



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

**DISEÑO DEL EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES, PARA LA ALDEA EL
MANZANILLO Y SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO, PARA EL
SECTOR SUR DEL CASCO URBANO DE SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ,
DEPARTAMENTO DE SACATEPÉQUEZ**

Sindy Anabella Paz Chacón

Asesorado por el Ing. Juan Merck Cos

Guatemala, febrero de 2008

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



**DISEÑO DEL EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES, PARA LA ALDEA EL
MANZANILLO Y SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO, PARA EL
SECTOR SUR DEL CASCO URBANO DE SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ,
DEPARTAMENTO DE SACATEPÉQUEZ**

TRABAJO DE GRADUACIÓN
PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

SINDY ANABELLA PAZ CHACÓN

ASESORADO POR EL ING. JUAN MERCK COS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA CIVIL

GUATEMALA, FEBRERO DE 2008

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE LA JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Oswaldo Romeo Escobar Alvarez
EXAMINADOR	Ing. Luis Gregorio Alfaro Véliz
EXAMINADOR	Ing. Angel Roberto Sic García
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

DISEÑO DEL EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES, PARA LA ALDEA EL MANZANILLO Y SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO, PARA EL SECTOR SUR DEL CASCO URBANO DE SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ, DEPARTAMENTO DE SACATEPÉQUEZ,

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 9 de febrero de 2006.

Sindy Anabella Paz Chacón

AGRADECIMIENTOS A:

Mi Señor	Por la vida, la sabiduría y haberme guardado a lo largo de este camino.
Mis padres	Por su amor, esfuerzo, entrega y dedicación incondicional en mi vida. Los amo.
Zully y Percy	Quienes me motivaron a alcanzar el éxito para poder ser ejemplo en sus vidas.
Daniel Corzantes	Gracias por impulsarme a terminar este camino y por el apoyo y el amor incondicional que nos une. Te amo.
Ing. Juan Merck Cos	Por su guía y colaboración como asesor y supervisor de EPS.
La Universidad de San Carlos de Guatemala	La cual se convirtió en mi segundo hogar durante mi carrera universitaria.
La Municipalidad de San Lucas Sacatepéquez	Por abrirme las puertas y darme la oportunidad de realizar mi EPS y en especial a la Arq. Miriam Santos por su amistad y apoyo.
Roduel Borrayo y Yener Plaza	Alcaldes Municipales, quienes confiaron en mi trabajo y me permitieron ser parte del desarrollo de mi municipio.

ACTO QUE DEDICO A:

Mi Señor	“Porque Jehová da la sabiduría, y de su boca viene el conocimiento y la inteligencia” Pr. 2:6
Mis padres	Inocente Cesar Paz Espinosa Gloria Marina Chacón Escobar
Mis hermanos	Zully Carolina Paz Chacón Percy Daniel Paz Chacón
Mi novio	Daniel Estuardo Corzantes Cosillo
Mis amigos	Porque con ustedes compartí los mejores años de mi carrera.
Mi padrino y madrina de graduación	Arq. Danilo Altán, por tu apoyo y entusiasmo que me motivaron iniciar esta carrera.
Mi familia	Quienes son mi orgullo y mi felicidad

INDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
INDICE DE SIMBOLOS	IX
GLOSARIO	XIII
RESUMEN	XVII
OBJETIVOS	XIX
INTRODUCCIÓN	XXI

1. INVESTIGACIÓN

1.1 Monografía del municipio de San Lucas Sacatepéquez

1.1.1 Aspectos generales	1
1.1.2 Localización del municipio	1
1.1.3 Ubicación geográfica	1
1.1.4 Aspectos topográficos	2
1.1.5 Vías de acceso	2
1.1.6 Clima	3
1.1.7 Colindancias	3
1.1.8 Turismo	3
1.1.9 Demografía	4
1.1.9.1 Población	4
1.1.9.2 Distribución de viviendas	4
1.1.9.3 Tipología de viviendas	4
1.1.10 Idioma	4
1.1.11 Aspectos económicos	4

1.1.12	Servicios existentes	5
1.1.13	Problemas y necesidades identificados	6
1.2	Investigación diagnóstica sobre necesidades de servicios básicos e infraestructura del municipio de San Lucas Sacatepéquez.	
1.2.1	Descripción de las necesidades	6
1.2.2	Priorización de las necesidades	7
2.	SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL	
2.1	Diseño del edificio escolar de dos niveles para la Aldea El Manzanillo	
2.1.1	Descripción del proyecto	8
2.1.2	Estudio de suelos	8
2.1.3	Diseño arquitectónico	9
2.1.3.1	Requerimiento de áreas	10
2.1.3.2	Distribución de espacios	10
2.1.3.3	Alturas y cotas	11
2.1.4	Diseño estructural	11
2.1.4.1	Selección del sistema estructural a utilizar	11
2.1.4.2	Análisis estructural	12
2.1.4.2.1	Predimensionamiento estructural	12
2.1.4.2.2	Modelos matemáticos de marcos dúctiles con nudos rígidos	16
2.1.4.2.3	Cargas verticales y horizontales aplicadas a marcos dúctiles	17
2.1.4.2.4	Fuerzas internas halladas con un método	

de análisis estructural	25
2.1.4.2.5 Momentos últimos por envolvente de momentos	27
2.1.4.2.6 Diagrama de corte y momento	31
2.1.4.3 Dimensionamiento	32
2.1.4.3.1 Diseño de losas	33
2.1.4.3.1.1 Losas nivel 1	33
2.1.4.3.1.2 Losas nivel 2	37
2.1.4.3.2 Diseño de vigas	37
2.1.4.3.3 Diseño de columnas	41
2.1.4.3.4 Diseño de cimientos	53
2.1.5 Instalaciones eléctricas	59
2.1.6 Instalaciones hidráulicas	59
2.1.7 Planos constructivos	59
2.1.8 Presupuesto	59
2.1.8.1 Materiales	60
2.1.8.2 Mano de obra	60
2.1.8.3 Costo total del proyecto	60
2.2 Diseño del sistema de alcantarillado sanitario para el sector sur del casco urbano de San Lucas Sacatepéquez.	
2.2.1 Descripción del proyecto	63
2.2.2 Aspectos preliminares	63
2.2.3 Levantamiento topográfico	64
2.2.4 Diseño del sistema	64
2.2.4.1 Descripción del sistema a utilizar	64
2.2.4.2 Diseño hidráulico	65
2.2.4.2.1 Período de diseño	65
2.2.4.2.2 Población de diseño	65

2.2.4.2.3	Dotación	67
2.2.4.2.4	Factor de retorno	67
2.2.4.2.5	Factor de flujo instantáneo	67
2.2.4.2.6	Caudal sanitario	68
2.2.4.2.6.1	Caudal domiciliar	68
2.2.4.2.6.2	Caudal de infiltración	68
2.2.4.2.6.3	Caudal por conexiones ilícitas	68
2.2.4.2.6.4	Caudal comercial e industrial	70
2.2.4.2.7	Factor de caudal medio	70
2.2.4.2.8	Caudal de diseño	71
2.2.4.2.9	Diseño de secciones y pendientes	72
2.2.4.2.10	Velocidades máximas y mínimas	72
2.2.4.2.11	Cotas invert	72
2.2.4.2.12	Diámetro de tuberías	73
2.2.4.2.13	Profundidad de tuberías	73
2.2.4.2.14	Pozos de visita	73
2.2.4.2.15	Conexiones domiciliarias	74
2.2.4.2.16	Plan de operación y mantenimiento del sistema	76
2.2.4.2.17	Elementos de un alcantarillado sanitario	77
2.2.4.2.18	Tratamiento de aguas servidas	78
2.2.4.2.19	Características del agua residual	78
2.2.4.2.20	Características de los residuos	78
2.2.4.2.21	Cantidad de sólidos de las aguas negras	79
2.2.4.2.22	Modo de descomposición	79
2.2.4.2.23	Selección del tipo de tratamiento a utilizar	79
2.2.4.2.24	Propuesta de tratamiento	80
2.2.4.3	Elaboración de planos	80
2.2.4.4	Presupuesto del sistema de alcantarillado sanitario	80
2.2.4.5	Evaluación socio-económica	81

2.2.4.5.1 Valor Presente Neto (VPN)	81
2.2.4.5.2 Tasa Interna de Retorno (TIR)	82
2.2.4.6 Estudio de Impacto Ambiental	84
CONCLUSIONES	85
RECOMENDACIONES	87
BIBLIOGRAFÍA	89
APÉNDICE A	91
APÉNDICE B	95
ANEXOS	133

INDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. Municipio de San Lucas Sacatepéquez Departamento de Sacatepéquez.
2. Planta típica, edificio de aulas
3. Marco dúctil típico sentido X, edificio de aulas
4. Marco dúctil típico sentido Y, edificio de aulas
5. Criterios para dibujar modelos matemáticos de marcos dúctiles
6. Cargas verticales en el sentido X, niveles 1 y 2
7. Cargas verticales en el sentido Y, niveles 1 y 2
8. Centro de masa y centro de rigidez
9. Diagrama de corte y momentos –carga muerta- marco dúctil Y
10. Diagrama de corte y momentos –carga viva- marco dúctil Y
11. Diagrama de corte y momentos –carga sismo- marco dúctil Y
12. Diagrama de momentos últimos –marco dúctil Y-
13. Diagrama de momentos últimos-marco dúctil X- vigas
14. Diagrama de momentos últimos-marco dúctil X- columnas
15. Diagrama de cortes últimos –marco dúctil Y
16. Diagrama de cortes últimos –marco dúctil X- vigas y columnas
17. Planta típica de distribución de losas, edificio de aulas, nivel 1
18. Distribución de momentos losas típicas nivel 1
19. Diagrama de momentos y cortes últimos en viga 3, nivel 1.
20. Armado final, viga tipo 7, nivel 1
21. Sección de columna tipo A
22. Armado final de columna
23. Chequeo por corte simple

24. Chequeo por corte punzonante
25. Armado final de zapata
26. Esquema de ingresos y egresos económicos para el proyecto
27. Variación del VPN debido a la TIR
28. Diagrama de Interacción para columna rectangular
29. Mapa de macrozonificación sísmica de la República de Guatemala

TABLAS

- I Valor soporte según tipo de suelo
- II Altura o espesores mínimos de vigas.
- III Peso por nivel y peso total de la estructura (Kg.)
- IV Fuerzas por nivel
- V Áreas de acero requeridas para las losas típicas, nivel 1
- VI. Áreas de acero requeridas para las losas típicas, nivel 2
- VII. Presupuesto edificio escolar de dos niveles para la Aldea El Manzanillo
- VIII. Presupuesto del sistema de alcantarillado sanitario, sector sur del casco urbano
- IX. Diseño hidráulico de drenaje sanitario
- X. Factor (Z) de zona sísmica

INDICE DE SÍMBOLOS

A'	Dimensión del claro corto de la losa vista en planta
Ag	Área gruesa, área total de la sección
Ap	Área de punzonamiento
As	Área de acero de refuerzo
AS_{MAX}	Área de acero máximo permitido
AS_{MIN}	Área de acero mínimo permitido
Av	Área de varilla
Az	Área zapata
C	Coeficiente de fricción en la tubería
C	Coeficiente para el cálculo de momentos en losas, tomado del ACI
CG	Centro de gravedad
CM	Carga muerta
CMU	Carga muerta última
Cm	Centro de masa
CR	Centro de rigidez
CU	Carga última
CV	Carga viva
CVU	Carga viva última
d/D	Relación de diámetros
DH	Distancia horizontal
Di	Distancia del centro de rigidez al eje del marco rígido considerado
E	Esbeltez de la columna
E_M	Módulo de elasticidad del material
Es	Módulo de elasticidad del acero
E_C	Módulo de elasticidad del concreto

E	Excentricidad
Ex	Excentricidad en el sentido X
Ey	Excentricidad en el sentido Y
EST	Estación
fqm	Factor de caudal medio
F'c	Resistencia a la compresión del concreto
Fy	Resistencia a la fluencia del acero de refuerzo
Fcu	Factor de carga última
Fni	Fuerza por nivel, en el nivel i
H	Peralte total del elemento en sección
Hf	Pérdida por fricción en la tubería
I o Ig	Inercia de la sección total del concreto respecto al eje centroidal, sin tomar en cuenta el acero de refuerzo
INFOM	Instituto de Fomento Municipal
L	Longitud del elemento
Lc	Claro corto, (de los claros cortos de todas las losas se toma el mayor)
Ln	Longitud no soportada del estribo
Lo	Longitud de confinamiento de estribos
Lu	Longitud libre de pandeo de la columna
L/seg	Litros por segundo
L/hab/día	Litros por habitante por día
Mx	Momento último actuando en el sentido X
My	Momento último actuando en el sentido Y
Md	Momento de diseño (magnificado)
Mdx	Momento de diseño (magnificado) que actúa en el sentido X
Mdy	Momento de diseño (magnificado) que actúa en el sentido Y
M'x	Momento de trabajo que actúa en el sentido X
M'y	Momento de trabajo que actúa en el sentido Y

P	Carga aplicada a la columna
PU	Carga última
P'	Carga de trabajo que actúa en la columna
P_{COL}	Peso de la columna
P_{SUELO}	Peso del suelo sobre zapata
P_{CIM}	Peso del cimiento
P_{VIGAS}	Peso de vigas
P_{CR}	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'o	Carga axial de resistencia de la columna
PSI	Libras por pulgada cuadrada
PV	Pozo de visita
Q	Caudal en litros por segundo
Qdom	Caudal domiciliar
Qilíc	Caudal de conexiones ilícitas
Qinf	Caudal de infiltración
Qmed	Caudal medio
Q	Presión sobre el suelo
Qu	Presión última sobre el suelo
q/Q	Relación de caudales
q_{MAX}	Presión máxima sobre el suelo
q_{MIN}	Presión mínima sobre el suelo
q_{PROMEDIO}	Presión última promedio sobre el suelo
R	Rigidez de un elemento
Ri	Rigidez total del marco rígido i
r	Tasa de crecimiento poblacional
S	Espaciamiento del acero de refuerzo

S_{MIN}	Espaciamiento mínimo del acero de refuerzo por cortante
S_i	Espaciamiento del acero de refuerzo en la longitud confinada
S_x	Módulo de sección en el sentido X
S_y	Módulo de sección en el sentido Y
V_A	Fuerza cortante actuante, en el elemento
V_C	Fuerza cortante actuando en columnas
V_{MAX}	Corte máximo actuante
V_R	Resistencia al esfuerzo cortante proporcionado por el concreto
V_s	Valor soporte del suelo
V_v	Fuerza cortante actuante en vigas
V	Velocidad en metros por segundo
v/V	Relación de velocidades
W	Peso distribuido
W_{CV}	Carga viva distribuida
W_{CM}	Carga muerta distribuida
W_C	Peso volumétrico del concreto
W_S	Peso volumétrico del suelo
W_i	Peso distribuido por nivel

GLOSARIO

ACI	Siglas de American Concrete Institute
Alcantarillado	Sistema que se utiliza para conducir aguas residuales o pluviales
Altimetría	Procedimientos utilizados para definir las diferencias de nivel existentes entre puntos distintos de un terreno o construcción
Área tributaria	Área de carga que afecta a un elemento estructural.
Axial	Relativo al eje, que forma un eje
Biaxial	Que posee dos ejes
Caudal	Cantidad de flujo que pasa por determinado elemento en una unidad de tiempo.
Centroidal	Es la intersección de todos los planos que dividen a un objeto en dos partes de igual volumen con respecto al plano.
Coagulación	Es un fenómeno por el que se efectúa la transformación de la fase líquida en la fase sólida.
Colindancia	Contiguo, el más próximo

Coloidal	Nombre dado a las sustancias que tienen la apariencia de la cola de gelatina
Concéntrico	Figuras geométricas que tiene el mismo centro.
Corte basal	En cálculo estructural, es la fuerza total lateral que se aplica a una edificación, para simular sobre un modelo matemático, los efectos del sismo en la estructural.
Cota invert	Parte más baja de un colector en donde una o varias tuberías y solo una de ellas es de seguimiento.
Demografía	Es la ciencia que tiene como objetivo el estudio de las poblaciones humanas y que trata de su dimensión, estructura, evolución y características generales, considerados desde un punto de vista cuantitativo.
Desfogue	Lugar de disposición de las aguas residuales o pluviales.
Estribo	Refuerzo transversal que absorbe los esfuerzos de corte en un elemento estructural.
Infiltración	Es la penetración del agua en el suelo.
Iteración	Es repetir una serie de funciones hasta obtener un dato certero.

Losa	Entrepiso o terraza.
Mampostería	Sistema tradicional que consiste en la construcción de muros, mediante la colocación manual de elementos como ladrillos, bloques de cemento prefabricado, piedras, etc.
Rigidez	Es la capacidad de un objeto sólido o elemento estructural para soportar esfuerzos sin adquirir grandes deformaciones o desplazamientos.
SEAOC	Structural Engineers Association of California (Asociación de Ingenieros Estructurales de California)
Sedimentación	Es el proceso por el cual el material sólido, transportado por una corriente de agua, se deposita en el fondo del río, embalse, canal artificial, o dispositivo construido especialmente para tal fin.
Simetría	De iguales características o rasgos geométricos.
Viga	Elemento estructural lineal que trabaja principalmente a flexión.
Voladizo	Elemento apoyado en sólo uno de sus extremos mediante un empotramiento.

RESUMEN

San Lucas Sacatepéquez, municipio del departamento de Sacatepéquez se encuentra a 2,062.85 m SNM y pertenece al complejo montañoso del Altiplano Central, a pesar de su cercanía a la ciudad capital tiene deficiencias en ciertos servicios básicos como educación y salud, por lo que este trabajo de graduación presenta dentro de su contenido las soluciones a la problemática planteada, desarrollándolo de la forma siguiente:

En el capítulo uno se presenta la monografía del municipio San Lucas Sacatepéquez, del departamento de Sacatepéquez; también una investigación diagnóstica sobre las necesidades de servicios básicos y de infraestructura del municipio. La priorización de las necesidades se realizó por medio de una encuesta y entrevistas a los pobladores.

En el capítulo dos se desarrollan los diseños de la edificación escolar de la aldea El Manzanillo y sistema de alcantarillado sanitario en el sector sur del casco urbano, mediante la aplicación de normas y herramientas de cálculo apropiadas. El resultado final consiste en un juego de planos para cada diseño, los cuales se muestran en el apéndice, así como los presupuestos correspondientes.

OBJETIVOS

- **GENERAL**

Diseñar la edificación escolar de dos niveles, para la aldea El Manzanillo y el sistema de alcantarillado sanitario, para el sector sur del casco urbano de San Lucas Sacatepéquez.

- **ESPECÍFICOS**

1. Capacitar a los miembros del comité del sector sur del casco urbano de San Lucas Sacatepéquez, sobre aspectos de operación y mantenimiento del sistema de alcantarillado.
2. Desarrollar una investigación de tipo monográfica y el diagnóstico sobre necesidades de servicios básicos e infraestructura del municipio de San Lucas Sacatepéquez.

INTRODUCCIÓN

Habiendo realizado un recorrido por el municipio de San Lucas Sacatepéquez, se pudo detectar que uno de los problemas que presenta la comunidad es el hacinamiento que sufren los estudiantes de la aldea El Manzanillo, creando situaciones de incomodidad e incapacidad para impartir los cursos; asimismo el desfogue de las aguas negras hacia pozos de absorción en el sector sur del casco urbano provoca la contaminación del manto freático y la proliferación de enfermedades gastrointestinales.

El presente trabajo de graduación contiene el procedimiento de diseño de la edificación escolar de la aldea El Manzanillo y del sistema de alcantarillado sanitario del sector sur del casco urbano, utilizando los conocimientos correspondientes de la rama de la ingeniería civil, tomando en cuenta el diagnóstico sobre las necesidades de servicios básicos e infraestructura.

Cuenta con dos capítulos, en el primero se presenta una breve monografía del municipio de San Lucas Sacatepéquez. El segundo capítulo contiene el diseño de la edificación escolar de la aldea El Manzanillo y del sistema de alcantarillado sanitario del sector sur del casco urbano del municipio de San Lucas Sacatepéquez. Al final se presentan las conclusiones, recomendaciones y planos.

1. INVESTIGACIÓN

1.1 Monografía del municipio de San Lucas Sacatepéquez

1.1.1 Aspectos generales

San Lucas Sacatepéquez fue uno de los poblados fundados en Sacatepéquez durante el siglo XVI por los españoles. La fiesta titular del patrono del pueblo San Lucas se celebra del 17 al 19 de octubre. El día principal es el 18, en el que la Iglesia conmemora a San Lucas Evangelista.

1.1.2 Localización del municipio

San Lucas Sacatepéquez es municipio del departamento de Sacatepéquez y tiene una extensión territorial de 24.5 km². Su distribución territorial consta de cuatro aldeas: Choacorral, Zorzoyá, El Manzanillo, La Embaulada; cuatro caseríos: San José, Chichorín, Chiquel y Chicamén, diecisiete fincas entre las que destacan: La Suiza, La Cruz Grande, San Juan, Santa Marta, La Esmeralda, San Ramón, California, los Ángeles, Xelajú, Lourdes, y cincuenta y una granjas, las cuales pertenecen a familias capitalinas.

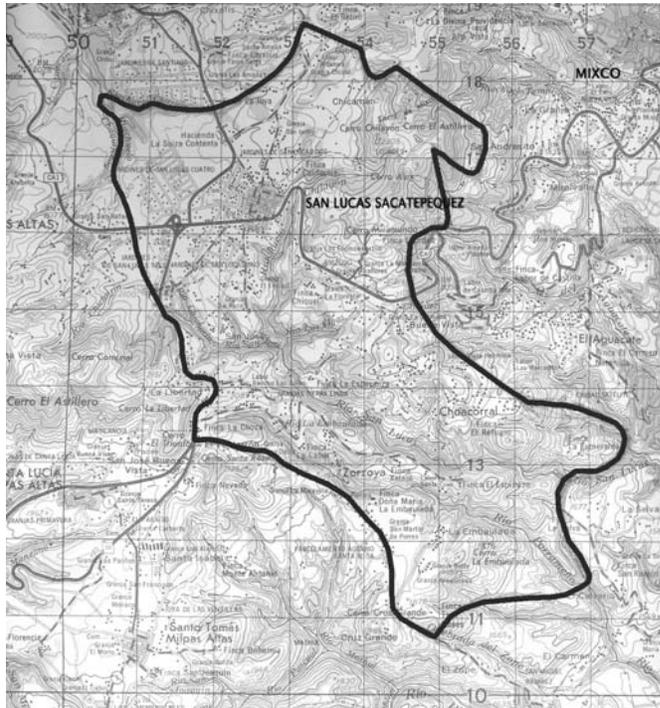
1.1.3 Ubicación geográfica

Se encuentra a 2,062.85 m SNM, con una latitud de 14°36'29" y longitud de 90°39'32".

Figura 1. Departamento de Sacatepéquez.

Localización del municipio de San Lucas Sacatepéquez

Hoja cartográfica 2059 I escala 1:50,000



1.1.4 Aspectos topográficos

Su topografía es irregular, ya que pertenece al complejo montañoso del Altiplano Central. Las alturas oscilan entre 2,000 y 2,200 m sobre el nivel del mar.

1.1.5 Vías de acceso

El municipio San Lucas Sacatepéquez se encuentra a 28 Km. de la ciudad capital por la Carretera Interamericana CA-1 y a 17 Km. de la ciudad de Antigua Guatemala.

1.1.6 Clima

En esta región existen climas que varían de templado a frío, con temperaturas que oscilan entre los 13 y 25 grados Celsius, precipitación de 472.3 mm anuales y humedad de 48%, según los datos obtenidos de la estación meteorológica del INSIVUMEH.

1.1.7 Colindancias

San Lucas Sacatepéquez colinda al norte con San Bartolomé Milpas Altas (Sac); al éste con Mixco (Gua); al sur con Santa Lucía Milpas Altas (Sac); al oeste con San Bartolomé Milpas Altas y Antigua Guatemala (Sac).

1.1.8 Turismo

Algunas opciones turísticas que puede visitar en San Lucas Sacatepéquez son el mercado “Monumento al Caminero” ubicado en el km. 29.8 carretera interamericana, en donde se pueden degustar los platillos típicos del lugar así como aprovechar su día de mercado; también puede visitar el parque ecológico “Senderos de Alux” ubicado en el km. 26.2 carretera interamericana, disfrutando de la naturaleza y de los paisajes del lugar.

1.1.9 Demografía

1.1.9.1 Población

San Lucas Sacatepéquez cuenta actualmente con 21,784 habitantes de los cuales 10,667 son hombres (48.97%) y 11,117 mujeres (51.03%). El 80.37% pertenece al área urbana y el 19.63% al área rural. Posee una tasa de mortalidad del 1.55%, una tasa de natalidad del 1.32% y una tasa de fecundidad del 10.78%.

1.1.9.2 Distribución de viviendas

Existe una concentración de viviendas en el casco urbano y sus alrededores, sin embargo, actualmente se están construyendo urbanizaciones y residenciales fuera del límite urbano del casco, incrementando la población en las aldeas.

1.1.9.3 Tipología de viviendas

El 74.92% de las viviendas del municipio están construidas con paredes de block, el 5.95% de madera, el 4.61% de lámina, el 3.84% de ladrillo y el 10.68% de otros materiales (concreto, adobe, bajareque). El 64.3% de las viviendas posee techo de lámina, el 23% losa fundida y el 12.7% otros materiales como teja y láminas de asbesto cemento.

1.1.10 Idioma

El 95% de la población de San Lucas Sacatepéquez habla español y el 5% habla cakchiquel.

1.1.11 Aspectos económicos

San Lucas Sacatepéquez cuenta con diversos comercios e industrias, lo que genera actividades económicas. Dentro de sus comercios e industrias podemos mencionar: centros comerciales, maquilas, actividades agrícolas y pequeños comercios como panaderías, cafeterías, ferreterías, farmacias, salones de belleza, librerías, etc.

1.1.12 Servicios existentes

Debido a que San Lucas Sacatepéquez se encuentra próximo a la capital y a la ciudad de Antigua Guatemala, cuenta con fácil acceso a los siguientes servicios:

- Centro de salud
- Escuela de educación preprimaria
- Escuela de educación primaria
- Instituto básico
- Iglesia católica
- Bomberos voluntarios
- Centro de comercio
- Mercado
- Centros comerciales
- Sistema bancario
- Maquilas
- Farmacias
- Centros educativos privados
- Laboratorio y clínicas médicas
- Servicio de telefonía móvil

- Industrias
- Talleres
- Panaderías
- Distribución de materiales para construcción
- Aserraderos
- Gasolineras, etc.

1.1.13 Problemas y necesidades identificados

Luego de realizar un recorrido por el municipio, se pudo detectar que uno de los problemas que presenta la comunidad es el mal estado de las calles principales dentro del casco urbano, el desfogue de las aguas negras hacia las calles y el abandono que sufren algunas escuelas.

1.2 Investigación diagnóstica sobre necesidades de servicios básicos e infraestructura del municipio de San Lucas Sacatepéquez.

1.2.1 Descripción de las necesidades

Actualmente no se cuenta con un sistema de alcantarillado sanitario en el sector sur del casco urbano, la falta de pavimentación de algunas calles dificulta el acceso a las viviendas, como el ingreso a la aldea Zorzoyá, sector II, principalmente en época de invierno; es necesaria la ampliación de la red de agua potable en el casco urbano, la construcción de la escuela en la aldea El Manzanillo y la construcción de una planta de tratamiento en la aldea Choacorrál.

1.2.2 Priorización de las necesidades

La municipalidad de San Lucas Sacatepéquez estableció dar prioridad a las necesidades presentadas por cada comunidad del municipio, la cobertura de los servicios básicos y la forma de financiamiento de cada proyecto, obteniendo el siguiente listado:

- Construcción de la escuela aldea El Manzanillo
- Sistema de alcantarillado sanitario del sector sur del casco urbano
- Pavimentación del ingreso a la aldea Zorzoyá, sector II
- Ampliación de la red de agua potable del casco urbano
- Construcción de la planta de tratamiento en la aldea Choacorrál

2. SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

2.1 Diseño del edificio escolar de dos niveles para la Aldea El Manzanillo

2.1.1 Descripción del proyecto

El proyecto consiste en el diseño de un edificio escolar de dos niveles, en el área rural, con la siguiente distribución de ambientes:

En la planta baja tendrá cuatro aulas y los servicios sanitarios. En la planta alta tendrá cuatro aulas, sala de maestros, dirección y un modulo de gradas.

La estructura será a base de marcos dúctiles con marcos rígidos (sistema de vigas y columnas de concreto reforzado) y losas de concreto armado, muros de block de pómez para delimitar los ambientes, piso cerámico y puertas de metal.

2.1.2 Estudio de suelos

La exploración del suelo que se hizo para obtener información fue por medio de la perforación de un pozo de 1.50 m de profundidad, el cual permitió ver el suelo en su estado natural. La capacidad soporte de un suelo es la capacidad para soportar una carga sin que produzca fallas dentro de su masa.

Luego de realizar una inspección visual del suelo, y de acuerdo al color, textura y consistencia, se determinó que es de tipo arcilloso, y según la tabla IV, el valor soporte asumido es de 20 T/m².

Tabla I. Valor soporte según tipo de suelo

Material del suelo	Ton/m²	Observaciones
Roca sana no intemperizada	645	No hay estructura de grietas
Roca regular	430	
Roca intermedia	215	
Roca agrietada o porosa	22-86	
Suelos gravillosos	107	Compactados, buena granulometría
Suelos gravillosos	86	Compactados con más del 10% de grava
Suelos gravillosos	64	Flojos, mala granulometría
Suelos gravillosos	43	Flojos, con mucha arena
Suelos arenosos	32-64	Densos
Arena fina	22-43	Densa
Suelos arcillosos	53	Duros
Suelos arcillosos	22	Solidez mediana
Suelos limosos	32	Densos
Suelos limosos	16	Densidad mediana

Fuente: Cabrera Seis, Jadenon Vinicio. Guía teórica y práctica del curso de cimentaciones 1. Trabajo de graduación de Ingeniería Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1994, Pág. 44.

2.1.3 Diseño arquitectónico

El proyectar y construir edificios perdurables siguiendo determinadas reglas, con objeto de crear obras adecuadas a su propósito es el diseño arquitectónico. Esto se hace para tener un lugar funcional y una estructura con resistencia. Para lograrlos, se deben tomar en cuenta los diferentes criterios arquitectónicos y normas.

Los edificios de aulas se deben diseñar de acuerdo a las necesidades que se tengan; además, estarán restringidos por el espacio disponible, los recursos materiales y las normas de diseño que existan.

2.1.3.1 Requerimiento de áreas

Según el Ministerio de Educación, las aulas para nivel primario deben contar con un área mínima de 50 m², 1.25 m² por alumno, administración o dirección, cocina, servicios sanitarios y bodega.

2.1.3.2 Distribución de espacios

Los espacios educativos son los espacios destinados al ejercicio de la educación, el cual se desarrolla por medio de diferentes actividades. Es por eso que las características de los espacios educativos varían de acuerdo con los requerimientos pedagógicos de las distintas asignaturas.

En el reglamento de Construcción de Edificios Escolares, se describen como espacios educativos característicos a: aula teórica, aula unitaria, aula de proyecciones y la economía doméstica. En este caso se detalla únicamente el aula teórica ya que ésta se utiliza en todos los espacios educativos de este proyecto, por ser la que mejor se adapta a los requerimientos del centro escolar.

Aula teórica: 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.

La forma de los ambientes y su distribución dentro del edificio se hará del modo habitual para los edificios educativos (ver apéndice, planos de la edificación escolar para la aldea El Manzanillo, planta amueblada).

2.1.3.3 Alturas y cotas

Se escoge hacer el edificio de dos niveles, esto cumpliendo con la norma que haya tres niveles como máximo para centros de nivel preprimario y primario.

La altura del edificio será de 6 m, todos los ambientes serán de 3.00 m del nivel de piso al cielo raso, marcos de 4 y 6 m. La longitud total del edificio es de 40 m.

2.1.4 Diseño estructural

2.1.4.1 Selección del sistema estructural a utilizar

En la elección del sistema estructural influyen los factores de resistencia, economía, funcionalidad, estética, los materiales disponibles en el lugar y la técnica para realizar la obra. El resultado debe comprender el tipo estructural, las formas y dimensiones, los materiales y el proceso de ejecución.

Para este caso, se eligió un sistema estructural de marcos dúctiles con marcos rígidos de concreto reforzado (vigas y columnas).

2.1.4.2 Análisis estructural

El estudio de las estructuras considera, principalmente, los efectos producidos por las fuerzas que actúan sobre un determinado sistema estructural y determina las condiciones que deben satisfacer las diferentes partes de este sistema, de manera que puedan soportar dichas fuerzas.

El equilibrio en el que se encuentre el sistema estructural debe ser estable, basado en las partes que componen dicho sistema, las cuales deberán ser de un material que impida su ruptura o deterioro y sus materiales no deberán ser llevados mas allá de la resistencia limite cuando sean aplicadas las diferentes fuerzas.

Para el análisis estructural se utilizó el método Kani y los resultados se confrontaron con los obtenidos en el método Etabs.

2.1.4.2.1 Predimensionamiento estructural

Predimensionar una estructura es darle las medidas preliminares a los elementos que la conforman, los cuales serán utilizados para soportar las cargas aplicadas.

Existen diversos procedimientos para predimensionar los elementos, en este proyecto se aplicó los métodos del ACI 318-99, los cuales se detallan a continuación:

- a. Viga:** Para predimensionar las vigas se utiliza el método recomendado en el ACI 318-99, sección 9.5.2, tabla I, el cual calcula el peralte o altura de la

viga, dependiendo de la luz que cubre la viga y de sus apoyos. Por razones de simetría se calculara la más crítica y la de mayor longitud.

TABLA II. Altura o espesores mínimos de vigas.

Alturas o espesores mínimos de vigas no pretensadas o losas armadas en una dirección a menos que se calculen las deformaciones*.				
	Simplemente apoyados	Espesor Mínimo, h		En voladizo
		Con un extremo continuo	Ambos extremos continuos	
Elementos	Elementos que no soporten o estén ligados a divisiones u otro tipo de elementos susceptibles de dañarse por grandes deformaciones.			
Losas macizas en una dirección	$\frac{\ell}{20}$	$\frac{\ell}{24}$	$\frac{\ell}{28}$	$\frac{\ell}{10}$
Vigas o losas nervadas en una dirección	$\frac{\ell}{16}$	$\frac{\ell}{18.5}$	$\frac{\ell}{21}$	$\frac{\ell}{8}$

* La luz ℓ está en mm.

$$t_{\text{viga}} = \text{luz} / 21$$

$$t_{\text{viga}} = 6.00/21 = 0.29 \text{ m}$$

se adoptó una base de viga $b = 0.30 \text{ m}$

Se sugiere una sección de viga de $0.30 \times 0.40 \text{ m}$

b. Columnas: El método utilizado para predimensionar las columnas se basa en la carga aplicada y el área tributaria, para luego calcular la sección. Las secciones de las columnas se basarán en la columna más crítica, o sea la que soporta mayor carga.

Formulas: **$P = 0.8(0.225f'cAg + f_yAs)$**

$1\% Ag \leq As \leq 8\% Ag$ (Según ACI 318-99, sección 21.4.3)

Solución: $P = 31,658.19$ Kg. (tomado de áreas tributarias)

$31,658.19 = 0.8((0.225 \times 210 \times Ag) + (2,810 \times 0.01 Ag))$

$Ag = 525.19 \text{ cm}^2$ proponiendo una sección de $25 \times 25 \text{ cm} = 625 \text{ cm}^2$

Pero como la base de la viga es de 30 cm ., la sección de la columna será como mínimo de $30 \times 30 \text{ cm}$.

c. Losas: Se predimensiona el espesor de la losa utilizando las recomendaciones del ACI 318-99, en su sección 9.5.2, tabla I, donde las variables son las dimensiones de la superficie de la losa y el tipo de apoyos. En este caso, las losas están apoyadas en cuatro y se tienen varias medidas de losas, por lo cual se toma la más crítica.

$t_{losa} = \text{perímetro de losa} / 180$ (en dos sentidos)

$t_{losa} = L / x$ (un sentido, ver tabla I)

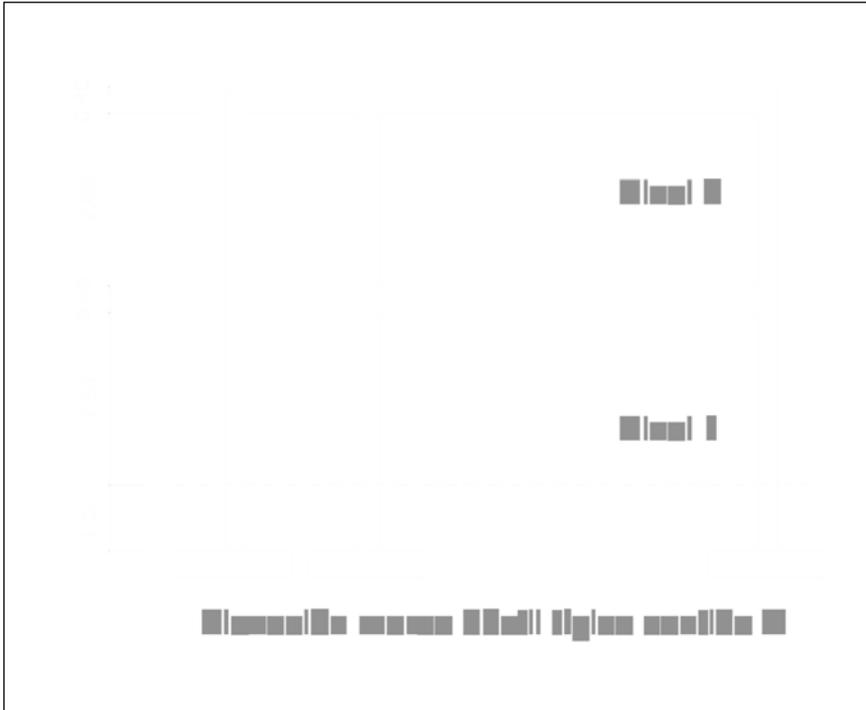
$t_{losa} = (4.00 + 4.00 + 6.00 + 6.00) / 180 = 0.11 \text{ m}$

Se utilizará una losa de 0.11 m de espesor.

d. Cimientos: Los antecedentes a tomar para el diseño de las zapatas son los datos obtenidos del análisis estructural y el estudio de suelos. La cota de cimentación es de 1.40 m y se utilizan zapatas concéntricas. El predimensionamiento se incluye en el diseño de las zapatas.

Con los resultados obtenidos anteriormente, se presentan a continuación las figuras 2, 3 y 4, que muestran la distribución de las columnas y las vigas con sus respectivas medidas.

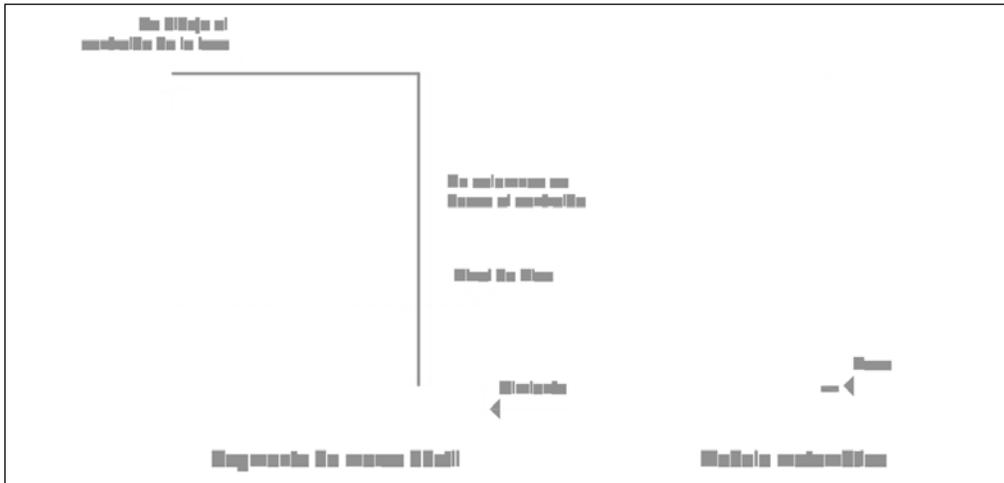
Figura 4. Marco dúctil típico sentido Y, edificio de aulas



2.1.4.2.2 Modelos matemáticos de marcos dúctiles con nudos rígidos

Un marco dúctil se define como un sistema estructural que consta de vigas y columnas. Así también, su modelo matemático define la forma y las cargas que soporta. Este método se utiliza para el análisis estructural. Siguiendo los criterios definidos en la figura 5, se dibujan el segmento de marco dúctil y el modelo matemático.

Figura 5. Criterios para dibujar modelos matemáticos de marcos dúctiles



En la geometría y en las cargas aplicadas, existe una similitud de los marcos dúctiles, por lo cual solo se analizarán los críticos en el sentido X e Y.

2.1.4.2.3 Cargas verticales y horizontales aplicadas a marcos dúctiles

Las aulas estructuralmente hablando, están sometidas a cargas de diferente índole y se clasifican de acuerdo a la dirección de su aplicación.

a. Cargas verticales en marcos dúctiles

CARGA MUERTA

Peso concreto: 2,400 Kg./m³

Peso acabados: 60 Kg./m²

CARGA VIVA

Techo inaccesible: 100 Kg./m²

Pasillos: 300 Kg./m²

Peso muros: 90 Kg./m²

Aulas: 200 Kg./m²

A continuación se integran las cargas distribuidas que se muestran en los modelos matemáticos, que fueron calculados tomando en cuenta los valores descritos en el AGIES, utilizando el procedimiento siguiente:

CM= Área tributaria [(peso específico concreto x espesor losa) + peso acabados + peso muros + peso viga] / L

CV= Área tributaria x valor carga viva
L

Donde:

t= espesor de losa

CV= 200 Kg./m²

Peso de acabados=60 Kg./m²

Sección de viga=0.3*0.40 m

Peso de muros=90 Kg./m²

Los resultados de las cargas verticales en el sentido X, niveles 1, 2, se presentan en la figura 6. Las cargas verticales en el sentido Y, niveles 1, 2, se presentan en la figura 7

Figura 6. Cargas verticales en el sentido X, niveles 1 y 2

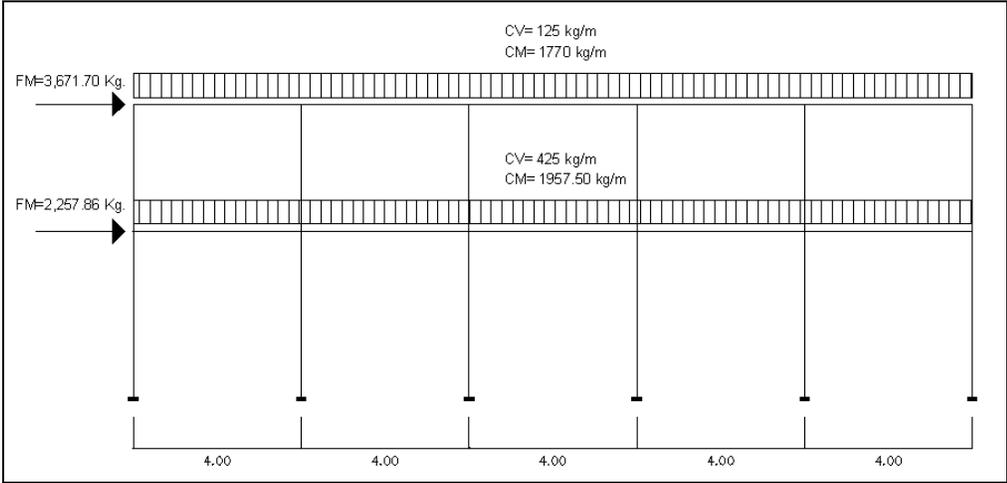
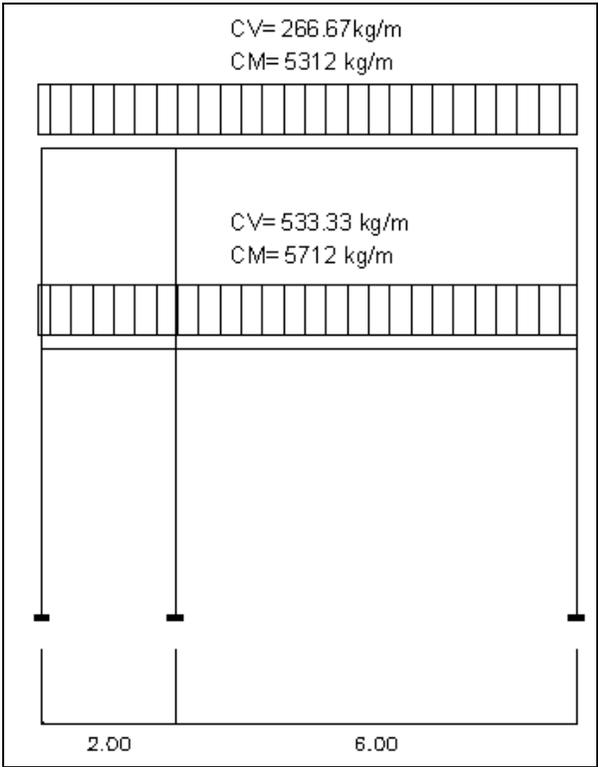


Figura 7. Cargas verticales en el sentido Y, niveles 1 y 2



b. Cargas horizontales en marcos dúctiles

Las fuerzas debidas al viento, temblores o empujes de tierras, deben considerarse como cargas horizontales o paralelas a la superficie terrestre, y son a las que están expuestos los edificios, pero nunca se integran ambas, ya que los fenómenos naturales que las provocan no se presentan simultáneamente. Guatemala está en una zona de gran actividad sísmica; por tanto, se tomó en cuenta este fenómeno para el diseño del edificio. Utilizando el método estático equivalente SEAOC, se encontraron las fuerzas sísmicas o laterales aplicadas al edificio de aulas.

Método SEAOC

- a) **Corte Basal (V):** Fuerza constante V en la base de una construcción debido a las fuerzas sísmicas.

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

Donde:

Z= Coeficiente de riesgo sísmico, que depende de la zona. Para Sacatepéquez Z=0.4

I= Depende de la importancia o la utilidad que se le vaya a dar a la estructura después del sismo, y su rango es de $1 \leq I \leq 1.5$,

C= Depende de la flexibilidad de la estructura y se mide con base en el período de vibración, donde t es el intervalo de tiempo que se necesita en la estructura para completar una vibración.

$$C = \frac{1}{(15 * t^{1/2})} \quad t = \frac{0.0906 * \text{altura del edificio}}{\text{base}^{1/2}}$$

Altura del edificio= 7.30 m

S= Coeficiente que depende del tipo de suelo, si se desconoce usar 1.5. Si C*S es mayor que 0.14, entonces usar 0.14

K= Coeficiente que depende del sistema estructural; en este caso es usado 0.67 para edificios con marcos dúctiles (estructura con vigas y columnas)

W= Peso propio de la estructura más 25% de las cargas vivas

La fuerza del sismo actúa tanto longitudinal como transversalmente, por lo cual se calcula el corte basal en las direcciones de X y Y, para diseñar el edificio contra un sismo en cualquier dirección.

Solución:

$$Z = 0.4$$

I = 1.50 se utilizó el valor máximo ya que la escuela será utilizada como albergue en caso de desastre natural

K= 0.67 (marcos dúctiles)

$$S = 1.5$$

$$t_x = (0.0906 * 7.30) / 40^{1/2} = 0.10$$

$$C_x = 1 / (15 * 0.10^{1/2}) = 0.21$$

$$t_y = (0.0906 * 7.30) / 8^{1/2} = 0.23$$

$$C_y = 1 / (15 * 0.23^{1/2}) = 0.14$$

Chequeando si $C * S > 0.14$, entonces utilizar $C * S = 0.14$

$$C_x S_x = 0.21 * 1.5 = 0.24 > 0.14 \gg 0.14$$

$$C_x S_x = 0.14 \quad S_x = 0.14 / 0.21 = 0.67$$

$$C_y S_y = 0.14 * 1.5 = 0.21 > 0.14 \gg 0.14$$

$$C_y S_y = 0.14 \quad S_y = 0.14 / 0.14 = 1$$

W= peso de la estructura más el 25% de las cargas vivas

W= W primer nivel + W segundo nivel

Donde $W_{\text{nivel}} = W_{\text{losa}} + W_{\text{viga}} + W_{\text{columna}} + W_{\text{muro}} + 0.25CV$

Tabla II. Peso por nivel y peso total de la estructura (Kg.)

NIVEL	W losa	W viga	W col	W muro	0.25CV	W total
1 nivel	84,480	59,904	27,720	37,584	30,600	240,288
2 nivel	84,480	59,904	27,720	37,584	13,600	223,288
				Peso Total		463,576

Puesto que el corte basal $(V) = V_x = V_y$, entonces:

$$V_{x,y} = 0.4 * 1.5 * 0.14 * 0.67 * 463,576 = 26,090.06 \text{ kg.}$$

Fuerzas por nivel (Fni):

$$F_{ni} = \frac{(V - F_t) * \sum W_{hi}}{\sum W_{hi}}$$

Donde:

F_{ni} = fuerza por nivel

V = corte basal

F_t = fuerza adicional de cúspide del edificio, cuando t (período natural de vibración) es menor que 0.25 segundos, entonces $F_t = 0$

W = peso propio de la estructura + 25% de las cargas vivas

W_i = peso propio de la estructura + 25% de las cargas vivas por nivel

H_i = altura tomada desde la base de la estructura al centro de cada nivel de piso de la estructura.

Solución:

Como $V_x = V_y$ entonces F_n en $X = F_n$ en Y & $t_x < 0.25$ y $t_y < 0.25$ entonces $F_t = 0$

Tabla III. Fuerzas por nivel

Nivel	W	hi	Whi	V	Fn
1 nivel	240,288	4.00	961,152	26,090.06	9,934.57
2 nivel	223,288	7.00	1,563,016	26,090.06	16,155.49
		$\Sigma W_i h_i$	2,524,168		

Fuerzas por marco (FM)

$$FM = FM' \pm FM''$$

$$FM' = K_i \cdot F_{ni} / \Sigma K_i$$

$$FM'' = e \cdot F_{ni} / E_i$$

$$E_i = \Sigma K_i \cdot d_i^2 / K_i \cdot d_i^2$$

$$e = |C_m - CR|$$

$$CR = \Sigma K_i \cdot d_i / \Sigma K_i$$

Donde:

FM' = fuerza proporcional a la rigidez

FM'' = fuerza de torsión

K_i = rigidez de marco K=1 si los elementos son simétricos

E_i = módulo de rigidez

e = excentricidad, e_{min} = 0.05*(altura total del edificio)

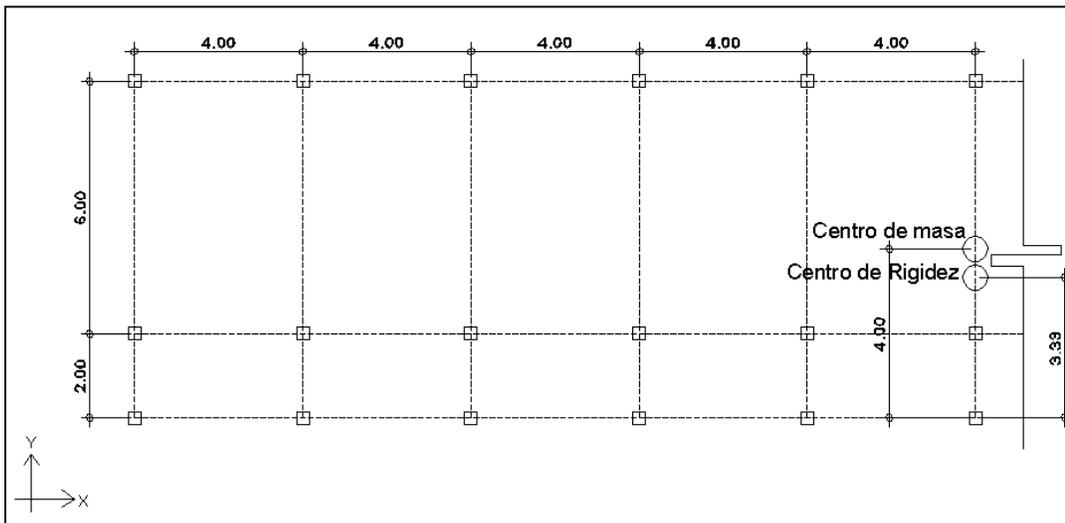
CR = centro de rigidez

C_m = centro de masa (C_{mx}=x/2 y C_{my}=y/2)

d_i = distancia del CR al marco considerado

La figura 8 muestra la distribución de los marcos dúctiles que se utilizan para calcular los valores de K_i , d_i , C_m , C_R y e .

Figura 8. Centro de masa y centro de rigidez



Marco típico sentido X

$$C_{mx} = x/2 = 40/2 = 20$$

$$C_{Rx} = (1 \cdot 8 + 1 \cdot 2 + 1 \cdot 2)/3 = 3.33 \text{ m}$$

$$C_{mx} = (2+6)/2 = 4$$

$$e_x = |3.33 - 4| = 0.67$$

Marco típico sentido Y

$$C_{my} = y/2 = 8/2 = 4$$

$$C_{Ry} = (1 \cdot 0 + 1 \cdot 4 + 1 \cdot 8 + 1 \cdot 12 + 1 \cdot 16 + 1 \cdot 20 + 1 \cdot 24 + 1 \cdot 28 + 1 \cdot 32 + 1 \cdot 36 + 1 \cdot 40)/11 = 20$$

$$C_{my} = 40/2 = 20$$

$e_y = |20-20|=0$ No existe torsión en Y

$E_{ix} = 34, 8.5$

$E_{iy} = 0, 1540, 770, 513.33, 385, 308, 256.67, 220, 192.5, 171.11, 154$

FM''_x primer nivel= $0.67 \cdot 24,836.41 / 34 = 489.42$

FM''_y primer nivel=0

FM''_x segundo nivel= $0.67 \cdot 40388.73 / 34 = 795.90$

FM''_y segundo nivel=0

FM'_x primer nivel= $1 \cdot 24,836.41 / 3 = 8,278.80$

FM'_x segundo nivel= $1 \cdot 40,388.73 / 3 = 13,462.91$

FM'_y primer nivel= $1 \cdot 24,836.41 / 11 = 2,257.86$

FM'_y segundo nivel= $1 \cdot 40,388.73 / 11 = 3,671.70$

FM_x primer nivel= $8278.80 + 489.42 = 8768.22$

FM_x segundo nivel= $13462.91 + 795.90 = 14258.81$

FM_y primer nivel= 2257.86

FM_y segundo nivel= 3671.70

2.1.4.2.4 Fuerzas internas halladas con un método de análisis estructural

Para hallar las fuerzas internas se utilizó el método Kani, el cual se confrontó con los resultados obtenidos en Etabs..

A continuación se presentan los resultados del análisis estructural de la carga muerta, la carga viva y la fuerza de sismo por separado, del marco dúctil típico sentido Y, que se observa en las figuras 9, 10 y 11.

Figura 9. Diagrama de corte y momentos –carga muerta- marco dúctil Y

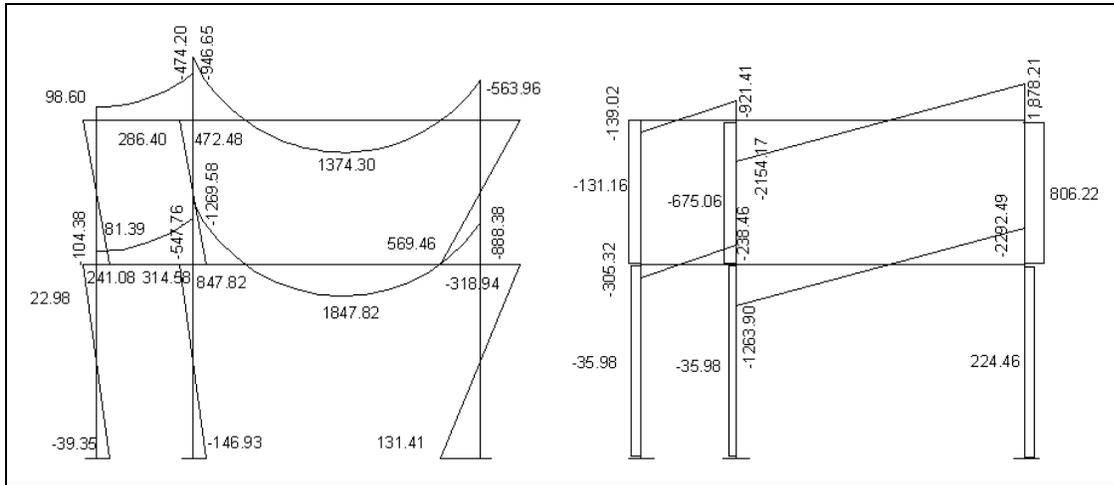


Figura 10. Diagrama de corte y momentos –carga viva- marco dúctil Y

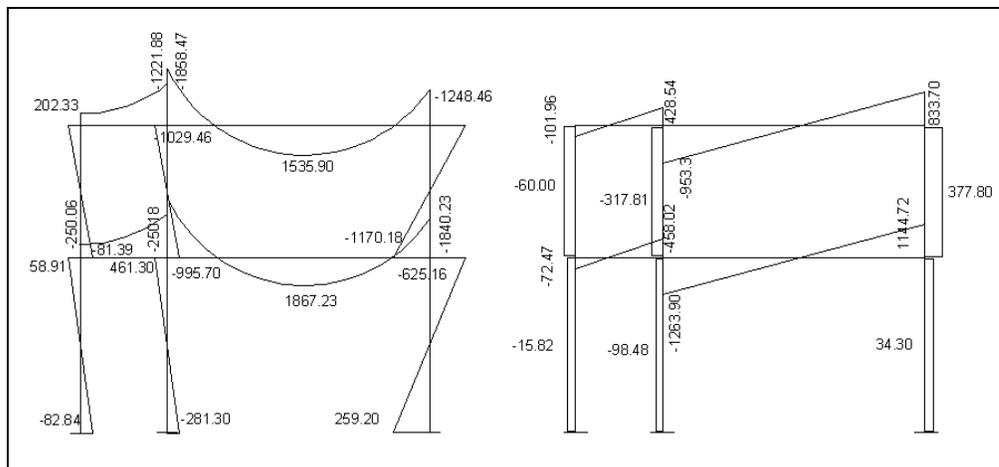
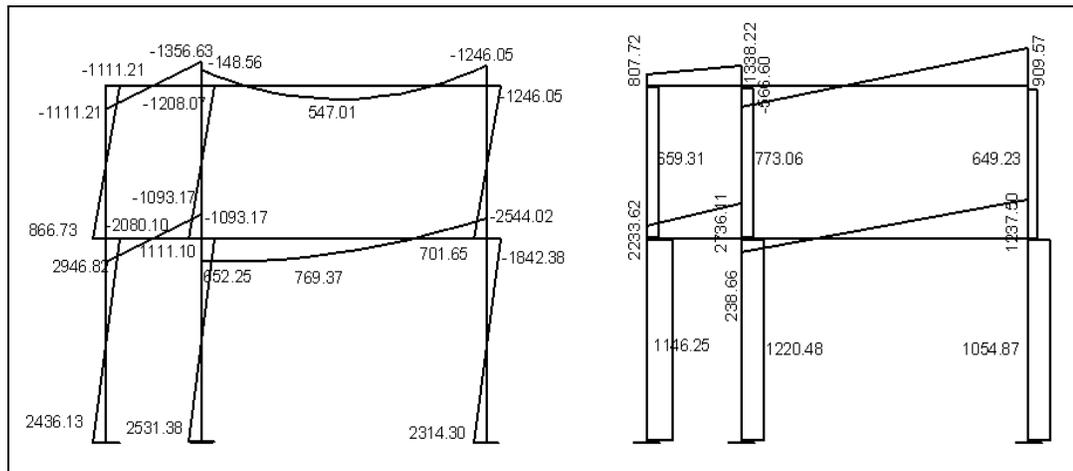


Figura 11. Diagrama de corte y momentos –carga sismo- marco dúctil Y



2.1.4.2.5 Momentos últimos por envoltorio de momentos

La envoltorio de momentos es la representación de los esfuerzos máximos que pueden ocurrir al superponer los efectos de la carga muerta, la carga viva y la carga sísmica.

El análisis consistirá en llevar a cabo el cálculo de las fuerzas correspondientes para cada una de las cinco combinaciones de cargas a las que será sometido cada marco. Las cargas incluidas serán uniformemente distribuidas y puntuales.

El reglamento del ACI 318-99, sección 9.1, 9.2 y 9.3 proporciona los factores de carga para las combinaciones específicas y toma en consideración la probabilidad de ocurrencia simultánea al asignar los factores, aunque solo

incluyen las más probables generalmente. Por esta razón, el diseñador no debe suponer que estén cubiertos todos los casos.

Por lo tanto, se tomarán en consideración las diversas combinaciones de carga a fin de determinar la condición de diseño más crítica y así se diseñará con la resistencia que se requiere para resistir las cargas afectadas por su factor de carga correspondiente.

Combinación		de cargas
C1=	1.4 CM + 1.7 CV	
C2=	0.75(1.4 CM + 1.7 CV + 1.87 CS)	
C3=	0.75(1.4 CM + 1.7 CV - 1.87 CS)	
C4=	0.9 CM + 1.4 CS	
C5=	0.9 CM - 1.4 CS	

Empleando las combinaciones de las ecuaciones, se calculan todas las envolventes de momentos para marcos rígidos sentido X y Y, cuyos resultados pueden observarse en las figuras 12 a la 16

Figura 12. Diagrama de momentos últimos –marco dúctil Y-

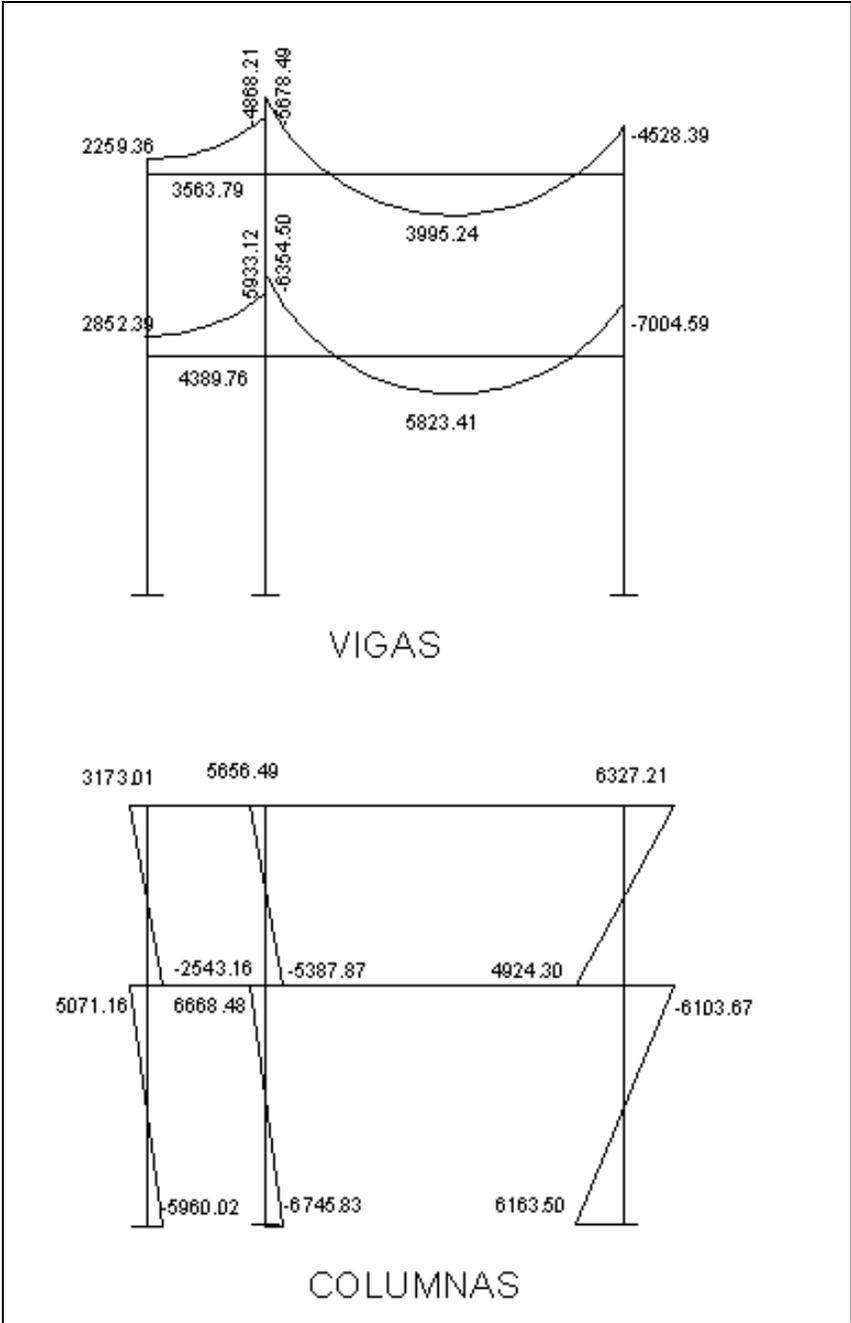


Figura 13 Diagrama de momentos últimos-marco dúctil X- vigas

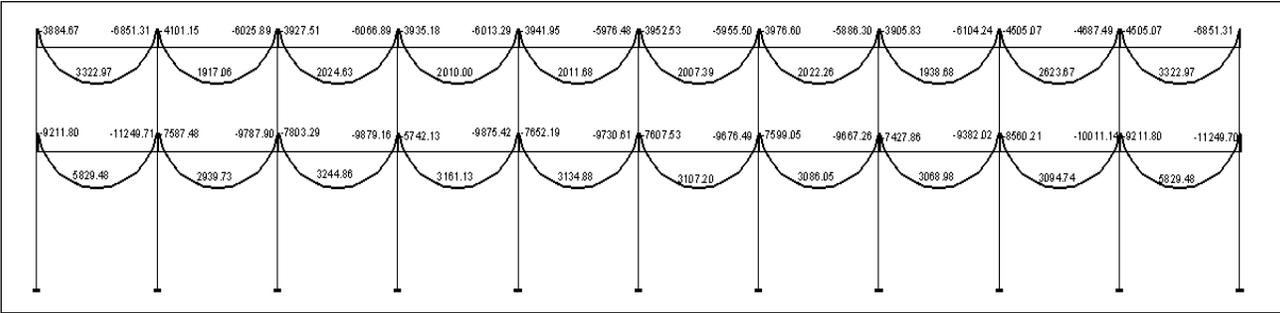
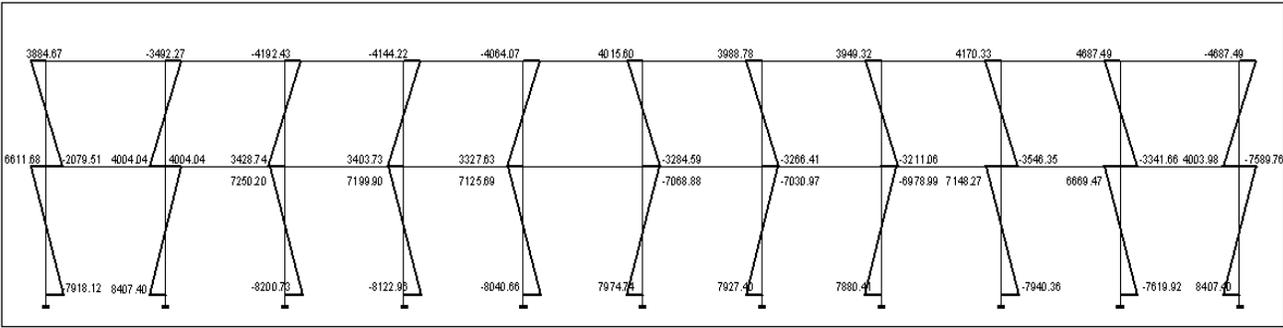


Figura 14. Diagrama de momentos últimos-marco dúctil X- columnas



2.1.4.2.6 Diagrama de corte y momento

Figura 15. Diagrama de cortes últimos –marco dúctil Y

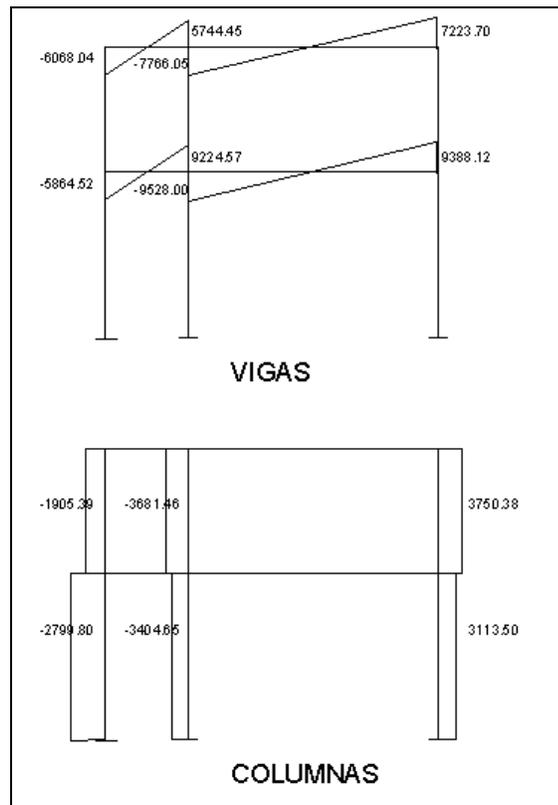


Figura 16. Diagrama de cortes últimos –marco dúctil X- vigas

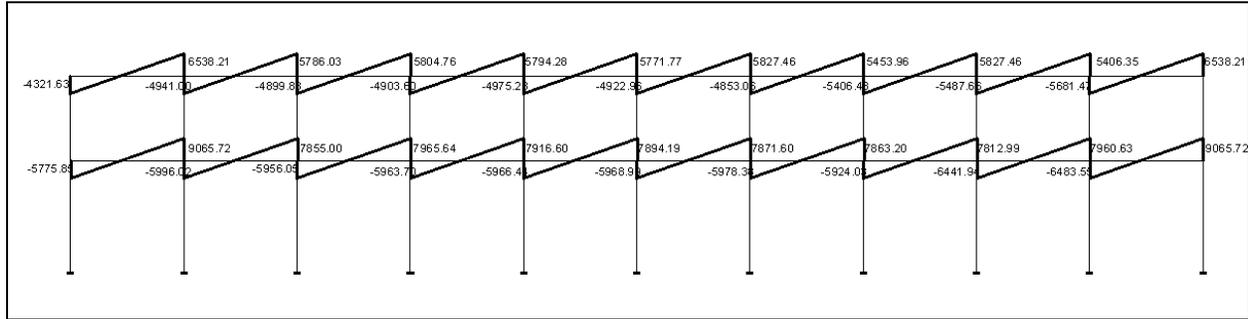
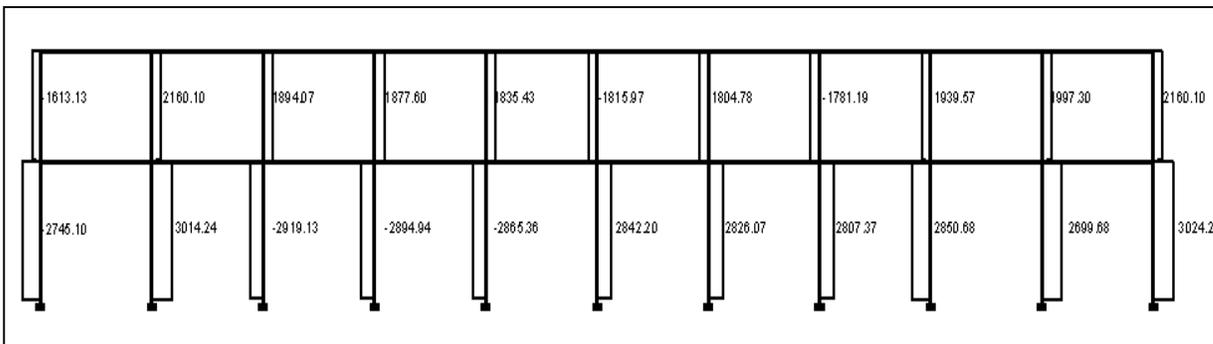


Figura 17. Diagrama de cortes últimos –marco dúctil X- columnas



2.1.4.3 Dimensionamiento

Para diseñar la estructura del edificio de aulas, se usan las siguientes notaciones:

MATERIALES

$$F_y = 2810 \text{ Kg./cm}^2$$

$$F'_c = 210 \text{ Kg./cm}^2$$

$$E_s = 2.1E6 \text{ Kg./cm}^2$$

$$W_c = 2400 \text{ Kg./cm}^3$$

$$W_m = 90 \text{ Kg./m}^2$$

RECUBRIMIENTOS

$$\text{Vigas} = 0.04 \text{ m}$$

$$\text{Columnas} = 0.03 \text{ m}$$

$$\text{Losas} = 0.025 \text{ m}$$

$$\text{Cimientos} = 0.075 \text{ m}$$

$$\text{Cota de cimiento} = 1.40 \text{ m}$$

$$E_c = 15100 \cdot f'_c{}^{1/2} \text{ kg/cm}^2$$

$$V_s = 20 \text{ T/m}^2$$

$$W_s = 1,500 \text{ Kg./m}^3$$

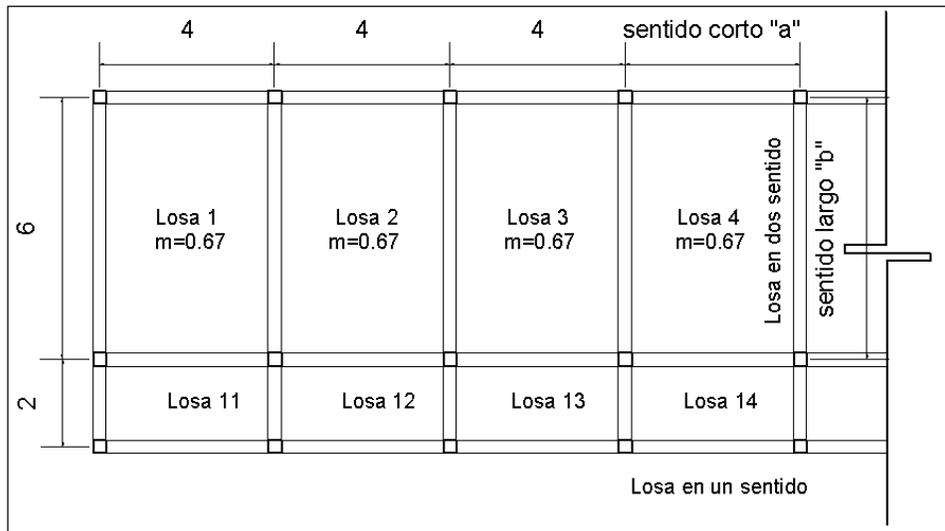
2.1.4.3.1 Diseño de losas

Una losa de concreto armado es una placa ancha y lisa, generalmente horizontal, con superficies superior e inferior paralelas o aproximadamente paralelas, soportadas por vigas de concreto armado y por muros de mampostería o de concreto armado. Por su espesor pueden dividirse en planas $0.09 \leq t \leq 0.13$ y nervadas $t > 0.13$. Existen varios métodos para diseñar losas, en este caso se utiliza el método de diseño directo del reglamento ACI 318-99, sección 13.6.

2.1.4.3.1.1 Losas nivel 1

En la sección 2.1.4.2.1 se encuentra el predimensionamiento del espesor de la losa, el cual es de 0.11 m y la figura 18 se muestran las dimensiones de las losas para la edificación escolar.

Figura 18. Planta típica de distribución de losas, nivel 1



Carga última o carga de diseño

$$CM = 414 \text{ kg/m}^2$$

$$CV = 300 \text{ kg/m}^2$$

$$CU = 1.4CM + 1.7CV$$

$$CUu = (1.4CM + 1.7CV) * 1\text{m}$$

$$CUu = (1.4 * 414 \text{ kg/m}^2 + 1.7 * 300 \text{ kg/m}^2) * 1 = 1089.60 \text{ kg/m}^2$$

Momentos actuantes

Fórmulas: MOMENTOS NEGATIVOS

$$Ma(-) = Ca(-) * CUT * a^2$$

$$Mb(-) = Cb(-) * CUT * b^2$$

MOMENTOS POSITIVOS

$$Ma(+) = Ca(+)cv * CVU * a^2 + Ca(+)cm * CMU * a^2$$

$$Mb(+) = Cb(+)cv * CVU * b^2 + Cb(+)cm * CMU * b^2$$

Donde: $Ca(-), Cb(-)$ = coeficientes

$Ca(+)cv, Cb(+)cv$ = coeficientes positivos de carga viva

Ca(+)cm, Cb(+)cm=coeficientes positivos de carga muerta

CMU= carga muerta última

CVU= carga viva última

CUu= carga última unitaria

a= lado menor

b= lado mayor

Momentos actuantes para losas que trabajan en un solo sentido

Fórmulas: Momentos Negativos

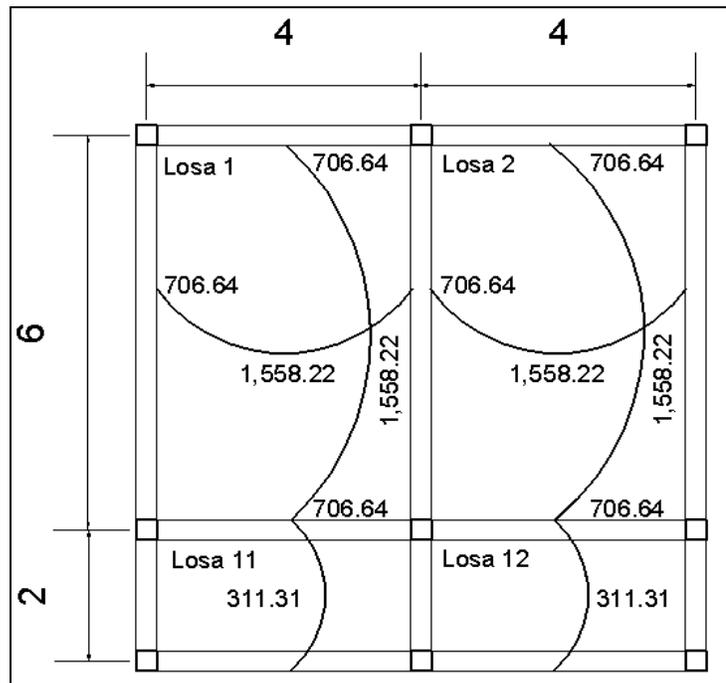
Momentos Positivos

$$Ma(-) = \frac{-WL^2}{14}$$

$$Ma(+) = \frac{-WL^2}{14}$$

Siguiendo el procedimiento anterior, se calculan los momentos positivos, negativos en el sentido corto (a) y de sentido largo (b) de las losas. Su distribución se presenta en la figura 19.

Figura 19. Distribución de momentos losas típicas nivel 1



Diseño del acero de refuerzo

El procedimiento a utilizar para las losas es el mismo que para una viga, solo que con un ancho unitario de 1.00 m. Se describe a continuación.

$A_{s\min} = (14.5/f_y) * b * d = 4.39 \text{ cm}^2$, para losas en dos sentidos, según Reglamento ACI 318-99, sección 10.5

Momentos que el $A_{s\min}$ es capaz de resistir

$$M_{A_{s\min}} = \phi [A_s * F_y (d - A_s * F_y / 1.7 * f'c * b)] = 905.33 \text{ kg-m}$$

Área de acero requerida para momentos mayores a $A_{s\min}$

Para momentos menores que $M_{A_{s\min}}$, se usa $A_{s\min}$ y para momentos mayores que $M_{A_{s\min}}$, se calcula con la siguiente fórmula:

$$A_s = [b * d - ((b * d) - (M * b / (0.003825 * f'c)))^{1/2} * (0.85 * f'c / F_y)]$$

Espaciamiento entre varillas para refuerzo

La separación entre varillas se calcula con $S = A_v / A_s$, teniendo en cuenta que el espaciamiento máximo de este refuerzo no deberá exceder dos veces el espesor de la losa ($2t$), en este caso, $2 * 0.11 = 0.22 \text{ m}$, según reglamento ACI, sección 13.3.2.

Los resultados de los cálculos de las losas de la planta baja se presentan en la tabla V.

Tabla V. Áreas de acero requeridas para las losas típicas, nivel 1

b cm.	d cm.	M Kg.-m	f'c Kg./cm²	Fy Kg./cm²	As req cm²	As min cm²	diámetro cm.	S cm.	S permitido cm.
100	8.5	311.31	210	2810	As min	4.39	1.27	29	22
100	8.5	1324.95	210	2810	6.56	4.39	1.27	19	19
100	8.5	608.00	210	2810	As min	4.39	1.27	29	22
100	8.5	703.64	210	2810	As min	4.39	1.27	29	22
100	8.5	1558.22	210	2810	7.81	4.39	1.27	16	16

2.1.4.3.1.2 Losas nivel 2

Para el diseño de losas del nivel 2, el procedimiento de cálculo es el mismo que para las del nivel 1. Los momentos resultantes son menores que el momento que cubre $A_{s_{min}}$, entonces, el A_s requerido para losas nivel 2 se presenta en la tabla VI, y su armado se presenta en los planos anexos.

Tabla VI. Áreas de acero requeridas para las losas típicas, nivel 2

b cm.	d cm.	M Kg.-m	f'c Kg./cm²	Fy Kg./cm²	As req cm²	As min cm²	diámetro cm.	S cm.	S permitido cm.
100	8.5	818.34	210	2810	As min	4.39	1.27	29	22

2.1.4.3.2 Diseño de vigas

Se utilizará el método de fórmula cuadrática para encontrar A_s . Consiste en diseñar las secciones de los miembros de las estructuras tomando en cuenta

las deformaciones inelásticas para alcanzar la resistencia máxima, cuando se aplica una carga máxima a la estructura, igual a la suma de carga de servicio multiplicada por su factor respectivo de carga. Los datos necesarios para su diseño son los momentos y cortes últimos actuantes a rostro, que se toman del análisis estructural.

Método de fórmula cuadrática para encontrar A_s

Datos: $b=30$ cm. $d=36$ cm.
 $f'c=210$ Kg./cm² $F_y=2810$ Kg./cm²

Fórmula: $M_u = \Phi [A_s F_y (d - A_s F_y / (1.7 f'c b))]$

Hallando A_s de la ecuación se tiene:

$$6354.6 \cdot 100 = 0.9 [A_s (2810) (36 - A_s \cdot 2810 / (1.7 \cdot 210 \cdot 30))] = A_s = 7.38 \text{ cm}^2$$

Límites requeridos:

$$\rho = A_s / b \cdot d = 7.38 / 30 \cdot 36 = 0.007$$

$$\rho_{\min} = 14.5 / F_y = 14.5 / 2810 = 0.005$$

$$\rho_{\text{bal}} = \beta (0.85) (6120 / (6120 + F_y)) (f'c / F_y) = 0.037$$

$$\rho_{\max} = \Phi \rho_{\text{bal}} = 0.5 \cdot 0.037 = 0.019 \quad \Phi = 0.5 \text{ en zona sísmica}$$

$$A_{s\min} = \text{Área de acero mínimo} = (14.5 / 2810) \cdot 30 \cdot 36 = 5.57 \text{ cm}^2$$

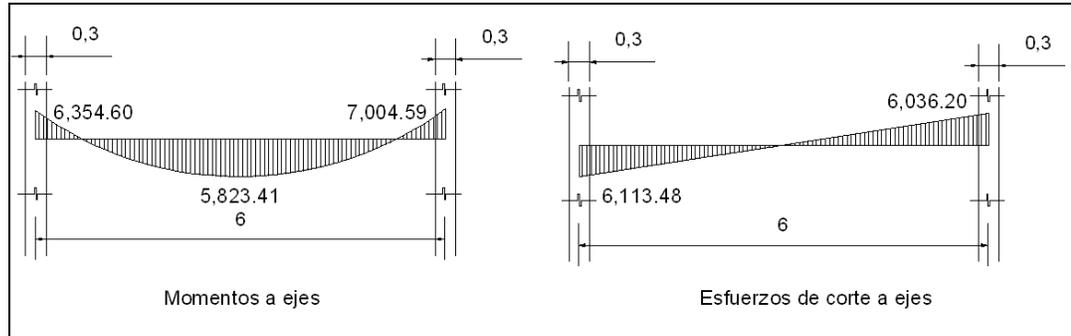
$$A_{s\max} = \text{área de acero máximo} = (0.5 \cdot 0.037) \cdot 30 \cdot 36 = 19.98 \text{ cm}^2$$

Chequeando límites $A_{s\min} \leq A_s \leq A_{s\max}$, entonces, $5.57 \leq 8.70 \leq 19.98$, el armado es correcto.

Refuerzo longitudinal

Del diagrama de envolvente de momentos y cortes últimos en el sentido Y, nivel 1, figura 12 y figura 15, se tiene lo expuesto en la figura 20.

Figura 20. Diagrama de momentos y cortes últimos en viga 3, nivel 1



Momentos negativos

$$M(-) = 6354.6 \text{ Kg.-m} \quad A_s = 7.38 \text{ cm}^2$$

$$M(-) = 7004.59 \text{ Kg.-m} \quad A_s = 8.18 \text{ cm}^2$$

Momentos Positivos

$$M(+) = 5823.41 \text{ Kg.-m} \quad A_s = 6.73 \text{ cm}^2$$

Requisitos sísmicos para armado

Para la cama superior: Se deben colocar, como mínimo, dos varillas de acero en forma continua o tomar el mayor de los siguientes valores: a) A_s min, b) 33% del área de acero calculada para el momento negativo mayor.

a) $2\#6 = 5.70 \text{ cm}^2$

b) $A_s \text{ min} = 5.57 \text{ cm}^2$

c) $33\% A_s M(-) = 0.33(8.18) = 2.70 \text{ cm}^2$

Para la cama inferior: Se deben colocar como mínimo dos varillas de acero continuo o tomar el mayor de los siguientes valores: a) A_s min, b) 50% del área de acero calculada para el momento negativo mayor, c) 50% del área de acero para el momento positivo, según el Reglamento ACI 318-99 sección 21.3.2

- a) $2\#6 = 5.70 \text{ cm}^2$
- b) $A_s \text{ min} = 5.57 \text{ cm}^2$
- c) $50\% A_s M(-) = 0.50(8.18) = 4.09 \text{ cm}^2$
- d) $50\% A_s M(+) = 0.50(6.73) = 3.37 \text{ cm}^2$

Acero de refuerzo transversal (estribos)

Se deben disponer estribos en las siguientes zonas de los elementos:

- a) En una longitud igual a dos veces el peralte del elemento, medida desde la cara del elemento de apoyo hasta la mitad del claro, en ambos extremos del elemento en flexión: **$L_o = 2 \cdot h = 2 \cdot 40 = 80 \text{ cm}$** .
- b) En longitudes iguales a dos veces el peralte del elemento en ambos lados de una sección donde puede ocurrir fluencia por flexión en conexión con desplazamientos laterales inelásticos del marco.

El primer estribo debe estar situado a no más de 5 centímetros de la cara del elemento en apoyo. El espaciamiento máximo de los estribos no debe exceder de a) $d/4$, b) ocho veces el diámetro de la varilla de diámetro más pequeño, c) 24 veces el diámetro de la varilla del estribo o d) 30 cm., según el reglamento ACI 318-99 sección 21.3.3.1, 21.3.3.2.

Cuando no se requieren estribos, los estribos deben estar situados a no más de $d/2$ a lo largo de la longitud del elemento, según el Reglamento ACI 318-99 sección 21.3.3.4.

Utilizando el corte máximo, figura 15 se tiene $V_{max} = 6113.48 \text{ kg}$

Corte máximo del concreto (V_c) = $\Phi * 0.53 * (f'_c)^{1/2} * b * d$

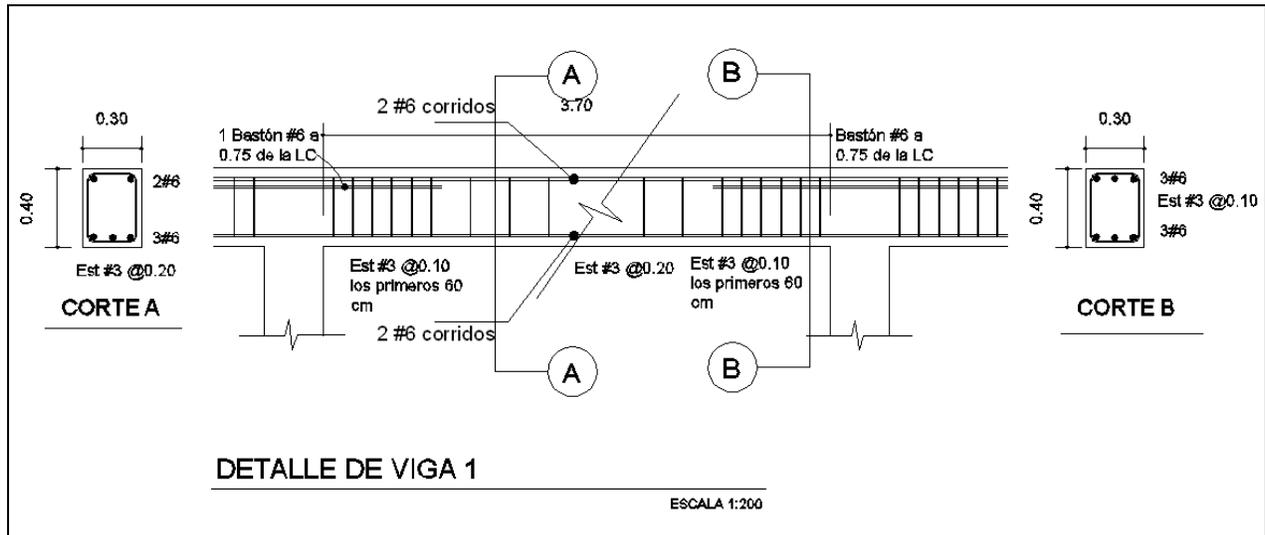
$V_c = 0.85 * 0.53 * 210^{1/2} * 30 * 36 = 7050.63 \text{ Kg.}$

Comparando $V_{max} < V_c$ no necesita refuerzo transversal (estribos) utilizando estribos #3 @ $d/2 = 36/2 = 18 \text{ cm.}$ en el centro del elemento y $d/4 = 36/4 = 9 \text{ cm.}$, en los extremos por requisitos sísmicos.

Por modulación se utilizará una superación de 10 y 20 cm respectivamente.

El cálculo de las vigas restantes es similar a las de la viga 7, y los resultados de todas las vigas así como su armado se presentan en el plano Detalles estructurales, en los anexos.

Figura 21. Armado final, viga tipo7, nivel 1



2.1.4.3.3 Diseño de Columnas

Las columnas son elementos estructurales utilizados primordialmente para soportar cargas de flexocompresión. Las columnas se diseñan con el método de aproximación para el perfil de falla (Método de Bresler). Se deben encontrar la carga axial que actúa en columna y el momento actuante en el sentido X, Y. La carga axial se calcula con base a un área tributaria, carga muerta y carga viva. Los momentos se toman de la envolvente de momentos para columnas, sentido X, Y, figura 15 y 17, y se toman los momentos y cortes mayores para diseñar las columnas más críticas.

Requisitos del ACI 318-99 sección 21.4.1 para columnas

Área de acero longitudinal

$A_s \text{ min.} = 0.01A_g$

A_g = área gruesa

$A_s \text{ máx.} = 0.06A_g$ (zona sísmica)

La columna deberá tener como mínimo 4 avarillas de acero longitudinal

El lado más pequeño de una columna estructural será de 20 cm.

La sección mínima deberá ser de 400 cm²

El refuerzo transversal (estribos) nunca podrá ser menor que #3

Procedimiento a seguir para el diseño de columnas:

Carga Axial

Áreas tributarias: Utilizando las áreas tributarias calculadas en la figura 2, se tiene, área tributaria=16 m²

Carga última= 1.4CM + 1.7CV

Nivel 1: $CM=(0.11*2400)+60+90=414 \text{ Kg./m}^2$
 $CV= 300 \text{ kg/m}^2$
 $Cu= 1.4(414) + 1.7(300)= 1089.60 \text{ kg/m}^2$
 $CT=CM + CV= 414 + 300= 714 \text{ kg/m}^2$
 $FCU=CU/CT=1089.6/714=1.53$

Nivel 2: $CM=(0.11*2400)+60=324 \text{ Kg./m}^2$
 $CV= 100 \text{ Kg./m}^2$
 $Cu= 1.4(324) + 1.7(100)= 623.6 \text{ kg/m}^2$
 $CT= 324 + 100= 424 \text{ kg/m}^2$
 $FCU=CU/CT= 623.6/424=1.47$

Carga Axial

Fórmula:

$$Pc2= At*Cu \text{ nivel } 2 + Av*Lv*Wc*FCU$$

$$Pc= Pc2 + (Ac*hc*Wc*FCU)Col2 + (Av*Lv*Wc*FCU) + At*Cu \text{ nivel } 1$$

Donde: At =área tributaria de columna

Ac =área de columna

Av=área de viga
FCU=factor de carga última
Wc=peso específico
hc=altura de columna
Lv=longitud de viga

$P_c \text{ nivel } 2 = (16 * 623.6) + (0.3 * 0.4 * 8 * 2400 * 1.47) = 13,364.48 \text{ Kg.}$

$P_{c \text{ nivel } 1} = 13,364.48 + (0.3 * 0.3 * 2.60 * 2400 * 1.47) + (0.3 * 0.4 * 8 * 2400 * 1.5) + 16 * 1089.60 = 35,079.63 \text{ kg.}$

Chequeo de columnas: En el diseño de columnas es necesario hacer varios chequeos y ver cómo funciona la columna, es decir:

- Corta
- Esbelta
- Larga

Lo cual involucra la esbeltez de las columnas, clasificándolas así:

Columnas cortas: $E < 22$ no se magnifica

Columnas esbeltas: $22 < E < 100$ se magnifica

Columnas largas: $E > 100$ no es aconsejable construirlas porque fallan por pandeo.

ACI 318-99, sección 10.13.2

Fórmula: $E = (K * L_u) / r$

Donde: E=esbeltez

Lu=longitud entre apoyos

K=factor de pandeo

r=radio de giro= $0.3 * \text{lado menor}$

$K = ((20 - \Psi_{\text{prom}}) / 20) * (1 + \Psi_{\text{prom}})^{1/2}$ para $\Psi_{\text{prom}} < 2$

$$K=0.90*(1+\Psi_{prom})^{1/2} \quad \text{para } \Psi_{prom} \geq 2$$

El factor K se determina por medio de la fórmula de Jackson, basándose en la relación de rigidez (Ψ), donde:

$$\Psi = \frac{\sum \text{rigideces de columnas que se unen en el nodo considerado}}{\sum \text{Rigideces de vigas que se unen en el nodo considerado}}$$

$$\text{Inercia de vigas} = (1/12)*30*40^3 = 160,000 \text{ cm}^4$$

$$\text{Inercia de columnas} = (1/12)*30*30^3 = 67500 \text{ cm}^4$$

Sentido X

$$\Psi_A = \frac{(67500/360) + (67500/260)}{(160000/370) + (160000/370)} = 0.52 \quad \Psi_B = 0$$

$$\Psi_{prom} = 0.52/2 = 0.26 < 2$$

$$K = ((20-0.26)/20) * (1+0.26)^{1/2} = 1.08$$

$$E = 1.08*3.60 / 0.3*0.3 = 43.2$$

Sentido Y

$$\Psi_A = \frac{(67500/360) + (67500/260)}{(160000/370) + (160000/170)} = 0.33 \quad \Psi_B = 0$$

$$\Psi_{prom} = 0.33/2 = 0.165 < 2$$

$$K = ((20-0.165)/20) * (1+0.165)^{1/2} = 1.07$$

$$E = 1.07 \cdot 3.60 / 0.3 \cdot 0.3 = 42.78$$

De acuerdo con los valores de esbeltez obtenidos en el sentido X,Y, la columna se clasifica dentro de las esbeltas, por lo que se deben magnificar los momentos actuantes.

Magnificador de momentos

$$\text{Fórmulas: } M_d = \delta \cdot M_a \quad EI = \frac{E_c \cdot I_g}{2.5} \quad P_{cr} = \frac{\pi^2 E I}{(K \cdot L_u)^2} \quad \delta = \frac{1}{1 - \frac{P_u}{\phi \cdot P_{cr}}} < 1$$

$$B_d = CMU/CU$$

Donde:

P_u = carga de diseño última

P_{cr} = carga crítica de pandeo de Euler = 35,079.63 kg.

β_d = factor de flujo plástico = 414/714 = 0.58

E_c = módulo de elasticidad del concreto

I_g = momento de inercia de la sección total del concreto respecto al eje centroidal, sin tomar en consideración el esfuerzo.

δ = factor de amplificación de momentos

El magnificador de momentos (δ) es un factor de seguridad por el cual deben multiplicarse los momentos últimos en columnas para evitar el pandeo.

$$\delta = 1 / (1 - [P_u / \phi P_{cr}]) \geq 1 \quad \phi = 0.70 \text{ si se usan estribos}$$

$$\phi = 0.75 \text{ si se usan zunchos}$$

Cálculo del magnificador de momentos en el sentido X:

$$E_c = 15100 \cdot (210)^{1/2} = 218819.79 \text{ Kg./cm}^2$$

$$\beta_d = 414/714 = 0.58$$

$$EI = [(67500 \cdot 218819.79)/2.5]/(1+0.58) = 3.74 \text{ E9 Kg.-cm}^2$$

$$P_{cr} = \pi^2 \cdot (3.74 \text{ E9}) / (1.08 \cdot 360)^2 = 244140.88 \text{ kg.}$$

$$\delta = 1 / (1 - (35,079.63 / (0.70 \cdot 244140.88))) = 1.26$$

$$M_{dx} = \text{momento de diseño en X} = \delta M_x = 1.23 \cdot 8407.40 = 10,593.32 \text{ Kg.-m}$$

Cálculo del magnificador de momentos en el sentido Y:

$$E_c = 15100 \cdot (210)^{1/2} = 218819.79 \text{ Kg./cm}^2$$

$$\beta_d = 414/714 = 0.58$$

$$EI = [(67500 \cdot 218819.79)/2.5]/(1+0.58) = 3.74 \text{ E9 Kg.-cm}^2$$

$$P_{cr} = \pi^2 \cdot (3.74 \text{ E9}) / (1.07 \cdot 360)^2 = 248770.45 \text{ kg.}$$

$$\delta = 1 / (1 - (35,079.63 / (0.70 \cdot 248770.45))) = 1.25$$

$$M_{dy} = \text{momento de diseño en Y} = \delta M_y = 1.25 \cdot 6745.83 = 8,432.29 \text{ Kg.-m}$$

Diseño de columna tipo A, nivel 1

Datos: Sección= 30x30 cm.

M_x =momento crítico en el sentido X=8,407.40 Kg.-m

M_y =momento crítico en el sentido y=6,745.83 Kg.-m

L_u = longitud efectiva=300 cm

Refuerzo longitudinal

Cuando en una estructura existen carga axial y flexión biaxial, hay varios métodos para calcular el acero longitudinal en columnas. En este caso se utilizará el método de carga inversa desarrollado por Bresler, que es un método de aproximación del perfil de la superficie de falla. La idea fundamental es aproximar el valor $1/P'u$ (de la superficie de falla). Este valor se aproxima por un punto plano determinado por los tres valores siguientes: a) la carga axial pura ($P'o$); b) la carga de falla para una excentricidad e_x , ($P'x_o$); c) la carga de falla para una excentricidad e_y , ($P'o_y$). Cada punto en la superficie de falla es aproximado por un plano distinto, es decir, para aproximar toda la superficie, se necesita un conjunto infinito de planos. Es uno de los métodos más utilizados, porque es sencillo y produce resultados satisfactorios, comprobados con ensayos de laboratorio.

La ecuación de carga inversa se define como:

$$\frac{1}{P'u} = \frac{1}{P'x_o} + \frac{1}{P'o_y} - \frac{1}{P'o}$$

Donde:

$P'u$ =valor aproximado de la carga última en flexión que resiste la columna a una excentricidad “e”.

$P'x_o=K_x \cdot f'_c \cdot$ sección del elemento=carga última que resiste la columna cuando se encuentra presente la excentricidad “ e_y ”, ($e_x=0$)

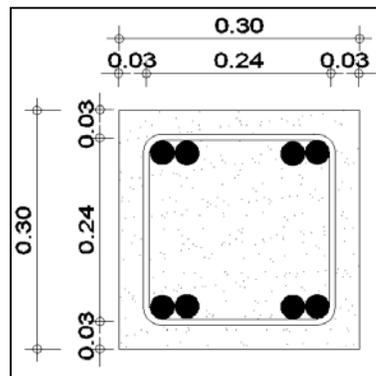
$P'o_y= K_y \cdot f'_c \cdot$ sección del elemento=carga última que resiste la columna cuando se encuentra presente la excentricidad “ e_x ”, ($e_y=0$)

$P'o=0.70[(0.85 \cdot f'_c \cdot (\text{área gruesa}-\text{área de acero})+\text{área de acero} \cdot f_y]=$ carga última axial que resiste la columna o la carga concéntrica que resiste la misma, ($e_x=0$, $e_y=0$).

K_x y K_y son coeficientes que se obtienen del diagrama de interacción para diseño de columnas.

Si $P'u > P_u$, entonces el armado propuesto es correcto; de lo contrario, se aumenta el área de acero.

Figura 22. Sección de columna tipo A



Datos:

$P_u = 31,658.19 \text{ Kg.}$
 $M_{dx} = 10,593.32 \text{ Kg.-m}$
 $M_{dy} = 8,432.29 \text{ kg-m}$
 $F'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$
 $F_y = 2,810 \text{ kg/cm}^2$
 Recubrimiento = 3 cm

$$A_{s \text{ min}} = 0.01 \cdot (30 \cdot 30) = 9 \text{ cm}^2$$

$$A_{s \text{ max}} = 0.06 \cdot (30 \cdot 30) = 54 \text{ cm}^2$$

En este caso se proponen 8 varillas No. 6 = $22.80 \text{ cm}^2 = 2.5\% A_g$

Para el diseño de columnas, el método Bresler utiliza los diagramas de interacción. Los valores a utilizar en los diagramas son:

a) Valor de la gráfica

$$Y_x = 24/30 = 0.8$$

$$Y_y = 24/30 = 0.8$$

b) Valor de la curva

$$\rho_\mu = (A_s \cdot f_y) / (A_g \cdot 0.85 \cdot f'_c) = (22.80 \cdot 2810) / (30 \cdot 30 \cdot 0.85 \cdot 210) = 0.40$$

c) Excentricidades

$$E_x = M_{dx} / P_u = 10341.10 / 31658.19 = 0.33$$

$$E_y = M_{dy} / P_u = 8,229.91 / 31658.19 = 0.26$$

d) Valor de diagonales

$$e_x / h_x = 0.33 / 0.30 = 1.1$$

$$e_y / h_y = 0.26 / 0.30 = 0.87$$

Con los datos obtenidos en los incisos a), b) y d) se buscan los valores en el diagrama de interacción, encontrando que $K_x=0.21$ y $K_y=0.51$ (ver figura 28 en apéndice)

Cálculo de cargas:

$$P'_x = 0.21 \cdot 210 \cdot 30 \cdot 30 = 39,690 \text{ Kg.}$$

$$P'_y = 0.51 \cdot 210 \cdot 30 \cdot 30 = 96,390 \text{ Kg.}$$

$$P'_o = 0.7[(0.85 \cdot 210 \cdot (0.30 \cdot 0.30 - 22.80)) + (22.80 \cdot 2810)] = 154,453.74 \text{ Kg.}$$

Cálculo de P'_u :

$$\frac{1}{P'_u} = \frac{1}{39,690} + \frac{1}{96,390} - \frac{1}{154,453.74} \quad ; \quad P'_u = 34,369.75 \text{ Kg.}$$

Como $P'_u > P_u$, el área de acero que se propuso sí soporta los esfuerzos a los que está sometido el elemento. En caso contrario, se debe aumentar el área de acero.

Refuerzo Transversal

Refuerzo por corte

$$\text{Corte resistente } V_r = 0.85 \cdot 0.53 \cdot (f'_c)^{1/2} \cdot b \cdot d$$

$$V_r = 0.85 \cdot 0.53 \cdot (210)^{1/2} \cdot 30 \cdot 27 = 5,287.98 \text{ Kg.}$$

De la figura 15 se tiene $V_a = 3014.24 \text{ Kg.}$ y comparando V_r y V_a

Si $V_r > V_a$ se colocan estribos a $S_{max} = d/2$

Si $V_r < V_a$ se diseñarán los estribos por corte

Considerando por requisito que la varilla mínima permitida es la No.3
Como $V_r > V_a$ se colocan estribos a $S_{max} = d/2 = 27/2 = 13.5$ cm.

Cálculo del espaciamiento del estribo en zona confinada:

Fórmulas $S_o = 2A_v / R_s * L_n$
 $\rho_s = 0.45(A_g / A_{ch} - 1)(0.85 * f'c / f_y)$

Donde:

A_v = área transversal que se utiliza como estribo

L_n = longitud no soportada del estribo

S_o = espaciamiento entre estribos zona confinada

ρ_s = relación volumétrica de la columna $\geq 0.12(f'c / f_y)$

A_g = área gruesa

A_{ch} = área chica

Calculando S_o para las columnas se tiene:

$$\rho_s = 0.45(30 * 30 / (24 * 24 - 1))(0.85 * 210 / 2810) = 0.014 \geq 0.12(210 / 2810) = 0.008$$

Suponiendo un estribo No.3 $A_v = 0.71$ cm² y se tiene:

$$S_o = (2 * 0.71) / (0.014 * 24) = 4.22$$
 cm.

Entonces colocar el estribo No.3 a cada 0.04 m en la longitud de confinamiento.

Longitud de confinamiento L_o

La longitud L_o no debe ser menor de lo que sea mayor de:

a) Sexta parte del claro libre (L_u) del elemento. Claro libre del elemento

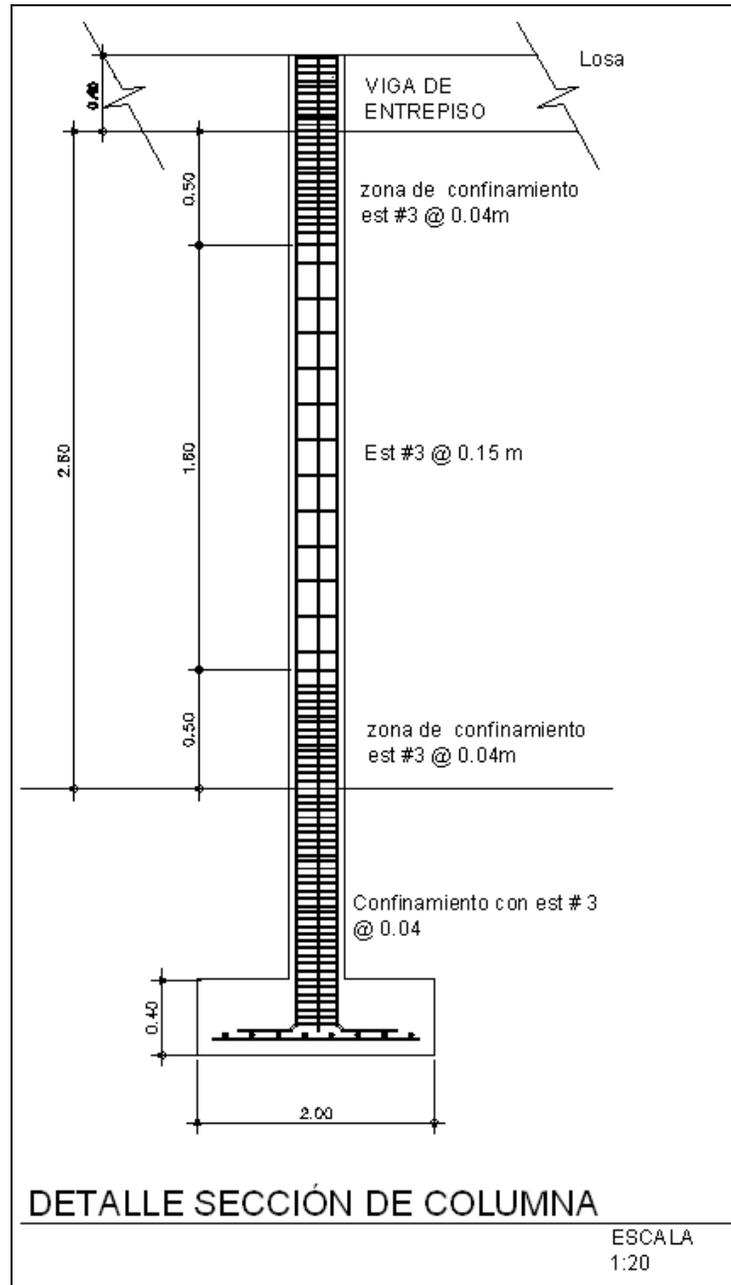
$$L_u = 300$$
 cm., entonces $L_o = 300 / 6 = 50$ cm.

- b) Mayor dimensión de la sección transversal del elemento, $L_o=30$ cm.
- c) 50 cm., según el Reglamento ACI 318-99 sección 21.10.5.1

Por lo que la longitud de confinamiento será de 50 cm.

El procedimiento de diseño de la columna tipo B es similar al diseño de la columna tipo A. Los resultados de las columnas se encuentran en los planos anexos.

Figura 23. Armado final de columna



2.1.4.3.4 Diseño de cimientos

Los antecedentes a tomar para el diseño de las zapatas son las fuerzas y los momentos del análisis estructural, figuras 12 y 14, respectivamente, y los datos del valor soporte del suelo, ya anotados. Los datos a utilizar para el diseño de zapata son:

$$P_u = 31658.19 \text{ kg}$$

$$F_y = 2810 \text{ kg/m}^2$$

$$M_{ux} = 8407.40 \text{ kg}\cdot\text{m}$$

$$FCU = 1.53$$

$$M_{uy} = 6745.83 \text{ Kg}\cdot\text{m}$$

$$F'_c = 210 \text{ Kg./m}^2$$

$$W_c = 2400 \text{ kg/m}^3$$

$$W_s = 1500 \text{ kg/m}^3$$

$$V_s = 20000 \text{ kg/m}^2$$

Área de zapata

Las zapatas deben dimensionarse para soportar las cargas de servicio y las reacciones inducidas. Para lograrlo, los cálculos a desarrollar son:

Cálculo de cargas de trabajo

$$P' = P_u / FCU = 31658.19 / 1.53 = 20757.05 \text{ Kg.}$$

$$M_{tx} = M_{ux} / FCU = 8407.40 / 1.53 = 5495.03 \text{ Kg}\cdot\text{m}$$

$$M_{ty} = M_{uy} / FCU = 6745.83 / 1.53 = 4409.04 \text{ Kg}\cdot\text{m}$$

Predimensionamiento del área de zapata

$$A_z = 1.5P' / V_s = 1.5 * 20757.05 / 20000 = 1.54 \text{ m}^2, \text{ } 1.07 \times 1.07 \text{ m.}$$

Luego de varias iteraciones, el área que se adopta es de 2.00×2.00

Chequeo de presión sobre el suelo

Una vez determinada el área de zapata, se debe calcular la carga admisible (q_{max}), la cual debe ser menor que el valor soporte (V_s), si se supone que las presiones resultantes están linealmente distribuidas, siempre que la excentricidad $e = M/p$ no supere la distancia K del núcleo de la zapata, es decir $e < K = L/6$, cuyo valor se define por la fórmula de la flexión normal:

$$q_{max/min} = \frac{P}{A_z} \pm \frac{M_{tx}}{S_x} \pm \frac{M_{ty}}{S_y} \quad S = 1/6 * b * h^2$$

Lo cual permite la determinación de las presiones en los bordes extremos.

La superficie necesaria de la zapata se halla teniendo en cuenta que $q_{max} < V_s$ y $q_{min} > 0$. Si la excentricidad es superior al núcleo ($e \geq L/6$), la ecuación de q_{min} da como resultado un valor menor a cero ($q_{min} < 0$), creando presiones de tensión en la zapata, y lo cual no es recomendable, ya que la zapata es diseñada para resistir esfuerzos de presión.

$$S_x = S_y = 1/6 * 2 * 2^2 = 1.33$$

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

$$P = 20691.63 + (4.0 \times 1 \times 1500) + (0.3 \times 0.3 \times 3.6 \times 2400) + (4.0 \times 0.35 \times 2400) = 33,065.46 \text{ kg}$$

$$q_{max/min} = \frac{33,065.46}{4.00} \pm \frac{5495.03}{1.33} \pm \frac{4409.04}{1.33} =$$

$$q_{max} = 15,713.03 \text{ Kg./m}^2 \quad \text{Cumple, no excede el } V_s$$

$$q_{min} = 819.70 \text{ Kg./m}^2 \quad \text{Cumple, solo compresiones en el suelo}$$

Presión última

Tomando en cuenta que la presión debajo de la zapatas en un punto, es distinta de la localizada en cualquier otro, por motivos de diseño se trabaja con una presión constante debajo de la zapata, la cual debe ser un valor que se encuentre entre q_{medio} y q_{max} . Entonces se utiliza $q_{\text{diseño}}$ último ($q_{\text{diseño U}}$).

$$q_{\text{diseño U}} = q_{\text{max}} * \text{FCU} = 15153.98 * 1.53 = 23,185.59 \text{ Kg./m}^2$$

Espesor de zapata

Para determinar el espesor de la zapata es necesario que resista tanto el corte simple o corte flexionante como el punzonamiento causado por la columna y las cargas actuantes.

Considerando lo anterior, se acepta $t=0.35 \text{ m}$, con un recubrimiento de 0.075 m .

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 chequeando de la siguiente forma:

$$d = t - \text{recubrimiento} - \Phi/2 = 35 - 7.5 - 1.59/2 = 26.71 \text{ cm.}$$

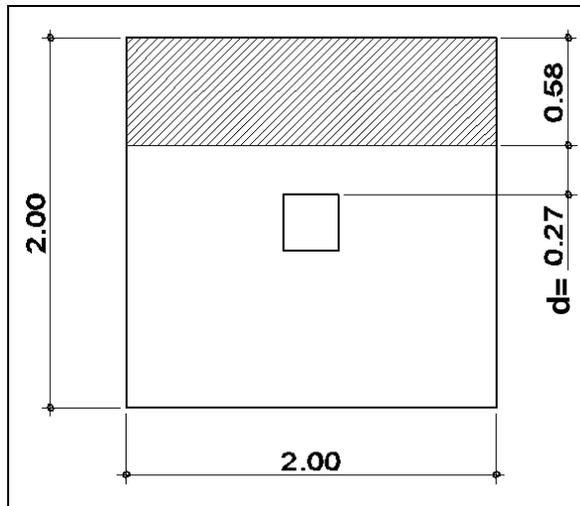
Asumiendo un Φ de varilla No. 5 (1.59 cm.)

$$V_A = \text{Área} * q_{\text{diseño U}} = 0.58 * 2.00 * 23185.59 = 26895.28 \text{ Kg.}$$

$$V_R = 0.85 * 0.53 * f'_c{}^{1/2} * b * d = 0.85 * 0.53 * (210)^{1/2} * 200 * 26.71 = 34874.53 \text{ Kg.}$$

Entonces $V_A < V_R$, por lo tanto sí chequea.

Figura 24. Chequeo por corte simple



Chequeo por corte punzonante

La columna tiende a punzonar la zapata debido a los esfuerzos de corte que se producen en ella alrededor del perímetro de la columna; el límite donde ocurre la falla se encuentra a una distancia igual a $d/2$ del perímetro de la columna. Chequeando punzonamiento:

$$d=26.71 \text{ cm.}$$

$$V_A = \text{Área} \cdot q_{\text{diseño}} U = (2 \cdot 2 - 0.56 \cdot 0.56) \cdot 23185.59 = 85471.36 \text{ Kg.}$$

$$V_R = 0.85 \cdot 1.06 \cdot f'_c{}^{1/2} \cdot b \cdot d = 0.85 \cdot 1.06 \cdot (210)^{1/2} \cdot 224 \cdot 26.71 = 77381.97 \text{ kg.}$$

Como $V_A > V_R$, no chequea, entonces se cambia el espesor t de la zapata.

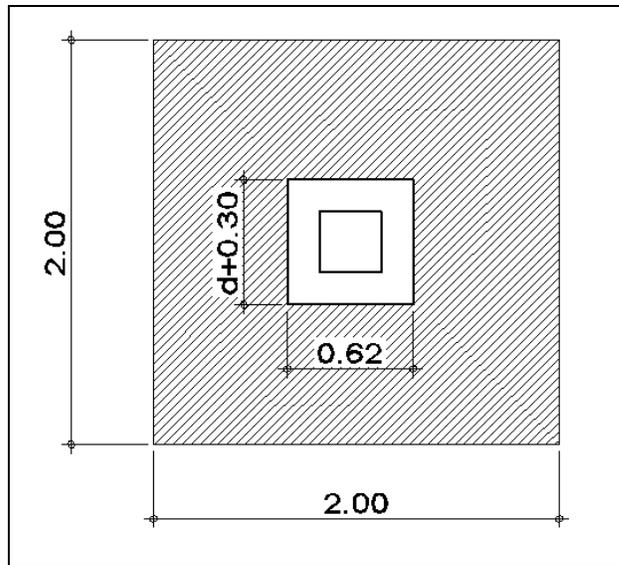
Utilizando un espesor $t=40$ cm., $d=31.71$ cm.

$$V_A = \text{Área} \cdot q_{\text{diseño}} U = (2 \cdot 2 - 0.62 \cdot 0.62) \cdot 23185.59 = 83829.82$$

$$V_R = 0.85 \cdot 1.06 \cdot f'_c{}^{1/2} \cdot b \cdot d = 0.85 \cdot 1.06 \cdot (210)^{1/2} \cdot 248 \cdot 31.71 = 101710.50 \text{ kg.}$$

Entonces $V_A < V_R$, por lo tanto sí chequea.

Figura 25. Chequeo por corte punzonante



Diseño de refuerzo por flexión

El empuje hacia arriba del suelo produce un momento flector en la zapata. Por tal razón, es necesario reforzarla con acero para resistir los esfuerzos inducidos. Se calcula de la siguiente manera:

Sentido X

Momento último: Se define como una losa en voladizo y su fórmula es:

$$M_u = q_u \cdot L^2 / 2$$

$$M_u = 23185.59 \cdot 0.85^2 / 2 = 8375.79 \text{ Kg.-m}$$

Donde L es la distancia medida del rostro de columna al final de la zapata.

Área de acero

El área de acero se define por la fórmula:

$$A_s = [B \cdot d - [(B \cdot d)^2 - (M \cdot B / (0.003825 \cdot f'_c))]^{1/2}] \cdot (0.85 \cdot f'_c / F_y)$$

Donde: $b = 100 \text{ cm.}$

$d = 31.71 \text{ cm.}$

$$A_s = 10.73 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{\min}} = 14.5/2810 \cdot 100 \cdot 31.71 = 16.36 \text{ cm}^2$$

Como A_s requerida $< A_{s_{\min}}$, entonces se utiliza $A_{s_{\min}}$

Espaciamiento entre varillas: Se define por la fórmula $S = A_v/A_s$, utilizando un

$A_v = 1.98 \text{ cm}^2$ (No.5), entonces:

$$S = 1.98/16.36 = 0.12 \text{ m.}$$

Colocar varillas No. 5 @ 0.12 m en el sentido X

Sentido Y

$$\text{Momento \u00faltimo} = M_u = 23185.59 \cdot 0.85^2 / 2 = 8375.79 \text{ Kg.-m}$$

$$d_y = d_x - \Phi_x / 2 - \Phi_y / 2 = 31.71 - 1.59 / 2 - 1.59 / 2 = 30.12 \text{ cm.}$$

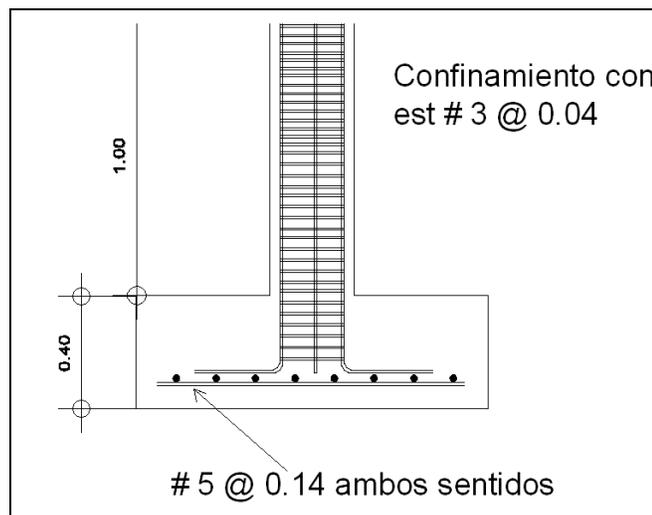
$$\text{\u00c1rea de acero} = A_s = 11.33 \text{ cm}^2, A_{s_{\min}} = 15.54 \text{ cm}^2$$

Como A_s requerida $< A_{s_{\min}}$, entonces se utiliza $A_{s_{\min}}$

$$\text{Espaciamiento entre varillas} = S = 1.98/15.54 = 0.13 \text{ m}$$

Colocar varillas No.5 @ 0.13 m en el sentido Y

Figura 26. Armado final de zapata



2.1.5 Instalaciones el\u00e9ctricas

Se diseñaron 18 circuitos identificados de la A a la R, distribuidos de la siguiente manera: 6 circuitos (A-F) de iluminación en el primer nivel, 5 circuitos (G-K) de iluminación en el segundo nivel, 3 circuitos (L-N) de fuerza (110V) en el primer nivel y 4 circuitos (O-R) de fuerza (110V) en el segundo nivel.

2.1.6 Instalaciones hidráulicas

Las instalaciones de agua potable serán de tubería pvc de ¾" de 250 psi para el circuito principal y de ½" para abasto de los artefactos, al igual que sus accesorios y cuya dotación será abastecida de la red municipal. Las instalaciones de drenajes serán de tubería de pvc de 3" para aguas negras, las cuales serán conducidas a una fosa séptica y de 4" para aguas pluviales las cuales desfogarán en un pozo de absorción.

2.1.7 Planos constructivos

Los planos elaborados para el edificio de aulas comprenden: Planta amueblada, planta acotada, sección y elevación, planta de acabados, planta de electricidad, planta de drenajes, planta de instalaciones hidráulicas, planta de cimientos y distribución de columnas, planta de losas y vigas y detalles estructurales. Se pueden ver en los anexos

2.1.8 Presupuesto

Es un documento que permite establecer prioridades y evaluar las consecuencias de los objetivos. Debe incluirse en la planificación de cualquier proyecto de ingeniería, ya que da a conocer la factibilidad del mismo.

2.1.8.1 Materiales

Los materiales deberán ajustarse en dimensiones y características a las especificaciones y normas técnicas que los complementen. El concreto será de 210 Kg./cm² y debe ser elaborado en mezcladora y colocado sin contaminación del suelo, el acero de refuerzo debe ser corrugado de grado 40, los elementos de mampostería (block) que servirán para formar los muros de carga y de división de la edificación será de 0.15*0.20*0.40 m, con una resistencia de 25 Kg./cm², la forma y dimensiones de los muros, se indican en los planos del proyecto. El agregado grueso o pedrín triturado debe ser de un diámetro de 1/2" libre de sustancias arcillosas y residuos vegetales. El agregado fino o arena debe ser de río, libre de materias arcillosas y residuos vegetales, el agua deberá estar libre sustancias químicas y dañinas.

2.1.8.2 Mano de obra

La mano de obra calificada estará a cargo de la municipalidad de San Lucas Sacatepéquez y la no calificada será proporcionada por la comunidad.

2.1.8.3 Costo total del proyecto

Para poder obtener este valor, es necesario desglosar el proyecto por renglones de trabajo los cuales separan cada uno de los componentes por unidades de ejecución tratando de ordenarlos siguiendo la secuencia lógica de ejecución. El precio unitario es la medida o unidad de pago que se obtiene por medio de la integración del costo directo y el costo indirecto.

Costo directo: En este costo se incluyen los precios de los materiales, los cuales se cotizaron en el municipio, y de la mano de obra calificada y no

calificada, necesarios en cada unidad de ejecución. En cuanto a la mano de obra calificada, se asignaron los salarios que se registran en la municipalidad.

Costo indirecto: Es la suma de todos los gastos técnico-administrativos. Se valoriza como un porcentaje del costo directo, porcentaje que se basa en la experiencia en obras similares, cuyo valor en este caso es del 36%, tomando en cuenta imprevistos, supervisión, gastos administrativos e impuestos.

Luego se obtiene el costo total por renglón multiplicando la cantidad de trabajo por el precio unitario de cada renglón y la sumatoria de todos los costos totales por renglones del proyecto da el costo total del proyecto que en este caso asciende a Q 1.459,996.00

Todos los renglones descritos anteriormente se presentan en la siguiente tabla.

Tabla VII. Presupuesto edificio escolar de dos niveles para la Aldea El Manzanillo

**PRESUPUESTO
ESCUELA ALDEA EL MANZANILLO**

No.	DESCRIPCION	UNIDAD	CANT	P.U.	TOTAL
1	Trazo	m2	320	Q 7.00	Q 2,240.00
2	Zapata Z-1	UD	35	Q 3,500.00	Q 122,500.00
3	Cimiento Corrido	ML	122	Q 300.00	Q 36,600.00
4	Viga de amarre	ML	70	Q 225.00	Q 15,750.00
5	Viga 1	ML	66	Q 275.00	Q 18,150.00
6	Viga 2	ML	22	Q 225.00	Q 4,950.00
7	Viga 3	ML	66	Q 270.00	Q 17,820.00
8	Viga 4	ML	22	Q 225.00	Q 4,950.00
9	Viga 5	ML	104	Q 245.00	Q 25,480.00
10	Viga 6	ML	104	Q 252.00	Q 26,208.00
11	Viga 7	ML	16	Q 215.00	Q 3,440.00
12	Viga 8	ML	16	Q 275.00	Q 4,400.00
13	Columna CA	ML	143.5	Q 325.00	Q 46,637.50
14	Columna CB	ML	94.5	Q 215.00	Q 20,317.50
15	Losa de entepiso	M2	320	Q 300.00	Q 96,000.00
16	Levantado de block visto	M2	492	Q 375.00	Q 184,500.00
17	Losa final	M2	320	Q 210.00	Q 67,200.00
18	Acabados	M2	1132	Q 120.00	Q 135,840.00
19	Instalación de drenaje pluvial, bajadas y canal	GLOBAL	1	Q 15,000.00	Q 15,000.00
20	Instalación de drenaje sanitario	GLOBAL	1	Q 5,700.00	Q 5,700.00
21	Caja de flipones de 12 circuitos	UD	1	Q 800.00	Q 800.00
22	Módulo de gradas más cubierta de losa	UD	1	Q 65,000.00	Q 65,000.00
23	Piso cerámico nacional de 0,33x0,33 (incluye fundición de base)	M2	640	Q 220.00	Q 140,800.00
24	Ventanas de aluminio mil finish + vidrio 5 mm.	M2	187.1	Q 500.00	Q 93,550.00
25	Balcones de metal	M2	187.1	Q 350.00	Q 65,485.00
26	Barandal de metal	M2	60	Q 650.00	Q 39,000.00
27	Verja de metal	M2	112.5	Q 670.00	Q 75,375.00
28	Puerta de 2,10 x 0,90	UD	13	Q 1,500.00	Q 19,500.00
29	Puerta de 1,70 x 0,70	UD	8	Q 1,000.00	Q 8,000.00
30	Instalación eléctrica de iluminación de lámparas de 2x40	UD	80	Q 750.00	Q 60,000.00
31	Instalación eléctrica de fuerza (110 V)	UD	40	Q 350.00	Q 14,000.00
32	Instalación de agua potable	GLOBAL	1	Q 3,200.00	Q 3,200.00
33	Instalación eléctrica Iluminación de plafonera	UD	4	Q 500.00	Q 2,000.00
34	Suministro e instalación de inodoros	UD	8	Q 1,200.00	Q 9,600.00
35	Suministro e instalación de lavamanos	UD	8	Q 1,000.00	Q 8,000.00
36	Limpieza final	GLOBAL	1	Q 2,000.00	Q 2,000.00
TOTAL					Q 1,459,993.00

2.2 Diseño del sistema de alcantarillado sanitario para el sector sur del casco urbano de San Lucas Sacatepéquez

2.2.1 Descripción del proyecto

Este proyecto comprende el diseño del alcantarillado sanitario del municipio de San Lucas, en el departamento de Sacatepéquez. Para su realización se hizo, en primer lugar, un estudio poblacional y un levantamiento topográfico, en lo que se refiere a altimetría y planimetría.

La red tiene una línea principal con longitud de 2500 metros, en los cuales se diseñaron 38 pozos de visita, los que se construirán según especificaciones del INFOM (Instituto de Fomento Municipal), como alturas mínimas, cotas invert, etc. La tubería a utilizar será de PVC y tendrán diámetros de 6, 8 y 10 pulgadas. Las pendientes en la tubería se tomaron de acuerdo a la pendiente del terreno, siempre y cuando ésta no provoque que la velocidad y caudales dentro de las alcantarillas estén fuera de especificaciones.

Su desfogue será en una planta de tratamiento que la municipalidad de San Lucas Sacatepéquez contratará y la cual se encuentra en fase de estudio.

2.2.2 Aspectos preliminares

Se realizó un recorrido para conocer las condiciones en que se encuentra la población, las condiciones del terreno donde pasará la línea central así como recavar la información necesaria para el diseño del alcantarillado.

2.2.3 Levantamiento topográfico

En la realización del levantamiento topográfico del área a drenar, no sólo se tomó en cuenta el área edificada en la actualidad, sino también las que en un futuro puedan contribuir al sistema, incluyendo la localización exacta de todas las calles y zonas con o sin edificación; edificios; alineación municipal; carreteras; todos los pavimentos, anotando su clase y estado; parques públicos; campos de deporte y todas aquellas estructuras naturales y artificiales que guarden relación con el problema a resolver e influyan en los diseños.

2.2.4 Diseño del sistema

2.2.4.1 Descripción del sistema a utilizar

En función de su finalidad, existen 3 tipos básicos de alcantarillado; la selección o adopción de cada uno de estos sistemas dependerá de un estudio minucioso de factores, tanto topográficos como funcionales, pero quizá el más importante es el económico.

- a) Alcantarillado sanitario: Recoge las aguas servidas domiciliarias, baños, cocinas y servicios; residuos comerciales como restaurantes y garages; aguas negras producidas por industrias e infiltración.
- b) Alcantarillado pluvial: Recoge únicamente las aguas de lluvia o que concurren al sistema.

Para el efecto, la comunidad en estudio no cuenta con sistema de alcantarillado. Las calles no son pavimentadas, por lo que se decidió realizar un alcantarillado sanitario, del cual están excluidos los caudales de agua de lluvia provenientes de la calle, techos y otras superficies.

2.2.4.2 Diseño hidráulico

2.2.4.2.1 Período de diseño

Es el período de funcionamiento eficiente del sistema. Pasado este período, es necesario rehabilitar el sistema. Los sistemas de alcantarillado serán proyectados para cumplir adecuadamente su función durante un período de 30 a 40 años a partir de la fecha de construcción.

Para seleccionar el período de diseño de una obra de ingeniería, deben considerarse factores como la vida útil de las estructuras y el equipo competente, tomando en cuenta el desgaste natural que sufren los materiales, así como la facilidad para hacer ampliaciones a las obras planeadas. También, la relación anticipada del crecimiento de la población, incluyendo en lo posible el desarrollo urbanístico, comercial o industrial de las áreas adyacentes. El período de diseño adoptado para este proyecto es de 20 años, tal y como lo recomienda el Instituto Nacional de Fomento Municipal.

En ciertas situaciones se considera incluir, dentro del período de diseño, un tiempo de 2 años adicionales, debido a gestiones que conlleva un proyecto para su respectiva autorización y desembolso económico, si éste aún no se encuentra programado en la etapa de preinversión en la respectiva municipalidad. En esta oportunidad ya no fue necesario tomar esta consideración adicional por estar entre los proyectos de prioridad

2.2.4.2.2 Población de diseño

Para estimar la población de diseño se utilizó el método geométrico, involucrando en forma directa a la población actual que tributará al sistema de

drenaje y la tasa de crecimiento del lugar.

Para el diseño del sistema se tiene una población actual de 1500 habitantes.

Método de incremento geométrico

Con este método se obtiene un incremento que se comporta más acorde al crecimiento real de la población. Gráficamente su comportamiento es una curva exponencial. Tiene la ventaja de que no necesita muchos datos y su desventaja es que se puede sobre estimar la población.

Con los datos obtenidos en el Instituto Nacional de Estadística (INE) se puede calcular la población futura del área y se necesita tener además el conocimiento de la tasa de crecimiento del municipio, la que debe estar bajo una base historial de mucha información y confiabilidad de censos del lugar; por tanto, la proporcionada por el Instituto Nacional de Estadística, es la recomendada. Sin embargo, esta información es del año 2,002, por lo que según el centro de salud del municipio, la tasa es del 5.8%, tomando ésta para el diseño, ya que dicho centro maneja información actualizada

Entonces aplicando la siguiente fórmula, se obtiene:

$$P_n = P_o (1 + r)^n = 1500 (1 + 0.058)^{20} = 4632 \text{ hab.}$$

Donde:

P_n = Población

P_o = Población del último censo

r = Tasa de crecimiento

n = Período de diseño

2.2.4.2.3 Dotación

La dotación proporcionada por la municipalidad es de 100 L/hab./día (15 m³/vivienda/mes). El caudal doméstico debe ser afectado por el factor de retorno al ser calculado.

2.2.4.2.4 Factor de retorno

Se sabe que no todo el 100% de agua potable que ingresa a cada vivienda regresará a las alcantarillas, por razones de uso en riego de terrenos agrícolas y patios, considerando perderse un 25% hacia infiltración y evaporización. El área de influencia del proyecto cuenta con viviendas que en su mayoría poseen patios de tierra, por lo que se consideró un factor de retorno al sistema del 75%.

2.2.4.2.5 Factor de flujo instantáneo

Es un factor que está en función del número de habitantes, localizados en el área de influencia. Regula un valor máximo de las aportaciones por uso doméstico, para las horas pico. Se expresa por medio de la fórmula de Hardmon, en la cual su valor disminuye si la población aumenta, y aumenta si la población analizada disminuye. Su fórmula es:

$$FH = (18 + (P/1000)^{(1/2)}) / (4 + (P/1000)^{(1/2)}) \quad P = \text{Número de habitantes.}$$

$$FH = (18 + (1500/1000)^{(1/2)}) / (4 + (1500/1000)^{(1/2)}) = 3.6796$$

2.2.4.2.6 Caudal sanitario

2.2.4.2.6.1 Caudal domiciliar

Es el agua que, una vez ha sido usada por los humanos para limpieza o producción de alimentos, es desechada y conducida hacia la red de alcantarillado. El agua de desecho doméstico está relacionada con la dotación del suministro del agua potable, menos una porción que no será vertida al drenaje de aguas negras. Para tal efecto, la dotación de agua potable es afectada por el factor de retorno al sistema. De esta forma el caudal domiciliar o doméstico queda integrado así:

$$q \text{ dom.} = (\text{Dotación} * \text{No. de Hab. Futuro} * \text{Factor retorno}) / 86400$$

$$q \text{ dom.} = (100 \text{ L/hab./día} * 4,632 \text{ hab.} * 0.75) / 86400 = 4.02 \text{ L/seg.}$$

2.2.4.2.6.2 Caudal de infiltración

No existe un caudal de infiltración ya que la tubería a emplear es pvc.

2.2.4.2.6.3 Caudal por conexiones ilícitas

Este es un caudal producido por las viviendas que conectan las tuberías del sistema de agua pluvial al alcantarillado sanitario. Para efecto de diseño se puede estimar que un porcentaje de las viviendas de una localidad pueden hacer conexiones ilícitas, lo que es susceptible de variar de 0.5 a 2.5%.

Como el cómputo de caudal de conexiones ilícitas va directamente relacionado con el caudal producido por las lluvias, una de las formas para calcularlo es el Método Racional, el cual fue el que se aplicó en este estudio.

$$q \text{ Conex. Ilícitas} = C i A / 360 = C i (A * \%) / 360$$

q= caudal (m³ / seg.)

C= coeficiente de escorrentía

i= intensidad de lluvia (mm / hora)

A= Área que es factible conectar ilícitamente al sistema (Ha)

La intensidad de lluvia está dada por la fórmula:

$$I = 9510 / (t + 30)^{1.15} = 129 \text{ mm / hora} \quad \text{Donde } t = 12 \text{ minutos}$$

Para el área de techos al final del período de diseño, se considera que las casas tendrán también en promedio 35 m² de superficie y que habrá un incremento de 300 casas actuales a 926 posibles futuras casas. Considerando un coeficiente de escorrentía de techos y patios promedio de C= 0.65 y un 1 % máximo en conexiones ilícitas, se tiene:

$$\text{Área techos} = (35 \text{ m}^2) (926 \text{ casas}) * (1 \text{ Ha} / 10000 \text{ m}^2) = 3.241 \text{ Ha}$$

$$q \text{ Conex. Ilícitas} = ((0.65 * 129 \text{ mm/hr} * 3.241 \text{ Ha} * 0.005) / 360) * 1000$$

$$q \text{ Conex. Ilícitas} = 1.36 \text{ L/ seg.}$$

La estación pluviométrica consultada fue La Suiza Contenta en Sacatepéquez.

2.2.4.2.6.4 Caudal comercial e industrial

En el Reglamento de Construcción de la Municipalidad de San Lucas Sacatepéquez, artículo 68, se establece que si se construye una edificación industrial, ésta deberá conducir las aguas residuales hacia su propia planta de tratamiento y no unirse al colector general municipal. Razón por la cual no se consideró el caudal comercial e industrial para este diseño.

2.2.4.2.7 Factor de caudal medio

Este es un factor que regula la aportación de caudal en la tubería. Se considera que es el caudal con que contribuye un habitante debido a sus actividades, sumando los caudales doméstico, de infiltración, por conexiones ilícitas, caudal comercial e industrial, entre la población total. Este factor debe estar dentro del rango de 0.002 a 0.005. Si da un valor menor se tomará 0.002, y si fuera mayor se tomará 0.005 considerando siempre que este factor no esté demasiado distante del rango máximo y mínimo establecido, ya que se podría caer en un sobrediseño o en subdiseño, según sea el caso.

El factor de caudal medio se calculó de la forma siguiente:

$$\mathbf{F_{qm} = q \text{ medio} / \text{No. de habitantes futuro}}$$

Donde:

$q \text{ medio} = q \text{ doméstico} + q \text{ infiltración} + q \text{ conexiones ilícitas} + q \text{ comercial}$

$q \text{ domiciliar} = 4.02 \text{ L/seg.}$

$q \text{ infiltración} = 0.00 \text{ L/seg.}$

$q \text{ conexiones ilícitas} = 1.36 \text{ L/seg.}$

$q \text{ medio} = 5.38 \text{ L/seg.}$

$F_{qm} = 5.38 \text{ L/seg.} / 4632 \text{ hab.} = 0.0011$

Este caudal no se encuentra entre los rangos establecidos; por lo tanto se adopta el valor 0.002 para el diseño

2.2.4.2.8 Caudal de diseño

Es el caudal con que se diseñará cada tramo del sistema de alcantarillado sanitario, de acuerdo a los datos obtenidos o investigados y aplicados en un período de diseño.

El caudal de diseño de cada tramo será igual a multiplicar el factor de caudal medio, el factor de Hardmon y el número de habitantes a servir, que en este caso se compara el diseño para la población actual y futura con las siguientes expresiones:

q Dis. Actual = (Fqm) (FH actual) (No. de habitantes actual)

$$q \text{ Dis Actual} = 0.002 * 3.6796 * 1500 = 14.35 \text{ L/seg.}$$

q Dis Fut = (Fqm) (FH futuro) (No. de habitantes futuro)

$$q \text{ Dis Fut} = 0.002 * 3.2756 * 4632 = 39.45 \text{ L/seg.}$$

Es de notable importancia mencionar que el flujo que se encauzará y circulará dentro de las tuberías al construirse el sistema con la población actual, será menor al que existirá en el sistema cuando a éste se le incorporen futuras conexiones domiciliarias y otros caudales ilícitos , infiltración, etc.

En este estudio de drenajes, el caudal de diseño actual será el caudal de diseño crítico para evitar taponamientos por pequeños flujos, y se realizó un chequeo para el caso contrario, el cual se estima sucederá al final del período del diseño, con la velocidad y el tirante de agua, para cada tramo (esto garantiza que un ramal con poco caudal posea al menos una pendiente

definida, que garantice que $v=0.460$ m/seg. y $0.10 < d/D < 0.75$ como cuando sucede teniendo terrenos muy planos y siendo ramales iniciales).

2.2.4.2.9 Diseño de secciones y pendientes

El cálculo de la capacidad, velocidad, diámetro y pendientes se hará aplicando la fórmula de Manning, transformada al sistema métrico para secciones circulares, así:

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

Donde:

v = velocidad del flujo a sección llena (m/seg.)

D = diámetro de la sección circular (pulgadas)

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

n = coeficiente de rugosidad de Manning

0.010 para tubería de PVC

2.2.4.2.10 Velocidades máximas y mínimas

La velocidad máxima será de 5.00 m/seg., y la velocidad mínima será de 0.40 m/seg. En casos críticos con terrenos muy planos y ramales iniciales con pequeño flujo, se acepta una velocidad de 0.30 m/seg.

2.2.4.2.11 Cotas invert

La diferencia de cotas invert entre las tuberías que entran y salen de un pozo de visita será como mínimo de 0.03 metros.

Cuando el diámetro interior de la tubería que entra a un pozo de visita, sea menor que el diámetro interior de la que sale, la diferencia de cotas invert será, como mínimo, la diferencia de dichos diámetros.

Cuando la diferencia de cotas invert entre la tubería que entra y la que sale en un pozo de visita, sea mayor de 0.70 m, deberá diseñarse un accesorio especial que encauce el caudal con un mínimo de turbulencia.

2.2.4.2.12 Diámetro de tuberías

El diámetro mínimo a utilizar en los alcantarillados sanitarios, según Las Normas Generales para Diseño de Alcantarillados del INFOM, será de 6" para tubos de PVC y 8" para tubos de concreto, el cual podrá aumentar cuando, a criterio del diseñador, sea necesario. Este cambio puede ser por influencia de la pendiente, del caudal o de la velocidad.

2.2.4.2.13 Profundidad de tuberías

La profundidad mínima de coronamiento de la tubería con respecto a la superficie del terreno será de 1.20 metros, más el diámetro interior y el espesor del tubo. En este caso, por ejemplo, para un tubo de 8 pulgadas se tienen $1.20\text{m.} + 8" + 0.05 = 1.45 \text{ m.}$

2.2.4.2.14 Pozos de visita

Se diseñarán pozos de visita para localizarlos en los siguientes casos:

- a) Cambio de diámetro
- b) Cambio de pendiente

- c) Cambios de dirección horizontal, para diámetros menores de 24"
- d) Las intersecciones de dos o más tuberías
- e) Los extremos superiores de ramales iniciales
- f) A distancias no mayores de 100 metros en línea recta en diámetros hasta de 24"
- g) A distancias no mayores de 300 metros en diámetros superiores a 24"

En este proyecto se construirán pozos de visita con paredes de ladrillo de barro cocido. Los demás elementos serán de concreto reforzado.

2.2.4.2.15 Conexiones domiciliarias

En las conexiones domiciliarias, para sistemas de tubería de pvc, el diámetro mínimo será de 4", con una pendiente mínima de 2% y una máxima de 6% y que forme un ángulo horizontal con respecto a la línea central de aproximadamente 45 grados, en el sentido de la corriente del mismo.

El tubo de la conexión que sale de la candela domiciliar debe ser de menor diámetro que el del tubo de la red principal, con el objeto de que sirva de retenedor de algún objeto que pueda obstruir el colector principal. Se utilizará tubo de concreto de 12" de diámetro para la candela domiciliar y así facilitar su construcción.

Diseño de la red de alcantarillado sanitario

DATOS GENERALES

Población actual= 101 hab.

Población futura= 812 hab.

PV= pozo de visita

Cota inicio de terreno PV-1=120.32

Cota final de terreno PV-2=118.28

Distancia horizontal=100.98

Período de diseño= 20 años

Coefficiente de rugosidad= 0.010

S= pendiente del terreno (%)

Fqm= 0.003

S= (120.32-118.28)/100.98= 0.0202 = 2.02%

Stubería=1.50%

No. de casas del tramo=20

Factor de Harmon actual= $\frac{18+(P/1000)^{1/2}}{4+(P/1000)^{1/2}} = \frac{18+(101/1000)^{1/2}}{4+(101/1000)^{1/2}} = 4.2424$

Factor de Harmon actual= $\frac{18+(P/1000)^{1/2}}{4+(P/1000)^{1/2}} = \frac{18+(812/1000)^{1/2}}{4+(812/1000)^{1/2}} = 3.8565$

Caudal de diseño actual qactual= 101*0.03*4.2424= 12.85 L/s

Caudal de diseño futuro qfuturo= 812*0.03*3.8565 = 93.94 L/s

V=0.03429*102/3*1.501/2/0.010=1.95 m/s

Q= 3.14159*(102)/4*1.95=153.15 L/s

Utilizando las tablas de relaciones para el diseño de alcantarillado sanitario, se obtiene una velocidad actual=0.59 m/s, chequeando que está dentro del rango permitido de velocidades para tubería pvc.

Cotas invert de salida= cota inicial de terreno-profundidad de pozo=
120.32-1.70=118.62 m

La profanidad de pozo será de 1.70 m ya que se tiene previsto realizar conexiones futuras al sistema, lo que garantizará una pendiente adecuada.

$$\begin{aligned} \text{Cota invert de entrada} &= \text{cota invert de salida} - (\text{Stubería} * \text{Distancia horizontal}) = \\ & 118.62 - (0.015 * 100.98) = 117.11 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\text{Profundidad de pozo inicial} = 120.32 - 118.62 = 1.70 \text{ m}$$

$$\text{Profundidad de pozo final} = 118.28 - 117.11 = 1.17 \text{ m}$$

2.2.4.2.16 Plan de operación y mantenimiento del sistema

A medida que se produce el envejecimiento de los sistemas de alcantarillado, el riesgo de deterioro, obstrucciones y derrumbes se convierte en una consideración muy importante. Por esta razón la limpieza y la inspección de los colectores de agua residual son fundamentales para el mantenimiento y funcionamiento correcto del sistema, y además extienden la inversión de la comunidad en su infraestructura de alcantarillado.

Técnicas de inspección: Se requieren programas de inspección para determinar la condición actual del alcantarillado y para ayudar a la planificación de una estrategia de mantenimiento. Idealmente las inspecciones del alcantarillado deben realizarse en condiciones de bajo caudal. De presentarse condiciones de flujo que pudieran alterar las inspecciones, estas deben llevarse a cabo durante los periodos de menor caudal entre la medianoche y las cinco de la mañana, o se puede hacer un taponamiento temporal del colector para reducir el caudal.

Las conexiones domiciliarias presentan generalmente problemas de tubería obstruida (parcial o total) y conexión de aguas pluviales, por lo que

habrá que verificar las condiciones de la candela y su tapadera, y en caso de ser necesario repararlas o cambiarlas y evitar que se introduzca tierra o basura y provoque algún taponamiento. Si existiera conexión de aguas pluviales, ésta se debe cancelar y así evitar que la tubería se sature, ya que no fue diseñada para conducir aguas pluviales.

La línea o colector principal presenta también problemas de obstrucción por lo que se puede proceder de las siguientes formas: Debe bajar por lo menos una persona a cada pozo de visita entre el tramo a evaluar y colocar una linterna en un alumbrando hacia la tubería y la otra persona percibirá clara o parcialmente el reflejo indicando si existe algún taponamiento en el tramo. Otra forma de proceder consiste en verter una cantidad determinada de agua en el pozo de visita y chequear el corrimiento del agua hacia el siguiente pozo, esperando que éste sea normal. Si es muy lento existe algún taponamiento y si no sale agua en el pozo existe una obstrucción total, por lo que se introducirá una guía para localizarla y si es necesario se excavará hasta descubrir la tubería para retirar los residuos acumulados.

Los pozos de visita deberán revisarse periódicamente y en caso de necesitarlo, se hará una limpieza de los residuos y lodos que se acumulan y evitan el paso de las aguas residuales.

2.2.4.2.17 Elementos de un alcantarillado sanitario

Los elementos de un sistema de alcantarillado sanitario se dividen en Obras Básicas y Obra Complementarias.

Dentro de las Obras Básicas están los colectores (tubería por la que se conduce el agua residual), pozos de visita y conexiones domiciliarias; y dentro

de las Obra Complementarias se encuentran los pozos de luz, tanques de lavado, derivadores de caudal, disipadores de energía, tuberías de ventilación y sifones.

2.2.4.2.18 Tratamiento de aguas servidas

Toda descarga deberá tener un tratamiento adecuado a las condiciones del cuerpo receptor de la descarga. El tratamiento a establecer deberá ser como mínimo un tratamiento primario, pero si existen normas o regulaciones que exijan un mayor nivel de tratamiento, se deberá atender esa exigencia.

2.2.4.2.19 Características del agua residual

El 99.9 % de su composición es agua y el 0.01 % son sólidos, de los cuales el 70% son sólidos orgánicos y el 30% son inorgánicos (arenas, sales y metales).

Estos sólidos pueden ir en suspensión y el tamaño de las partículas es de una micra o más y se decantan por sedimentación; los sólidos coloidales, partículas entre 1 micra y 0.001 micras, se eliminan por procesos de coagulación y floculación. Los sólidos disueltos, tamaño menor a una milésima de micra, se eliminan por procesos de oxidación biológica o por oxidación física.

2.2.4.2.20 Características de los residuos

Los residuos estarán formados principalmente por aguas negras y sólidos orgánicos como residuos de alimentos, grasas, desechos fecales; y en casos extremos, material no biodegradable (botellas plásticas, bolsas, etc.).

2.2.4.2.21 Cantidad de sólidos de las aguas negras

Las aguas residuales normalmente contienen microorganismos patógenos. Las cantidades de microorganismos van de 10,000 a 100,000 coliformes totales y 1,000 a 10,000 coliformes fecales por cada 100 ml de agua, como también se aíslan algunos virus y huevos de parásitos.

2.2.4.2.22 Modo de descomposición

La mayoría de la materia orgánica que contamina el agua procede de desechos de alimentos y es descompuesta por bacterias, protozoarios y diversos organismos mayores. Ese proceso de descomposición ocurre tanto en el agua como en la tierra y se lleva a cabo mediante reacciones químicas que requieren oxígeno para transformar sustancias ricas en energía en sustancias pobres en energía.

2.2.4.2.23 Selección del tipo de tratamiento a utilizar

Toda agua servida o residual debe ser tratada tanto para proteger la salud pública como para preservar el medio ambiente y prevenir la contaminación de los cuerpos receptores. Antes de tratar cualquier agua servida debemos conocer su composición, conocer qué elementos químicos y biológicos están presentes y conocer toda la información necesaria para que los ingenieros expertos en tratamiento de aguas puedan diseñar una planta apropiada al agua servida que se está produciendo.

2.2.4.2.24 Propuesta de tratamiento

Para este proyecto de alcantarillado sanitario, se tiene planificada una planta de tratamiento la cual se encuentra en fase de estudio.

2.2.4.3 Elaboración de planos

Después de realizar los procedimientos descritos en las secciones anteriores, es necesario plasmar los resultados en planos. Estos son las representaciones gráficas que detallan y especifican 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 para el sistema de alcantarillado sanitario comprende: Dirección del flujo hacia el lugar de descarga, planta y perfil, detalle de pozos de visita y detalle de conexión domiciliar. Ver anexos.

2.2.4.4 Presupuesto del sistema de alcantarillado sanitario

La siguiente tabla corresponde a la estimación del presupuesto final del alcantarillado sanitario sector sur del casco urbano de San Lucas Sacatepéquez, en el cual se incluyen los costos de materiales, mano de obra calificada y no calificada, costos indirectos del 35%, tomando en cuenta los imprevistos, supervisión, gastos administrativos e impuestos.

Tabla VIII. Presupuesto del sistema de alcantarillado sanitario, sector sur del casco urbano

**PRESUPUESTO
ALCANTARILLADO SANITARIO, SECTOR SUR DEL CASCO URBANO**

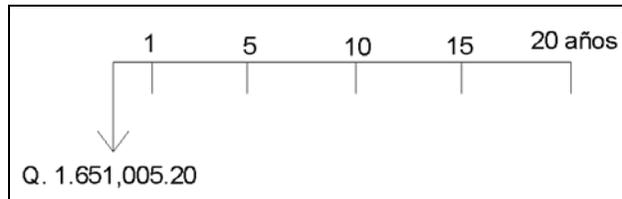
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO U.	TOTAL
Preliminares	1	global	Q 5,995.00	Q 5,995.00
Replanteo Topográfico	2.5	Km.	Q 1,400.00	Q 3,500.00
Excavación	2700	ML	Q 202.25	Q 546,075.00
Tubería 6"	900	mL	Q 107.28	Q 96,552.00
Tubería 8"	1200	mL	Q 161.10	Q 193,320.00
Tubería 10"	400	mL	Q 247.53	Q 99,012.00
Pozos de visita de 1,39-2,50m	19	u	Q 5,009.08	Q 95,172.52
Pozos de visita de 2,51-4,00 m	11	u	Q 5,277.86	Q 58,056.46
Pozos de visita de 4,01-6,06 m	8	u	Q 7,223.75	Q 57,790.00
Conexiones Domiciliares	300	U	Q 447.10	Q 134,130.00
Relleno y Compactación	10922	m3	Q 25.00	Q 273,050.00
Reposición de Asfalto	19	m3	Q 1,009.74	Q 19,185.06
			TOTAL	Q 1,581,838.04

2.2.4.5 Evaluación socio-económica

2.2.4.5.2 Valor Presente Neto (VPN)

El método del Valor Presente Neto es muy utilizado por dos razones: la primera porque es de muy fácil aplicación y la segunda porque todos los ingresos y egresos futuros se transforman al presente y así puede verse fácilmente, si los ingresos son mayores que los egresos. Cuando el VPN es menor que cero implica que hay una pérdida a una cierta tasa de interés o por el contrario si el VPN es mayor que cero se presenta una ganancia.

Figura 26. Esquema de ingresos y egresos económicos para el proyecto



$$\text{VPN} = \text{Ingresos} - \text{Egresos}$$

$$\text{VPN} = 0 - 1.651,005.20$$

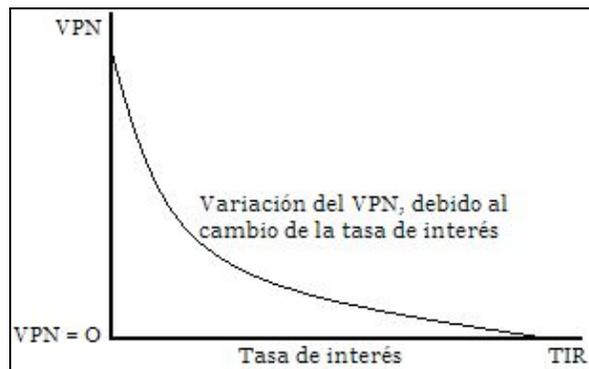
$$\text{VPN} = -1.651,005.20$$

Como el VPN es menor que cero, nos indica que el proyecto no es rentable. Esto es debido a que, por ser un proyecto de carácter social, no se estipulan ingresos.

2.2.4.5.3 Tasa Interna de Retorno (TIR)

La tasa interna de retorno, como su nombre lo indica es el interés que hace que los ingresos y los egresos tengan el mismo valor, cuando se analiza una alternativa de inversión.

Figura 27. Variación del VPN debido a la TIR



La tasa interna de retorno puede calcularse mediante las ecuaciones siguientes:

$$(P-L) * (R/P, i\%, n) + L*i + D = I$$

Donde: P = Inversión inicial

L = Valor de rescate

D = Serie uniforme de todos los costos

I = Ingresos anuales

Valor Presente de Costos = Valor Presente de Ingresos

Costo anual = Ingreso anual

En las tres formas, el objetivo es satisfacer la ecuación, a través de la variación de la tasa de interés; la tasa de interés que cumpla con la igualdad, es la tasa interna de retorno del proyecto que se está analizando.

Como puede observarse en las tres fórmulas mencionadas anteriormente, todas ellas requieren de un valor de ingreso, y para este proyecto, por ser de carácter social, no se prevén ningún tipo de ingreso, por lo que no se puede hacer el cálculo de la TIR mediante el uso de estas fórmulas. Lo que procede para este caso, es tomar el valor de la TIR igual a 4.5%, la cual representa el costo que el Estado debe desembolsar para la ejecución de dicho proyecto.

Esta tasa fue calculada tomando en cuenta la tasa libre de riesgo de Guatemala que es la inversión en títulos públicos que actualmente pagan esa cantidad y es lo que le cuesta al Estado captar esos fondos para invertirlos en obra pública.

2.2.4.6 Estudio de Impacto Ambiental

Es el análisis, previo a su ejecución, de las posibles consecuencias de un proyecto sobre la salud ambiental, la integridad de los ecosistemas y la calidad de los servicios ambientales que estos están en condiciones de proporcionar.

Actualmente se han visto afectados los ríos que rodean a la comunidad, ya que la población dirige sus aguas residuales a zanjones que van a dar al río; por lo que la población está teniendo una participación negativa para el ambiente.

Este proyecto no tendrá impacto ambiental negativo permanente, ya que solo sucederá durante la época de construcción, donde el suelo sufrirá un leve cambio por ser removido al momento de la excavación y este a su vez provocará polvo en ocasiones, debido a las condiciones del clima, como el viento, etc.

Como impacto ambiental positivo se podría mencionar la eliminación de aguas servidas que fluyen sobre la superficie del suelo del lugar y la eliminación de fuentes de proliferación de mosquitos y zancudos, y la disminución de enfermedades que estos puedan transmitir a los habitantes del lugar.

CONCLUSIONES

1. La edificación escolar, fue diseñada para cumplir con los parámetros arquitectónicos mínimos necesarios para una edificación escolar, logrando el confort y la seguridad de la población estudiantil, así como los criterios sísmicos para que pueda resistir ante un evento de esta naturaleza.
2. A través del proyecto del alcantarillado sanitario del sector sur del casco urbano del municipio de San Lucas Sacatepéquez, se prestará el servicio necesario a la comunidad, en donde los beneficiarios podrán evacuar las aguas residuales al sistema y así evitar la contaminación de los mantos freáticos y la calidad del agua que nuevamente llega a la población para su consumo.
3. Al llevar a cabo estos proyectos, la municipalidad de San Lucas Sacatepéquez, logrará satisfacer dos de las necesidades más importantes de la población en educación y salud, aumentando así la calidad de vida de los habitantes, por cuanto se beneficiarán a 300 familias del sector sur del casco urbano y 200 alumnos de primaria.
4. En el proyecto de alcantarillado sanitario no se incluyó la propuesta de tratamiento para las aguas residuales ya que la municipalidad ha iniciado las gestiones y estudios para la construcción de una planta de tratamiento, para el sector en estudio.

RECOMENDACIONES

A la municipalidad de San Lucas Sacatepéquez:

1. Los materiales de construcción deberán ser sometidos a pruebas de laboratorio, para garantizar la calidad y condiciones óptimas de éstos. Por tanto, deberá considerarse la supervisión técnica de la obra por medio de profesionales de la Ingeniería Civil y cumplir con lo establecido en los planos.
2. Debe darse inmediato tratamiento a las aguas residuales y evitar así la contaminación del Río Chichorín, que será el receptor principal de dichas aguas.
3. Mantener un constante monitoreo de las descargas de aguas residuales y evitar la conexión ilícita de aguas pluviales que puedan provocar que el sistema de alcantarillado colapse, para poder planificar la construcción de una plana de tratamiento adecuada.
4. Fomentar la educación sanitaria a todos los beneficiarios del proyecto y que estén en capacidad de proveer la operación y el mantenimiento al sistema de alcantarillado sanitario del sector sur del Casco Urbano de San Lucas Sacatepéquez.

BIBLIOGRAFÍA

1. Álvarez Álvarez, Henry. Diseño de dos edificaciones escolares de dos niveles para las aldeas Chajabal y Palomora, del municipio de San Andrés Xecul, Totonicapán. Trabajo de graduación de Ingeniería Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2005.
2. García Chex, Herman Dovanet. Diseño de la red de alcantarillado sanitario para la aldea Los Jocotes, municipio de San Jerónimo, departamento de Baja Verapaz. Trabajo de graduación de Ingeniería Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2002.
3. Nilson, Arthur H. Darwin. **Diseño de estructuras de concreto.** Editorial McGraw-Hill, 1999.
4. Reglamento para las construcciones de concreto estructural y Comentarios. American Concrete Institute, ACI 318-99.

APÉNDICE A

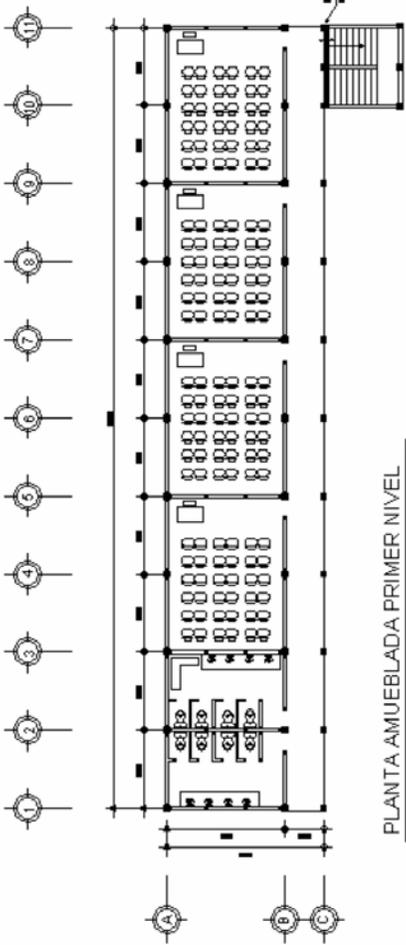
Tabla IX. Diseño hidráulico de drenaje sanitario

DE PV	A PV	COTAS TERRENO		DH (m)	S % TERRENO	No. CASAS LOCAL		HAB. SERVIDOR		CAUDAL SAMITARIO		fpm	FACTOR HARM.		q DISEÑO (l/s)		
		INICIO	FINAL			ACUM	ACTUAL	ACTUAL	FUTURO	ACTUAL	FUTURO		ACTUAL	FUTURO	ACTUAL	FUTURO	ACT-ACUM
1	2	120.32	118.28	100.98	2.02	20	20	101	812	0.44	10.81	0.003	4.2424	3.8566	1.29	9.39	1.29
2	3	118.28	117.85	28.37	1.52	6	26	28	88	0.12	1.17	0.003	4.3586	4.2588	0.37	1.12	1.66
3	4	117.85	117.14	25.09	2.83	5	31	25	77	0.11	1.03	0.003	4.3667	4.2723	0.33	0.99	1.98
4	5	117.14	118.39	20.70	-6.04	4	35	21	64	0.09	0.85	0.003	4.3785	4.2919	0.27	0.82	2.26
5	6	118.39	118.54	35.68	-0.42	7	42	36	110	0.15	1.47	0.003	4.3422	4.2318	0.46	1.40	2.72
6	7	118.54	116.30	26.73	8.38	5	48	27	83	0.12	1.10	0.003	4.3626	4.2654	0.35	1.06	3.07
7	8	116.30	116.40	63.84	-0.16	13	60	64	197	0.28	2.62	0.003	4.2921	4.1503	0.82	2.45	3.89
8	9	116.40	116.54	54.99	-0.25	11	71	55	170	0.24	2.26	0.003	4.3062	4.1731	0.71	2.13	4.60
9	10	116.54	116.85	89.66	-0.35	3	74	15	46	0.07	0.62	0.003	4.3960	4.3213	0.20	0.60	4.80
11	10	118.64	116.85	101.02	1.77	20	20	101	312	0.44	4.15	0.003	4.2424	4.0712	1.29	3.81	1.29
10	13	116.85	114.17	128.29	2.09	26	120	128	396	0.56	5.27	0.003	4.2124	4.0241	1.62	4.78	7.71
13	14	114.17	113.66	37.18	1.37	7	128	37	115	0.16	1.53	0.003	4.3390	4.2267	0.48	1.46	8.19
14	15	113.66	113.30	48.88	0.74	10	137	49	151	0.21	2.01	0.003	4.3167	4.1901	0.63	1.90	8.83
15	16	113.30	110.97	59.86	3.89	12	149	60	185	0.26	2.46	0.003	4.2983	4.1603	0.77	2.31	9.60
16	17	110.97	109.22	104.65	1.67	21	170	105	323	0.45	4.30	0.003	4.2381	4.0645	1.33	3.94	10.93
17	18	109.22	110.46	73.56	-1.69	15	185	74	227	0.32	3.02	0.003	4.2778	4.1274	0.94	2.81	11.87
18	19	110.46	110.34	56.23	0.21	5	190	25	77	0.11	1.03	0.003	4.3669	4.2727	0.33	0.99	12.20
19	20	110.34	109.24	62.03	1.77	5	195	25	77	0.11	1.03	0.003	4.3669	4.2727	0.33	0.99	12.53
20	21	109.24	109.15	19.99	0.45	3	198	15	46	0.07	0.62	0.003	4.3960	4.3213	0.20	0.60	12.72
22	23	118.64	118.12	21.26	2.45	4	4	21	66	0.09	0.87	0.003	4.3769	4.2893	0.28	0.84	0.28
23	24	118.12	117.39	67.34	1.08	13	18	67	208	0.29	2.77	0.003	4.2868	4.1418	0.87	2.58	1.15
24	25	117.39	116.64	89.34	0.84	18	36	89	276	0.39	3.67	0.003	4.2566	4.0937	1.14	3.39	2.29
25	26	116.64	116.65	38.12	-0.03	8	43	38	118	0.17	1.57	0.003	4.3371	4.2236	0.50	1.49	2.78
26	27	116.65	116.13	29.79	1.75	6	49	30	92	0.13	1.22	0.003	4.3552	4.2533	0.39	1.17	3.17
27	28	116.13	116.17	187.15	-0.02	37	87	187	578	0.81	7.69	0.003	4.1584	3.9410	2.33	6.83	5.51
28	29	116.17	114.35	100.87	1.80	20	107	101	312	0.44	4.15	0.003	4.2425	4.0714	1.28	3.80	6.79
29	30	114.35	110.70	150.21	2.43	30	137	150	464	0.65	6.17	0.003	4.1908	3.9908	1.89	5.55	8.68
30	31	110.70	110.17	14.61	3.63	3	140	15	45	0.06	0.60	0.003	4.3973	4.3235	0.19	0.59	8.87
31	32	110.17	109.00	235.39	0.50	47	187	235	727	1.02	9.68	0.003	4.1214	3.8850	2.91	8.47	11.78
32	21	109.00	109.15	122.94	-0.12	25	211	123	380	0.53	5.05	0.003	4.2179	4.0328	1.56	4.59	13.34
21	33	109.15	108.67	48.28	0.99	10	419	48	149	0.21	1.98	0.003	4.3178	4.1919	0.63	1.88	26.69
33	34	108.67	105.51	92.14	3.43	18	437	92	285	0.40	3.79	0.003	4.2531	4.0862	1.18	3.49	27.86
34	35	105.51	102.75	72.82	3.79	15	452	73	225	0.32	2.99	0.003	4.2788	4.1290	0.93	2.79	28.80
35	36	102.75	101.62	18.54	5.02	4	456	19	57	0.08	0.76	0.003	4.3848	4.3024	0.24	0.74	29.04
36	37	101.62	100.39	35.06	4.08	7	463	35	108	0.15	1.44	0.003	4.3435	4.2340	0.46	1.38	29.50
37	38	100.39	100	22.75	1.71	5	467	23	70	0.10	0.94	0.003	4.3728	4.2825	0.30	0.90	29.80

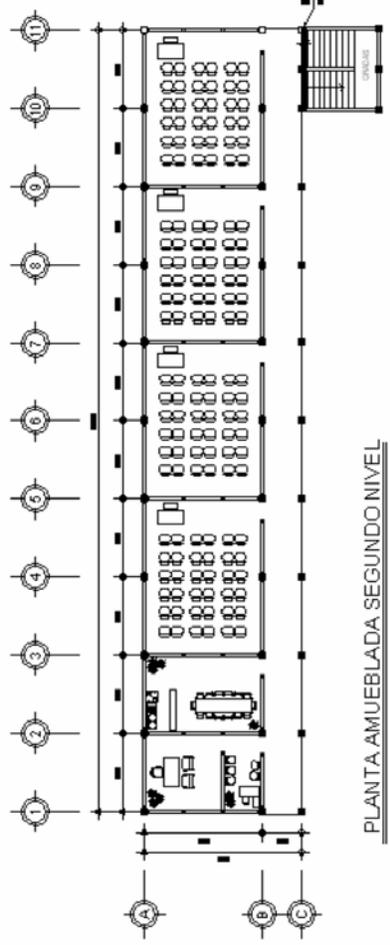
Continuación...

η DISEÑO (fs) FUT.ACUM	DIAMET. TUBERIA (pulg.)	S %	SECCION LLENA		q ₀ ACTUAL	q ₀ FUTURO	v/v actual	v (m/s) ACTUAL	COTA INVERT		PROF. POZO		EXCAV. (m ³)
			VEL (m/s)	Q (L/s)					ENTRADA	SALIDA	INICIO	FINAL	
9.39	10	1.50%	1.96	153.10	0.00839	0.06135	0.304512	0.59	118.62	117.11	1.70	1.17	87.1
10.51	10	1.50%	1.96	153.10	0.01082	0.06666	0.328152	0.64	117.06	116.63	1.22	1.22	20.8
11.51	10	1.60%	2.01	158.12	0.01255	0.07276	0.345215	0.69	116.58	116.18	1.27	0.96	16.8
12.33	10	0.30%	0.87	68.47	0.03296	0.18006	0.459284	0.40	116.13	116.07	1.01	2.32	20.7
13.73	10	0.60%	1.23	96.83	0.02811	0.14177	0.438117	0.54	116.02	115.80	2.37	2.74	54.7
14.78	10	2.30%	2.41	189.58	0.01620	0.07798	0.372532	0.90	115.75	115.14	2.79	1.16	31.7
17.24	10	0.70%	1.33	104.59	0.03723	0.16483	0.477526	0.64	115.09	114.64	1.21	1.76	56.9
19.36	10	0.70%	1.33	104.59	0.04402	0.18515	0.501799	0.67	114.59	114.21	1.81	2.33	68.4
19.97	10	0.70%	1.33	104.59	0.04591	0.19090	0.508265	0.68	114.16	113.53	2.38	3.32	255.8
3.81	6	1.75%	1.50	42.35	0.03036	0.08897	0.298427	0.45	116.89	115.12	1.75	1.73	105.4
26.56	8	2.00%	1.94	97.50	0.07906	0.29290	0.553851	1.07	113.48	110.91	3.37	3.26	425.3
30.01	8	1.35%	1.59	80.11	0.10227	0.37488	0.565762	0.90	110.86	110.36	3.31	3.30	122.8
31.91	8	0.75%	1.19	59.71	0.14781	0.53447	0.638410	0.76	110.31	109.94	3.35	3.36	163.9
34.22	8	3.75%	2.66	133.51	0.07188	0.25630	0.49961	1.33	109.89	107.65	3.41	3.32	201.4
38.16	8	1.60%	1.73	87.21	0.12531	0.43757	0.57359	1.00	107.60	105.92	3.37	3.30	348.8
40.97	8	1.50%	1.68	84.44	0.14060	0.48523	0.69584	1.17	105.87	104.77	3.35	5.69	332.3
41.96	8	0.70%	1.15	57.68	0.21149	0.72747	0.79292	0.91	104.72	104.33	5.74	6.01	330.4
42.95	8	1.00%	1.37	68.94	0.18170	0.62300	0.64017	0.88	104.28	103.66	6.06	5.58	361.2
43.55	8	1.00%	1.37	68.94	0.18457	0.63171	0.64193	0.88	103.61	103.41	5.63	5.74	113.7
0.84	6	0.80%	1.01	28.63	0.00975	0.02951	0.183921	0.19	116.94	116.77	1.70	1.35	19.5
3.43	6	1.00%	1.13	32.01	0.03577	0.10711	0.313504	0.35	116.72	116.05	1.40	1.34	55.4
6.82	6	1.00%	1.13	32.01	0.07141	0.21295	0.385417	0.44	116.00	115.10	1.39	1.54	78.5
8.31	6	1.00%	1.13	32.01	0.08690	0.25955	0.40873	0.46	115.05	114.67	1.59	1.98	40.8
9.48	6	1.50%	1.39	39.21	0.08088	0.24186	0.401157	0.56	114.62	114.18	2.03	1.95	35.6
16.32	6	1.50%	1.39	39.21	0.14043	0.41615	0.555851	0.77	114.13	111.32	2.00	4.85	641.7
20.12	6	1.50%	1.39	39.21	0.17318	0.51319	0.501799	0.70	111.27	109.75	4.90	4.60	479.0
25.67	6	0.80%	1.01	28.63	0.30309	0.89668	0.518904	0.53	109.70	108.50	4.65	2.20	513.9
26.26	8	1.00%	1.37	68.94	0.12867	0.38089	0.654108	0.90	108.45	108.31	2.25	1.86	18.0
34.73	8	0.80%	1.23	61.67	0.19105	0.56324	0.705466	0.87	108.26	106.37	1.91	2.63	320.5
39.33	8	0.80%	1.23	61.67	0.21628	0.63773	0.730444	0.90	106.32	105.34	2.68	3.81	398.7
84.75	10	1.00%	1.59	125.00	0.21349	0.67801	0.87466	1.39	103.36	102.87	5.79	5.80	279.7
88.24	10	1.50%	1.96	153.10	0.18199	0.57639	0.63841	1.24	102.82	101.44	5.85	4.07	456.7
91.03	10	1.50%	1.96	153.10	0.18810	0.59458	0.59276	1.16	101.39	100.30	4.12	2.45	239.1
91.77	10	2.00%	2.25	176.78	0.16478	0.51910	0.56379	1.27	100.25	99.88	2.50	1.94	24.7
93.14	10	3.50%	2.98	233.86	0.12614	0.39829	0.58515	1.74	99.83	98.60	1.99	1.79	39.7
94.05	10	2.00%	2.25	176.78	0.16855	0.53199	0.65065	1.46	98.55	98.10	1.84	1.90	25.5

APÉNDICE B

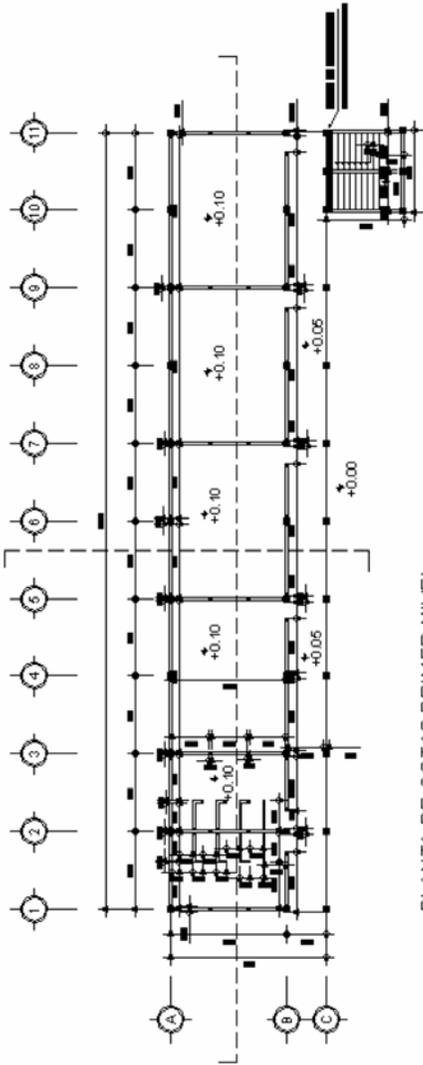


PLANTA AMUEBLADA PRIMER NIVEL

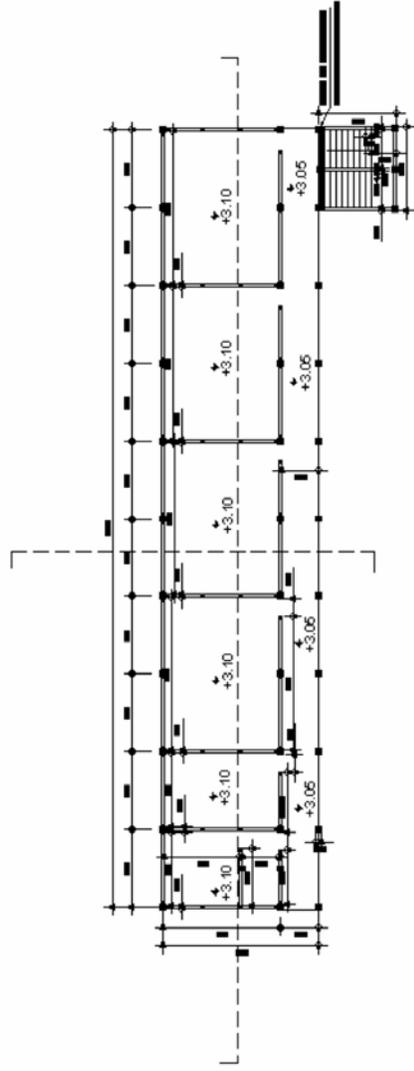


PLANTA AMUEBLADA SEGUNDO NIVEL

	FACULTAD DE INGENIERIA	
	ESCUELA DE ARQUITECTURA Y URBANISMO	
	PLANTA AMUEBLADA	
	3/11	



PLANTA DE COTAS PRIMER NIVEL



PLANTA DE COTAS SEGUNDO NIVEL

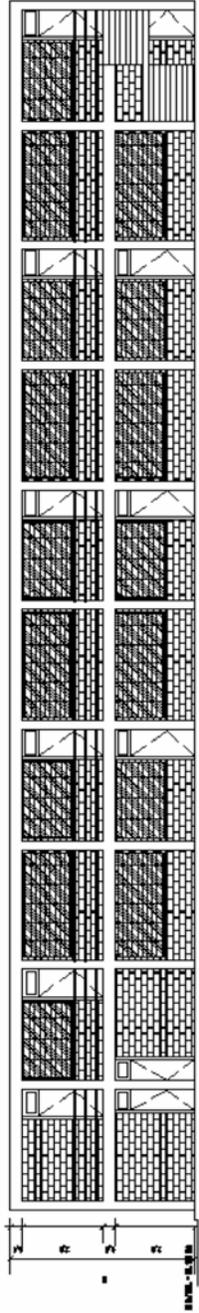


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
SANTO DOMINGO CAYUTZ'UJ

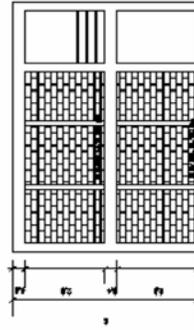
PLANTA
ACOTADA

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----



SECCION LONGITUDINAL D-D'

ESC. 1/10



SECCION TRANSVERSAL E-E'

ESC. 1/10

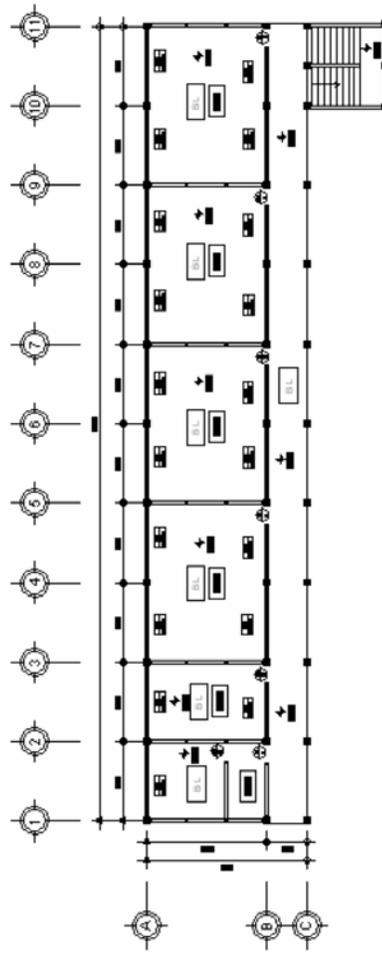
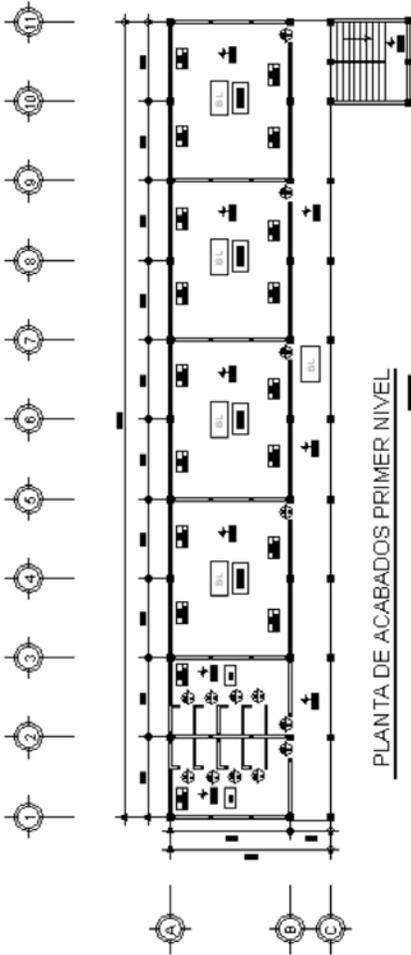
	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA
	ESCUELA ALDEMAR MUNZUÑO SANTO ROSARIO, GUATEMALA
	SECCION Y SUBVACION

NOMENCLATURA	
	PIEZA DE
	PLACAMENTO
	(Solo en ambas caras)
	INSTRUMENTADO
	0.010.5
	REPTERIMADO
	A REPTERIMADO
	0.010

NOTA:
 Refuerzo de obra con $f_{yk} = 475 \text{ N/mm}^2$ y $E_s = 200000 \text{ N/mm}^2$
 Refuerzo de obra con $f_{yk} = 475 \text{ N/mm}^2$ y $E_s = 200000 \text{ N/mm}^2$
 Refuerzo de obra con $f_{yk} = 475 \text{ N/mm}^2$ y $E_s = 200000 \text{ N/mm}^2$
 Refuerzo de obra con $f_{yk} = 475 \text{ N/mm}^2$ y $E_s = 200000 \text{ N/mm}^2$

PLANTILLA DE PIERROS			
ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD
1.1	0.010	2.00	M ²
1.2	0.010	1.00	M ²

PLANTILLA DE VENTANAS			
ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD
1.1	1.000	2.00	M ²
1.2	1.000	2.00	M ²

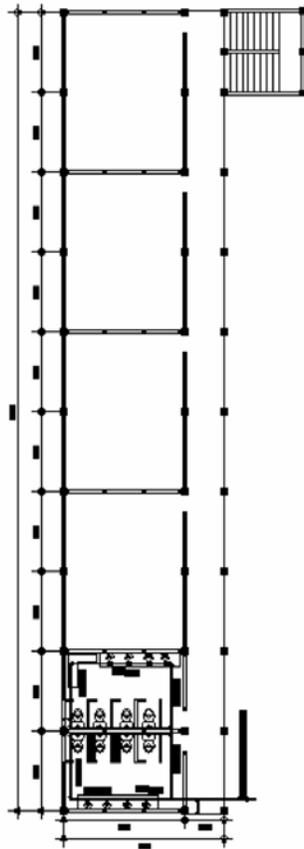


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA

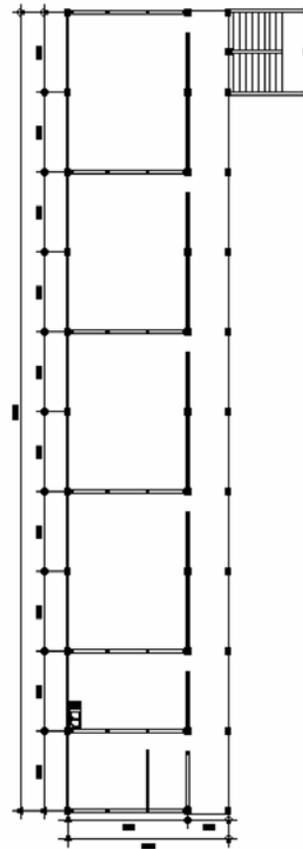
ESCUELA ALBA EL MINORILLO
 SAN LUCAS SACATEPEQUEZ

PLANTA DE ACABADOS

1/1



PLANTA DE INSTALACION HIDRAULICA PRIMER NIVEL

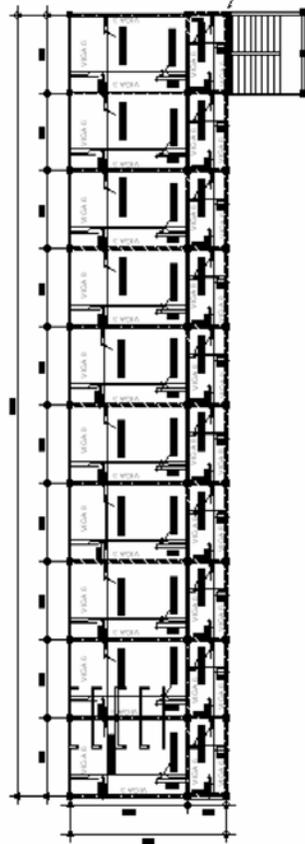


PLANTA DE INSTALACION HIDRAULICA SEGUNDO NIVEL

ROBIC LUTIFA HIDRAULICA	
	Línea de agua
	Cable de agua fría
	Cable de agua caliente
	Chorro
	Línea de paso
	Verano con cerradura
	Verano con manija
	Verano con cerradura y manija
	Verano con cerradura, manija y cerradura

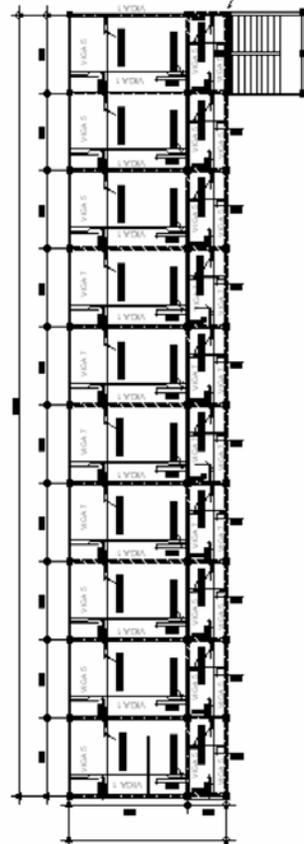

FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA
 INGENIERIA EN ELECTRICIDAD

	Línea de agua
	Cable de agua fría
	Cable de agua caliente
	Chorro
	Línea de paso
	Verano con cerradura
	Verano con manija
	Verano con cerradura y manija
	Verano con cerradura, manija y cerradura



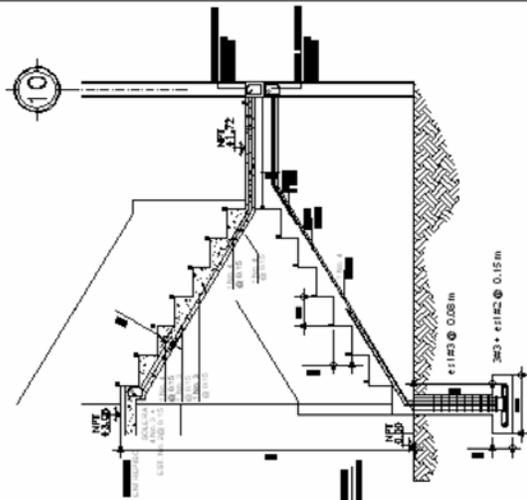
PLANTA DE LOSA PRIMER NIVEL

ESC 1:100



PLANTA DE LOSA SEGUNDO NIVEL

ESC 1:100



DETALLE DE ARMADO DE GRADAS

ESC 1:20

NOTA: Codo de golpe de concreto, el recubrimiento se maneja libre.

Concreto = 210 kg/m³

Vibr = 0.25 m

Vibr = 0.4 m

Losas: 40 kg/m² y columnas y mampostaría = 0.025 m

Diámetro de barras a 1 m de los pilas

MATERIALES:

Acero de refuerzo Grado 40 (210 kg/m²)

Concreto 3000 psi (210 kg/m³)



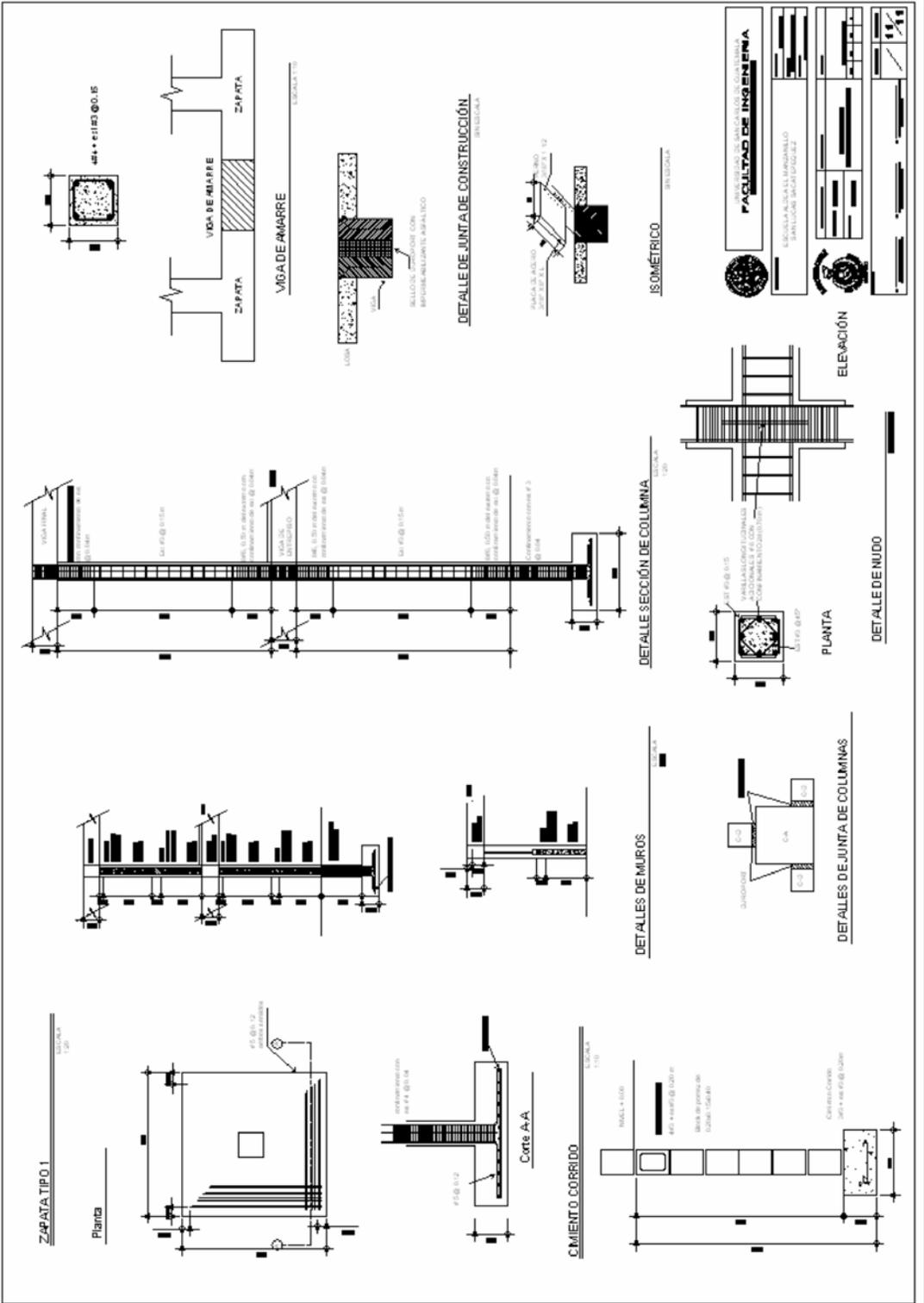
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA

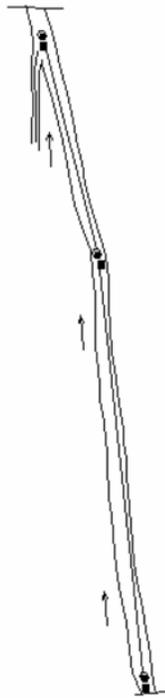
INGENIERIA EN CIVIL

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

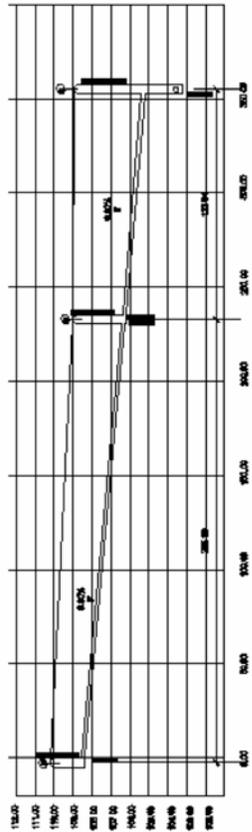


Nombre del Proyecto	
Fecha de Emisión	
Escala	
Autores	
Revisores	
Proyecto	



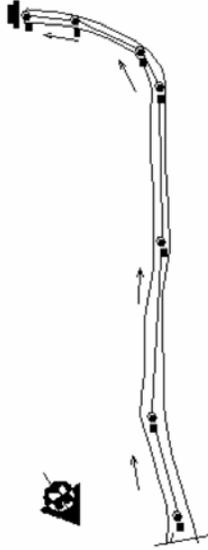


PLANTA PV-31,32,21

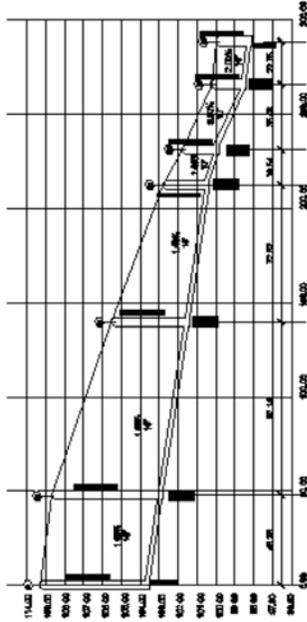


PERFIL PV-31,32,21

ENCUADRA: 11: 140
14- 11: 140



PLANTA PV-21,33-38



PERFIL PV-21,33-38

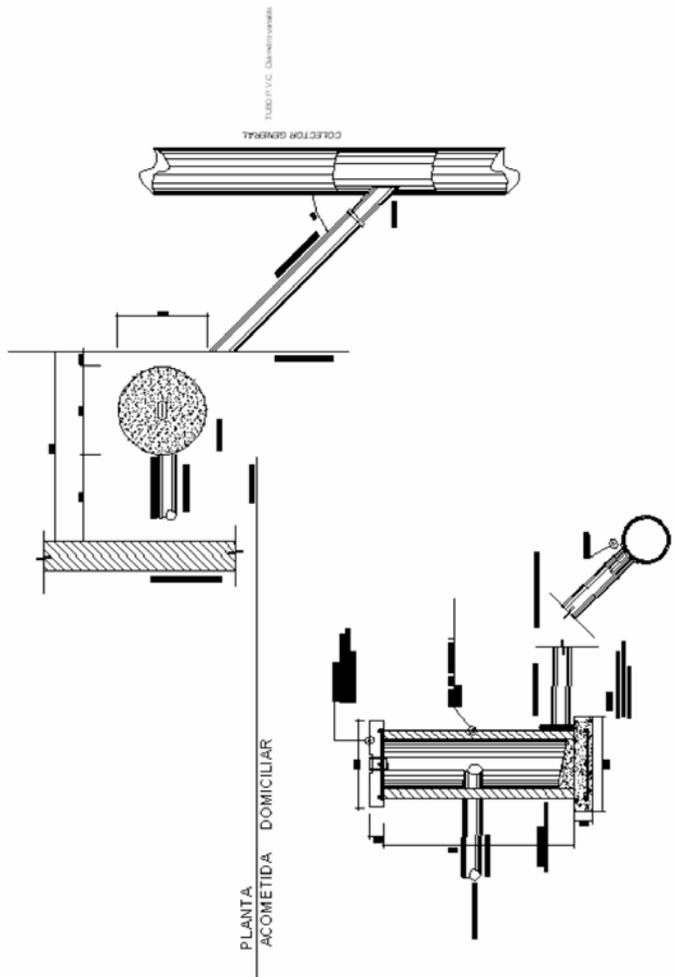
ENCUADRA: 11: 140
14- 11: 140

NO DESCRIPCION	
☉	Curva de ajuste de nivel
↗	Alfileres
→	Calzada de rodadura (a la izquierda)
→	Caja de agua y balsa
→	Canchales de arena
→	Embanca de P.P.

MUNICIPALIDAD
SAN VICENTE DE CAYAMA

PROYECTO: PAVIMENTACION DE LA CALLE
PASADIZO 21,33-38

NO. PLAN	11
FECHA	11/11/14
PROYECTANTE	ING. JUAN CARLOS...
REVISOR	ING. JUAN CARLOS...
APROBADO	ING. JUAN CARLOS...
FECHA DE APROBACION	11/11/14



PLANTA
ACOMETIDA DOMICILIAR

CORTE
ACOMETIDA DOMICILIAR

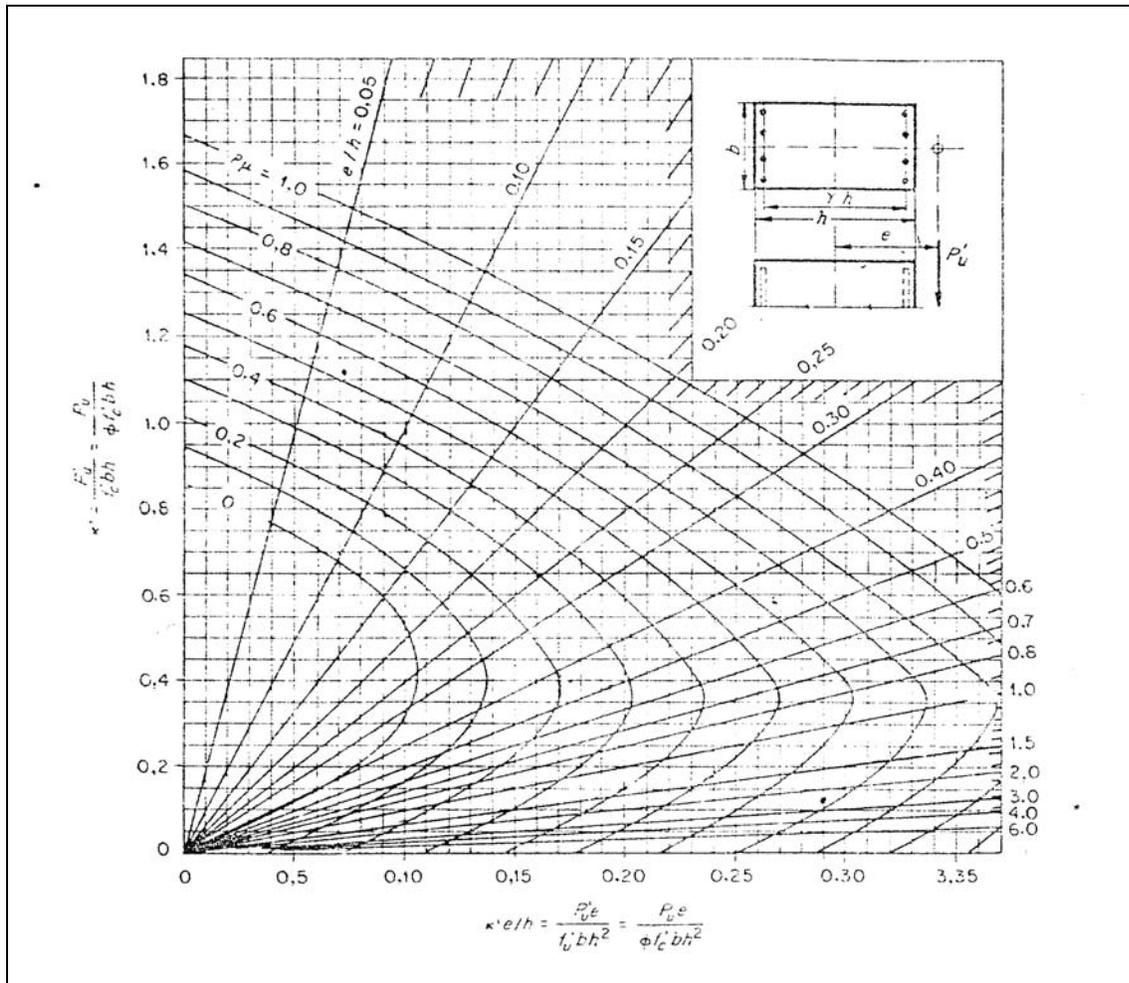
MUNICIPALIDAD
DE LOS RIOS

PROYECTO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION DE LA RED DE AGUAS DOMICILIARES

NO.	FECHA	DESCRIPCION	ELABORADO	REVISADO	APROBADO
01	15/05/2018	ELABORACION DE PLANTAS Y CORTES	J. GARCIA	M. GARCIA	J. GARCIA
02	20/05/2018	REVISION DE PLANTAS Y CORTES	J. GARCIA	M. GARCIA	J. GARCIA
03	25/05/2018	APROBACION DE PLANTAS Y CORTES	J. GARCIA	M. GARCIA	J. GARCIA

ANEXOS

Figura 28. Diagrama de Interacción para columna rectangular



Fuente: Winter, George y Arthur Nilson. **Proyecto de estructuras de hormigón**, Pág. 704

Figura 29. Mapa de macrozonificación sísmica de la República de Guatemala

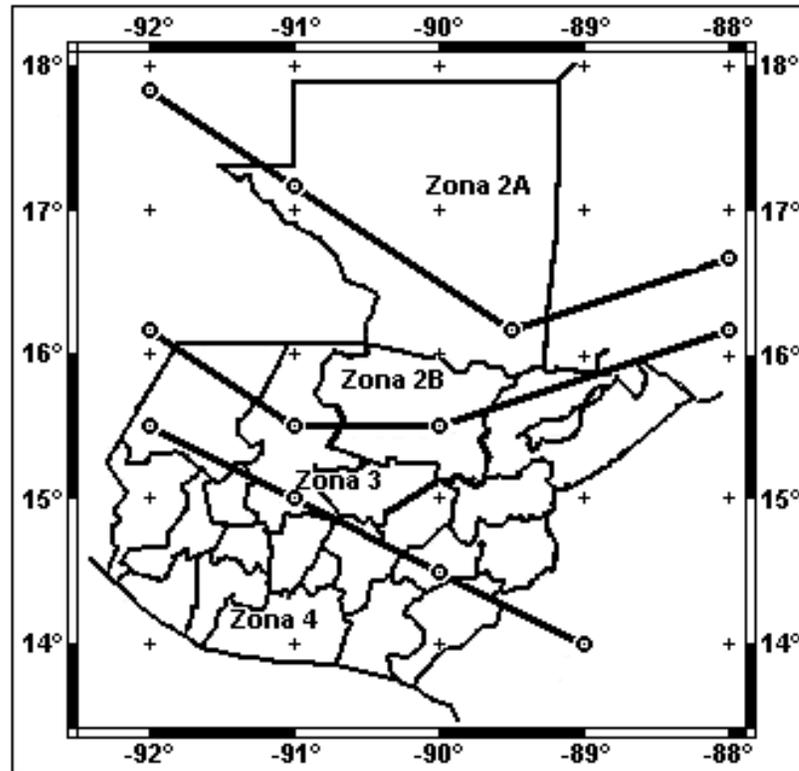


Tabla x. Factor (Z) de zona sísmica (ver figura29)

Zona	Z
2A	0.15
2B	0.20
3	0.30
4	0.40

Fuente: Simmons, Charles S. **Clasificación de reconocimiento de los suelos de la República de Guatemala.** Ministerio de Agricultura, Guatemala, 1959.

