo.

Los planos que para el presente proyecto se elaboraron son: planta general, planta perfil, detalles de pozos de visita y conexiones domiciliarias, se encuentran en el apéndice.

2.1.8. Evaluación socioeconómica

Se realiza para conocer la rentabilidad del proyecto o en el caso de la mayoría de proyectos que se desarrollan las Municipalidades se enfocan en la cantidad de beneficiarios a atender; para esto se asume que el proyecto será financiado y la inversión no será recuperada. A continuación se presentan algunos métodos a utilizar.

2.1.8.1. Valor presente neto (VPN)

Consiste en trasladar los movimientos monetarios de un proyecto a través del tiempo, a valores actuales, para determinar la rentabilidad al término del período de funcionamiento; la tasa de interés, se asume el 12 %, dado que el proyecto no es de carácter lucrativo, sino de carácter social, la tasa debe ser la mínima utilizada en el mercado.

El valor presente neto viene dado por la diferencia entre la suma de ingresos o beneficios y la sumatoria de egresos o costos. El resultado posible es un valor presente neto mayor que cero o menor que cero, lo cual representa la recuperación de la inversión, rentabilidad y la no recuperación con una menor utilidad, respectivamente.

A continuación se presenta el resumen de ingresos y egresos:

Tabla XI. **Costo sistema de alcantarillado sanitario**

Egresos de VPC		
Valor Inicial		Q3 281 835,68
Valor operación y mantenimiento	Q 2 000,00 * 12 meses	Q24 000,00
Ingresos VPB		
Valor conexión	131 viv, * Q 400,00	Q52 400,00
Tarifa	131 viv, * Q10,00 * 12 meses	Q15 720,00
	Interés	12 %
	N	30 años

Fuente: elaboración propia.

La fórmula general es:

$$VPN = VPB - VPC$$

$$VPB = 52\,400 + 15\,600 * \left[\frac{(1 + 0,12)^{30} - 1}{0,12 * (1 + 0,12)^{30}} \right] = 173\,721,74$$

$$VPC = 3\,281\,835,68 + 24\,000 * \left[\frac{(1 + 0,12)^{30} - 1}{0,12 * (1 + 0,12)^{30}} \right] = 3\,468\,484,51$$

Entonces:

$$VPN = 173\,721,74 - 3\,468\,484,51 = -3\,294\,762,77$$

Como se puede observar, el valor presente neto de este proyecto es negativo, lo cual indica que no produce ninguna utilidad; solamente cumple su objetivo de carácter social, beneficiando a los habitantes de la aldea.

2.1.8.2. Tasa interna de retorno (TIR)

Este indicador es utilizado para evaluar el rendimiento de una determinada inversión; en este proyecto, por ser de carácter social, no se obtendrá una tasa interna de retorno atractiva, por lo que el análisis socioeconómico que se efectuará es obtener el costo/beneficio del proyecto, el cual se realiza a nivel municipal de la siguiente manera:

$$\text{Costo} = \text{Inversión inicial} - \text{VPN (sin costo inicial)}$$

$$\text{Costo} = Q\,3\,281\,835,68 - Q\,15\,663,54 = Q\,3\,266\,172,14$$

Beneficio = núm. de habitantes beneficiados (población futura)

$$\text{Costo/beneficio} = \frac{Q\ 3\ 266\ 172,14}{1590} = Q, \frac{2\ 054,20}{\text{hab}}$$

El resultado muestra que el proyecto puede ser considerado favorable para la Municipalidad, aunque el costo beneficio se podría reducir si las aldeas fueran más habitadas, ya que son lugares grandes con pocas viviendas.

2.1.9. Presupuesto

El presupuesto es una herramienta de planificación, coordinación y control de funciones que presenta en términos cuantitativos las actividades a ser realizadas en el proceso constructivo, con el fin de dar el uso más productivo a sus recursos, para alcanzar determinadas metas.

2.1.9.1. Presupuesto de materiales

- La cantidad de arena de río y pedrín se calculó por metro cúbico de fundición por pozo de visita.
- El concreto para la fundición de pozos se calculó por metro cúbico.
- La cantidad de refuerzo y alambre de amarre se calculó en varillas y libras, respectivamente, por pozo.
- La totalidad de materiales deberá ser local y proporcionada por la Municipalidad.

- Los precios de los materiales se tomaron con base en los que se manejan en el municipio.

2.1.9.2. Presupuesto mano de obra

A continuación se presentan los aspectos del presupuesto de mano de obra:

- La cuantificación de la mano de obra calificada se realizó en forma unitaria, metro lineal, metro cuadrado y metro cúbico.
- Los salarios de la mano de obra, se tomaron con base en los precios que se manejan en la comunidad.

2.1.9.3. Resumen presupuesto final

A continuación se presenta la tabla XII, con el detalle del presupuesto final del alcantarillado sanitario.

Tabla XII. **Presupuesto final alcantarillado sanitario**

Núm	Reglones de trabajo	Unidad	Cantidad	Precios unitarios (Q)	Precio total (Q,)	Precio total (\$)
1	Topografía	Km	2,3	Q1 200,00	Q2 760,00	\$348,92
2	Excavación zanja para drenaje	m ³	8 190,67	Q62,05	Q508 231,07	64 251,71
3	Excavación para pozo de visita	m ³	582,32	Q167,40	Q97 480,37	\$12 323,69
4	Colocación de tubería 6"	Tubo	426	Q1 602,24	Q682 554,24	\$86 290,04
5	Construcción de brocal PV	Unidad	44	Q3 100,00	Q136,400,00	\$17 243,99
6	Construcción de PV < 0,60 m	Unidad	6	Q3 753,96	Q22 523,76	\$2 847,50
7	Construcción de PV > 0,60 m	Unidad	38	Q12 500,04	Q475 001,52	\$60 050,76
8	Conexión domiciliar	Unidad	131	Q3 948,56	Q517 261,36	\$65 393,35
9	Relleno de zanjas	m ³	6 460,64	Q130,00	Q839 883,20	\$106 179,92
PRECIO TOTAL					Q3 281 835,68	\$414 897,05
Incluye impuesto al valor agregado (IVA)						
US, \$ 1,00 = Q,7,91						

Fuente: elaboración propia.

2.1.10. Cronograma de actividades

A continuación se presenta el cronograma de actividades sobre la ejecución del proyecto propuesto en el presente trabajo académico.

Tabla XIII. Cronograma de actividades alcantarillado sanitario

TIEMPO DE EJECUCIÓN																												
SEMANAS	MES 1				MES 2				MES 3				MES 4				MES 5				MES 6				MES 7			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
DESCRIPCIÓN																												
Excavación de zanjas																												
Instalación de colectores																												
Pozos de visita																												
Instalación domiciliar																												
Relleno de zanjas																												
Construcción PTAR																												

Fuente: elaboración propia.

2.2. Diseño de la escuela de dos niveles para el barrio La Prolac

El barrio La Prolac es un barrio que surgió a raíz de una invasión de personas de escasos recursos en el lado este del casco urbano de la villa, poco a poco se ha ido formando, por lo cual las necesidades van surgiendo; una de ellas de vital importancia es una escuela, esto con el fin que los niños del área no recorran trayectos muy largos para acudir a las jornadas de estudio.

2.2.1. Descripción del proyecto

El diseño de la edificación escolar consta de dos niveles, la distribución de los ambientes será:

- El segundo nivel tendrá cuatro aulas.
- El primer nivel está compuesto de tres aulas y servicios sanitarios (hombres y mujeres).

La edificación contará con los servicios de energía eléctrica, agua potable y drenajes. La estructura de la edificación estará compuesta de marcos dúctiles con losas planas de concreto reforzado; los muros serán de *block* pómez, piso de granito, ventanas y puertas de metal.

2.2.1.1. Infraestructura requerida

Es el proceso más general del proyecto de una obra civil, en la cual se definen las características que debe tener la edificación para cumplir de manera adecuada las funciones que está destinada a desempeñar. Es necesario que se cuente con las siguientes áreas:

- 7 aulas de enseñanza–aprendizaje
- Servicios sanitarios
- Módulo de gradas
- Área de recreación

2.2.2. Descripción del terreno disponible

El terreno donde se planea construir la escuela es un terreno relativamente plano, con consistencia limosa ubicado cerca de la fábrica de lácteos La Prolac, al cual se le realizó un estudio topográfico y de suelos para ciertos parámetros de diseño estructural y arquitectónico.

2.2.2.1. Localización del terreno

El terreno en el que dispone construir la escuela está ubicado en el barrio La Prolac, a un costado de la cancha de fútbol de dicho barrio. Los terrenos de ese barrio tuvieron que ser donados por la Municipalidad de Asunción Mita, llegando a un acuerdo con los propietarios de la fábrica de lácteos Prolac, ya que el barrio se originó debido a una invasión de campesinos,

2.2.2.2. Estudio topográfico

Para este proyecto se realizaron estudios topográficos de altimetría y planimetría para tener una idea del comportamiento geográfico del terreno, básicamente es un terreno bastante plano.

2.2.2.2.1. Planimetría

El terreno es plano, por ser de una lotificación ya existente; tiene una forma rectangular con dimensiones de 36 metros de largo por 20 metros de ancho, dando un área de 720 m²; estas medidas se obtuvieron con cinta métrica.

2.2.2.2. Altimetría

Como se mencionaba en el inciso anterior, el terreno es plano, por lo que no hubo necesidad de realizar un levantamiento de niveles del terreno.

2.2.3. Criterios de diseño

Estos son parámetros que se deben tomar en cuenta para el diseño de cualquier estructura. En el caso de edificaciones escolares, para la disposición y distribución de áreas, aspectos arquitectónicos y de funcionamiento, se aplicaron las normas contenidas en el Reglamento de Construcción de Edificios Escolares del Ministerio de Educación, conjugándolas con criterios personales.

Estos son los criterios que se tomaron en cuenta para el diseño arquitectónico de la edificación, para que esta tuviera la funcionalidad adecuada:

- Orientación del edificio, para proporcionar una óptima iluminación y ventilación.
- Altura del edificio, así como de cada nivel (3,00 m cada nivel); esto se toma en cuenta por la acumulación de calor en cada ambiente.
- Ubicación y tamaño de ventanas, para tratar de aprovechar la luz solar la mayor cantidad del día, reduciendo así costos de energía eléctrica.
- Ubicación de las instalaciones hidráulicas y de drenaje, esto con el fin de que si en dado caso hubiese que realizar alguna reparación en ellas, interrumpa lo menos posible los salones de enseñanza-aprendizaje.

- Ubicación de lámparas, tomacorrientes e interruptores, tomando en cuenta la altura promedio de los alumnos que habitarán las aulas, así como las longitudes estándar de los cables en aparatos eléctricos (computadores, proyectores, equipos de sonido, entre otros).
- Color de los muros, colores suaves para aumentar el reflejo de la iluminación y proporcionar al estudiante un ambiente de tranquilidad.
- Espacios educativos: se refieren a la totalidad de espacios destinados al ejercicio de la educación, el cual se desarrolla por medio de diferentes actividades. Por tal razón, las características de los espacios educativos varía de acuerdo con los requerimientos pedagógicos de las distintas asignaturas. En el reglamento se describen como espacios educativos característicos: aula teórica, unitaria, de proyecciones y la economía doméstica.

Para este edificio escolar se diseñaron todas las aulas como un aula teórica, ya que esta se utiliza en todos los espacios educativos de este proyecto, por ser la que mejor se adapta a los requerimientos del centro educativo.

La función del aula teórica es proveer a los maestros y alumnos de un espacio para desarrollar, en forma cómoda, las actividades del proceso enseñanza aprendizaje, ya sea en la forma tradicional expositiva o modificando la ubicación del mobiliario para desarrollar otras técnicas didácticas.

Debido a que el nivel de escolaridad que se prestará en el centro educativo que se está diseñando, será variado en cada jornada y esto probablemente cambiará con el tiempo; las recomendaciones para el diseño de

un aula teórica aquí se generalizan, ya que en los niveles primario, básico y diversificado, son similares. Dichas recomendaciones generalizadas son las siguientes:

- La capacidad óptima en el nivel diversificado es de 30 alumnos, pero se permite un máximo de 40 alumnos.
- El área óptima por alumno es de 1,50 m², pero si el espacio no lo permite se acepta un mínimo de 1,30 m².
- Para la superficie total del aula debe considerarse el caso crítico, es decir, cuando se da la capacidad máxima de 40 alumnos. Pero podrá ser diseñada de acuerdo con los requerimientos existentes.
- La forma del aula será cuadrada o rectangular, se recomienda que el lado mayor no exceda 1,5 veces el lado menor.
- La fuente principal de iluminación natural debe provenir del lado izquierdo del alumno sentado frente al pizarrón.
- La distancia máxima desde la última fila al pizarrón, será de 8 m; y el ángulo horizontal de visión de un alumno sentado, será como máximo 30°.
- Tendrá instalaciones de energía eléctrica, con luminarias adecuadas que proporcionen iluminación artificial abundante y constante; además, tendrá dos tomacorrientes, uno al frente y otro en la parte posterior, colocados a 0,40 m sobre el nivel del piso.

2.2.4. Diseño arquitectónico

Las aulas se diseñaron con capacidad de 35 alumnos, necesitando un área mínima de 1,30 m², y un área interna de salón de 46,00 m² tiene forma rectangular de 5,75x8,00 m.

El diseño arquitectónico se refiere a darle la forma adecuada y distribuir en conjunto los diferentes ambientes que componen el edificio. Se deben tomar en cuenta los diferentes criterios tales como: número aproximado de personas que utilizarán la edificación, crecimiento poblacional, dimensiones del terreno y financiamiento para la construcción.

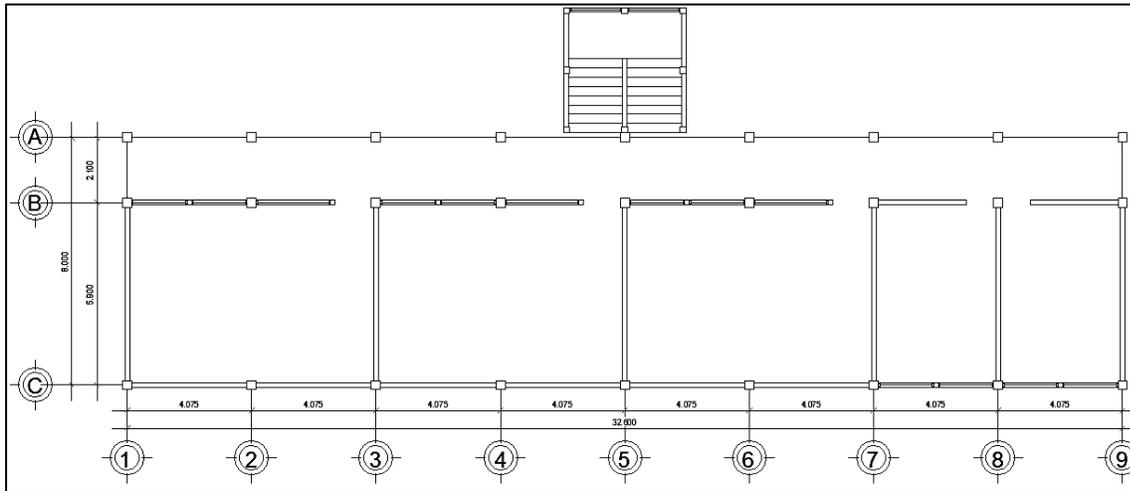
La forma de los ambientes y su distribución dentro del edificio se hace del modo tradicional para edificios educativos, por ser esta la que más se ajusta a las necesidades existentes y al espacio disponible.

2.2.5. Tipología estructural

Ya teniendo el diseño arquitectónico terminado, se debe de elegir el tipo de estructura que se adecue más a lo requerido por el diseño. Para este proyecto se optó por elegir marcos dúctiles de concreto reforzado, ya que por la forma de las aulas y distribución de espacios, se pueden diseñar marcos dúctiles sin afecta el diseño arquitectónico.

Los tabiques o muros de separación de las aulas serán de mampostería de *block* pómez de baja resistencia, ya que estos solo cumplen con la función de dividir ambientes y el peso de la estructura va soportado por los marcos dúctiles.

Figura 2. **Planta de edificio escolar**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

2.2.6. Predimensionamiento estructural

El predimensionar la estructura, consiste en darle medidas preliminares a los elementos que la componen, es decir, los que serán utilizados para soportar las cargas aplicadas. Para esto se puede recurrir a la experiencia en obras similares y utilizar métodos analíticos cortos.

2.2.6.1. Columnas

El método que se utiliza para predimensionar las columnas determina la sección y se basa en la carga aplicada a esta. Para este proyecto se va a utilizar la columna más crítica, es decir, la que soporta las mayores cargas, con el fin de lograr simetría en los elementos estructurales verticales. La medida resultante se aplica a todas las demás columnas.

Se parte de la siguiente fórmula:

$$P = 0,80 [(0,225 F'c * Ag) + (Fy * As)]$$

Donde:

P = área tributaria x peso concreto armado = 16,32 * 2 400 = 39 168 kg/m

F'c = resistencia del concreto = 210 kg/m

Fy = resistencia de acero = 2 810 kg/m

Ag = área gruesa de columna (área de concreto)

As = área de acero (1% Ag < A s < 6 % Ag)

Usando un As de 0,01 Ag entonces queda:

$$39 168 = 0,8 ((0,225*210* Ag) + (2,810*0,01 Ag))$$

Ag = 658,95 cm²; según ACI sección mínima 20*20 cm = 400 cm², se propone trabajar con una de 30*30 cm = 900 cm² que es mayor al Ag calculado (658,95 < 900) cm²

2.2.6.2. Vigas

Para predimensionar las vigas, el método utilizado, calcula el peralte de la viga, dependiendo esta de la luz que cubre la viga. La base de la viga queda a criterio del diseñador, usando aquí el ancho de las columnas. Se calcula la viga de mayor longitud, ya que esta va a ser la que va a tener mayor flexión y por ende, mayores dimensiones.

$$t_{\text{viga}} = \frac{L}{18,5} = \frac{18 - 0,15 - 0,15}{18,5} = 0,3027$$

Se opta por el valor entero aproximado, en este caso 0,40 m, y una base de 0,25 m. Se va diseñar la viga con estos valores, pero están sujetos a cambios dependiendo los resultados de diseño.

$$H = 0,40 \text{ m}$$

$$B = 0,25 \text{ m}$$

2.2.6.3. Losas

El método usa como variables las dimensiones de la superficie de la losa y el tipo de apoyos que tiene. En este caso, todas las losas están apoyadas en cuatro lados, pero se tienen dos medidas de losas, por tanto, se toma la crítica, es decir la de mayor área y el peralte resultante se usa en todas las losas. Para losas en dos direcciones, ACI recomienda la siguiente fórmula para el cálculo del espesor:

$$t_{\text{llosa}} = \frac{\text{Perímetro losa}}{180} = \frac{(2 * 5,90) + (2 * 4,075)}{180} = 0,1102 \cong 0,12 \text{ m}$$

2.2.7. Tipos de cargas

Las cargas que actúan sobre las estructuras pueden dividirse en tres grandes categorías:

- Cargas muertas
- Cargas vivas
- Cargas ambientales

2.2.7.1. Cargas muertas

Las cargas muertas son aquellas que se mantienen constantes en magnitud y fijas en posición durante la vida de la estructura. La mayor parte de la carga muerta es el peso propio de la estructura, en donde se incluyen los pesos de instalaciones, tabiques, materiales que constituyen el marco estructural, entre otros.

2.2.7.2. Cargas vivas

Las cargas vivas consisten principalmente en cargas de ocupación en edificios. Estas varían dependiendo la funcionalidad de la estructura, es decir, si es un edificio escolar, oficina, bodega, entre otros. Estas cargas no se mantienen fijas en una sola posición.

2.2.7.3. Cargas ambientales

Las cargas ambientales son producidas por eventos naturales los cuales deben tomarse en cuenta, ya que pueden afectar la estructura. Entre ellas se pueden mencionar: el viento, sismos, nieve, presiones del suelo, entre otros.

2.2.8. Integración de cargas

Se deben calcular las cargas que afectarán a la estructura, ya que con estas se puede determinar las características de cada elemento estructural del marco.

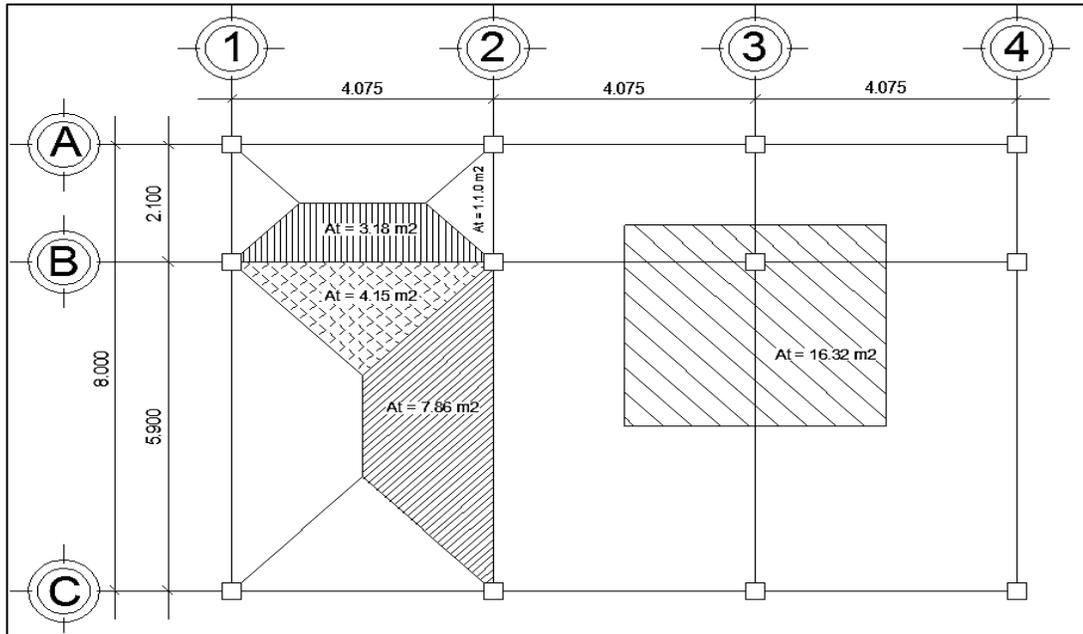
2.2.8.1. Integración de cargas verticales

También son llamadas cargas por gravedad; se dividen en carga viva y muerta. Las cargas vivas son cargas ocasionales, tales como el peso de personas; la carga muerta es aquella que permanece constante, inamovible y permanente dentro de una estructura, generalmente está constituida por el peso propio de los elementos que integran la estructura.

- Cargas vivas (CV)
 - En azotea = 100 kg/m^2
 - En aulas = 350 kg/m^2
 - En pasillos = 500 kg/m^2

- Cargas muertas (CM)
 - Peso del concreto = $2\,400 \text{ kg/m}^3$
 - Peso de acabados e instalaciones = 60 kg/m^2
 - Peso de piso y mezclón = 144 kg/m^2
 - Peso de muros = 250 kg/m^2
 - Peso de viga = 240 kg/m^2
 - Peso de losa = 288 kg/m^2

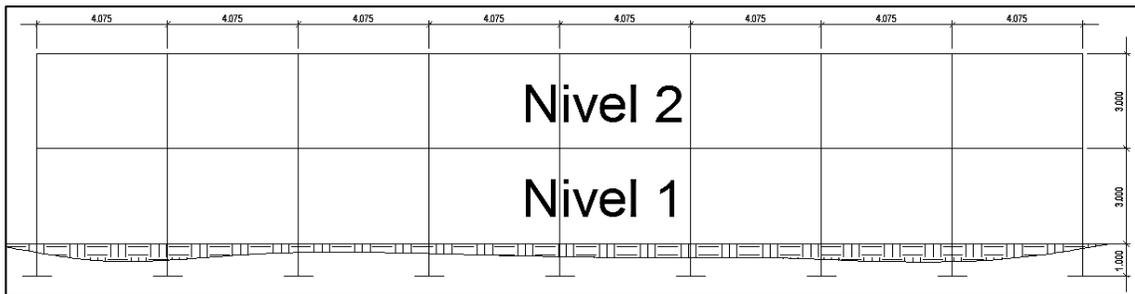
Figura 3. **Planta de áreas tributarias**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

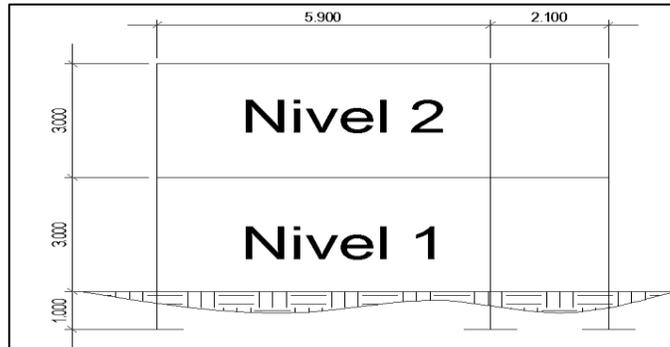
Los sentidos de los marcos en la estructura vienen dados de la siguiente manera:

Figura 4. **Elevación del edificio sentido X**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 5. Elevación del edificio sentido Y



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Se calcularán las cargas por nivel a lo largo de cada eje de la siguiente manera:

Nivel 2, eje 2, eje X

Cargas muertas

Viga larga:

$$CM_{x-x} = \frac{(Losa + Acabados)(\text{Área tributaria})}{\text{Longitud viga}} + \text{Viga}$$

$$CM_{x-x} = \frac{\left(288 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} + 60 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} + \right) (7,86 \text{ m}^2 + 7,86 \text{ m}^2)}{5,90 \text{ m}} + 240 \frac{\text{kg}}{\text{m}} = 1\,167,21 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

Viga corta:

$$CM_{x-x} = \frac{\left(288 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} + 60 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} + \right) (1,10 \text{ m}^2 + 1,106 \text{ m}^2)}{2,10 \text{ m}} + 240 \frac{\text{kg}}{\text{m}} = 604,57 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

Carga viva:

Viga larga:

$$CM_{x-x} = \frac{(\text{Carga viva techo})(\text{Área tributaria})}{\text{Longitud viga}}$$

$$CM_{x-x} = \frac{\left(100 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}\right) (15,72 \text{ m}^2)}{5,90 \text{ m}} = 266,44 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

Viga corta:

$$CM_{x-x} = \frac{\left(100 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}\right) (2,20 \text{ m}^2)}{2,10 \text{ m}} = 104,76 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

Nivel 1, eje 2

Cargas muertas

Viga larga:

$$CM_{x-x} = \frac{(\text{Losa} + \text{Acabados} + \text{Muros} + \text{Piso})(\text{Área tributaria})}{\text{Longitud viga}} + \text{Viga}$$

$$CM_{x-x} = \frac{\left(288 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} + 60 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} + 250 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} + 144 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}\right) (15,72 \text{ m}^2)}{5,90 \text{ m}} + 240 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

$$CM_{x-x} = 2,216,99 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

Viga corta:

$$CM_{x-x} = \frac{\left(288 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} + 69 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} + 250 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} + 144 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}\right) (2,20 \text{ m}^2)}{2,10 \text{ m}} + 240 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

$$CM_{x-x} = 1,017,33 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

Carga viva:

Viga larga:

$$CM_{x-x} = \frac{(\text{Carga viva de entrecimiento})(\text{Área tributaria})}{\text{Longitud viga}}$$

$$CM_{x-x} = \frac{\left(350 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}\right) (15,72 \text{ m}^2)}{5,90 \text{ m}} = 932,54 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

Viga corta:

$$CM_{x-x} = \frac{\left(500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}\right) (2,20 \text{ m}^2)}{2,10 \text{ m}} = 523,81 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

Tabla XIV. **Cargas verticales sobre el marco dúctil en eje X**

Nivel	Carga muerta [kg/m]		Carga viva [kg/m]	
	Viga larga	Viga corta	Viga larga	Viga corta
2	1167,21	604,57	266,44	104,76-
1	2216,99	1017,33	932,54	523,81

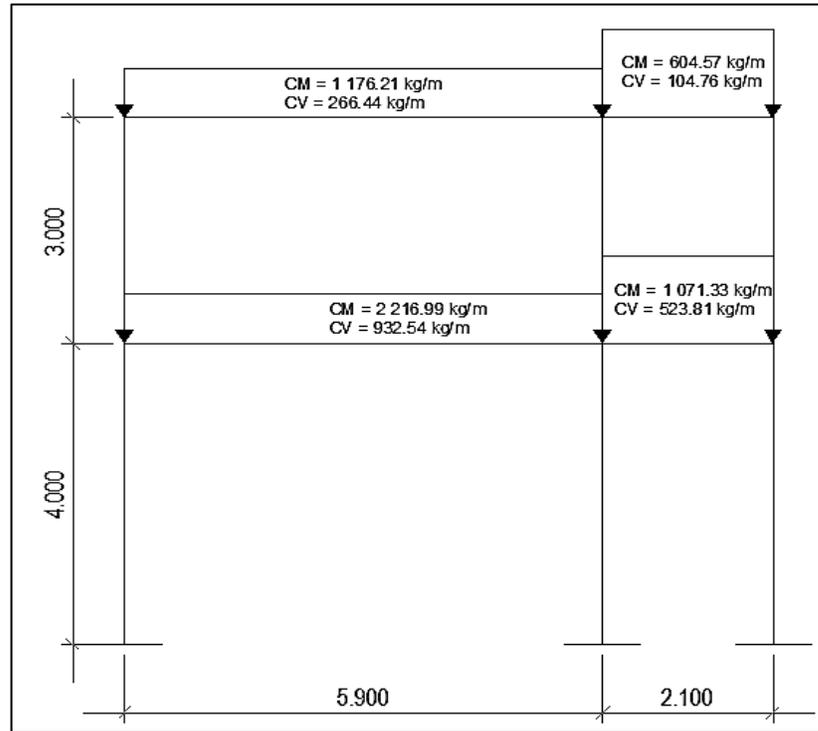
Fuente: elaboración propia.

Tabla XV. **Cargas verticales sobre el marco dúctil en eje Y**

Nivel	Carga muerta [kg/m]	Carga viva [kg/m]
2	865,97	179,88
1	1574,69	746,63

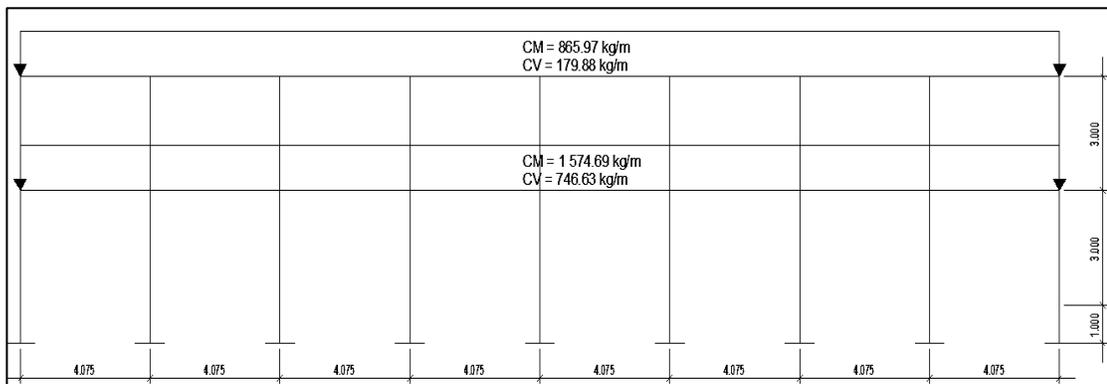
Fuente: elaboración propia.

Figura 6. **Cargas verticales sobre el marco dúctil en eje X**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 7. **Cargas verticales sobre el marco dúctil en eje Y**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

2.2.8.2. Integración de cargas horizontales

Existen dos tipos de fuerzas que afectan una estructura en sentido horizontal, de viento y de sismo. Desde el punto de vista de las estructuras, los sismos consisten en movimientos aleatorios horizontales y verticales en la superficie de la tierra. A medida que el terreno se mueve, la inercia tiende a mantener a la estructura en su sitio original, lo cual conlleva a la imposición de desplazamientos y de fuerzas que pueden tener resultados catastróficos. Por lo tanto, la respuesta sísmica depende fuertemente de las propiedades geométricas de la estructura, especialmente de su altura.

Guatemala es un país con riesgo sísmico, ya que se encuentra en el área de cobertura del cinturón de fuego, una red de volcanes a lo largo de la Tierra; por tal razón, se dimensionan las estructuras de manera que estas puedan resistir los desplazamientos y las fuerzas inducidas por el movimiento del terreno.

El viento no es una carga significativa en Guatemala, ya que por lo general no se construyen edificios muy altos y el país no se caracteriza por ser zona de vientos fuertes o huracanes; por tal razón se desprecia la carga de viento y solo se diseña con base en cargas sísmicas. El primer paso para encontrar las cargas horizontales es calcular el peso de la estructura.

Segundo nivel

Carga muerta:

$$W_{\text{losa+acabados}} = \left(288 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} + 60 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \right) * (32,6 \text{ m} * 8 \text{ m}) = 90,758 \text{ kg}$$

$$W_{\text{viga}} = \left(240 \frac{\text{kg}}{\text{m}}\right) * [(32,6 \text{ m} * 3 \text{ m}) + (8 \text{ m} * 9 \text{ m})] = 40,752 \text{ kg}$$

$$W_{\text{columnas}} = \left(0,30 \text{ m} * 0,30 \text{ m} * 2400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right) * (1,50 \text{ m} * 27 \text{ columnas}) = 8,748 \text{ kg}$$

$$\text{Total } W_{\text{CM}} = \Sigma W_{\text{elementos estructurales}}$$

$$= W_{\text{losa+acabados}} + W_{\text{vigas}} + W_{\text{columnas}}$$

$$\text{Total } W_{\text{CM}} = 140,258 \text{ kg}$$

Carga viva:

$$W_{\text{CV}} = \left(100 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}\right) * (32,6 \text{ m} * 8 \text{ m}) = 26,080 \text{ kg}$$

$$W_{\text{nivel2}} = W_{\text{CM}} + 0,25 W_{\text{CV}} = 140,258 \text{ kg} + 0,25(26,080 \text{ kg}) = 146,778 \text{ kg}$$

Primer nivel

Carga muerta:

$$\begin{aligned} W_{\text{losa+acabados+piso}} &= \left(288 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} + 60 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} + 144 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}\right) * (32,6 \text{ m} * 8 \text{ m}) \\ &= 128,314 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$W_{\text{viga}} = \left(240 \frac{\text{kg}}{\text{m}}\right) * [(32,6 \text{ m} * 3 \text{ m}) + (8 \text{ m} * 9 \text{ m})] = 40,752 \text{ kg}$$

$$W_{\text{columnas}} = \left[\left(0,30 \text{ m} * 0,30 \text{ m} * 2400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right) * (4 \text{ m} * 27 \text{ columnas})\right]$$

$$+ \left[\left(0,30 \text{ m} * 0,30 \text{ m} * 2400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) * (1,50 \text{ m} * 27 \text{ columnas}) \right] = 32,076 \text{ kg}$$

$$\text{Total}W_{\text{CM}} = \Sigma W_{\text{elementos estructurales}} = W_{\text{losa+acabados+piso}} + W_{\text{vigas}} + W_{\text{columnas}}$$

$$\text{Total}W_{\text{CM}} = 201,142 \text{ kg}$$

Carga viva:

$$W_{\text{CVaulas}} = \left(350 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \right) * (32,6 \text{ m} * 5,90 \text{ m}) = 67,319 \text{ kg}$$

$$W_{\text{CVpasillo}} = \left(500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \right) * (32,6 \text{ m} * 2,10 \text{ m}) = 34,230 \text{ kg}$$

$$\text{Total}W_{\text{CV}} = \Sigma W_{\text{CV}} = W_{\text{aulas}} + W_{\text{pasillo}} = 67,319 \text{ kg} + 34,230 \text{ kg} = 101,549 \text{ kg}$$

$$W_{\text{nivel1}} = W_{\text{CM}} + 0,25 W_{\text{CV}} = 201,142 \text{ kg} + 0,25 (101,549 \text{ kg}) = 226,529 \text{ kg}$$

Peso estructura total:

$$W_{\text{estructura}} = W_{\text{nivel1}} + W_{\text{nivel2}} = 226,529 \text{ kg} + 146,778 \text{ kg} = 373,307 \text{ kg}$$

Para el cálculo de las fuerzas sísmicas a las cuales se verá afectada la estructura se utilizará el método SEAOC.

Corte basal (V): es la fuerza sísmica que el suelo transmite a la estructura en su base; para obtener su valor se utiliza la fórmula siguiente:

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

Donde:

- Z = coeficiente de riesgo sísmico dependiendo de la zona (en Guatemala se utiliza Z = 1 por ser una zona sísmica)
- I = coeficiente de importancia de la estructura (I = 1,30 para edificaciones escolares)
- K = coeficiente que depende del tipo de estructura (K = 0,67 para marcos dúctiles)
- C = coeficiente que depende del periodo natural de vibración

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

$$T = \frac{0,0906H}{\sqrt{B}}$$

Donde:

B = base del edificio

H = altura del edificio

El sismo, no actúa en una dirección determinada respecto del edificio. Por tal razón se necesita evaluar el corte basal, tanto en el sentido longitudinal como transversal; con los valores resultantes se puede diseñar la estructura contra un sismo y en cualquier dirección.

Entonces:

$$T_x = \frac{0,0906 * 7,00}{\sqrt{32,60}} = 0,11 \text{ segundos}$$

$$C_x = \frac{1}{15\sqrt{11}} = 0,20 \text{ segundos} \leq 0,12$$

$$T_y = \frac{0,0906 * 7,00}{\sqrt{8,00}} = 0,22 \text{ segundos}$$

$$C_y = \frac{1}{15\sqrt{22}} = 0,14 \text{ segundos} \leq 0,12$$

$$C_x * S = C_y * S = 0,12 * 1,50 = 0,18 \leq 0,14$$

Los valores no varían respecto de los dos sentidos (X, Y) por lo que el corte basal será el mismo en ambas direcciones.

- S = depende del tipo de suelo a cimentar, comprendida entre: $1,00 \leq S \leq 1,50$ teniendo la limitación de $CS \leq 0,14$.
- W = peso propio de la estructura más el 25 % de las cargas vivas.

Entonces:

$$V_x = V_y = V = Z * I * K * C * S * W$$

$$V = 1 * 1,30 * 0,67 * 0,14 * 373,307 \text{ kg} = 45,521 \text{ kg}$$

2.2.8.2.1. Fuerzas por nivel

La fuerza total lateral V puede ser distribuida en toda la altura de la estructura de acuerdo con la fórmula dada en la sección I (E) del código SEAOC. La fuerza concentrada en la cúspide se determina con la siguiente fórmula:

$$F_i = \frac{(V - Ft) * W_i * H_i}{\sum W_i * H_i}$$

Donde:

W_i = peso por nivel

H_i = altura de cada nivel

Debe cumplir con lo siguiente:

Si $T < 0,25$ segundos; $F_t = 0$

Si $T > 0,25$ segundos; $F_t = 0,07TV$

Siendo T el periodo fundamental de la estructura, en esta estructura se usará $F_t = 0$

Tabla XVI. **Peso de la estructura por nivel**

Nivel	W_i	H_i	$W_i * H_i$
2	146,778,00	7	1,027,446,00
1	226,529,00	4	906,116,00
			1,933,562,00

Fuente: elaboración propia.

$$F_{1Ny} = F_{1Nx} = F_{1N} = \frac{45,521 * (906,116)}{1,933,562} = 21,332 \text{ kg}$$

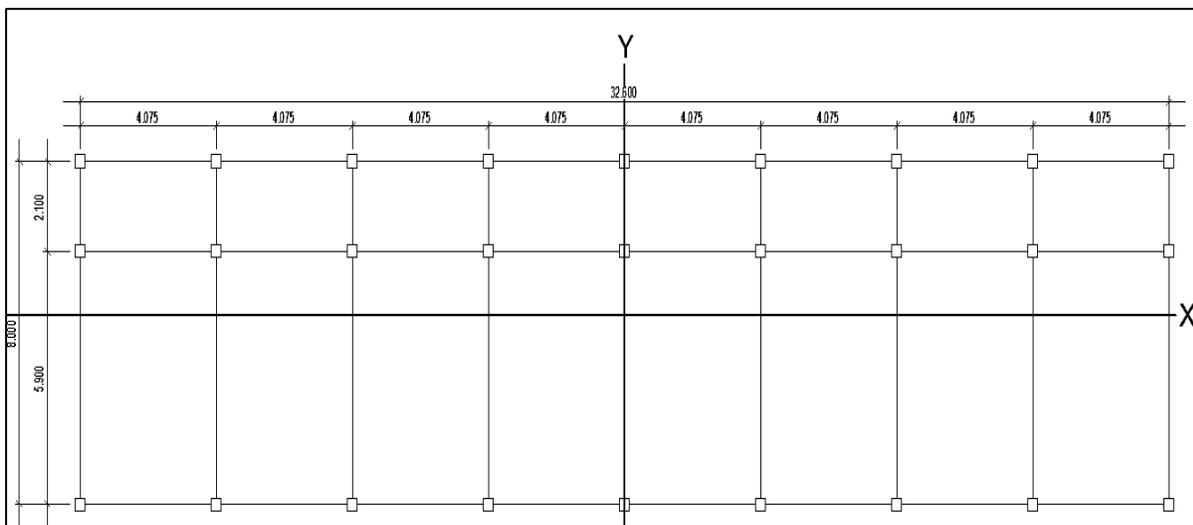
$$F_{2Ny} = F_{2Nx} = F_{2N} = \frac{45,521 * (1,027,446)}{1,933,562} = 24,189 \text{ kg}$$

$$V = F_{1N} + F_{2N} = 45,521 \text{ kg} = 45,521 \text{ kg ; cumple}$$

2.2.8.2.2. Fuerzas por marco

Se debe calcular la fuerza horizontal que se ejerce sobre cada marco, si los marcos; están separados de manera simétrica esta se obtiene dividiendo la fuerza por piso entre el número de marcos paralelos a esta fuerza. Si los marcos están separados de manera asimétrica, se tendrá que dividir la fuerza de piso F_i proporcional a la rigidez de los marcos.

Figura 8. Planta simétrica del edificio escolar



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Fuerzas por marcos eje Y:

El edificio es simétrico en el eje Y, ya que tiene la misma distancia hacia ambos lados de la estructura a partir del centro del eje Y. Se calcula la fuerza por marco en cada nivel de la siguiente forma:

Nivel 2 (debe incluir Ft):

$$F_m = \frac{F_{2N} + F_t}{\text{Núm. de marcos}} = \frac{24,189 \text{ kg} + 0\text{kg}}{9 \text{ marcos}} = 2,668 \text{ kg}$$

Nivel 1 (no debe incluir Ft):

$$F_m = \frac{F_{1N}}{\text{Núm, de marcos}} = \frac{21,332 \text{ kg}}{9 \text{ marcos}} = 2,370 \text{ kg}$$

Fuerzas por marcos eje X:

El edificio no es simétrico en el eje X; como se puede observar en la figura 7, a partir del centro del eje X tiene dos marcos hacia arriba y uno hacia abajo. Un método simplificado de analizar la torsión en las estructuras consiste en considerar separadamente los desplazamientos relativos del edificio, ocasionados por la traslación y rotación en cada piso, tomando en cuenta la rigidez de cada nivel; estas fuerzas tendrán un desplazamiento unitario, distribuyendo los cortantes por torsión en proporción a su rigidez. Según el tipo de estructura que se esté analizando, así será el tipo de apoyo y, por lo tanto, la ecuación de la rigidez a usar.

Cuando el centro de rigidez CR no coincide con el centro de masa CM, se produce excentricidad en la estructura; esto debido a que existe una distribución

desigual y asimétrica de las masas y las rigideces en la estructura. La excentricidad se determina por medio de la diferencia que existe entre el valor del centro de masa CM y el valor del centro de rigidez CR.

Voladizo: se refiere a edificios de un nivel o a los últimos niveles de edificios de varios niveles. La rigidez se calcula con la siguiente fórmula:

$$R = \frac{1}{\frac{Ph^3}{3EI} + \frac{1,2Ph}{AG}} \quad I = \frac{1}{12}bh^3 \quad E = 15,100\sqrt{f'c} \quad G = 0,40E$$

Doblemente empotrado: se refiere a los primeros niveles o niveles intermedios de edificios multiniveles. La rigidez se calcula con la siguiente fórmula:

$$R = \frac{1}{\frac{Ph^3}{12EI} + \frac{1,2Ph}{AG}}$$

Donde:

P = carga asumida (10,000 kg)

h = altura de columna analizada

E = módulo de elasticidad del concreto

I = inercia del elemento

A = sección transversal de la columna analizada

G = módulo de rigidez

Fuerzas del marco por torsión: 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 trasnacional).

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

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

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

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

Donde:

R_m = rigidez del marco

$\sum R_i$ = rigidez total del nivel

d_i = distancia de CR a marco considerado

F_n = fuerza por nivel

E_i = relación entre rigideces y brazo de cada marco

e = excentricidad

Se procederá a sacar las fuerzas para cada nivel.

Nivel 2:

Se usa la fórmula del voladizo para el cálculo de la rigidez de la columna, por ser el último nivel del edificio.

$$R = \frac{1}{\frac{10,000 * (300)^3}{3 * (15,100 \sqrt{210}) (\frac{1}{12} * 30^4)} + \frac{1,2 * 10,000 * 300}{30 * 30 * 0,40 * (15,100 \sqrt{210})}} = 0,16$$

$$k_m = 0,16 * 9 = 1,44$$

La sección de las columnas es la misma para todos los marcos.

Tabla XVII. **Centro de rigidez nivel 2**

Marco	R	L	RL
C	1,44	0	0,00
B	1,44	2,1	3,02
A	1,44	8	11,52
Σ	4,32		14,54

Fuente: elaboración propia.

$$CR = \frac{\Sigma RL}{\Sigma R} = \frac{14,54}{4,32} = 3,37$$

$$CM_x = \frac{\text{Longitud Y}}{2} = \frac{8}{2} = 4 \text{ m}$$

$$CM_y = \frac{\text{Longitud X}}{2} = \frac{32,60}{2} = 16,30 \text{ m}$$

$$e = CM_x - CR = 4,0 - 3,37 = 0,63$$

$$e_{\min} = 0,05 (h) = 0,05 (7) = 0,35 \text{ m}$$

Se usa el centro de masa en X ya que es en el eje donde el edificio es asimétrico.

Tabla XVIII. **Fuerza del marco por torsión nivel 2**

Marco	Rm	Di	RmDi	(RmDi) ²	Ei	Fi	Fi"	Fm
C	1,44	-3,37	-4,85	23,50	-14,72	8062,90	-1035,50	7027,41
B	1,44	-1,27	-1,82	3,33	-39,11	8062,90	-389,59	7673,31
A	1,44	4,63	6,67	44,52	10,69	8062,90	1425,09	9487,99
Σ	4,32			71,35				

Fuente: elaboración propia.

Nivel 1:

Se usa la fórmula del doble empotramiento para el cálculo de la rigidez de la columna, por ser el primer nivel del edificio de varios niveles.

$$R = \frac{1}{\frac{10,000 \cdot (300)^3}{12 \cdot (15,100 \sqrt{210}) \left(\frac{1}{12} \cdot 30^4\right)} + \frac{1,2 \cdot 10,000 \cdot 300}{30 \cdot 30 \cdot 0,40 \cdot (15,100 \sqrt{210})}} = 0,32$$

$$km = 0,32 \cdot 9 = 2,88$$

Tabla XIX. **Centro de rigidez nivel 1**

Marco	R	L	RL
C	2,88	0	0,00
B	2,88	2,1	6,05
A	2,88	8	23,04
	8,64		29,09

Fuente: elaboración propia.

$$CR = \frac{\sum RL}{\sum R} = \frac{29,09}{8,64} = 3,37$$

$$CM_x = \frac{\text{Longitud Y}}{2} = \frac{8}{2} = 4 \text{ m}$$

$$CM_y = \frac{\text{Longitud X}}{2} = \frac{32,60}{2} = 16,30 \text{ m}$$

$$e = CM_x - CR = 4,0 - 3,37 = 0,63$$

$$e_{\min} = 0,05(h) = 0,05(7) = 0,35 \text{ m}$$

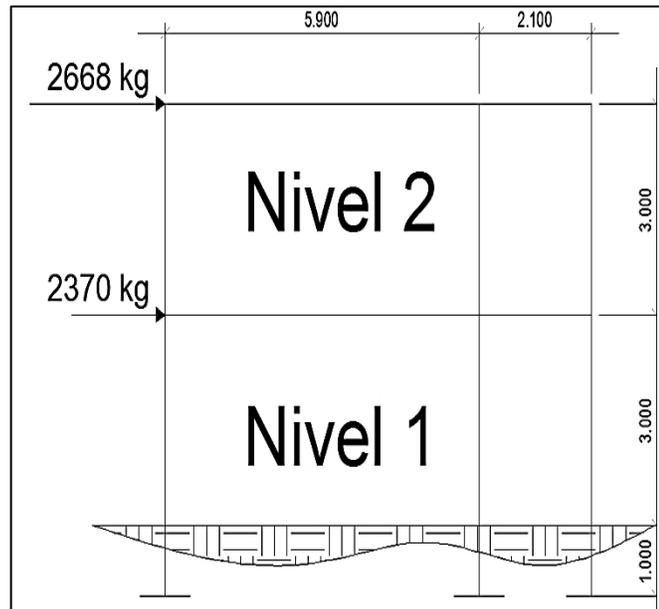
Tabla XX. **Fuerza del marco por torsión nivel 1**

Marco	Rm	Di	RmDi	(RmDi) ²	Ei	Fi	Fi''	Fm
C	2,88	-3,37	-9,70	94,01	-29,43	7110,76	-456,61	6654,16
B	2,88	-1,27	-3,65	13,31	-78,23	7110,76	-171,79	6938,97
A	2,88	4,63	13,34	178,06	21,39	7110,76	628,40	7739,16
	8,64			285,38				

Fuente: elaboración propia.

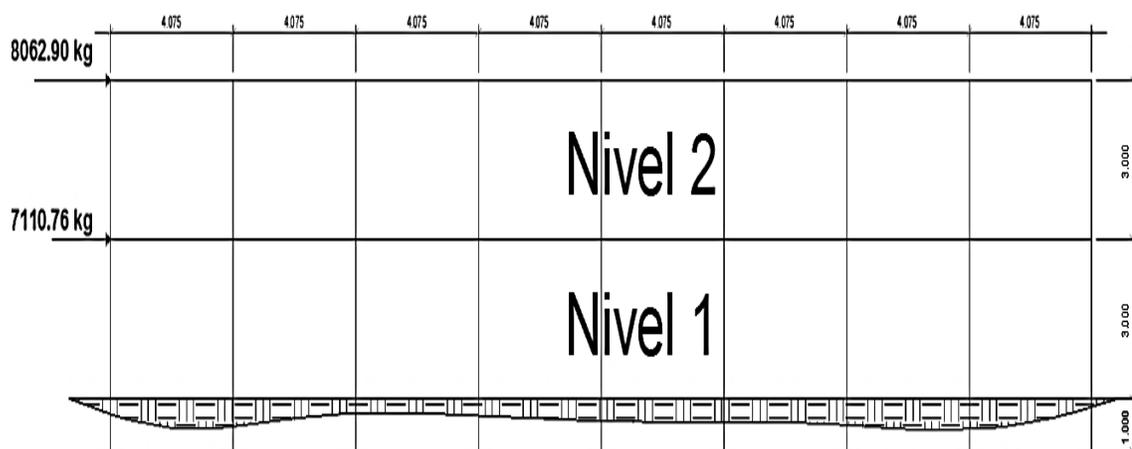
Si el valor $F_m < F_i''$ se debe tomar F_i' como la fuerza de marco. Si el valor $F_m > F_i''$, F_m será el valor del marco analizado. Es decir, que se toman los valores críticos.

Figura 9. **Cargas horizontales sobre el marco dúctil en eje X**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 10. **Cargas horizontales sobre el marco dúctil en eje Y**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

2.2.9. Análisis de marcos rígidos por el software CSI ETABS

El uso de programas de computación en el proceso de análisis y diseño en ingeniería es muy común por la utilidad y facilidad con que se tienen resultados. Para el cálculo del análisis estructural de este proyecto se ha usado el software CSI ETABS, un programa de análisis y diseño estructural basado en el método de los elementos finitos, y obtener los momentos en cada uno de los elementos estructurales.

Luego se realizó una comprobación a través del método numérico Kanni, concluyendo que los resultados variaron en un porcentaje mínimo del 7,00 %; dicho análisis se realizó para cada una de las cargas, siendo estas: carga muerta, viva y de sismo; los datos se ingresaron en el software; de acuerdo con los modelos resultantes de las cargas en el edificio, para el diseño estructural se utilizan los resultados obtenidos del método numérico de Kanni.

2.2.10. Momentos últimos por envolvente de momentos

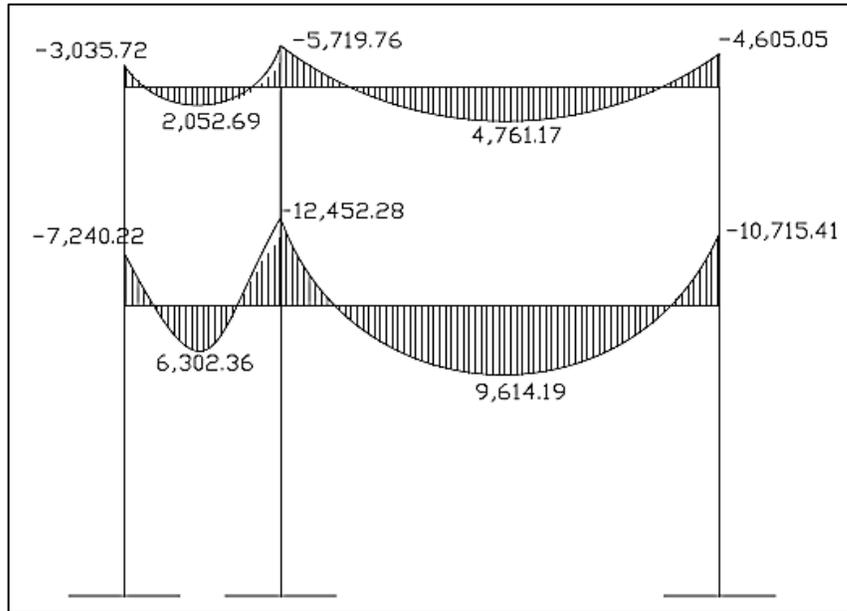
La envolvente de momentos es la representación de los esfuerzos máximos que pueden ocurrir al superponer los efectos de carga muerta, carga viva y fuerza sísmica, tanto en vigas como en columnas. Para considerar la superposición de efectos, el código ACI propone las siguientes combinaciones:

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

$$0,75 (1,4 \text{ CM} + 1,7 \text{ CV} \pm 1,87 \text{ S})$$

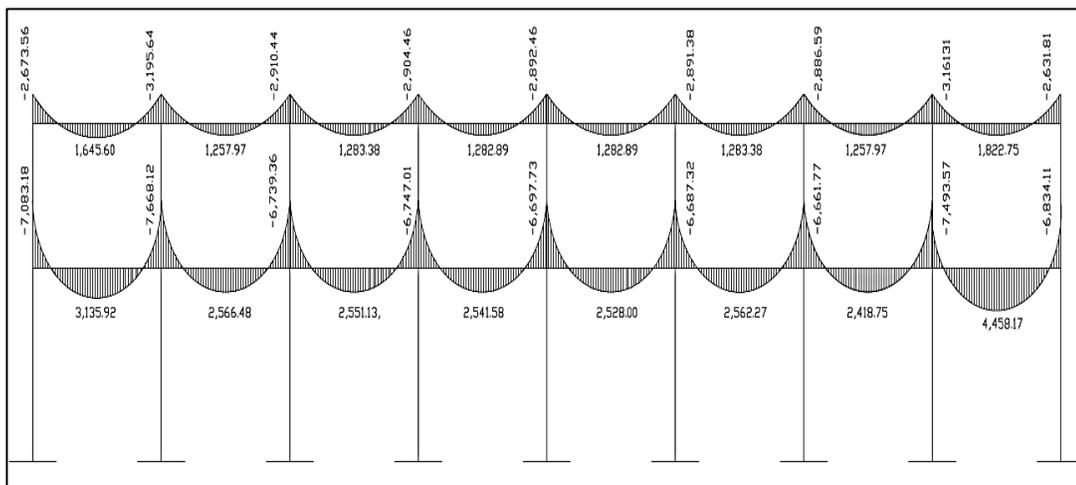
$$0,9 \text{ CM} \pm 1,43 \text{ S}$$

Figura 11. Diagrama de momentos últimos en vigas eje Y (kg-m)



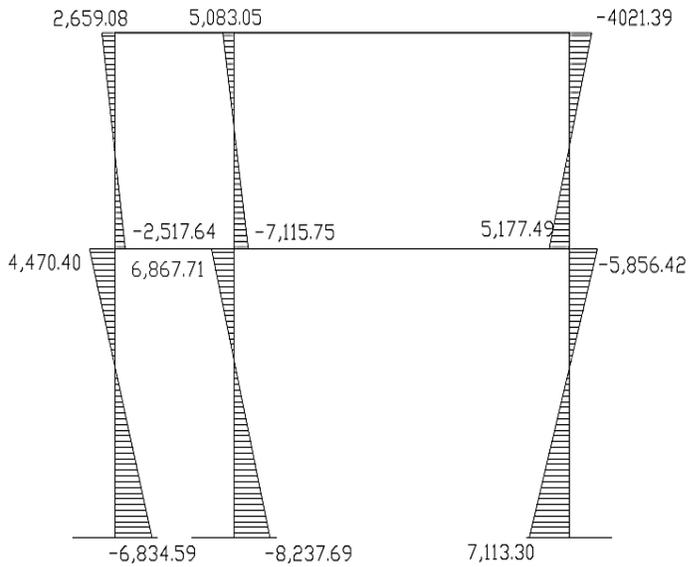
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 12. Diagrama de momentos últimos en vigas eje X (kg-m)



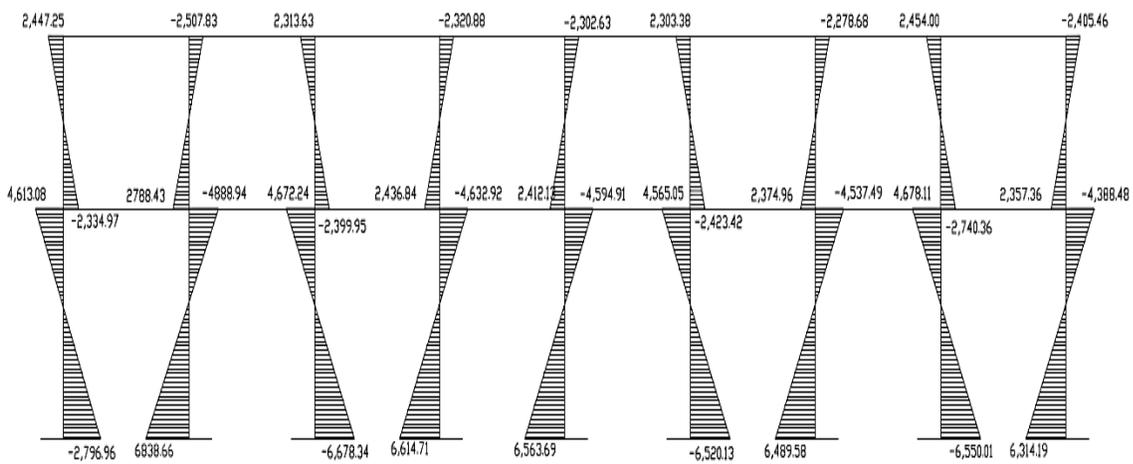
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 13. Diagrama de momentos últimos en columnas eje Y (kg-m)



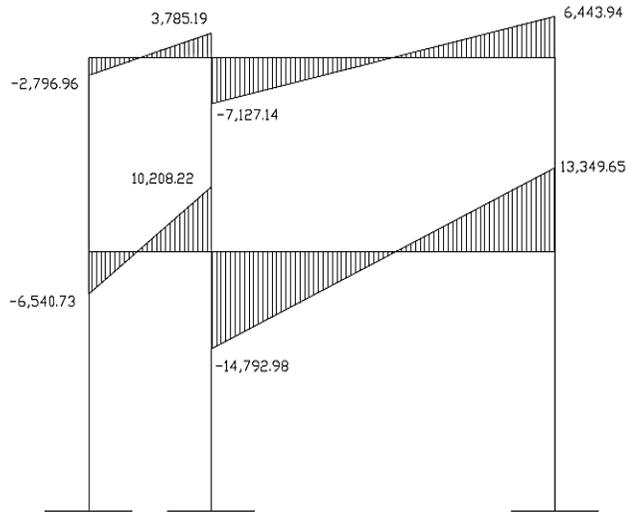
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 14. Diagrama de momentos últimos en columnas eje X (kg-m)



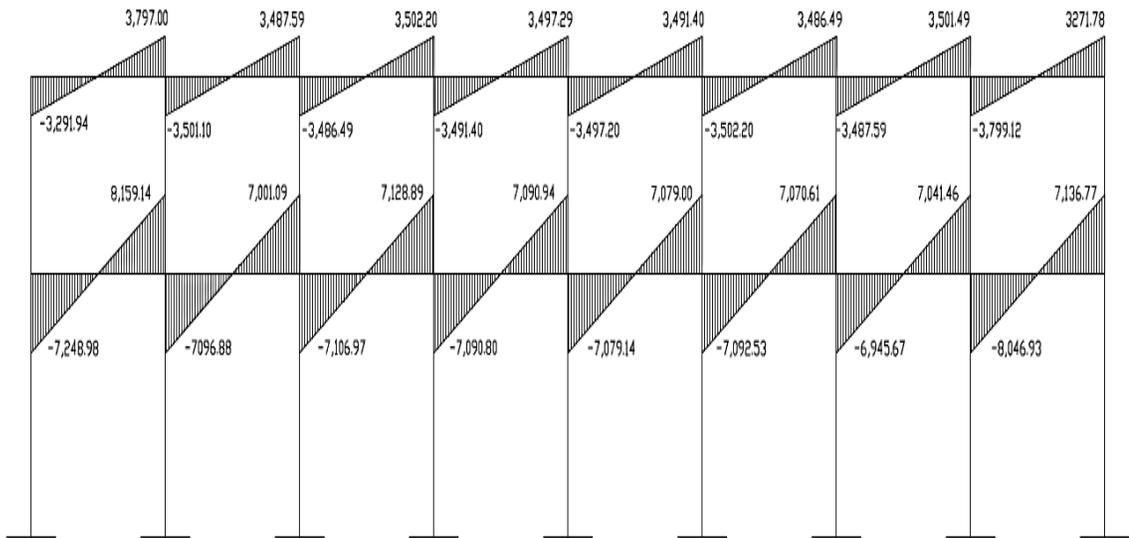
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 15. Diagrama de cortes últimos en vigas eje Y (kg-m)



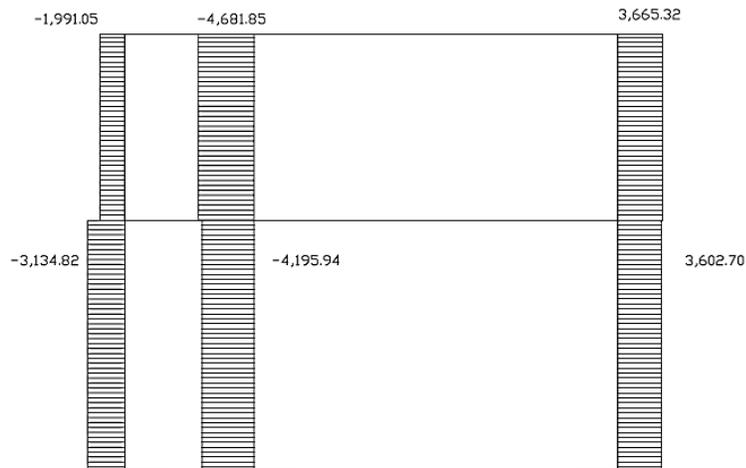
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 16. Diagrama de cortes últimos en vigas eje X (kg-m)



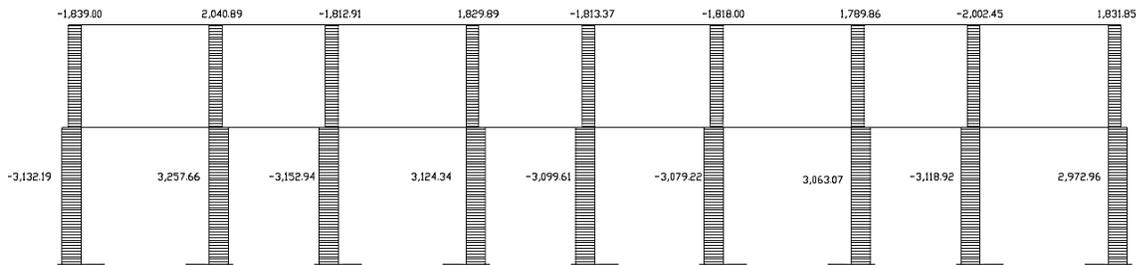
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 17. Diagrama de cortes últimos en columnas eje Y (kg-m)



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 18. Diagrama de cortes últimos en columnas eje X (kg-m)



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

2.2.11. Diseño estructural

Es la actividad que se realiza por medio de una serie de cálculos, con el fin de definir las características detalladas de los distintos elementos estructurales que componen a una estructura.

En esta edificación, y con base en los materiales que se encuentran más a la mano en el área, se tiene la siguiente información de las especificaciones de los materiales a usar:

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

$$f'_c = 150 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

2.2.11.1. Diseño de losas

Las losas son elementos estructurales bidimensionales, en los que la tercera dimensión es pequeña comparada con las otras dos dimensiones básicas. Las cargas que actúan sobre las losas son perpendiculares al plano principal de las mismas, por lo que su comportamiento está dominado por la flexión. La función general de las losas en una estructura es la protección de los ambientes de la estructura de la intemperie.

Funcionan como diafragmas al momento de la transmisión de cargas verticales y horizontales, al siguiente elemento de apoyo (viga, columna o muro).

Tabla XXI. **Tipos de losas según su espesor**

Tipo	Condición
Cascarones	Si $t < 0,09$ m
Planas	si $0,09 < t < 0,12$ m
Nervadas	$t > 0,12$

Fuente: elaboración propia.

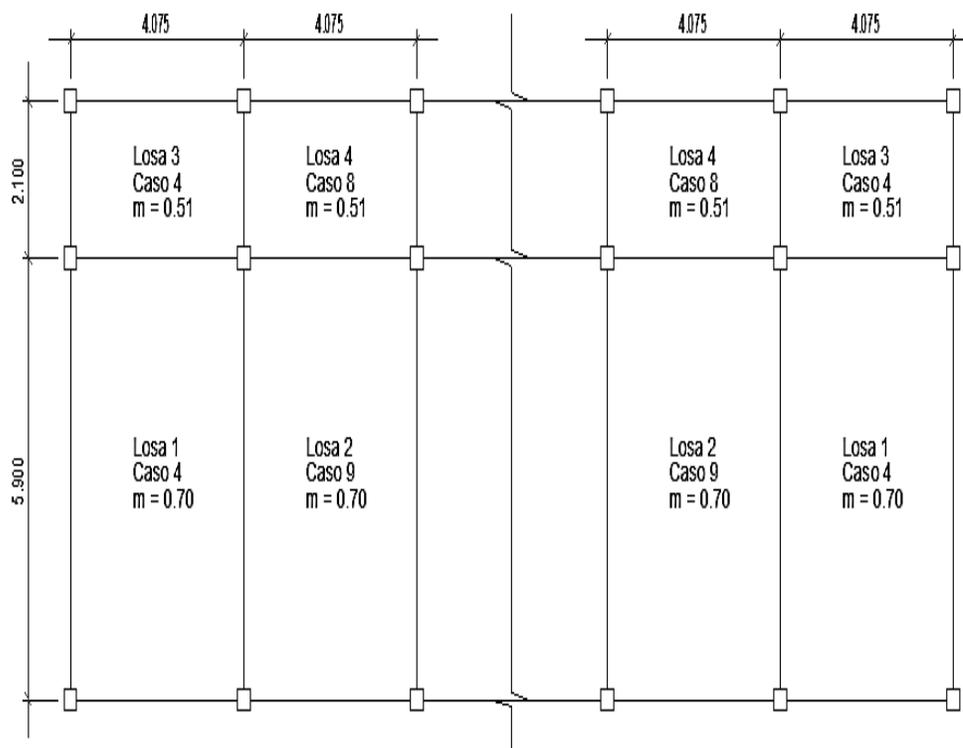
Como se calculó en el predimensionamiento, usando el método 3 del ACI, se determinó un espesor de losas $t = 0,12$ m.

A continuación se muestra el cálculo para el diseño de las losas del primer nivel, para las losas del segundo nivel se siguió el mismo procedimiento, el cual se encuentra en el apéndice de este documento.

2.2.11.1.1. Diseño de losas nivel 1

Como se muestra en la figura 19, las losas de los extremos son las mismas, y las que están internas también poseen las mismas características, por lo que no es necesario calcular todas, ya que tendrán las mismas características.

Figura 19. **Planta de distribución de losas**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Se calcularán las cargas bajo la siguiente información:

Tabla XXII. **Datos para diseño de losa**

Espesor de losa (m)	0,12
Peso losa (Kg/m ²)	288
Peso mezlón y piso (Kg/m ²)	144
Peso muros (Kg/m ²)	250
Carga muerta total (Kg/m ²)	682
Carga viva pasillos (Kg/m ²)	500
Carga viva aulas (Kg/m ²)	35
Carga última CU (Kg/m ²)	1,4 CM + 1,7 CV

Fuente: elaboración propia.

Losas 1 y 2:

$$CU = 1,4(682) + 1,7(350) = 1,550 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} * 1\text{m}$$

$$CU_u = 1,550 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

Losas 3 y 4:

$$CU = 1,4(682) + 1,7(500) = 1,805 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} * 1\text{m}$$

$$CU_u = 1,805 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

Momentos actuantes:

$$M_{A(+)} = C * CMUu * A^2 + C * CVUu * A^2$$

$$M_{A(-)} = C * CUu * A^2$$

$$M_{B(+)} = C * CMUu * B^2 + C * CVUu * B^2$$

$$M_{B(-)} = C * CUu * B^2$$

Donde:

C = coeficiente de tablas en ACI

A = dimensión lado corto de losa

B = dimensión lado largo de losa

Relación m:

$$m = \frac{A}{B}$$

Losas 1 y 2:

$$m = \frac{4,075 \text{ m}}{5,90 \text{ m}} = 0,70$$

Ambas losas actúan en dos sentidos.

Losas 3 y 4:

$$m = \frac{2,10 \text{ m}}{4,075 \text{ m}} = 0,51$$

Ambas losas actúan en dos sentidos.

Cargas últimas aplicadas en franja unitaria de un metro:

$$CVU_u = 1,7(350) = 595 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \quad (\text{Aulas})$$

$$CVU_u = 1,7(500) = 850 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \quad (\text{Pasillos})$$

$$CMU_u = 1,4(682) = 955 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \quad (\text{Aulas y pasillos})$$

Se calcularán los momentos respectivos para cada losa; a continuación se muestra la forma de cálculo para las losas 1 y 2; los momentos para el resto de las losas se calcularon de la misma manera.

Losa 1 (caso 4):

$$M_{A(+)} = (0,046)(955)(4,08)^2 + (0,057)(595)(4,08)^2 = 1,295,84 \text{ kg} - \text{m}$$

$$M_{A(-)} = (0,081)(1,550)(4,08)^2 = 2,089,95 \text{ kg} - \text{m}$$

$$M_{B(+)} = (0,011)(955)(5,90)^2 + (0,014)(595)(5,90)^2 = 655,65 \text{ kg} - \text{m}$$

$$M_{B(-)} = (0,019)(1,550)(5,90)^2 = 1,025,15 \text{ kg} - \text{m}$$

Losa 2 (caso 9):

$$M_{A(+)} = (0,033)(955)(4,08)^2 + (0,050)(595)(4,08)^2 =$$

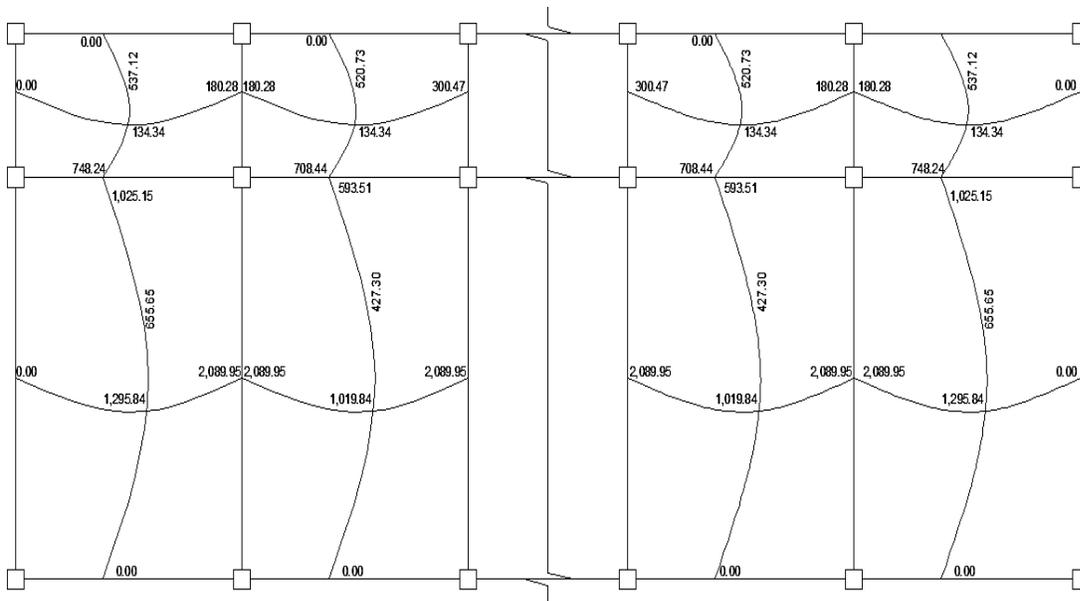
1,019,84 kg – m

$$M_{A(-)} = (0,081)(1,550)(4,08)^2 = 2,089,95 \text{ kg – m}$$

$$M_{B(+)} = (0,006)(955)(5,90)^2 + (0,011)(595)(5,90)^2 = 427,30 \text{ kg – m}$$

$$M_{B(-)} = (0,011)(1,550)(5,90)^2 = 593,51 \text{ kg – m}$$

Figura 20. **Planta de momentos actuantes en losas nivel 1 (kg-m)**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

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

Si $0,80 \cdot M_2 \text{ mayor} \leq M_1 \text{ menor} \dots\dots M_b = (M_2 \text{ mayor} + M_1 \text{ menor}) / 2$

Si $0,80 \cdot M_2 \text{ mayor} > M_1 \text{ menor} \dots\dots$ Se balancean proporcionalmente a su rigidez

Para el segundo caso, se calcula de la siguiente manera:

$$K_1 = \frac{1}{L_1} \quad K_2 = \frac{2}{L_2} \quad ; L_1 \text{ y } L_2 = \text{longitud de losa considerada}$$

$$D_1 = \frac{K_1}{K_1 + K_2} \quad D_2 = \frac{K_2}{K_1 + K_2}$$

$$dM = M_2 - M_1$$

Balance de momentos entre losas 1 y 3:

$$M_2 = 1\,025,15 \text{ kg-m}$$

$$M_1 = 748,25 \text{ kg-m}$$

$$0,80 (1\,025,15) = 820,12 < 748,25$$

No cumplen con el primer caso de balanceo de momentos, por lo cual se balancearán por su rigidez.

$$K_1 = \frac{1}{2,10} = 0,48 \quad K_2 = \frac{1}{5,90} = 0,17$$

$$D_1 = \frac{0,48}{0,17 + 0,48} = 0,74 \quad D_2 = \frac{0,17}{0,17 + 0,48} = 0,26$$

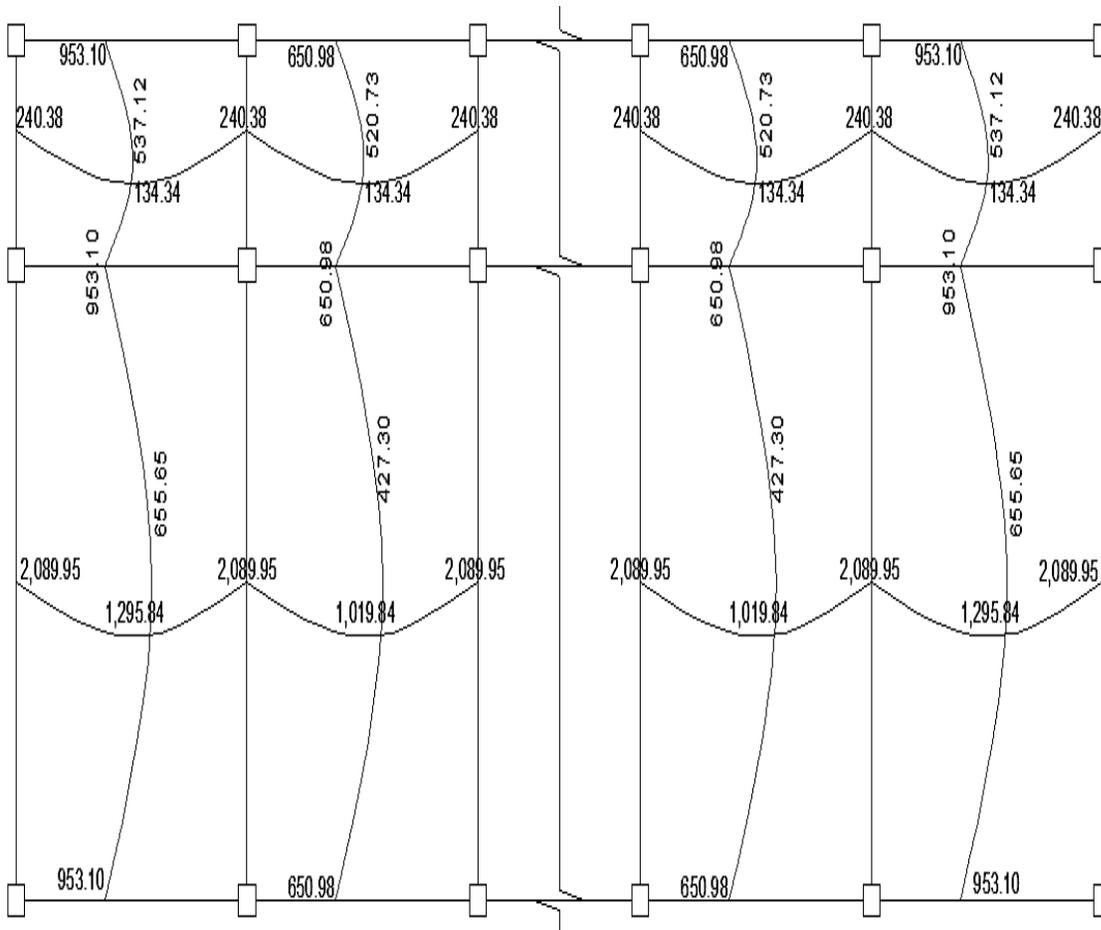
$$dM = 1,025,15 - 748,25 = 276,91 \text{ kg}$$

Tabla XXIII. Balance de momentos losas 1 y 3 nivel 1

D_2	0,26	D_1	0,74
M_2	1025,15	M_1	748,24
$(-D_2 * dM)$	-71,99	$(+D_1 * dM)$	204,92
M_b	953,16	M_b	953,16

Fuente: elaboración propia.

Figura 21. Planta de momentos balanceados en losas nivel 1 (kg-m)



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

- Diseño del refuerzo de acero: el refuerzo en las losas se calcula como si fuera una viga, usando el ancho unitario de 1,00 m. Cálculo del peralte efectivo:

$$d = t - \text{rec} - \frac{\phi}{2}$$

$$d = 12 - 2,54 - \frac{0,952}{2} = 8,98 \text{ cm}$$

- Cálculo de límites de acero: el área de acero mínimo ($A_{s_{\min}}$) en una losa, se calcula como el 40 % del área de acero de una viga, usando un ancho unitario de 1,00 m.

$$A_{s_{\min}} = 0,40 \left(\frac{14,1}{F_y} \right) * b * d$$

$$A_{s_{\min}} = 0,40 \left(\frac{14,1}{2,810} \right) * 100 * 898 = 1,80 \text{ cm}^2$$

Con el área de acero mínimo se calcula un espaciamiento (S), considerando una varilla núm. 3 que tiene un área de 0,71 cm².

$$S = \frac{A_v}{A_s} = \frac{0,71}{1,80} = 0,40 \text{ m} = 40 \text{ cm}$$

Tomando en cuenta el espaciamiento de la armadura en las secciones críticas no debe exceder de 2 veces el espesor de la losa según el ACI 318-99 capítulo 13, sección 13, 3,2; chequear el espaciamiento máximo $S_{\max} = 2t$.

$$S_{\max} = 2(0,12) = 0,22 \text{ m} = 22 \text{ cm}$$

Por facilidad, al momento de construir se pondrán las varillas a cada 20 cm. Por lo que $S_{max} = 20$ cm. El espaciamiento encontrado es mayor que el espaciamiento máximo, por lo que se procede a encontrar un área de acero mínimo para el espaciamiento máximo por medio de una regla de 3.

$$\begin{array}{l} A_{s_{min}} \dots\dots\dots 100 \text{ cm} \\ 0,71 \text{ cm}^2 \dots\dots\dots 20 \text{ cm} \end{array}$$

Entonces el $A_{s_{min}} = 3,55 \text{ cm}^2$

Con el área de acero mínimo encontrado, se procede a encontrar el momento que resiste el área de acero ($3,55 \text{ cm}^2$).

Cálculo de momento soportado usando $A_{s_{min}}$ encontrado:

$$M_{sop} = 0,90 \left[A_{s_{min}} * F_y \left(d - \frac{A_{s_{min}} * F_y}{1,7f'c * B} \right) \right]$$

$$M_{sop} = 0,90 \left[3,55 * 2,810 \left(8,98 - \frac{3,55 * 2,810}{1,7(210) * 100} \right) \right]$$

$$M_{sop} = 781,13 \text{ kg} - \text{m}$$

- Cálculo de áreas de acero: para los momentos menores que el M_{sop} se usa $A_{s_{min}}$ y para los momentos mayores que el M_{sop} se calcula el área de acero con la siguiente fórmula:

$$A_s = \left[b * d - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{M * b}{0,003825 * f'c}} \right] * \left(\frac{0,85f'c}{F_y} \right)$$

- Revisión por corte: todas las losas están sometidas a esfuerzos de corte, los cuales deben ser resistidos por los materiales que lo conforman. En este caso, por el tipo de losa que se utiliza, dichos esfuerzos deben resistirse únicamente por el concreto; por tal razón, se debe chequear si el espesor de la losa es el adecuado. El procedimiento es el siguiente:

- Cálculo del corte máximo actuante:

$$V_{\max} = \frac{CU_u * L}{2} = \frac{1,550 * 4,075}{2} = 3,162 \text{ kg}$$

- Cálculo del corte máximo resistente:

$$V_r = 45 * \sqrt{f'_c} * T = 45 * \sqrt{210} * 12 = 7,825,43 \text{ kg}$$

- Comparación V_r con V_{\max} : esta comparación sirve para chequear si el espesor (t) de la losa, es el adecuado; en caso contrario se procede a aumentar (t). Para la losa que se está analizando $V_r > V_{\max}$, ($7\ 825,34 > 3\ 162 \text{ Kg}$) por lo que se concluye que el espesor es el adecuado.

Tabla XXIV. **Áreas de acero requeridas en losas nivel 1 eje X**

Momento (M)	Area de acero (cm ²)	Núm.Varilla	Espaciamiento (S) (cm)
2089,95	10,10	4	12
1295,84	6,02	3	10
1019,84	4,68	3	15
240,38	$A_{s_{\min}}$	3	20
300,47	$A_{s_{\min}}$	3	20
134,34	$A_{s_{\min}}$	3	20

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXV. **Áreas de acero requeridas en losas nivel 1 eje Y**

Momento (M)	Área de acero (cm ²)	Núm. varilla	Espaciamiento (S) (cm)
953,10	4,36	3	15
537,12	As _{min}	3	20
655,65	As _{min}	3	20
650,98	As _{min}	3	20
520,73	As _{min}	3	20
427,30	As _{min}	3	20

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVI. **Áreas de acero requeridas en losas nivel 2 eje X**

Momento (M)	Área de acero (cm ²)	Núm. varilla	Espaciamiento (S) (cm)
953,10	6,48	3	10
537,12	3,72	3	18
655,65	As _{min}	3	20
650,98	As _{min}	3	20
520,73	As _{min}	3	20
427,30	As _{min}	3	20

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVII. **Áreas de acero requeridas en losas nivel 2 eje Y**

Momento (M)	Área de acero (cm ²)	Núm. varilla	Espaciamiento (S) (cm)
953,10	As _{min}	3	20
537,12	As _{min}	3	20
655,65	As _{min}	3	20
650,98	As _{min}	3	20
520,73	As _{min}	3	20
427,30	As _{min}	3	20

Fuente: elaboración propia.

2.2.11.2. Diseño de vigas

En ingeniería se denomina viga a un elemento constructivo lineal que trabaja principalmente a flexión; en las vigas la longitud predomina sobre las otras dos dimensiones y suele ser horizontal. El esfuerzo de flexión provoca tensiones de tracción y compresión, produciéndose las máximas en el cordón inferior y en el cordón superior, respectivamente, las cuales se calculan relacionando el momento flector y el segundo momento de inercia; en las zonas cercanas a los apoyos se producen esfuerzos cortantes o punzonamiento; también pueden producirse tensiones por torsión, sobre todo en las vigas que forman el perímetro exterior de un forjado.

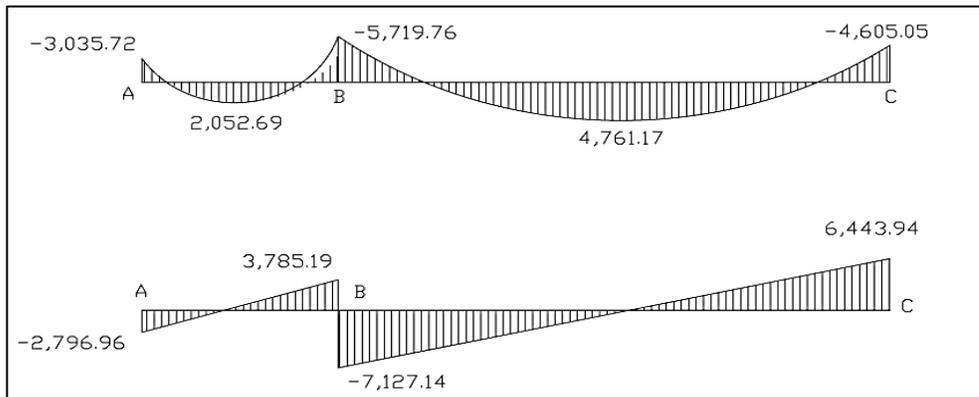
En una viga de concreto así reforzada, el acero de refuerzo resiste la tensión causada por los momentos flectores, mientras que el concreto usualmente es capaz de resistir solo la compresión correspondiente. Esta acción conjunta de los dos materiales se garantiza si se impide su deslizamiento relativo, lo que se logra mediante la utilización de barras corrugadas con su alta resistencia por adherencia de la interfase acero-concreto y, si es necesario, mediante anclajes especiales en los extremos de las barras.

Los datos necesarios para su diseño son los momentos y cortes actuantes últimos que se toman del análisis estructural.

Datos:

El procedimiento seguido para diseñar las vigas, se describe a continuación, aplicado a la viga tipo 1. Los datos se muestran en la figura 22; esta viga se ubica en marco típico sentido Y, nivel 2. Los datos son tomados del análisis estructural.

Figura 22. Diagrama de momentos y cortes últimos en viga tipo 1



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Límites de acero:

Antes de diseñar el refuerzo longitudinal en la viga, se calculan los límites dentro de los cuales debe estar este; esto se realiza usando los siguientes criterios:

Sección = 0,25 m,*0,40 m; peralte efectivo 0,36 m.

$$A_{s_{\min}} = \frac{14,1}{F_y} * b * d$$

$$A_{s_{\min}} = \frac{14,1}{2,810} * 25 * 36 = 4,52 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{\max}} = 0,50 * 0,036946 * b * d$$

$$A_{s_{\max}} = 0,50 * 0,036946 * 25 * 36 = 16,63 \text{ cm}^2$$

Acero longitudinal:

Por medio de los momentos dados se procede a calcular las áreas de acero con la siguiente fórmula:

$$A_s = \left[b * d - \sqrt{(b * d)^2 * - \left(\frac{M * b}{0,003825 * f'c} \right)} \right] * \left(\frac{0,85 * f'c}{F_y} \right)$$

En este caso se calculará el tramo A-B, tomando el mayor de los dos momentos negativos; entonces:

$$A_s = \left[25 * 36 - \sqrt{(25 * 36)^2 * - \left(\frac{5,719,76 * 25}{0,003825 * 210} \right)} \right] * \left(\frac{0,85 * 210}{2,810} \right) = 6,67 \text{ cm}^2$$

El área obtenida se encuentra dentro de los límites indicados, por lo tanto se diseña como una viga simplemente reforzada.

$$A_{s_{\min}} = 4,52 \text{ cm}^2 \leq A_s = 6,67 \text{ cm}^2 \leq A_{s_{\max}} \leq 16,63 \text{ cm}^2$$

Usando la fórmula anterior, se calcula el área de acero para cubrir el momento positivo, que es igual $A_s(+)$ = 2,30 cm² y el del otro momento negativo igual a $A_s(-)$ = 3,43 cm².

Después de calcular el área de acero para los momentos positivos y negativos debe considerarse los siguientes requisitos sísmicos:

Cama superior:

Se debe colocar, como mínimo, dos varillas de acero corrido, tomando el mayor de los siguientes valores: $A_{s_{\min}}$ o 33 % del A_s calculada para el M (-).

$$A_{s_{\min}} = 4,52 \text{ cm}^2 \quad 33\%(A_{s(-)}) = 0,33 * 6,67 \text{ cm}^2 = 2,20 \text{ cm}^2$$

Se necesitan 2 varillas núm. 6 corridas, necesitando bastones para satisfacer los momentos no cubiertos por el área de acero longitudinal.

$$A_{s(\text{bastón izquierdo})} = 2,20 - 5,70 = -3,5 \text{ cm}^2; \text{ no necesita bastón}$$

$$A_{s(\text{bastón derecho})} = 6,67 - 5,70 = 0,97 \text{ cm}^2; 1 \text{ núm. 4} = 1,27 \text{ cm}^2$$

Cama inferior:

Se deben colocar como mínimo, dos varillas de acero corrido, tomando el mayor de los siguientes valores: $A_{s_{\min}}$; 50 % del A_s calculado para el M (+); 50 % del A_s calculado para el M (-).

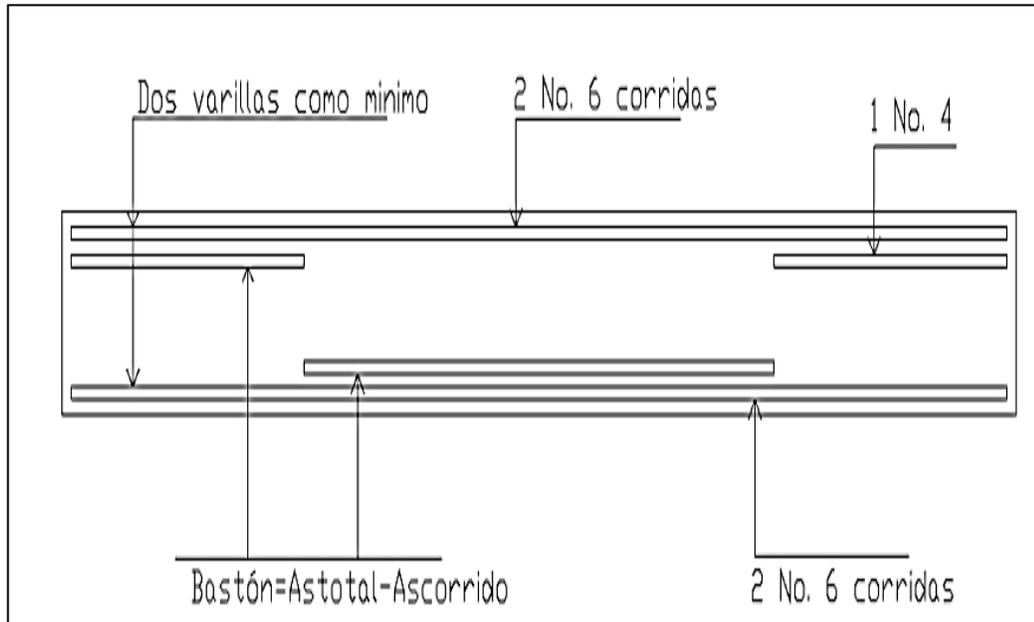
$$A_{s_{\min}} = 4,52 \text{ cm}^2$$

$$50 \% (A_{s(+)}) = 0,50 * 2,30 \text{ cm}^2 = 1,15 \text{ cm}^2$$

$$50 \% (A_{s(-)}) = 0,50 * 6,67 \text{ cm}^2 = 3,35 \text{ cm}^2$$

Usar el $A_{s_{\min}}$: se necesitan 2 varillas núm. 6 = 5,70 cm^2 , corridas.

Figura 23. **Distribución de acero longitudinal viga tipo 1**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Acero transversal: el objetivo de colocar estribos en las vigas es para mantener el refuerzo longitudinal en la posición deseada y para contrarrestar los esfuerzos de corte, en caso de que la sección de concreto no fuera suficiente para cumplir esta función. El procedimiento a seguir es el siguiente:

Cálculo del corte resistente:

$$V_r = 0,85 * 0,33 * \sqrt{f'_c} * b * d$$

$$V_r = 0,85 * 0,33 * \sqrt{210} * 25 * 36 = 5,875,53 \text{ kg}$$

Comparar corte resistente con corte último:

Si $V_r \geq V_u$ la viga necesita estribos solo por armado

Si $V_r < V_u$ se diseñan estribos por corte, con estas fórmulas:

$$V_s = V_u - V_r$$

$$\gamma_s = \frac{V_s}{b * d}$$

$$S = \frac{2 * A_V * F_y}{\gamma_s * b}$$

$S_{max} = d/2$, como mínimo usar acero de 3/8" (núm. 3)

En este caso $V_u = 3,785,19$ Kg y $V_r = 5,875,53$ Kg; como $V_r > V_u$ usar estribos núm. 3 a $S_{max} = d/2 = 36/2 = 18$ cm. Puede observarse que $V_r > V_u$, por ende, se usan estribos núm. 3 solo por requisito de armado. Además de lo anterior, existen requisitos sísmicos que sugieren confinar los estribos de las vigas en sus extremos, con el objetivo de darle mayor ductilidad en los nudos. La zona de confinamiento para este caso, se hace de la forma siguiente:

$Lo =$ Longitud de confinamiento = $Lo = 2d = 2 * 36 = 72$ cm.

Colocando estribos núm. 3 a cada $d/4 = 36/4 = 9$ cm.

Vigas tipo 2, 3 y 4:

Para el diseño de las vigas tipo 2, 3 y 4 se sigue el procedimiento descrito anteriormente para la viga tipo 1. En las tablas XXVIII y XXIX, se describen las áreas de acero para todas las vigas.

Tabla XXVIII. Refuerzo vigas eje Y

Viga Secc, 0,25 x 0,40	Refuerzo longitudinal			Refuerzo transversal	
	Momento (kg-m)	As (cm ²)	Refuerzo	Cortes (kg)	Refuerzo
Segundo nivel	3035,72	3,44	2 núm. 6	Vu = 7121,14 Vr = 5875,53	Extremos: 9 Núm,3 @0,09 m, el resto @0,18 m
	2052,69	2,30	2 núm. 6		
	5719,76	6,67	2 núm. 6 + 1 núm. 4		
	4761,17	5,49	2 núm. 6		
	4605,05	5,30	2 núm. 6		
Primer nivel	7240,22	15,88	2 núm. 6 + 1 núm.8	Vu = 14792,98 Vr = 5875,53	Extremos: 10 Núm. 3 @ 0,08 m, el resto @ 0,16 m
	6302,36	7,40	2 núm. 8		
	12452,28	15,88	2 núm. 6 + 2 núm. 8		
	9614,19	11,77	2 núm. 6 + 2 núm. 8		
	10715,41	13,32	2 núm. 6 + 2 núm. 8		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIX. Refuerzo vigas eje X

Viga Secc, 0,25 x 0,40	Refuerzo longitudinal			Refuerzo transversal	
	Momento (kg-m)	As (cm ²)	Refuerzo	Cortes (kg)	Refuerzo
Segundo nivel	2 673,56	3,02	2 Núm. 6	Vu = 3 793,00 Vr = 5875,53	Extremos: 9 Núm. 3 @0,09 m, el resto @0,18 m
	1 822,75	2,04	2 Núm. 6		
	3 195,64	3,62	2 Núm. 6		
	1 257,97	1,40	2 Núm. 6		
	2 910,44	3,29	2 Núm. 6		
Primer nivel	7 083,18	8,40	2 Núm. 6	Vu = 7096,88 Vr = 5875,53	Extremos: 9 Núm. 3 @0,09 m, el resto @0,18 m
	4 458,17	5,13	2 Núm. 6 + 1 Núm.6		
	7 668,12	9,16	2 Núm. 6		
	2 566,48	2,89	2 Núm. 6 + 1 Núm. 8		
	6 658,71	7,85	2 Núm. 6 + 1 Núm. 6		

Fuente: elaboración propia.

2.2.11.3. Diseño de columnas

Las columnas son elementos estructurales que están sometidas a carga axial y momentos flexionantes. Para el diseño la carga axial es el valor de todas las cargas últimas verticales que soporta la columna; esta carga se determina por áreas tributarias. Los elementos flexionantes son tomados del análisis estructural, y para diseñar la columna, el mayor de los dos momentos actuantes en los extremos de la misma.

Para este caso, se diseñan por cada nivel únicamente las columnas críticas, es decir, las que están sometidas a mayores esfuerzos. El diseño resultante para cada columna es aplicado a todas las columnas del nivel respectivo. En esta sección se describe el procedimiento que se sigue para diseñar las columnas típicas del edificio de aulas, aplicándole en la columna del nivel 2.

Columna típica nivel 2:

Dimensiones:

Sección de columna 30*30 cm.	Longitud de columna 3,00 m.
Sección de viga 25*45 cm.	Longitud de viga 1 = 8,08 m.
Espesor de losa 0,12 m.	Mx= 2 788,43 Kg-m
Área tributaria = 16,32 m ² .	My= 7 115,75 Kg-m

Determinación de carga axial: $CU = 1,7 CV + 1,4 CV$:

$$CU = 1,7 (100) + 1,4((0,12 * 2400) + 60) = 657,20 \text{ kg} - \text{m}$$

Cálculo de factor de carga última:

$$F_{cu} = \frac{CU}{CM + CV} = \frac{657,20}{348 + 100} = 1,47$$

Cálculo de la carga axial: $P_u = (A \text{ losas} * CU) + (P_{vigas} * F_{cu})$:

$$P_u = (16,32 * 657,20) + 1,47(0,25 * 0,40 * 2 400 * 8 - 08) = 13,576,13 \text{ kg}$$

Clasificar las columnas por su esbeltez (E):

Por su relación de esbeltez las columnas se clasifican en cortas ($E < 22$), intermedias ($22 > E > 100$) y largas ($E > 100$).

El objetivo de clasificar las columnas es ubicarlas en un rango; si son cortas se diseñan con los datos originales del diseño estructural, si son intermedias se deben de magnificar los momentos actuantes, y si son largas no se construyen. La esbeltez de la columna en el sentido X, se calcula con el procedimiento siguiente:

Tabla XXX. **Inercia relativa**

EJE X				EJE Y			
	Inercia	Long,	K=I/L		Inercia	Long	K=I/L
Columna	67 500,00	300	225	Columna	67 500,00	300	225,00
Viga X	133 333,33	408	326,8	Viga Y1	133 333,33	590	225,99
Columna inferior	67 500,00	400	168,75	Viga Y2	133 333,33	210	634,92

Fuente: elaboración propia.

Cálculo de coeficientes que miden el grado de empotramiento a la rotación en las columnas (ψ):

Sentido X:

Extremo superior:

$$\psi_A = \frac{\sum K_{columnas}}{\sum K_{vigas}} = \frac{225}{326,80 + 326,80} = 0,34$$

Extremo inferior:

$$\psi_B = \frac{\sum K_{columnas}}{\sum K_{vigas}} = \frac{225 + 225}{326,80 + 326,80} = 0,69$$

Promedio

$$\psi_P = \frac{\psi_A + \psi_B}{2} = \frac{0,34 + 0,69}{2} = 0,52$$

Cálculo de esbeltez en columna ($\sigma = 0,30$, el lado menor de columna)

$$E = \frac{KL_U}{\sigma} = \frac{1,20(3,00)}{0,30 * 0,30} = 40 > 22$$

El cálculo de la esbeltez en el sentido Y dio estos datos:

$$\psi_A = 0,34$$

$$\psi_P = 0,52$$

$$\psi_B = 0,69$$

$$K = 1,14$$

Por los valores obtenidos de E, tanto en el sentido X como en el sentido Y, la columna se clasifica dentro de las intermedias, por lo tanto se deben magnificar los momentos actuantes.

2.2.11.3.1. Magnificación de momentos

Quando se hace un análisis estructural de segundo orden, en el cual se toman en cuenta las rigideces reales, los efectos de las deflexiones y de la duración de la carga, cuyo factor principal que debe incluirse es el momento

debido a las deflexiones laterales de los miembros, se pueden diseñar las columnas utilizando directamente los momentos calculados.

Por otro lado, si se hace un análisis estructural convencional de primer orden, como en este caso, en el cual se usan las rigideces relativas aproximadas y se ignora el efecto de los desplazamientos laterales de los miembros; es necesario modificar los valores calculados con el objetivo de obtener valores que tomen en cuenta los efectos del desplazamiento. Para este caso, esa modificación se logra utilizando el método ACI de magnificación de momentos descrito a continuación:

Sentido X:

Cálculo del factor de flujo plástico del concreto:

$$\beta_d = \frac{CM_U}{CU} = \frac{487,20}{657,20} = 0,74$$

Cálculo del el total del material:

$$E_c = 15100\sqrt{f'_c}$$

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

$$EI = \frac{\frac{E_c \cdot I_g}{2,50}}{1 + \beta_d} = \frac{\frac{15100\sqrt{210} \cdot 30^4}{2,50}}{12 * 2,50 * (1 + 0,74)} = 3,40 \times 10^9 \text{ kg} - \text{cm}^2 = 340 \text{ Ton} - \text{m}^2$$

Calculo de la carga crítica de pandeo de Euler:

$$P_{Cr} = \frac{\pi^2 EI}{(KL_u)^2} = \frac{\pi^2 (340)}{(1,20 * 3,00)^2} = 258,92 \text{ T}$$

Cálculo del magnificador de momentos:

$\delta > 1$ $\emptyset = 0,70$ sí se usan estribos

$$\delta = \frac{1}{1 - \frac{P_u}{\phi P_{cr}}} = \frac{1}{1 - \frac{13,58}{(0,70 * 258,92)}} = 1,08$$

Cálculo de momentos de diseño:

$$M_{dx} = \delta * M_u = 1,08 (2\ 788,43) = 3\ 011,50 \text{ kg} - \text{m}$$

Sentido Y:

$$\beta d = 0,74$$

$$EI = 340 \text{ Ton} - \text{m}^2$$

$$P_{cr} = 258,92 \text{ T}$$

$$\delta = 1,08$$

$$M_{dy} = 7\ 685,01 \text{ kg} - \text{m}$$

Cálculo del acero longitudinal por el método de Bresler: este método consiste en una aproximación del perfil de la superficie de la falla; además es uno de los métodos más utilizados, porque su procedimiento es sencillo y produce resultados satisfactorios. La idea fundamental del método de Bresler es aproximar el valor $1/P'u$; este valor aproxima por un punto del plano determinado por los tres valores: carga axial pura ($P'o$), la carga de falla para una excentricidad e_x ($P'ox$) y la carga de falla para una excentricidad e_y ($P'oy$).

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

Se calcularán los refuerzos de acero a continuación, teniendo esta información:

$$P_u = 13,756 \text{ kg}$$

$$M_{dx} = 3,011,50 \text{ kg-m}$$

$$M_{dy} = 7,685,01 \text{ kg-m}$$

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

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

$$\text{Recubrimiento} = 3 \text{ cm}$$

Cálculo de límites de acero:

Según ACI, el área de acero en una columna debe estar dentro de los siguientes límites $1 \% A_g < A_s < 6 \% A_g$.

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

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

Se propone un armado, con un valor intermedio a los límites permitidos de A_s . Armado propuesto 4 núm. 8 + 4 núm. 6 = 4 (5,07) + 4 (2,85) = 31,68 cm^2 , Si $P'_u > P_u$, entonces el armado propuesto es correcto; de lo contrario, se debe aumentar el área de acero. Para este método se usan los diagramas de interacción para diseño de columnas (ver anexos). Los valores a utilizar en los diagramas son:

Valor de la gráfica:

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

Valor de la curva:

$$P_{tu} = \frac{A_s * F_y}{0,85 * f'_c * A_g} = \frac{31,68(2810)}{0,85 * 210 + 900} = 0,55$$

Excentricidades:

$$e_x = \frac{M_{dx}}{P_u} = \frac{3,011,50}{13,576,13} = 0,22$$

$$e_y = \frac{M_{dy}}{P_u} = \frac{7,685,01}{13,576,13} = 0,55$$

Al conocer las excentricidades se calcula el valor de las diagonales:

$$\frac{e_x}{h_x} = \frac{0,22}{0,30} = 0,73 \quad \frac{e_y}{h_y} = \frac{0,55}{0,30} = 1,83$$

Con los valores obtenidos en los últimos cuatro pasos, se buscan los valores de los coeficientes K_x y K_y , siendo estos: $K_x = 0,39$ y $K_y = 0,15$.

Cálculo de cargas

Cálculo de resistencia de la columna a una excentricidad e_x :

$$P'_{ux} = K_x * f'_c * b * h = 0,39 * 210 * 30 * 30 = 73,710 \text{ kg}$$

Cálculo de resistencia de la columna a una excentricidad e_y :

$$P'_{uy} = K_y * f'_c * b * h = 0,15 * 210 * 30 * 30 = 28 350 \text{ kg}$$

Carga axial de resistencia de la columna:

$$P'o = \phi (0,85 * f'c(Ag - As) + As * Fy)$$

$$P'o = 0,85 (0,85 * 210 (900 - 31,68) + 31,68 * 2 810) = 170,811,14 \text{ kg}$$

Carga de la resistencia de la columna:

$$\frac{1}{P'u} = \frac{1}{\frac{1}{P'ux} + \frac{1}{P'uy} - \frac{1}{P'c}} = \frac{1}{\frac{1}{73 710} + \frac{1}{28 350} - \frac{1}{170 811,14}} = 23 263,59 \text{ kg}$$

Como $P'u > P_u$ el armado propuesto sí resiste las fuerzas aplicadas, si esto no fuera así, se debe aumentar el área de acero hasta que cumpla.

Acero transversal (estribos):

El objetivo del refuerzo transversal es para resistir los esfuerzos de corte, y en algunos casos solo por armado. Por requisitos sísmicos las columnas deben confinarse para aumentar la capacidad de carga axial, de corte y ductilidad; debe ser en forma de anillo (estribos) o refuerzo espiral continuo (zunchos).

El procedimiento para proveer refuerzo transversal a las columnas se describe a continuación:

Refuerzo por corte: se calcula el corte resistente:

$$V_r = 0,85 * 0,53 * \sqrt{f'c} * b * d = 0,85 * 0,53 * \sqrt{210} * 30 * 27 = 5,287,98 \text{ kg}$$

Comparar V_r con V_u con los siguientes criterios:

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

Si $V_r \leq V_u$ se diseñan los estribos por corte

Para ambas opciones debe considerarse que la varilla mínima permitida es la Núm. 3, en este caso $V_r > V_u$ ($5\,287,98 > 4\,681,85$), entonces se colocan estribos con un espaciamiento $S = d/2 = 27/2 = 13,5$ cm; por métodos constructivos se usará $S = 13$ cm.

Refuerzo por confinamiento:

Para la longitud de confinamiento (L_o), debe tomarse el mayor de estos criterios:

L_o :

$$L_u/6 = 3,00/6 = 0,50 \text{ m}$$

Lado mayor de la columna = 0,30 m

0,45 m

El espaciamiento de los estribos (S_1) en zonas confinadas de las columnas debe encontrarse entre $3 \text{ cm} < S_1 < 10 \text{ cm}$,

Relación volumétrica:

$$\rho_s = 0,45 \left[\left(\frac{A_g}{A_{ch}} \right) - 1 \right] * \left(0,85 * \frac{f'_c}{F_y} \right) \quad \rho_s > 0,12 \left(\frac{f'_c}{F_y} \right)$$

$$\rho_s = 0,45 \left[\left(\frac{30^2}{24^2} \right) - 1 \right] * \left(0,85 * \frac{210}{2810} \right) = 0,016 \quad 0,016 > 0,12 \left(\frac{210}{2810} \right) 00,09$$

Y por último, el espaciamiento entre estribos en la zona confinada es:

$$S1 = \frac{2A_v}{\rho_s * L_n} = \frac{2 * 0,71}{0,016 * 24} = 3,68 \text{ cm}$$

Los resultados del diseño de la columna típica, ubicada en el nivel 2, se encuentra en la tabla XVII. El procedimiento que se debe seguir es el descrito anteriormente, teniendo en cuenta que la carga axial utilizada se calcula de la siguiente manera:

Carga axial = (área tributaria)(CU) + (carga de la columna del nivel superior) + (peso de vigas) (FCU) + (peso de la columna del nivel superior) (FCU).

Tabla XXXI. **Refuerzos de acero en columnas**

Columna secc, 030 x 0,30	Refuerzo longitudinal			Refuerzo transversal	
	Cargas	Refuerzo	Cortes (kg)	Confinar	Refuerzo
Segundo nivel Lu = 3,00 m	Mx = 2 788,43	4 núm. 8 + 4 núm. 6	Vux = 2020,89 Vuy = 4681,85 Vr = 5287,98	Lo = 0,50 m S1 = 0,03 m	Extremos: núm. 3 @ 0,03 m, hasta 0,50 m, en extremos, resto: @ 0,13 m,
	My = 7 115,75				
	Pu = 13 576,13				
	Mdy = 7 685,01				
Primer nivel Lu = 3,00 m	P'u = 23 263,59	4 núm, 8 + 4 núm, 6	Vux = 3257,66 Vuy = 4195,94 Vr = 5287,98	Lo = 0,50 m S1 = 0,03 m	Extremos: núm. 3 @ 0,03 m, hasta 0,50 m, en extremos, resto: @ 0,13 m,
	Mx = 6 838,66				
	My = 8 237,69				
	Pu = 46 333,89				
	Mdy = 10 132,36				
	P'u = 48 503,30				

Fuente: elaboración propia.

2.2.11.4. Diseño de cimiento corrido

El cimiento corrido es el elemento estructural que soporta la carga ejercido por muros o tabiques; este se calcula como una franja unitaria y se diseñan para que soporten las cargas superpuestas; se hacen corridos para que provean un amarre adecuado entre ellos. Los muros empleados en esta estructura cumplen la función únicamente de tabiques para división de ambientes y en sí el peso de la estructura no va ejercido sobre ellos, por lo que se propone un cimiento corrido tipo trapezoidal de acuerdo con el FHA; ya que los muros del primer nivel de la estructura son de 3 metros de altura se consideran las siguientes dimensiones:

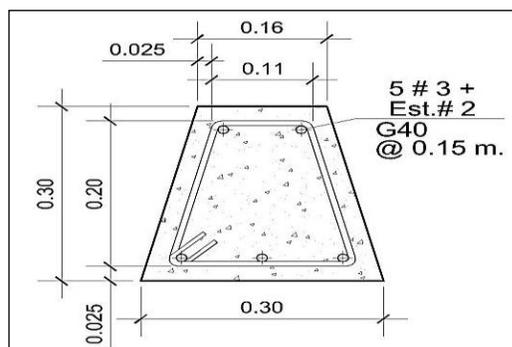
Ancho base = 30,0 cm

Peralte = 30,0 cm

Ancho de la corona = ancho del muro más 1 cm = 15 cm + 1 cm = 16 cm

El refuerzo mínimo para cimientos corridos trapezoidales es de 5 varillas núm. 3 con eslabones núm. 2 @ 0,15 m, tal como se muestra en la figura 24.

Figura 24. **Sección cimiento corrido trapezoidal**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

2.2.11.5. Diseño de zapatas

Se conoce como zapatas a los elementos estructurales que transmiten las cargas últimas ejercidas por todo el cuerpo estructural al suelo; de manera muy particular se podría decir que son las bases de la estructura, para este proyecto se diseñaron de dos tipos: individuales y combinadas.

2.2.11.5.1. Diseño de zapatas individuales

Las zapatas para columnas individuales son por lo general cuadradas, algunas veces rectangulares y representan el tipo de cimentación más sencillo y económico. Su utilización para columnas exteriores tiene algunas dificultades si los derechos de propiedad impiden la utilización de zapatas que se extiendan más allá de los muros exteriores. En este caso se utilizan zapatas combinadas o zapatas amarradas para permitir el diseño de una zapata que no se extienda más allá del muro o columna.

La función de las zapatas es la transmisión de las cargas totales de la estructura al suelo, y que este soporte peso de la estructura.

- Valor soporte del suelo: se calculó el valor soporte del suelo por el método de Terzaghi, con los datos obtenidos en el ensayo de compresión triaxial. Los datos obtenidos en el ensayo son:
 - Ángulo de fricción interna (Φ) = 31,02 °
 - Coeficiente de cohesión (C_o) = 9,65 Ton/m²
 - Base de la cimentación = 1,00 m
 - Desplante (D_f) = 1,00 m

- Densidad seca (P_{suelo}) = 1,35 Ton/m³
- Factor de seguridad (F_s) = 3,00

Con estos datos se obtiene los siguientes valores:

$$\phi_{\text{rad}} = \frac{\phi * \pi}{180} = \frac{31,02^\circ * \pi}{180} = 0,5414 \text{ radianes}$$

Factores de flujo:

$$N_q = \frac{e^{\left(\frac{3}{2}\pi - 0,5414\right) \tan(0,5414)}}{2 \cos^2\left(45 + \frac{0,5414}{2}\right)} = 3,54$$

$$N_c = \cot(0,5414)(3,54 - 1) = 5,16$$

$$N_\gamma = 2(3,54 + 1)\tan(0,5414) = 8,73$$

Capacidad cortante última:

$$q_o = [0,4 * \gamma_{\text{suelo}} * B_c * N_\gamma] + [1,3 * C_o * N_c] + [\gamma_{\text{suelo}} * D_f * N_q]$$

$$q_o = [0,4 * 1,35 * 1 * 8,73] + [1,3 * 9,65 * 5,16] + [1,35 * 1 * 3,54] = 74,23 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^2}$$

Capacidad de soporte del suelo:

$$V_s = \frac{q_o}{F_s} = \frac{74,23}{3} = 24,74 \cong 25 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^2}$$

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

$$\begin{array}{lll} M_x = 6,84 \text{ Ton-m} & F_{cu} = 1,49 & V_s = 25,0 \text{ Ton/m}^2 \\ M_y = 8,24 \text{ Ton-m} & P_s = 1,40 \text{ Ton/m}^3 & f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2 \\ P_u = 46,33 \text{ Ton} & P_c = 2,40 \text{ Ton/m}^3 & F_y = 2810 \text{ kg/cm}^2 \end{array}$$

Área de zapata:

La losa de la zapata debe dimensionarse para soportar las cargas aplicadas y las reacciones inducidas.

Cálculo de las cargas de trabajo:

$$P't = \frac{P_u}{F_{cu}} = \frac{46,33}{1,49} = 31,09 \text{ Ton}$$

$$M_{tx} = \frac{M_x}{F_{cu}} = \frac{6,84}{1,49} = 4,60 \text{ Ton - m}$$

$$M_{ty} = \frac{M_y}{F_{cu}} = \frac{8,24}{1,49} = 5,53 \text{ Ton - m}$$

Predimensionamiento del área de la zapata:

$$A_z = \frac{1,5P't}{V_s} = \frac{1,5(31,09)}{25} = 1,86 \text{ m}^2$$

Se propone usar dimensiones aproximadas.

$$A_z = 1,40\text{m} \times 1,40 \text{ m} = 1,96 \text{ m}^2$$

Chequeo de presión sobre el suelo:

La zapata transmite verticalmente al suelo cargas aplicadas a ella por medio de la superficie en contacto con este, ejerciendo una presión cuyo valor se define por la fórmula siguiente:

$$q = \frac{P}{A_z} \pm \frac{M_x}{S_x} \pm \frac{M_y}{S_y} \qquad S = \frac{1}{6}bh^2$$

Se debe considerar que “q” no puede ser negativa, ni mayor que el valor soporte del suelo.

$$S_x = S_y = \frac{1}{6}(1,40)^3 = 0,45 \text{ m}^3$$

$$P = P' + P_{col} + P_s + P_{cimiento}$$

$$P = 31,09 + (0,30 * 0,30 * 4 * 2,4) + (2,97 * 1 * 1,40) + (1,96 * 0,40 * 2,40)$$

$$P = 38,00 \text{ Ton}$$

$$q = \frac{38,00}{1,96} \pm \frac{4,60}{0,45} \pm \frac{5,53}{0,45}$$

$$q_{\max} = 41,90 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^2}$$

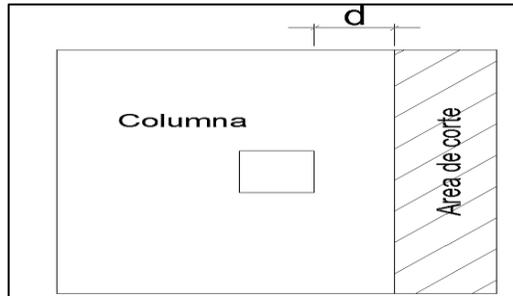
$$q_{\min} = 3,12 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^2}$$

- Presión última: como se observa en los cálculos anteriores, la presión está distribuida de forma variable, pero para efectos de diseño estructural se toma una presión última usando el criterio:

$$q_{\text{disu}} = q_{\text{max}} * F_{\text{cu}} = 41,90 * 1,49 = 62,43 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^2}$$

- Espesor de zapata: dimensionada el área, se procede a dimensionar el espesor de la zapata, basados en que el recubrimiento del refuerzo no sea menor que 0,075 m y que el peralte efectivo sea mayor que 0,15 m. Dicho espesor debe ser tal que resista los esfuerzos de corte. Considerando lo anterior, se asume un $t = 0,40$ m, luego se realizan los siguientes chequeos:
 - Chequeo por corte simple: la falla de las zapatas por esfuerzo cortante ocurre a una distancia igual a “d” (peralte efectivo) del borde de la columna; por tal razón se debe comparar en ese límite si el corte resistente es mayor que el actuante; esto se hace de la forma indicada a continuación:

Figura 25. Corte simple en zapata



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

$$d = t - \text{rec} - \frac{\phi}{2} = 40 - 7,5 - \frac{1,27}{2} = 31,87 \text{ cm}$$

$$V_{act} = \text{Área} * q_{disu} = 0,23 * 1,40 * 62,43 = 20,10 \text{ Ton}$$

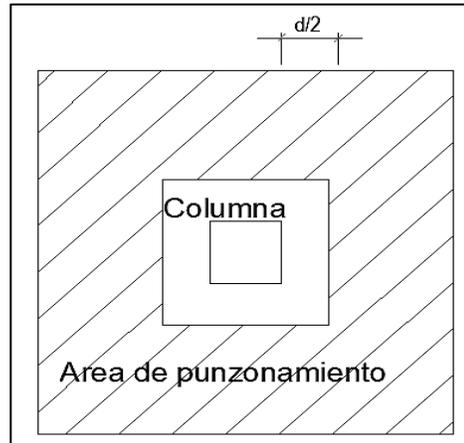
$$V_r = 0,85 (0,53)\sqrt{f'_c} * b * d = 0,85(0,53)\sqrt{210} * 140 * \frac{31,87}{1\ 000} = 29,13 \text{ Ton}$$

$$V_{act} < V_r$$

$$20,10 \text{ Ton} < 29,13 \text{ Ton} ; \text{CUMPLE}$$

- Chequeo de corte punzonante: la columna tiende a punzonar la zapata debido a los esfuerzos de corte que se producen en el perímetro de la columna; el límite donde ocurre la falla se encuentra a una distancia igual a $d/2$ del perímetro de la columna. La revisión que se realiza es la siguiente:

Figura 26. Corte punzonante en zapata



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

$b_o = \text{perímetro de adentro; lado completo} = d + 30 = 61,87 \text{ cm}$

$$b_o = (4)(61,87) = 247,48 \text{ cm}$$

$$V_{act} = \text{Área} * q_{disu} = [(1,40 * 1,40) - (0,62 * 0,62)] 62,43 = 98,36 \text{ Ton}$$

$$V_r = 0,85 (1,063)\sqrt{f'_c} * b * d = 0,85 (1,06)\sqrt{210} * 247,8 * \frac{31,87}{1\ 000} = 102,98 \text{ Ton}$$

$$V_{act} < V_r$$

$$98,36 \text{ Ton} < 102,98 \text{ Ton} ; \text{CUMPLE}$$

- Diseño de refuerzo: el empuje hacia arriba del suelo produce un momento flector en la zapata, por tal razón, es necesario reforzarla con acero para soportar los esfuerzos inducidos.

- Momento último: este se define tomando la losa como en voladizo con la fórmula:

$$M_u = \frac{q_{disu} * L^2}{2} = \frac{62,43 * (0,70 - 0,15)^2}{2} = 9,44 \text{ Ton} - \text{m} = 9\,442,50 \text{ kg} - \text{m}$$

Donde “L” es la distancia medida del rostro de la columna al borde de la zapata.

- Área de acero: se define con la fórmula descrita en el ACI:

$$A_s = \left(b * d - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{M_u + b}{0,003825 * f'c}} \right) * \frac{0,85 f'c}{F_y} = 10,80 \text{ cm}^2$$

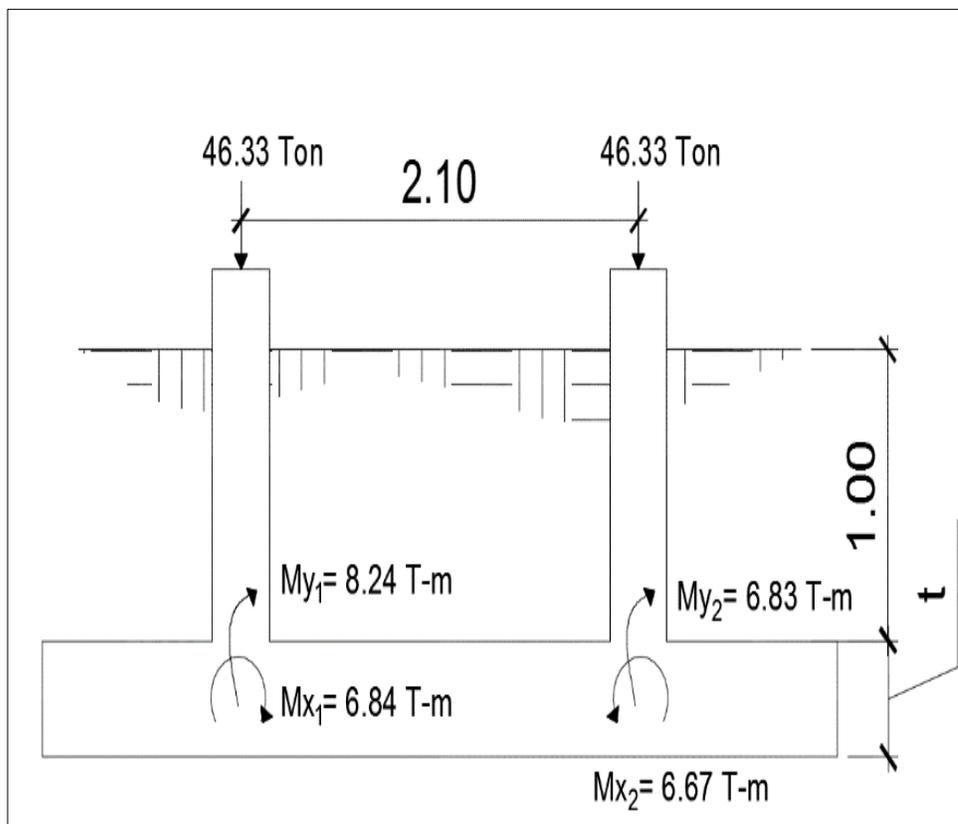
$$A_{s_{min}} = \left(\frac{14,1}{F_y} \right) * b * d = \left(\frac{14,1}{2\,810} \right) * 140 * 31,87 = 22,39 \text{ cm}^2$$

Debido a que el $A_{s_{min}}$ es mayor que A_s , se colocará el $A_{s_{min}} = 22,39 \text{ cm}^2$ en ambos sentidos. El espaciamiento entre varilla de refuerzo está definido por: $S = A_v/A_s$; donde $S < 0,45 \text{ m}$. Para un elemento diferencial de 1 m setiene que el área de acero a necesitar es de $16,00 \text{ cm}^2$, entonces sí se usa varilla núm. 6 se tiene $S = 2,85/16,00 = 0,17 \text{ m}$, por lo tanto, las zapatas quedarán armadas con varilla núm, 6 @ 0,15 m en ambos sentidos, con dimensiones de 1,40 m por cada lado.

2.2.11.5.2. Diseño de zapatas combinadas

Las zapatas combinadas se colocan cuando la distancia entre dos columnas sea muy pequeña, que la luz entre zapata y zapata sean muy cortas o en su defecto que se traslapen. Para este diseño, las zapatas entre los ejes A y B es muy corta, por lo que se optó por realizar el cálculo de una zapata combinada.

Figura 27. Fuerzas sobre zapata combinada



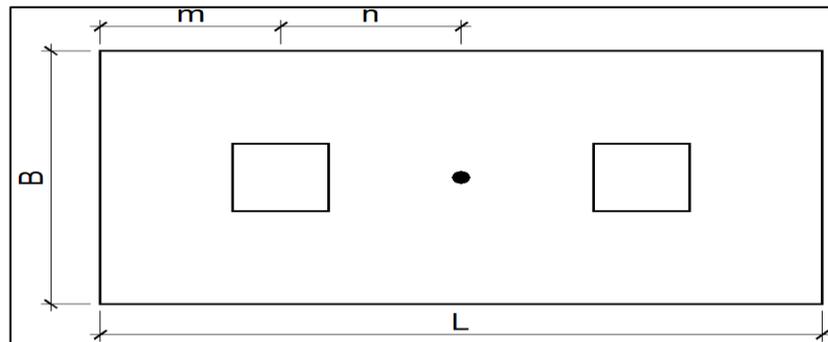
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Datos para diseño:

$M_{x_1} = 6,844 \text{ Ton-m}$	$F_{cu} = 1,49$	$V_s = 25,0 \text{ Ton/m}^2$
$M_{y_1} = 8,24 \text{ Ton-m}$	$P_s = 1,40 \text{ Ton/m}^3$	$f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$
$M_{x_2} = 6,67 \text{ Ton-m}$	$P_u = 46,33 \text{ Ton}$	$F_y = 2810 \text{ kg/cm}^2$
$M_{y_2} = 6,83 \text{ Ton-m}$		

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

Figura 28. **Planta zapata combinada**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

$$L = 2(m + n); b = \frac{R}{(q * L)}$$

$$R = P_1 + P_2$$

$$q = V_s$$

Se asume $m = 1,0$ m, entonces:

$$n = \left(\frac{2,10}{2}\right) = 1,05 \text{ m}$$

$$L = 2(1,00 + 1,05) = 4,10 \text{ m}$$

Conociendo el largo L , se calcula una base mínima:

$$b = \frac{(46,33 + 46,33)}{(25,0)(4,10)} = 0,90 \text{ m}$$

Se propondrá una base de $1,40$ m para mantener la simetría de excavación; con estas dimensiones se procede a realizar los cálculos de espesor y refuerzo. El área de zapata es la siguiente:

$$Az = bL = 4,10 * 1,40 = 5,74 \text{ m}^2$$

Se calculan las cargas últimas a cargas de trabajo:

$$P_T = \frac{P}{F_{cu}}$$

$$P_{Tx} = P_{Ty} = \frac{46,33}{1,49} = 31,09 \text{ Ton}$$

$$M_{Tx1} = \frac{6,84}{1,49} = 4,59 \text{ Ton - m}$$

$$M_{Ty1} = \frac{8,24}{1,49} = 5,53 \text{ Ton - m}$$

$$M_{Tx2} = \frac{6,67}{1,49} = 4,48 \text{ Ton} - \text{m}$$

$$M_{Ty1} = \frac{6,83}{1,49} = 4,58 \text{ Ton} - \text{m}$$

Chequeo del área de la zapata combinada:

Integración de cargas:

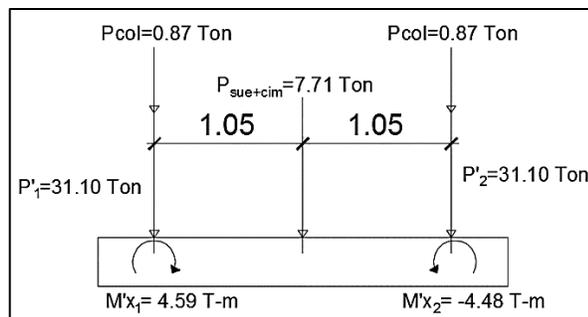
$$P_{\text{col}} = (0,30 * 0,30 * 2,40 * 4) = 0,87 \text{ Ton}$$

$$P_{\text{suelo}} = (1,00 * 1,40 * 2,79) = 4,16 \text{ Ton}$$

$$P_{\text{cimiento}} = (5,74 * 2,40 * 0,40) = 5,51 \text{ Ton}$$

$$\sum P = 0,87 + 4,16 + 5,51 = 9,67 \text{ Ton}$$

Figura 29. **Presiones en esquinas de zapata combinada 1**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Para poder chequear que las dimensiones de la zapata sean las adecuadas se deben determinar las presiones ejercidas por la misma sobre el suelo; para estas presiones se calculan la carga y los momentos equivalentes en el centro geométrico de la zapata:

$$P_{CG} = P'_1 + P'_2 + P_{COL} + P_{COL} + P_{sue+cim}$$

$$P = 0,87 + 0,87 + 31,10 + 31,10 + 7,71 = 71,65 \text{ Ton}$$

$$\sum M_{CGY} = -5,53 - 4,58 - 1,05(0,87 + 31,10) + 1,05(31,10 + 0,87)$$

$$\sum M_{CGY} = -10,11 \text{ Ton} - \text{m}$$

$$\sum M_{CGX} = 4,59 - 4,48 = 0,11 \text{ Ton} - \text{m}$$

La zapata transmite verticalmente al suelo las cargas aplicadas sobre ella por medio de la superficie en contacto con este y ejerce presión en las cuatro esquinas. El valor de estas presiones se define por la fórmula:

$$q = \frac{P_{CG}}{A_Z} \pm \frac{M_{CG}}{S}$$

$$S = \frac{1}{6}bh^2$$

También se debe chequear que la excentricidad en los dos sentidos no sobrepase la excentricidad máxima en cada eje.

$$e_{Xmax} = \frac{B}{6} = \frac{1,40}{6} = 0,23 \text{ m}$$

$$e_{Ymax} = \frac{L}{6} = \frac{4,00}{6} = 0,68 \text{ m}$$

$$e_x = \frac{M_{CGY}}{P_{CG}} = \frac{10,11}{71,65} = 0,14 < e_{x\max}; \text{ CUMPLE}$$

$$e_y = \frac{M_{CGX}}{P_{CG}} = \frac{0,11}{71,65} = 0,001 < e_{y\max}; \text{ CUMPLE}$$

Las excentricidades actuantes son menores a las máximas, por lo que se procede a calcular las presiones ejercidas en las cuatro esquinas de la zapata.

$$q = \frac{P_{CG}}{A_z} \left(1 \pm \frac{6e_x}{L} \pm \frac{6e_y}{B} \right)$$

$$q_1 = \frac{71,65}{5,74} \left(1 + \frac{6(0,14)}{4,10} + \frac{6(0,001)}{1,40} \right) = 15,03 \text{ Ton/m}^2$$

$$q_2 = \frac{71,65}{5,74} \left(1 - \frac{6(0,14)}{4,10} + \frac{6(0,001)}{1,40} \right) = 10,03 \text{ Ton/m}^2$$

$$q_3 = \frac{71,65}{5,74} \left(1 - \frac{6(0,14)}{4,10} - \frac{6(0,001)}{1,40} \right) = 9,93 \text{ Ton/m}^2$$

$$q_4 = \frac{71,65}{5,74} \left(1 + \frac{6(0,14)}{4,10} - \frac{6(0,001)}{1,40} \right) = 14,93 \text{ Ton/m}^2$$

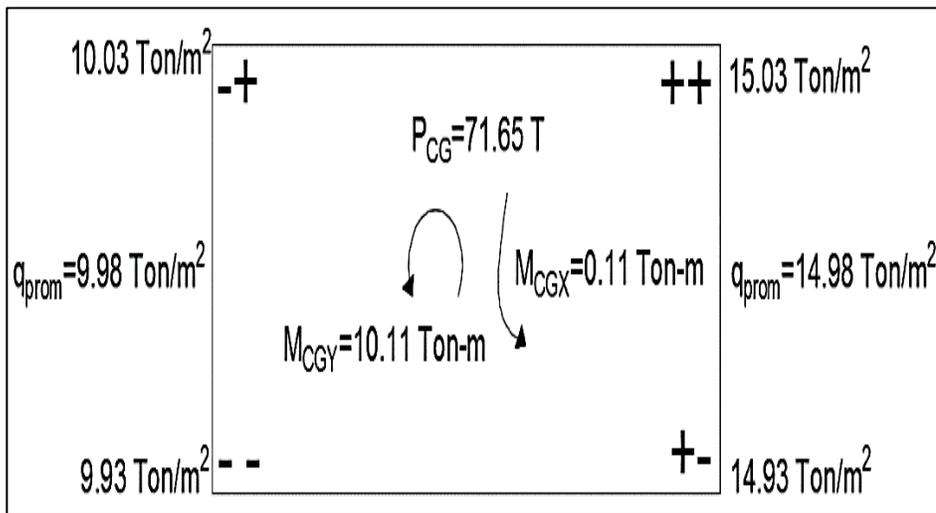
Con los valores de presiones ejercidas en la zapata calculados, se tiene lo siguiente:

$$q_{\max} = 15,03 \text{ Ton/m}^2 < V_s = 25,00 \text{ Ton/m}^2 ; \text{ Cumple}$$

$$q_{\min} = 9,93 \text{ Ton/m}^2 > 0 ; \text{ Cumple, no se produce volteo}$$

Las presiones ejercidas sobre la zapata combinada están dentro de los rangos que se necesita, con lo que se deduce que las dimensiones propuestas para la zapata combinada son correctas.

Figura 30. **Presiones en esquinas de zapata combinada 2**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Las presiones del suelo y del cimientto son:

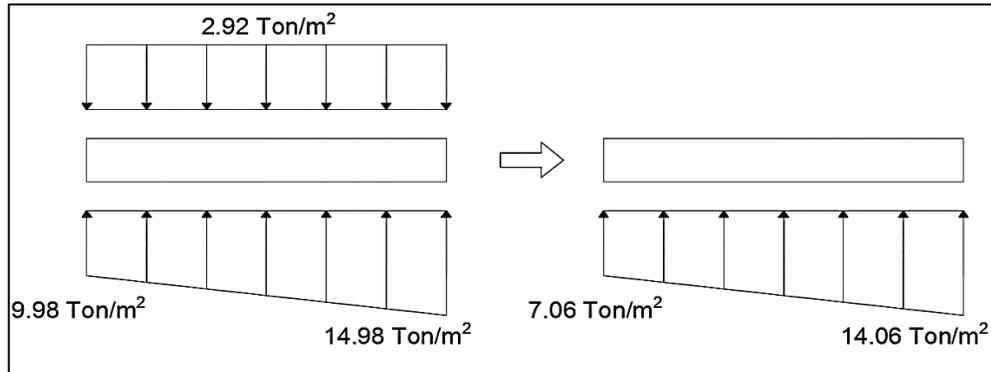
$$q_{\text{suelo}} = Df * P_{\text{suelo}} = 1,40 * 1,40 = 1,96 \text{ Ton/m}^2$$

$$q_{\text{cimiento}} = t * P_{\text{conc}} = 0,40 * 2,40 = 0,96 \text{ Ton/m}^2$$

$$q_{\text{suelo}} + q_{\text{cimiento}} = 2,92 \text{ Ton/m}^2$$

Las presiones sobre el cimientto quedan de la siguiente manera:

Figura 31. Presiones totales sobre la zapata combinada



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Se calculan las presiones últimas de diseño:

$$q_{disu} = q * Fcu$$

$$q_{X=0,00} = 1,49 * 7,06 = 10,51 \text{ Ton/m}^2$$

$$q_{X=4,10} = 1,49 * 14,06 = 20,95 \text{ Ton/m}^2$$

Con los datos anteriores de presiones para los extremos de L se procede a realizar una relación de triángulos para poder determinar el valor de q_{disu} para los diferentes tramos de L.

$$\frac{4,10}{20,95 - 10,51} = \frac{x}{q_{disu(x)} - 10,51}$$

$$q_{disu(x)} = 2,55x + 10,51$$

Teniendo la ecuación de primer grado de la q_{disu} en función del eje x, se calculan las presiones últimas de diseño bajo el eje de las columnas donde actúan las cargas:

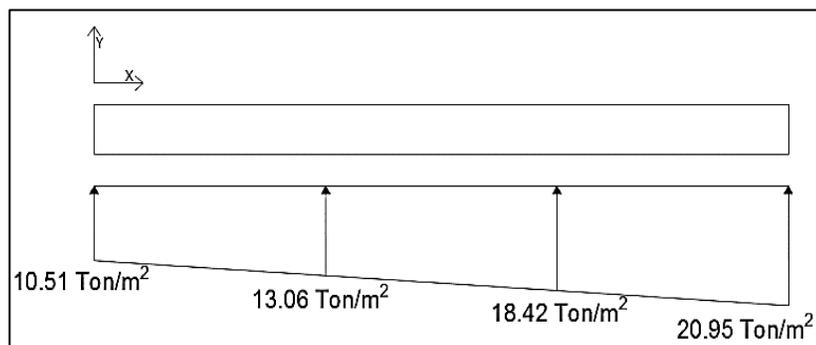
$$q_{disu(x=0)} = 10,51 \text{ Ton/m}^2$$

$$q_{disu(x=1,00)} = 13,06 \text{ Ton/m}^2$$

$$q_{disu(x=3,10)} = 18,42 \text{ Ton/m}^2$$

$$q_{disu(x=4,10)} = 20,95 \text{ Ton/m}^2$$

Figura 32. Presiones bajo el cimiento



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Se procede a determinar las presiones últimas por metro lineal con la siguiente fórmula:

$$W = b * q_{disu} \quad ; \text{ donde } b = \text{ancho de zapata} = 1,40 \text{ m}$$

$$W_{(x=0,00)} = 10,51 * 1,40 = 14,71 \text{ Ton/m}$$

$$W_{(x=1,00)} = 13,06 * 1,40 = 18,28 \text{ Ton/m}$$

$$W_{(x=2,00)} = 18,42 * 1,40 = 25,79 \text{ Ton/m}$$

$$W_{(x=3,00)} = 20,95 * 1,40 = 29,33 \text{ Ton/m}$$

Con los datos anteriores de presiones últimas por metro lineal, se procede a realizar una relación de triángulos para poder determinar el valor por metro lineal para cualquier distancia x.

$$\frac{4,10}{29,33 - 14,71} = \frac{x}{W_{(x)} - 14,71}$$
$$W_{(x)} = 3,57x + 14,71$$

Se calculan las presiones últimas por metro lineal bajo los ejes de columna y en el centro de gravedad.

$$W_{(x=0,00)} = 14,71 \text{ Ton/m}$$

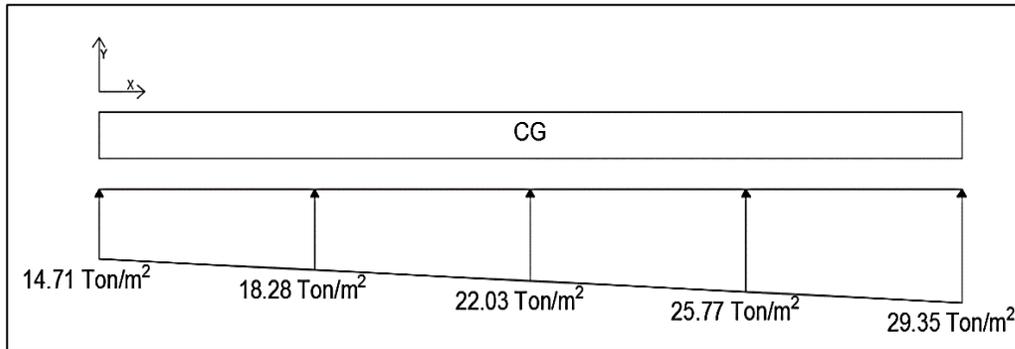
$$W_{(x=1,00)} = 18,28 \text{ Ton/m}$$

$$W_{CG(x=2,05)} = 22,03 \text{ Ton/m}$$

$$W_{(x=3,10)} = 25,77 \text{ Ton/m}$$

$$W_{(x=4,10)} = 29,35 \text{ Ton/m}$$

Figura 33. Presiones últimas bajo el cimiento



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Diagrama de corte

$$V_{AB} = \frac{(18,28 + 14,71) * 1}{2} = 16,50 \text{ Ton}$$

$$V_B = V_{AB} - P = 16,50 - 46,33 = -29,83 \text{ Ton}$$

$$V_{BC} = V_B + 18,28y + \frac{\left(\frac{29,35-14,71}{4,10}\right)}{2} y^2$$

$$V_{BC} = 1,79y^2 + 18,28y - 29,83, \quad \text{si } V_{BC} = 0, y = 1,41 \text{ m}$$

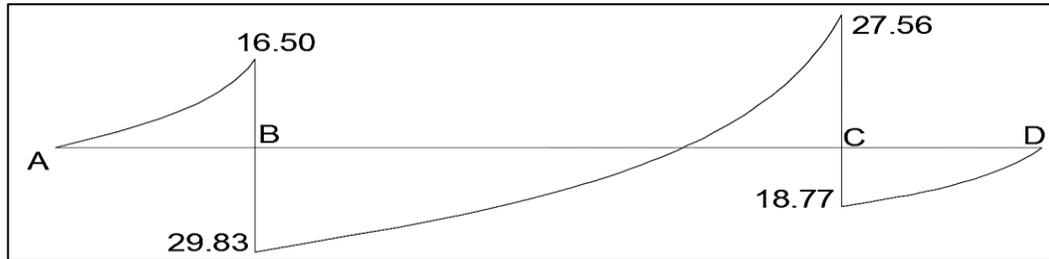
$$W_{(x)} = 3,57x + 14,71; \quad x = 1,00 + 1,41 = 2,41$$

$$W_{(x=2,41)} = 23,31 \text{ Ton/m}$$

$$V_{CD} = \frac{(25,77 + 29,35) * 1}{2} = 27,56$$

$$V_C = V_{CD} - P = 27,56 - 46,33 = -18,77 \text{ Ton}$$

Figura 34. Diagrama de corte en zapata combinada



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Diagrama de momento:

$$M_{AB} = \frac{14,71 * (1)^2}{2} + \left[\frac{(18,28 - 14,71)(1)^2}{2} \right] * \left(\frac{1}{3} \right) = 7,96 \text{ Ton - m}$$

$$M_{\max} = 7,96 + 3,88 + \frac{18,28 * (1,41)^2}{2} + \left[\frac{(23,31 - 18,28)(1,41)^2}{2} \right] * \left(\frac{1}{3} \right) - (29,83 * 1,41)$$

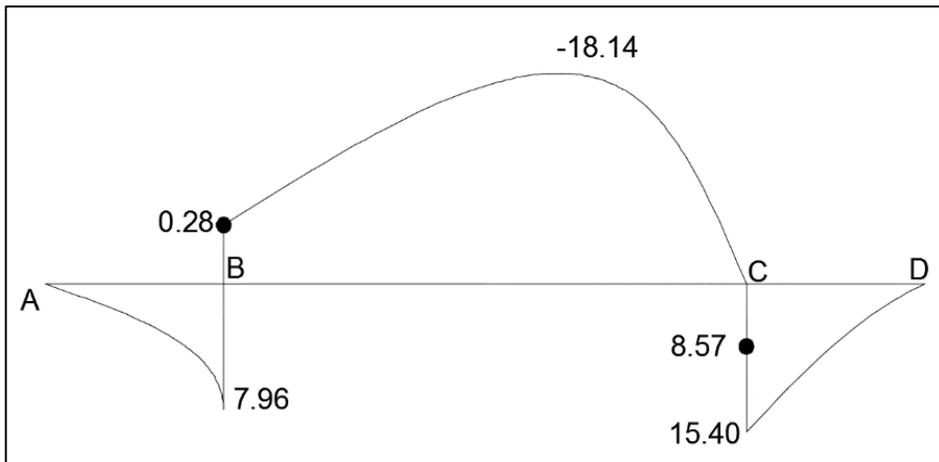
$$M_{\max} = -18,14 \text{ Ton - m}$$

$$M_{CD} = \frac{25,77 * (1,05)^2}{2} + \left[\frac{(29,35 - 18,28)(1)^2}{2} \right] * \left(\frac{2}{3} \right) = 15,40 \text{ Ton - m}$$

$$M'_{AB} = 7,96 - 8,24 = -0,28 \text{ Ton - m}$$

$$M_{AD} = 15,40 - 6,83 = 8,57 \text{ Ton - m}$$

Figura 35. Diagrama de momento en zapata combinada



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Diseño de refuerzo en zapata combinada

Chequeo por corte simple:

Asumiendo un espesor de zapata $t = 0,40$ m, varillas \emptyset núm. 6

$$d = 40 - 7,5 - \left(\frac{1,97}{2}\right) = 31,50 \text{ cm}$$

$$V_r = \phi * 0,53 * \sqrt{f'_c} * b * d, \quad \text{donde } b = 1,40 \text{ m}$$

$$V_r = 0,85 * 0,53 * \sqrt{210} * 140 * 31,50 = 28,79 \text{ Ton}$$

$$V_r > V_{act} ; 28,79 \text{ Ton} > 27,56 \text{ Ton}; \text{ Cumple}$$

El corte resistente es mayor al corte actuante a una distancia “d” del rostro de la columna como se muestra en el diagrama de corte, por lo tanto sí resiste el corte.

Chequeo por corte punzonante:

$$d = 31,50 \text{ cm, entonces } 30+d = 61,50 \text{ cm}$$

$$V_r = 0,85 * 1,06 * \sqrt{210} * (4 * 61,50) * 31,50 = 101,18 \text{ Ton}$$

$$V_r > V_{act} ; 101,18 \text{ Ton} > 27,56 \text{ Ton; Cumple}$$

Chequeo por corte punzonante:

$$V_{PZ} = P_{U1} - q_d * A_{PZ}$$

$$V_{PZ} = 46,33 - 25,77 * (0,6150)^2 = 36,58 \text{ Ton}$$

$$V_{rPZ} > V_{act} ; 36,58 \text{ Ton} > 27,56 \text{ Ton; Cumple}$$

Chequeo por flexión:

Refuerzo mínimo

$$A_{S_{min}} = \frac{14,1}{F_y} bd = \frac{14,1}{2810} * 100 * 31,50 = 15,81 \text{ cm}^2$$

Refuerzo mínimo en el ancho de 1,40 m

$$A_{s_{\min}} = \frac{14,1}{2810} * 140 * 31,50 = 22,13 \text{ cm}^2$$

Momento resistente:

$$M_{A_{s_{\min}}} = \phi \left[A_s * F_y \left(d - \frac{A_s * F_y}{1,7 * f'_c * b} \right) \right]$$

$$M_{A_{s_{\min}}} = 0,90 \left[2810 * 22,13 \left(31,5 - \frac{2810 * 22,13}{1,70 * 210 * 140} \right) \right] = 16,93 \text{ Ton} - \text{m}$$

$$16,93 \text{ Ton} - \text{m} < M_{\max}, \text{ NO CUMPLE}$$

El momento que resiste utilizando el acero mínimo es menor al momento máximo actuante, por lo que se propone usar un $A_s = 25 \text{ cm}^2$.

$$M_{A_s=25\text{cm}^2} = 19,03 \text{ Ton} - \text{m} > M_{\max}; \text{ Cumple}$$

El siguiente paso es calcular el espaciamiento entre cada varilla:

$$S = \frac{2,85 * 140}{25} = 15,96 \text{ cm}$$

Colocar varillas núm. 6 a cada 0,15 m.

Acero por temperatura:

$$A_{s_{\text{temp}}} = 0,002 \text{ bt} = 0,002 * 40 * 410 = 32,8 \text{ cm}^2$$

Utilizando varillas núm. 5:

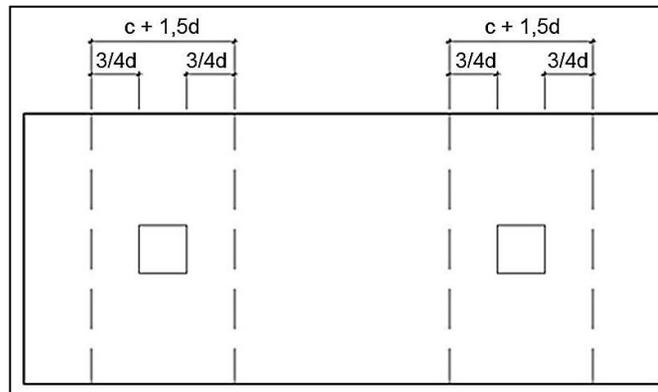
$$S = \frac{1,97 * 410}{32,8} = 24,60 \text{ cm}$$

Colocar varillas núm. 5 a cada 0,25 m

Vigas transversales:

Asumiendo un ancho de viga de $(c + 1,5 d)$, se chequeará bajo la columna crítica 1 y considerando que la viga será igual para las dos columnas.

Figura 36. Vigas transversales



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

$$d_{y-y} = d_{x-x} - \frac{1,91}{2} = 35,6 \text{ cm}$$

Entonces:

$$c + 1,5c = 30 + (1,5 * 35,6) = 83,39 \text{ cm}$$

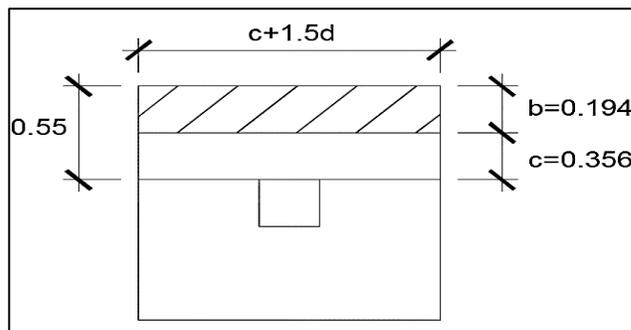
La viga transversal, se diseñará con la presión uniforme, causada por la carga puntual de la columna.

$$q_d = \frac{P_{U1}}{b(c + 1,5d)} = \frac{46,33}{1,40 * 0,8339} = 39,68 \text{ Ton}$$

Chequeo por corte simple:

$$V_{act} = q_d * b' * d$$

Figura 37. **Zapata combinada por corte simple**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

$$V_{act} = 39,68 * 0,194 * 0,8339 = 6,41 \text{ Ton}$$

$$V_{rest} = 0,85 * 0,53 * \sqrt{210} * 83,39 * 35,6 = 19,38$$

$$V_{rest} > V_{act} = 19,38 > 6,41; \text{ Cumple}$$

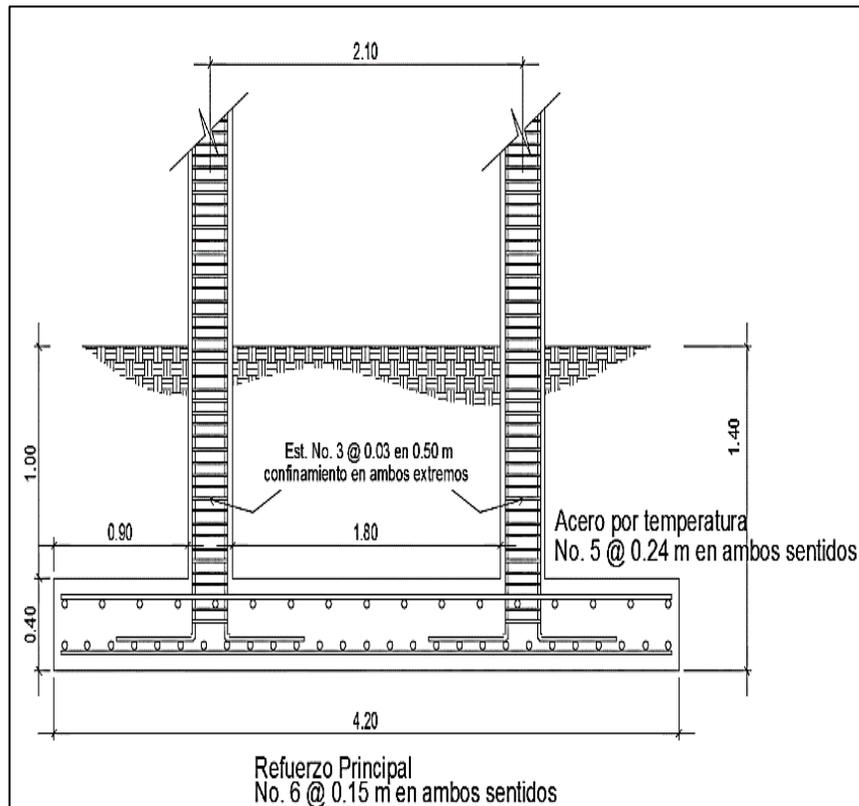
Chequeo por flexión

$$M_{act} = \frac{q_d * (d + b')^2}{2} = \frac{39,68 * (0,55)^2}{2} = 6,00 \text{ Ton} - \text{m}$$

$$A_{s_{min}} = \frac{14,1}{2810} * 19,4 * 35,6 = 8,11 \text{ cm}^2$$

Se utilizara varillas núm. 6 a cada 0,15 m, ya que los chequeos cumplen para este armado.

Figura 38. **Detalle de armado zapata combinada**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

2.2.11.6. Diseño de módulos de gradas

El ritmo general de vida exige que las escaleras puedan ser recorridas de modo rápido y seguro con el menor gasto de energía posible. Para su ubicación se debe tomar en cuenta que la circulación en los diferentes niveles no sea problemática, además debe tener iluminación y ventilación aceptable. La forma y disposición que se le da a una escalera depende principalmente de las dimensiones e importancia de la edificación, del espacio que el proyecto les otorgue y finalmente del material y tipo de construcción escogida.

El que una escalera sea cómoda y segura depende de su relación de 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:

Donde:

C = contrahuella y H = huella

$c \leq 20 \text{ cm}$

$H > c$

$2c + H \leq 64 \text{ cm}$ (valor cercano)

$c + H = 45 \text{ a } 48 \text{ cm}$

$c \cdot H = 480 \text{ a } 500 \text{ cm}^2$

Procedimiento para el diseño de la escalera:

Número de escalones mínimo = $h/c = 3,06/0,17 = 18$ escalones. Se tomarán 9 contrahuellas antes del descanso. Número de huellas = núm. de contrahuellas – 1 = $9 - 1 = 8$ huellas

Relaciones de comodidad:

$$C = 15 \text{ cm} \leq 20 \text{ cm}$$

$$H = 30 \text{ cm} > 20 \text{ cm}$$

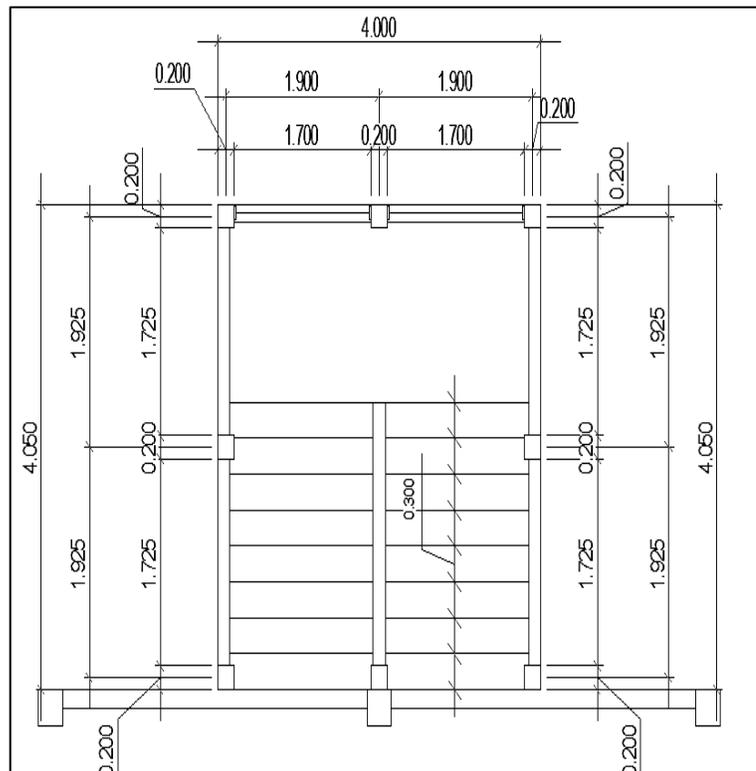
$$2c + H = 2 \cdot 15 + 30 = 65 \leq 64 \text{ cm}$$

$$c + H = 15 + 30 = 45 \text{ cm}$$

$$c \cdot H = 15 \cdot 30 = 450 \text{ cm}^2$$

Entonces se obtienen 8 huellas de 30 cm, y 9 contrahuellas de 15 cm.

Figura 39. Dimensiones de módulo de gradas



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Espesor de losa:

$$t = \frac{\text{perimetro}}{180} = \frac{2(3,6) + 2(1,50) + 4(2,40)}{180} = 0,11 \text{ cm}$$

Carga viva = 500 kg/m²

f'c = 210 kg/cm²

Fy = 2810 kg/cm²

Pc = 2400 kg/m³

Integración de cargas:

Carga muerta:

Peso propio:

$$P = 1,4Pc \left(t + \frac{c}{2} \right) = 1,4 * 2400 \left(0,11 + \frac{0,15}{2} \right) = 622 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

Acabados:

$$\text{Acabados} = 100 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$\text{CM} = 722 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

Carga viva:

$$\text{CV} = 500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}; \text{ pasillos en edificación escolar}$$

$$CU = 1,7CV + 1,4CM = 1,7(500) + 1,4(722) = 1,861 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Hypgrada} = \sqrt{(2,40)^2 + (1,40)^2} = 2,78 \text{ m}$$

Cálculo de momentos:

$$M(+)= \frac{Cu * L^2}{9} = \frac{1,861 * 4,28^2}{9} = 3,787,83 \text{ kg - m}$$

$$M(-)= \frac{Cu * L^2}{14} = \frac{1,861 * 4,28^2}{14} = 2,435,04 \text{ kg - m}$$

Límites para el acero:

$$b = 100 \text{ cm}$$

$$F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$$

$$d = 7,5 \text{ cm}$$

$$Fy = 2810 \text{ Kg/cm}^2$$

$$As_{min} = \left(\frac{14,1}{Fy}\right) * b * d = \left(\frac{14,1}{Fy}\right) * 100 * 7,5 = 3,76 \text{ cm}^2$$

$$As_{max} = 0,50\rho_b b d = 0,50 * 0,03695 * 100 * 7,5 = 13,86 \text{ cm}^2$$

$$As = \left(b * d - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{Mu + b}{0,003825 * f'c}} \right) * \frac{0,85 f'c}{Fy}$$

- $M(+)= 3,281 \text{ Kg-m} = As = 22,71 \text{ cm}^2$; usar $As_{max} = 13,86 \text{ cm}^2$; usar varilla núm, 5 @ 0,15 m.
- $M(-)= 2,109 \text{ Kg-m} = As = 12,85 \text{ cm}^2$; usar varilla núm, 5 @ 0,15 m.
- Acero por temperatura= $Ast = 0,002b*t = 0,002*100*10= 2 \text{ cm}^2$.

- $S_{\max} = 3t = 3(10) = 30 \text{ cm}$, por lo tanto se refuerza con varilla núm. 3 @ 0,30 m.

El acero por temperatura debe colocarse en el otro sentido, tomando en consideración lo siguiente:

- Se debe alternar cuando exista cama doble de refuerzo principal.
- Se coloca en el espacio formado por la cama superior e inferior del refuerzo principal.

2.2.12. Diseño de instalaciones eléctricas e hidráulicas

Como servicios básicos, la escuela contará con instalaciones de iluminación, fuerza (tomacorrientes), agua potable y drenajes; las cuales se diseñarán para usar las dimensiones y cantidad de materiales óptimos según sea requerido.

2.2.12.1. Diseño de instalaciones eléctricas

El diseño de la instalación eléctrica para estructura se hizo utilizando el método de “índice del local”, el cual consiste en clasificar el ambiente de acuerdo con el dimensionamiento, iluminación y coeficientes reflectivos de paredes, techo y piso; con base en los datos anteriormente mencionados, tablas y fórmulas definidas por el mismo, se puede trabajar un diseño capaz de cumplir con los requisitos necesarios de funcionalidad y durabilidad de la instalación eléctrica.

A continuación se presenta el diseño de instalación eléctrica de iluminación para un aula teórica:

Luces (Lu) = 300 (según normas de diseño UNE-EN 12464-1:2003)

Tipo de iluminación = directa (todo el flujo luminoso va hacia el suelo)

Tipo de luz = fluorescente, tipo tubular (FD)

Dimensiones del aula = 8,15 x 5,90 x 3,00 metros

Coeficientes reflectivos:

Techo (blanco) = 0,70

Muros (color claro) = 0,50

Piso (granito) = 0,30

Factor de mantenimiento (f,m, = 0,80 – 0,60) = 0,70 (valor intermedio)

Coeficiente de uso (CU) = 0,69

Lúmenes:

Se calculan los lúmenes con la siguiente fórmula:

$$\text{Lúmenes} = \frac{\text{Lu} * \text{área}}{\text{f, m,} * \text{CU}} = \frac{(300)(8,15 * 5,90)}{(0,70 * 0,69)} = 29\ 866,46$$

El tubo fluorescente que se usará equivale a 3 000 lúmenes

Entonces:

$$\text{Núm. luminarias} = \frac{29\ 866,46}{3000} = 9,95 \cong 10 \text{ luminarias}$$

Se decidió utilizar 6 luminarias por aula con el fin de instalar 3 unidades de 2 x 40 en cada marco, como se muestran en los planos.

Para diseñar la cantidad de luminarias por circuito se debe saber a cuántos amperios equivale una lámpara 2 x 40:

$$2 \times 40 \text{ W} = 2 \text{ tubos} * \frac{40 \text{ watts}}{1 \text{ tubo}} = 80 \text{ watts}$$

$$\text{Si } A = \frac{W}{V}$$

Donde:

W = potencia en watts o vatios = 80 W

V = voltaje en voltios = 120 v

A = corriente eléctrica en amperios

Entonces:

$$A = \frac{180 \text{ W}}{120 \text{ V}} = 0,67 \frac{\text{amperios}}{\text{lámpara}}$$

En las especificaciones eléctricas del cable conductor núm, TW 12 AWG, este puede transportar corrientes hasta de 25 amperios. Se decidió utilizar 12 lámparas por circuito para no sobrepasar la capacidad del cable conductor, y cada circuito con un *flip-on* de 20 amperios para cada circuito de iluminación. Para el diseño de la instalación eléctrica de fuerza se deben tomar en cuenta los aparatos eléctricos que podrían estar conectados a la vez en una sola aula y tomar en cuenta la potencia de cada aparato; en este caso se diseñó con base en los siguientes aparatos:

- 10 computadoras de escritorio por salón (150 watts c/u) = 1500 watts

- Computadora portátil = 25 watts
- Equipo de proyección = 250 watts

El total de todos los aparatos por cada salón es de 1775 watts, entonces:

$$A = \frac{1775 \text{ W}}{120 \text{ V}} = 14,79 \cong 15 \frac{\text{amperios}}{\text{aula}}$$

Se decidió un máximo de 30 amperios por circuito con un cableado tipo TW 10 AWG, el cual tiene una capacidad de corriente de 45 amperios; por lo cual se abarcarían dos aulas por circuito.

En lo que corresponde a los ductos de cableado eléctrico se utilizará tubería plástica tipo poliducto de $\frac{3}{4}$ ”; todos los circuitos serán manejados desde un tablero de distribución en el primer nivel.

2.2.12.2. Diseño de instalaciones hidráulicas

Las instalaciones hidráulicas para esta escuela son de agua potable y drenaje sanitario; ambas se diseñarán de acuerdo con la cantidad de alumnos y la dotación de agua.

2.2.12.2.1. Agua potable

El diseño de instalación hidráulica se realizará con el método de Hunter, el cual consiste en proponer un diámetro de tubería y calcular la presión necesaria para abastecer los artefactos sanitarios.

Caudal de gasto:

Cantidad de inodoros con tanque = 8

Unidad Hunter por cada inodoro en servicio público = 5

Total = $8 * 5 = 40$

Cantidad de salidas del inodoro = 1

Total = $8 * 1 = 8$

Cantidad de lavamanos = 7

Unidad Hunter por cada lavamanos en servicio público = 2

Total = $7 * 2 = 14$

Cantidad de salidas de cada lavamanos = 1

Total = $7 * 1 = 7$

Cantidad de orinales con llave = 4

Unidad Hunter por cada orinal en servicio público = 3

Total = $4 * 3 = 12$

Cantidad de salidas de cada orinal = 1

Total = $4 * 1 = 4$

Total de unidades Hunter = 66 UH (40 UH con tanque y 26 UH con válvula)

Total de salidas (n) = 24

Según la tabla de diseño hidráulico e interpolación, para 66 unidades Hunter el $Q_i = 2,36$ l/s (0,91 unidades con tanque y 1,45 unidades con válvula)

Tabla XXXII. **Gastos probables método de Hunter (l/s)**

No.	Gasto		No.	Gasto	
	Tanque	Válvula		Tanque	Válvula
3	0.12	---	40	0.91	1.74
4	0.16	---	42	0.95	1.78
5	0.23	0.91	44	1.00	1.82
6	0.25	0.94	46	1.03	1.84
7	0.28	0.97	48	1.09	1.92
8	0.29	1.00	50	1.13	1.97
9	0.32	1.03	55	1.19	2.04
10	0.34	1.06	60	1.25	2.11
12	0.38	1.12	65	1.31	2.17
14	0.42	1.17	70	1.36	2.23
16	0.46	1.22	75	1.41	2.29
18	0.50	1.27	80	1.45	2.35
20	0.54	1.33	85	1.50	2.40
22	0.58	1.37	90	1.56	2.45
24	0.61	1.42	95	1.62	2.50
26	0.67	1.45	100	1.67	2.55
28	0.71	1.51	110	1.75	2.60
30	0.75	1.55	120	1.83	2.72
32	0.79	1.59	130	1.91	2.80
34	0.82	1.63	140	1.98	2.85
36	0.85	1.67	150	2.06	2.95
38	0.88	1.70	160	2.14	3.04

Fuente: RODRÍGUEZ SOSA, Luis Carlos. *Guía para las instalaciones sanitarias en edificios*. p. 50.

Datos sobre longitud a analizar:

L = 70,00 m

Altura artefacto = 0,70 m

Presión recomendada para inodoro = 7 MCA

Hc (dependiendo el tipo de contador) = 11 MCA

Presión disponible = 25 psi

Se calculan las pérdidas en accesorios por fricción:

Cantidad de codos 90° = 42

Longitud equivalente según tabla de diseño hidráulico = 0,50 m

Total = $42 * 0,50 \text{ m} = 21,00 \text{ m}$

Cantidad de tee = 18

Longitud equivalente según tabla de diseño hidráulico = 0,60 m

Total = $18 * 0,60 \text{ m} = 10,80 \text{ m}$

Válvula de compuerta = 1

Longitud equivalente según tabla de diseño hidráulico = 3,50 m

Total = $1 * 3,50 \text{ m} = 3,50 \text{ m}$

Total perdida en accesorios = $21,00 + 10,80 + 3,50 = 35,30 \text{ m}$

Caudal de diseño $Q_d = Q_i * 0,60 K$, donde K debe ser mayor a 0,20, se usara un $K = 0,20$

$Q_d = 2,36 * 0,60 * 0,20 = 0,28 \text{ l/s} = 0,00028 \text{ m}^3/\text{s}$

Cálculo de la presión necesaria para el artefacto más crítico:

Se propone tubería PVC de 1/2"

Diámetro en metros = 0,0127

Área de sección transversal (A_{st}) = 0,000127 m²

Velocidad = $Q_d / A_{st} = 0,00028 / 0,000127 = 2,20 \text{ m/s}$

Energía cinética = $V^2 / 2g = (2,20^2) / (2 * 9,81) = 0,24$

Longitud equivalente = $70,00 + 35,30 = 105,30 \text{ m}$

Pérdidas por fricción según *flamant* (Ht)

$$H_t = 0,000545 * V_d^{7/4} * D^{-5/4}$$

$$H_t = 0,000545 * 2,20^{7/4} * 0,0127^{-5/4} = 0,051$$

$$\text{Pérdida total (Jtub)} = 105,30 * 0,051 = 5,31 \text{ m}$$

$$\text{Pérdida en medidor (Jcont)} = (Q_d / Q_n)^2 * H_c = (0,00028/0,0007)^2 * 11 = 1,76 \text{ m}$$

Qn se obtuvo de tabla de diseño hidráulico

Presión necesaria (Pnec)

$$P_{nec} = H_{art} + P_{rec} + (V^2 / 2g) + J_{tub} + J_{cont}$$

$$P_{nec} = 0,70 + 7,00 + 0,24 + 5,31 + 1,76 = 15,01 \text{ MCA}$$

$$P_{nec} = 15,01 \text{ psi}$$

La presión necesaria es inferior a la presión disponible, y la velocidad de diseño está en el rango aceptable, todo el sistema de agua potable será por medio de circuito cerrado, distribuido por una tubería de PVC \varnothing 1", y los abastos por medio de tubería PVC \varnothing 1/2".

Drenaje sanitario: para el sistema sanitario, se suman las unidades de descarga que se conectan al colector principal:

8 inodoros = 16 UH

4 uriniales = 8 UH

7 lavamanos = 14 UH

El total es de 38 unidades, se usará tubo de $\varnothing = 4"$, para ramal principal porque la norma establece que para ramales horizontales puede transportar hasta 160 UH, y para descargas unitarias (por artefacto) de $\varnothing = 3"$; ya que este será menor a dicho ramal principal.

Drenaje pluvial: para este proyecto se distribuirá la losa en tres áreas de 91,02 metros cuadrados cada una, con un desnivel de 1,5 % para conducir el agua hacia las bajadas de agua. Para el diseño se debe considerar la intensidad de lluvia de la zona y tomar en cuenta que alcanza su nivel máximo durante los primeros cinco minutos.

Datos:

Pendiente = 1,5 %

Área tributaria = 91,02 m² = 0,009102 hectáreas

Tiempo de concentración t = 5 minutos

PVC = 3 pulgadas

Coeficiente de rugosidad de PVC n = 0,010

Coeficiente para escorrentía para superficie de concreto C = 0,90

Intensidad de lluvia para la Jutiapa en 20 años:

$$I = \frac{4604}{(t+24)}$$

Encontrando intensidad:

$$I = \frac{4604}{(5+24)} = 158,76 \text{ mm/h}$$

Caudal de diseño:

$$Q_{di} = \frac{CIA}{360}$$

$$Q_{di} = \frac{0,90 * 158,76 * 0,009102}{360} = 0,003612 \text{ m}^3/\text{s} = 3,62 \text{ l/s}$$

Encontrando la velocidad de flujo de sección llena:

$$V = \frac{0,03429 * D^{2/3} * S^{1/2}}{n}$$

$$V = \frac{0,03429 * (3)^{2/3} * (1,5/100)^{1/2}}{0,010} = 0,87 \text{ m/s}$$

Área de sección de tubería:

$$A = 5,067 * E^{-10} * D^2$$

$$A = 5,067 * E^{-10} * (3)^2 = 0,00456 \text{ m}^2$$

Caudal de sección llena:

$$Q = A * V = (0,00456) * (0,87)$$

$$Q = 0,00396 \text{ m}^3/\text{s} = 3,96 \text{ l/s}$$

Como Q es mayor que Q_{di} el diámetro de tubería es correcto.

2.2.13. Estudio de impacto ambiental

Es necesario tomar en cuenta los factores importantes en lo que se refiere al control que se debe brindar en todas las fases del proyecto, con la finalidad de disminuir cualquier riesgo, entre los cuales se mencionan: la seguridad personal, proceso aire, suelo, agua, flora y saneamiento. El terreno donde se hará esta construcción es un terreno baldío donado por la Municipalidad de

Asunción Mita, carente de área vegetal, siendo el único impacto ambiental en esta el movimiento de tierras y la elaboración de la obra gris (paisaje).

2.2.13.1. En construcción

En los trabajos de construcción del sistema de drenaje, es importante considerar las siguientes medidas de mitigación para su ejecución:

- Nivel atmosférico: la emanación de partículas y polvo son el principal contaminante cuando se realiza la extracción de tierra, por lo tanto, se deberá humedecer constantemente el suelo (del sitio y el extraído). Asimismo la contaminación auditiva, producto de la utilización de la maquinaria y equipo, deberá mitigarse realizando los trabajos en horas hábiles.
- Nivel lítico: se debe buscar el acomodamiento correcto del sitio donde se harán los depósitos de tierra, compactando de manera adecuada.
- Nivel sanitario: se colocarán letrinas y basureros provisionales, para utilización de los trabajadores, así se evita contaminar los alrededores y provocar enfermedades o molestias a los vecinos.
- Nivel sociocultural: la circulación peatonal y vehicular podría verse interrumpida; por tal razón, se deberán señalar e informar los días y horas en que podría suceder.
- Nivel ambiental: se tratará la manera de que en la ejecución del proyecto no se modifique excesivamente el paisaje natural, de lo contrario se reforestaría para mejorar la vegetación.

2.2.14. Elaboración de planos

Después de realizar los procedimientos descritos en las secciones anteriores, es necesario plasmar los resultados en planos. Estos son representaciones gráficas que detallan todas las partes y los trabajos a realizar en el proyecto, y que sirven para presupuestar, contratar y construir los diferentes trabajos del mismo. Los planos que para el presente proyecto se elaboraron son: plantas, detalles estructurales y elevaciones, se encuentran en el apéndice.

2.2.15. Evaluación socioeconómica

Se realiza para conocer la rentabilidad del proyecto o en el caso de la mayoría de proyectos que se desarrollan las Municipalidades se enfocan en la cantidad de beneficiarios a atender; para esto se asume que el proyecto será financiado y la inversión no será recuperada. Como la escuela es un proyecto que no presta un servicio, es innecesario calcular estos valores, los cuales no serían pérdidas para la Municipalidad, pero este tipo de proyectos tiene como función primordial el desarrollo académico y social del barrio La Prolac.

2.2.16. Presupuesto

El presupuesto es una herramienta de planificación, coordinación y control de funciones que presenta en términos cuantitativos las actividades a ser realizadas en el proceso constructivo, con el fin de dar el uso más productivo a sus recursos, para alcanzar determinadas metas.

2.2.16.1. Presupuesto de materiales

- La cantidad de arena de río y pedrín se calculó por metro cúbico de fundición por pozo de visita.
- El concreto para la fundición de pozos se calculó por metro cúbico. 3.
- La cantidad de refuerzo y alambre de amarre se calculó en varillas y libras, respectivamente, para cada elemento estructural (vigas, columnas, losas y zapatas).
- La totalidad de materiales será local y será proporcionada por la Municipalidad.
- Los precios de los materiales se tomaron con base en los que se manejan en el municipio.

2.2.16.2. Presupuesto mano de obra

- La cuantificación de la mano de obra calificada se realizó en forma unitaria, metro lineal, metro cuadrado y metro cúbico.
- Los salarios de la mano de obra, se tomaron con base en los precios que se manejan en la comunidad.

2.2.16.3. Resumen presupuesto final

A continuación se presenta la tabla XXXIII, con el detalle del presupuesto final del edificio de dos niveles.

Tabla XXVIII. Presupuesto final edificio dos niveles

Núm,	Reglones de trabajo	Unidad	Cantidad	Precios unitarios (Q)	Precio total (Q)	Precio total (\$)
1	Preliminares	General	1	Q18 500,00	Q18 500,00	\$2 338,81
2	Zapata	Unidad	9	Q4 520,13	Q40 681,17	\$5 143,01
3	Zapata combinada	Unidad	9	Q7 230,14	Q65 071,26	\$8 226,46
4	Cimiento corrido	ml	100,6	Q320,50	Q32 242,30	\$4 076,14
5	Columna tipo 1	ml	199,8	Q1 163,98	Q232 563,20	\$29 401,16
6	Columna tipo 3	ml	30,8	Q457,91	Q14 103,63	\$1 783,01
7	Levantado de muros	m ²	354,83	Q586,74	Q208 192,95	\$26 320,22
8	Solera intermedia	ml	190,4	Q173,70	Q33 072,48	\$4 181,10
9	Vigas sentido Y nivel 1	Unidad	9	Q5 941,35	Q53 472,15	\$6 760,07
10	Vigas sentido X nivel 1	Unidad	3	Q19 785,91	Q59 357,73	\$7 504,14
11	Vigas sentido Y nivel 2	Unidad	9	Q4 960,13	Q44 641,17	\$5 643,64
12	Vigas sentido X nivel 2	Unidad	3	Q18 854,10	Q56 562,30	\$7 150,73
13	Losa entrepiso	m ²	288,1	Q1 342,90	Q386 889,49	\$48 911,44
14	Losa techo	m ²	288,1	Q1 328,30	Q382 683,23	\$48 379,68
15	Instalación agua potable	General	1	Q6 431,30	Q6 431,30	\$813,06
16	Instalación drenajes (negro y pluvial)	General	1	Q34 567,08	Q34 567,08	\$4 370,05
17	Instalación eléctrica	General	1	Q36 789,65	Q36 789,65	\$4 651,03
18	Piso	m ²	494,72	Q415,50	Q205 556,16	\$25 986,87
19	Acabados	General	1	Q215 996,74	Q215 996,74	\$27 306,79
20	Cimiento corrido gradas	ml	14,84	Q628,37	Q9 325,01	\$1 178,89
21	Soleras gradas	ml	45,4	Q249,81	Q11 341,37	\$1 433,80
22	Levantado de muros modulo gradas	m ²	26	Q586,74	Q15 255,24	\$1 928,60
23	Columnas tipo 2	ml	54,8	Q681,20	Q37 329,76	\$4 719,31
24	Gradas	General	1	Q17 678,00	Q17 678,00	\$2 234,89
25	Solera corona gradas	ml	14,7	Q274,20	Q4 030,74	\$509,58
26	Losa módulo de gradas	m ²	16,13	Q1 328,30	Q21 425,48	\$2 708,66
PRECIO TOTAL					Q 2,243 759,60	\$283 661,14
Incluye Impuesto al Valor Agregado (IVA)						
US, \$ 1,00 = Q,7,91						

Fuente: elaboración propia.

2.2.17. Cronograma de actividades

A continuación se presenta el cronograma de actividades sobre la ejecución del proyecto propuesto en el presente trabajo académico.

Tabla XXXIV. **Cronograma de actividades edificio dos niveles**

TIEMPO DE EJECUCIÓN																								
	MES 1				MES 2				MES 3				MES 4				MES 5				MES 6			
SEMANAS	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
DESCRIPCIÓN																								
Trabajos preliminares	■																							
Excavaciones para zapatas y cimientos corridos		■																						
Fundición primer nivel			■	■	■	■	■	■	■															
Fundición segundo nivel										■	■	■	■	■	■	■	■	■	■					
Instalaciones																		■	■	■	■			
Acabados																					■	■	■	

Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

1. Con el diseño y posterior ejecución del proyecto de sistema de alcantarillado sanitario, se brindará una solución técnica al problema de saneamiento ambiental, eliminando focos de contaminación, malos olores y enfermedades gastrointestinales, causadas por las aguas negras que corren a flor de tierra.
2. El resultado de la relación beneficio/costo de la red de alcantarillado sanitario es menor a 1, lo que indica que el proyecto genera más costos que beneficios; esto hace que el mismo no sea rentable para el inversionista. Este tipo de proyecto es de carácter social, por lo que el Estado asumirá los costos del mismo, para la construcción. La construcción de este proyecto es una necesidad básica e importante para las habitantes de la aldea El Cielito, que carece de este servicio; al mismo tiempo mejora la calidad de vida de los beneficiados.
3. La utilización del sistema estructural de marcos dúctiles con losas planas de concreto reforzado, en el diseño de la edificación escolar, la hace una estructura sismorresistente, ya que se utilizó el método SEAOC, que considera los efectos laterales que el sismo causa.
4. Los alcantarillados sanitarios ayudan a evitar la contaminación en cuerpos receptores de agua, pues como se acostumbra en Guatemala, todas las aguas negras producidas por la población simplemente se van a los ríos sin previo tratamiento y de manera descontrolada, por lo que un

sistema de alcantarillado ayuda a unificar estas aguas y manejarlas lo mejor que se pueda

5. Se debe tener en muy en cuenta el manejo de las descargas tratadas al cuerpo receptor de agua, en este caso el río Mongoy, por ser un río del cual vive gran parte de la comunidad dedicándose a la pesca, así como también el turismo que genera las visitas a este río tanto de guatemaltecos como salvadoreños.
6. El tiempo de ejecución de la obra está pronosticado para la época de verano, ya que el invierno en esta área se ha vuelto más intenso en los últimos tiempos y área difícil lograr el avance estipulado.
7. El precio por metro lineal construido para el sistema de alcantarillado sanitario para las aldeas Cola de Pava y San Jerónimo es de Q.1 259,60 (US \$.159,24), para la escuela de dos niveles del barrio La Prolac es de Q.3 198,89 (US \$. 404,41); por lo que se concluye que los precios están dentro de los rangos manejados en la construcción en el país, tomando en cuenta la ubicación de dichos proyectos y los materiales a utilizar.
8. Se debe realizar un replanteo de todo el levantamiento topográfico al momento de iniciar la construcción del sistema de alcantarillado, así como también excavar nuevamente una muestra de suelo al momento de la construcción de la escuela, esto por el constante crecimiento poblacional para el drenaje y los cambios climáticos que pueden variar el comportamiento del suelo en el lugar donde será construida la escuela.

RECOMENDACIONES

A la Municipalidad de Asunción Mita, Jutiapa:

1. Durante la ejecución de los proyectos, tanto del alcantarillado sanitario como del edificio de dos niveles, deberá contar con la supervisión técnica de un profesional de ingeniería civil, para que no sufran modificaciones y se cumpla con las especificaciones establecidas en los planos.
2. Dar el mantenimiento cada año a los drenajes para no tener problemas por taponamientos, además se debe instruir a los usuarios acerca de lo que se debe o no, introducir dentro de ellos.
3. Tomar en cuenta que los presupuestos de ambos proyectos fueron elaborados durante el segundo semestre del 2012, por lo tanto, antes de adjudicar cualquier proyecto se deben revisar; ya que los precios de materiales y mano de obra podrían variar según el tiempo.
4. Realizar un replanteo topográfico antes de iniciar los trabajos de zanjeo para el alcantarillado sanitario, siempre es recomendable hacer esto ya que el trabajo de gabinete fue realizado en cierta fecha y algunos aspectos del lugar donde se desarrollara el proyecto pueden cambiar a lo largo del tiempo, por ejemplo más casas.
5. Crear un fondo para el mantenimiento del edificio, para que se mantenga en buen estado y proporcione las condiciones necesarias para el proceso enseñanza-aprendizaje.

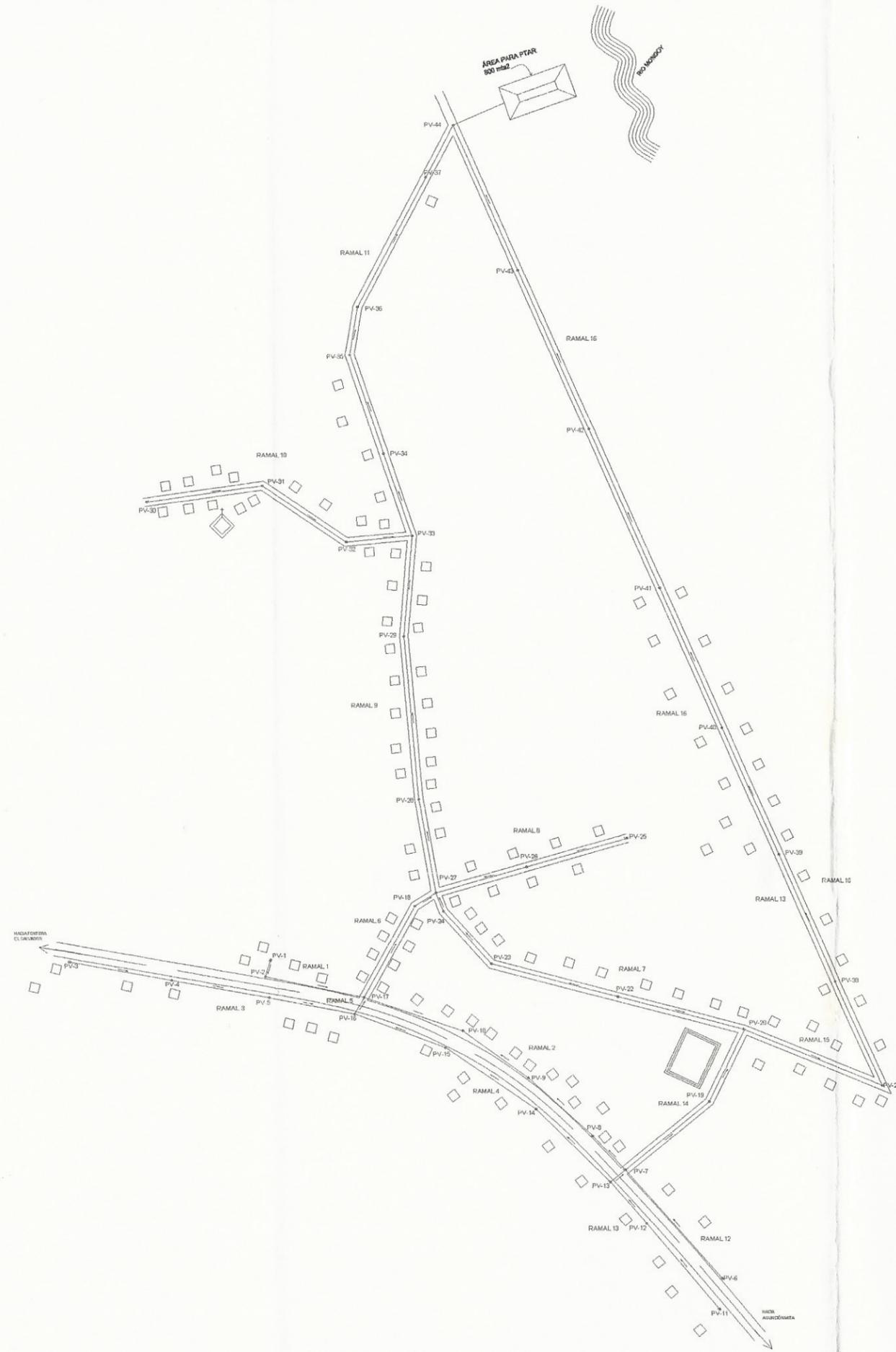
BIBLIOGRAFÍA

1. American Concrete Institute. *Reglamento de las construcciones reforzadas (ACI 318-99) y comentarios del Instituto mexicano del cemento y del concreto, A.C.*, México, D.F. 1990, 107 p.
2. CABRERA RIEPELE, Ricardo Antonio. *Apuntes de ingeniería sanitaria II*, Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1989. 146 p.
3. Instituto de Fomento Municipal. *Normas generales para el diseño de alcantarillados*. Infom. Guatemala: 2001. 29 p.
4. MERRIT, Frederick S. *Manual del ingeniero civil*. 3a ed. México: McGraw-Hill, 1988. 160 p. tom III.
5. METCALF & EDDY. *Ingeniería de aguas residuales, redes de alcantarillado y bombeo*. México: McGraw-Hill, 1996. 72 p.
6. MONROY VÁSQUEZ, Juan José. *Diseño de sistema de alcantarillado sanitario para la aldea San Matías y sistema de abastecimiento de agua potable por bombeo, aldea El Cerrón, municipio de Asunción Mita, departamento de Jutiapa*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2011, 46 p.

7. NILSON, Arthur. *Diseño de estructuras de concreto*. 12a ed. Colombia; McGraw-Hill, 2001. 722 p.

APÉNDICES

1. Planos constructivos: Diseño de sistema de alcantarillado sanitario para las aldeas Cola de Pava y San Jerónimo
2. Planos constructivos: Diseño de escuela de dos niveles para el barrio La Prolac



SIMBOLOGÍA	
SIMBOLO	DESCRIPCIÓN
—	TUBERIA PVC
⊙	POZO DE VISITA
---	CARRETERA CA-01 ORIENTE
—	CALLES DE TERRACERIA
PV	POZO DE VISITA
→	DIRECCION DEL FLUJO
□	CASA
▭	ESCUELA
◇	IGLESIA CATOLICA
▭	PLANTA TRATAMIENTO AGUA RESIDUAL

PLANTA GENERAL DRENAJE COLA DE PAVA

ESCALA 1:1400

De	A	AZIMUT		DISTANCIA	COTA	
		°	'		Inicio	Final
RAMAL 1						
1	1	0	0	0.0000	988.200	988.200
1	2	252	39	10.0000	988.200	100.0000
2	17	347	52	0	98.0000	100.1100
RAMAL 2						
7	8	133	41	27.05	102.1800	101.8000
8	9	138	9	50.00	101.8	101.11
9	10	144	5	46.15	101.1100	100.3800
10	17	161	7	60.00	100.3800	100.1000
RAMAL 3						
3	4	349	39	59.97	99.915	99.290
4	5	349	50	56.73	99.290	100.160
5	16	348	56	50.00	100.160	100.110
RAMAL 4						
13	14	135	37	60.00	101.590	100.665
14	15	145	39	62.86	100.665	100.245
15	16	159	39	55.71	100.245	100.160
RAMAL 5						
16	17	60	15	11.00	100.160	100.000
RAMAL 6						
17	18	61	3	60.00	100.110	99.370
18	27	31	52	14.28	99.370	100.350
RAMAL 7						
20	22	165	21	75.00	100.920	100.740
22	23	165	21	75.00	100.740	100.560
23	24	132	14	41.00	100.560	100.335
24	27	112	14	11.40	100.335	100.550
RAMAL 8						
25	26	196	0	60.00	100.260	100.400
26	27	196	0	45.00	100.400	100.550
RAMAL 9						
27	28	100	16	55.00	100.550	100.390
28	29	95	14	94.00	100.390	100.370
29	33	85	24	58.00	100.370	99.540
RAMAL 10						
30	31	7	57	65.98	99.540	99.620
31	32	326	3	58.00	99.620	99.550
32	33	5	17	38.00	99.550	99.540
RAMAL 11						
33	34	108	55	50.00	100.370	99.095
34	35	108	55	60.00	99.095	98.560
35	36	80	38	28.00	98.560	98.410
36	37	62	20	84.12	98.410	98.230
37	44	62	20	33.48	98.230	98.160
RAMAL 12						
6	7	131	49	84.0000	102.130	102.180
RAMAL 13						
11	12	130	18	65.04	101.560	101.280
12	13	131	15	31.65	101.280	101.055
13	7	39	13	11.00	101.055	102.130
RAMAL 14						
7	19	39	15	62.00	102.130	101.990
19	20	64	7	45.00	101.990	100.920
RAMAL 15						
20	21	337	56	86.0000	100.920	100.220
RAMAL 16						
21	38	114	44	66.00	100.220	100.080
38	39	114	0	80.00	100.080	99.810
39	40	114	0	80.00	99.810	99.540
40	41	114	0	87.98	99.540	99.240
41	42	114	0	100.00	99.240	98.900
42	43	114	0	100.00	98.900	98.560
43	44	114	0	91.06	98.560	98.160
					2805.46	

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO: **DISEÑO DE SISTEMA DE ALCANTARILLADO PARA ALDEA COLA DE PAVA, ASUNCION MITA, JUTIAPA**

CONTENIDO: **PLANTA GENERAL**

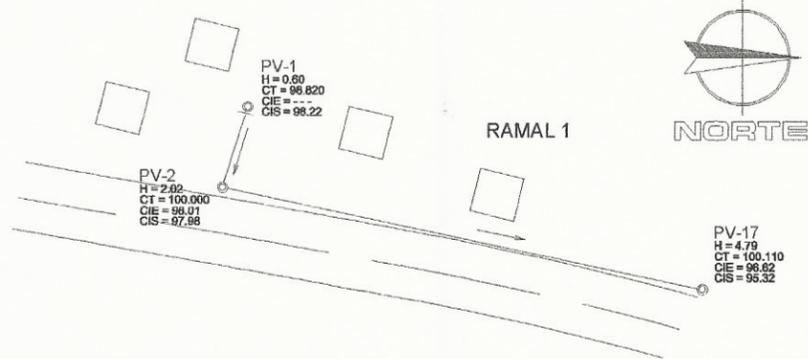
DISEÑO: **LUIS CARLOS MONZON CERNA** (CARNÉ: 2036-14882)

FECHA: **15 MARZO 2014**

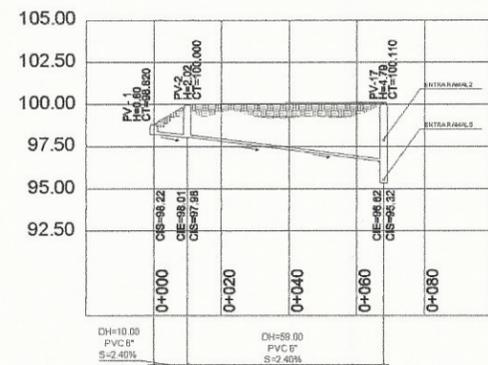
UNIDAD DE INGENIERIA: **DEPS**

ESTUDIANTE DE DEPS: **LUIS CARLOS MONZON CERNA**

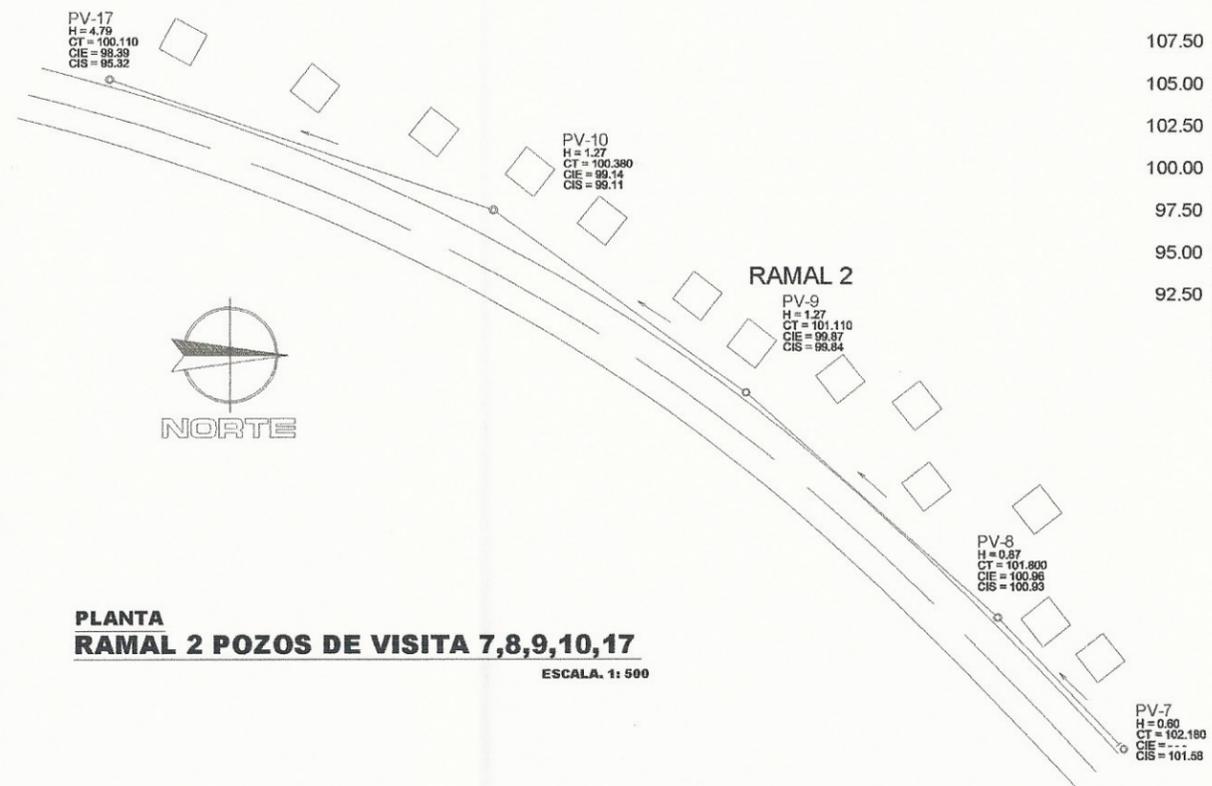
8



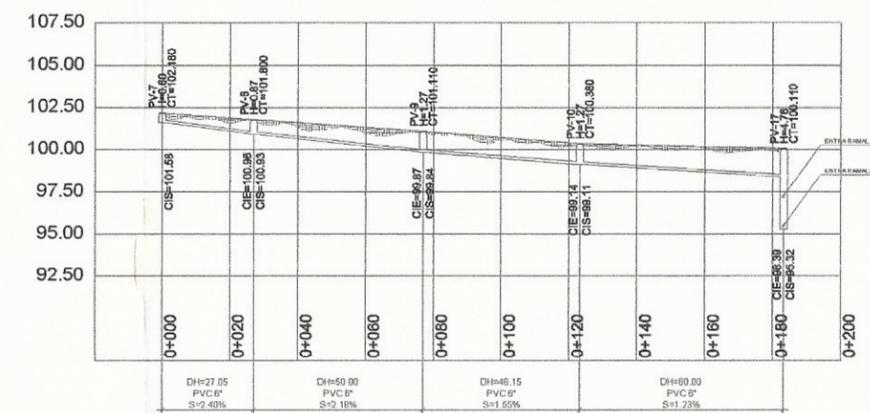
PLANTA RAMAL 1 POZOS DE VISITA 1,2,17
ESCALA: 1: 400



PERFIL RAMAL 1 POZOS DE VISITA 1,2,17
ESCALA HORIZONTAL: 1: 1000
ESCALA VERTICAL: 1:200



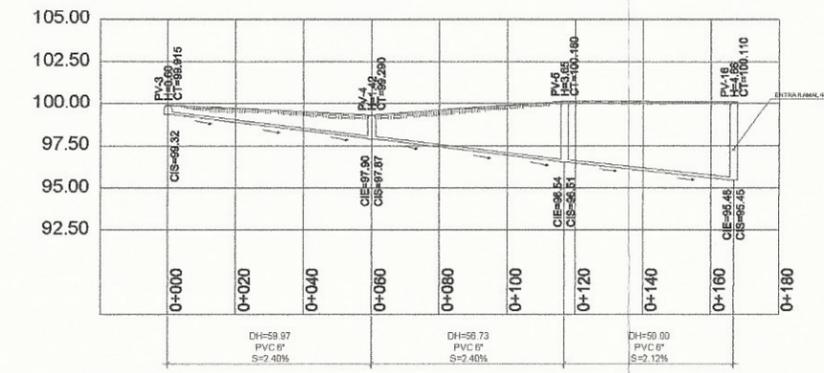
PLANTA RAMAL 2 POZOS DE VISITA 7,8,9,10,17
ESCALA: 1: 500



PERFIL RAMAL 2 POZOS DE VISITA 7,8,9,10,17
ESCALA HORIZONTAL: 1: 1000
ESCALA VERTICAL: 1:200



PLANTA RAMAL 3 POZOS DE VISITA 3,4,5,16
ESCALA: 1: 500



PERFIL RAMAL 3 POZOS DE VISITA 3,4,5,16
ESCALA HORIZONTAL: 1: 1000
ESCALA VERTICAL: 1:200

SIMBOLOGÍA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	TUBERÍA PVC
	POZO DE VISITA
	CARRERA CA-01 ORIENTE
	CALLES DE TERRACERA
	POZO DE VISITA
	DIRECCION DEL FLUJO
	CASA
	ESCUELA
	IGLESIA CATOLICA
	PLANTA TRATAMIENTO AGUA RESIDUAL
	POZO DE VISITA PERFIL
CIE	COTA INVERT DE ENTRADA
CIS	COTA INVERT DE SALIDA
H	ALTURA DEL POZO DE VISITA
CT	COTA O ALTURA DEL TERRENO
DH	DISTANCIA HORIZONTAL
PVC	TUBERÍA CLORURO DE POLIVINIL
S	PENDIENTE DE LA TUBERÍA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO: DISEÑO DE SISTEMA DE ALCANTARILLADO PARA ALDEA COLA DE PAVA, ASUNCIÓN MITA, JUTIAPA

CONTENIDO: PLANTA Y PERFIL RAMALES Alos 2, 3

ESCALA: INDICADA

DISEÑO: LUIS CARLOS MONZON CERNA
CARNE: 2008-14882

REVISOR: LUIS CARLOS MONZON CERNA
CARNE: 2006-14882

FECHA: MARZO 2014

ASESOR(A) DE EPS: Unidad de Prácticas Profesionales y EPS

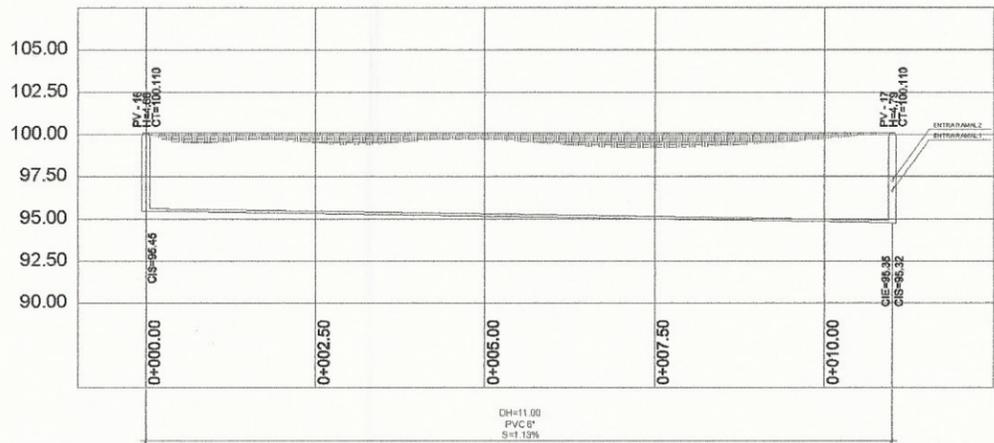
LUIS CARLOS MONZON CERNA
ESTUDIANTE DE EPS

8

**PLANTA
RAMAL 5 POZOS DE VISITA 16,17**



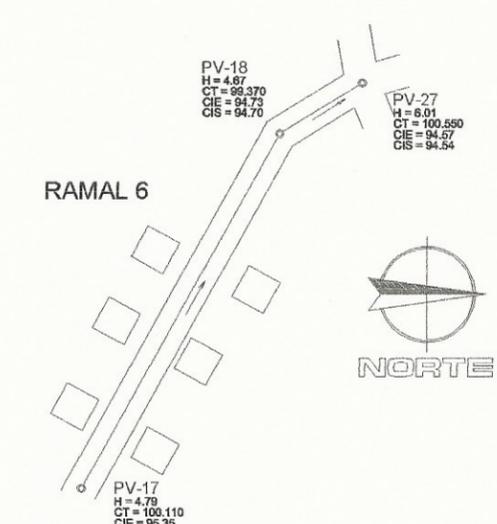
ESCALA: 1: 300



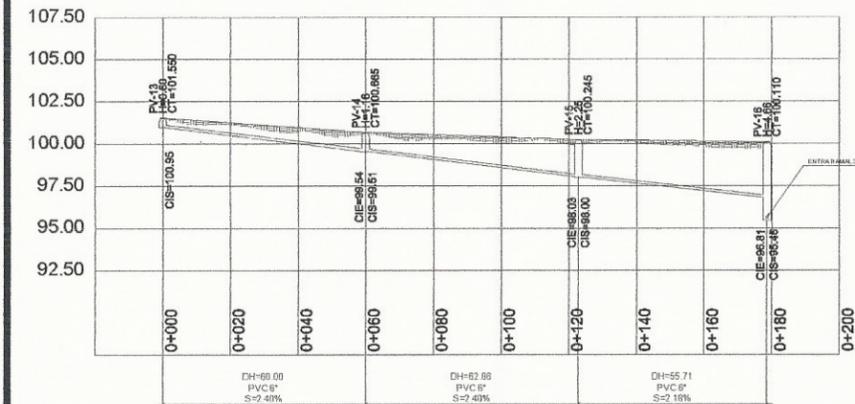
**PERFIL
RAMAL 5 POZOS DE VISITA 16,17**

ESCALA HORIZONTAL: 1: 50
ESCALA VERTICAL: 1:200

**PLANTA
RAMAL 6 POZOS DE VISITA 17,18,27**

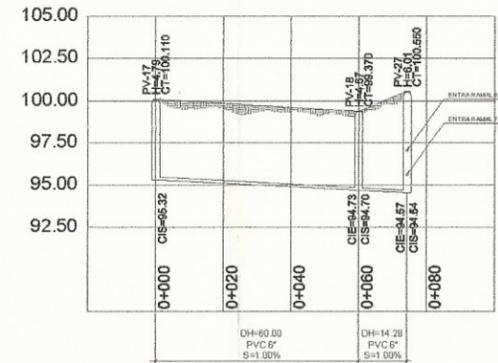


ESCALA: 1: 500



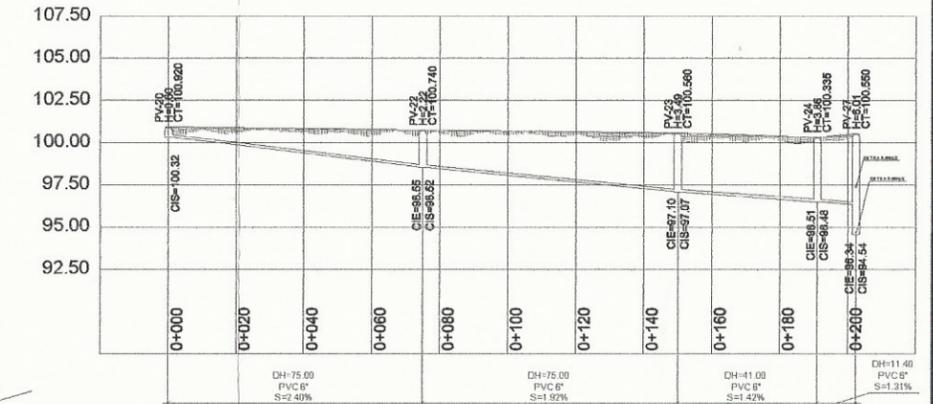
**PERFIL
RAMAL 4 POZOS DE VISITA 13,14,15,16**

ESCALA HORIZONTAL: 1: 1000
ESCALA VERTICAL: 1:200



**PERFIL
RAMAL 6 POZOS DE VISITA 17,18,27**

ESCALA HORIZONTAL: 1: 1000
ESCALA VERTICAL: 1:200



**PERFIL
RAMAL 7 POZOS DE VISITA 21,22,23,24,27**

ESCALA HORIZONTAL: 1: 1000
ESCALA VERTICAL: 1:200

**PLANTA
RAMAL 4 POZOS DE VISITA 13,14,15,16**

ESCALA: 1: 600



**PLANTA
RAMAL 7 POZOS DE VISITA 21,22,23,24,27**

ESCALA: 1: 700



SIMBOLOGÍA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
(---)	TUBERIA PVC
(□)	POZO DE VISITA
(---)	CARRETERA CA-01 ORIENTE
(---)	CALLES DE TERRACERIA
(PV)	POZO DE VISITA
(→)	DIRECCION DEL FLUJO
(□)	CASA
(□)	ESCUELA
(◇)	IGLESIA CATOLICA
(□)	PLANTA TRATAMIENTO AGUA RESIDUAL
(---)	POZO DE VISITA PERFIL
CIE	COTA INVERT DE ENTRADA
CIS	COTA INVERT DE SALIDA
H	ALTURA DEL POZO DE VISITA
CT	COTA O ALTURA DEL TERRENO
DH	DISTANCIA HORIZONTAL
PVC	TUBERIA CLORURO DE POLIVINIL
S	PENDIENTE DE LA TUBERIA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO: DISEÑO DE SISTEMA DE ALCANTARILLADO PARA ALDEA COLA DE PAVA, ASUNCIÓN MITA, JUTIAPA

CONTENIDO: PLANTA Y PERFIL RAMALES 4, 5, 6, 7

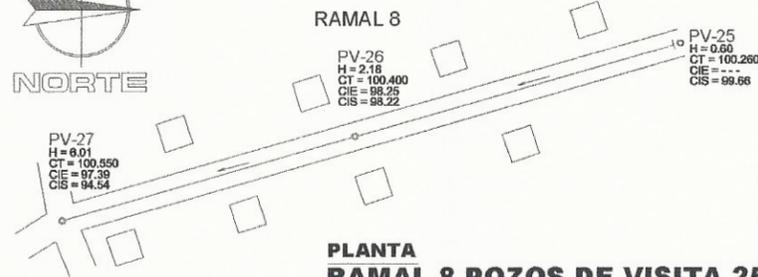
DISEÑO: LUIS CARLOS MONZÓN CERRA
CARNE 2006 - 4662

INDICADA: 8

FECHA: MARZO 2014

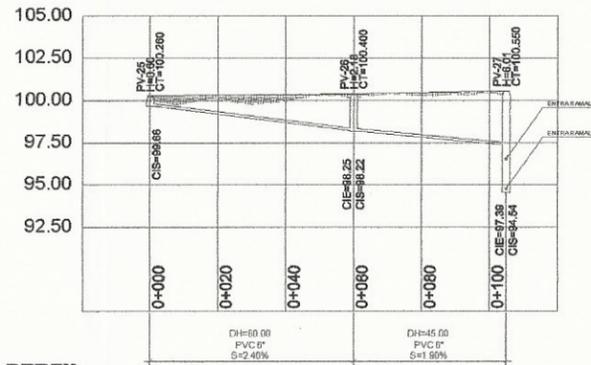
UNIDAD DE PRÁCTICAS DE INGENIERIA Y DEPTO. DE INGENIERIA CIVIL

LUIS CARLOS MONZÓN CERRA
ESTUDIANTE DE ERS



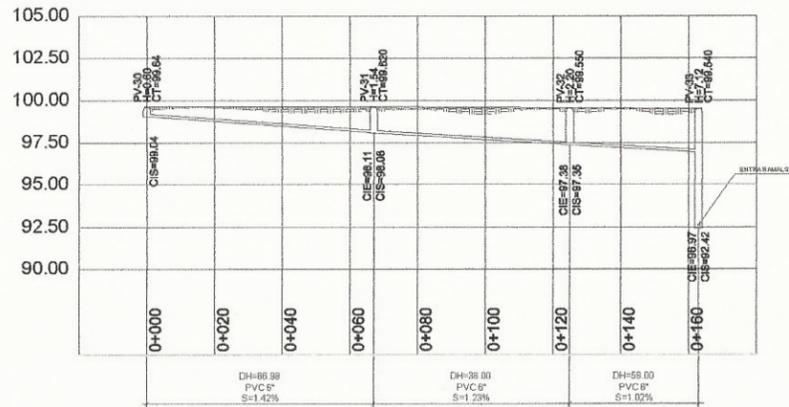
**PLANTA
RAMAL 8 POZOS DE VISITA 25,26,27**

ESCALA: 1: 600



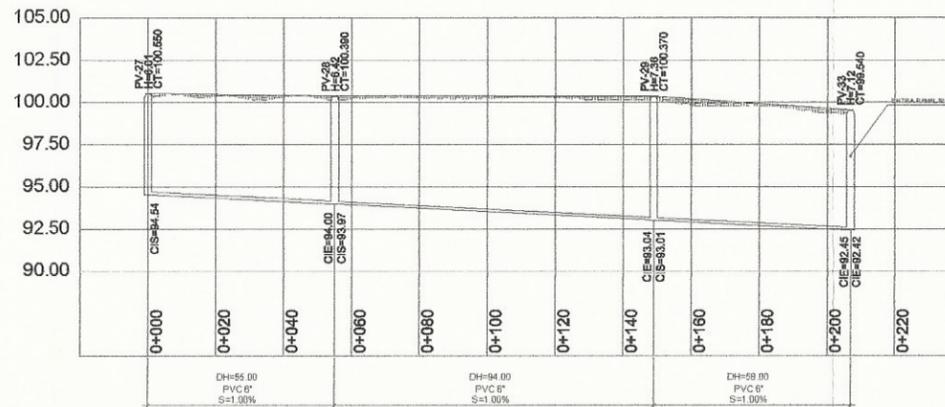
**PERFIL
RAMAL 8 POZOS DE VISITA 25,26,27**

ESCALA HORIZONTAL: 1: 1000
ESCALA VERTICAL: 1:200



**PERFIL
RAMAL 10 POZOS DE VISITA 30,31,32,33**

ESCALA HORIZONTAL: 1: 1000
ESCALA VERTICAL: 1:200



**PERFIL
RAMAL 9 POZOS DE VISITA 27,28,29,33**

ESCALA HORIZONTAL: 1: 1000
ESCALA VERTICAL: 1:200

PV-33
H = 7.32
CT = 99.540
CIE = 92.45
CIS = 92.42

PV-29
H = 7.38
CT = 100.370
CIE = 93.04
CIS = 93.01

PV-28
H = 6.42
CT = 100.390
CIE = 94.00
CIS = 93.97

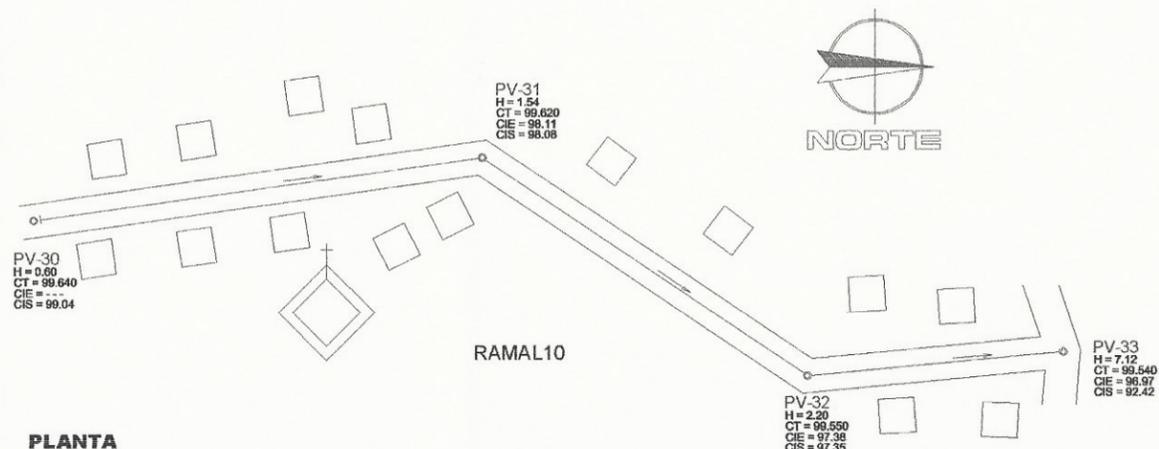


RAMAL 9

PV-27
H = 6.01
CT = 100.550
CIE = 94.57
CIS = 94.54

**PLANTA
RAMAL 9 POZOS DE VISITA 27,28,29,33**

ESCALA: 1: 500



**PLANTA
RAMAL 10 POZOS DE VISITA 30,31,32,33**

ESCALA: 1: 500



SIMBOLOGÍA	
SIMBOLO	DESCRIPCIÓN
	TUBERIA PVC
	POZO DE VISITA
	CARRETERA CA-91 ORIENTE
	CALLES DE TERRACERIA
	POZO DE VISITA
	DIRECCION DEL FLUJO
	CASA
	ESCUELA
	IGLESIA CATOLICA
	PLANTA TRATAMIENTO AGUA RESIDUAL
	POZO DE VISITA PERFIL
CIE	COTA INVERT DE ENTRADA
CIS	COTA INVERT DE SALIDA
H	ALTURA DEL POZO DE VISITA
CT	COTA O ALTURA DEL TERRENO
DH	DISTANCIA HORIZONTAL
PVC	TUBERIA CLORURO DE POLIVINIL
S	PENDIENTE DE LA TUBERIA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO: DISEÑO DE SISTEMA DE ALCANTARILLADO PARA ALDEA COLA DE PAVA, ASUNCIÓN MITA, JUTIAPA

CONTENIDO: PLANTA Y PERFIL RAMALES 8, 9, 10

DISEÑO: LUIS CARLOS MONTEON CERNA
CARNÉ 2014-1487

FECHA: MARZO 2014

4
8



RAMAL 11

PV-36
H = 7.43
CT = 98.410
CIE = 91.01
CIS = 90.98

PV-35
H = 7.28
CT = 98.560
CIE = 91.31
CIS = 91.28

PV-34
H = 7.195
CT = 99.095
CIE = 91.93
CIS = 91.90

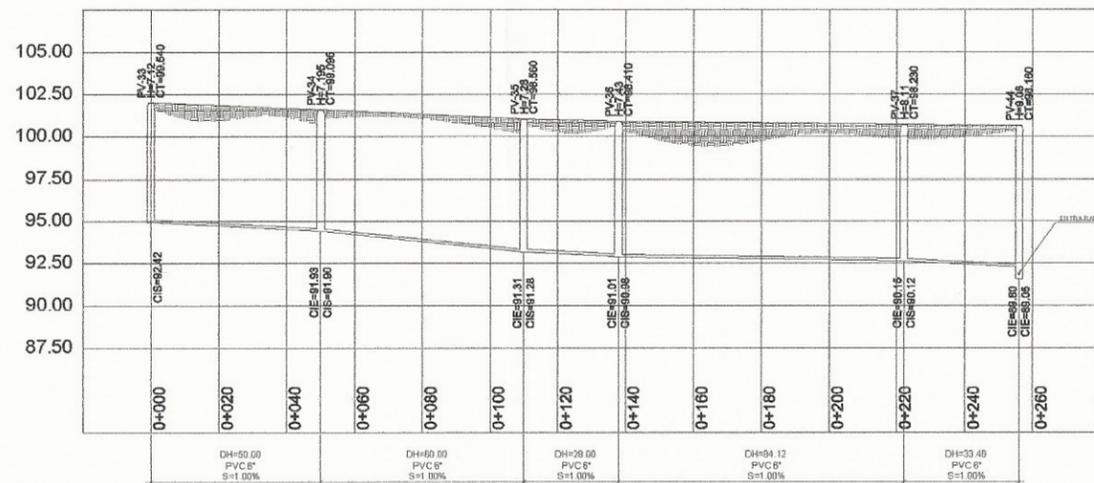
PV-33
H = 7.12
CT = 99.540
CIE = 92.43
CIS = 92.42

PV-44
H = 9.06
CT = 98.160
CIE = 99.80
CIS = 99.05

PV-37
H = 8.11
CT = 98.230
CIE = 90.15
CIS = 90.12

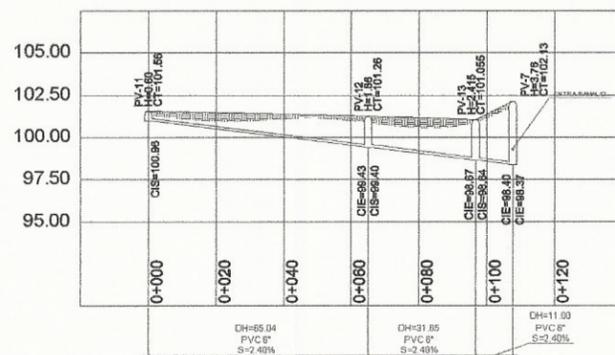
**PLANTA
RAMAL 11 POZOS DE VISITA 33,34,35,36,37,44**

ESCALA. 1: 500



**PERFIL
RAMAL 11 POZOS DE VISITA 33,34,35,36,37,44**

ESCALA HORIZONTAL: 1: 1000
ESCALA VERTICAL: 1: 200



**PERFIL
RAMAL 13 POZOS DE VISITA 11,12,13,7**

ESCALA HORIZONTAL: 1: 1000
ESCALA VERTICAL: 1: 200



**PLANTA
RAMAL 13 POZOS DE VISITA 11,12,13,7**

ESCALA. 1: 500



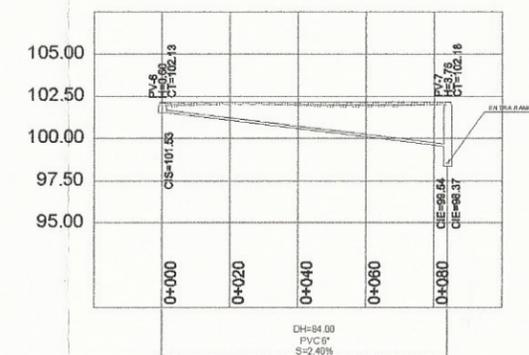
RAMAL 12

PV-7
H = 3.76
CT = 102.13
CIE = 99.54
CIS = 98.37

PV-6
H = 0.60
CT = 102.130
CIE = ...
CIS = 101.63

**PLANTA
RAMAL 12 POZOS DE VISITA 6,7**

ESCALA. 1: 400



**PERFIL
RAMAL 12 POZOS DE VISITA 6,7**

ESCALA HORIZONTAL: 1: 1000
ESCALA VERTICAL: 1: 200

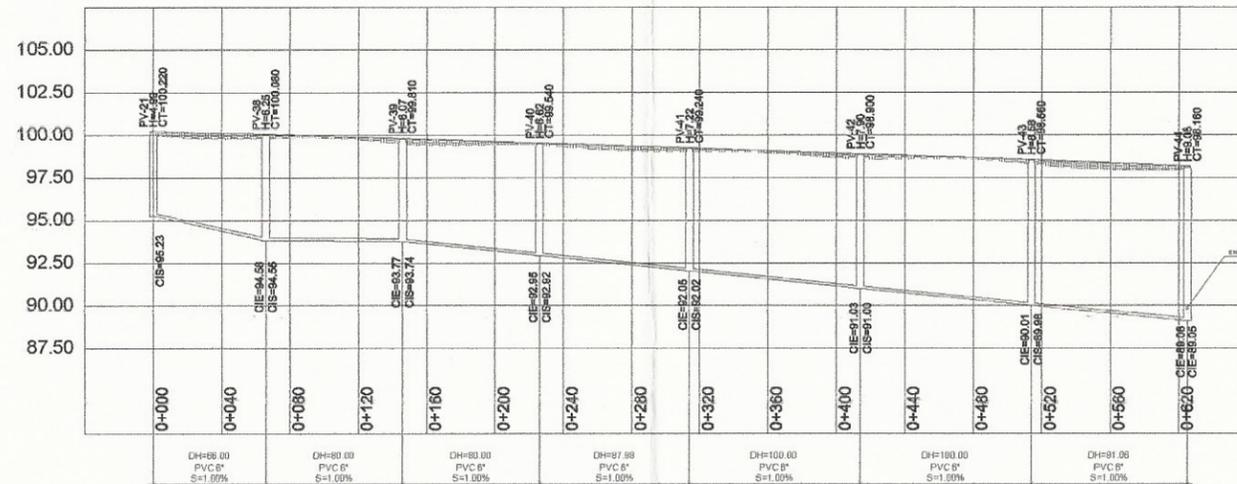
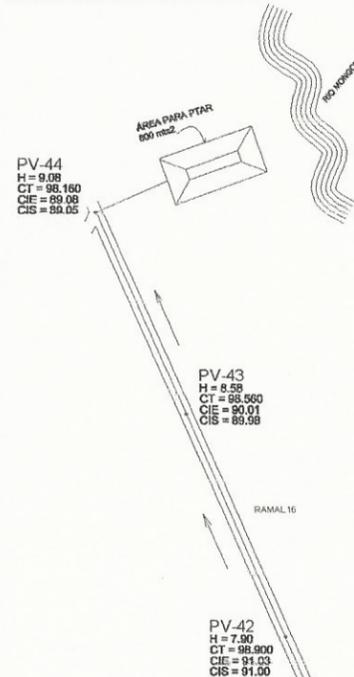


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO:	DISEÑO DE SISTEMA DE ALCANTARILLADO PARA ALDEA COLA DE PAVA, ASUNCIÓN MITA, JUTIAPA		
CONTENIDO:	PLANTA Y PERFIL RAMALES 11, 12, 13		
DISEÑO:	LUIS CARLOS MONZON CERNA CARNÉ 18.006 - 14822	PROFESOR(A) SUPERVISOR(A) DE EPS UNIDAD DE PRESTACIÓN DE INGENIERIA Y EPS	ESCALA: INDICADA
Luis Carlos Monzon Cerna ESTUDIANTE DE EPS		FECHA: FEBRERO 2014	HOLJA: 5 8

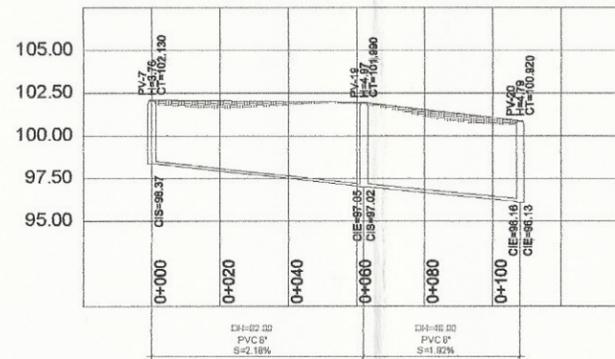
**PLANTA
RAMAL 16 POZOS DE VISITA 20,38,39,40,41,42,43,44**

ESCALA: 1: 1 400



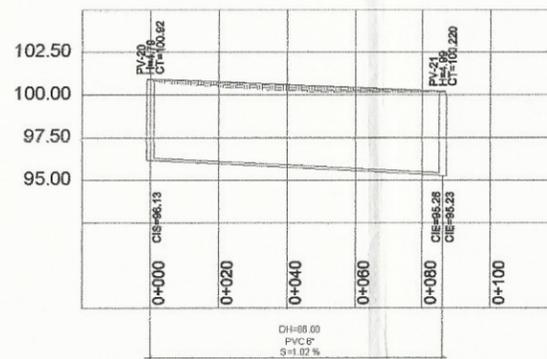
**PERFIL
RAMAL 16 POZOS DE VISITA 21,38,39,40,41,42,43,44**

ESCALA HORIZONTAL: 1: 2000
ESCALA VERTICAL: 1:200



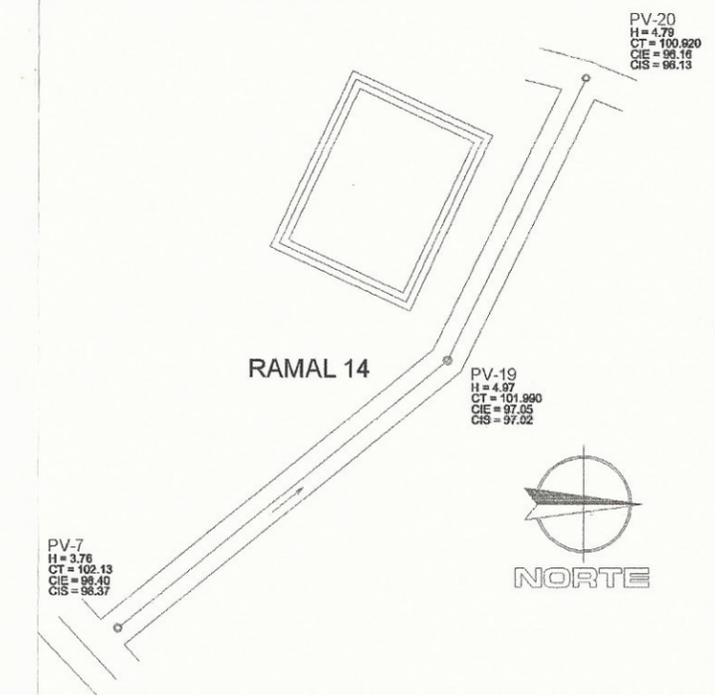
**PERFIL
RAMAL 14 POZOS DE VISITA 7,19,20**

ESCALA HORIZONTAL: 1: 1000
ESCALA VERTICAL: 1:200



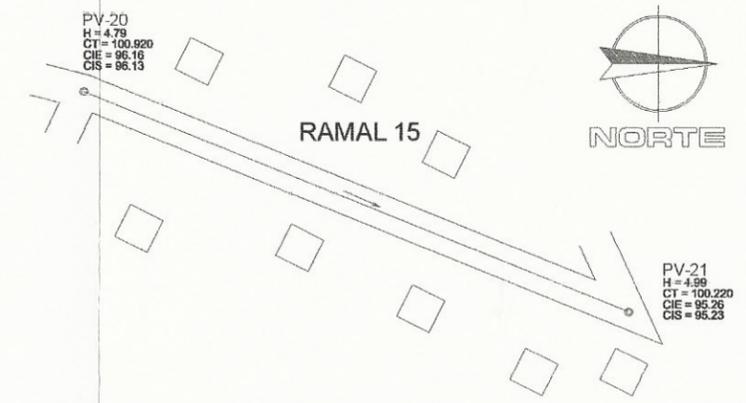
**PERFIL
RAMAL 15 POZOS DE VISITA 20,21**

ESCALA HORIZONTAL: 1: 1000
ESCALA VERTICAL: 1:200



**PLANTA
RAMAL 14 POZOS DE VISITA 7,19,20**

ESCALA: 1: 500



**PLANTA
RAMAL 15 POZOS DE VISITA 20,21**

ESCALA: 1: 500

SIMBOLOGÍA	
[Symbol]	TUBERIA PVC
[Symbol]	POZO DE VISITA
[Symbol]	CARRETERA CA-01 ORIENTE
[Symbol]	CALLES DE TERRACERIA
[Symbol]	POZO DE VISITA
[Symbol]	DIRECCION DEL FLUJO
[Symbol]	CASA
[Symbol]	ESCUELA
[Symbol]	IGLESIA CATOLICA
[Symbol]	PLANTA TRATAMIENTO AGUA RESIDUAL
[Symbol]	POZO DE VISITA PERFIL
[Symbol]	CIE COTA INVERT DE ENTRADA
[Symbol]	CIS COTA INVERT DE SALIDA
[Symbol]	H ALTURA DEL POZO DE VISITA
[Symbol]	CT COTA O ALTURA DEL TERRENO
[Symbol]	DH DISTANCIA HORIZONTAL
[Symbol]	PVC TUBERIA CLORURO DE POLIVINIL
[Symbol]	S PENDIENTE DE LA TUBERIA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO: DISEÑO DE SISTEMA DE ALCANTARILLADO PARA ALDEA COLA DE PAVA, ASUNCIÓN MITA, JUTIAPA

CONTENIDO: PLANTA Y PERFIL RAMALES 14, 15, 16

DISEÑO: LUIS CARLOS MONZÓN CERNA (CARNÉ: 2006 - 14862)

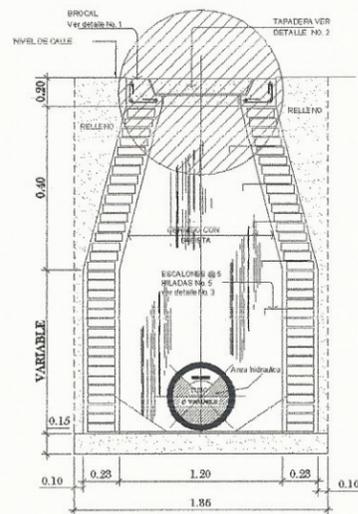
DIBUJO: LUIS CARLOS MONZÓN CERNA (CARNÉ: 2006 - 14862)

FECHA: MARZO 2014

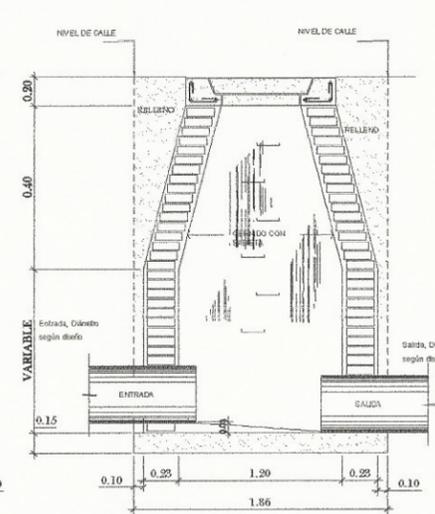
HOJA: 6/8

LUIS CARLOS MONZÓN CERNA ESTUDIANTE DEEPS

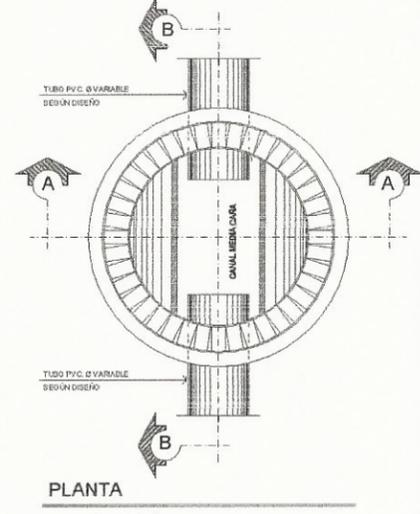
ING. MANUEL ARRIVALLAGA OCHAETA ING. ASESOR



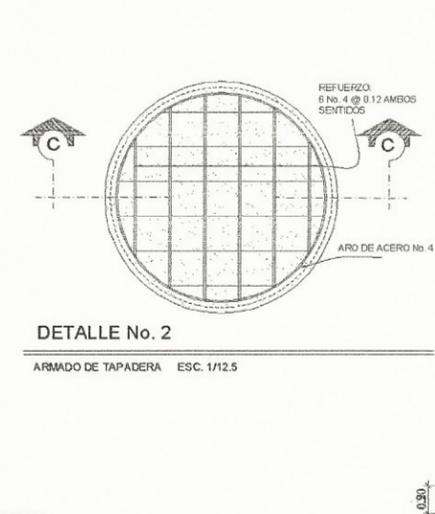
SECCIÓN A-A
POZO DE VISITA TÍPICO ESC. 1/25



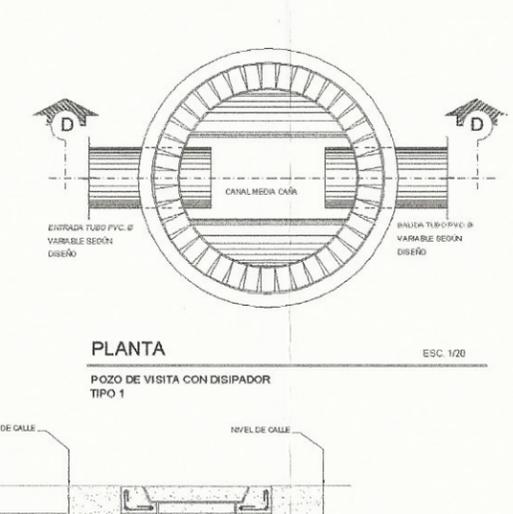
SECCIÓN B-B
POZO DE VISITA TÍPICO ESC. 1/25



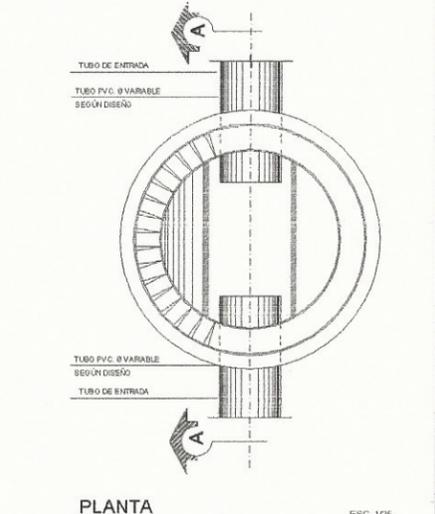
PLANTA
POZO DE VISITA TÍPICO ESC. 1/25



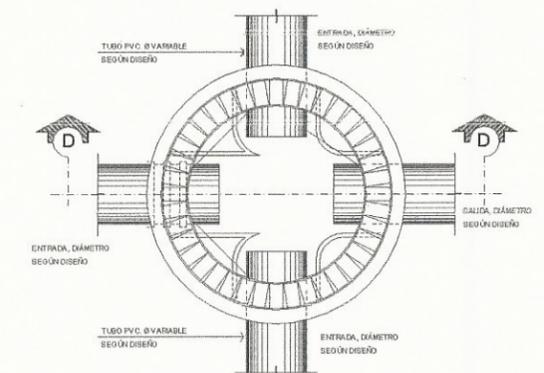
DETALLE No. 2
ARMADO DE TAPADERA ESC. 1/12.5



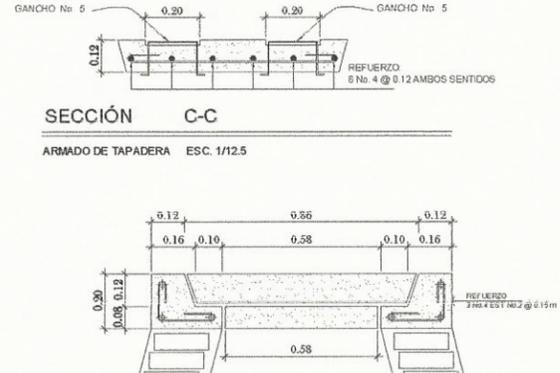
PLANTA
POZO DE VISITA CON DISIPADOR TIPO 1 ESC. 1/20



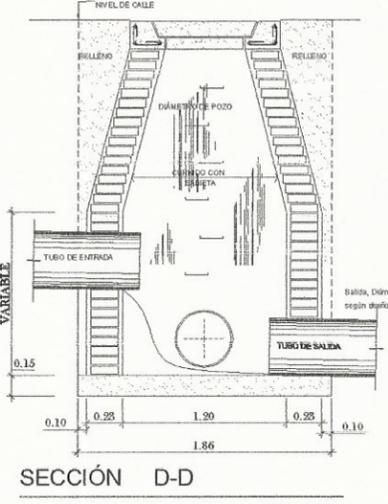
PLANTA
POZO CON CAIDA DE 0.70M. DISIPADOR DE ENERGÍA TIPO 2 ESC. 1/25



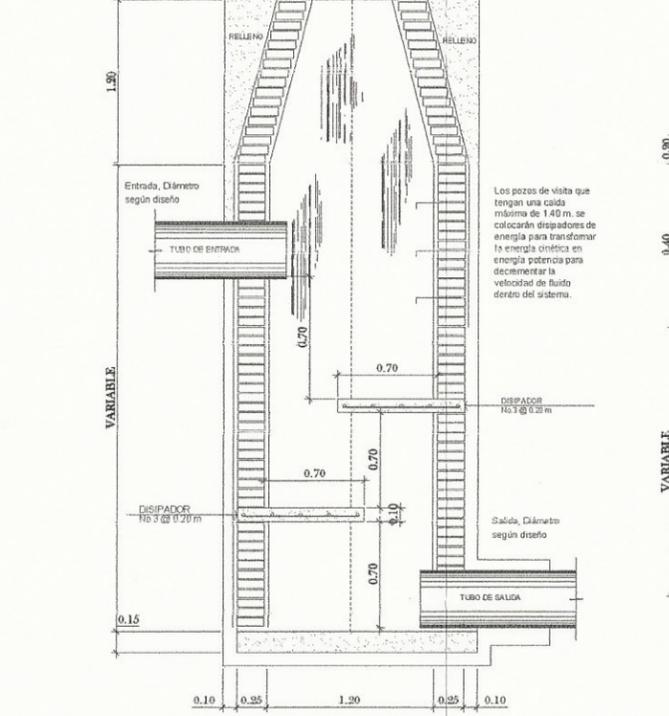
PLANTA
DET. POZO CON 3 ENTRADAS ESC. 1/25



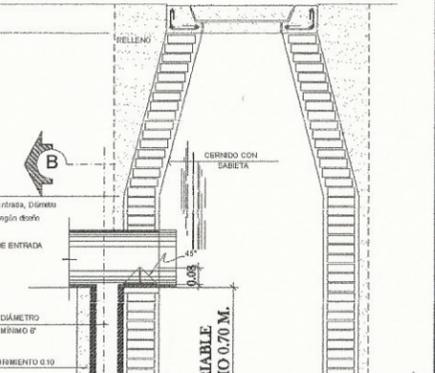
SECCIÓN C-C
ARMADO DE TAPADERA ESC. 1/12.5



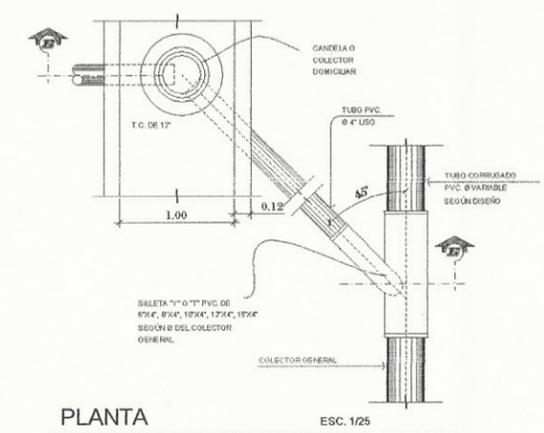
SECCIÓN D-D
ESCALA 1/25



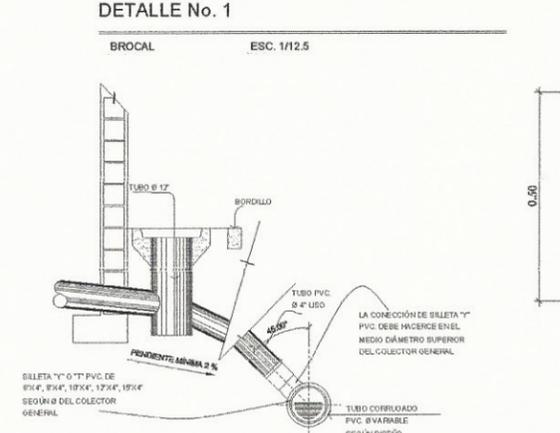
SECCIÓN D-D
POZO DE VISITA CON DISIPADOR DE ENERGÍA TIPO 1 ESC. 1/25



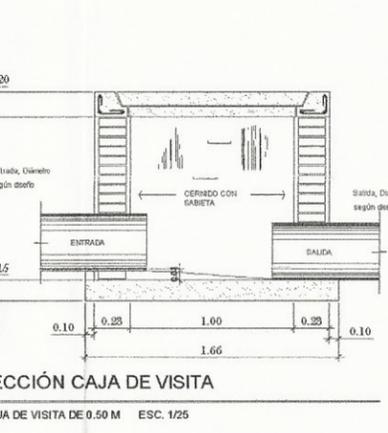
SECCIÓN A-A
POZO CON CAIDA DE 0.70M. DISIPADOR DE ENERGÍA TIPO 2 ESC. 1/25



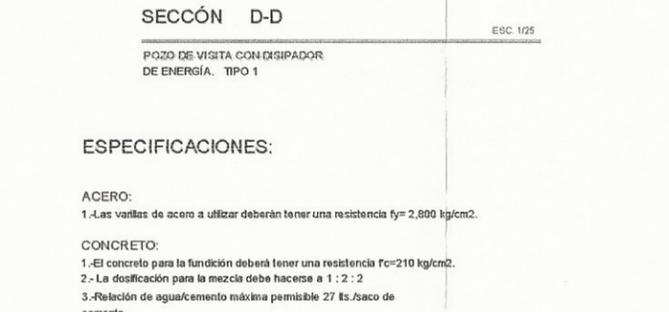
PLANTA
CONEXIÓN DOMICILIAR ESC. 1/25



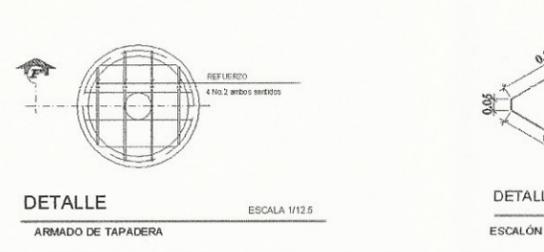
DETALLE No. 1
BRICOL ESC. 1/12.5



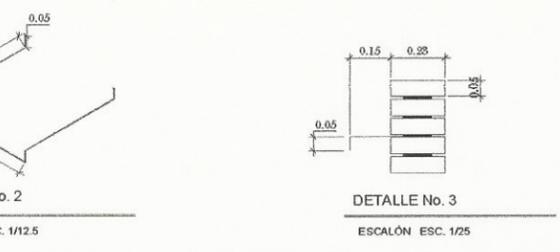
SECCIÓN CAJA DE VISITA
CAJA DE VISITA DE 0.50 M ESC. 1/25



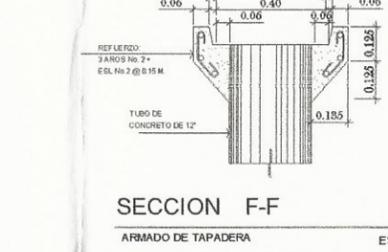
SECCIÓN B-B
POZO CON CAIDA DE 0.70M. DISIPADOR DE ENERGÍA TIPO 2 ESC. 1/25



DETALLE
ARMADO DE TAPADERA ESCALA 1/12.5



DETALLE No. 2
ESCALÓN ESC. 1/12.5



SECCIÓN F-F
ARMADO DE TAPADERA ESC. 1/12.5

ESPECIFICACIONES:

- ACERO:**
1.-Las varillas de acero a utilizar deberán tener una resistencia $f_y = 2,800 \text{ kg/cm}^2$.
- CONCRETO:**
1.-El concreto para la fundición deberá tener una resistencia $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$.
2.-La dosificación para la mezcla debe hacerse a 1 : 2 : 2
3.-Relación de agua/cemento máxima permisible 27 lts./saco de cemento.
4.-El agregado grueso (pedrín) deberá tener un ϕ mínimo de $\frac{1}{2}$ " y un máximo de 1"
5.-Proporciónamiento por metro de concreto = 0.44 $\frac{1}{2}$ " metros de arena de río, 0.89 metros de pedrín 8 sacos de cemento portland tipo 1, y 21.5 litros de agua/saco de cemento.
6.-El recubrimiento mínimo para la base será de 7.5 cm. en brocal y tapadera será de 3 a 5 cm.
7.-Si se llegara a usar concreto ciclopeo por la facilidad de la piedra utilizar la razón de 60% piedra y 40 % concreto con la misma resistencia $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$
- TUBERÍA DE PVC NOVAFORT:**
1.-La tubería será conforme a la Norma NTC 3722-1 y NMX-E-215-2.
2.-No debe usarse tubería de diámetro menor a 6", con excepción en las acomodadas domiciliarias que será de diámetro de 4".
3.-Toda la tubería se colocará alineada y con el desnivel, indicado en los planos.
- NOTA:**
1.-Los brocales y tapaderas de los pozos deberán curarse, según especificaciones ACI, antes de su instalación.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO: DISEÑO DE SISTEMA DE ALCANTARILLADO PARA ALDEA COLA DE PAVA, ASUNCIÓN MITA, JUTIAPA

CONTENIDO: DETALLE POZOS DE VISITA

INDICADA

DISEÑO: LUIS CARLOS MONZÓN CERNA CARNÉ: 2006 - 14862

DIBUJO: LUIS CARLOS MONZÓN CERNA CARNÉ: 2006 - 14862

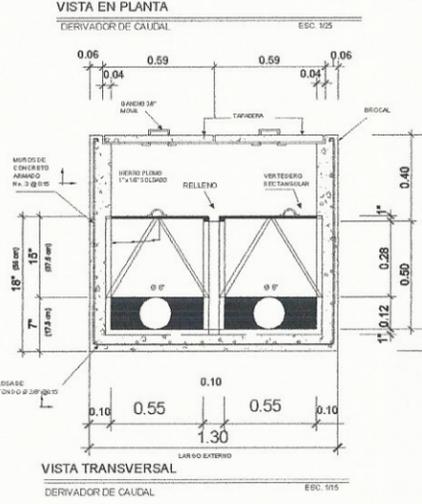
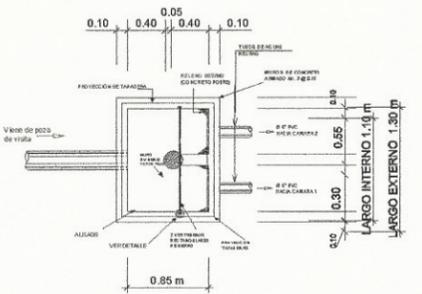
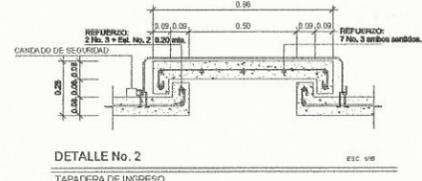
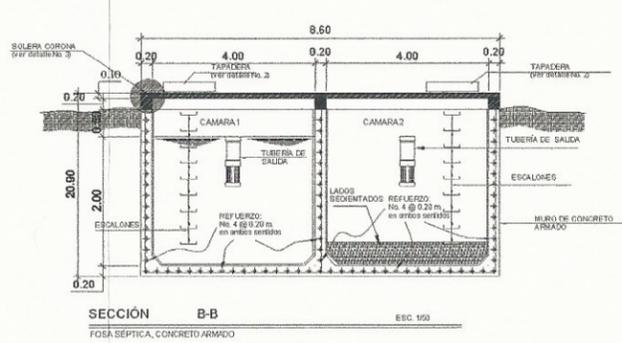
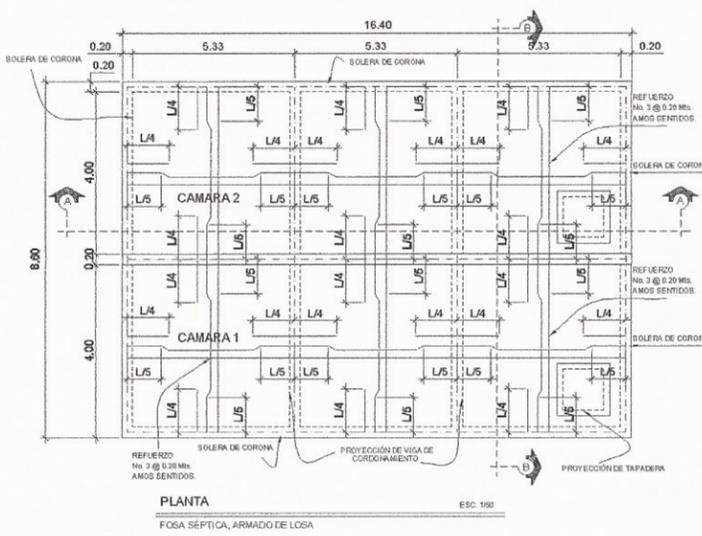
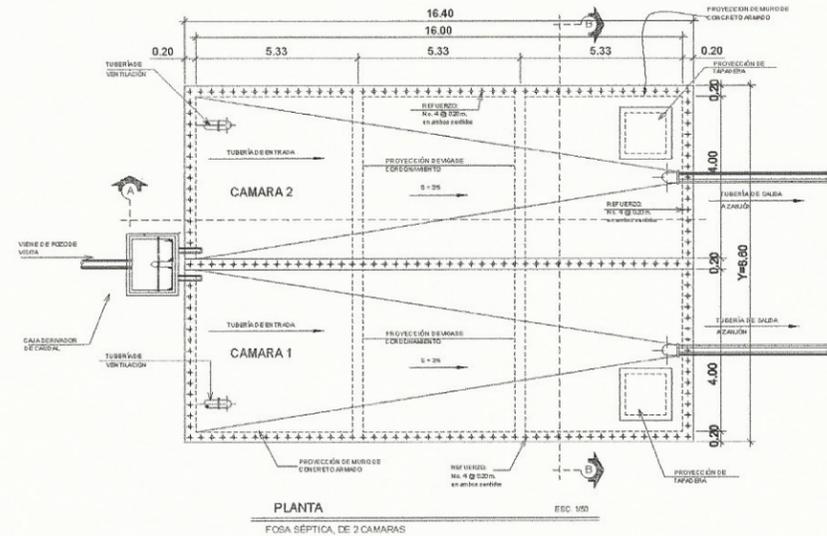
FECHA: MARZO 2014

HOJA: 7

LUIS CARLOS MONZÓN CERNA ESTUDIANTE DE EPS

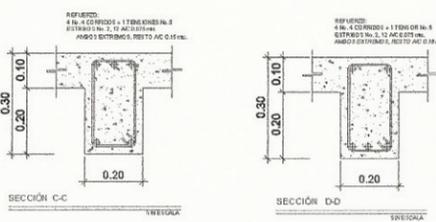
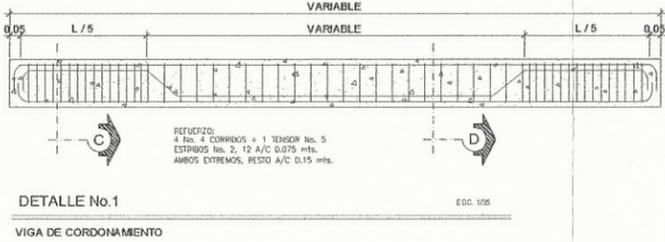
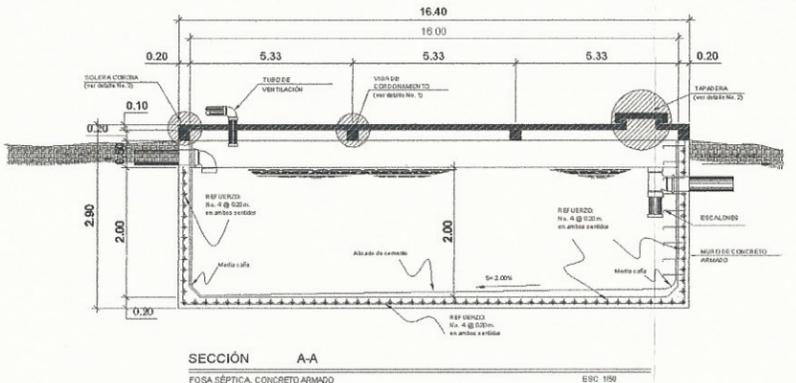
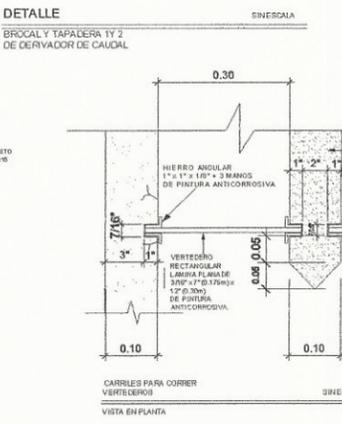
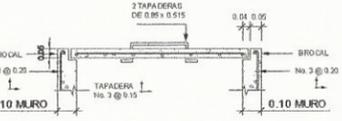
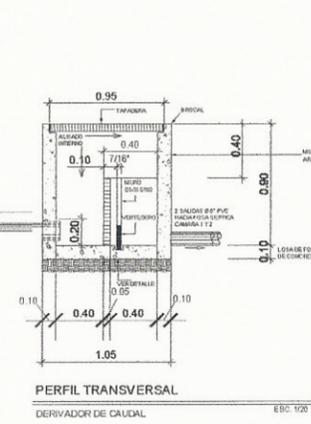
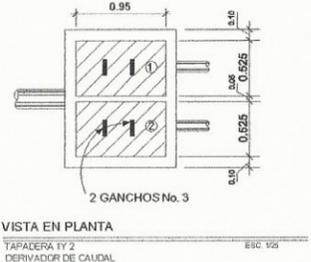
ING. MANUEL ARRIVALLAGA OCHAETA ING. ASESOR

8



NOTAS:
DERIVADOR DE CAUDAL:
 1. El derivador de caudal será de concreto armado y su finalidad será el de conducir las aguas negras a una de las dos cámaras de la fosa.
FOSA SÉPTICA:
 1. Será de concreto armado con dos cámaras que servirán para darle un tratamiento primario a las aguas negras como también un tratamiento a los lodos que se sedimentan en el fondo de la misma.
 2. La finalidad de la fosa será permitir que una cámara trabaje con el proceso normal de sedimentación, con el asentamiento de las partículas que se encuentran suspendidas en las aguas negras, permitiendo que la segunda cámara trabaje como una cámara digestora de lodos, deshidratando y reduciendo el volumen de los mismos, convirtiendo a estos en una materia orgánica estable y sin mal olor.

FORMA DE OPERACIÓN DE LA FOSA:
 1. Al ingresar las aguas negras en la primera cámara de la fosa, se iniciará un tratamiento primario bajo condiciones anaeróbicas.
 2. Cuando haya transcurrido un periodo de tiempo determinado, en el fondo de la fosa se acumulará una gran cantidad de sedimentos.
 3. Será necesario luego cerrar la compuerta de la primera cámara, para proceder a sacar el agua contenida en la misma y desfogarla a algún cuerpo receptor, dejando únicamente los lodos húmedos no tratados.
 4. Luego de cerrar la compuerta de la primera cámara se procede a abrir la compuerta de la segunda, para que esta inicie con el tratamiento de las aguas negras.
 5. En la cámara que contiene los lodos (primera), se dejan secar estos por un tiempo para que ocurra un proceso de digestión.
 6. Cuando se haya terminado el proceso de digestión se procede a hacer una inspección visual de los mismos, si estos contienen una humedad entre el 40 al 60% se podrá permitir que permanezcan estos por un periodo de tiempo no mayor a la mitad del tiempo de digestión.
 7. Cuando se hayan deshidratado los suficientes lodos se procederá a retirarlos de la cámara por medios manuales con pala y azadón, ya que estos se encontrarán altamente estables y sin mal olor.
 8. Si se desea aprovechar el valor agrícola de los lodos será necesario secar los mismos al aire libre por 1 o 2 semanas más en capas de 20 a 30 centímetros, después de ser esparcidos del fondo de la fosa.
 9. Ya que los sólidos de desechos producidos por las aguas residuales contiene muchos de los elementos fertilizantes que las plantas requieren para su desarrollo, como el nitrógeno, los fosfatos y el potasio.
 10. Invertiendo todo este proceso cada vez que una cámara se llene de lodos y sea necesario limpiarlo.



CUADRO DE DIMENSIONES DE FOSA SÉPTICA DE DOS CÁMARA							
No de FOSA SÉPTICA	CANTIDAD DE TRAMOS (LOSAS)	DIMENSIONES DEL TRAMO	CAPACIDAD DE CADA CÁMARA DE LA FOSA	DIMENSIÓN DE FOSA			TIEMPO DE LIMPIEZA DE FOSA
				A	L	H	
1	3	L/3	120.00 M3	8.00 m	16.00 m	2.50 m	75 DÍAS 5 MESES



ESPECIFICACIONES:
ACERO:
 1.-El acero deberá tener un fy= 2,800 kg/cm².
CONCRETO:
 1.-El concreto deberá tener un fc=210 kg/cm².
 2.-Dosisificación 1:2:2
 3.-Relación de agua/cemento máxima permisible 27 lts./saco de cemento.
 4.-El agregado grueso (pedrín) deberá tener un Ø mínimo de 1/2" y un máximo de 1 1/2".
 5.-Proporciónamiento por metro de concreto= 0.44 metros de arena de río, 0.89 metros de pedrín 8 sacos de cemento portland tipo 1, y 21.5 litros de agua/saco de cemento.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO: DISEÑO DE SISTEMA DE ALCANTARILLADO PARA ALDEA COLA DE PAVA, ASUNCIÓN MITA, JUTIAPA

CONTENIDO: DETALLES FOSA SÉPTICA

ESCALA: INDICADA

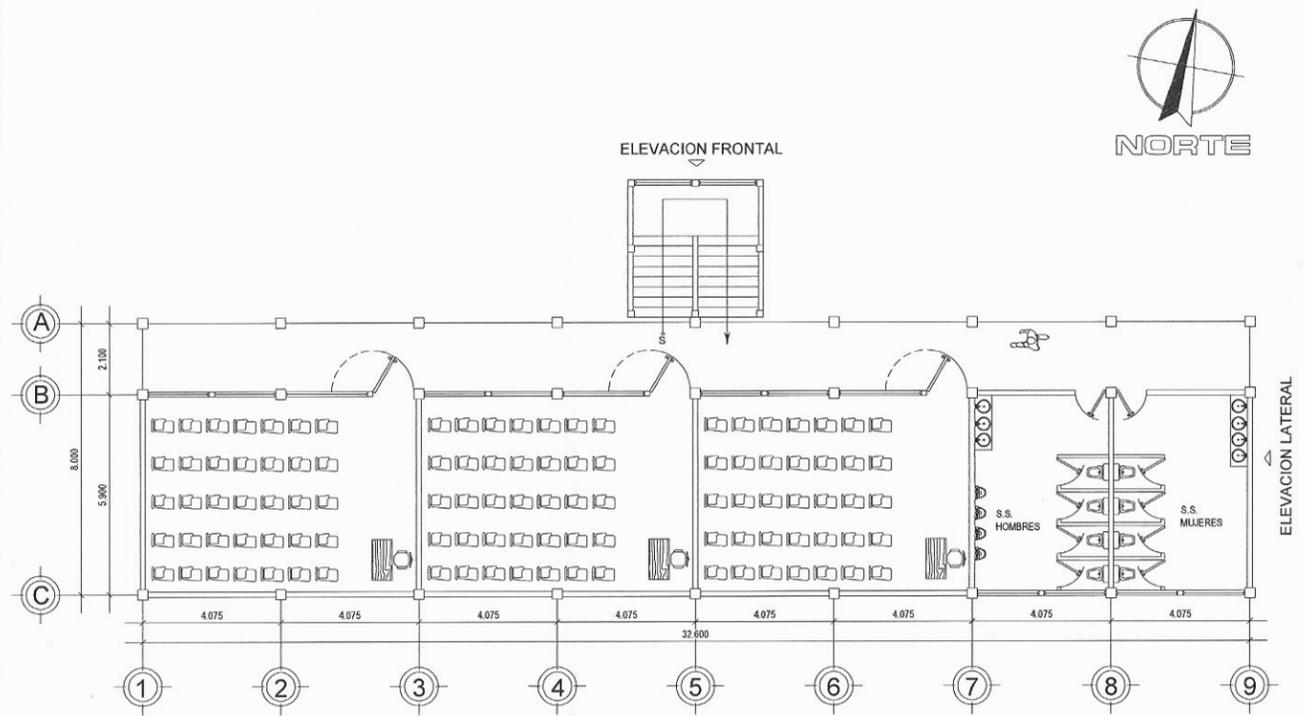
HOJA: 8

FECHA: MARZO 2014

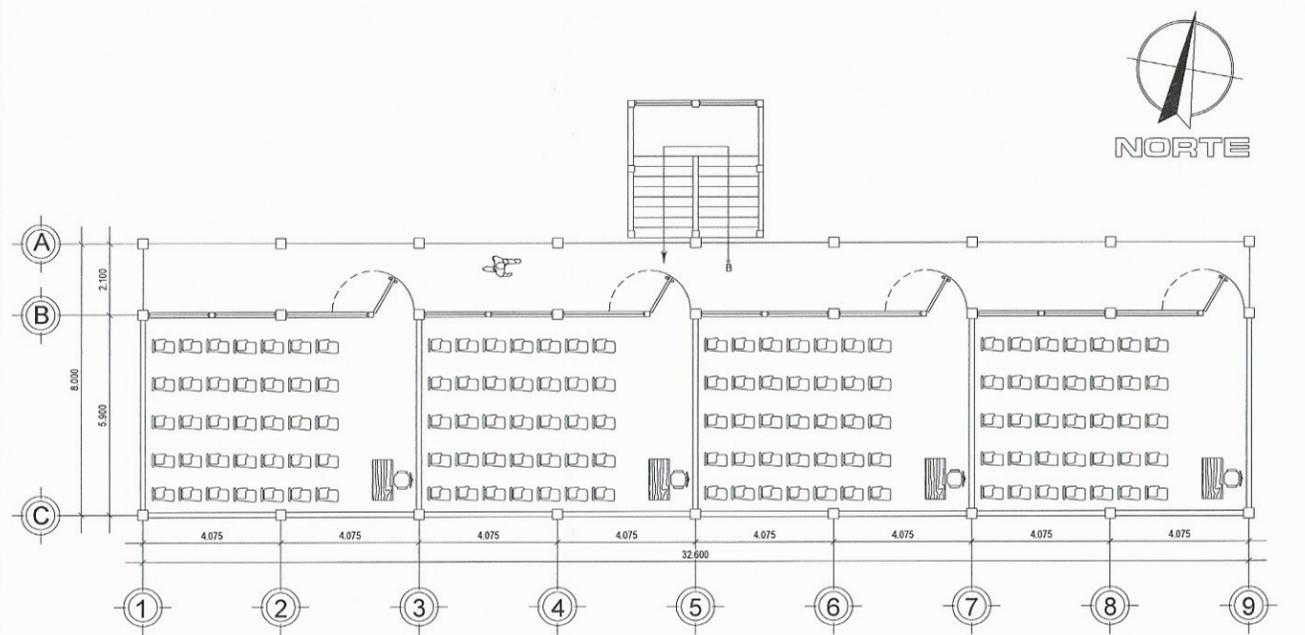
ASesor (A) SUPERVISOR(A) DE EPS

Unidad de Estudios de Ingeniería y EPS

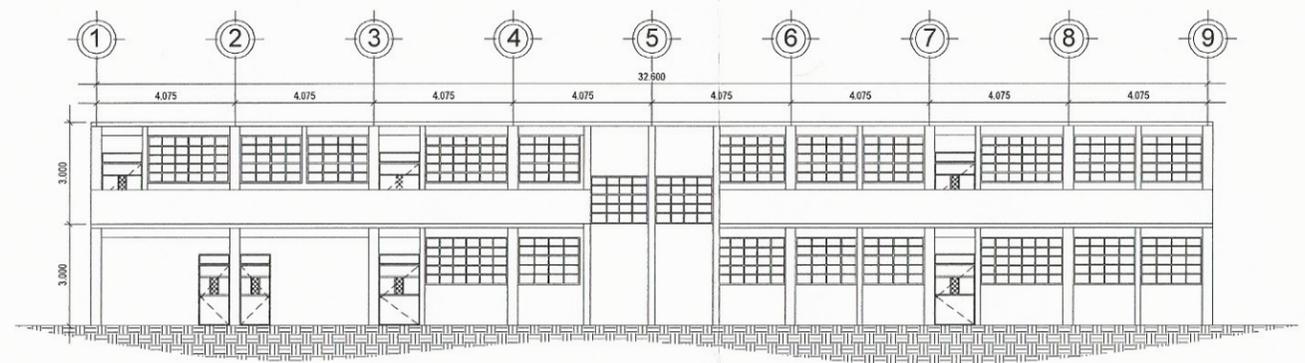
LUIS CARLOS MONZON CERNA ESTUDIANTE DE EPS



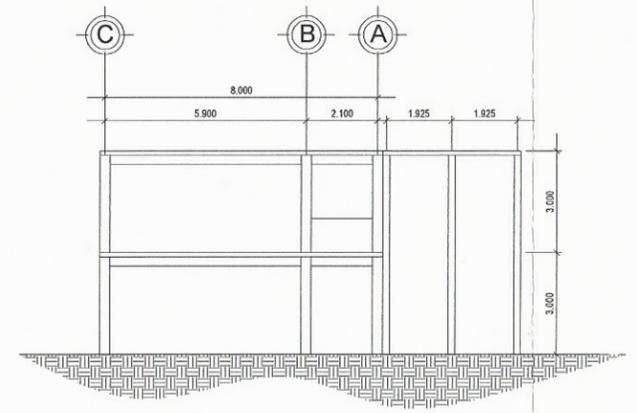
**PLANTA
AMUEBLADA PLANTA BAJA**
ESCALA 1: 100



**PLANTA
AMUEBLADA PLANTA ALTA**
ESCALA 1: 100

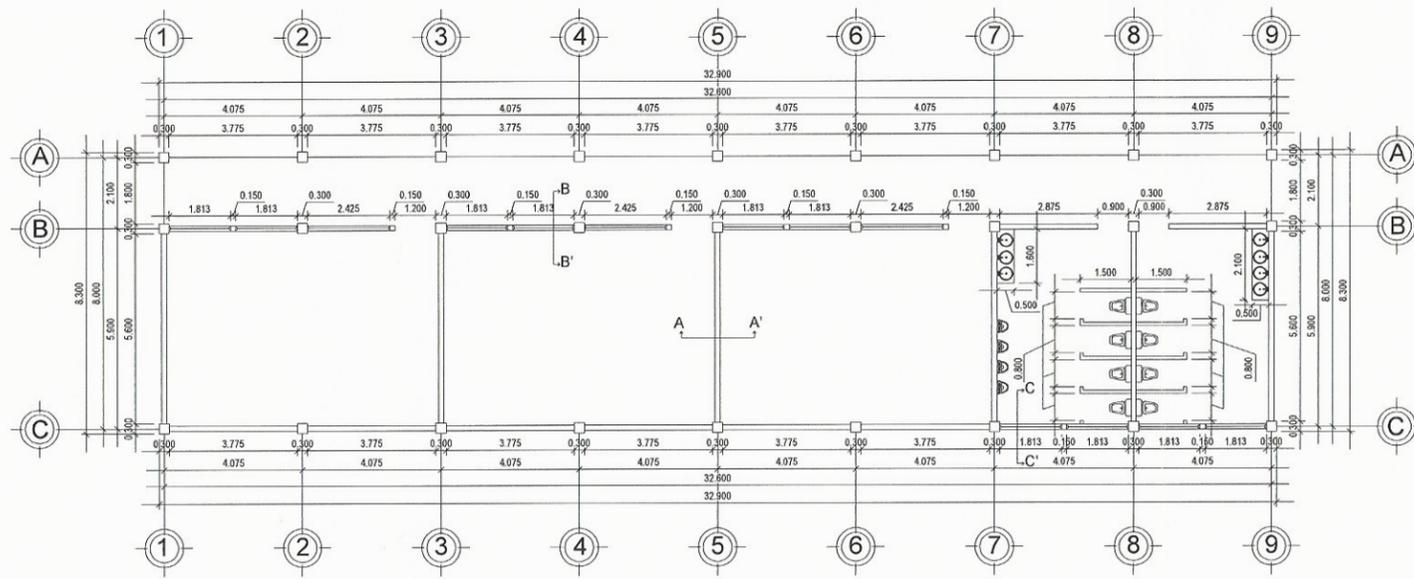


**ELEVACION
FACHADA FRONTAL**
ESCALA 1: 100



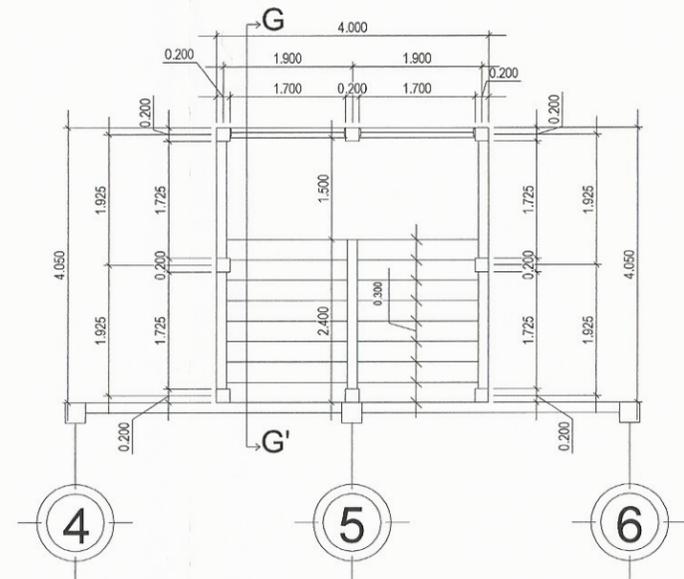
**ELEVACION
FACHADA LATERAL**
ESCALA 1: 100

 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO			
PROYECTO: DISEÑO DE LA ESCUELA DE DOS NIVELES PARA EL BARRIO LA PROLAC, ASUNCIÓN MITA, JUTIAPA			
CONTENIDO: PLANTA AMUEBLADA, ELEVACION FRONTAL Y LATERAL			
DISEÑO: LUIS CARLOS MONZÓN CERNA <small>CARNE: 2006 - 14862</small>	DIBUJO: LUIS CARLOS MONZÓN CERNA <small>CARNE: 2006 - 14862</small>		
FECHA: MAYO 2015			
HOJA:			
LUIS CARLOS MONZÓN CERNA <small>ESTUDIANTE DE EPS</small>			
ING. MANUEL ARRIVILLAGA OCHOAETA <small>ING. ASESOR</small>			
<table border="1"> <tr> <td style="text-align: center;">ESCALA: INDICADA</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1 10</td> </tr> </table>		ESCALA: INDICADA	1 10
ESCALA: INDICADA			
1 10			



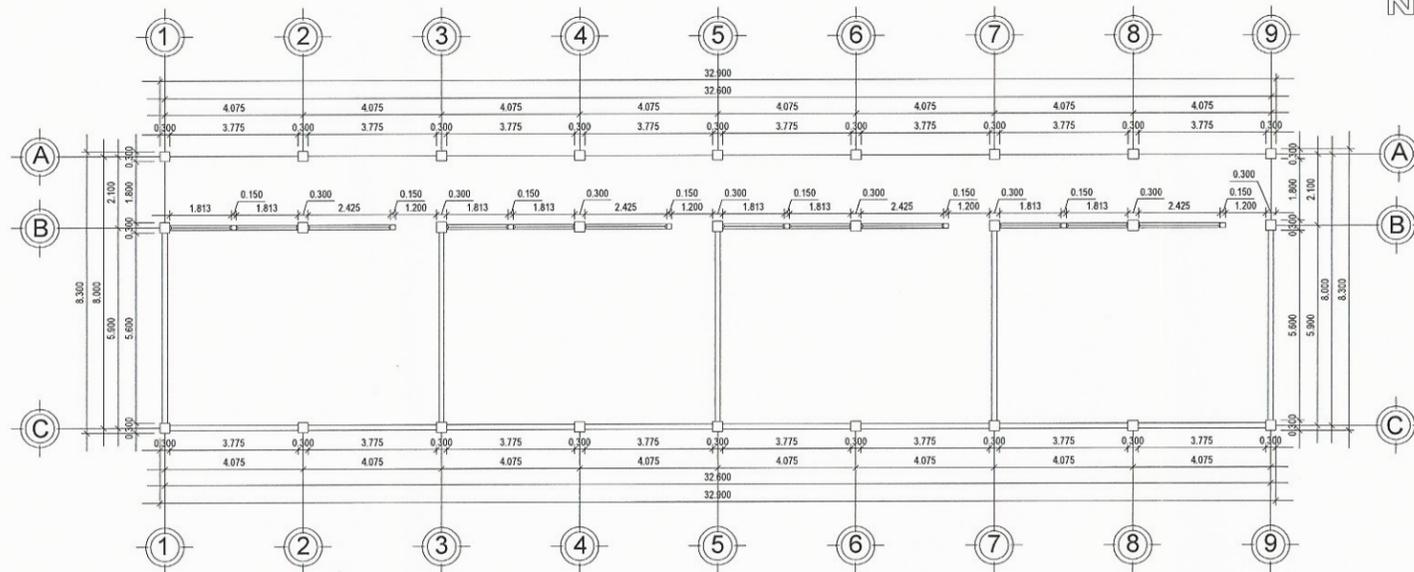
**PLANTA
ACOTADA PLANTA BAJA**

ESCALA 1: 100



**PLANTA
ACOTADA MODULO DE GRADAS**

ESCALA 1: 50



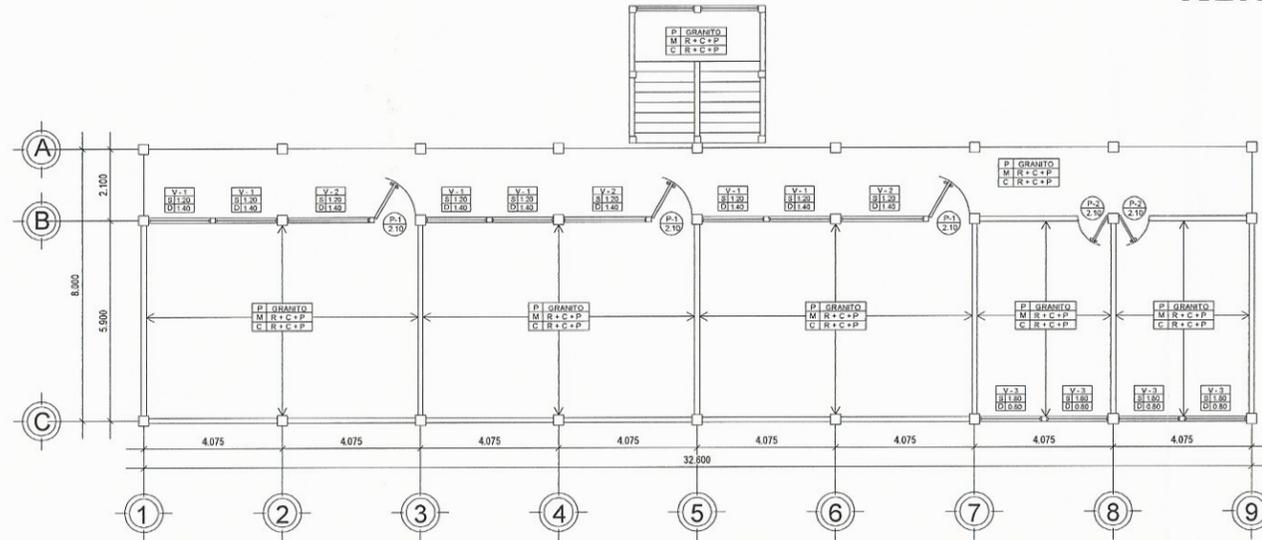
**PLANTA
ACOTADA PLANTA ALTA**

ESCALA 1: 100



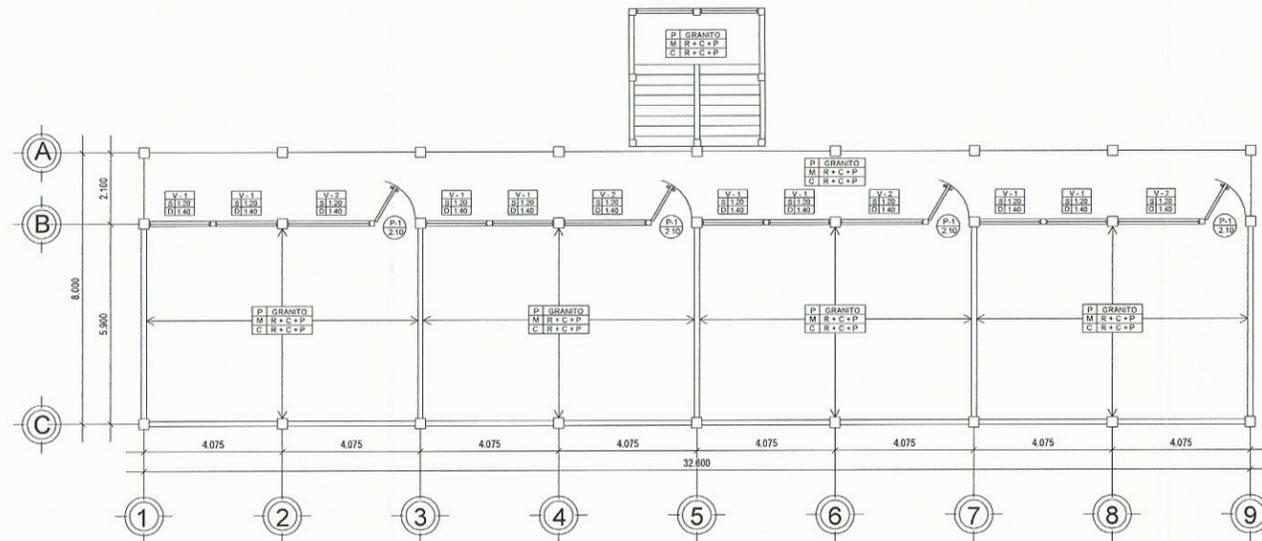
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO		DISEÑO DE LA ESCUELA DE DOS NIVELES PARA EL BARRIO LA PROLAC, ASUNCIÓN MITA, JUTIAPA	
CONTENIDO		PLANTA ACOTADA	ESCALA: INDICADA
DISEÑO: LUIS CARLOS MONZÓN CERNA CARNE: 2006 - 14862	DIBUJO: LUIS CARLOS MONZÓN CERNA CARNE: 2006 - 14862		FECHA: MAYO 2015
HOJA		2 / 10	
LUIS CARLOS MONZÓN CERNA ESTUDIANTE DE EPS		ING. MANUEL ARRIVILLAGA OCHAETA ING. ASESOR	



**PLANTA
ACABADOS PLANTA BAJA**

ESCALA 1: 100



**PLANTA
ACABADOS PLANTA ALTA**

ESCALA 1: 100

**PLANILLA
PUERTAS, VENTANAS, BARANDA**

TIPO	SILLAR	DINTEL	ANCHO	ALTO	UNIDADES	MATERIAL
V-1	1.20 M	1.40 M	1.8125 M	1.40 M	14	METAL
V-2	1.20 M	1.40 M	2.425 M	1.40 M	7	METAL
V-3	1.80 M	0.80 M	1.8125 M	0.80M	4	METAL
P-1		2.10 M	1.20 M	2.10 M	7	METAL
P-2		2.10 M	0.90 M	2.10 M	2	METAL

NOTA:

- EL ACABADO EN COLUMNAS Y VIGAS, SERA REPELLO + BLANQUEADO
- LAS VENTANAS SERÁN BALCONES DE METAL

REFERENCIA

PG	PISO DE GRANITO
R	REPELLO
C	CERNIDO
P	PINTURA
B	BLOCK

VENTANAS

	TIPO
ALTURA DE SILLAR →	V-1 S 1.20
ALTURA DE DINTEL →	D 1.40

ACABADOS

ACABADOS EN PISO →	P GRANITO
ACABADOS EN MURO →	M R + C + P
ACABADOS EN CIELO →	C R + C + P

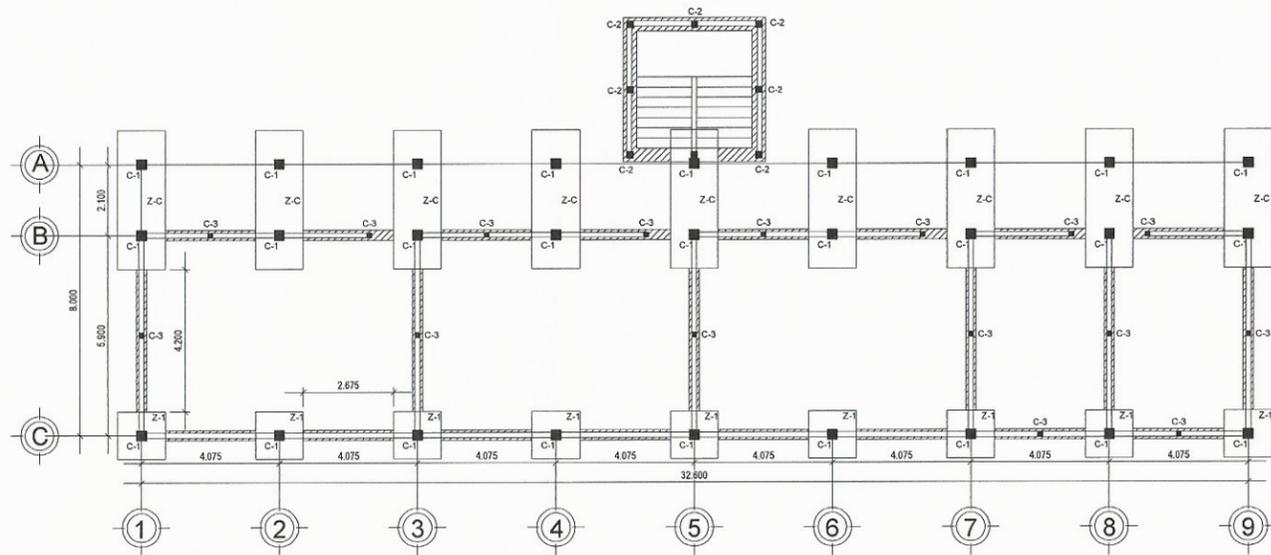
PUERTAS

TIPO DE PUERTA →	P - 1
ALTURA DE DINTEL →	2.10

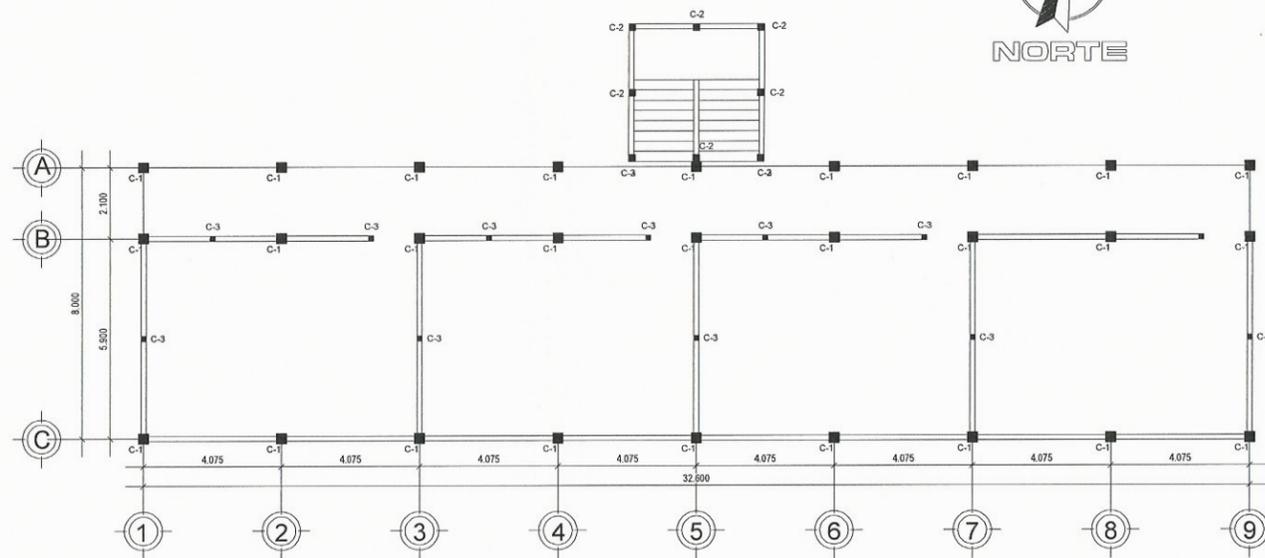


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

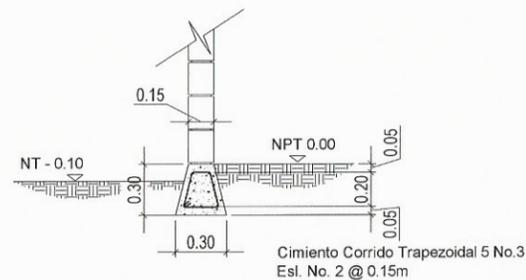
PROYECTO:	DISEÑO DE LA ESCUELA DE DOS NIVELES PARA EL BARRIO LA PROLAC, ASUNCIÓN MITA, JUTIAPA		ESCALA:	INDICADA
CONTENIDO:	PLANTA DE ACABADOS		FECHA:	MAYO 2015
DISEÑO:	LUIS CARLOS MONZÓN CERNA CARNE: 2006 - 14862	DIBUJO:	LUIS CARLOS MONZÓN CERNA CARNE: 2006 - 14862	HOJA:
LUIS CARLOS MONZÓN CERNA ESTUDIANTE DE EPS		ING. MANUEL ARRIVELAGA OCHAETA ING. ASESOR		3 / 10



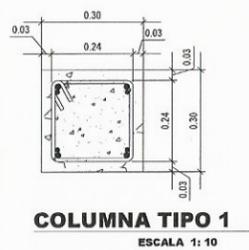
PLANTA CIMENTACION PLANTA BAJA
ESCALA 1: 100



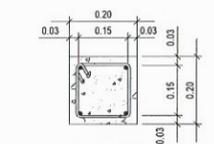
PLANTA CIMENTACION PLANTA ALTA
ESCALA 1: 100



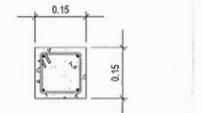
SECCION CIMENTO CORRIDO TRAPEZOIDAL
ESCALA 1: 20



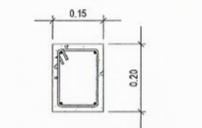
COLUMNA TIPO 1
ESCALA 1: 10
4 No. 8 y 4 No. 6
Est. No. 3 @ 0.03 en 0.50 m
confinamiento en ambos extremos
resto a 0.13 m



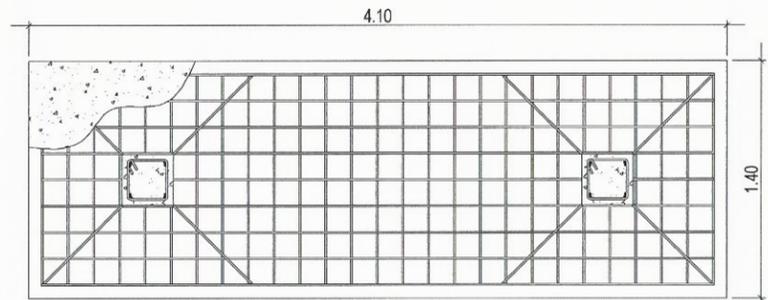
COLUMNA TIPO 2
ESCALA 1: 10
4 No. 4 y Est. No. 2 @ 0.15m



COLUMNA TIPO 3
ESCALA 1: 10
4 No. 3 y Est. No. 2 @ 0.15m
Recubrimiento 0.03m

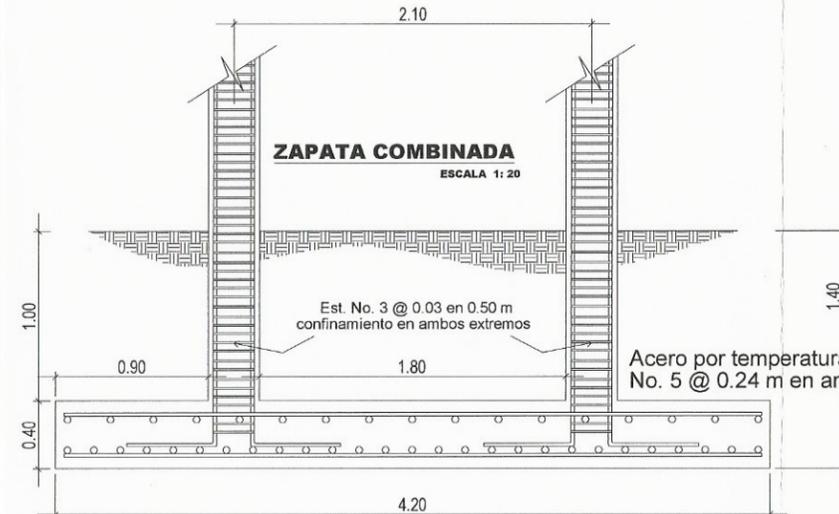


SOLERA
ESCALA 1: 10
4 No. 3 y Est. No. 2 @ 0.20m
Recubrimiento 0.03m



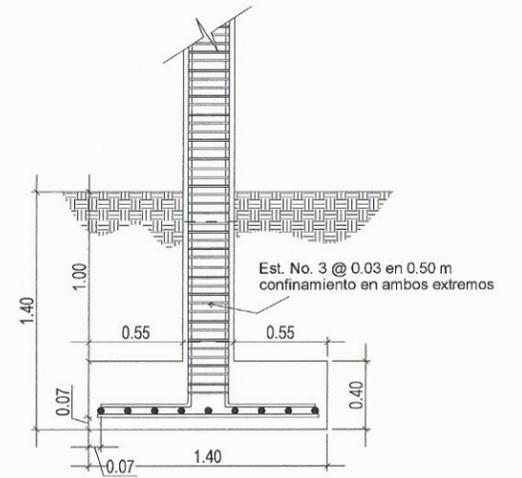
Cama Inferior
No. 6 @ 0.15 m en ambos sentidos
Cama Superior
No. 6 @ 0.15 m en ambos sentidos

ZAPATA COMBINADA
ESCALA 1: 20

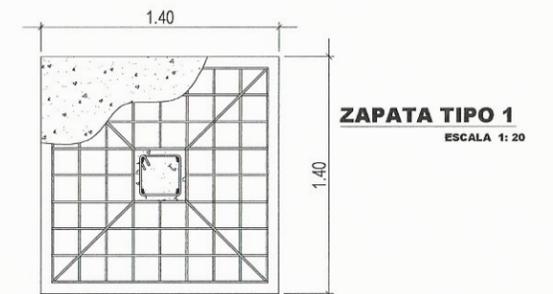


Refuerzo Principal
No. 6 @ 0.15 m en ambos sentidos

SIMBOLOGÍA	
SIMBOLO	DESCRIPCIÓN
C-1	COLUMNA TIPO 1
C-2	COLUMNA TIPO 2
C-3	COLUMNA TIPO 3
Z-1	ZAPATA TIPO 1
Z-C	ZAPATA COMBINADA
	CIMIENTO CORRIDO
	COLUMNA



SECCION ZAPATA TIPO 1
ESCALA 1: 20



ZAPATA TIPO 1
ESCALA 1: 20

Refuerzo Principal
No. 6 @ 0.15 m en ambos sentidos

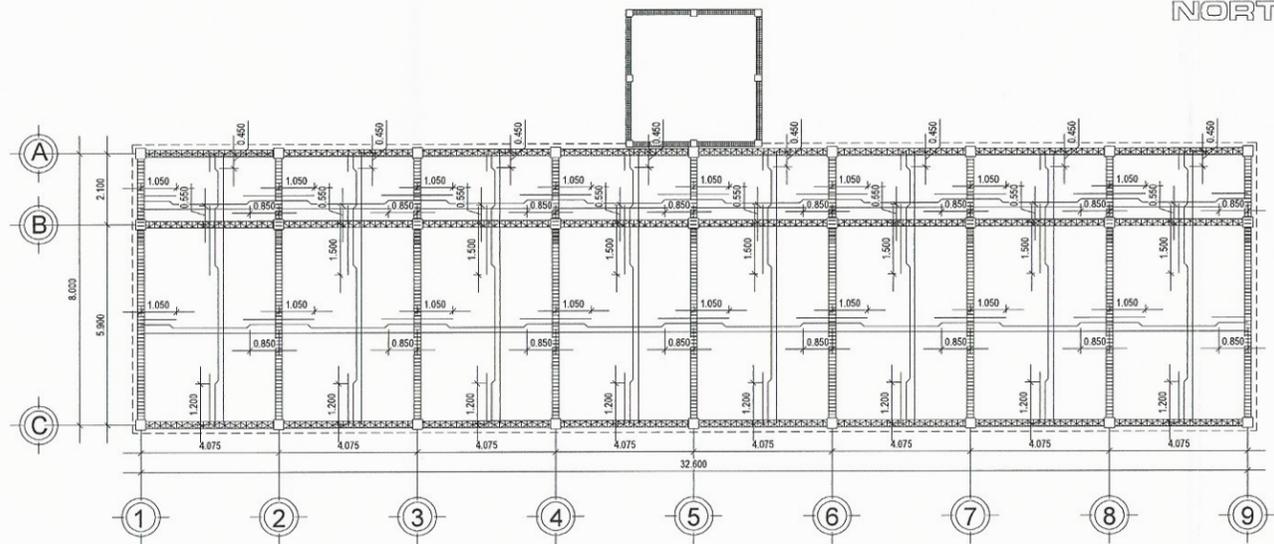
ESPECIFICACIONES:

- ACERO:**
1.-El acero deberá tener un $f_y = 2,800 \text{ kg/cm}^2$.
- CONCRETO:**
1.-El concreto deberá tener un $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$.
2.-Dosificación 1 : 2 : 2
3.-Relación de agua/cemento máxima permisible 27 lts./saco de cemento.
4.-El agregado grueso (piedrín) deberá tener un ϕ mínimo de $\frac{1}{2}$ " y un máximo de $1\frac{1}{2}$ ".
5.-Proporcionamiento por metro de concreto= 0.44 metros de arena de río, 0.89 metros de piedrín 8 sacos de cemento portland tipo 1, y 21.5 litros de agua/saco de cemento.
6.-La sabieta debera ser de cemento y arena de río con una proporción de volumen de 1:2:2, se preparara con 15.6 sacos de cemento, 16.5 carretillas de arena de río y 72 galones de agua.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

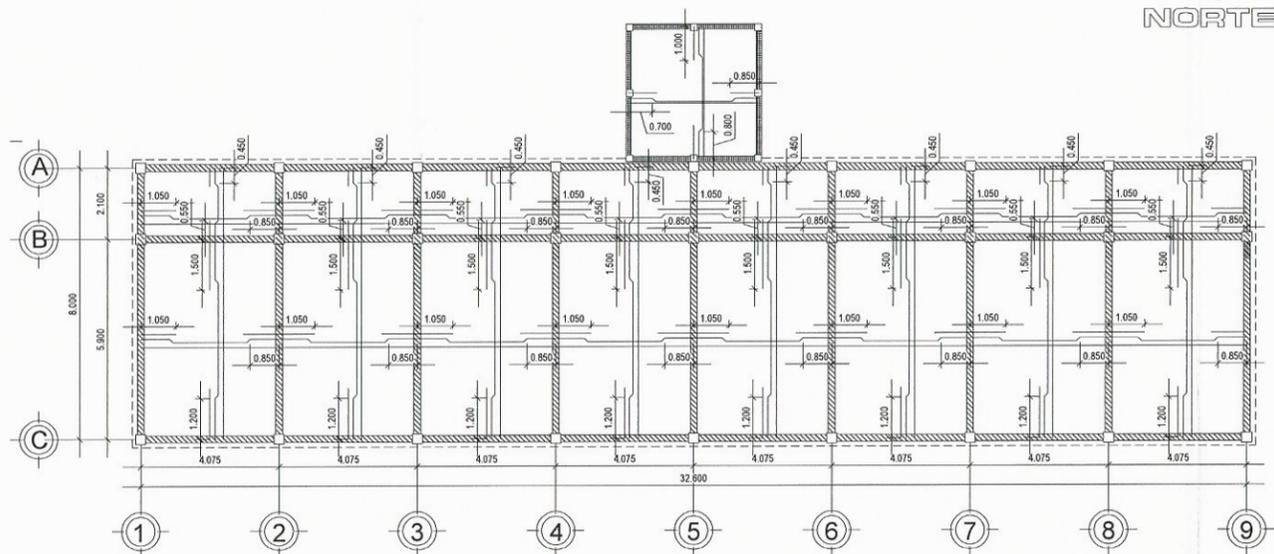
PROYECTO:	DISEÑO DE LA ESCUELA DE DOS NIVELES PARA EL BARRIO LA PROLAC, ASUNCIÓN MITA, JUTIAPA		ESCALA:	INDICADA
CONTENIDO:	PLANTA DE CIMENTACION Y DETALLE ESTRUCTURAL		FECHA:	MAYO 2015
DISEÑO:	LUIS CARLOS MONZÓN CERNA CARNE: 2006 - 14862	DIBUJO:	LUIS CARLOS MONZÓN CERNA CARNE: 2006 - 14862	HOJA:
LUIS CARLOS MONZÓN CERNA ESTUDIANTE DE EPS		ING. MANUEL ARRIVILLAGA OCHAETA ING. ASESOR		4 10



**PLANTA
VIGAS Y LOSAS PLANTA BAJA**

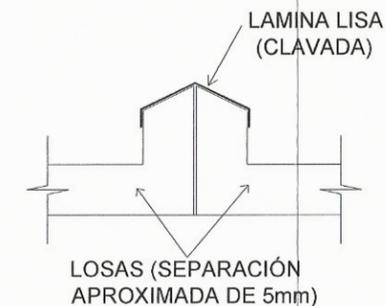
ESCALA 1: 100

SIMBOLOGÍA	
SIMBOLO	DESCRIPCIÓN
	VIGA SENTIDO "X"
	VIGA SENTIDO "Y"
	SOLERA DE CORONA
	BASTON
	TENSIÓN
	RIEL



**PLANTA
VIGAS Y LOSAS PLANTA ALTA**

ESCALA 1: 100



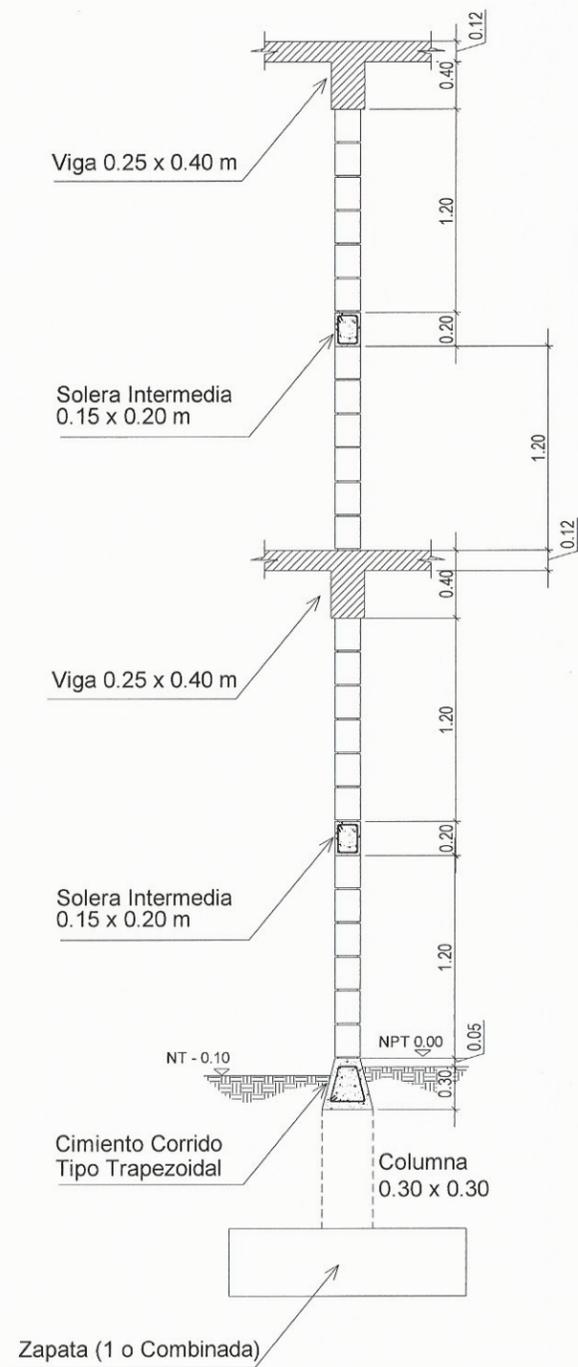
**DETALLE
JUNTA ENTRE LOSAS MODULO DE GRADAS Y EDIFICIO**

SIN ESCALA

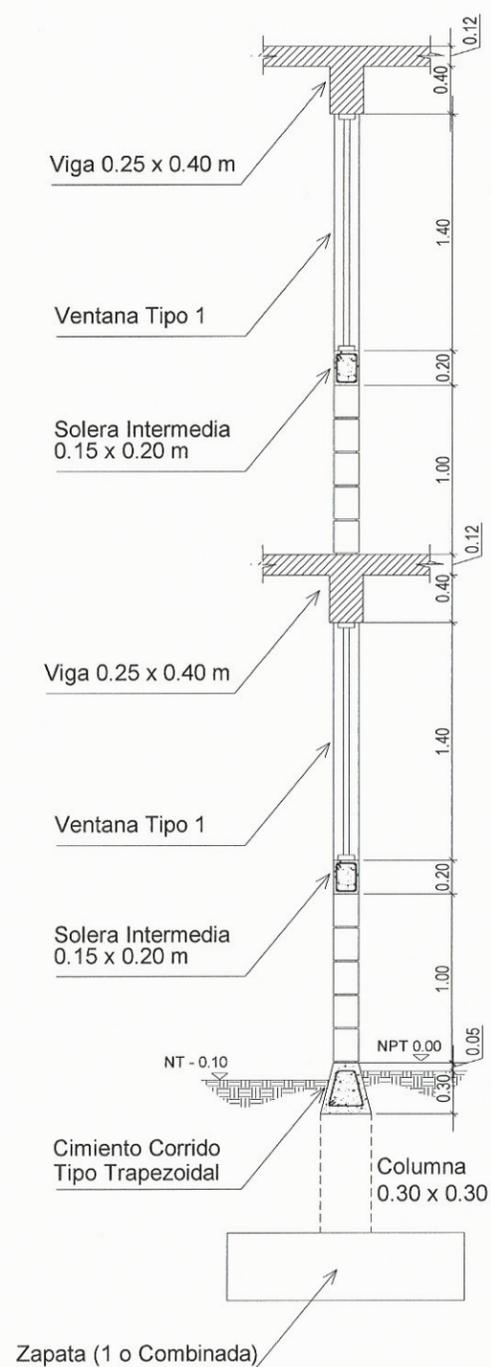


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

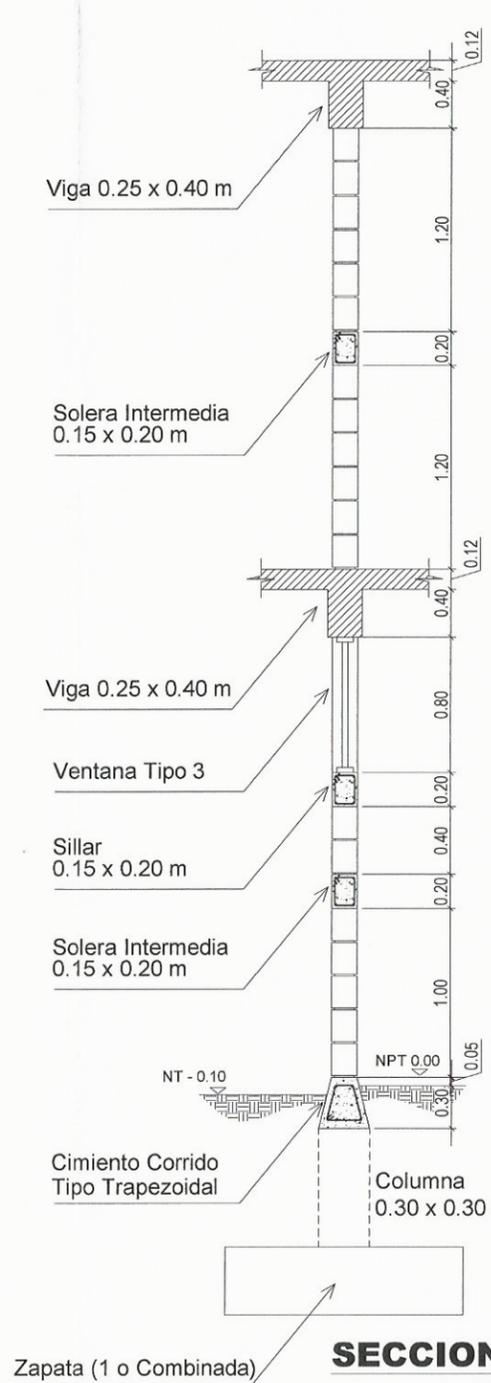
PROYECTO: DISEÑO DE LA ESCUELA DE DOS NIVELES PARA EL BARRIO LA PROLAC, ASUNCIÓN MITA, JUTIAPA		ESCALA: INDICADA
CONTENIDO: PLANTA DE VIGAS Y LOSAS		FECHA: MAYO 2015
DISEÑO: LUIS CARLOS MONZÓN CERNA CARNE: 2006 - 14862	DRUJO: LUIS CARLOS MONZÓN CERNA CARNE: 2006 - 14862	HOJA: 5 / 10
LUIS CARLOS MONZÓN CERNA ESTUDIANTE DE EPS		ING. MANUEL ARRIVILLAGA OCHAETA ING. ASESOR



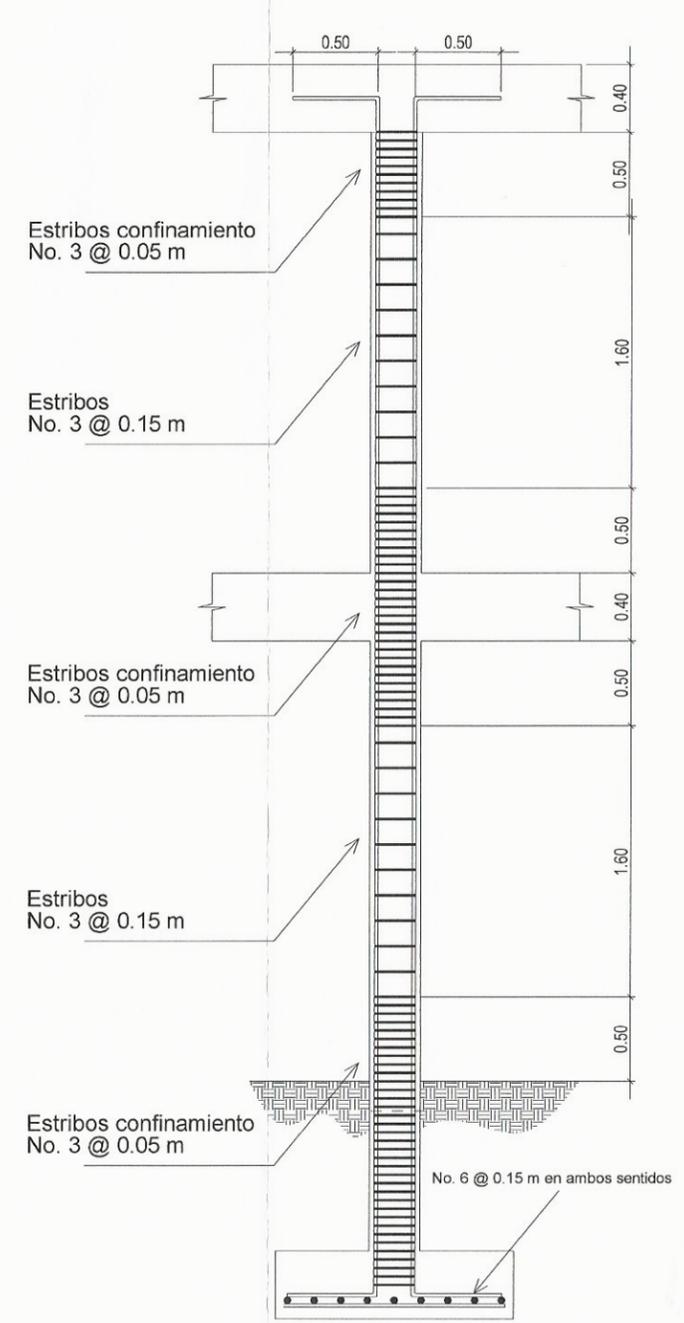
SECCION A - A'
ESCALA 1: 20



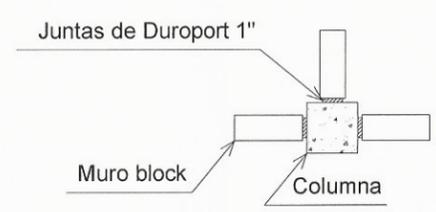
SECCION B - B'
ESCALA 1: 20



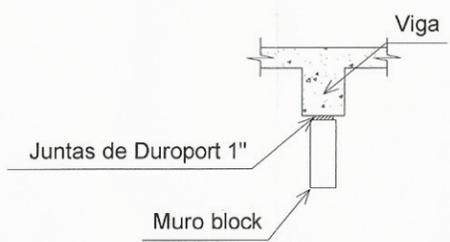
SECCION C - C'
ESCALA 1: 20



ARMADO COLUMNA
ESCALA 1: 20



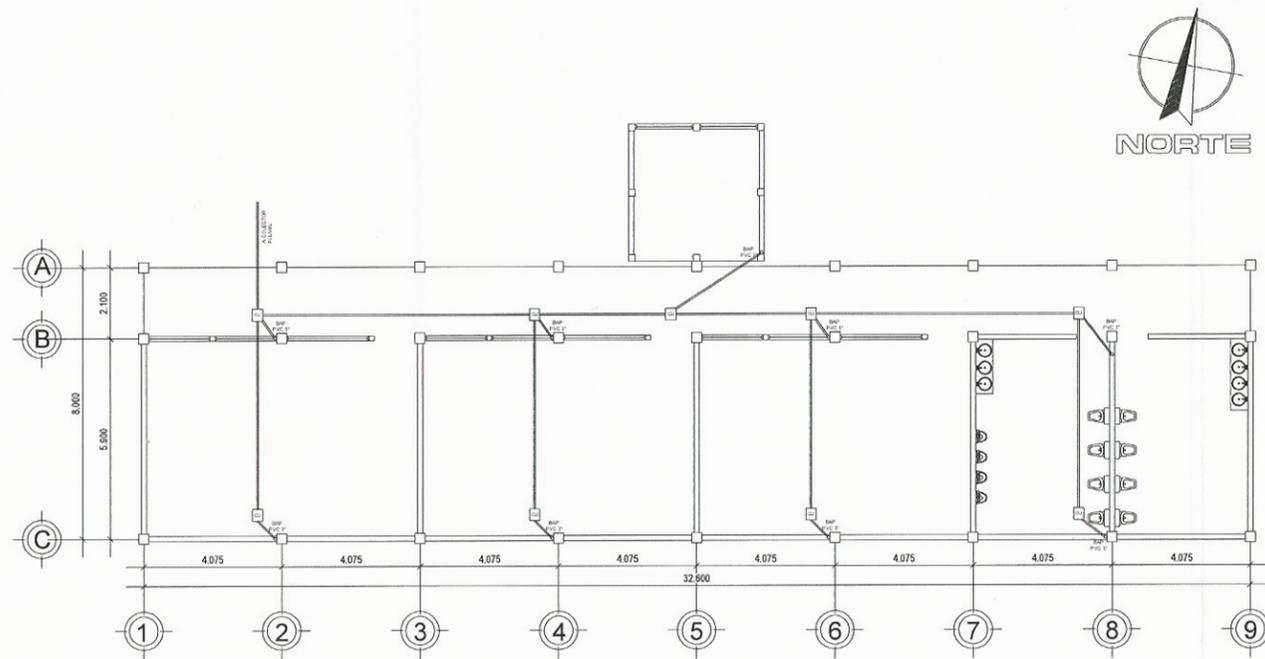
DETALLE JUNTAS DE CONSTRUCCION



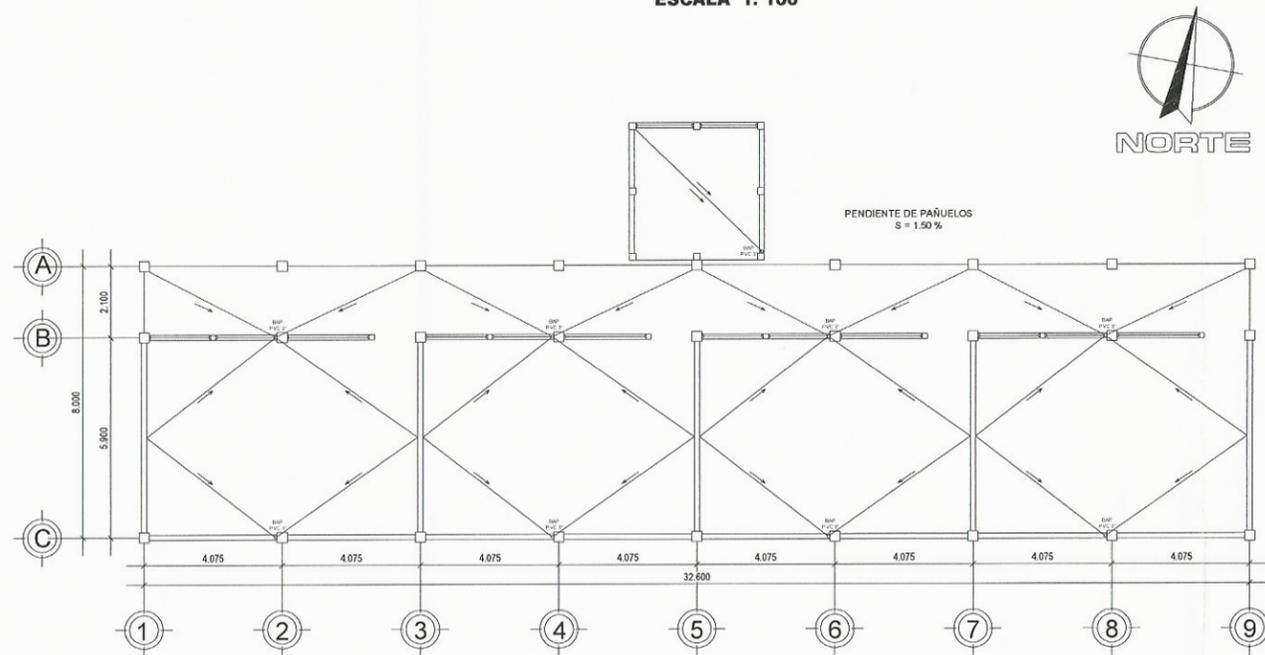
ESCALA 1: 20

- ESPECIFICACIONES:**
- ACERO:**
- 1.-El acero deberá tener un $f_y = 2,800 \text{ kg/cm}^2$.
- CONCRETO:**
- 1.-El concreto deberá tener un $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$.
 - 2.-Dosificación 1 : 2 : 2
 - 3.-Relación de agua/cemento máxima permisible 27 lts./saco de cemento.
 - 4.-El agregado grueso (piedrín) deberá tener un ϕ mínimo de $\frac{1}{2}$ " y un máximo de $1\frac{1}{2}$ ".
 - 5.-Proporcionamiento por metro de concreto= 0.44 metros de arena de río, 0.89 metros de piedrín 8 sacos de cemento portland tipo 1, y 21.5 litros de agua/saco de cemento.
 - 6.-La sabieta deberá ser de cemento y arena de río con una proporción de volumen de 1:2:2, se preparara con 15.6 sacos de cemento, 16.5 carretillas de arena de río y 172 galones de agua.

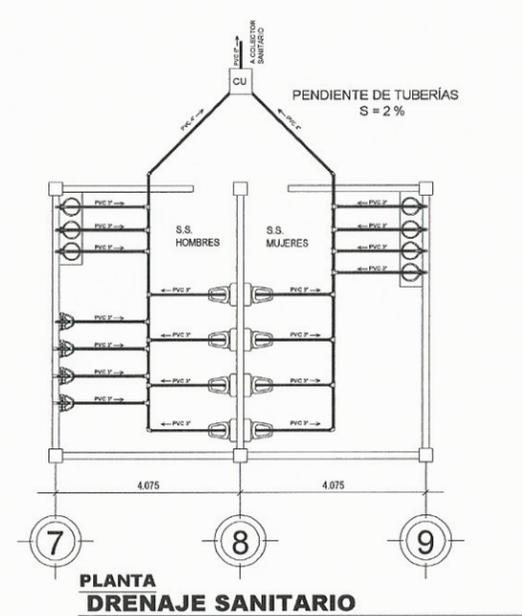
 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
PROYECTO: DISEÑO DE LA ESCUELA DE DOS NIVELES PARA EL BARRIO LA PROLAC, ASUNCIÓN MITA, JUTIAPA	
CONTENIDO: CORTES TÍPICOS DE MUROS Y COLUMNAS	ESCALA: INDICADA
DISEÑO: LUIS CARLOS MONZÓN CERNA <small>CARNE: 2006 - 14862</small>	DIBUJO: LUIS CARLOS MONZÓN CERNA <small>CARNE: 2006 - 14862</small>
FECHA: MAYO 2015	
HOJA:	
6 / 10	
<small>LUIS CARLOS MONZÓN CERNA ESTUDIANTE DE EPS</small>	
<small>ING. MANUEL ARRIVILLAGA OCHOAETA ING. ASESOR</small>	



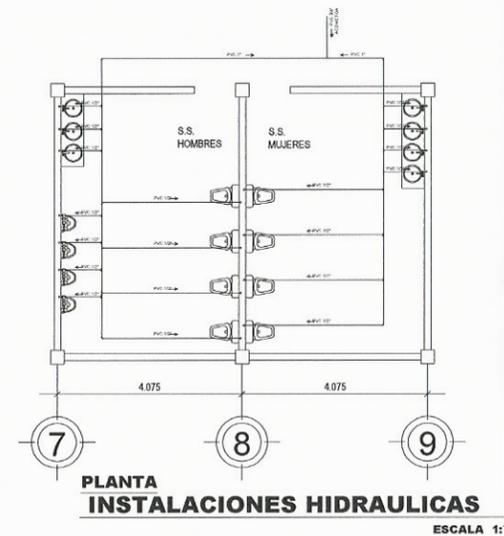
PLANTA DRENAJE PLUVIAL PLANTA BAJA
ESCALA 1: 100



PLANTA DRENAJE PLUVIAL PLANTA ALTA
ESCALA 1: 100



PLANTA DRENAJE SANITARIO
ESCALA 1: 75



PLANTA INSTALACIONES HIDRAULICAS
ESCALA 1:75

ESPECIFICACIONES:

ACERO:

1.-El acero deberá tener un $f_y = 2,800 \text{ kg/cm}^2$.

CONCRETO:

1.-El concreto deberá tener un $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

2.-Dosificación 1 : 2 : 2

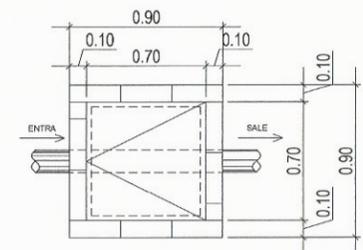
3.-Relación de agua/cemento máxima permisible 27 lts./saco de cemento.

4.-El agregado grueso (piedrín) deberá tener un ϕ mínimo de $\frac{1}{2}$ " y un máximo de $1\frac{1}{2}$ ".

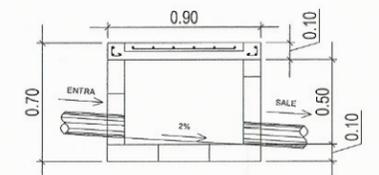
5.-Proporcionamiento por metro de concreto = 0.44 metros de arena de río, 0.89 metros de piedrín 8 sacos de cemento portland tipo 1, y 21.5 litros de agua/saco de cemento.

6.-La sabieta debera ser de cemento y arena de río con una proporción de volumen de 1:2:2, se preparara con 15.6 sacos de cemento, 16.5 carretillas de arena de río y 72 galones de agua.

SIMBOLOGÍA	
SIMBOLO	DESCRIPCIÓN
CU	CAJA DE UNION
	TEE PVC 1/2"
	TEE PVC 4" A 2"
	CODO PVC 45° PLANTA
	TUBERIA AGUA POTABLE
	TUBERIA AGUA RESIDUAL

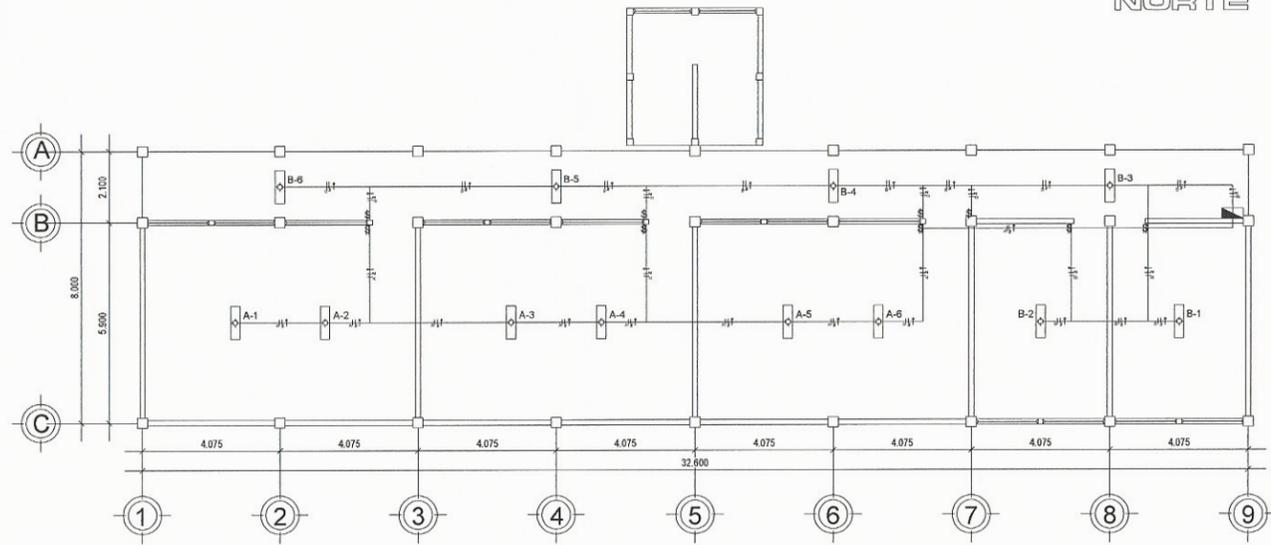


PLANTA DETALLE CAJA DE UNION
ESCALA 1: 20



SECCION DETALLE CAJA DE UNION
ESCALA 1: 20

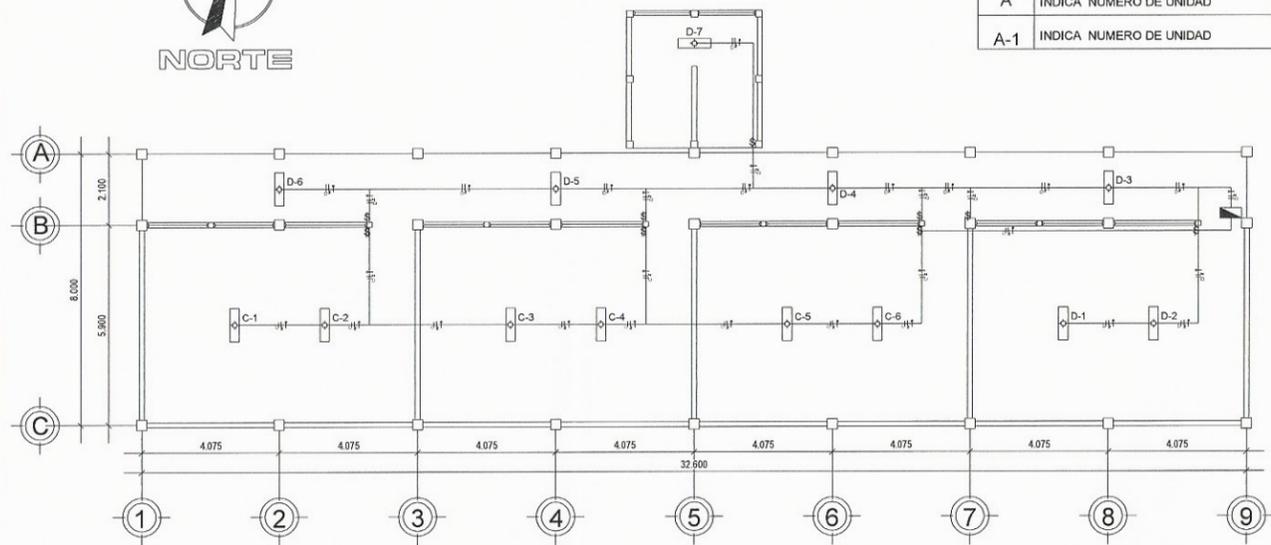
		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
PROYECTO: DISEÑO DE LA ESCUELA DE DOS NIVELES PARA EL BARRIO LA PROLAC, ASUNCIÓN MITA, JUTIAPA			
CONTENIDO: PLANTA INSTALACIONES HIDRAULICAS Y DRENAJES		ESCALA: INDICADA	FECHA: MAYO 2015
DISEÑO: LUIS CARLOS MONZÓN CERNA CARNE: 2006 - 14862	DIBUJO: LUIS CARLOS MONZÓN CERNA CARNE: 2006 - 14862	HOJA:	7 / 10
LUIS CARLOS MONZÓN CERNA ESTUDIANTE DE EIPS		ING. MANUEL ARRIVILLAGA OCHAETA ING. ASESOR	



**PLANTA
ILUMINACION PLANTA BAJA**

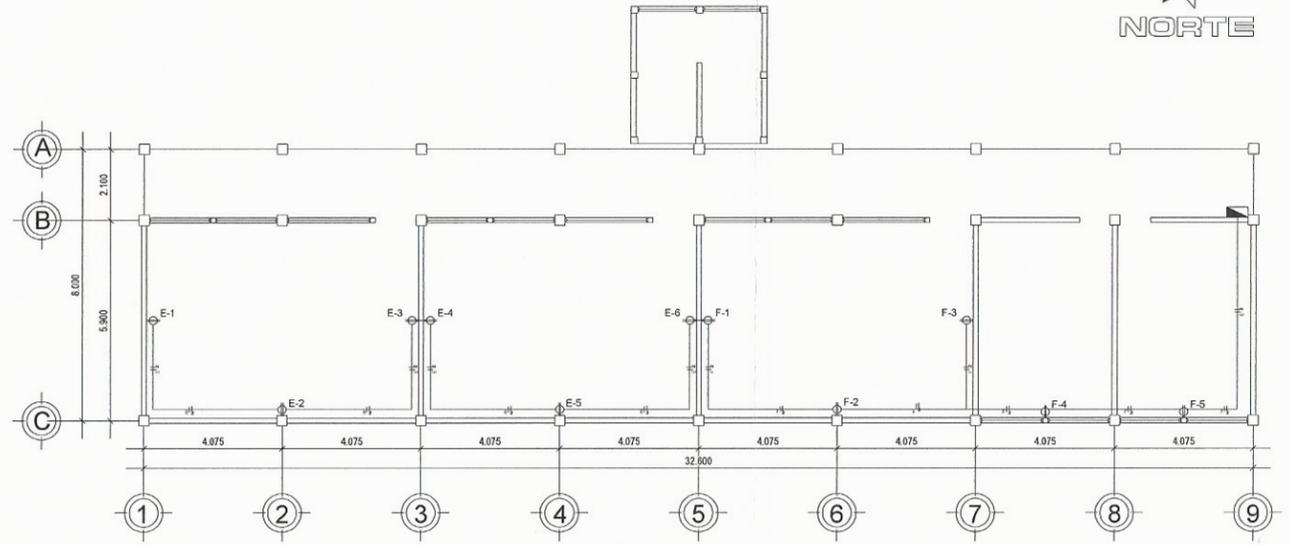
ESCALA 1: 100

SIMBOLOGÍA	
	LAMPARA 2 X 40 WATTS
	CONDUCTOR POSITIVO CAL. 12 THW
	CONDUCTOR NEUTRO CAL. 12 THW
	RETORNO CAL. 12 THW
	POLIDUCTO DE Ø 3/4"
	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN
	INTERRUPTOR SIMPLE 1.45 m
	TOMACORRIENTE DOBLE 1.45 m
	IDENTIFICACION DE CIRCUITO
	A INDICA NUMERO DE UNIDAD
	A-1 INDICA NUMERO DE UNIDAD



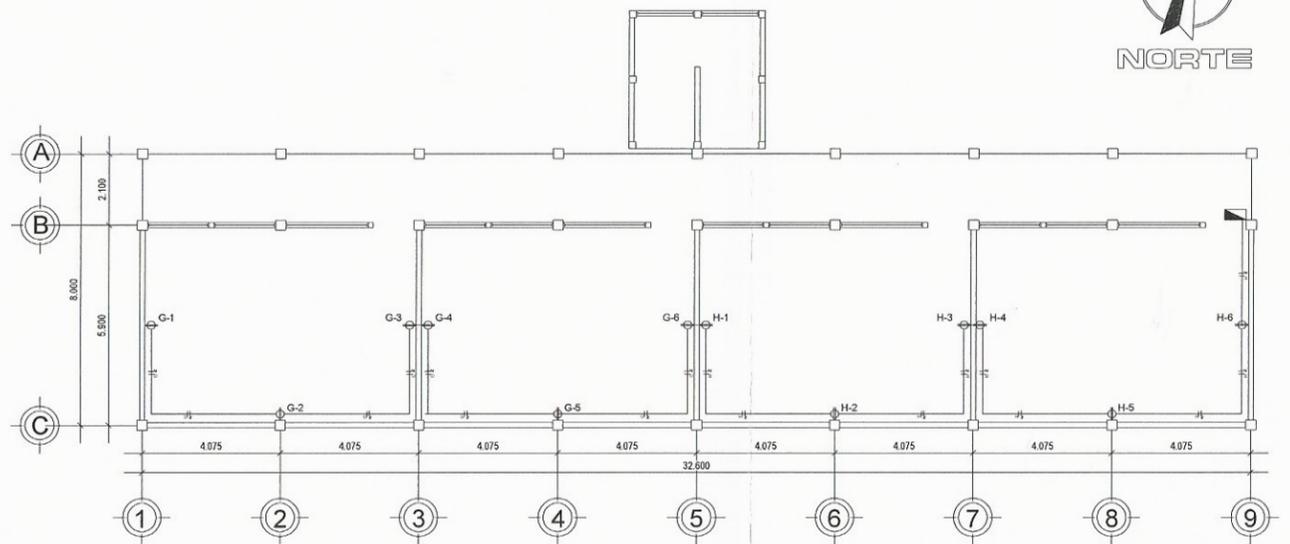
**PLANTA
ILUMINACION PLANTA ALTA**

ESCALA 1: 100



**PLANTA
FUERZA PLANTA BAJA**

ESCALA 1: 100



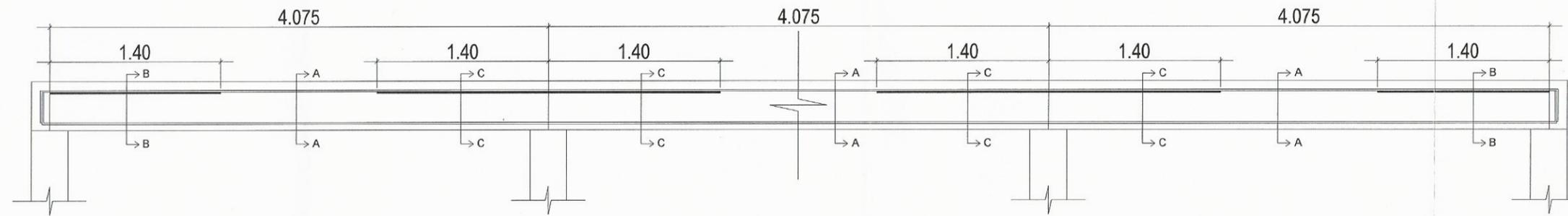
**PLANTA
FUERZA PLANTA ALTA**

ESCALA 1: 100



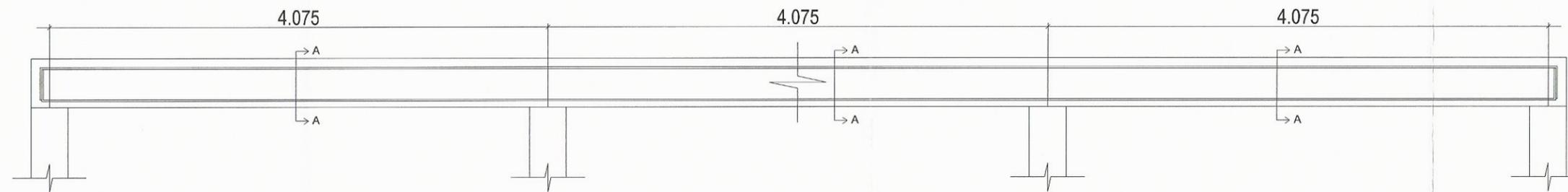
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO: DISEÑO DE LA ESCUELA DE DOS NIVELES PARA EL BARRIO LA PROLAC, ASUNCIÓN MITA, JUTIAPA		ESCALA: INDICADA
CONTENIDO: PLANTA DE INSTALACIONES ELECTRICAS		FECHA: MAYO 2015
DISEÑO: LUIS CARLOS MONZÓN CERNA CARNE: 2006 - 14862	DIBUJO: LUIS CARLOS MONZÓN CERNA CARNE: 2006 - 14862	HOJA: 8 / 10
LUIS CARLOS MONZÓN CERNA ESTUDIANTE DE EPS		ING. MANUEL ARRIVILLAGA OCHAETA ING. ASESOR



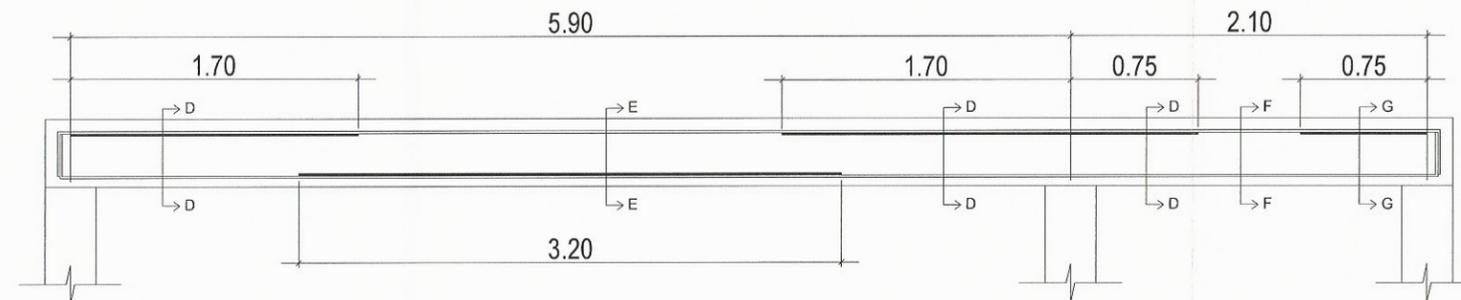
**PERFIL
ARMADO DE VIGA SENTIDO X NIVEL 1**

ESCALA 1: 20



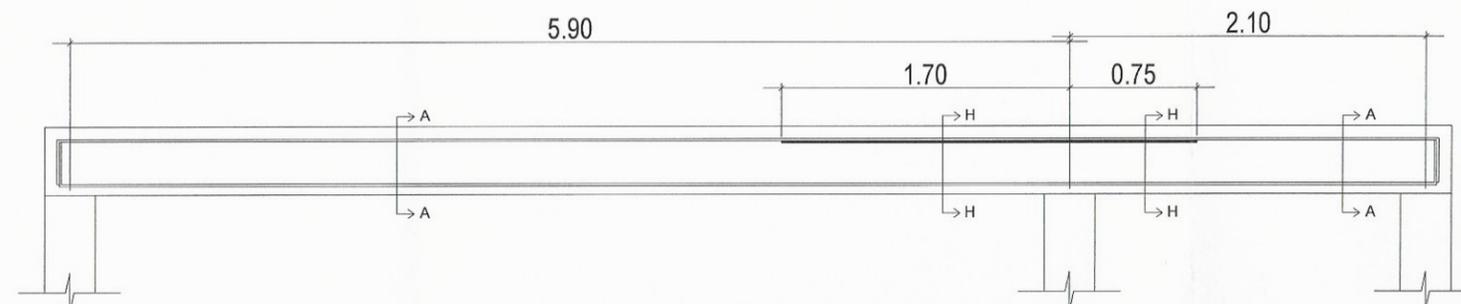
**PERFIL
ARMADO DE VIGA SENTIDO X NIVEL 2**

ESCALA 1: 20



**PERFIL
ARMADO DE VIGA SENTIDO Y NIVEL 1**

ESCALA 1: 20



**PERFIL
ARMADO DE VIGA SENTIDO Y NIVEL 2**

ESCALA 1: 20

ESPECIFICACIONES:

ACERO:

1.-El acero deberá tener un $f_y = 2,800 \text{ kg/cm}^2$.

CONCRETO:

1.-El concreto deberá tener un $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

2.-Dosificación 1 : 2 : 2

3.-Relación de agua/cemento máxima permisible

27 lts./saco de cemento.

4.-El agregado grueso (pedrín) deberá tener un ϕ mínimo de $\frac{1}{2}$ " y un máximo de $1\frac{1}{2}$ ".

5.-Proporciónamiento por metro de concreto = 0.44

metros de arena de río, 0.89 metros de pedrín

8 sacos de cemento portland tipo 1, y 21.5 litros

de agua/saco de cemento.

6.-La sabieta deberá ser de cemento y arena de río

con una proporción de volumen de 1:2:2, se preparará

con 15.6 sacos de cemento, 16.5 carretillas de arena

de río y 72 galones de agua.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO:	DISEÑO DE LA ESCUELA DE DOS NIVELES PARA EL BARRIO LA PROLAC, ASUNCIÓN MITA, JUTIAPA		ESCALA:	INDICADA
CONTENIDO:	ARMADO DE VIGAS NIVELES 1 Y 2		FECHA:	MAYO 2015
DISEÑO:	LUIS CARLOS MONZÓN CERNA CARNE: 2006 - 14862	DEBIDO:	LUIS CARLOS MONZÓN CERNA CARNE: 2006 - 14862	HOJA:
LUIS CARLOS MONZÓN CERNA ESTUDIANTE DE EPS		ING. MANUEL ARRIVELAGA OCHAEYA ING. ASESOR		9 10

ANEXOS

Anexo 1. Ensayo de compresión triaxial

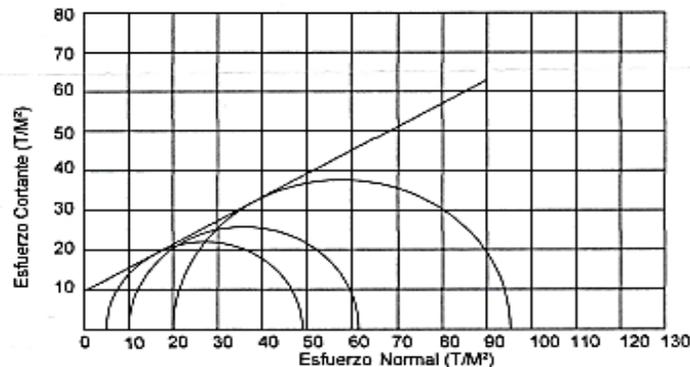


CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL, DIAGRAMA DE MOHR

INFORME No.: 0383 S.S. O.T.No.: 30,125
 INTERESADO: Luis Carlos Monzón Cerna
 PROYECTO: EPS - "Diseño de la escuela de dos niveles para el Barrio La Prota, Municipio de Asunción Mita, Jutiapa"
 pazo: 1 Profundidad: 2.00 m Muestra: 1
 Fecha: 26 de Octubre del 2012



PARAMETROS DE CORTE:

ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA : $\phi = 31.02^\circ$ COHESIÓN: $C_u = 9.65 \text{ T/m}^2$

TIPO DE ENSAYO: No consolidado y no drenado.
 DESCRIPCIÓN DEL SUELO: Arena limosa pomez color beige
 DIMENSIÓN Y TIPO DE LA PRÓBETA: 2.5" X 5.0"
 OBSERVACIONES: Muestra tomada por el interesado

PROBETA No.	1	1	1
PRESION LATERAL (T/m ²)	5	10	20
DESVIADOR EN ROTURA q (T/m ²)	45.23	50.16	46.30
PRESION INTERSTICIAL u (T/m ²)	x	x	x
DEFORMACION EN ROTURA ϵ_r (%)	2.5	3.5	5.5
DENSIDAD SECA (T/m ³)	1.35	1.35	1.35
DENSIDAD HUMEDA (T/m ³)	1.62	1.62	1.62
HUMEDAD (%)	31.2	31.2	31.2

Vo. Bo.

Inga. Teima Marcela Cano Morales
DIRECTORA CIUSAC



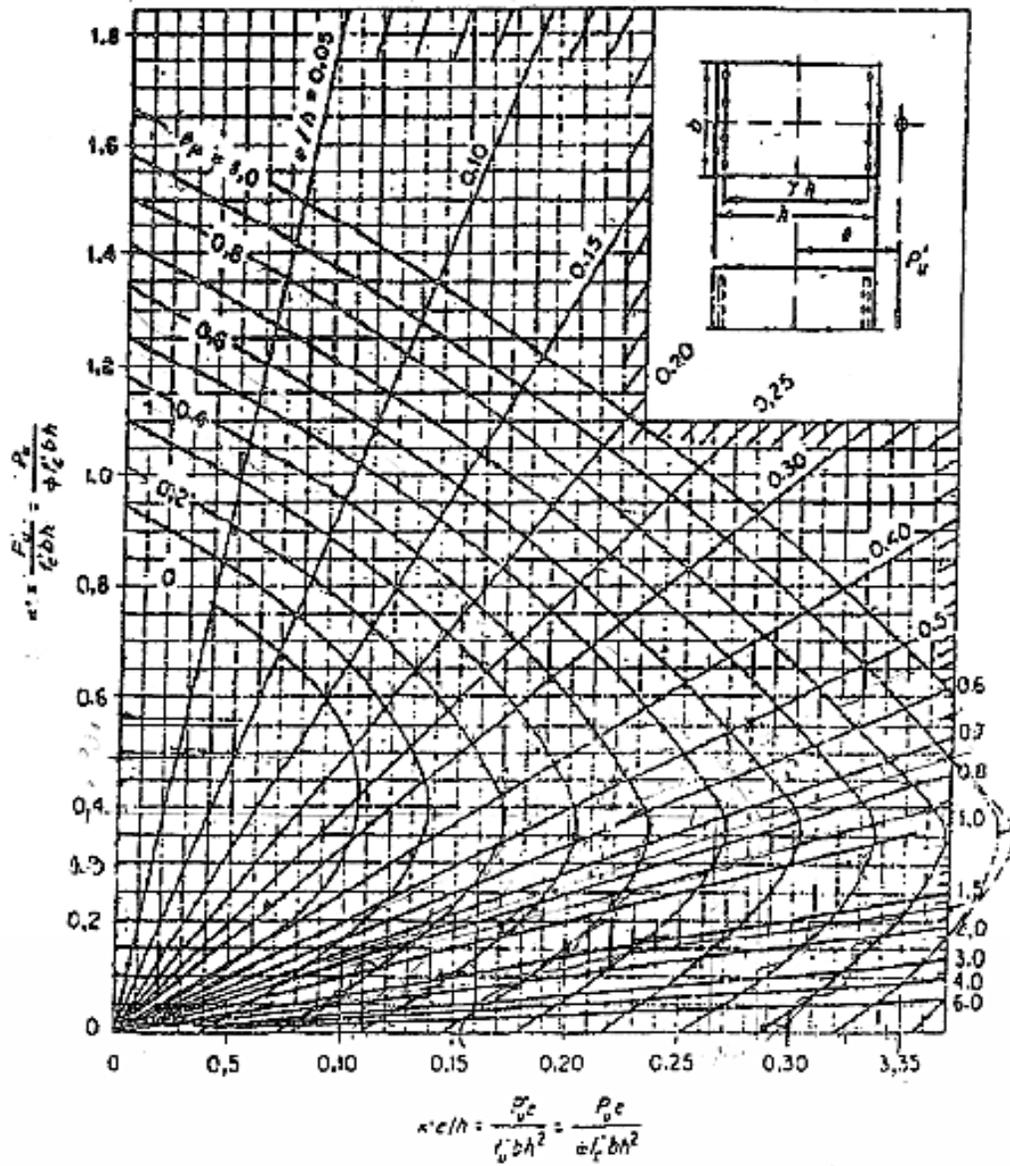
Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos



FACULTAD DE INGENIERIA—USAC—
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo: 2418-9115. Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
Página web: <http://ci.usac.edu.gt>

Fuente: Centro de investigaciones de ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.

Anexo 2. Diagrama de interacción para columna



Fuente: GONZÁLEZ, ROBLES, CASILLAS Y DÍAS DE COSSIO, *Aspectos fundamentales del concreto reforzado*, p. 396.