



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

**DISEÑO DE UN ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL SECTOR CENTRAL DEL
CASCO URBANO Y UN GIMNASIO MUNICIPAL EN SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ,
SACATEPÉQUEZ**

Eddie Alexander Vásquez García

Asesorado por el Ing. Luis Gregorio Alfaro Véliz

Guatemala, enero de 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE UN ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL SECTOR CENTRAL DEL
CASCO URBANO Y UN GIMNASIO MUNICIPAL EN SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ,
SACATEPÉQUEZ**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

EDDIE ALEXANDER VÁSQUEZ GARCÍA
ASESORADO POR EL ING. LUIS GREGORIO ALFARO VÉLIZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, ENERO DE 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Jurgen Andoni Ramírez Ramírez
VOCAL V	Br. Oscar Humberto Galicia Nuñez
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Angel Roberto Sic García (a.i.)
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
EXAMINADOR	Ing. Luis Gregorio Alfaro Véliz
EXAMINADORA	Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

DISEÑO DE UN ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL SECTOR CENTRAL DEL CASCO URBANO Y UN GIMNASIO MUNICIPAL EN SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ, SACATEPÉQUEZ

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil con fecha 12 de febrero de 2016.

Eddie Alexander Vásquez García

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

UNIDAD DE EPS

Guatemala, 05 de octubre de 2016
REF.EPS.DOC.708.10.16

Inga. Christa Classon de Pinto
Directora
Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimada Ingeniera Classon de Pinto:

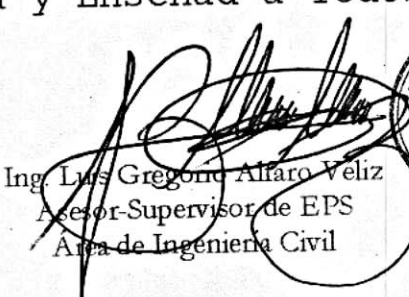
Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Eddie Alexander Vásquez García** con carné No. **201212978**, de la Carrera de Ingeniería Civil, procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **DISEÑO DE UN ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL SECTOR CENTRAL DEL CASCO URBANO Y UN GIMNASIO MUNICIPAL EN SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ, SACATEPÉQUEZ.**

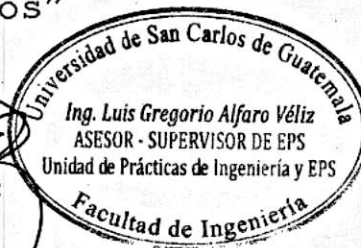
En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


Ing. Luis Gregorio Alfaro Véliz
Asesor-Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Civil



c.c. Archivo
LGAV/ra



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

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



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

Guatemala,
14 de octubre de 2016

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

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DE UN ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL SECTOR CENTRAL DEL CASCO URBANO Y UN GIMNASIO MUNICIPAL EN SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ, SACATEPÉQUEZ** desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Eddie Alexander Vásquez García, con Carnet No.201212978, quien contó con la asesoría del Ing. Luis Gregorio Alfaro Véliz.

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

Atentamente,

¡DID Y ENSEÑAR A TODOS

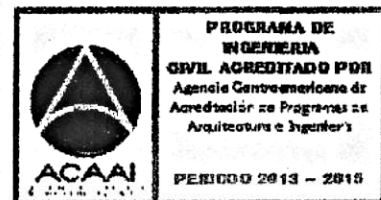
Ing. Rafael Enrique Morales Ochoa
Revisor por el Departamento de Hidráulica



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
HIDRAULICA
USAC

/mrrm.

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua





USAC
TRICENTENARIA
 Universidad de San Carlos de Guatemala

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

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



Guatemala,
 14 de noviembre de 2016

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

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación DISEÑO DE UN ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL SECTOR CENTRAL DEL CASCO URBANO Y UN GIMNASIO MUNICIPAL EN SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ, SACATEPÉQUEZ, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Eddie Alexander Vásquez García, con Carnet No. 201212978 , quien contó con la asesoría del Ing. Luis Gregorio Alfaro Véliz.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

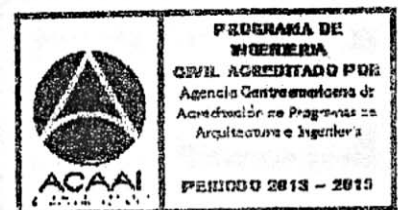

 Ing. Ronald Estuardo Galindo Cabrera
 Jefe del Departamento de Estructuras



FACULTAD DE INGENIERIA
 DEPARTAMENTO
 DE
 ESTRUCTURAS
 USAC

/mrrm.

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua





Guatemala, 28 de noviembre de 2016
REF.EPS.D.500.11.16

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

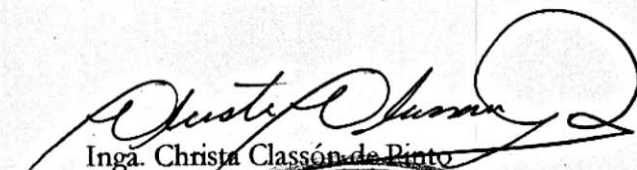
Estimado Ingeniero Montenegro Franco:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **DISEÑO DE UN ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL SECTOR CENTRAL DEL CASCO URBANO Y UN GIMNASIO MUNICIPAL EN SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ, SACATEPÉQUEZ**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Eddie Alexander Vásquez García**, carné **201212978**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Luis Gregorio Alfaro Véliz.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"


Inga. Christa Classón de Pinto
Directora Unidad de EPS



CCdP/ra



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala


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

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



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Luis Gregorio Alfaro Véliz y de la Coordinadora de E.P.S. Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto, al trabajo de graduación del estudiante Eddie Alexander Vásquez García, titulado **DISEÑO DE UN ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL SECTOR CENTRAL DEL CASCO URBANO Y UN GIMNASIO MUNICIPAL EN SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ, SACATEPÉQUEZ** da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

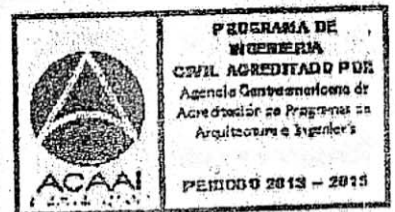
[Handwritten signature]
Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, enero 2017.

/mrrm.

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua

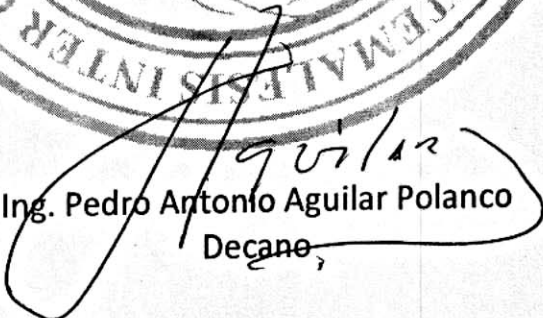




DTG. 020.2017

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE UN ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL SECTOR CENTRAL DEL CASCO URBANO Y UN GIMNASIO MUNICIPAL EN SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ, SACATEPÉQUEZ**, presentado por el estudiante universitario: **Eddie Alexander Vásquez García**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano,

Guatemala, enero de 2017

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por ser el todopoderoso que me brinda sabiduría, inteligencia y paciencia para cada decisión de mi vida.
- Mis padres** Dimas Vásquez e Ilda García de Vásquez, por ser mi inspiración de superación y apoyarme incondicionalmente en todo momento.
- Mis hermanos** Dimas (q.e.p.d.) y Lucky Vásquez, por ser mis compañeros de vida, quienes siempre creyeron en mí y me motivaron para seguir estudiando.
- Mis familiares** Por estar presentes a lo largo de mi carrera universitaria.
- Mis amigos y amigas** La familia que uno escoge. Por estar presentes en todos los momentos y compartir aventuras inolvidables.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Por darme salud y permitirme alcanzar una de mis metas.
Mis padres	Por confiar en mí en todo momento y abrirme una puerta hacia mi futuro.
Universidad de San Carlos de Guatemala	Porque más que una casa de estudios, fue el cimiento para mi vida profesional.
Facultad de Ingeniería	Por los conocimientos que me brindaron y por ser mi formadora profesional.
Mis amigos de la Facultad	Por ser parte importante en cada paso para lograr nuestro objetivo en común.
Ing. Luis Alfaro	Por compartir todos sus conocimientos conmigo, brindándome consejos para superarme y defenderme en el mundo laboral de la ingeniería.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO	XVII
RESUMEN.....	XXI
OBJETIVOS.....	XXIII
INTRODUCCIÓN	XXV
1. FASE DE INVESTIGACIÓN	1
1.1. Monografía del municipio de San Lucas Sacatepéquez	1
1.1.1. Aspectos generales	1
1.1.2. Ubicación y localización.....	1
1.1.3. Demografía	2
1.1.4. Topografía	2
1.1.5. Clima	3
1.1.6. Hidrología	4
1.1.7. Distribución territorial	4
1.1.8. Servicios existentes	5
1.1.9. Aspectos de infraestructura	5
1.1.9.1. Vías de acceso	5
1.1.9.2. Tipología de viviendas	6
1.1.9.3. Distribución de viviendas	6
1.1.10. Salud	6
1.1.11. Condiciones sanitarias.....	7
1.2. Planteamiento del problema	7
1.2.1. Principales necesidades detectadas.....	7
1.2.2. Descripción de las necesidades	8

1.2.3.	Priorización de las necesidades	8
2.	FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL	9
2.1.	Diseño de alcantarillado sanitario para el sector central del casco urbano, San Lucas Sacatepéquez	9
2.1.1.	Levantamiento topográfico	9
2.1.1.1.	Planimetría	9
2.1.1.2.	Altimetría	10
2.1.2.	Descripción del sistema a utilizar	11
2.1.3.	Partes del alcantarillado	11
2.1.3.1.	Colector	11
2.1.3.2.	Pozo de visita	13
2.1.3.3.	Conexiones domiciliarias.....	14
2.1.4.	Período de diseño	14
2.1.5.	Población futura	15
2.1.5.1.	Método geométrico.....	15
2.1.6.	Determinación de caudales	16
2.1.6.1.	Población tributaria.....	16
2.1.6.2.	Dotación de agua potable.....	16
2.1.6.3.	Factor de retorno.....	17
2.1.6.4.	Caudal sanitario	17
2.1.6.5.	Factor de caudal medio	18
2.1.6.6.	Factor de Harmond	18
2.1.6.7.	Caudal de diseño	19
2.1.7.	Fundamentos hidráulicos	19
2.1.7.1.	Ecuaciones de Manning para flujo en canales.....	19
2.1.7.2.	Relaciones hidráulicas	20
2.1.8.	Parámetros de diseño hidráulico	20
2.1.8.1.	Velocidad mínima y máxima.....	20

2.1.8.2.	Sección llena y parcialmente llena.....	21
2.1.8.3.	Coeficiente de rugosidad	21
2.1.8.3.1.	Cotas Invert	21
2.1.8.3.2.	Ancho de zanja.....	23
2.1.8.3.3.	Volumen de excavación.....	23
2.1.9.	Profundidad de pozos de visita.....	23
2.1.10.	Diseño hidráulico	24
2.1.11.	Ejemplo de cálculo de drenaje sanitario	25
2.1.12.	Tipos de tratamiento	29
2.1.12.1.	Diseño de fosa séptica	29
2.1.12.2.	Dimensionamiento de pozos de absorción	30
2.1.13.	Presupuesto.....	31
2.1.14.	Evaluación socioeconómica.....	31
2.1.15.	Valor presente neto (VPN).....	32
2.1.16.	Tasa interna de retorno (TIR)	32
2.1.17.	Evaluación de impacto ambiental	33
2.1.17.1.	Evaluación de impacto ambiental del proyecto de drenaje sanitario.....	33
2.1.18.	Administración, operación y mantenimiento	34
2.2.	Diseño de gimnasio municipal en el casco urbano de San Lucas Sacatepéquez	35
2.2.1.	Investigación preliminar	35
2.2.1.1.	Terreno disponible	36
2.2.1.2.	Análisis de suelos	36
2.2.1.2.1.	Ensayo triaxial	36
2.2.2.	Diseño arquitectónico	38
2.2.2.1.	Ubicación del edificio	39

	2.2.2.2.	Distribución de ambientes	39
	2.2.2.3.	Altura del edificio	39
	2.2.2.4.	Sistema estructural a utilizar	39
2.2.3.		Análisis estructural	40
	2.2.3.1.	Predimensionamiento estructural	40
	2.2.3.2.	Modelos matemáticos de marcos dúctiles	44
	2.2.3.3.	Cargas horizontales y verticales aplicadas en marcos según normas AGIES 2010	46
	2.2.3.3.1.	Cargas verticales aplicadas a marcos	46
	2.2.3.3.2.	Cargas horizontales aplicadas a marcos	50
	2.2.3.4.	Resultados de análisis utilizando ETABS.....	58
	2.2.3.5.	Resultados de análisis estructural por el método de Kani con nudos desplazables	63
	2.2.3.6.	Comparación de resultados de método numérico y ETABS	77
	2.2.3.7.	Momentos últimos por envolvente de momentos.....	77
	2.2.3.8.	Cortes últimos	79
2.2.4.		Diseño estructural	82
	2.2.4.1.	Diseño de losas.....	82
	2.2.4.2.	Diseño de vigas.....	93
	2.2.4.3.	Diseño de columnas.....	101
	2.2.4.4.	Diseño de cimiento.....	115

2.2.4.5.	Diseño de muros.....	122
2.2.4.6.	Diseño de gradas y rampa.....	123
2.2.4.6.1.	Diseño de gradas	123
2.2.4.6.2.	Diseño de rampa	127
2.2.4.7.	Diseño de piscina	129
2.2.4.7.1.	Diseño de muros perimetrales.....	129
2.2.4.7.2.	Diseño de losa de fondo	133
2.2.5.	Instalaciones eléctricas.....	137
2.2.5.1.	Iluminación.....	137
2.2.5.2.	Fuerza	138
2.2.5.3.	Equipo eléctrico piscina	139
2.2.6.	Instalaciones hidráulicas.....	141
2.2.7.	Instalaciones sanitarias	143
2.2.7.1.	Drenaje sanitario.....	143
2.2.7.2.	Drenaje pluvial	145
2.2.8.	Presupuesto.....	147
2.2.9.	Evaluación socioeconómica.....	149
2.2.10.	Valor presente neto (VPN).....	149
2.2.11.	Tasa interna de retorno (TIR)	150
2.2.12.	Evaluación de impacto ambiental	151
2.2.12.1.	Evaluación de impacto ambiental del proyecto de gimnasio municipal.....	151
CONCLUSIONES		153
RECOMENDACIONES.....		155
BIBLIOGRAFÍA.....		157
APÉNDICES		159
ANEXOS		161

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Ubicación del proyecto.....	2
2.	Área tributaria sobre la columna crítica.....	42
3.	Modelo matemático eje B sentido X.....	45
4.	Modelo matemático eje 5 sentido Y.....	45
5.	Diagrama de áreas tributarias en vigas.....	47
6.	Cargas verticales en marco B, eje X.....	49
7.	Cargas verticales en marco 5, eje Y.....	49
8.	Ubicación de centro de masa y centro de rigidez.....	56
9.	Fuerzas horizontales, marco B eje X.....	58
10.	Fuerzas horizontales, marco 5 eje Y.....	58
11.	Momentos por CM en vigas y columnas marco B eje X (kg-m).....	59
12.	Momentos por CV vigas y columnas marco B eje X (kg-m).....	60
13.	Momentos por CS vigas y columnas marco B eje X (kg-m).....	60
14.	Momentos por CM en vigas y columnas marco 5 eje Y (kg-m).....	61
15.	Momentos por CV en vigas y columnas marco 5 eje Y (kg-m).....	61
16.	Momentos por Cs en vigas y columnas marco 5 eje Y (kg-m).....	62
17.	Isométrico de marcos de gimnasio municipal.....	62
18.	Momentos en vigas por carga muerta, marco B eje X.....	70
19.	Momentos en columnas por carga muerta, marco B eje X.....	71
20.	Momentos en vigas por carga viva, marco B eje X.....	71
21.	Momentos en columnas por carga viva, marco B eje X.....	72
22.	Momentos en vigas por carga sísmica, marco B eje X.....	76
23.	Momentos en columnas por carga sísmica, marco B eje X.....	76

24.	Momentos últimos en vigas (kg-m), marco B eje X.....	79
25.	Momentos últimos en columnas (kg-m), marco B eje X.....	79
26.	Corte último en vigas (kg), marco B eje X.....	81
27.	Corte último en columnas (kg), marco B eje X.....	81
28.	Diagrama de losas de primer nivel.....	83
29.	Diagrama de momentos en losas del nivel 1	85
30.	Diagrama de momentos balanceados del nivel 1	88
31.	Diagrama de momentos últimos (kg-m) viga F-E.....	94
32.	Diagrama de corte (kg) viga F-E	95
33.	Sección de armado de viga	100
34.	Armado de viga.....	101
35.	Diagrama de vigas y columnas	104
36.	Armado de columna.....	112
37.	Diagrama de cuerpo libre.....	113
38.	Planta de armado de nudo sísmico.....	115
39.	Sección de armado de nudo sísmico	115
40.	Dimensiones de gradas	124
41.	Longitud de diseño.....	125
42.	Momentos de empotramiento	125
43.	Armado de módulo de gradas.....	127
44.	Dimensiones preliminares del muro de contención.....	130
45.	Cargas aplicadas en la pantalla del muro	131
46.	Armado del muro de contención	133
47.	Diagrama de losas	135

TABLAS

I.	Datos meteorológicos, estación Suiza Contenta	3
II.	Diámetros mínimos en alcantarillados sanitarios	12

III.	Profundidades mínimas de colector	12
IV.	Coeficientes de rugosidad en tuberías	21
V.	Presupuesto	31
VI.	Evaluación de impacto ambiental.....	33
VII.	Carga muerta	46
VIII.	Carga viva	47
IX.	Resumen de fuerzas por nivel en kg	54
X.	Fuerzas por marco en cada nivel, eje X.....	57
XI.	Fuerzas por marco en cada nivel, eje Y	57
XII.	Momentos fijos	66
XIII.	Momentos de sujeción	68
XIV.	Primera y segunda iteración en nudos	69
XV.	Comparación de momentos obtenidos en marcos	77
XVI.	Momentos positivos y negativos en losas 1er nivel.....	85
XVII.	Momentos balanceados en losa 1er nivel	87
XVIII.	Áreas de acero requeridas en losas nivel 1 eje X	91
XIX.	Áreas de acero requeridas en losas nivel 1 eje Y	92
XX.	Rigidez de elementos estructurales	104
XXI.	Circuitos de iluminación para primer y segundo nivel	138
XXII.	Circuitos de fuerza para primer y segundo nivel	139
XXIII.	Cálculo del ciclo de recirculación	140
XXIV.	Unidades de gasto Hunter en artefactos sanitarios.....	141
XXV.	Gastos probables para el método de Hunter.....	142
XXVI.	Unidades de descarga y diámetro mínimo en derivaciones	144
XXVII.	Diámetro de las derivaciones en el colector	145
XXVIII.	Presupuesto del gimnasio municipal.....	148
XXIX.	Evaluación de impacto ambiental.....	151

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
@	A cada
a/A	Relación de áreas
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
AT	Área total
Az	Área zapata
C	Coeficiente de escorrentía
C	Coeficiente para cálculo de momentos en losas ACI
CG	Centro de gravedad
CIF	Cota invert final
CII	Cota invert inicial
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 tirantes
DH	Distancia horizontal

Di	Distancia del centro de rigidez al eje del marco rígido
E	Esbeltez de la columna
E	Excentricidad
Ec	Módulo de elasticidad del concreto
Em	Módulo de elasticidad del material
Es	Módulo de elasticidad del acero
Est	Estación
Ex	Excentricidad en el sentido X
Ey	Excentricidad en el sentido Y
FH	Factor de Harmond
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	Intensidad de lluvia
I o Ig	Inercia de la sección total del concreto respecto al eje centroidal, sin tomar en cuenta el acero de refuerzo
L	Longitud del elemento
Lc	Claro corto de la losa
Ln	Longitud no soportada del estribo
Lo	Longitud de confinamiento de estribos
Lu	Longitud libre de pandeo de la columna
Lts/hab/día	Litros por habitante al día
Lts/s	Litros por segundo
m/seg	Metros por segundo
mm/h	Milímetros por hora

M_x	Momento último actuando en el sentido X
M_y	Momento último actuando en el sentido Y
M_d	Momento de diseño (magnificado)
M_{dx}	Momento de diseño (magnificado) que actúa en el sentido X
M_{dy}	Momento de diseño 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
n	Coeficiente de rugosidad
P	Carga aplicada a la columna
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 e_x
P'_{uy}	Carga de resistencia de la columna a una excentricidad e_y
P'_o	Carga axial de resistencia de la columna
PSI	Libras por pulgada cuadrada
P_f	Población futura
P_o	Población inicial
PO	Punto observado
PU	Carga última
PV	Pozo de visita
q	Caudal real a sección parcialmente llena

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
Q	Caudal a sección llena
Q	Presión sobre el suelo
Q_{dis}	Caudal de diseño
Q_{dom}	Caudal domiciliar
Q_{ilíc}	Caudal de conexiones ilícitas
Q_{inf}	Caudal de infiltración
Q_{med}	Caudal medio
Q_{md}	Caudal medio diario
QT	Caudal total
Qu	Presión última sobre el suelo
R	Rigidez de un elemento
R_i	Rigidez total del marco rígido i
r	Tasa de crecimiento poblacional
S	Espaciamiento del acero de refuerzo
S%	Pendiente en porcentaje
S_{MIN}	Espaciamiento mínimo del acero de refuerzo por cortante
S_i	Espaciamiento del acero de refuerzo en la longitud confinada
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 318-11	American Concrete Institute año 2011.
Aeróbico	Proceso de respiración de microorganismos con presencia de oxígeno.
Agua domiciliar	Aguas residuales que se producen en viviendas, edificios públicos, entre otros.
Aguas pluviales	Aguas proveniente de la lluvia que se desfogan en un alcantarillado para su evacuación.
Aguas servidas	Aguas que se descargan al drenaje, luego de haber prestados su servicio
Alcantarillado	Sistema construido por debajo de la subrasante con el objetivo de evacuar aguas servidas y pluviales.
Altimetría	Procedimiento topográfico para determinar diferencias de nivel existente entre puntos diferentes.
Anaeróbico	Proceso de respiración de microorganismos sin presencia de oxígeno.
Área tributaria	Área de influencia que transmite cargas sobre un elemento estructural.

Axial	Relativo al eje longitudinal de un elemento.
Azimut	Ángulo formado entre dos líneas, medido desde el norte a favor de las agujas del reloj, entre 0° y 360°.
Biaxial	Elemento estructural que posee dos ejes.
Candela	Depósito que recibe las aguas residuales de un predio, puede ser una caja o un diámetro.
Caudal	Volumen de agua sobre unidad de tiempo.
Colector	Tuberías por las que se conduce el agua residual, deben llenar requisitos y criterios de algunas normas.
Colindancia	Contiguo, el más próximo.
Coloidal	Nombre asignado a sustancias que tienen apariencia de la cola de gelatina.
Concéntrico	Figuras geométricas que tienen el centro en común.
Corte basal	Fuerza aplicada a la base de un edificio como producto de acción sísmica y peso de la estructura.
Cota invert	Cota o altura de la parte inferior interior del tubo instalado a nivel del terreno natural.
Cuantía	Cantidad de acero en una sección de concreto.

Deflexión	Deformación de elementos estructurales formando una curvatura a lo largo del eje longitudinal.
Demografía	Es el estudio de la dimensión, estructura, evolución y características generales de las poblaciones.
Desfogue	Lugar de deposición de las aguas residuales o pluviales.
Dotación	Cantidad de agua asignada por persona por unidad de tiempo.
Esbeltez	Reducción en la resistencia a fuerzas de flexocompresión de elementos estructurales, que resulta de la relación entre longitud y peralte.
Estribo	Elemento estructural, construido de acero para resistir esfuerzos cortantes.
Excentricidad	Distancia que existe entre el centro de masa y el centro de rigidez.
Infiltración	Penetración del agua en el suelo.
Iteración	Repetición de una serie de funciones hasta obtener un dato continuo.
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.
Momento	Es la magnitud de una fuerza al que está sometido un cuerpo, resulta de la aplicación de una fuerza a una distancia desde el centro de la masa.
Permeabilidad	Capacidad de los suelos de disminuir la infiltración de agua en el mismo.
Período de diseño	Tiempo en que un sistema prestará servicio eficiente.
PVC	Policloruro de vinilo.
Rigidez	Es la capacidad de resistencia de un cuerpo a cambiar por la acción de fuerzas externas que actúan sobre el mismo.
Sedimentación	Proceso en el que los componentes más densos de una solución se depositan en el fondo de un recipiente.
Viga	Elemento estructural horizontal utilizado para resistir esfuerzos a flexocompresión.
Voladizo	Elemento apoyado en un solo extremo mediante un empotramiento.

RESUMEN

En el municipio de San Lucas Sacatepéquez, Sacatepéquez se realizó una evaluación diagnóstica para determinar las necesidades principales. Se recopiló la información necesaria y se determinó que, en el casco urbano, las más urgentes son el diseño de un alcantarillado sanitario para el sector central del casco urbano, ya que el actual es alcantarillado combinado y se necesita que sea separativo. El otro proyecto es un gimnasio municipal con un módulo de aulas de dos niveles, incluyendo una piscina para fomentar el deporte.

El diseño del alcantarillado sanitario se realizó con un período de vida útil de 30 años para el sector central. Este deberá integrarse cuando se diseñen los demás sectores. Los colectores serán de tubería PVC, trabajarán por gravedad, incluirá pozos de visita y conexiones domiciliarias. A su vez, se presentan diferentes propuestas de tratamiento que se pueden integrar.

Para construir el gimnasio municipal, existe un terreno municipal de 1 100 metros cuadrados aproximadamente. Este terreno posee una topografía viable y un área disponible suficiente para la construcción de las instalaciones deportivas, las cuales consisten en un edificio de dos niveles con 4 salones para deportes, baños y duchas para hombres y para mujeres, oficina, bodega y una piscina semideportiva. El edificio será diseñado con el sistema E1 de la clasificación de AGIES, Sistema de Marcos de concreto reforzado.

OBJETIVOS

General

Diseñar el sistema de alcantarillado sanitario para el sector central del casco urbano y un gimnasio municipal en San Lucas Sacatepéquez, Sacatepéquez.

Específicos

1. Realizar una investigación diagnóstica y monográfica sobre las necesidades de infraestructura y servicios básicos en el municipio, y verificar la viabilidad y factibilidad de los proyectos propuestos.
2. Realizar el diseño del alcantarillado sanitario tomando en cuenta la topografía y normas correspondientes.
3. Realizar el diseño estructural del gimnasio municipal de acuerdo a normas existentes y a la capacidad soporte del suelo del terreno municipal.
4. Elaborar planos, presupuestos y cronogramas de trabajo que permitan llevar a cabo la ejecución de los proyectos.

INTRODUCCIÓN

Guatemala es uno de los países con más población en su territorio, según el Banco Centroamericano de Integración Económica. Esto indica que su índice de crecimiento poblacional es elevado y, por consiguiente, las necesidades de satisfacer la demanda de infraestructura es cada vez mayor.

El Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) tiene como objetivo principal poner en práctica los conocimientos teóricos y prácticos adquiridos en la carrera para aplicarlos directamente en el campo pertinente. En este caso, para satisfacer la demanda de desarrollo en el país, tomando en cuenta cada departamento y cada una de sus comunidades.

San Lucas Sacatepéquez es un municipio situado al oeste de la ciudad capital, por lo que posee un alto índice de crecimiento poblacional, de 4,78 por ciento. Es un municipio formado por 4 aldeas, 7 caseríos y 6 cantones. Cada uno cuenta con la mayoría servicios básicos. Sin embargo, algunos de estos servicios necesitan mantenimiento o re diseñarlos debido a que ya cumplieron su período de vida útil.

Con base en el diagnóstico realizado en el municipio se determinaron dos deficiencias principales que necesitan ser planificadas lo antes posible. El casco urbano aun cuenta con un sistema de alcantarillado combinado. Sin embargo, en la actualidad, las leyes ambientales indican que deben separarse las aguas pluviales de las residuales; por esta razón, uno de los proyectos es el diseño de un alcantarillado sanitario para el casco urbano.

Como se ve, el diseño de un alcantarillado sanitario para el sector central del casco urbano es prioritario. Debe realizarse con base en el orden y disposición de las calles y avenidas, conformado por colector principal de PVC con una longitud de 3,2 kilómetros, incluir componentes, como pozos de visita contruidos de tubos de concreto prefabricado. Además, se contemplaron 950 conexiones domiciliars que beneficiarán a una población actual de 5 730 habitantes en un período de diseño de 30 años.

Otra de las necesidades observadas en el municipio es la falta de infraestructura para promover el deporte en la niñez y la juventud. Es decir, una estructura donde se puedan desarrollar deportes en aulas, como artes marciales, ajedrez, entre otros. La inducción de la niñez y juventud en el deporte ayuda a disminuir la violencia de las comunidades.

Por esta razón debe dársele prioridad al diseño de un gimnasio municipal conformado por un edificio de dos niveles con salones para diferentes deportes y una piscina semi deportiva techada. Esta infraestructura ocupará un área total de 900 metros cuadrados de construcción para fomentar el deporte.

El diseño estructural del gimnasio y los planos fueron realizados en los programas de ETABS® y AutoCAD® respectivamente, para ambos se utilizaron pruebas de evaluación.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1. Monografía del municipio de San Lucas Sacatepéquez

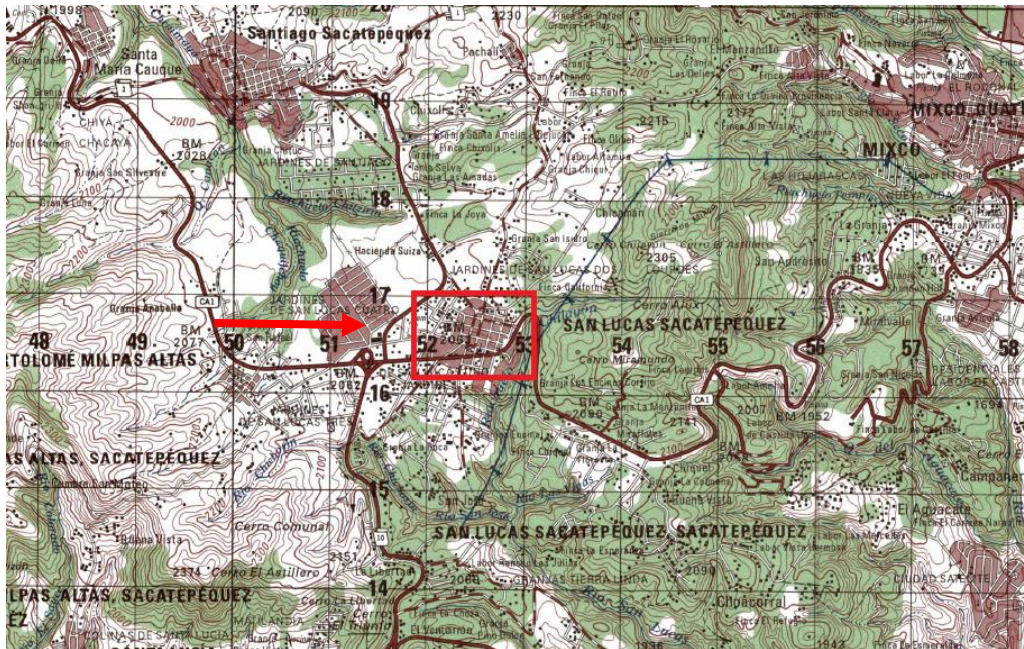
1.1.1. Aspectos generales

San Lucas Sacatepéquez es un municipio del departamento de Sacatepéquez. Originalmente fue fundado en el lugar llamado *Chirijuyu*; que significa atrás de la Montaña. Su nombre rinde honor a Lucas, uno de los apóstoles de Jesucristo, con categoría de santo. Sacatepéquez proviene de las voces náhuatl *zacam* que significa hierba y *tepetl* que significa cerro. Por ello, se deduce que el nombre original que el pueblo maya le había asignado era Cerro de Hierbas.

1.1.2. Ubicación y localización

El municipio es uno de los 16 que conforman el departamento de Sacatepéquez. Se encuentra en la parte este del mismo situado a una distancia de 14 kilómetros desde la cabecera departamental, Antigua Guatemala, y a 29 kilómetros de la ciudad capital. Tiene una extensión territorial de 24,5 kilómetros cuadrados; se ubica en la región V o región Central con una latitud de 14°36'29" y longitud 90°39'32". Limita al norte con los municipios de Santiago Sacatepéquez y Mixco del departamento de Guatemala; al este con Mixco y Villa Nueva del departamento de Guatemala; al sur con Santa Lucía Milpas Altas y Magdalena Milpas Altas de Sacatepéquez; el oeste con San Bartolomé Milpas Altas y Santa Lucía Milpas Altas del departamento de Sacatepéquez.

Figura 1. Ubicación del proyecto



Fuente: hoja cartográfica ciudad de Guatemala escala 1:50,000 IGN.

1.1.3. Demografía

San Lucas Sacatepéquez posee una población actualmente de 30,200 habitantes. De acuerdo con un censo realizado por el INE 14 705 son hombres y 15 945 son mujeres. Corresponden a un 48,89% y 51,30%, respectivamente. El 80,37 por ciento pertenece al área urbana y el 19,63 por ciento restante al área rural.

1.1.4. Topografía

El municipio se ubica en el complejo montañoso de la altiplanicie central del país, por lo que su topografía es irregular en alturas entre los 2 000 y 2 200

metros sobre el nivel del mar. La mayoría de su territorio es montañoso, principalmente en las aldeas Choacorrall, Zorzoya y La Embaulada. Las partes más planas están en el casco urbano y en la aldea El Manzanillo.

1.1.5. Clima

Debido a su ubicación y altitud, en el municipio predomina el clima templado a frío con temperaturas que varían entre los 13 y 25 grados Celsius. De acuerdo con datos del Insivumeh obtenidos de la estación meteorológica Suiza Contenta, la humedad es del 85%; la precipitación promedio anual es de 991,8 mm y se presenta de mayo a octubre.

La recopilación de la información meteorológica correspondiente a la región en estudio se realizó mediante una visita al Insivumeh. Los datos que se recopilaron en la estación Suiza Contenta son los siguientes:

Tabla I. **Datos meteorológicos, estación Suiza Contenta**

ESTACIÓN SUIZA CONTENTA	
Elevación	2 105 msnm
Temperatura máxima	18,5°
Temperatura mínima	6,9°
Temperatura abs máx.	28,0
Temperatura abs mín.	-5
Precipitación	991,8 mm
Brillo solar	Sin datos
Humedad relativa	85%
Velocidad del viento	Sin datos
Evaporación	90,1 mm

Fuente: elaboración propia con datos del Insivumeh.

Según el Insivumeh, San Lucas Sacatepéquez se encuentra en la región climática de la Altiplanicie, donde las lluvias no son tan intensas. Los registros más altos se obtienen de mayo a octubre, en los meses restantes estas pueden ser deficitarias. En algunos puntos de esta región se registran los valores más bajos de temperatura del país. En esta región existen climas que varían de templados a semifríos con invierno benigno, de caracteres húmedos y semisecos con invierno seco. Las montañas definen mucha variabilidad con elevaciones mayores o iguales a los 1 400 msnm, generando diversidad de microclimas. Son regiones densamente pobladas por lo que la acción humana se convierte en factor de variación apreciable.

1.1.6. Hidrología

El municipio cuenta con los ríos: Chichorín, Chiteco, Choacorrall, La Embaulada, Las Vigas y San José; riachuelos: Chilayón, Chipablo, Chique, El Astillero, El Perol, La ciénaga, La esperanza, La Ruya y Parrameños.

1.1.7. Distribución territorial

La dirección municipal de planificación registra que San Lucas Sacatepéquez consta de 4 aldeas: Choacorrall, Zorzoyá (sector 1 y 2), El Manzanillo y la Embaulada; 7 caseríos: San José, Chituc, Chiquel, Chipablo, El Manzanal, Buena Vista y Chicamén; 6 cantones: Reforma, La Cruz, Chichorín, Chirajuyú, Sacurún y Chidonjuan; una comunidad agraria llamada Pachalí y diecisiete fincas entre las que destacan: Los Ángeles, California, San Ramón, La Esmeralda, Santa Marta, San Juan, La Cruz Grande, La Suiza, Xelajú, Lourdes y cincuenta granjas.

1.1.8. Servicios existentes

El municipio cuenta con todos los servicios básicos debido a su cercanía con la ciudad capital y a la cabecera municipal. Tiene fácil acceso a los siguientes servicios: energía eléctrica, agua potable, drenajes, telefonía, correo, internet, calles asfaltadas, adoquinadas y pavimentadas, servicio de buses extraurbanos, talleres, aserraderos, gasolineras, colegios, escuelas, institutos de segunda enseñanza, estadio, estación de bomberos, mercado, restaurantes, centros comerciales, centro de salud, cementerio, bancos mercado central y clínicas médicas particulares.

1.1.9. Aspectos de infraestructura

El municipio cuenta con la infraestructura para los servicios básicos y las necesidades de una población; sin embargo, existe la carencia de infraestructura eficiente en algunos aspectos. Estos se presentarán en las necesidades detectadas.

1.1.9.1. Vías de acceso

El municipio de San Lucas Sacatepéquez se encuentra a 29 kilómetros de la ciudad capital por la Carretera Interamericana CA-1 y a 14 kilómetros de La Antigua Guatemala. Tiene diferentes vías de acceso desde la ciudad capital; la principal es por la CA-1 que se encuentra totalmente pavimentada. La segunda vía de acceso es por la carretera asfaltada que conduce de la calzada Aguilar Batres hacia Bárcenas, Villa Nueva, pasando frente a la aldea La Embaulada (37,5 kilómetros). La tercera vía es de la calzada San Juan hacia el municipio de San Pedro Sacatepéquez, pasando por el municipio de Santiago

Sacatepéquez, (35 kilómetros). Cuenta con caminos y veredas que unen a sus poblados y propiedades rurales entre sí y con los municipios vecinos.

1.1.9.2. Tipología de viviendas

La dirección municipal de planificación data desde que en el municipio existen casas de diferentes tipos de estructura, construidas con diferentes tipos de materiales. 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, como concreto, adobe y bajareque. El 64,3% de las casas posee techo de lámina, el 23% son con losa fundida y el 12,7% restante de otros materiales, como láminas de asbesto cemento y tejas.

1.1.9.3. Distribución de viviendas

La mayor concentración de las viviendas se encuentra en el casco urbano del municipio, zona 1 y 2, y sus alrededores, sin embargo, actualmente, se construyen urbanizaciones y residenciales fuera el límite del casco urbano.

1.1.10. Salud

San Lucas Sacatepéquez cuenta con un centro de salud tipo B en el casco urbano, donde se brindan los servicios de atención médica, psicológica, consulta externa, pediatría y odontología infantil. La única aldea que cuenta con un puesto de salud es Choacorrál. Entre las enfermedades que se han reportado últimamente, de acuerdo con los datos del centro de salud, destacan: el resfriado común, bronconeumonía, diarrea, entre otras. Cuando se necesitan intervenciones quirúrgicas, tratamiento de fracturas o análisis de laboratorio, son referidos al Hospital Nacional de Antigua Guatemala.

1.1.11. Condiciones sanitarias

El municipio cuenta con un colector principal para la recolección de aguas residuales en el casco urbano. Sin embargo, este es un sistema combinado de aguas pluviales y residuales. Las aldeas no cuentan con alcantarillado sanitario ni pluvial, las viviendas deben tener su sistema domiciliario como fosas sépticas, letrinas, entre otros. El municipio cuenta con 4 plantas de tratamiento de aguas residuales, que son: Chipablo, Choacorrall, Lomas de San José y Ciudad Perdida.

1.2. Planteamiento del problema

El problema se estableció de acuerdo con la evaluación diagnóstica realizada, habiendo determinado las principales deficiencias, siendo una de estas la falta del alcantarillado sanitario y la falta de infraestructura para promover el deporte. Ambas son necesarias para mejorar la calidad de vida de la población y la infraestructura del municipio.

1.2.1. Principales necesidades detectadas

Se recorrió cada una de las comunidades del municipio para plantear el diagnóstico. Este estudio evidenció uno de los problemas principales del casco urbano, ya que cuenta con un alcantarillado de sistema combinado de aguas pluviales y sanitarias. Este sistema carece de antecedentes de la construcción, por lo que es obsoleto para la recolección. Otra detección fue la falta de infraestructura para promover el deporte en la población.

1.2.2. Descripción de las necesidades

Actualmente, el casco urbano carece de un sistema de alcantarillado sanitario para la recolección y tratamiento de las aguas residuales, ya que el sistema combinado actual, también recolecta las aguas pluviales lo cual imposibilita el tratamiento de estas aguas, ya que la planta de tratamiento no se daría abasto. Por esta razón, es necesaria la construcción de un sistema separativo de aguas pluviales y residuales capaz de conducir las hacia una planta de tratamiento.

En el municipio también se cuenta con poca infraestructura para promover el deporte, por lo que es necesaria la construcción de una estructura con ambientes para diferentes tipos de deportes, como el karate, tenis de mesa, boxeo, natación, entre otros.

1.2.3. Priorización de las necesidades

El Consejo Municipal estableció dar prioridad al diseño de un alcantarillado sanitario para el casco urbano del municipio, dividiéndolo en sectores, de acuerdo con su ubicación para el diseño y recolección. En este documento se presenta el diseño para el sector central. Se incluye, también, el diseño de un gimnasio municipal que constará de un módulo de salones para impartir diferentes clases de deportes así como una piscina semi olímpica para natación.

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

2.1. Diseño de alcantarillado sanitario para el sector central del casco urbano, San Lucas Sacatepéquez

El proyecto consiste en el diseño del alcantarillado sanitario para el sector central del casco urbano con una longitud de 3,2 kilómetros, en los cuales se incluye el colector principal y los diferentes ramales existentes. Este alcantarillado se diseñará con tubería de PVC tanto para el colector principal como para sus ramales, según la Norma ASTM F 949, pozos de visita construidos con tubos de concreto prefabricados y más de 900 conexiones domiciliarias. El proyecto beneficiará a una población futura de 26 000 habitantes aproximadamente, para un período de diseño de 30 años.

2.1.1. Levantamiento topográfico

El levantamiento topográfico de todo el proyecto se hizo por poligonales abiertas, para lo cual se utilizaron procedimientos de medición de distancias horizontales y conservación de azimut.

2.1.1.1. Planimetría

La planimetría es la aplicación de la topografía en el campo donde se realizan trabajos para tomar datos geométricos que permiten construir una figura semejante a la del terreno, se proyecta sobre un plano horizontal.

Debido a que las calles del casco central se trazaron formando una cuadrícula, se logró el levantamiento de 3,2 kilómetros, con el método de conservación de azimut y radiaciones, tomando una avenida como pivote y realizando radiaciones hacia los puntos observados en las calles utilizando el siguiente equipo:

- ✓ Estación total
- ✓ Prisma
- ✓ Estadal
- ✓ Plomada
- ✓ Cinta métrica
- ✓ Pintura

2.1.1.2. Altimetría

La altimetría es el conjunto de trabajos que proporcionan elementos para conocer las diferentes alturas del terreno, para ser proyectado en planos verticales.

Con el mismo procedimiento de campo para la toma de datos con la estación total, se determinaron las distancias verticales entre los puntos observados, teniendo una diferencia de más de 34 metros entre el punto más alto y el más bajo del levantamiento, y se utilizó el siguiente equipo:

- ✓ Estación total
- ✓ Prisma
- ✓ Estadal
- ✓ Plomada
- ✓ Cinta métrica

2.1.2. Descripción del sistema a utilizar

El sistema es un alcantarillado sanitario, que es parte de un sistema separativo, ya que este solamente transportará aguas residuales, separándolas de las pluviales. El alcantarillado funciona por gravedad, a través de conductos circulares que conducirán las excretas y aguas residuales en una red cuyo colector principal las verterá en un punto donde se le brindará un tratamiento primario para su respectivo saneamiento. De esta manera, la población no tiene contacto con las mismas y así se evitarán problemas de salud. El sistema, de 3 200 metros, se diseñará con tubería PVC Norma ASTM F 949 de acuerdo con normas generales para alcantarillados sanitarios y con las normas del Instituto de Fomento Municipal, INFOM.

2.1.3. Partes del alcantarillado

2.1.3.1. Colector

El colector es la parte del alcantarillado encargada de recolectar y transportar las aguas residuales provenientes de las candelas domiciliarias de cada vivienda respectiva.

Los materiales para el colector pueden ser de diferentes materiales, entre esos están el concreto simple, concreto armado, PVC, acero, entre otros. Es muy recomendable utilizar el material que trabaje mejor y sea más accesible.

En este proyecto se utilizará PVC, ya que se puede adquirir fácilmente, por su precio, disponibilidad del proveedor y facilidad de transporte, los diámetros mínimos que se pueden utilizar en los alcantarillados sanitarios son los siguientes.

Tabla II. **Diámetros mínimos en alcantarillados sanitarios**

Diámetros mínimos		
Conexión	Material	D mínimo
Domiciliar	PVC	4"
Domiciliar	Concreto	6"
Colector central	PVC	6"
Colector central	Concreto	8"

Fuente: elaboración propia.

El colector será de tubería PVC Norma ASTM F 949, de doble pared, corrugada, con diámetros que van desde 6" hasta 15" con base en los requerimientos hidráulicos. En las conexiones domiciliarias la pendiente mínima será de 2 por ciento y una máxima de 6 por ciento y debe formar un ángulo horizontal con respecto del colector principal de 45 grados en sentido del flujo del mismo.

Las profundidades del colector dependen del diámetro de la tubería y del tráfico del lugar, como se muestra en la tabla III. Sin embargo, estas dependerán de las especificaciones del fabricante, ya que debido a su resistencia se pueden colocar a profundidades menores.

Tabla III. **Profundidades mínimas de colector**

Tipo de tráfico	Diámetros						
	8"	10"	12"	16"	18"	21"	24"
Normal	1,20	1,30	1,40	1,40	1,50	1,60	1,70
Pesado	1,40	1,50	1,60	1,60	1,70	1,80	1,90

Fuente: elaboración propia.

Se utilizará tubería Norma ASTM F949, corrugada de doble pared. Según la norma la profundidad mínima a la que se puede colocar es de 0,50 m. Si la profundidad se modifica en los tramos iniciales, no existiría problema con ese aspecto, sin embargo, es necesario respetar lo diseñado ya que esto hará que el diseño hidráulico funcione eficientemente.

2.1.3.2. Pozo de visita

Estas estructuras son elementos que forman parte del alcantarillado, cuya función es la verificación del funcionamiento del alcantarillado sanitario. En función de las inspecciones y el mantenimiento, que incluye la limpieza, no existe una metodología normada para su construcción, pero pueden ser de ladrillo tayuyo, fundidos de concreto o con tubos de concreto prefabricados.

Los pozos de visita se localizarán cuando se presenten las siguientes condiciones:

- Al inicio de un tramo
- Cambio de pendiente
- Cambio de diámetro
- Intersección de dos o más tuberías
- A distancias no mayores de 100 metros en línea recta en diámetros hasta de 24 pulgadas
- A distancias no mayores de 300 metros en diámetros superiores a 24 pulgadas

En este proyecto, se construirán pozos de visita con tubos de concreto prefabricados, cuyo fondo y brocal serán de concreto reforzado.

2.1.3.3. Conexiones domiciliarias

Estas conexiones tienen como función la descarga de las aguas provenientes de las viviendas al colector principal que se componen de una candela y la tubería de conexión. La primera es un elemento de concreto, un tubo de 12", en el que se realiza la inspección y la limpieza. La tubería utilizada es para conectar la candela con el colector principal, con un diámetro mínimo de 4" para tubería de PVC y una pendiente mínima de 2% y máxima de 6%.

2.1.4. Período de diseño

Es el período en el que el sistema funcionará eficientemente. Después de este período será necesario rediseñar el alcantarillado, donde se decidirá la pertinencia de realizar pequeños cambios o colocar uno nuevo. Los sistemas de alcantarillado se deben proyectar para un período entre 30 y 40 años a partir de la fecha de construcción, para cumplir adecuadamente su función.

Para seleccionar el periodo de diseño del proyecto se deben considerar factores como la vida útil de los materiales y el equipo que se utilizará, tomando en cuenta el desgaste natural que sufren los materiales. También se debe considerar el crecimiento poblacional del lugar.

En algunas ocasiones, de debe incluir, dentro del periodo de diseño, un tiempo de 2 a 3 años adicionales, debido a gestiones que conlleva el proyecto para su autorización y el desembolso económico.

2.1.5. Población futura

Para estimar la población futura existen tres métodos existentes, los cuales son el aritmético, el geométrico y el gráfico. El INFOM recomienda que el método que arroja los resultados de la población futura más acercado a la realidad es el método geométrico, ya que se genera por una ecuación matemática exponencial.

La población futura de este proyecto se determinó utilizando el método geométrico, donde se utiliza, de forma directa, la población actual que tributará al alcantarillado y la tasa de crecimiento del lugar. Para el diseño del sistema se tiene una población actual de 5 736 habitantes.

2.1.5.1. Método geométrico

En este método, se obtienen resultados que más se acercan al crecimiento real de la población. En una gráfica, su comportamiento es exponencial, tiene la ventaja de que solo necesita tres datos para estimar la población.

Con los datos obtenidos en el Instituto Nacional de Estadística (INE) se puede determinar la población futura del área, los datos recomendados para este método con los que proporciona esta institución de los censos nacionales que se han realizado. Para este municipio se tiene una tasa de crecimiento de 4,78% en el área urbana, tomando esta para el diseño. Aplicando la siguiente fórmula se obtiene

$$Pf = Po * (1 + r)^n$$

Donde:

Pf= población futura

Po= población inicial

r = tasa de crecimiento

n = período de diseño

$$Pf = 5\,736 * (1 + 0,0478)^{30} = 23\,279 \text{ habitantes}$$

2.1.6. Determinación de caudales

Para la determinación de los caudales que servirán para efectuar el diseño de alcantarillado sanitario se deben tomar en cuenta diferentes tipos de caudales proporcionados por la población, de acuerdo con el tipo de descargas que existen dentro de la comunidad.

2.1.6.1. Población tributaria

La población que se tomará en cuenta es la del sector central del casco urbano, cuya suma asciende a 5 736 habitantes y con un período de diseño de 30 años, la población será de 23 279 habitantes.

2.1.6.2. Dotación de agua potable

La dotación de agua *per cápita* para el municipio es de 150 lts/día, según la información proporcionada por el departamento de aguas de la Municipalidad del municipio.

2.1.6.3. Factor de retorno

Es un porcentaje del agua potable que es devuelta al drenaje luego de haber sido utilizada, este valor se encuentra entre 70 y 90 por ciento de la dotación. En este proyecto como es área únicamente urbana se tomó un factor de retorno de 90 por ciento.

$$Fr = 0.90$$

2.1.6.4. Caudal sanitario

Este caudal está compuesto por la suma de todos los caudales que pueden existir en una población y se enlistan a continuación:

- Caudal domiciliar: es el caudal producido por el agua proveniente de las actividades domésticas cotidianas.

$$Q_{dom} = \frac{\text{Dotación} * \text{Población Futura} * \text{Factor de retorno}}{86\ 400}$$

- Caudal de conexiones ilícitas: es el caudal producido por el agua pluvial que ingresa al alcantarillado por viviendas que lo conectan ilícitamente.

$$Q_{CI} = \frac{C * I * A}{360} \% \text{Viviendas}$$

Donde:

C =coeficiente de escorrentía

I =intensidad de lluvia en mm/hr

A =área en hectáreas

- Caudal de infiltración: es el caudal producido por las aguas que se infiltran a través de las uniones de la tubería.

$$Q_{inf} = 0.01 * Diámetro * Distancia$$

- Caudal comercial: es el proveniente de los comercios existentes en el municipio, con base en una descarga por tipo de comercio existente, los colegios, mercados, pensiones, entre otros.
- Caudal industrial: en el sector bajo estudio no existen áreas industriales, por lo que para este diseño no se tomó en cuenta su valor.

2.1.6.5. Factor de caudal medio

Es un valor que regula la aportación del caudal en la tubería, el cual es inversamente proporcional entre el caudal sanitario y la población. Su valor debe estar entre un rango de 0,002 a 0,005.

$$fqm = \frac{Q_{sanitario}}{población}$$

2.1.6.6. Factor de Harmond

También se le conoce con el nombre de Factor de flujo instantáneo. Es un factor que regula un valor máximo de las aportaciones por uso doméstico para las horas pico, está en función del número de habitantes en el área de influencia. Se expresa por medio de la fórmula de Harmond:

$$FH = \frac{18 + \sqrt{\text{Número de habitantes}/1\ 000}}{4 + \sqrt{\text{Número de habitantes}/1\ 000}}$$

2.1.6.7. Caudal de diseño

Es el valor del caudal con el que se diseñará cada tramo del sistema de alcantarillado sanitario, de acuerdo con los datos obtenidos y el período de diseño. El valor en cada tramo será igual al producto de multiplicar el factor de caudal medio, el factor de Harmond y el número de habitantes a servir.

$$Q_d = \text{No. habitantes} * f_{qm} * FH$$

Donde:

Q_d : caudal de diseño (l/s)

f_{qm} : factor de caudal medio

FH: factor de Harmond

2.1.7. Fundamentos hidráulicos

El drenaje y su funcionamiento dependen del diseño basado en la mecánica de fluidos, donde los fundamentos hidráulicos se basan en modelos matemáticos creados para flujos de lámina libre.

2.1.7.1. Ecuaciones de Manning para flujo en canales

Esta ecuación fue determinada por Robert Manning quien desarrolló la misma para flujos en canales de lámina libre, aunque originalmente fue desarrollada para canales abiertos actualmente se utiliza en canales cerrados.

$$V = \frac{r * h^{\frac{2}{3}} * (\frac{s}{100})^2}{n}$$

Donde:

V: velocidad del flujo (m/s)

r: Factor de sistema de medida

h: tirante del fluido (diámetro de tubería en canal parcialmente lleno)

s: pendiente del canal

n: coeficiente de rugosidad

2.1.7.2. Relaciones hidráulicas

Estas se basan en la ecuación de la sección parcialmente llena. El caudal con que se diseña el alcantarillado deber ser menor al caudal a sección llena $q < Q$. De acuerdo con ensayos y experiencia se han considerado parámetros de diseño para optimizar la funcionalidad.

2.1.8. Parámetros de diseño hidráulico

Los parámetros de diseño hidráulico se utilizan para optimizar el funcionamiento del alcantarillado, donde la tubería trabaja eficientemente, estos parámetros son las relaciones entre la sección parcialmente llena y sección llena, velocidad, rugosidad y diámetros de la tubería.

2.1.8.1. Velocidad mínima y máxima

Las velocidades de un alcantarillado se deben mantener dentro de los parámetros establecidos por normas generales para permitir un adecuado funcionamiento. En este caso la velocidad mínima debe permitir el transporte de

las aguas residuales sin que se provoque sedimentación y/o acumulación de gases, y tampoco debe ser tan alta para evitar la erosión excesiva de la tubería.

2.1.8.2. Sección llena y parcialmente llena

La relación de la sección parcialmente llena con respecto a la sección llena se debe encontrar en el siguiente rango:

La relación d/D para alcantarillado sanitario está entre 0,10 y 0,75.

2.1.8.3. Coeficiente de rugosidad

El coeficiente de rugosidad n está en función del material que se utilizará en el colector, y sus valores varían como se muestra a continuación:

Tabla IV. **Coeficientes de rugosidad en tuberías**

Tubería de concreto	D < 24 pulgadas	$n=0,013$
	D > 24 pulgadas	$n=0,015$
Tubería PVC	Todos los diámetros	$n=0,010$

Fuente: elaboración propia.

2.1.8.3.1. Cotas Invert

Son las profundidades en el suelo a las que se colocarán las tuberías, estas se calculan con base en la pendiente y la distancia del tramo respectivos, los parámetros para estas cotas de entrada y salida en un pozo de visita son:

- La diferencia de Cotas Invert entre las tuberías que entran y salen del pozo de visita será como mínimo 3 centímetros. Cuando el diámetro de la tubería que entra sea menor de la que sale, la diferencia de cotas será como mínimo la diferencia de dichos diámetros.
- Cuando a un pozo de visita llegan 2 o 3 tubos, el que sale deberá tener una Cota Invert 3 centímetros más baja que el tubo que entra más bajo.
- Cuando la diferencia de Cotas Invert entre la tubería que entra y la que sale del pozo sea mayor de 70 centímetros, se deberá diseñar un accesorio especial para disipar la energía.

El cálculo de las Cotas Invert es mediante las siguientes ecuaciones:

$$C_{ie} = C_{is} - \frac{S * L_{hp}}{100}$$

$$C_{is} = CT - h_{min}$$

$$Hp = CT - C_{is}$$

Donde:

Hmin = altura mínima, dependiendo del tráfico.

CT = cota del terreno

Cie = Cota Invert de entrada

Cis = Cota Invert de salida

Lhp = distancia horizontal entre pozos

S = pendiente de la tubería

Hp = profundidad del pozo

2.1.8.3.2. Ancho de zanja

El ancho de zanja debe ser el suficiente para que permita una adecuada trabajabilidad al momento de colocar la tubería, y de tamaño óptimo ya que si es muy ancha, existe demasiada excavación y relleno innecesario que aumentaría el costo en mano de obra. La superficie del fondo debe estar nivelada y se coloca una cama de material arenoso para evitar las irregularidades.

Para el proyecto, es necesario tomar muestra del suelo, cada 300 metros, para determinar de qué tipo es, ya que cuando los suelos son muy sueltos es necesario realizar la zanja más ancha para evitar problemas.

2.1.8.3.3. Volumen de excavación

El volumen de excavación es el producto de la sección transversal que se toma y la longitud del tramo. Es de tomar en cuenta que este volumen es de suelo compactado, y al ser extraído se expande en un 30 por ciento.

2.1.9. Profundidad de pozos de visita

Para el diseño hidráulico se tomará una profundidad máxima para pozos de visita de 3 metros. No existe una norma para esta profundidad; sin embargo, para efectos de trabajabilidad y presupuesto se trabajará con este valor máximo.

2.1.10. Diseño hidráulico

En este proyecto, de acuerdo con el estudio preliminar, y el diagnóstico del lugar se tomaron las siguientes observaciones.

- El casco urbano cuenta con adoquinamiento en todas sus calles y avenidas.
- La pendiente del sector permite el desfogue hacia un punto adecuado para la salida de las aguas residuales, donde se ubica el terreno para la planta de tratamiento.
- De acuerdo con la cuadrícula de las calles y avenidas, se decidió la ubicación de 31 pozos de visita y 39 tramos por diseñar.

Los datos de diseño se muestran a continuación:

Período de diseño	30 años
Dotación de agua potable	150 litros/habitante/día
Número de casas actual	956 viviendas
No. de habitantes por vivienda	6 habitantes
Cota máxima de terreno	102,77 metros
Cota mínima de terreno	73,12 metros
Tasa de crecimiento poblacional	4,78 %
Tipo de tubería a utilizar	PVC
Coeficiente de rugosidad de la tubería	0,01
Diámetro de pozo de visita	1,20 metros

2.1.11. Ejemplo de cálculo de drenaje sanitario

PV= pozo de visita

Cota de terreno PV-1 = 94,36

Cota de terreno PV-2 = 89,10

Distancia horizontal = 102,95 metros

Período de diseño = 30 años

Pendiente del terreno:

$$S\% = \frac{Cota\ 2 - Cota\ 1}{Dist.\ horizontal} * 100$$

$$S\% = \frac{94,36 - 89,10}{102,95} * 100 = 5,11\%$$

No. de casas del tramo = 37

Habitantes de servicio actual:

$$No.\ hab = No.\ casas * No.\ habitantes$$

$$No.\ hab = 37 * 6 = 222\ hab$$

Habitantes de servicio futuro:

$$No.\ hab\ fut = Po * (1 + r)^n$$

$$No.\ hab\ fut = 222 * (1 + 0,478)^{33} = 1037$$

Caudal domiciliar:

$$Q_{dom\ act} = \frac{150 * 222 * 0,90}{86\ 400} = 0,347\ lts/seg$$

$$Q_{dom\ fut} = \frac{150 * 1\ 037 * 0,90}{86\ 400} = 1,62\ lts/seg$$

Caudal comercial:

Un pequeño comercial con 7 locales, 40 lts/día/local.

$$Q_{com} = \frac{7\text{locales} * 40\text{lts/local}}{86\ 400\ \text{seg}} = 0,003\ lts/seg$$

Caudal de infiltración:

$$Q_{inf} = 0,01 * 8'' * \frac{102,95}{1\ 000} = 0,008\ lts/seg$$

Caudal de conexiones ilícitas:

$$Q_{ci} = \frac{\left(\frac{37\ \text{casas} * 40\text{m}^2}{10,000}\right) * \frac{1128}{0,54 + 12^{0,73}} * 0,65 * 0,025}{360} * 1000 = 1,13\ lts/seg$$

Caudal sanitario:

$$Q_{san\ act} = 1,487\ lts/seg$$

$$Q_{san\ fut} = 2,761\ lts/seg$$

Factor de caudal medio:

$$fqm = \frac{2,761}{1\ 037} = 0,003$$

Factor de Harmond:

$$FH_{act} = \frac{18 + \sqrt{222/1\ 000}}{4 + \sqrt{222/1\ 000}} = 4,1312$$

$$FH_{fut} = \frac{18 + \sqrt{1\ 037/1\ 000}}{4 + \sqrt{1\ 037/1\ 000}} = 3,7898$$

Caudal de diseño actual: $222 * 0,003 * 4,1312 = 2,44$ lts/seg

Caudal de diseño futuro: $1\ 037 * 0,003 * 3,7898 = 10,46$ lts/seg

Diámetro de tubería: 8 pulgadas

Pendiente de tubería: 5,11 %

Velocidad a sección llena

$$V = \frac{0,03429 * 8^{\frac{2}{3}} * \left(\frac{5,11}{100}\right)^{1/2}}{0,01} = 3,10 \text{ m/s}$$

Caudal a sección llena:

$$Q = 3,10 * \frac{\pi * (8 * 0.0254)^2}{4} * 1000 = 100,54 \text{ lts/seg}$$

Relaciones hidráulicas:

Actual

$$q/Q = 2,44/100,54 = 0,024285$$

$$v/V = 0,428476$$

$$v = 0,428476 * 3,10 = 1,33 \text{ m/seg}$$

$$d/D = 0,111$$

Futuro

$$q/Q = 10,46/100,54 = 0,104063$$

$$v/V = 0,634871$$

$$v = 0,634871 * 3,10 = 1,97 \text{ m/seg}$$

$$d/D = 0,211$$

Se calculan todos los valores para la actualidad y el futuro, y se comprueban si cumplen con los parámetros de diseño. En la actualidad, cuando es la menor cantidad y en el futuro, cuando haya aumentado.

Cotas Invert:

$$\text{CIS} = \text{CT} - \text{Profundidad tubería} - \text{Diámetro tubería} - \text{Espesor de tubería}$$

$$\text{CIS} = 94,36 - (1,35 + (8 * 0.0254) + (2 * 0.05)) = 92,71 \text{ m}$$

$$\text{CIE} = 92,71 - (0,0511 * 102,95) = 87,45$$

Pozos de visita:

$$\text{HPV-1} = 94,36 - 92,71 = 1,65 \text{ m}$$

$$\text{HPV-2} = 89,10 - 87,45 + 0,03 = 1,68 \text{ m} \rightarrow 1,70 \text{ m}$$

De esta forma se realiza el diseño hidráulico para todos los tramos.

2.1.12. Tipos de tratamiento

El tratamiento de las aguas residuales es la actividad principal y primordial para el fin del diseño de un alcantarillado sanitario, este es un factor para mitigar los efectos que causan en el medio las aguas residuales que se depositan a flor de tierra, un alcantarillado sanitario debe, únicamente, conducir las aguas hacia un tratamiento de las mismas, no debe de afectar el ambiente.

2.1.12.1. Diseño de fosa séptica

Una fosa séptica es un estanque hermético cubierto, que puede ser construido de diferentes materiales como piedra, block, ladrillo, concreto armado u otros materiales. Generalmente, es de forma rectangular cuya función es que las aguas residuales adquieran una velocidad baja que permita un proceso anaeróbico de sedimentación y descomposición de los desechos sólidos, en un tiempo estimado de 12 y 72 horas.

- **Funciones de la fosa séptica**

Tratamiento biológico. En esta fase se llevan a cabo procesos bacteriológicos naturales, las bacterias que existen descomponen los sólidos y líquidos que quedan en el tanque a través de un proceso anaeróbico.

- **Eliminación de sólidos**

Debido a que las aguas residuales contienen componentes sólidos disueltos, cuando las aguas negras de una vivienda se vierten en un tanque séptico, se reduce la velocidad de escurrimiento, y los sólidos más grandes se

sedimentan en el fondo o se elevan a la superficie, y son los que se retienen en el tanque.

- Almacenamiento de lodos y natas

Los lodos son la materia que resulta de la acumulación de los sólidos en el fondo del tanque, mientras que la nata es la porción que se elevan a la superficie, quedando parcialmente sumergidos de los sólidos flotantes aglomerados.

2.1.12.2. Dimensionamiento de pozos de absorción

Los pozos de absorción se construyen que las aguas que han sido tratadas lleguen al subsuelo. Estos pueden ser complementarios del campo de oxidación o sustituirlos por completo. Es una excavación de un pozo en el suelo con diámetro y profundidad variable donde el agua se infiltra por las paredes, más no por el piso. Ya que éste debe ser impermeable, se recomienda llenar el pozo con grava a una altura aproximada de un metro para lograr una adecuada distribución de agua en el fondo.

La infiltración del agua en el suelo permite dar un tratamiento final a estas mismas. El tratamiento de las aguas negras depende, principalmente, del suelo donde los organismos ayudan a eliminar la materia orgánica. Mientras que el efluente fluye paulatinamente entre el suelo, los microorganismos digieren los componentes de las aguas negras formando una capa biológica. Dicha capa reduce el movimiento del agua por el suelo y ayuda a evitar que el área bajo la capa se sature. El agua recorre por el suelo, no saturado, para que los microorganismos presentes en el mismo y en la capa puedan digerir los desperdicios y nutrientes del efluente.

2.1.13. Presupuesto

Es la estimación del costo del proyecto basando en la elaboración de precios unitarios.

Tabla V. **Presupuesto**

PRESUPUESTO SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA SECTOR SENTRAL, SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ						
No.	Renglón	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Total Q	Total \$
1	Preliminares					
1.1	Trazo y replanteo	3 228,00	ml	Q8,90	Q28 733,89	\$3 727,88
1.2	Levantado de adoquín	2 259,60	m2	Q20,92	Q47 276,86	\$6 133,61
2	Excavación y Relleno					
2.1	Excavación de zanja	3 292,56	m3	Q31,38	Q103 320,43	\$13 404,59
2.2	Relleno y compactación	3 034,32	m3	Q41,01	Q124 448,58	\$16 145,71
2.3	Retiro de material sobrante	135,50	m3	Q83,68	Q11 338,45	\$1 471,03
3	Pozos de visita					
3.1	Pozo de visita Ø 42" altura variable	31,00	unidad	Q5 760,82	Q178 585,57	\$23 169,34
4	Línea de conducción					
4.1	Línea de conducción	3 228,00	ml	378,05	Q1 220 338,75	\$158 324,35
5	Acometida domiciliar					
5.1	Conexión domiciliar	956,00	unidad	1589,85	Q1 519 899,28	\$197 188,74
5	Instalación de adoquín					
6	Instalación de adoquín	2 259,60	m2	25,83	Q58 374,71	\$7 573,42
					Q3 292 316,50	\$427 138,67

Fuente: elaboración propia.

2.1.14. Evaluación socioeconómica

En esta evaluación se determinan los datos del valor presente neto y la tasa interna de retorno del proyecto.

2.1.15. Valor presente neto (VPN)

Es un dato que nos representa la viabilidad de un proyecto de inversión a largo plazo. Es un método que determina el cumplimiento de una inversión con su objetivo financiero, maximizar la inversión. Es un valor que puede ser negativo, positivo o nulo, cuyo significado determinará la factibilidad.

$$VPN < 0; \quad VPN = 0; \quad VPN > 0$$

Cuando el resultado que arroja el VPN es negativo y está muy alejado de cero, indica que el proyecto no es rentable. Cuando el VPN es igual a cero indica que la utilidad del proyecto es exactamente igual a la de inversión; mientras que, cuando el VPN es mayor de cero indica que la opción es rentable y podría incrementarse la utilidad.

$$VPN = Ingresos - Egresos$$

$$VPN = 0 - 3\,292\,316,50 = -3\,292\,316,50$$

En este caso el valor de VPN dio negativo, por lo que significaría que el proyecto no es rentable, sin embargo por ser de carácter social, no se toman en cuenta ingresos.

2.1.16. Tasa interna de retorno (TIR)

Es un valor que determina la tasa máxima de utilidad que puede obtenerse en la evaluación de una alternativa. El proyecto no generará ingresos para la municipalidad por ser un proyecto de beneficio social. No genera ninguna tasa de interés.

2.1.17. Evaluación de impacto ambiental

Una evaluación de impacto ambiental presenta las alteraciones que se pueden sufrir durante la construcción de un proyecto.

2.1.17.1. Evaluación de impacto ambiental del proyecto de drenaje sanitario

Tabla VI. Evaluación de impacto ambiental

Alteraciones	Medidas de Mitigación
Ruido de la maquinaria para la excavación.	Realizar los trabajos en horarios cuando la población se vea menos afectada, principalmente en horas de descanso.
Presencia de polvo y partículas en suspensión.	Mantener húmedas las áreas de trabajo, así como los bancos de suelos.
Modificación del suelo mediante cortes y rellenos realizados.	Manejar adecuadamente los volúmenes de suelo que se extraen y rellenar correctamente.
Interrupción de la circulación de vehículos y de los peatones.	Dejar vías de paso peatonal en la obra, y re distribuir temporalmente las vías en el sector.
Alteración visual de las calles durante las excavaciones.	Colocar conos y mallas naranjas, para delimitar el área de trabajo y de los bancos de suelo.

Fuente: elaboración propia.

2.1.18. Administración, operación y mantenimiento

La administración del proyecto estará a cargo de la sindicatura municipal, quienes deberán administrar la distribución, inscripción del servicio a los vecinos y revisarán que se realicen los cobros respectivos. La operación y mantenimiento del drenaje y planta de tratamiento será realizada por la oficina de aguas municipal la cual asigna personal para realizar el mantenimiento e inspecciones respecto al drenaje y planta de tratamiento, también se tendrá colaboración por parte de la oficina de calles y avenidas.

2.2. Diseño de gimnasio municipal en el casco urbano de San Lucas Sacatepéquez

El proyecto consiste en el diseño de un gimnasio municipal para el municipio de San Lucas Sacatepéquez, el cual estará al servicio de toda la población del mismo, principalmente a los alumnos de las instituciones públicas.

El diseño contempla dos niveles que, de acuerdo con la clasificación del AGIES, es E1; sistema de marcos de concreto reforzado, y una piscina bajo un techo curvo. El gimnasio contará con aulas para deportes que se pueden realizar en ambientes cerrados.

2.2.1. Investigación preliminar

El casco urbano en su totalidad cuenta con todos los servicios básicos para las viviendas, cuenta con estructuras básicas para la educación en el casco urbano y en todas sus aldeas, para preprimaria, primaria, básicos y telesecundaria.

En la infraestructura, para fomentar el deporte existe un estadio municipal, cancha municipal y una cancha polideportiva, así como las respectivas canchas deportivas que tienen las escuelas e institutos. Sin embargo, la población estudiantil aumenta generando mayor demanda del espacio físico para practicar diferentes deportes, ya que los principales jóvenes que usarán las instalaciones deportivas en el caso urbano serían los estudiantes de la escuela municipal y el instituto. Además, personas ajenas que soliciten el uso de las instalaciones.

2.2.1.1. Terreno disponible

El terreno municipal disponible para el gimnasio se encuentra en la zona 2 del mismo con un área de 1 000 metros cuadrados. Actualmente, el terreno se utiliza para almacenar material de construcción. Colinda con el Instituto Municipal de San Lucas Sacatepéquez y con la bodega municipal de materiales, herramienta y equipo.

El edificio, junto con el área de la piscina, abarcarán un 90% del terreno disponible, el resto será usado para dejar entradas de acceso al gimnasio y vías de comunicación entre el instituto y la bodega municipal.

2.2.1.2. Análisis de suelos

El tipo de análisis de suelos que se realiza para determinar la factibilidad del proyecto, en este caso, es el ensayo triaxial no consolidado y no drenado para conocer el valor soporte del suelo.

2.2.1.2.1. Ensayo triaxial

Es un ensayo utilizado para determinar el valor soporte del suelo. Se basa en una compresión triaxial a una muestra que consiste en una porción del suelo con volumen de un pie cúbico, la cual se recubre con parafina para conservar la cantidad de humedad, la extracción se realizó a 1,80 metros por debajo del nivel del terreno natural.

Se utilizó el ensayo de compresión triaxial no consolidado y no drenado. Los resultados del ensayo se muestran a continuación:

- Descripción del suelo: Limo Arenoso, color café
- Ángulo de fricción interna ϕ : 21,87°
- Cohesión: 5,39 Ton/m²
- Densidad seca: 1,17 Ton/m³
- Densidad húmeda: 1,68 Ton/m³
- Desplante: 1,80 m (profundidad a la que se tomó la muestra),
Ver hoja de resultados del ensayo en anexos.

Para obtener el valor soporte se utilizarán las fórmulas del Dr. Karl Terzagui para cimentaciones cuadradas:

Para zapatas cuadradas:

$$q_u = 1,3 * c * N_c + q * N_q + 0,4 * \gamma * B N_q$$

Donde:

c= cohesión del suelo

γ = peso específico del suelo

q= peso específico del suelo por la cota de cimentación

N_c , N_q , N_γ = factores de capacidad de carga adimensionales, que están en función del ángulo de fricción del suelo.

Los valores de N_c , N_q y N_γ se llaman factores de capacidad de carga debidos a la cohesión, sobre carga y peso del suelo respectivamente.

Los valores de N_c , N_q y N_γ para falla por corte general, se obtienen empleando las curvas de trazo continuo, cuyos valores también se encuentran tabulados en tablas y mediante ecuaciones para su determinación.

Se obtiene:

$N_q = 2,38$; $N_c = 8,96$; $N_\gamma = 0,42$, entonces:

$$q_u = 1,3 * c * N_c + q * N_q + 0,4 * \gamma * B N_\gamma$$

$$q_u = 1,3 * 5,39 * 8,96 + 1,55 * 1,80 * 2,38 + 0,4 * 1,55 * 1 * 0,42$$

$$q_u = 69,68 \text{ Ton}/m^2$$

Terzagui recomienda que para la carga de diseño se debe aplicar un factor de seguridad entre 1,5 y 3.

$$V_s = \frac{q_d}{3} = \frac{69,69}{3} = 23,23 \text{ Ton}/m^2$$

Siendo este valor el que se adopta para el diseño del cimiento. Los valores de N_c , N_q y N_γ se ajustaron de acuerdo con las recomendaciones el ingeniero encargado del laboratorio, ya que con el valor obtenido con el ángulo de fricción interna original se obtiene una resistencia muy grande comparada con la realidad, modificados mediante el ángulo de fricción interna. Utilizando la mitad del valor obtenido, se utilizó un ángulo de fricción interna de 13° .

2.2.2. Diseño arquitectónico

Para el diseño, se tomó en cuenta la capacidad y el tamaño del terreno donde se ubica, aprovechando la mayor área posible y, de acuerdo con las necesidades de los estudiantes, el diseño arquitectónico fue creado por un epesista de arquitectura, quien en conjunto con el consejo municipal, llegaron a la aprobación del diseño arquitectónico para su posterior diseño.

2.2.2.1. Ubicación del edificio

El edificio se ubicará en un terreno municipal localizado en la zona 2 del municipio, este estará en el centro del terreno dejando vías de acceso entre el instituto y la bodega municipal, que se encuentran a los lados. Formará parte de la nueva infraestructura para promover el deporte, la fachada estará orientada hacia el oeste, sobre la 4ta. Avenida "A" sur final.

2.2.2.2. Distribución de ambientes

El gimnasio municipal estará dedicado únicamente a deportes que se pueden realizar en salones, y también para natación. El primer nivel cuenta con baños y vestidores para damas y para caballeros, y un salón para ajedrez; esto está incluido en el módulo de aulas. A un costado de estas se encuentra una piscina, módulo de gradas, rampa, cuarto de máquinas, oficina y bodega. El segundo nivel cuenta con tres ambientes para los deportes de boxeo, karate, artes marciales y tenis de mesa. Ver plano de planta amueblada en anexos, hoja 1.

2.2.2.3. Altura del edificio

Se definió una altura de 3,35 metros de piso a cielo, para cada nivel, teniendo el edificio una altura total de 7,00 metros.

2.2.2.4. Sistema estructural a utilizar

El sistema que se utilizará es el de marcos concreto reforzado y tabiques de mampostería de block de pómez, clasificación E1 del AGIES.

2.2.3. Análisis estructural

A través del análisis estructural se determinan las fuerzas que actúan en la estructura y las consecuencias de la misma. En este análisis se aplica para determinar los momentos actuantes en los marcos, en ambos sentidos de la estructura, y obtener los valores para su respectivo diseño.

Al módulo de aulas del gimnasio municipal se le realizó el análisis estructural por medio un método numérico, Kani, comparando los resultados con un software, ETABS.

2.2.3.1. Predimensionamiento estructural

Consiste en aplicar dimensiones mínimas a los elementos estructurales, basadas en los criterios propuestos por el código ACI 318S-08, las cuales se detallan a continuación:

- Vigas

Para este diseño se propone el criterio donde el peralte será el 8% de la luz libre de la viga, la base de la viga se considera más pequeña que la sección de la columna, para no tener problemas con los nudos en viga-columna.

$$h = \text{luz libre de la viga} * 0,08$$

Donde:

h: peralte de la viga

0,08: porcentaje de luz libre que recomienda el ACI 318-08

$$h = 6,6 * 0,08 = 0,528$$

Por criterio se propone viga con base $b=0,30$ m y $h=0,50$ m

- Columnas

Estas se predimensionan con base en la sección y en la carga aplicada a la misma. En este caso se guardará simetría en las dimensiones y se utilizará la columna crítica, es decir, la que soporta mayor carga. Con base en el ACI 318S-08 sección 10.3.6.

$$P = 0,80\phi[0,85f'c(A_g - A_{st}) + fyA_{st}]$$

Donde:

P: carga última que llega a la columna (kg)

$f'c$: resistencia del concreto

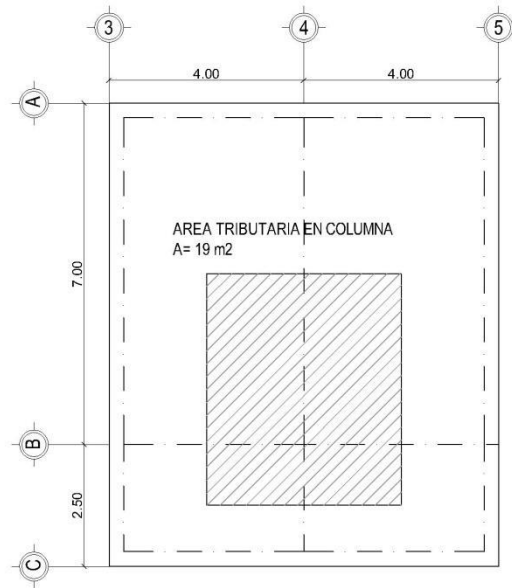
A_g : área del concreto

A_{st} : área de acero

fy : resistencia del acero

Para integrar las cargas, tanto vivas como muertas que soportará la columna, se determina el área tributaria de losa que se apoya sobre la viga, como se muestra en la figura 2.

Figura 2. **Área tributaria sobre la columna crítica**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Tomando en cuenta el peso específico del concreto de $2\,400\text{ kg/m}^3$, acabados de 100 kg/m^3 y muros de 180 kg/m^3 , con un aumento de 1,4 para carga muerta y 1,7 para carga viva, con base al área tributaria de 19 m^2 se obtiene:

$$Pu = 1,4(CM_{1n} + CM_{2n}) + 1,7(CV_{1n} + CV_{2n})$$

Donde:

Pu : carga última que llega a la columna (kg)

CM_{1n} : carga muerta primer nivel

CM_{2n} : carga muerta segundo nivel

CV_{1n} : carga viva primer nivel

CV_{2n} : carga viva segundo nivel

$$Pu = 1,4(18\,358 + 18\,742) + 1,7(3\,800 + 5\,300)$$

$$Pu = 67\,410 \text{ kg}$$

Sustituyendo los valores en la ecuación se obtiene: tomando en cuenta que A_{st} es de 1 % a 6 % de A_g , se utiliza 1% de a_g .

$$67\,410 = 0,80[0,85 * 210 * (A_g - 0,01A_g) + (2810 - 0,01A_g)]$$

$$A_g = 411,41 \text{ cm}^2$$

La raíz cuadrada de este valor indica una sección de 20,27 cm. Sin embargo, el código ACI establece que la dimensión mínima en región sísmica no debe ser menor de 30 cm para marcos resistentes; por tal razón la sección propuesta será de 0,40 m * 0,40 m.

- Losas

En este caso, primero se determina en cuántas direcciones trabaja la losa con base en los siguientes criterios:

$$m = a/b < 0,5 \text{ losa trabaja en una dirección}$$

$$m = a/b > 0,5 \text{ losa trabaja en dos direcciones}$$

Donde a es la dimensión de la dirección corta de la losa, y b la dirección larga.

$$m = \frac{4,7}{7} = 0,66 > 0,5 \text{ Entonces trabaja en 2 direcciones}$$

Debido a que la losa trabaja en dos direcciones, el espesor de la losa estará dado por:

Espesor de la losa:

$$t = p/180$$

Donde:

t: espesor de la losa

p: perímetro de la losa

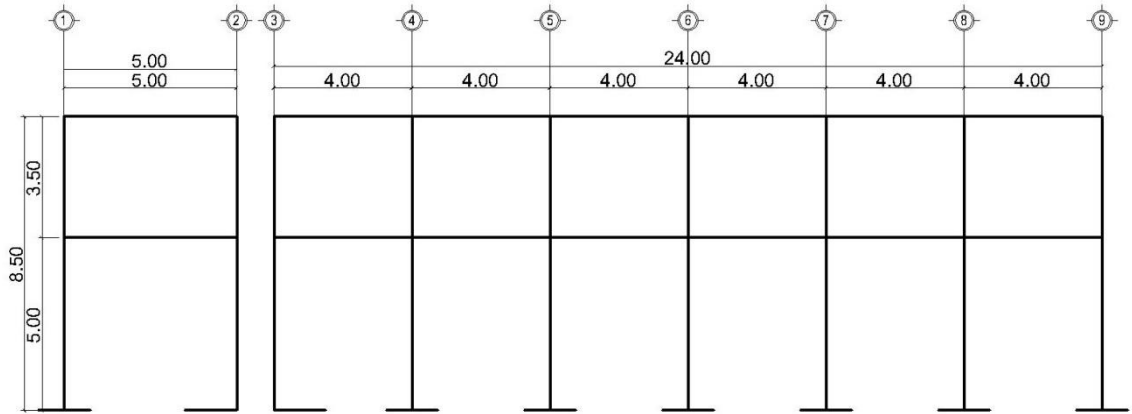
$$t = \frac{2 * (4,7 + 6,7)}{180} = 0,12 \text{ m}$$

Por criterio se diseñará una losa maciza con un espesor de 0,12 m.

2.2.3.2. Modelos matemáticos de marcos dúctiles

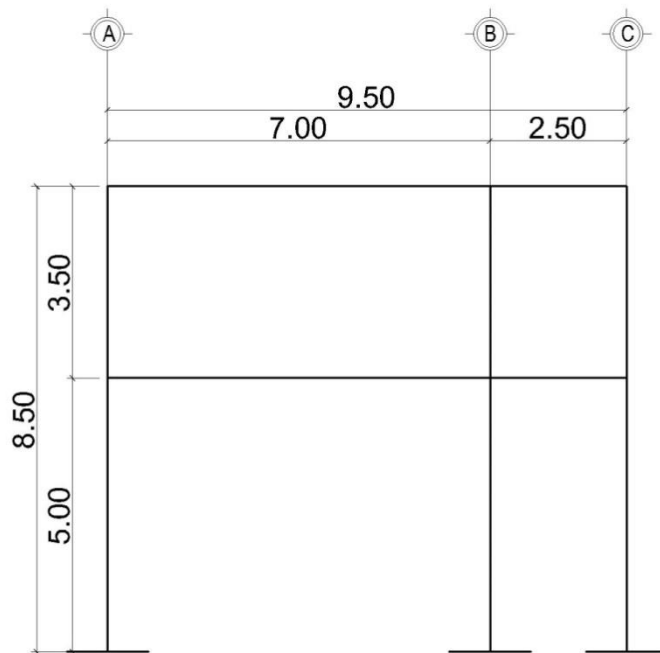
El modelo matemático representa gráficamente la forma del marco. La distribución de los elementos que lo conforman, sirve para realizar el análisis estructural. Los modelos matemáticos empleados en el diseño se muestran en las figuras 2 y 3.

Figura 3. **Modelo matemático eje B sentido X**



Fuente: elaboración propia, empleando programa AutoCAD.

Figura 4. **Modelo matemático eje 5 sentido Y**



Fuente: elaboración propia, empleando programa AutoCAD.

2.2.3.3. Cargas horizontales y verticales aplicadas en marcos según normas AGIES 2010

Son las cargas producidas por su uso y por su peso propio, como muebles, circulación peatonal y permanencia de las mismas. Las cargas, de acuerdo con la dirección se dividen en verticales y horizontales.

2.2.3.3.1. Cargas verticales aplicadas a marcos

También se llaman cargas por gravedad, son estáticas y se dividen en carga viva y carga muerta. La carga viva es la resultante del uso de las instalaciones por las personas, son ocasionales y pueden estar parciales o totalmente en un sitio y pueden cambiar de ubicación. La carga muerta se mantiene constante en magnitud y fija en posición.

Tabla VII. Carga muerta

Carga muerta	
Peso del concreto	2 400 kg/m ³
Peso de acabados	150 kg/m ²
Peso de muros	180 kg/m ²

Fuente: elaboración propia.

El peso de acabados incluye lo siguiente:

- Piso + mezcla: 60 kg/m²
- Repello más cernido aplicado en losa: 90 kg/m²

Tabla VIII. **Carga viva**

Carga Viva	
Aulas	200 kg/m ²
Pasillos y gradas	500 kg/m ²
Techo con acceso	200 kg/m ²

Fuente: elaboración propia.

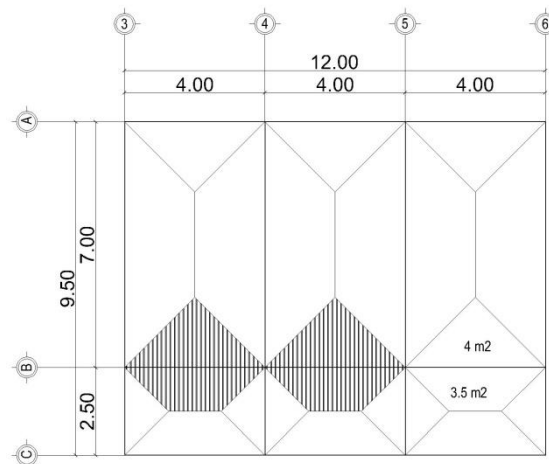
La integración de cargas verticales se realiza con estos valores, calculando la distribución en los diferentes marcos del edificio.

- Integración de cargas en marco B, eje X

Área tributaria: 7,5 m²

Longitud de viga: 4 m

Figura 5. **Diagrama de áreas tributarias en vigas**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Segundo Nivel

Carga= (volumen * peso específico)/ longitud del elemento

$$\text{Losa: } (7,5 \text{ m}^2 * 0,12 \text{ m} * 2400 \text{ kg/m}^3) / 4\text{m} = 540 \text{ kg/m}$$

$$\text{Viga: } (0,3 \text{ m} * 0,38 \text{ m} * 4\text{m} * 2400 \text{ kg/m}^3) / 4\text{m} = 274 \text{ kg/m}$$

$$\text{Acabados: } (7,5 \text{ m}^2 * 150 \text{ kg/m}^2) / 4\text{m} = 274 \text{ kg/m}$$

Total Carga Muerta: 1 088 kg/m

Carga viva = Techo con acceso

$$\text{Carga viva: } (7,5 \text{ m}^2 * 200 \text{ kg/m}^2) / 4\text{m} = 375 \text{ kg/m}$$

Total Carga Viva: 375 kg/m

Primer Nivel:

$$\text{Losa: } (7,5 \text{ m}^2 * 0,12 \text{ m} * 2400 \text{ kg/m}^3) / 4\text{m} = 540 \text{ kg/m}$$

$$\text{Viga: } (0,3 \text{ m} * 0,38 \text{ m} * 4\text{m} * 2400 \text{ kg/m}^3) / 4\text{m} = 274 \text{ kg/m}$$

$$\text{Acabados: } (7,5 \text{ m}^2 * 150 \text{ kg/m}^2) / 4\text{m} = 274 \text{ kg/m}$$

$$\text{Muros: } (4 \text{ m} * 1,50 \text{ m} * 180 \text{ kg/m}^2) / 4\text{m} = 270 \text{ kg/m}$$

Total Carga Muerta: 1 358 kg/m

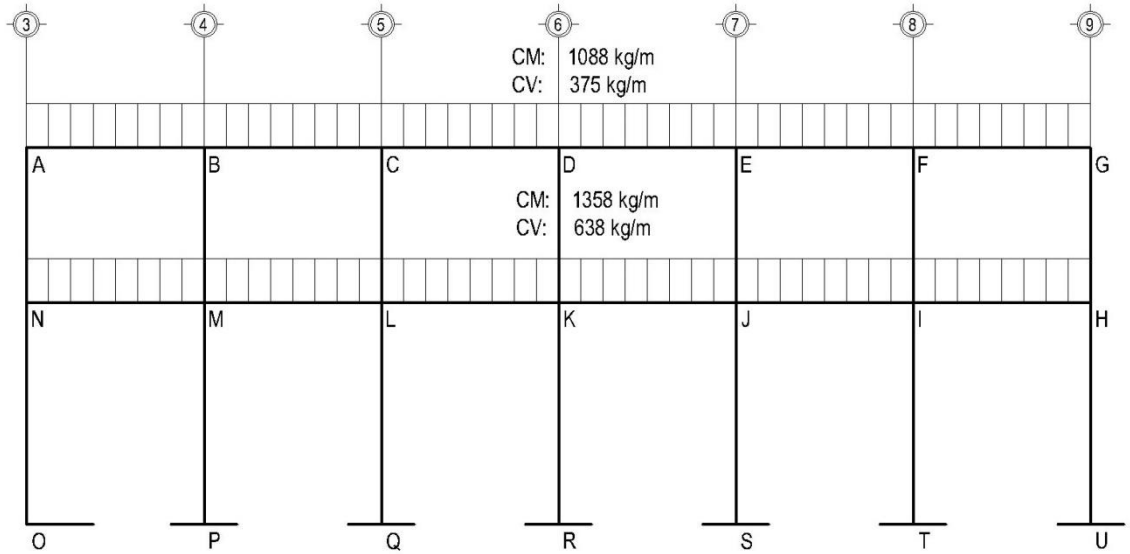
Carga viva = pasillo + aulas

$$\text{Pasillos: } (3,5 \text{ m}^2 * 500 \text{ kg/m}^2) / 4\text{m} = 438 \text{ kg/m}$$

$$\text{Aulas: } (4 \text{ m}^2 * 200 \text{ kg/m}^2) / 4\text{m} = 200 \text{ kg/m}$$

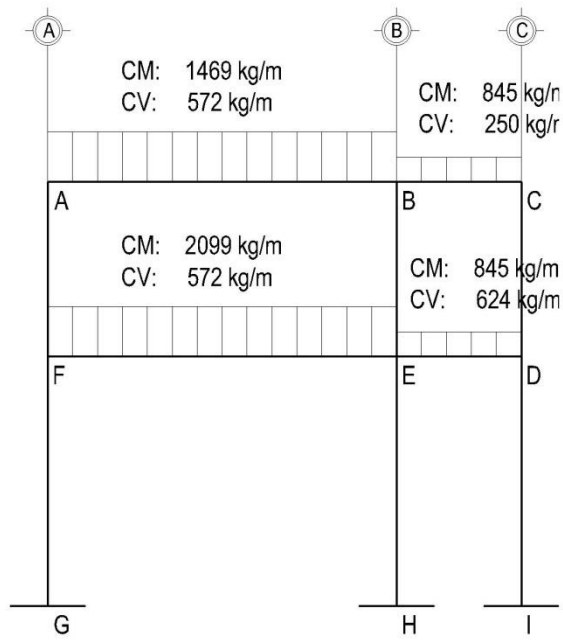
Total Carga Viva: 638 kg/m

Figura 6. **Cargas verticales en marco B, eje X**



Fuente: Elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 7. **Cargas verticales en marco 5, eje Y**



Fuente: Elaboración propia, empleando AutoCAD.

2.2.3.3.2. Cargas horizontales aplicadas a marcos

Estas con las cargas que actúan de forma perpendicular al eje axial del edificio, línea de acción de gravedad, pueden ser producidas por viento, sismo o impacto y son puramente dinámicas.

Debido a que Guatemala se ubica en una zona sísmica, se realiza el análisis para este tipo de fuerzas horizontales. Se utilizará el método de la Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica AGIES, de la siguiente forma:

- Corte basal (V)

Es la fuerza sísmica que el suelo produce a la estructura y se da por la siguiente ecuación:

$$V = C_s * W_{tot}$$

Donde:

V: corte basal en la estructura

Cs: Coeficiente sísmico (Norma NSE 2-10)

Wtot: Peso total de la estructura (Carga muerta más 25 % de carga viva)

Coeficiente sísmico (Cs). Este método se basa en la interpolación de valores y descripciones de la estructura en tablas definidas por las diferentes normas del AGIES. A continuación se presentan los valores obtenidos con su referencia respectiva para ubicarlos:

Índice: 4	(Anexo A, AGIES NSE 2-10)
Scr: 1,5	(Anexo A, AGIES NSE 2-10)
S1r: 0,55	(Anexo A, AGIES NSE 2-10)
Sistema estructural:	E1A (De concreto reforzado con fachadas rígidas, Tabla 1-1, AGIES NSE 3-10)
Altura de edificación: 7 m	(Metros sobre la base)
Clase de obra: importante	(Sección 3.1 AGIES NSE 1-10)
Nivel de sismo: severo	(Sección 4.2, AGIES NSE 2-10)
Nivel de protección sísmica: D	(Tabla 4-1, AGIES NSE 2-10)
Clase de sitio: suelo firme y rígido "D"	(Sección 4.5, AGIES NSE 2-10)

Ajustes por clase de sitio. Son valores que se ajustan a las condiciones de la superficie y perfil del suelo.

$$Scr = Scr * Fa$$

$$S1s = S1r * Fv$$

Donde:

Scr y S1s: ordenadas espectrales con ajuste por clase de sitio.

Scr y S1r: ordenadas espectrales según el basamento del sitio de interés.

Fa y Fv: coeficientes de sitio, según la clase de sitio y el índice de sismicidad (Sección 4.3.3, AGIES NSE 2-10)

$$Scr = 1,5 * 1 = 1,5$$

$$S1s = 0,55 * 1,5 = 0,825$$

Espectro calibrado

Período de transición. Es el período que separa los tiempos cortos de los largos.

$$T_s = \frac{S_{cd}}{S_{1d}} = \frac{1,22}{0,66} = 1,818 \text{ seg}$$

Espectro calibrado al nivel de diseño requerido. Factores de determinación están dados por:

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

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

K_d es un factor de determinación de los niveles de diseño. (Sección 2.1.4, AGIES 3-10)

$$S_{sd} = 0,8 * 1,5 = 1,2$$

$$S_{1d} = 0,8 * 0,825 = 0,66$$

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

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

$$T = K_T * h n^x$$

$$T = 0,047 * 8,5^{0,85} = 0,3098$$

Como $T < T_s$ Entonces $S_a(T) = S_{cd}$ $S_a(T) = 1,2$

$$C_s = \frac{S_a(T)}{R}$$

$$C_s = \frac{1,2}{0,8} = 0.15$$

El coeficiente sísmico es el 15% del peso de la estructura.

Peso de la estructura

Primer Nivel

Columnas=	$(0,4 \text{ m} * 0,4 \text{ m} * 6,75\text{m}) * 2\,400 \text{ kg/m}^3 * 21 \text{ u}$	= 54 432 kg
Losa=	$(24,4 \text{ m} * 9,9 \text{ m} * 0,12 \text{ m}) * 2\,400 \text{ kg/m}^3$	= 69 569 kg
Vigas=	$(0,3 \text{ m} * 0,38 \text{ m} * 138,5 \text{ m}) * 2\,400 \text{ kg/m}^3$	= 37 894 kg
Muros=	$(6,75 \text{ m} * 78,5 \text{ m}) * 180 \text{ kg/m}^2$	= 95 378 kg
Acabados=	$(24,4 \text{ m} * 9,9 \text{ m}) * 150 \text{ kg/m}^2$	= 36 234 kg
25% CV=	$2,25 * [(60\text{m}^2 * 500 \text{ kg/m}^2) + (168\text{m}^2 * 200 \text{ kg/m}^2)]$	= <u>15 900 kg</u>
Total primer nivel		309 295 kg

Segundo Nivel

Columnas=	$(0,4 \text{ m} * 0,4 \text{ m} * 3,5\text{m}) * 2\,400 \text{ kg/m}^3 * 21 \text{ u}$	= 28 224 kg
Losa=	$(24,4 \text{ m} * 9,9 \text{ m} * 0,12 \text{ m}) * 2\,400 \text{ kg/m}^3$	= 69 569 kg
Vigas=	$(0,3 \text{ m} * 0,38 \text{ m} * 138,5 \text{ m}) * 2\,400 \text{ kg/m}^3$	= 37 894 kg
Muros=	$(3,5 \text{ m} * 78,5 \text{ m}) * 180 \text{ kg/m}^2$	= 49 455 kg
Acabados=	$(24,4 \text{ m} * 9,9 \text{ m}) * 150 \text{ kg/m}^2$	= 36 234 kg
25% CV=	$2,25 * [(60\text{m}^2 * 200 \text{ kg/m}^2) + (168\text{m}^2 * 200 \text{ kg/m}^2)]$	= <u>11 400 kg</u>
Total segundo nivel		232 664 kg

El 25% de carga viva, es el valor que indica el AGIES NSE 2-10 que se debe adicionarle a la carga muerta para determinar el corte basal.

Peso de la estructura: 541 664 kg

Coficiente sísmico: 0,15

$$V = 0,15 * 541\ 664$$

$$V = 81\ 294\ kg$$

- Fuerzas por nivel

$$F_{ni} = \frac{V * W_i * H_i}{\sum W_i H_i}$$

Donde:

F_{ni}= fuerza por nivel

V = corte basal

W_i= peso propio del nivel + 25% de cargas vivas

H_i= altura del nivel considerado

$$F_2 = \frac{81\ 294 * 232\ 664 * 8,5}{3\ 524\ 120} = 45\ 620\ kg$$

$$F_1 = \frac{81\ 294 * 309\ 295 * 5}{3\ 524\ 120} = 35\ 674\ kg$$

Tabla IX. **Resumen de fuerzas por nivel en kg**

Nivel	W _i	h _i	W _i h _i	F _i	V _i
2	232 664	8,5	1 977 646	45 620	45 620
1	309 295	5	1 546 474	35 674	81 294
TOTAL			3 524 120	81 294	

Fuente: elaboración propia.

- Distribución de fuerzas por marco

La fuerza sísmica se distribuye en los marcos de acuerdo con la simetría de la estructura y de las rigideces de los elementos estructurales que componen el marco.

Las fórmulas que se aplican son las siguientes:

$$FM = FM' + FM''$$

$$FM' = \frac{R * F_{ni}}{\sum Ri}$$

$$FM'' = \frac{e * F_{ni}}{\frac{\sum(Ri * di)^2}{Rt * dt}}$$

$$e = Cm - Cr$$

$$Cr = \frac{\sum Ri * di}{\sum Ri}$$

Donde:

FM= fuerza por marco

FM'=fuerza o corte traslacional

FM''= fuerza o corte inducido por sismo

e= excentricidad

di= distancia del Cr al eje de cada marco considerado

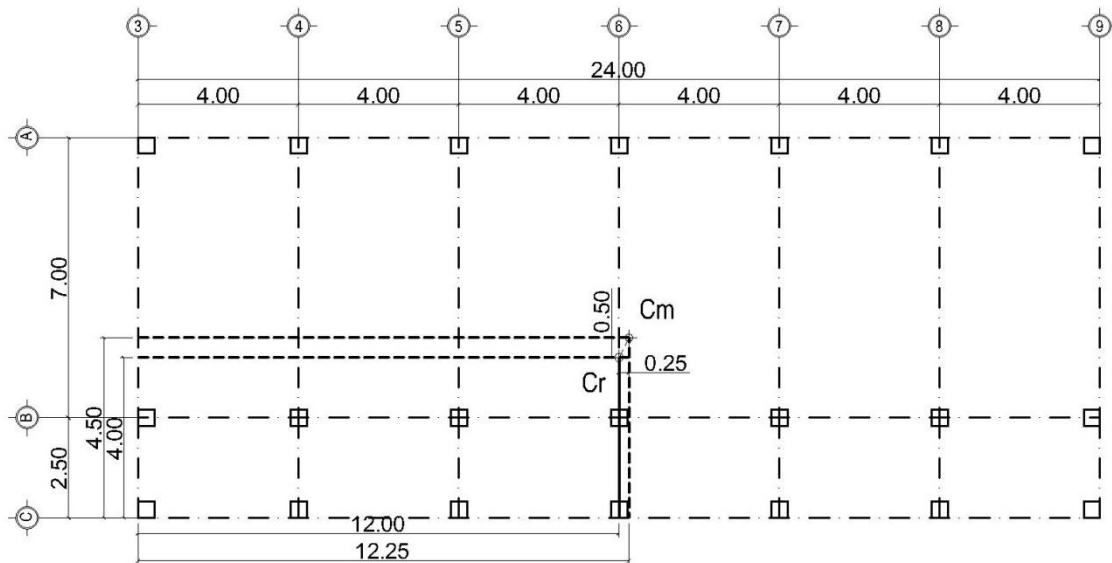
Ri= rigidez del marco

Cm= centro de masa

Cr= centro de rigidez

A continuación, se muestra en la figura 6 la ubicación del centro de masa y centro de rigidez.

Figura 8. **Ubicación de centro de masa y centro de rigidez**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Excentricidades reales

$$e_x = 0,25 \quad e_y = 0,50$$

Excentricidades de diseño

$$e_x = 0,25 + (0,05 * 24) = 1,45$$

$$e_y = 0,50 + (0,05 * 0,5) = 0,96$$

Tabla X. Fuerzas por marco en cada nivel, eje X

Eje	Ri	di	Ri*di	(Ri * di)^2	NIVEL 1			NIVEL 2		
					F=	35,674	KG	F=	45,620	KG
					FM'	FM''	FM	FM'	FM''	FM
3	1	-12,25	-12,25	150,0625	5 096,25995	-1 419,44154	3 677	6 517,14848	-1 815,19612	4 702
4	1	-8,25	-8,25	68,0625	5 096,25995	-955,950424	4 140	6 517,14848	-1 222,47902	5 295
5	1	-4,25	-4,25	18,0625	5 096,25995	-492,45931	4 604	6 517,14848	-629,761919	5 887
6	1	-0,25	-0,25	0,0625	5 096,25995	-28,9681947	5 067	6 517,14848	-37,0448188	6 480
7	1	3,75	3,75	14,0625	5 096,25995	434,52292	5 531	6 517,14848	555,672281	7 073
8	1	7,75	7,75	60,0625	5 096,25995	898,014035	5 994	6 517,14848	1 148,38938	7 666
9	1	11,75	11,75	138,0625	5 096,25995	1 361,50515	6 458	6 517,14848	1 741,10648	8 258
	7		-1,75	448,4375						

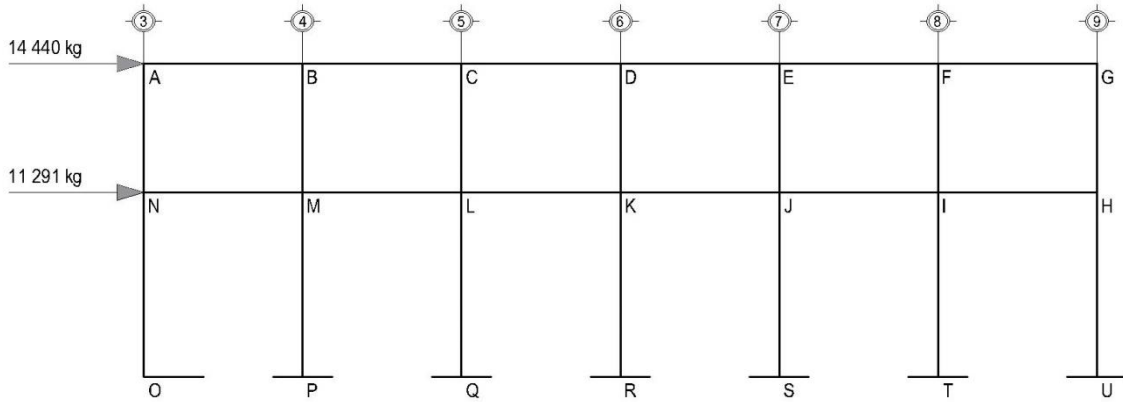
Fuente: elaboración propia.

Tabla XI. Fuerzas por marco en cada nivel, eje Y

Eje	Ri	di	Ri*di	(Ri * di)^2	NIVEL 1			NIVEL 2		
					F=	35 674	KG	F=	45 620	KG
					FM'	FM''	FM	FM'	FM''	FM
A	2,33	5	11,65	135,7225	1 1891,273	1 499,6603	13 391	15 206,672	1 917,7807	17 124
B	2,33	-2	-4,66	21,7156	1 1891,273	-599,86415	11 291	15 206,679	-767,1123	14 440
C	2,33	-4,5	-10,45	109,9352	1 1891,273	-1 349,6943	10 542	15 206,679	-1 726,002	13 481
	6,99		-3,495	267,3733						

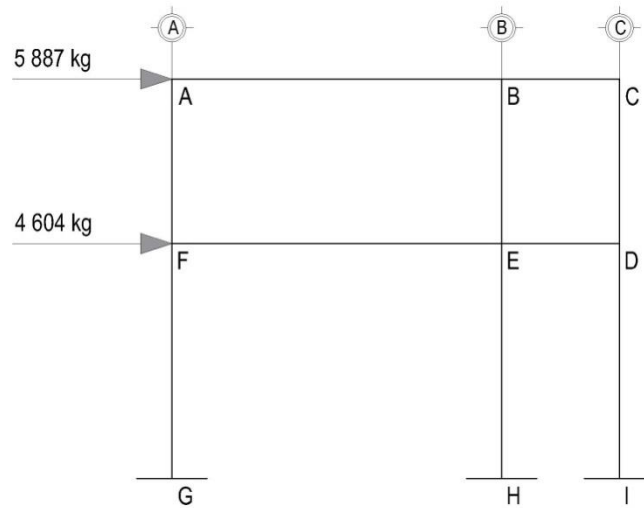
Fuente: elaboración propia.

Figura 9. Fuerzas horizontales, marco B eje X



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 10. Fuerzas horizontales, marco 5 eje Y



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

2.2.3.4. Resultados de análisis utilizando ETABS

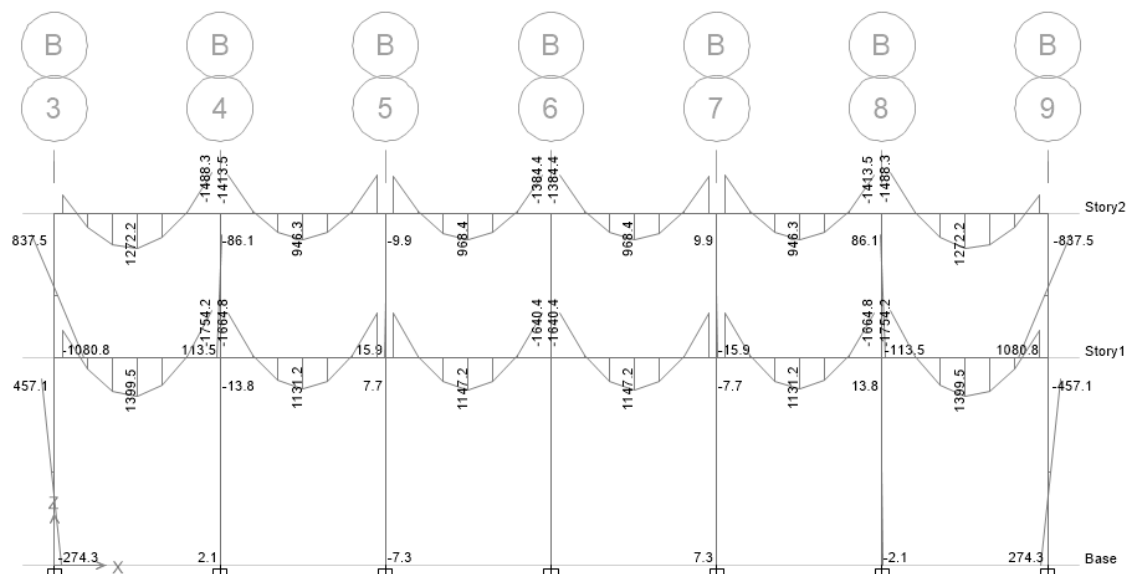
En el programa ETABS se generó el modelo matemático de análisis y se le aplicaron las cargas horizontales y verticales para correr el modelo. El programa trabaja con el método de elementos finitos (FEM) que toma en cuenta

las propiedades mecánicas y geométricas de cada material, se obtuvieron los siguientes resultados:

Para elaborar la estructura en el programa se generó una cuadrícula con los ejes existentes de la estructura; luego, dibujó la estructura completa aplicando las secciones para cada elemento estructural; finalmente, se integraron las cargas muertas y vivas determinadas para la estructura y se corrió el programa.

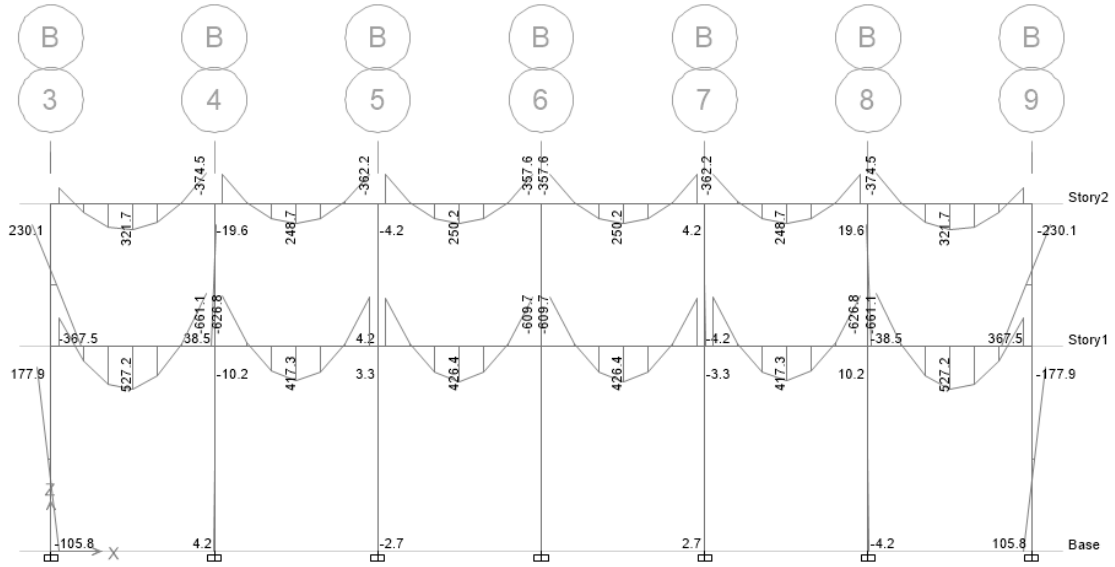
Cuando se corrió el programa se sacaron los cortes y momentos en todos los elementos estructurales, realizando con estos, una combinación con el programa para determinar las envolventes de momentos en columnas y vigas.

Figura 11. **Momentos por CM en vigas y columnas marco B eje X (kg-m)**



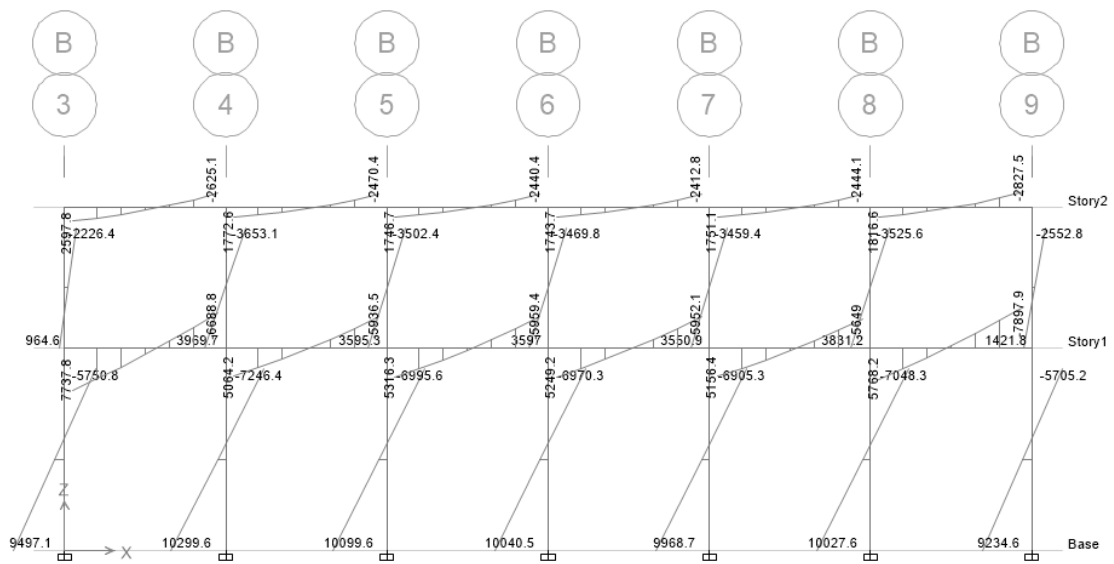
Fuente: elaboración propia, empleando ETABS 2015.

Figura 12. **Momentos por CV vigas y columnas marco B eje X (kg-m)**



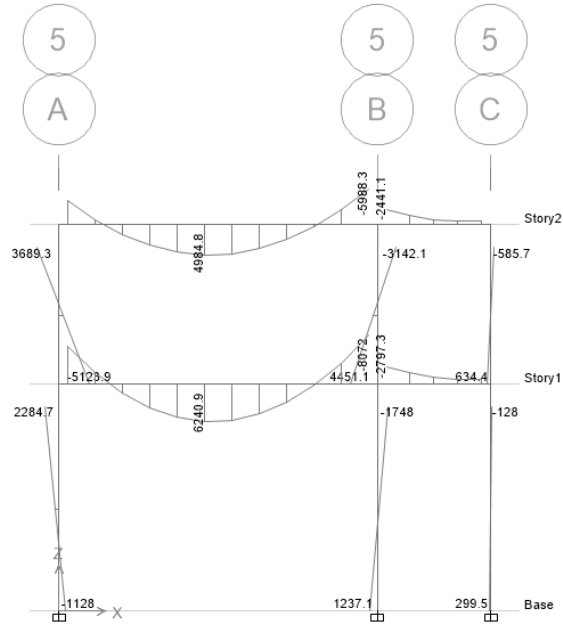
Fuente: elaboración propia, empleando ETABS 2015.

Figura 13. **Momentos por CS vigas y columnas marco B eje X (kg-m)**



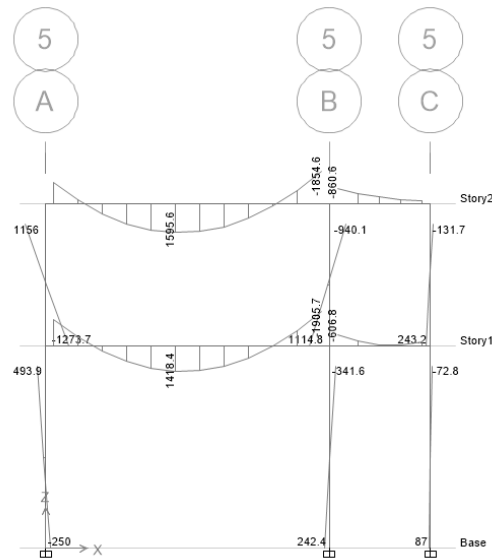
Fuente: elaboración propia, empleando ETABS 2015.

Figura 14. **Momentos por CM en vigas y columnas marco 5 eje Y (kg-m)**



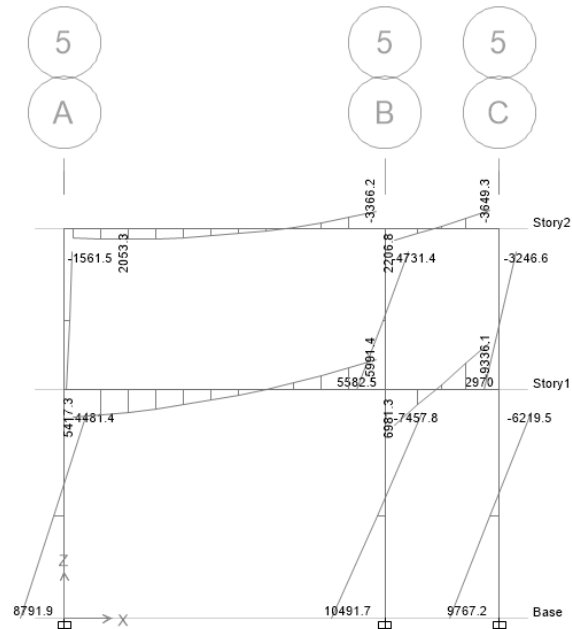
Fuente: elaboración propia, empleando ETABS 2015.

Figura 15. **Momentos por CV en vigas y columnas marco 5 eje Y (kg-m)**



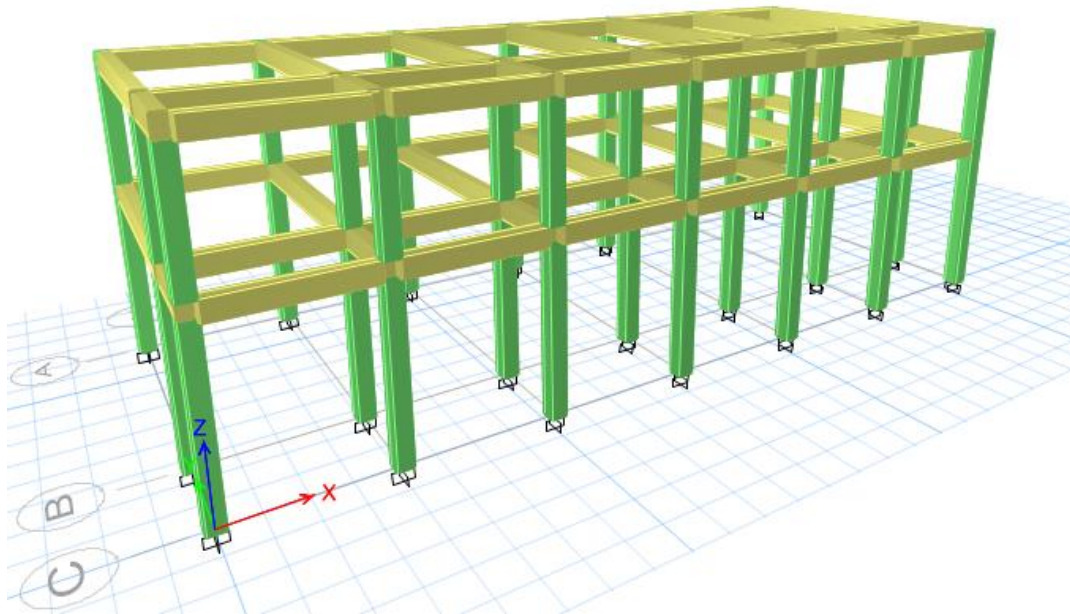
Fuente: elaboración propia, empleando ETABS 2015.

Figura 16. **Momentos por Cs en vigas y columnas marco 5 eje Y (kg-m)**



Fuente: elaboración propia, empleando ETABS 2015.

Figura 17. **Isométrico de marcos de gimnasio municipal**



Fuente: elaboración propia, empleando ETABS 2015.

En la figura 12 se muestran los elementos estructurales del gimnasio, las vigas columnas y losas con colores amarillo, verde y celeste respectivamente. Si el diseño propuesto no resistiera, el programa indica que no chequea las dimensiones del elemento propuesto.

2.2.3.5. Resultados de análisis estructural por el método de Kani con nudos desplazables

Este método fue propuesto por el Dr. G. Kani, eficiente y simplificado, ya que es también de los más exactos porque verifica aproximaciones sucesivas. Este método proporciona resultados y datos por un sistema iterativo analizando cargas vivas, muertas y de sismo por separado, e incluso las tres de forma integrada.

- Análisis estructural
 - Momentos fijos. Se calcula cuando existen cargas verticales.

$$MF_{ik} = \pm \frac{WL^2}{12}$$

- Rigideces de los elementos

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

Donde:

I= inercia del elemento

L=longitud del elemento

- Factores de giro o coeficientes de reparto

$$\mu_{ik} = -\frac{1}{2} \left[\frac{K_{ik}}{\sum K_{ik}} \right]$$

- Momentos de sujeción. Se calculan cuando existen cargas verticales.

$$M_S = \sum M_{F_{ik}}$$

- Factores de corrimiento. Se calculan cuando existen cargas horizontales y se produce el ladeo por la asimetría de la estructura.

$$\ddot{U} = -\frac{1}{3} \left[\frac{K_{ik}}{\sum K_{ik}} \right]$$

- Fuerzas de sujeción. Se calculan cuando existen cargas horizontales.

$$H = FH_{nivel\ n}$$

- Fuerza cortante en el piso. Se calculan cuando existen cargas horizontales.

$$Q_n = \sum H$$

- Momentos de piso. Se calculan cuando existen cargas horizontales.

$$Mn = \frac{Qn * Hn}{3}$$

Donde:

Hn= altura del piso n analizado.

- Cálculo de iteración, influencias de giro

$$M'_{ik} = \mu_{ik}(Ms + Mni) \quad \text{Sin ladeo}$$

$$M'_{ik} = \mu_{ik}(Ms + \sum(Mni + M''ni)) \quad \text{Con ladeo}$$

- Cálculo de iteración, influencia de desplazamiento, si hay ladeo.

$$M''_{ik} = \mu_{ik} \sum(M'ik + M'ki) \quad \text{Ladeo por asimetría}$$

$$M''_{ik} = \mu_{ik}(Mn + \sum(M'ik + M'ki)) \quad \text{Ladeo por fuerza horizontal}$$

- Cálculo de momentos finales en el extremo de cada viga

$$M_{ik} = MF_{ik} + 2M'ik + M'ki \quad \text{Sin ladeo}$$

$$M_{ik} = MF_{ik} + 2M'ik + M'ki + M''ik \quad \text{Con ladeo}$$

- Momentos positivos en vigas

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

- Kany para carga muerta en marco B, eje X.
 - Momentos fijos (MF_{ik})

Tabla XII. **Momentos fijos**

Nudo	Momento Fijo	Nudo	Momento Fijo
MF_{AB}	-1 451 kg-m	MF_{BA}	1 451 kg-m
MF_{BC}	-1 451 kg-m	MF_{CB}	1 451 kg-m
MF_{CD}	-1 451 kg-m	MF_{DC}	1 451 kg-m
MF_{DE}	-1 451 kg-m	MF_{ED}	1 451 kg-m
MF_{EF}	-1 451 kg-m	MF_{FE}	1 451 kg-m
MF_{FG}	-1 451 kg-m	MF_{GF}	1 451 kg-m
MF_{NM}	-1 811 kg-m	MF_{MN}	1 811 kg-m
MF_{ML}	-1 811 kg-m	MF_{LM}	1 811 kg-m
MF_{LK}	-1 811 kg-m	MF_{KL}	1 811 kg-m
MF_{KJ}	-1 811 kg-m	MF_{JK}	1 811 kg-m
MF_{JI}	-1 811 kg-m	MF_{IJ}	1 811 kg-m
MF_{IH}	-1 811 kg-m	MF_{HI}	1 811 kg-m

Fuente: elaboración propia

- Rigidez de los elementos $K_{ik}=I/L_{ik}$
 - Inercia de los elementos

$$I = \frac{b * h^3}{12}$$

$$I_{viga} = \frac{30 * 50^3}{12} = 312\ 500\ cm^4$$

$$I_{columna} = \frac{40 * 40^3}{12} = 213\ 333\ cm^4$$

- Inercias relativas

$$I_{viga} = \frac{I_{viga}}{I_{columna}} = \frac{312\ 500}{213\ 333} = 1,46$$

$$I_{columna} = \frac{I_{columna}}{I_{columna}} = \frac{213\ 333}{213\ 333} = 1,00$$

- Rigidez

$$K_{AB}=K_{BA}=K_{BC}=K_{CB}=K_{CD}=K_{DC}=K_{DE}=K_{ED}=K_{EF}=K_{FE}=K_{FG}=K_{GF}=K_{HI}=K_{IH}=K_{IJ}=K_{JI} \\ =K_{JK}=K_{KJ}=K_{KL}=K_{LK}=K_{LM}=K_{ML}=K_{MN}=K_{NM} = 1,46/4 = 0,37$$

$$K_{AN}=K_{NA}=K_{BM}=K_{MB}=K_{CL}=K_{LC}=K_{DK}=K_{KD}=K_{EJ}=K_{JE}=K_{FI}=K_{IF}=K_{GH}=K_{HG} \\ = 1/3,5 = 0,29$$

$$K_{NO}=K_{MP}=K_{LQ}=K_{KR}=K_{JS}=K_{IT}=K_{HU} = 1/5 = 0,20$$

- Factor de giro o coeficiente de reparto $\mu_{ik} = -\frac{1}{2} \left[\frac{K_{ik}}{\sum K_{ik}} \right]$

Nudo A:

$$\mu_{AB} = -\frac{1}{2} \left[\frac{0,37}{0,37 + 0,29} \right] = -0,28$$

$$\mu_{AN} = -\frac{1}{2} \left[\frac{0,29}{0,37 + 0,29} \right] = -0,22$$

- Momentos de sujeción $M_s = \sum MF_{ik}$

Tabla XIII. **Momentos de sujeción**

Nudo	M. Sujeción	Nudo	M. Sujeción
A	-1 451 kg-m	H	1 811 kg-m
B	-1 451 + 1 451 = 0 kg-m	I	1 811+ (-1 811) = 0 kg-m
C	-1 451 + 1 451 = 0 kg-m	J	1 811+ (-1 811) = 0 kg-m
D	-1 451 + 1 451 = 0 kg-m	K	1 811+ (-1 811) = 0 kg-m
E	-1 451 + 1 451 = 0 kg-m	L	1 811+ (-1 811) = 0 kg-m
F	-1 451 + 1 451 = 0 kg-m	M	1 811+ (-1 811) = 0 kg-m
G	1 451 kg-m	N	-1 811 kg-m

Fuente: elaboración propia.

- Influencia de giro (M'_{ik}), primera iteración.

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

Nudo N:

$$M'_{NM} = \mu_{NM}(M_{SN} + (M'_{MN} + M'_{ON} + M'_{AN}))$$

$$M'_{NM} = -0,21(-1\ 811 + (0 + 0 + 0)) = 389\ \text{kg-m}$$

$$M'_{NO} = \mu_{NO}(M_{SN} + (M'_{MN} + M'_{ON} + M'_{AN}))$$

$$M'_{NO} = -0,12(-1\ 811 + (0 + 0 + 0)) = 213\ \text{kg-m}$$

$$M'_{NA} = \mu_{NA}(M_{SN} + (M'_{MN} + M'_{ON} + M'_{AN}))$$

$$M'_{NA} = -0,17(-1\ 811 + (0 + 0 + 0)) = 304\ \text{kg-m}$$

Tabla XIV. Primera y segunda iteración en nudos

Nudo	M'ik	1ra iteración km-m	2da iteración km-m	Nudo	M'ik	1ra iteración km-m	2da iteración km-m
A	AN	251	271	H	HU	-175	-186
	AB	322	348	I	IH	48	44
B	BA	-58	-57		IT	26	24
	BM	-45	-45		IJ	48	44
	BC	-58	-57		IF	38	35
C	CB	10	11	J	JI	-7	-7
	CL	8	8		JS	-4	-4
	CD	10	11		JK	-7	-7
D	DC	-2	-2		JE	-6	-5
	DK	-1	-2	K	KJ	-7	-7
	DE	-2	-2		KR	1	1
E	ED	0	1		KL	1	2
	EJ	0	1		KD	1	1
	EF	0	1	L	LK	-1	6
F	FE	0	66		LQ	-1	3
	FI	0	52		LM	-1	6
	FG	0	66		LC	-1	5
G	GF	-407	-356	M	ML	-51	-46
	GH	-318	-278		MP	-28	-25
H	HG	-250	-265		MN	-51	-46
	HI	-321	-340		MB	-40	-36

Fuente: elaboración propia.

- Momentos finales en los extremos

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

Columnas

$$M_{AN} = MF_{AN} + 2M'_{AN} + M'_{NA}$$

$$M_{AN} = 0 + 2(272) + 266 = 810 \text{ kg-m}$$

$$M_{NA} = MF_{NA} + 2M'_{NA} + M'_{AN}$$

$$M_{NA} = 0 + 2(266) + 272 = 803 \text{ kg-m}$$

Vigas

$$M_{AB} = MF_{AB} + 2M'_{AB} + M'_{BA}$$

$$M_{AB} = -1\,452 + 2(349) + (-58) = -810 \text{ kg-m}$$

$$M_{BA} = MF_{BA} + 2M'_{BA} + M'_{AB}$$

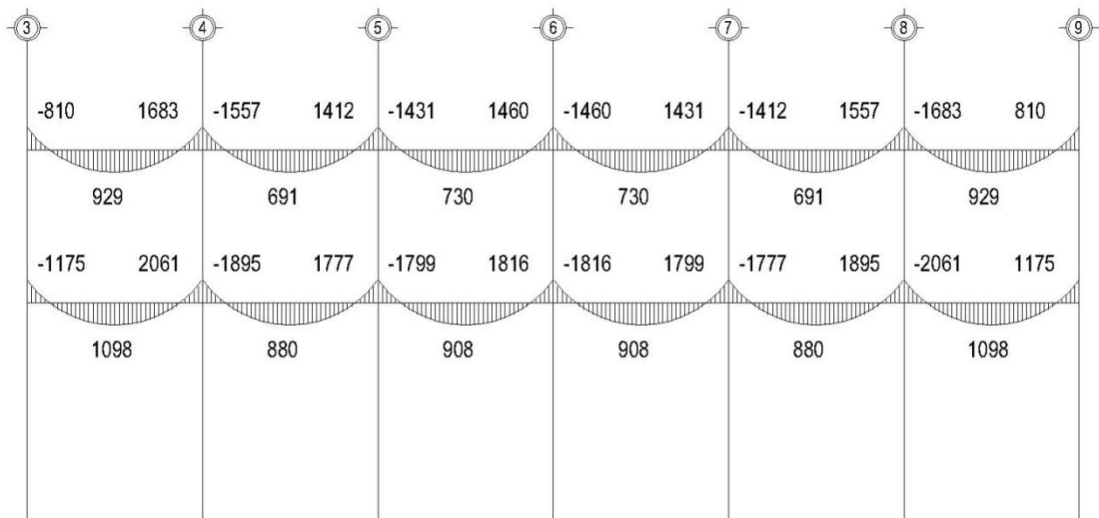
$$M_{BA} = 1\,451 + 2(-58) + 349 = 1\,683 \text{ kg-m}$$

- Momentos positivos en vigas

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

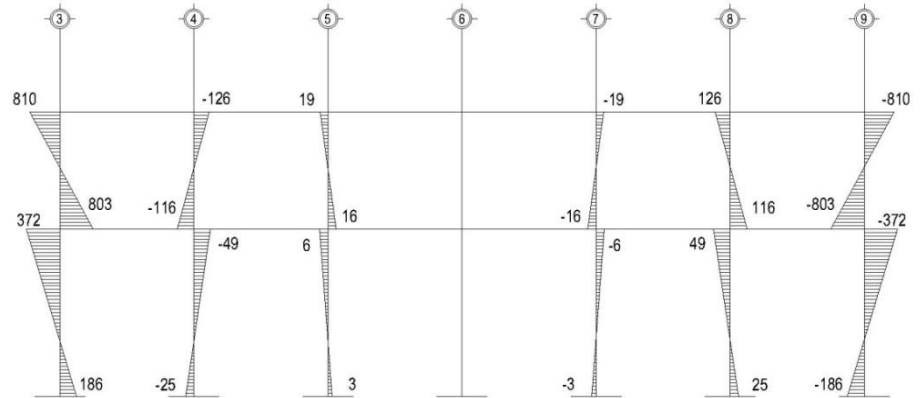
$$M_{NM(+)} = \frac{1\,358 * 4^2}{8} - \frac{|-1\,175| + |2\,061|}{2} = 1\,098 \text{ kg-m}$$

Figura 18. **Momentos en vigas por carga muerta, marco B eje X**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 19. **Momentos en columnas por carga muerta, marco B eje X**

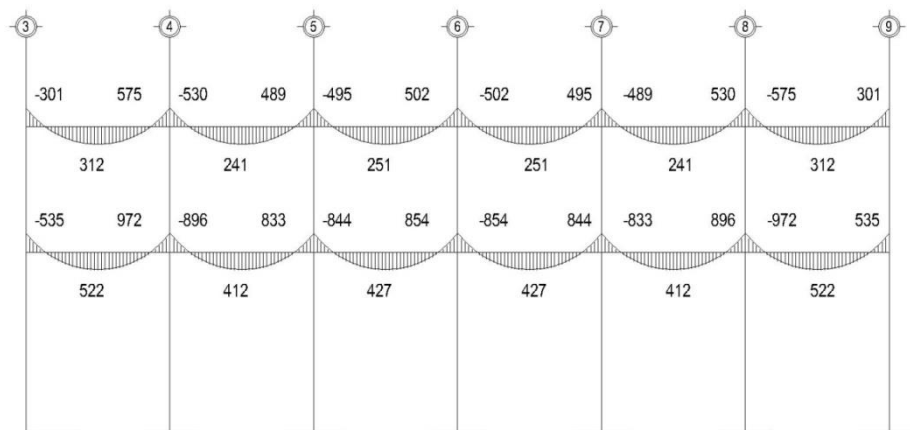


Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

- Kani para carga viva en Marco B, eje X.

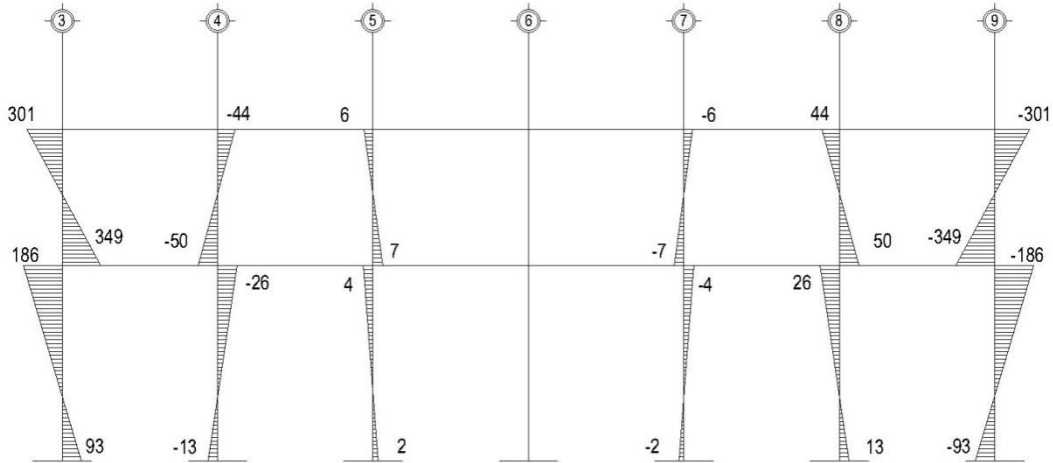
Para el cálculo de los momentos actuantes, se realizó el mismo procedimiento anteriormente descrito.

Figura 20. **Momentos en vigas por carga viva, marco B eje X**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 21. Momentos en columnas por carga viva, marco B eje X



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

- Kani para carga sísmica en marco B, eje X.

- Factores de corrimiento \ddot{U}

Nivel 1:

$$\ddot{U}_{ON} = \ddot{U}_{PM} = \ddot{U}_{QL} = \ddot{U}_{RK} = \ddot{U}_{SJ} = \ddot{U}_{TI} = \ddot{U}_{UH}$$

$$\ddot{U}_{ON} = -\frac{3}{2} \left[\frac{K_{ON}}{K_{ON} + K_{PM} + K_{QL} + K_{RK} + K_{SJ} + K_{TI} + K_{UH}} \right]$$

$$\ddot{U}_{ON} = -\frac{3}{2} \left[\frac{0,20}{0,20 + 0,20 + 0,20 + 0,20 + 0,20 + 0,20 + 0,20} \right] = -0,21$$

Nivel 2:

$$\ddot{U}_{NA} = \ddot{U}_{MB} = \ddot{U}_{LC} = \ddot{U}_{KD} = \ddot{U}_{JE} = \ddot{U}_{IF} = \ddot{U}_{HG}$$

$$\ddot{U}_{NA} = -\frac{3}{2} \left[\frac{K_{NA}}{K_{NA} + K_{MB} + K_{LC} + K_{KD} + K_{JE} + K_{IF} + K_{HG}} \right]$$

$$\ddot{U}_{NA} = -\frac{3}{2} \left[\frac{0,29}{0,29 + 0,29 + 0,29 + 0,29 + 0,29 + 0,29 + 0,29} \right] = -0,21$$

- Fuerzas de sujeción:

$$FM_{\text{Nivel 1}} = 11\,291 \text{ kg}$$

$$FM_{\text{Nivel 2}} = 14\,440 \text{ kg}$$

- Momentos de piso $M_n = \frac{Qn \cdot Hn}{3}$

$$M_{\text{nivel 2}} = \frac{14\,440 \cdot 3,5}{3} = 16\,847 \text{ kg} - m$$

$$M_{\text{nivel 1}} = \frac{(11\,291 + 14\,440) \cdot 5}{3} = 42\,885 \text{ kg} - m$$

Los valores de las rigideces, factores de giro y de corrimiento son los mismos que se utilizaron en el análisis de las cargas verticales.

- Influencias de desplazamiento, primera iteración

$$M''_{ik} = \mu_{ik} (M_n \sum (M'_{ik} + M'_{ki}))$$

Nivel 2

$$M''_{AN} = \mu_{NA} (M_{\text{NIVLE 2}} + \left(\sum M'_{\text{columnas 2do nivel}} \right))$$

$$M''_{AN} = -0,21(16\,847 + (0)) = -3\,610 \text{ kg} - m$$

Nivel 1

$$M''_{AN} = \mu_{NA}(M_{NIVLE\ 2} + \left(\sum M'_{columnas\ 1er\ nivel}\right))$$

$$M''_{AN} = -0,21(16\ 847 + (0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0)) = -9\ 190\ kg - m$$

- Influencias de desplazamiento, segunda iteración

$$M''_{ik} = \mu_{ik}(Mn \sum (M'_{ik} + M'_{ki}))$$

Nivel 2

$$M''_{AN} = \mu_{NA}(M_{NIVLE\ 2} + \left(\sum M'_{columnas\ 2do\ nivel}\right))$$

$$M''_{AN} = -0,21(16\ 847 + (321 + 2146 + 449 + 936 + 426 + 1\ 262 + 430 + 1\ 258 + 429 + 1\ 279 + 429 + 1\ 145 + 670 + 2\ 034)) = -3\ 610\ kg-m$$

Nivel 1

$$M''_{AN} = \mu_{NA}(M_{NIVLE\ 2} + \left(\sum M'_{columnas\ 1er\ nivel}\right))$$

$$M''_{AN} = -0,21(16\ 847 + (1\ 502 + 655 + 883 + 881 + 895 + 802 + 1\ 424)) = -10\ 699\ kg - m$$

- Influencia de giro primera iteración $M'_{ik} = \mu_{ik}(Ms + \sum(Mni + M''ni))$

Nudo N:

$$M'_{NM} = \mu_{NM}(MS_N + (M'_{MN} + M'_{ON} + M'_{AN}))$$

$$M'_{NM} = -0,21(-3\ 610 - 9\ 190 + 0 + 0) = 2\ 751\ kg-m$$

$$M'_{NO} = \mu_{NO}(MS_N + (M'_{MN} + M'_{ON} + M'_{AN}))$$

$$M'_{NO} = -0,12(-3\ 610 - 9\ 190 + 0 + 0) = 1\ 502\ kg-m$$

$$M'_{NA} = \mu_{NA}(MS_N + (M'_{MN} + M'_{ON} + M'_{AN}))$$

$$M'_{NA} = -0,17(-3\ 610 - 9\ 190 + 0 + 0) = 2\ 146\ kg-m$$

- Influencia giro segunda iteración $M'_{ik} = \mu_{ik}(Ms + \sum(Mni + M''ni))$

Nudo N:

$$M'_{NM} = \mu_{NM}(MS_N + (M'_{MN} + M'_{ON} + M'_{AN}))$$

$$M'_{NM} = -0,21(-6\ 442 - 10\ 699 + 1\ 200 + 321) = 3\ 357 \text{ kg-m}$$

$$M'_{NO} = \mu_{NO}(MS_N + (M'_{MN} + M'_{ON} + M'_{AN}))$$

$$M'_{NO} = -0,12(-6\ 442 - 10\ 699 + 1\ 200 + 321) = 1\ 833 \text{ kg-m}$$

$$M'_{NA} = \mu_{NA}(MS_N + (M'_{MN} + M'_{ON} + M'_{AN}))$$

$$M'_{NA} = -0,17(-6\ 442 - 10\ 699 + 1\ 200 + 321) = 2\ 519 \text{ kg-m}$$

- Momentos finales en cada extremo

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

Columnas:

$$M_{AN} = MF_{AN} + 2M'_{AN} + M'_{NA} + M''_{AN}$$

$$M_{AN} = 0 + 2(888) + 2\ 656 + (-7\ 439) = -3\ 008 \text{ kg-m}$$

$$M_{NA} = MF_{NA} + 2M'_{NA} + M'_{AN} + M''_{AN}$$

$$M_{NA} = 0 + 2(2\ 656) + 888 + (-7\ 439) = -1\ 240 \text{ kg-m}$$

Vigas:

$$M_{AB} = MF_{AB} + 2M'_{AB} + M'_{BA}$$

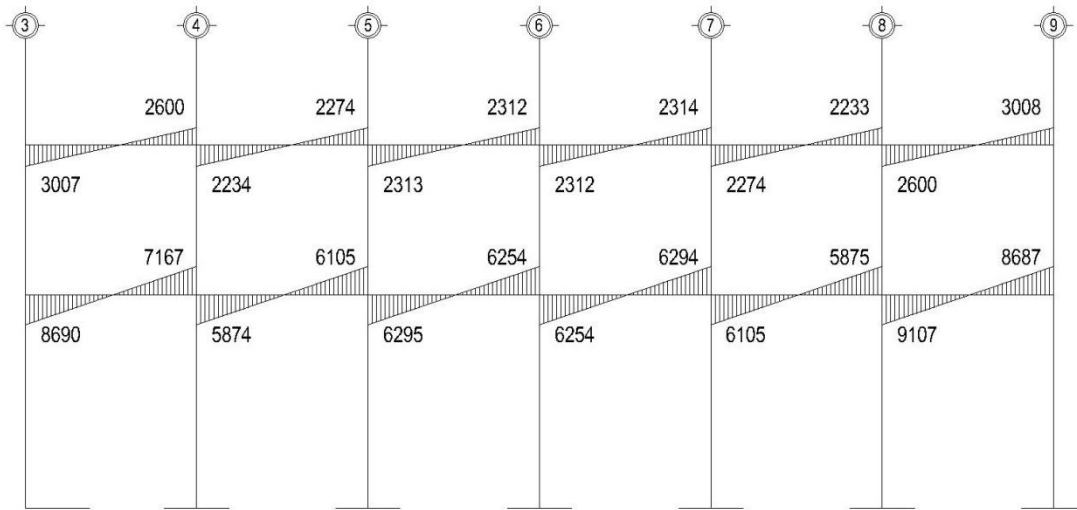
$$M_{AB} = 0 + 2(1\ 138) + 731 = -\ 007 \text{ kg-m}$$

$$M_{BA} = MF_{BA} + 2M'_{BA} + M'_{AB}$$

$$M_{BA} = 0 + 2(731) + 1\ 138 = 2\ 600 \text{ kg-m}$$

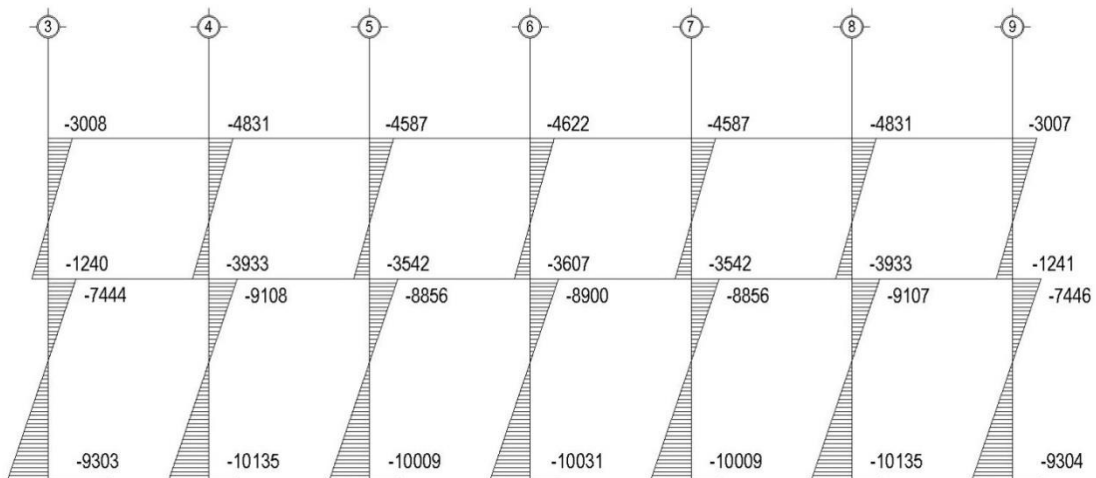
Los resultados completos se muestran en las siguientes figuras.

Figura 22. **Momentos en vigas por carga sísmica, marco B eje X**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 23. **Momentos en columnas por carga sísmica, marco B eje X**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

2.2.3.6. Comparación de resultados de método numérico y ETABS

Para comparar los resultados del método numérico y ETABS, se tomaron valores de cargas verticales y horizontales en diferentes puntos. Se tomaron los valores obtenidos en ETABS como el 100% entonces:

Tabla XV. Comparación de momentos obtenidos en marcos

Elemento	Kani	ETABS	Diferencia	% variación
M_{AN} (-)	810 kg-m (CM)	838 kg-m (CM)	28 kg-m	2,29 %.
M_{AB} (+)	312 kg-m (CV)	322 kg-m (CV)	10 kg-m	3,02 %.
M_{BA} (-)	2 600 kg-m (CS)	2 625 kg-m (CS)	25 kg-m	0,95 %.

Fuente: elaboración propia.

El porcentaje de variación entre ambos análisis para diferentes condiciones de cargas es considerado aceptable, menor que 5%, siendo los datos obtenidos con Kani, levemente más pequeños, por lo tanto para el diseño se tomarán los valores obtenidos con ETABS.

2.2.3.7. Momentos últimos por envolvente de momentos

La envolvente de momentos es el resultado de la combinación de las diferentes cargas que actúan en una estructura, en donde se toman los valores más altos, los más crítico, para encontrar los momentos últimos. Para el efecto se aplican las combinaciones indicadas por la norma AGIES NSE 2-10 sección 8.

- 1) $M=1,3M_{CM}+1,6M_{CV}$
- 2) $M=1,2M_{CM}+1,0M_{CV}+1,0M_{CS}$
- 3) $M=0,9M_{CM}+1,0M_{CV}$

- Envolverte de momentos, marco B eje X.

Vigas:

$$M_{AB} = 1,3(-810)+1,6(-301) = -1\ 535 \text{ kg-m}$$

$$M_{AB} = 1,2(-810)+(-301)+(3\ 007) = 1\ 733 \text{ kg-m}$$

$$M_{AB} = 0,9(-810)+(3\ 007) = 2\ 277 \text{ kg-m}$$

$$M_{BA} = 1,3(1\ 683)+1,6(575) = 3\ 108 \text{ kg-m}$$

$$M_{BA} = 1,2(1\ 683)+(575)+(2\ 600) = 5\ 195 \text{ kg-m}$$

$$M_{BA} = 0,9(1\ 683)+(2\ 600) = 4\ 115 \text{ kg-m}$$

Columnas:

$$M_{AN} = 1,3(810)+1,6(301) = 1\ 535 \text{ kg-m}$$

$$M_{AN} = 1,2(810)+(301)+(-3\ 008) = -1\ 735 \text{ kg-m}$$

$$M_{AN} = 0,9(810)+(-3\ 008) = -2\ 228 \text{ kg-m}$$

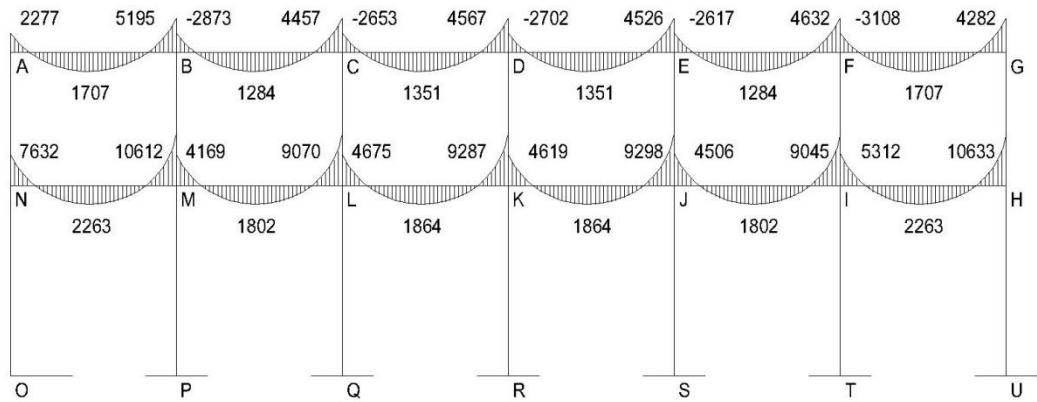
$$M_{NA} = 1,3(803)+1,6(349) = 1\ 603 \text{ kg-m}$$

$$M_{NA} = 1,2(803)+(349)+(-1\ 240) = 74 \text{ kg-m}$$

$$M_{NA} = 0,9(803)+(-1\ 240) = -517 \text{ kg-m}$$

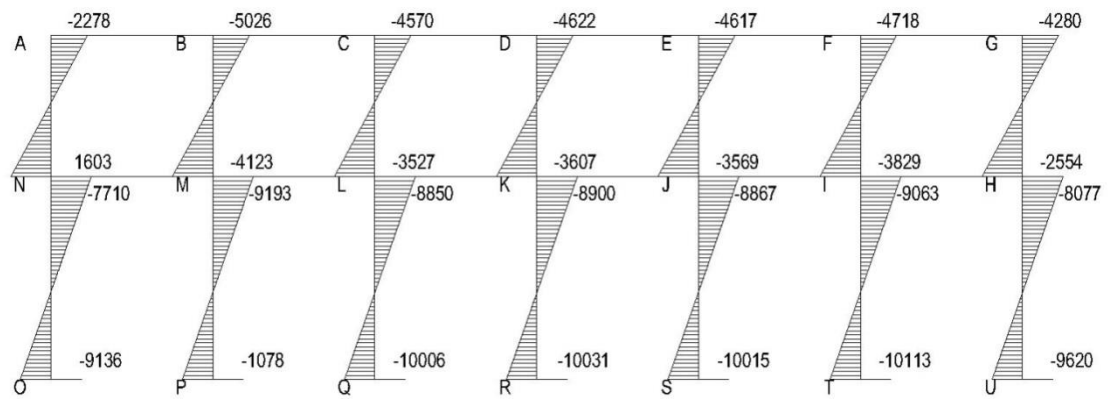
De los resultados de las combinaciones anteriores se tomaron los valores mayores para representar la envolverte de momentos. Los demás elementos del marco se trabajaron de la misma manera, a continuación se muestra la gráfica con el momento mayor obtenido de las tres combinaciones.

Figura 24. **Momentos últimos en vigas (kg-m), marco B eje X**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 25. **Momentos últimos en columnas (kg-m), marco B eje X**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

2.2.3.8. Cortes últimos

Los cortes en los elementos estructurales se calculan con la siguiente expresión matemática.

Corte en vigas:

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

Corte en columnas:

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

- Cortes marco B eje X

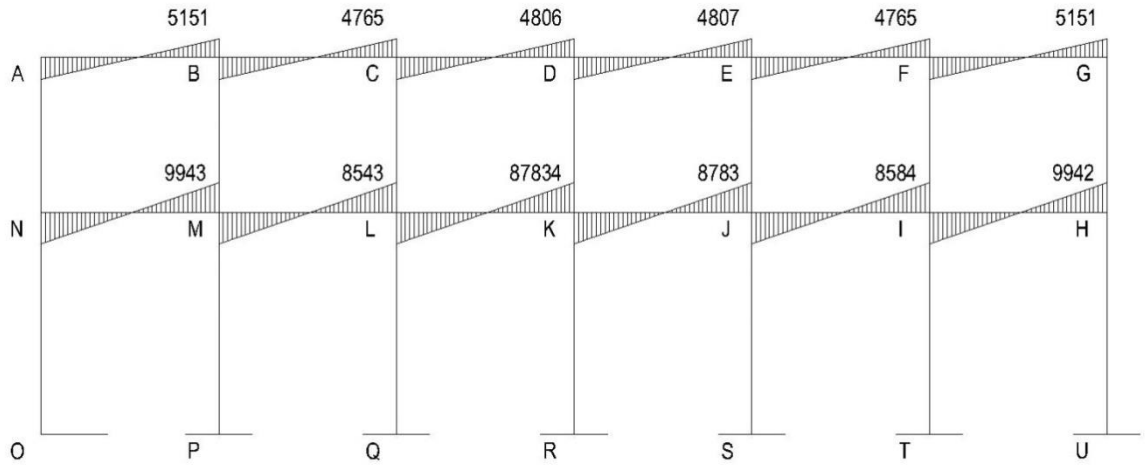
Vigas:

$$V_{AB} = 0,75 \left[\frac{1,4(1\ 088 * 4)}{2} + \frac{1,7(375 * 4)}{2} + \frac{1,87(3\ 007 + 2\ 600)}{4} \right] = 5\ 515\ kg$$

Columnas:

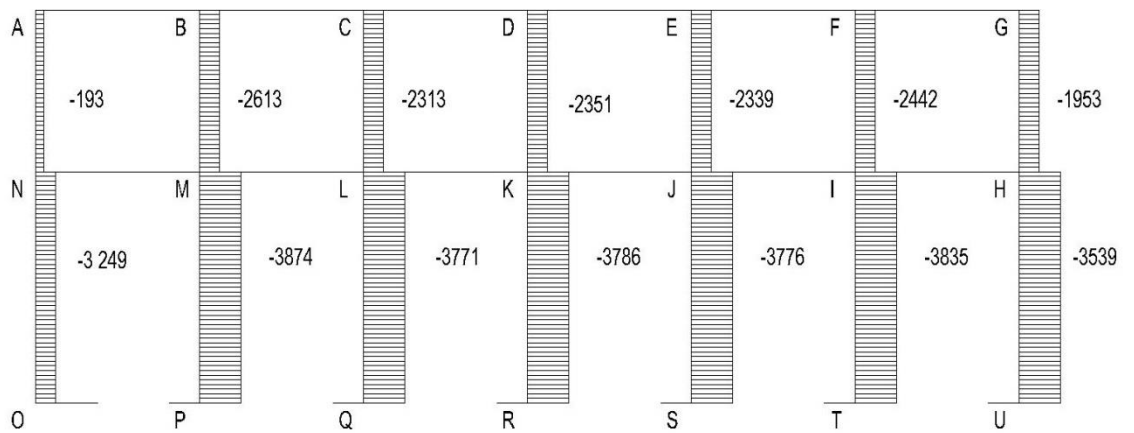
$$V_{AN} = \frac{-2\ 278 + 1\ 603}{3,5} = -193\ KG$$

Figura 26. **Corte último en vigas (kg), marco B eje X**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 27. **Corte último en columnas (kg), marco B eje X**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

2.2.4. Diseño estructural

A continuación se describe el proceso para el diseño de cada elemento estructural que conforma la estructura del edificio:

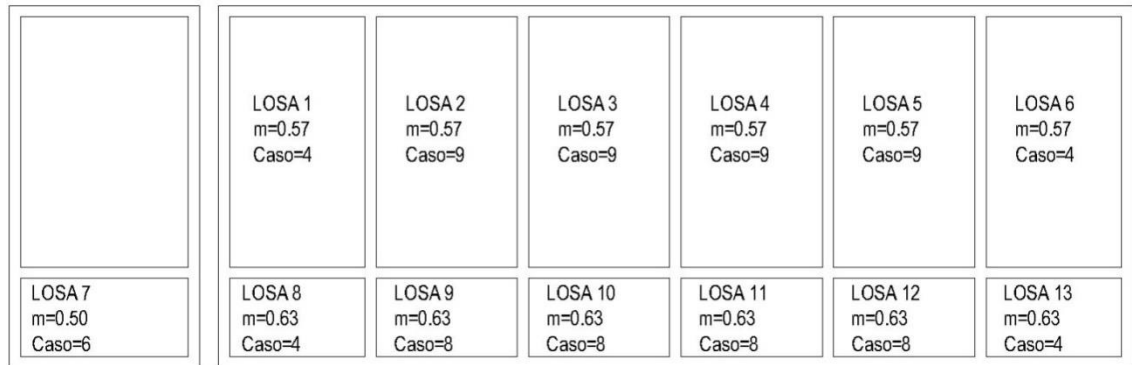
- Losas
- Vigas
- Columnas
- Zapatas
- Módulo de gradas y rampa
- Piscina

2.2.4.1. Diseño de losas

Son elementos estructurales cuya función es actuar como diafragma para transmitir carga a otros elementos, son utilizados de cubiertas de techo, para su diseño se utilizará el método 3 del ACI 318-08.

Espesor de losa:	0,15 m
Peso específico del concreto:	2 400 kg/m ³
Módulo f'c:	210 kg/cm ²
Módulo Fy:	2 810 kg/cm ²

Figura 28. Diagrama de losas de primer nivel



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

- Cálculo de carga de diseño o carga última

Losa 2

$$C_u = 1,3((2 \cdot 400 \times 0,15) + 100) + 1,6 (200) = 918 \text{ kg/m}^2$$

- Fórmulas para el cálculo de momentos positivos y negativos

$$M_{A-} = C \times C U_u \times A^2$$

$$M_{B-} = C \times C U_u \times B^2$$

$$M_{A+} = C \times C M_u \times A^2 + C \times C V_u \times A^2$$

$$M_{B+} = C \times C M_u \times B^2 + C \times C V_u \times B^2$$

Donde:

C= coeficiente de tablas ACI

A= dimensión del lado corto de la losa

B= dimensión del lado largo de la losa

- Relación “m”

$$m = \frac{A}{B} = \frac{4}{7} = 0,57$$

Como se observa en la figura 28 todas las losas tienen relación m mayor a 0,50 por lo que actúan en dos sentidos.

- Cargas últimas

$$CMU = 1,3((2\ 400 * 0,15) + 100) = 598 \text{ kg/m}^2$$

$$CVU = 1,6(200) = 320 \text{ kg/m}^2$$

Con los valores anteriores se procede al cálculo de los momentos positivos y negativos respectivos.

M_{A-} = Sin continuidad

$$M_{B-} = 0,038 \times 918 \times 7^2 = 1\ 709,32 \text{ kg-m}$$

$$M_{A+} = 0,058 \times 598 \times 5^2 + 0,063 \times 320 \times 5^2 = 1\ 371,10 \text{ kg-m}$$

$$M_{B+} = 0,017 \times 598 \times 7^2 + 0,017 \times 320 \times 7^2 = 764,69 \text{ kg-m}$$

El valor del momento negativo en los extremos sin continuidad será igual a un tercio del momento positivo en el mismo sentido.

$$M_{A-} = 1\ 371,10/3 = 457,03 \text{ kg-m}$$

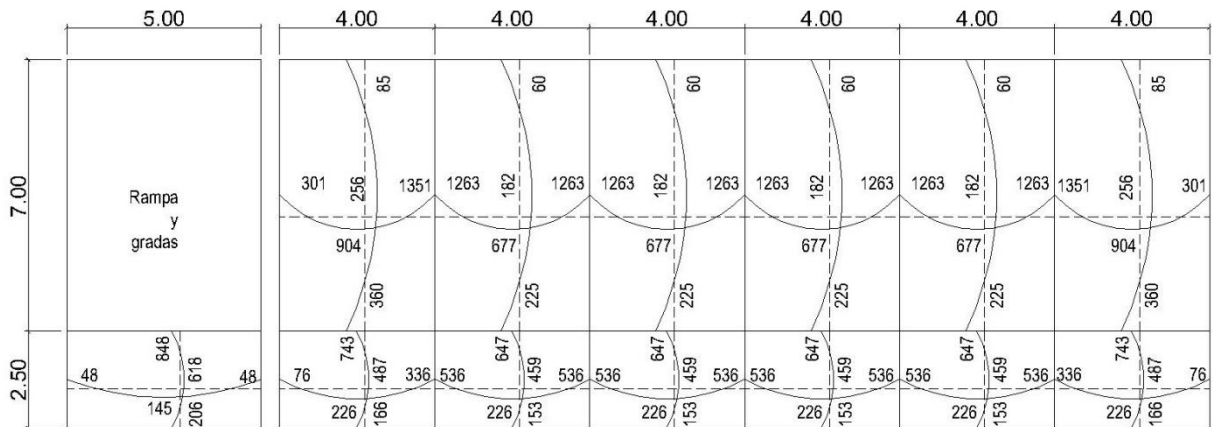
$$M_{B-} = 764,69/3 = 254,90 \text{ kg-m}$$

Tabla XVI. Momentos positivos y negativos en losas 1er nivel

1er nivel	Losa	Lado corto	Lado largo	Ma-	Mb-	Ma+	Mb+	Ma- s/borde	Mb- s/borde
	1	4	7	1 351	360	904	256	-301	-85
	2	4	7	1 263	225	677	182		-61
	3	4	7	1 263	225	677	182		-61
	4	4	7	1 263	225	677	182		-61
	5	4	7	1 263	225	677	182		-61
	6	4	7	1 351	360	904	256	-301	-85
	7	2,5	5	848		618	145	-206	-48
	8	2,5	4	743	336	497	227	-166	-76
	9	2,5	4	647	537	459	227	-153	
	10	2,5	4	647	537	459	227	-153	
	11	2,5	4	647	537	459	227	-153	
	12	2,5	4	647	537	459	227	-153	
13	2,5	4	743	336	497	227	-166	-76	

Fuente: elaboración propia.

Figura 29. Diagrama de momentos en losas del nivel 1



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

- Balance de momentos

Debido a que dos losas continuas tienen un lado en común, es necesario realizar un balance de sus momentos respectivos. Para calcular los refuerzos, y se realiza de la siguiente manera:

Si $0,80(\text{Momento mayor}) < \text{Momento menor}$

$$M_b = \frac{M_{mayor} + M_{menor}}{2}$$

De lo contrario, si el producto del momento mayor por 0,80 es mayor que el momento menor, entonces, se balancean proporcionalmente a su rigidez de la siguiente manera:

$$M_b = M_1 + D_1 * (M_2 - M_1)$$

$$K_1 = \frac{1}{L_1} \quad K_2 = \frac{1}{L_2}$$

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

- Balance de momentos entre losas 1 y 2

$$M_2 = 1\,352,30 \text{ kg-m} \quad M_3 = 1\,263,17 \text{ kg-m}$$

$$0,80(1\,352,30) = 1\,081,04 < 1\,263,17$$

Entonces:

$$M_b = \frac{1\,352,30 + 1\,263,17}{2} = 1\,307,23 \text{ kg-m}$$

- Balance de momentos entre losas 1 y 8

$$M_1 = 1\,709,32 \text{ kg-m} \quad M_8 = 847,54 \text{ kg-m}$$

$$0,80(1\,709,32) = 1\,367 > 847,54$$

Entonces: se realiza por rigidez

$$K_1 = \frac{1}{7} = 0,14 \quad K_8 = \frac{1}{2,5} = 0,40$$

$$D_1 = \frac{0,14}{0,14 + 0,40} = 0,26 \quad D_8 = \frac{0,40}{0,14 + 0,40} = 0,74$$

$$M_b = 359,86 + 0,26 * (742,69 - 359,86) = 641,94 \text{ kg} - m$$

$$M_b = 742,69 - 0,74 * (742,69 - 359,86) = 641,94 \text{ kg} - m$$

Tabla XVII. **Momentos balanceados en losa 1er nivel**

LOSAS	MB Final kg-m	LOSAS	MB Final kg-m
1-2	1307	5-6	1307
1-8	642	5-12	536
2-3	1263	6-14	642
2-9	536	8-9	436
3-4	1263	9-10	537
3-10	536	10-11	537
4-5	1263	11-12	537
4-11	536	12-13	436

Fuente: elaboración propia.

$$A_{s_{min}} = \frac{0.8\sqrt{f'c}}{f_y} * b * d \quad A_{s_{min}} = \frac{0.8\sqrt{210}}{2810} * 100 * 8,98 = 3,70 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{max}} = \rho_{max} * b * d$$

$$\rho_{max} = 0,5 * \rho_{bal}$$

$$A_{s_{max}} = 0,5 \left[\frac{0,85 * \beta_1 * f'c}{f_y} * \frac{6120}{6120 + f_y} \right] * b * d$$

$$\beta_1 = 0,85 \text{ si } f'c \leq 280 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_{s_{max}} = 0,5 \left[\frac{0,85 * 0,85 * 210}{2810} * \frac{6120}{6120 + 2810} \right] * 100 * 8,98 = 16,61 \text{ cm}^2$$

Espaciamiento S para el acero mínimo, proponiendo varillas No. 3
($A_s=0,71 \text{ cm}^2$):

$$\left. \begin{array}{l} 4,47 \text{ cm}^2 \text{-----} \rightarrow 100 \text{ cm} \\ 0,71 \text{ cm}^2 \text{-----} \rightarrow S \end{array} \right\} S = 15 \text{ cm}$$

- Momento que resiste el acero mínimo

$$M A_{s_{min}} = 0,9 \left[A_{s_{min}} * f_y \left(d - \frac{A_{s_{min}} * f_y}{1,7 * f'c * b} \right) \right]$$

$$M A_{s_{min}} = 0,9 \left[4,47 * 2810 \left(8,98 - \frac{4,47 * 2810}{1,7 * 210 * 8,98} \right) \right] = 97\,703,54 \text{ kg} - \text{cm}$$

$$MAs_{min} = 97\,703,54 \text{ kg} - \text{cm} * \frac{1,00 \text{ m}}{100 \text{ cm}} = 977,03 \text{ kg} - \text{m}$$

- Espaciamiento máximo de la armadura

El espaciamiento de secciones críticas en el armado no debe exceder 2 veces el espesor de la losa. $S_{max}=2t$

$$S_{max}=2t=2(0,12)=0,24$$

- Cálculo de áreas de acero requeridas para las losas del primer nivel, cuando el valor sea menor que el acero mínimo, entonces se utilizará el acero mínimo de $2,40 \text{ cm}^2$

$$As_{req} = \left[b * d - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{Mu * b}{0,003825 * f'c}} \right] 0,85 \left(\frac{f'c}{fy} \right)$$

Donde:

As_{req} : Acero de refuerzo requerido

Mu : Momento último (kg-m)

b : base de la sección (100 cm, franja unitaria)

d : distancia del borde superior al eje central del refuerzo

$f'c$: resistencia del concreto

fy : resistencia del refuerzo

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

Tipo de momento	Momento kg-m	Base "b" cm	Espesor "t" cm	Peralte "d"	As req cm2	Cant. varillas	S (cm)
-	301	100	12	8,98	1,34	6	15
-	1 307	100	12	8,98	6,08	8	12
-	1 263	100	12	8,98	5,86	8	12
-	1 263	100	12	8,98	5,86	8	12
-	1 263	100	12	8,98	5,86	8	12
-	1 307	100	12	8,98	6,08	8	12
-	301	100	12	8,98	1,34	6	15
-	48	100	12	8,98	0,21	6	15
-	48	100	12	8,98	0,21	6	15
-	336	100	12	8,98	1,50	6	15
-	436	100	12	8,98	1,95	6	15
-	537	100	12	8,98	2,41	6	15
-	537	100	12	8,98	2,41	6	15
-	537	100	12	8,98	2,41	6	15
-	436	100	12	8,98	1,95	6	15
-	76	100	12	8,98	0,33	6	15
+	904	100	12	8,98	4,13	6	15
+	677	100	12	8,98	3,06	6	15
+	677	100	12	8,98	3,06	6	15
+	677	100	12	8,98	3,06	6	15
+	677	100	12	8,98	3,06	6	15
+	904	100	12	8,98	4,13	6	15
+	145	100	12	8,98	0,64	6	15
+	227	100	12	8,98	1,01	6	15
+	227	100	12	8,98	1,01	6	15
+	227	100	12	8,98	1,01	6	15
+	227	100	12	8,98	1,01	6	15
+	227	100	12	8,98	1,01	6	15
+	227	100	12	8,98	1,01	6	15

Fuente: elaboración propia.

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

Tipo de momento	Momento kg-m	Base "b" cm	Espesor "t" cm	Peralte "d"	As req cm2	Cant. varillas	S cm
-	360	100	12	8,98	1,61	6	15
-	225	100	12	8,98	1,00	6	15
-	225	100	12	8,98	1,00	6	15
-	225	100	12	8,98	1,00	6	15
-	225	100	12	8,98	1,00	6	15
-	360	100	12	8,98	1,61	6	15
-	642	100	12	8,98	2,90	6	15
-	536	100	12	8,98	2,41	6	15
-	536	100	12	8,98	2,41	6	15
-	536	100	12	8,98	2,41	6	15
-	536	100	12	8,98	2,41	6	15
-	642	100	12	8,98	2,90	6	15
-	206	100	12	8,98	0,91	6	15
-	166	100	12	8,98	0,73	6	15
-	153	100	12	8,98	0,68	6	15
-	153	100	12	8,98	0,68	6	15
-	153	100	12	8,98	0,68	6	15
-	153	100	12	8,98	0,68	6	15
-	166	100	12	8,98	0,73	6	15
+	256	100	12	8,98	1,14	6	15
+	182	100	12	8,98	0,81	6	15
+	182	100	12	8,98	0,81	6	15
+	182	100	12	8,98	0,81	6	15
+	182	100	12	8,98	0,81	6	15
+	256	100	12	8,98	1,14	6	15
+	618	100	12	8,98	2,79	6	15
+	497	100	12	8,98	2,23	6	15
+	459	100	12	8,98	2,06	6	15
+	459	100	12	8,98	2,06	6	15
+	459	100	12	8,98	2,06	6	15
+	459	100	12	8,98	2,06	6	15
+	497	100	12	8,98	2,23	6	15

Fuente: elaboración propia.

- Chequeo de corte máximo actuante

$$V_{max} = \frac{Cu_u * L}{2}$$

Donde:

Cu_u = carga última unitaria

L = lado corto de la losa que se está analizando

$$V_{max} = \frac{918 * 5}{2} = 2\ 295\ kg$$

- Corte máximo resistente

$$V_{res} = 45 * \sqrt{fy} * t$$

$$V_{res} = 45 * \sqrt{2810} * 15 = 9\ 782\ kg$$

La comparación indica que $V_{res} > V_{max}$, por lo que si resiste el espesor de la losa, de lo contrario se tendría que modificar. Ver armado final de losa en el plano ubicado en los anexos, hoja 5/13.

2.2.4.2. Diseño de vigas

Las vigas son los elementos estructurales que conforman los marcos. Están sometidas a esfuerzos de flexocompresión y corte. El diseño de las vigas se realiza utilizando los datos obtenidos de las diferentes cargas aplicadas a los marcos en el análisis estructural y se toma en cuenta los diferentes tipos de falla que puedan existir.

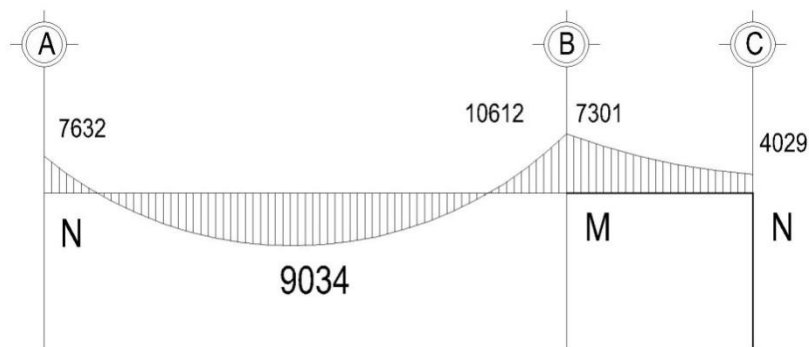
Las vigas se pueden clasificar en tres diferentes tipos dependiendo de su falla: vigas sobreforzadas, balanceadas y sobrerforzadas. En las vigas sobreforzadas, el refuerzo del acero sobrepasa su límite elástico aparente, límite de fluencia F_t , cuando el concreto aún no llega a su fatiga de ruptura de $0,85 f'c$. En este caso, se presenta un fuerte agrietamiento en la sección de tensión. Esto provoca que el eje neutro se eleve hacia el lado de compresión y el área disminuya. La viga balanceada se da cuando la falla ocurre simultáneamente, el concreto y al acero alcanzan su límite $0,85 f'c$ y F_y respectivamente.

Las vigas sobrerforzadas presentan un tipo de falla súbita, es decir sin aviso, son peligrosas, y se produce cuando el concreto alcanza su límite de fluencia $0,85 f'c$ cuando el acero aún permanece bajo su límite de fluencia, también se le llama falla por compresión.

- Diseño de viga tramo N-M, marco B eje X

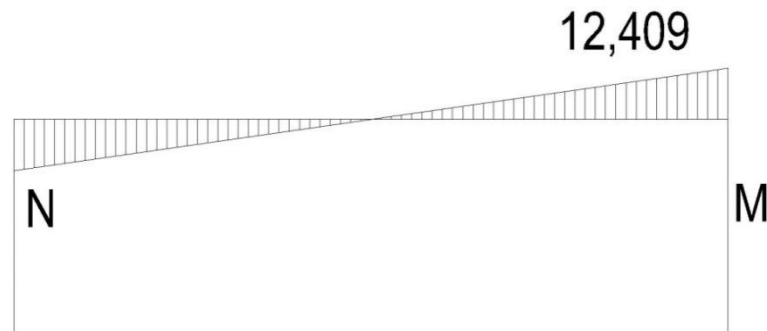
En el diseño se utilizó la viga más crítica, y se aplicó el mismo a todo el eje.

Figura 31. **Diagrama de momentos últimos (kg-m) viga F-E**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 32. Diagrama de corte (kg) viga F-E



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Datos:

Sección de viga: 0,30 x 0,50 m

Longitud: 4,00 m

Recubrimiento: 0,04 m

Peralte efectivo 0,45 m

- Límites de acero

Área de acero mínima

Según el ACI 318-08 sección 10.5.1 en toda la sección de un elemento sometido a flexión, el área de acero no debe ser menor que el resultado de:

$$A_{s_{min}} = 14 * \frac{bd}{f_y}$$

$$A_{s_{min}} = 14 * \frac{30 * 45}{2810} = 6,65 \text{ cm}^2$$

Área de acero máximo:

La cuantía máxima de acero se establece en apéndice B del ACI 318-08, que indica la redistribución de momentos:

$$A_{S_{max}} = \rho_{max} * b * d$$

$$\rho_{max} = 0,5 * \rho_{bal}$$

$$A_{S_{max}} = 0,5 \left[\frac{0,85 * \beta_1 * f'c}{f_y} * \frac{6120}{6120 + f_y} \right] * b * d$$

$$\beta_1 = 0,85 \text{ si } f'c \leq 280 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_{S_{max}} = 0,5 \left[\frac{0,85 * 0,85 * 210}{2810} * \frac{6120}{6120 + 2810} \right] * 30 * 45 = 24,98 \text{ cm}^2$$

- Refuerzo longitudinal

El área de acero (A_s) de refuerzo longitudinal que requiere una viga se da mediante la siguiente ecuación:

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

Cálculo de A_s para $M(-) 1 = 12\ 107 \text{ kg-m}$

$$A_{S_{req}} = \left[30 * 45 - \sqrt{(30 * 45)^2 - \frac{12\ 107 * 30}{0,003825 * 210}} \right] 0,85 \left(\frac{210}{2810} \right) = 4,62 \text{ cm}^2$$

Cálculo de A_s para $M(-) = 16\,709 \text{ kg}\cdot\text{m}$

$$A_{s_{req}} = \left[30 * 45 - \sqrt{(30 * 45)^2 - \frac{16\,709 * 30}{0,003825 * 210}} \right] 0,85 \left(\frac{210}{2\,810} \right) = 6,52 \text{ cm}^2$$

Cálculo de A_s para $M(+) = 9\,034 \text{ kg}\cdot\text{m}$

$$A_{s_{req}} = \left[30 * 45 - \sqrt{(30 * 45)^2 - \frac{9\,034 * 30}{0,003825 * 210}} \right] 0,85 \left(\frac{210}{2\,810} \right) = 1,34 \text{ cm}^2$$

Según el capítulo 21 del ACI 318-08, el armado longitudinal de las vigas se diseña con base en los siguientes criterios: En la cama superior se debe colocar como mínimo 2 barras de acero a lo largo de toda la viga o tomar el mayor de los siguientes valores:

- $A_{s_{min}} = 4,53 \text{ cm}^2$
- $33\% A_{s_{req}} M(-) \text{ iz} = 0,33 * 4,62 = 1,52 \text{ cm}^2$
- $33\% A_{s_{req}} M(-) \text{ der} = 0,33 * 6,51 = 2,15 \text{ cm}^2$
- $2 \text{ No. } 6 = 5,70 \text{ cm}^2$

En la cama superior utilizar 2 No. 6 corrido, el resto completar con bastones.

$$\text{Bastón: } 5,51 \text{ cm}^2 - 5,70 \text{ cm}^2 = 0,82 \text{ cm}^2$$

Utilizar 1 bastón No. 4 ($A_s = 1,27 \text{ cm}^2$).

En la cama inferior se debe colocar como mínimo 2 barras de acero a lo largo de toda la viga o tomar el mayor de los siguientes valores.

- $A_{smin} = 4,53 \text{ cm}^2$
- $33\% A_{s_{req}} M(-) \text{ mayor} = 0,33 * 6,51 = 2,15 \text{ cm}^2$
- $50\% A_{s_{req}} M(+) = 0,50 * 1,34 = 0,67 \text{ cm}^2$
- $2 \text{ No. } 6 = 5,70 \text{ cm}^2$

El resto de las vigas se analizaron de manera similar, los detalles del armado se muestran en el plano de detalle de vigas.

- Refuerzo transversal (estribos)

El refuerzo transversal consiste en estribos rectangulares colocados equidistantemente en varios intervalos a lo largo de la viga. El esfuerzo de corte que resiste el concreto está dado por:

$$V_{cu} = \phi * 0,53 \sqrt{f'c} * b * d$$

$$\phi = 0,53 \text{ para corte}$$

$$V_{cu} = 0,85 * 0,53 \sqrt{210} * 30 * 45 = 8\,813,3 \text{ kg}$$

Corte actuante, obtenido del análisis estructural:

$$V_a = 12\,409 \text{ kg}$$

$$V_s = 12\,409 - 8\,813,3 = 3\,595,7 \text{ kg}$$

$$S = \frac{\phi * 2 * 0,71 * 2\,810 * 45}{3\,595,7} = 46,1 \text{ cm}$$

Como V_a es mayor que V_{cu} , la viga necesita diseño de estribos que resistan el corte. Para este diseño, se utilizan los requerimientos del ACI 318-08 sección 21.5.3.

Longitud de confinamiento:

$$L_{con} = 2H$$
$$L_{con} = 2(0,50) = 1,00 \text{ m}$$

Espaciamiento en la zona de confinamiento

La sección 21.5.3.2 del ACI 318-08 indica que: el primer estribo cerrado de confinamiento debe estar situado a no más de 50 mm de la cara del elemento de apoyo. El espaciamiento de los estribos cerrados no debe exceder el menor de:

- S_{Vs} = 46,10 cm
- $d/4 = 45/4$ = 11,25 cm
- 8 \emptyset bar longitudinal = $8 * 1,91$ = 15,24 cm
- 24 \emptyset bar transversal = $24 * 0,95$ = 22,60 cm
- 300 mm = 30,00 cm

Para la zona de confinamiento se utilizará el menor de los valores mostrados anteriormente, el cual corresponde a 11,25 cm, que es el peralte de la viga dividido cuatro.

La sección 21.5.3.4 indica que cuando no se requieran estribos cerrados de confinamiento, deben colocarse estribos con ganchos sísmicos en ambos extremos, espaciados a no más de $d/2$:

$$S = d/2 = 45/2 = 22,50 \text{ cm}$$

Resistencia nominal al corte proporcionado por refuerzo transversal:

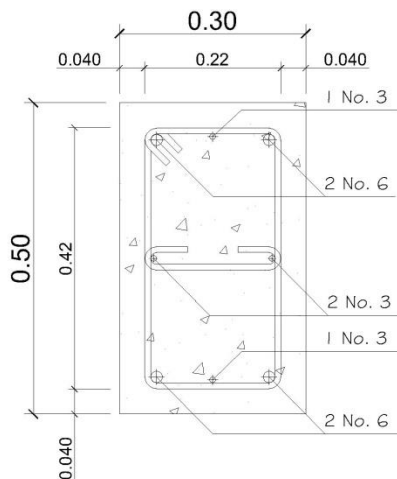
Se propondrá acero No. 3 grado 40.

$$V_s = \frac{\phi * 2 * A_v * f_y * d}{s}$$

$$V_s = \frac{\phi * 2 * 0,71 * 2\,810 * 45}{10} = 17\,956 \text{ kg}$$

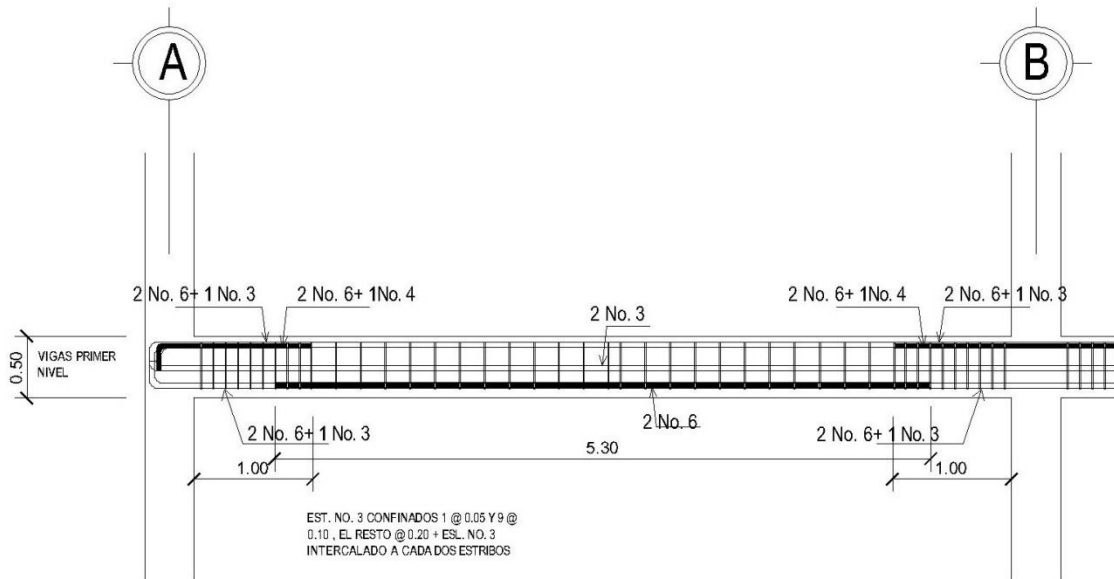
Como el V_s es mayor que V_a , el acero propuesto y confinamiento cumplen con el requerimiento, por lo que el refuerzo transversal será de estribos cerrados No. 3 grado 40, el primer estribo a 5 cm de la cara del apoyo, en la zona de confinamiento de 1,00 metro a cada 10 cm y el resto de estribos a cada 20 cm. Se agregarán 2 barras de acero No. 3 al armado de las vigas a $h/2$ para mantener el confinamiento del núcleo de la sección de concreto y dar estabilidad al armado.

Figura 33. **Sección de armado de viga**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 34. Armado de viga



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

2.2.4.3. Diseño de columnas

Las columnas son elementos estructurales que conforman los marcos estructurales. Están dispuestas verticalmente y se someten a carga axial que trabajan a compresión y momentos flectores con respecto de los ejes de la sección. El ACI 318.08 en la sección 10.9 muestra los límites del refuerzo en columnas, así como en la sección 10.10 los criterios de esbeltez en elementos sometidos a compresión. Para este caso, se calculó las cargas que actúan sobre la columna crítica del edificio, la cual se establecerá en el primer nivel. Debido a que las columnas se encuentran sometidas a momento biaxial y carga axial, se utilizará el método Bresler para su diseño. Este sistema funciona utilizando las cargas actuantes arrojando resultados muy precisos y proporciona las cargas resistentes. Este método se realiza mediante el uso de gráficas.

- Diseño de columna nivel 1, marco 5 eje Y

Datos:

Sección: 0,40 * 0,40 m

Luz: 3,5 m

Mx: 10 178 kg-m

My: 11 244 kg-m

Vc: 4 509 kg

Rec: 0,04 mm

- Carga última

Segundo Nivel:

Total Carga muerta segundo nivel: 18 747 kg

Carga viva: $19\text{m}^2 * 200 \text{ kg/m}^2 = 3 800 \text{ kg}$

Primer Nivel:

Total Carga muerta segundo nivel: 13 234 kg

Carga viva: $14\text{m}^2 * 200 \text{ kg/m}^2 + 5\text{m}^2 * 500 \text{ kg/m}^2 = 5 300 \text{ kg}$

- Factor de carga última

$$Fcu = \frac{Cu}{Cm + Cv}$$

$$Fcu = \frac{1,3(18 747 + 13 234) + 1,6(3 800 + 5 300)}{18 747 + 13 234 + 3 800 + 5 300} = 1,37$$

- Carga axial

$$P_u = 41\,080,5 * 1,37 = 56\,135 \text{ kg}$$

- Efectos de esbeltez

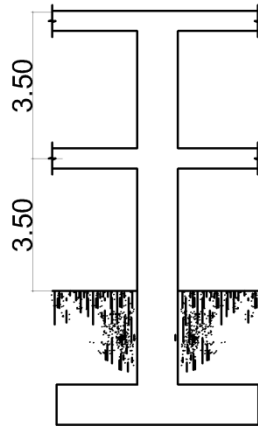
La esbeltez de una columna se determina para saber el comportamiento de la misma cuando se aplican las cargas. Se logra establecer mediante un rango de valores obtenidos a través de la relación de su sección transversal y su longitud. Cuando un elemento es demasiado esbelto, puede ocurrir pandeo lateral, mientras que si el elemento es robusto, se dificulta controlar la degradación de rigidez y resistencia que resulta de los esfuerzos de corte.

- Columnas cortas ($E < 22$): se diseñan con los datos originales del diseño estructural
- Columnas intermedias ($22 < E < 100$): se diseñan magnificando los momentos actuantes
- Columnas largas ($E > 100$): no se recomienda su construcción

El grado de empotramiento a la rotación en las columnas se mide con el coeficiente (ψ), que es la relación de las sumatorias de las rigideces de los elementos sometidos a compresión, con respecto de la sumatoria de las rigideces de los elemento sometidos a flexión.

$$\psi = \frac{\sum K_{col}}{\sum K_{viga}}$$

Figura 35. Diagrama de vigas y columnas



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

- Esbeltez de columna, sentido X

Tabla XX. Rigidez de elementos estructurales

Elemento	Dimensiones	Inercia (I)	Rigidez (K)
Columna	0,40 * 0,40 * 3,50 m	0,002133 m ⁴	0,00061
Viga izq	0,30 * 0,50 * 4,00 m	0,003125 m ⁴	0,00078
Viga der	0,30 * 0,50 * 4,00 m	0,003125 m ⁴	0,00078

Fuente: elaboración propia.

$$\psi_a = \frac{0,00061 + 0,00061}{0,00078 + 0,00078} = 0,78$$

$\psi_b = 0$, para el extremo inferior considerado empotrado

$$\psi_p = \frac{0,78 + 0}{2} = 0,39$$

Cálculo de K (Factor de longitud efectiva)

$$\text{Si } \psi_p < 2: K = \frac{(20 - \psi_p)}{20} * \sqrt{1 + \psi_p}$$

$$\text{Si } \psi_p > 2: K = 0,9 * \sqrt{1 + \psi_p}$$

$$\text{Como } \psi_p < 2 \text{ entonces: } K = \frac{(20 - 0,39)}{20} * \sqrt{1 + 0,30} = 1,156$$

$$E = \frac{K * Lu}{\sigma}, \text{ donde } \sigma = 0,3 * \text{lado}$$

$$E = \frac{1,156 * 3,5}{0,3 * 0,4} = 29$$

Como $22 < E < 100$ entonces se clasifica como columna intermedia.

- Esbeltez de columna, sentido Y:

$$\psi_p = 0,36$$

$$K = 1,15$$

$$E = 29$$

Como los resultados de esbeltez, tanto en el eje X como en el eje Y dieron que es una columna intermedia, el método de diseño indica que se deben magnificar los momentos para el diseño estructural del elemento.

- Magnificación de momentos

El código ACI 318-08 en la sección 10.10.6 indica el procedimiento para la magnificación de momentos en estructuras sin desplazamiento lateral, a través de las siguientes expresiones matemáticas:

- Momento de diseño sentido X

Factor de flujo plástico del concreto, nivel 1

$$\beta d \text{ nivel } 1 = \frac{CMu}{Cu} = \frac{1,3(696,53)}{1,3(696,53) + 1,6(278,95)} = 0,669$$

El total del material

$$EI = \frac{Ec * Ig}{2,5(1 + \beta d)}$$

$$EI = \frac{15\ 100\sqrt{210} * \frac{1}{2} * 40 * 40^3}{2,5(1 + 0,669)} = 11\ 182 \times 10^6 \text{ kg} - \text{cm}^2 \approx 1\ 118,23 \text{ ton} - \text{m}^2$$

Carca crítica de pandeo de Euler

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 + EI}{(Klu)^2} = \frac{\pi^2 + 1\ 118,23}{(1,15 * 3)^2} = 917 \text{ ton}$$

Magnificando momentos

$$\delta = \frac{1}{1 - \frac{Pu}{\phi P_{cr}}}$$

Donde $\phi=0,70$ para estribos

$$\delta = \frac{1}{1 - \frac{56,13}{0,7*917}} = 1,09$$

Momentos de diseño

$$M_d = \delta * M_u$$

$$M_{dx} = 1,09 * 10\,178 = 11\,196 \text{ kg-m}^2$$

$$M_{dy} = 1,09 * 11\,244 = 12\,368 \text{ kg-m}^2$$

- Refuerzo longitudinal

Debido a que las columnas se encuentran sometidas a momento biaxial y carga axial, se utilizará el método Bresler para su diseño; este sistema funciona utilizando las cargas actuantes arrojando resultados muy precisos y proporciona las cargas resistentes. Este método se realiza mediante el uso de gráficas.

- Límites de acero

El ACI 318-08 en la sección 10.9 indica el área de refuerzo longitudinal mínimo y máximo para elementos a compresión.

$$A_{s_{\min}} = 1\% A_g = 0,01 * (40 * 40) = 16 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{\max}} = 8\% A_g = 0,08 * (40 * 40) = 128 \text{ cm}^2$$

Se utilizará un 1,40% = $0,014(40 * 40) = 22,4 \text{ cm}^2$; que corresponde a un armado propuesto de 8 No. 6 = $22,8 \text{ cm}^2$.

Utilizando el diagrama de iteración para diseño de columnas se obtienen los siguientes resultados para diseño:

- Parámetros de interacción

$$\gamma = \frac{H_{\text{núcleo}}}{H_{\text{columna}}} = \frac{h - 2 * rec}{h} = \frac{0,40 - 2 * 0,04}{0,40} = 0,8$$

$$\rho_{tu} = \frac{A_s * f_y}{A_g * 0,85 f'_c} = \frac{22,8 * 2810}{40 * 40 * 0,85 * 210} = 0,22$$

- Excentricidades

$$e_x = M_{dx} / P_u = 11\,196 / 56\,134,65 = 0,19$$

$$e_y = M_{dy} / P_u = 12\,368 / 56\,134,65 = 0,22$$

Cuando se tienen las excentricidades se procede a calcular el valor de las diagonales:

$$e_x / h_x = 0,19 / 0,40 = 0,49$$

$$e_y / h_y = 0,22 / 0,40 = 0,55$$

De los diagramas de interacción se obtienen los siguientes valores:

$$K'_x = 0,40$$

$$K'_y = 0,35$$

- Cargas

- Resistencia a una excentricidad ex

$$P'_{ux} = K_x * f'c * A_g = 0,40 * 210 * (40 * 40) = 134\ 400\ \text{kg}$$

- Resistencia a una excentricidad ey

$$P'_{uy} = K_y * f'c * A_g = 0,40 * 210 * (40 * 40) = 117\ 600\ \text{kg}$$

- Resistencia a la carga axial

$$P'_o = \phi * (0,85 * f'c * (A_g - A_s) + A_s * F_y)$$

$$P'_o = 0,70(0,85 * 210(1\ 600 - 22,80) + 22,80 * 2\ 810) = 241\ 919\ \text{kg}$$

- Carga resistente de la columna

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

$$P'u = \frac{1}{\frac{1}{134\ 400} + \frac{1}{117\ 600} - \frac{1}{241\ 919}} = 84\ 672\ \text{kg}$$

Como el valor de $P'_{u} = 84\ 672\ \text{kg} > P_u = 56\ 134$, el armado propuesto para la columna es adecuado. Si la carga resistente no cumpliera, se debería aumentar el área de acero, siempre y cuando, se respete el límite máximo establecido por el ACI 318-08.

- Refuerzo transversal

Este es el refuerzo que resiste los esfuerzos por corte, su utilidad se basa en proporcionar ductilidad a las columnas y poder disipar la energía producida por los sismos y se logra mediante un mayor confinamiento en los extremos.

La sección 11.2 del ACI 318-08 indica que la resistencia al cortante del concreto está dada por:

$$V_{cu} = \phi * 0,53\sqrt{f'c} * b * d$$

ϕ es 0,75 para cortante y torsión según ACE 318-08 sección 9.3.2.3

$$V_{cu} = 0,75 * 0,53\sqrt{210} * 40 * 36 = 8\,294,86 \text{ kg}$$

Corte actuante= 4 509 kg

Si $V_{cu} > V_a$, se colocan estribos a $S=d/2$

Si $V_{cu} < V_a$, diseño estribo por corte, Varilla mínima permitida es la No. 3.

Como $V_{cu} > V_a$, se colocan estribos a $S=d/2$ $S=36/2 = 0,18$ m, por trabajabilidad se toma 0,15 m.

Para dale mayor ductilidad a la columna, por estar ubicada en zona sísmica, será necesario diseñar confinamiento a la misma. El código ACI 318-08 en la sección 21.6.4.1 dice que el refuerzo transversal debe suministrarse en una medida desde cada cara del nudo y a ambos lados de cualquier sección donde pueda ocurrir fluencia por flexión como resultado de desplazamientos laterales inelásticos del pórtico. La longitud no debe ser menor que

- La altura del elemento en la cara del nudo o en la sección donde puede ocurrir fluencia por flexión = 0,40 m.
- Un sexto de la luz libre del elemento= 3/6 = 0,50 m.
- 450 mm = 0,45 m.

Se utilizará 0,50 m de confinamiento.

- Relación volumétrica

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

Y debe cumplir con:

$$\rho_s \geq 0,12 \left(\frac{f'_c}{f_y} \right) = 0,12 \left(\frac{210}{2810} \right) = 0,00897$$

$$\rho_s = 0,45 \left(\frac{0,40 * 0,40}{0,23 * 0,32} - 1 \right) \left(\frac{0,85 * 210}{2810} \right) = 0,01608$$

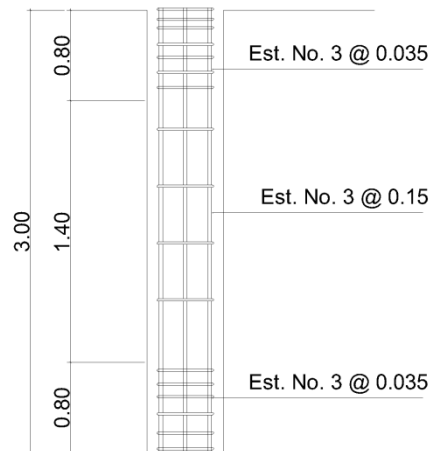
Se utiliza $\rho_s=0,01608$

Espaciamiento de estribos en la zona de confinamiento, acero No. 3.

$$S = \frac{2 * 0,71}{0,01608 * 32} = 2,75 \text{ cm}$$

No debe exceder el menor establecido por el ACI 318-08 sección 21.3.5.2, se utiliza 0,035 para flujo del concreto.

Figura 36. **Armado de columna**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

- **Diseño de nudo sísmico**

El nudo sísmico es la unión que existe entre la viga y la columna, y es la porción de la viga dentro de la altura de las columnas que se unen en ella. Estos se deben diseñar para resistir las fuerzas que se transfieren por medio de las vigas y columnas, incluyendo las cargas axiales, flexión, cortante y torsión.

El adecuado diseño de un nudo consiste en el confinamiento del mismo, posee dos beneficios: el primero es que aumenta la resistencia del núcleo de concreto y mejora su capacidad de deformación, y la segunda es que evita el pandeo de las barras verticales en la columna. En el momento negativo, se tiene que el esfuerzo está dado por $T=AsFy$, y la fuerza de compresión es $C=T$. En el diseño se toma el momento en la cara del nudo y es el que corresponde a las fuerzas máximas.

$$Mu = AsFy \left[d - \frac{a}{2} \right]$$

Para la varilla No. 6:

$$T = AsFy = [2 * (2,85)] * (2,81) = 16,01 \text{ ton}$$

El momento en el nudo se calcula con base a la fuerza de tensión T, donde la altura efectiva de la viga es de 41 cms con altura de bloque.

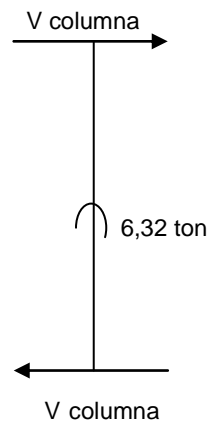
$$a = \frac{AsFy}{0,85 * f'c * Bw}$$

$$a = \frac{16,01}{0,85 * 0,21 * 30} = 2,99 \text{ cm}$$

$$Mu = 16,01 \left[41 - \frac{2,99}{2} \right] = 6,32 \text{ ton} - m$$

Los cortantes que actúan en la columna corresponden a este momento, se muestran con base en el siguiente diagrama de cuerpo libre de la columna, donde se suponen los puntos de inflexión a la mitad de su altura.

Figura 37. **Diagrama de cuerpo libre**



Fuente: elaboración propia.

Determinación del ancho efectivo del nudo

$$B_j = \frac{B_b + B_c}{2} = \frac{30 + 40}{2} = 35 \text{ cm}$$

Donde:

B_b: ancho de viga

B_c: lado corto de la columna

H: lado largo de la columna

No debe exceder de:

$$B_b + H = 30 + 40 = 70 \text{ cm}$$

La resistencia a cortante nominal y de diseño del nudo es:

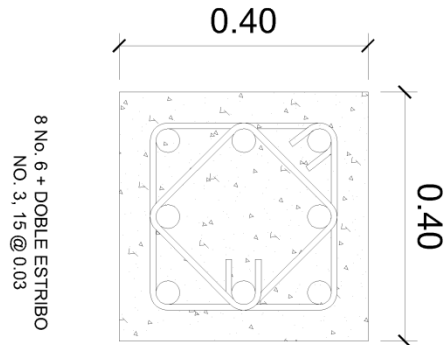
$$V_n = \gamma \sqrt{f'_c} * B_j * H = 20 * \sqrt{210} * 35 * \frac{40}{1000} = 405,75 \text{ ton}$$

$$\phi V_n = 0,85 * 405,75 = 344,89 \text{ ton}$$

El cortante actuante $V_u=13,9$ ton no excede la resistencia de diseño, por lo que el cortante es si cumple con los requerimientos.

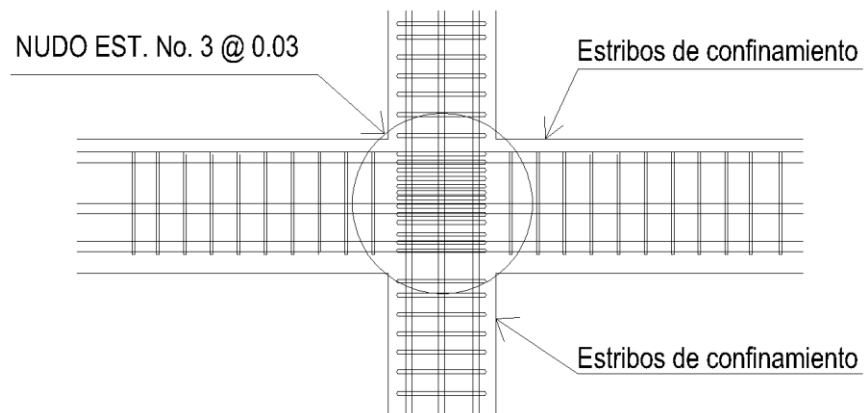
Las vigas de borde suministran el confinamiento necesario. En el sentido de la viga nominal se colocará confinamiento, que consistirá en estribos No. 3 @ 0,03; además se reforzará con acero longitudinal de confinamiento: L:2H, con varilla No. 3 a cada lado de la columna.

Figura 38. **Planta de armado de nudo sísmico**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 39. **Sección de armado de nudo sísmico**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

2.2.4.4. **Diseño de cimiento**

Los cimientos son la subestructura del edificio. Estas pueden ser poco o muy profundas, su función es la de transmitir las cargas de la estructura al suelo y garantizar su estabilidad.

El tipo de cimentación depende de las cargas que lleguen a la misma a través de las columnas y de las condiciones del suelo, otro factor muy importante es la capacidad económica que se tenga en el proyecto para realizar cimentaciones más complejas, que se requieren cuando el tipo del suelo lo necesita.

- Diseño de zapata aislada concéntrica cuadrada

Datos:

Zapata de diseño: 5B

Mx: 10,178 ton-m

My: 11,244 ton-m

Pu: 56,13 Ton

Peso específico del suelo: 1.55 ton/m³

Desplante (Df): 1,50 m

FCU: 1,37

Cap. Sop. Suelo: 23,23 ton/m²

- Cargas de trabajo

$$P' = Pu/FCU = 56,13/1,37 = 40,97 \text{ ton}$$

$$M'x = Mx/FCU = 10,178/1,37 = 7,43 \text{ ton-m}$$

$$M'y = My/FCU = 11,244/1,37 = 8,21 \text{ ton-m}$$

- Predimensionamiento

$$\sigma_{axial} = 1,5 \left(\frac{P}{A} \right) \quad Az = 1,5 \left(\frac{40,97}{23,23} \right) = 2,65 \text{ m}^2$$

Se propone una sección de 1,80 * 1,80 m, con un área de 3,24 m², esta sección se propone para evitar tener presiones negativas.

- Chequeo de presión del suelo

$$q = \frac{P}{Az} \pm \frac{M'x}{Sx} \pm \frac{M'y}{Sy}$$

Donde:

$$Sx = Sy = \frac{1}{6} * a * b^2 = \frac{1}{6} * 1,80 * 1,80^2 = 0,97$$

$$P = P' + P_{\text{columna}} + P_{\text{suelo}} + P_{\text{zapata}}$$

$$P = 40,97 + 1,92 + 7,53 + 3,00 = 54,31 \text{ ton}$$

$$q = \frac{54,31}{3,24} + \frac{7,43}{0,97} + \frac{8,21}{0,97} = 20,84 \text{ ton/m}^2$$

$$q = \frac{54,31}{3,24} - \frac{7,43}{0,97} - \frac{8,21}{0,97} = 0,67 \text{ ton/m}^2$$

q_{min} : no es negativa, por lo que no existen secciones sometidas a tensión.

q_{max} : el valor no excede la capacidad soporte del suelo.

$$q_{\text{dis}} = q_{\text{max}} * FCU = 20,84 * 1,37 = 28,55 \text{ ton/m}^2$$

- Chequeo de corte por flexión

Este tipo de falla ocurre a una distancia equivalente al peralte efectivo, medida desde el borde de la columna, la sección crítica de esfuerzos de corte se encuentra en el plano vertical paralelo a la cara de la columna.

Utilizando varillas No. 6.

$$d = t - \frac{\emptyset}{2} - rec$$

$$d = 50 - \frac{1,91}{2} - 7,5 = 41,54 \text{ cm}$$

Corte actuante:

$$V_{act} = q_{dis} * A_x = 28,55 * 1,80 * 0,29 = 14,62 \text{ ton}$$

$$V_{act} = q_{dis} * A_y = 28,55 * 1,80 * 0,29 = 14,62 \text{ ton}$$

Esfuerzo de corte resistente del concreto:

$$V_{cux} = \frac{\emptyset * 0,53 * \sqrt{f'c} * b * d}{1000}$$

$$V_{cux} = \frac{0,85 * 0,53 * \sqrt{210} * 180 * 41,54}{1000} = 48,82 \text{ ton}$$

En ambos sentidos $V_{act} < V_{cu}$, por lo que cumple con los requerimientos.

- Chequeo de corte por punzonamiento

El punzonamiento se da por la presión que genera la sección de la columna en la zapata, producidos alrededor de la columna, hasta un límite de $d/2$ donde ocurre la falla desde el rostro de la misma.

$$\phi V_{act} = Pd + (A_z - A_p)$$

Área de punzonamiento

$$A_p = (0,4154 + 0,40) + (0,4154 + 0,40) = 0,66 \text{ m}^2$$

Área de zapata

$$A_z = 1,80 * 1,80 = 3,24 \text{ m}^2$$

$$\phi V_{act} = 28,55 * (3,24 - 0,66) = 73,52 \text{ ton}$$

Resistencia a corte por del concreto

$$\phi V_{rescon} 0,85 * 1,06 * \sqrt{f'_c} * \beta_c * \frac{d}{1000}$$

$$\beta_c = \text{perímetro de falla} = 326,10 \text{ cm}$$

$$\phi V_{rescon} 0,85 * 1,06 * \sqrt{210} * 326,19 * \frac{41,54}{1000} = 176,95 \text{ ton}$$

Como $\phi V_{rescon} > \phi V_{act}$, la zapata cumple con los requerimientos por punzonamiento.

- Diseño de refuerzo
 - Refuerzo eje X

Para determinar el momento último, se toma como losa en voladizo

$$Mu = \frac{wL^2}{2} = \frac{(28 * 1,80) \left(\frac{1,80-0,40}{2}\right)^2}{2} = 12,59 \text{ ton} - m = 12\,590,55 \text{ kg} - m$$

Área de acero

$$As_{req} = \left[b * d - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{Mu * b}{0,003825 * f'c}} \right] 0,85 \left(\frac{f'c}{fy} \right)$$

$$As_{min} = \left[\frac{14}{Fy} \right] b * d$$

Utilizando b= 100 cm d: 41,54 cm No. De varilla: 6

$$As_{min} = \left[\frac{14}{2\,810} \right] 100 * 41,54 = 20,69 \text{ cm}^2$$

$$As_{req} = \left[100 * 41,54 - \sqrt{(100 * 41,54)^2 - \frac{12\,590,55 * 100}{0,003825 * 210}} \right] 0,85 \left(\frac{210}{2\,810} \right)$$

$$As_{req} = 12,27 \text{ cm}^2$$

Para el diseño se utiliza al As_{min} , ya que es mayor que el As_{req} .

Cantidad de varillas por utilizar

$$No. \text{ varillas} = \frac{A_s}{\text{Area de varilla}} = \frac{20,85}{2,85} = 7,31 \approx 8 \text{ varillas}$$

Separación entre varillas

$$S = \frac{\text{Distancia}}{\text{No. de varillas}} = \frac{100}{8} = 12,5$$

Para efectos de trabajabilidad, se utilizará una separación de 10 centímetros.

- Refuerzo eje Y

Determinación de d_y efectivo con varilla No. 6

$$d_y = d_x - \phi_{var \text{ No.6}} = 41,54 - 2,85 = 39,64 \text{ cm}$$

Momento último

$$Mu = \frac{wL^2}{2} = \frac{(28 * 1,80) \left(\frac{1,80 - 0,40}{2} \right)^2}{2} = 19,846 \text{ ton} - m = 12 \text{ 590,55 kg} - m$$

Área de acero

Utilizando $b = 100 \text{ cm}$ $d: 41,54 \text{ cm}$ No. De varilla: 6

$$A_{s_{min}} = \left[\frac{14}{2 \text{ 810}} \right] 100 * 39,64 = 19,74 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{req}} = \left[100 * 39,64 - \sqrt{(100 * 38,54)^2 - \frac{12\,590,55 * 100}{0,003825 * 210}} \right] 0,85 \left(\frac{210}{2\,810} \right)$$

$$A_{s_{req}} = 12,27 \text{ cm}^2$$

Para el diseño se utiliza al $A_{s_{min}}$, ya que es mayor que el $A_{s_{res}}$.

Cantidad de varillas por utilizar

$$No. \text{ varillas} = \frac{A_s}{Area \text{ de varilla}} = \frac{19,74}{2,85} = 7,24 \approx 8 \text{ varillas}$$

Separación entre varillas

$$S = \frac{Distancia}{No. \text{ de varillas}} = \frac{100}{8} = 12,5$$

Para efectos de trabajabilidad, se utilizará una separación de 10 centímetros.

2.2.4.5. Diseño de muros

Debido a que el edificio se diseñó con marcos estructurales con nudo rígidos, por lo que los muros no forman parte del sistema estructural y únicamente tendrán la función de cerramiento de los vanos. Pueden ser considerados muros tabiques. Sin embargo, para su construcción llevarán columnas y soleras. Los muros quedarán separados de los marcos estructurales a una distancia de 2,5 cm.

2.2.4.6. Diseño de gradas y rampa

Las gradas y las rampas son estructuras que forman parte de una estructura de varios niveles. Para conectarlos entre sí, estos elementos no aportan resistencia estructural a la estructura. Sin embargo, se diseñan para resistir las cargas de diseño por carga viva y carga muerta. Las rampas son necesarias para el uso de personas con limitaciones físicas al transportarse por cuenta propia o por la ayuda de una tercera persona, estas no deben exceder el 8% de pendiente.

2.2.4.6.1. Diseño de gradas

El diseño de su dimensión, se basan en relaciones entre la huella y la contrahuella.

- Dimensiones

$$H + CH = \text{de } 45 \text{ a } 48 \text{ cm}$$

Donde:

H= huella ($H > CH$)

CH= contrahuella ($CH \leq 20 \text{ cm}$)

Número de contrahuellas:

$$H/CH_{\text{máx}} = 3,5/0,18 = 20 \text{ contrahuellas}$$

Se tomarán 10 escalones antes y después del descanso

Número de huellas:

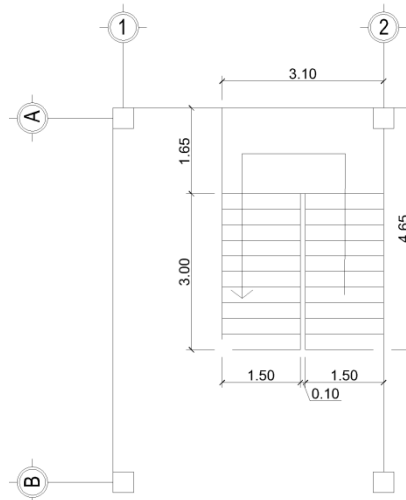
$$\text{No. De huellas} = 10 - 1 = 9 \text{ huellas}$$

Se tomarán 9 huellas antes y después del descanso

- Chequeo de datos

$$\begin{aligned} CH &= 18\text{cm} < 20\text{ cm} \\ H &= 30\text{cm} > CH \\ C+CH &= 18+30 = 48\text{ cm} \end{aligned}$$

Figura 40. **Dimensiones de gradas**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

- Integración de cargas

$$CM = \text{Peso propio} + \text{Peso acabados}$$

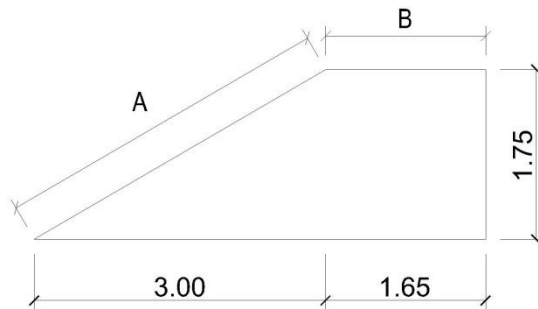
$$\text{Peso propio} = Wc = t + c/2$$

$$CM = \left(0,15 + \frac{0,18}{2}\right) * 2\ 400 + 100 = 676\ \text{kg/m}^2$$

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

$$Cu = 1,3(676) + 1,6(500) = 1\ 678,8 \text{ kg/m}^2$$

Figura 41. **Longitud de diseño**

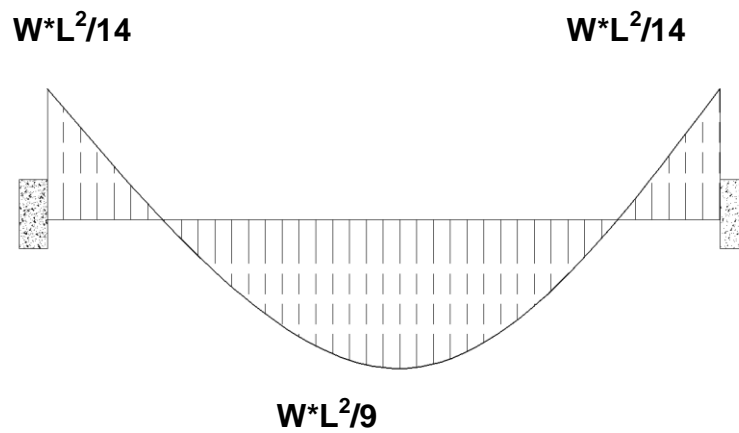


Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

$$L=A+B$$

$$L= 5,12 \text{ m}$$

Figura 42. **Momentos de empotramiento**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

$$M(+)=\frac{1\,678,8 * 5,12^2}{9}=4\,889,86\text{ kg} - m$$

$$M(+)=\frac{1\,678,8 * 5,12^2}{14}=3\,143,48\text{ kg} - m$$

- Acero mínimo y acero requerido

$$A_{S_{min}} = \left[\frac{14,1}{F_y} \right] b * d = \left[\frac{14,1}{2\,810} \right] 100 * 12 = 6,02\text{ cm}^2$$

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

$$M(+)=18,31\text{ cm}^2 \quad \text{No. 5 @ 0,10 m}$$

$$M(-)=11,18\text{ cm}^2 \quad \text{No. 5 @ 0,15 m}$$

- Refuerzo por temperatura

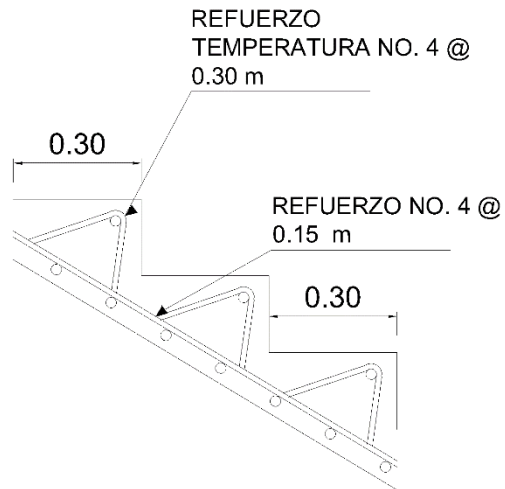
$$\text{Acero por temperatura} = 0,002 * b * t$$

$$\text{Acero por temperatura} = 0,002 * 100 * 15 = 3\text{ cm}^2$$

$$S_{max} = 2 * t = 2 * 0,15 = 0,30\text{ m}$$

Colocar acero por temperatura con varilla No. 4 @ 0,30 m.

Figura 43. Armado de módulo de gradas



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

2.2.4.6.2. Diseño de rampa

- Determinación de sentido de trabajo de la losa

$$m = \frac{a}{b} = \frac{1}{5,12} = 0,19$$

Como $m < 0,50$, la losa de la rampa trabaja en un sentido, aunque la losa hubiera quedado en dos direcciones, siempre se hubiera trabajado en una dirección debido a que se utilizarán solamente apoyos sobre vigas transversales.

- Espesor de la losa

$$t = \frac{L}{20} = \frac{1,00}{20} = 0,05 \text{ m}$$

Debido a que este valor de espesor es muy pequeño y no cumple con el recubrimiento, se utilizará un valor de $t=0,10$ m

- Integración de cargas

$$CM = 0,10 * 2\,400 + 100 = 340 \text{ kg/m}^2$$

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

$$Cu = 1,3(340) + 1,6(500) = 1\,242 \text{ kg/m}^2$$

Los momentos de empotramiento son iguales a los que se mostraron en la figura 29.

$$M(+)=\frac{1\,242 * 1^2}{9} = 138 \text{ kg - m}$$

$$M(+)=\frac{1\,242 * 1^2}{14} = 88,71 \text{ kg - m}$$

- Acero mínimo y acero requerido

$$AS_{min} = \left[\frac{14,1}{Fy} \right] b * d = \left[\frac{14,1}{2\,810} \right] 100 * 7,52 = 3,77 \text{ cm}^2$$

$$AS_{req} = \left[b * d - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{Mu * b}{0,003825 * f'c}} \right] 0,85 \left(\frac{f'c}{fy} \right)$$

$M(+)=0,73\text{ cm}^2 < A_{s_{\min}}$, entonces usar No. 3 @ 0,20 m

$M(-)=0,47\text{ cm}^2 < A_{s_{\min}}$, entonces usar No. 3 @ 0,20 m

- Refuerzo por temperatura

Acero por temperatura= $0,002*b*t$

Acero por temperatura= $0,002*100*7,52= 1,50\text{ cm}^2$

$S_{\max}= 2*t = 2*0,10 = 0,20\text{ m}$

Colocar acero por temperatura con varilla No. 3 @ 0,20 m.

2.2.4.7. Diseño de piscina

El diseño es para una piscina semideportiva, por lo que no existe algún reglamento para sus dimensiones, esta se diseñará con muros de contención y una losa de fondo; debido a que la losa es demasiado grande, 10 x 20 metros, se diseñarán vigas de piso para reducir sus dimensiones.

2.2.4.7.1. Diseño de muros perimetrales

Los muros perimetrales de la piscina se diseñaron con el concepto de viga empotrada en voladizo, dividiendo el muro en franjas unitarias de 1,00 metro, se determina el momento flexionante sobre la franja unitaria y con este valor se diseña el refuerzo.

Datos:

Peso específico: $1\,550\text{ kg/m}^3$

Angulo de fricción interna ϕ : $21,87^\circ$

Capacidad soporte del suelo: $23,23\text{ Ton/m}^2$

- Dimensionamiento de muro

Altura: 2,00 m

Espesor: 0,15 m

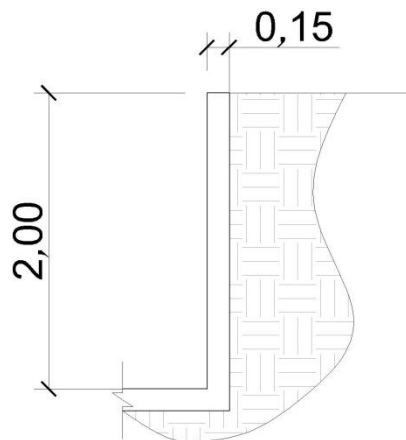
d: espesor – recubrimiento - ϕ

d: $15\text{ cm} - 4\text{ cm} - 1,27 = 9,73\text{ cm}$

$f'c$: 210 kg/cm^2

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

Figura 44. Dimensiones preliminares del muro de contención



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

- Empuje lateral del suelo: Este empuje se da cuando se realiza un corte en el suelo, en esta situación se produce un empuje determinado por el

estado activo y pasivo de Rankine. Se basa en determinar los coeficientes de estado activo y pasivo de Rankine mediante el ángulo de fricción interna del suelo:

$$K_a = \cos\beta * \frac{\cos\beta - \sqrt{\cos\beta^2 - \cos\phi^2}}{\cos\beta + \sqrt{\cos\beta^2 - \cos\phi^2}}$$

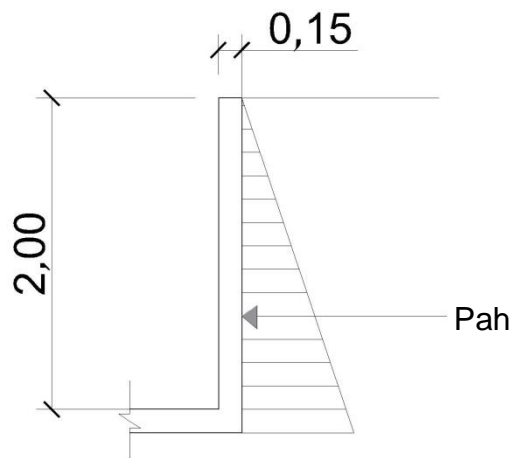
$$K_p = \frac{1}{K_a}$$

Entonces:

$$K_a = \cos\beta * \frac{\cos(0) - \sqrt{\cos(0)^2 - \cos(21,87)^2}}{\cos(0) + \sqrt{\cos(0)^2 - \cos(21,87)^2}} = 0,457192$$

$$K_p = \frac{1}{0,457192} = 2,187261$$

Figura 45. **Cargas aplicadas en la pantalla del muro**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

- Chequeo por corte

$$Pa = \frac{\gamma * H^2}{2} * Ka = \frac{1\,550 * (2)^2}{2} * 0,457192 = 1\,417,30 \text{ kg}$$

$$\phi V_{ult.rostro} = 1,7 * 1\,417,30 = 2\,409,41 \text{ kg}$$

$$\phi V_c = 0,85 * 0,53 * \sqrt{f'c} * b * d$$

$$\phi V_c = 0,85 * 0,53 * \sqrt{210} * 100 * 9,73 = 6\,352,10 \text{ kg}$$

Como la resistencia del concreto es mayor que la fuerza actuante, $\phi V_c > Pa$, las dimensiones de la franja sí cumplen.

- Diseño a flexión

$$M_{u_{rostro}} = 1,7 \left(Pa * \frac{H'}{3} \right)$$

$$M_{u_{rostro}} = 1,7 \left(1\,417,30 * \frac{2}{3} \right) = 1\,606,27 \text{ kg} - m$$

$$A_{s_{min}} = 14,1 * \frac{bd}{f_y} = 14,1 * \frac{100 * 9,73}{2810} = 4,88 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{req}} = \left[100 * 9,73 - \sqrt{(100 * 9,73)^2 - \frac{1\,606,27 * 100}{0,003825 * 210}} \right] 0,85 \left(\frac{210}{2\,810} \right)$$

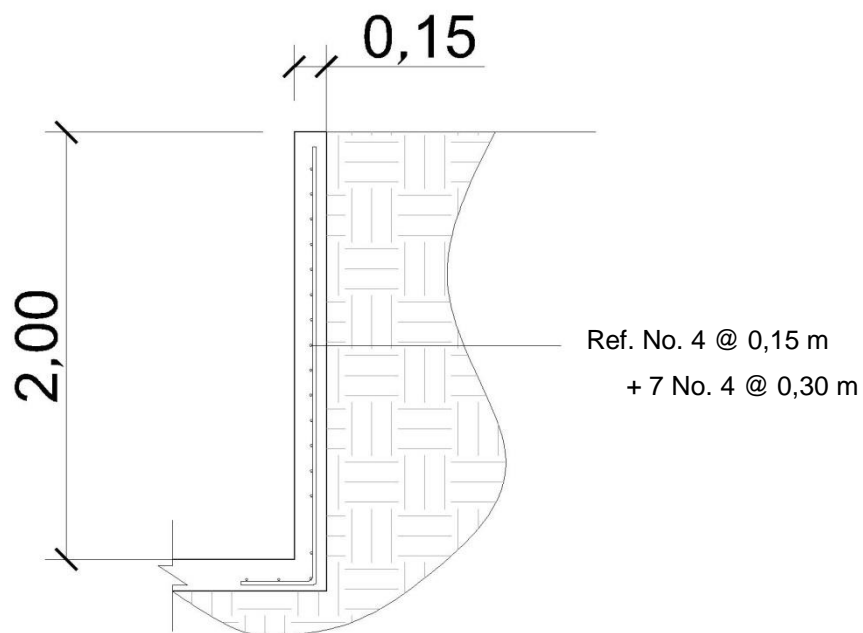
$$A_{s_{req}} = 6,91 \text{ cm}^2$$

Como el acero requerido es menor que el acero mínimo, se utiliza la cuantía de acero mínimo para el refuerzo a flexión.

$$A_{S_{temp}} = 0,002 * 200 * 9,25 = 3,70 \text{ cm}^2$$

El armado general del muro en voladizo se encuentra en la figura 36, donde se toma en cuenta el armado por flexión y por temperatura.

Figura 46. **Armado del muro de contención**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

2.2.4.7.2. **Diseño de losa de fondo**

Para diseñar este elemento se realizan las siguientes suposiciones:

- La losa se comporta como una zapata que carga una columna formada por el peso del agua, por lo que las dimensiones de ambos elementos son iguales.

En una zapata, mientras la columna sea más grande, menor serán los esfuerzos cortantes y flexionantes en la zapata, dado que estos se producen por el efecto de voladizo de la proyección de la zapata.

En este caso los esfuerzos mencionados son nulos, como consecuencia de que la columna formada por agua, tiene las mismas dimensiones que la zapata.

- Los muros que limitan la piscina estarán contruidos monolíticamente con la losa, ya que se consideraron empotrados, consecuentemente, la losa estará sometida a los momentos que los muros produzcan.

Como se determinó que el momento último flexionante en los muros, que se da con la condición más crítica del tanque, ocurre a 0,67 metros de la base de la losa de fondo con una magnitud de 1 606,27 kg-m, se supondrá que esté momento será el mismo al que la losa de fondo está sometida en sus momentos anclados al muro, para mantener en equilibrio los momentos.

La suma de la carga aplicada sobre la zapata y el peso de esta, no deben exceder la capacidad soporte del suelo de 23,23 ton/m².

Espesor de losa:	0,15 m
Peso específico del concreto:	2 400 kg/m ³

Módulo f'c: 210 kg/cm²
 Módulo Fy: 2 810 kg/cm²

Figura 47. Diagrama de losas



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

- Cálculo de carga de diseño o carga última

Losa 1

$$Cu = 1,3((2\ 400 \times 0,15) + 1\ 650) + 1,6 (20) = 2\ 645 \text{ kg/m}^2$$

Las cargas de trabajo son de 1 650 kg/m² para la carga muerta que equivale al área tributaria de la losa de 6.25 m², y el volumen de agua de influencia sobre la misma 1,65 m³; y de 20 kg/m² para la carga viva.

En este caso, como se observa que la carga que se transmite hacia el suelo es menor que la capacidad soporte del suelo, la losa está en condiciones de soportar única carga a la que será sometida. Sin embargo, cabe resaltar que la losa debe estar provista de refuerzo en las dos direcciones, del acero por

temperatura, para satisfacer los requisitos de resistencia a los efectos de contracción.

$$A_{s_{min}} = 0,002 * b * d$$

$$A_{s_{min}} = 0,002 * 100 * 15 = 3 \text{ cm}_2$$

Este acero se cubre con refuerzo No. 3 @ 0,20 metros.

- Chequeo de corte máximo actuante

$$V_{max} = \frac{C u_u * L}{2}$$

Donde:

$C u_u$ = carga última unitaria

L = lado corto de la losa que se está analizando

$$V_{max} = \frac{2\ 645 * 5}{2} = 6\ 613 \text{ kg}$$

- Corte máximo resistente

$$V_{res} = 45 * \sqrt{f_y} * t$$

$$V_{res} = 45 * \sqrt{2\ 810} * 15 = 9\ 782 \text{ kg}$$

La comparación indica que $V_{res} > V_{max}$, por lo que sí resiste el espesor de la losa, de lo contrario se tendría que modificar.

Para el acero requerido para el momento producido por los muros, se tomará el mismo que se determinó para estos últimos, misma cuantía y separación.

2.2.5. Instalaciones eléctricas

Se describe el proceso de diseño para cada tipo de instalación eléctrica tanto para el edificio como para el equipo de la piscina, tales como: iluminación, fuerza y equipo eléctrico para piscinas.

2.2.5.1. Iluminación

La iluminación del gimnasio está distribuida en 6 circuitos para un total de 70 luminarias en el primer y segundo nivel del módulo de aulas, incluyendo el área de la piscina bodega y oficina.

El amperaje está dado por:

$$A = \frac{Watts}{Voltaje}$$

Los circuitos se dividirán en dos líneas L1 y L2 para tener una adecuada distribución de alimentación en el tablero, es decir, que sea balanceada.

La potencia del total de las luminarias se divide entre 120 voltios, que es el tipo de instalación monofásica que posee el servicio eléctrico.

Tabla XXI. **Circuitos de iluminación para primer y segundo nivel**

Circuito	DESCRIPCIÓN	Potencia unitaria Watts	Unidades	Potencia total Watts	Voltaje Voltios	L1 Amperios	L2 Amperios	Conductor	Flip-on
A	Iluminación	40	12	480	120	4		#12	1x20
B	Iluminación	40	12	480	120	4		#12	1x20
C	Iluminación	40	12	480	120	4		#12	1x20
D	Iluminación	40	12	480	120		4	#12	1x20
E	Iluminación	40	12	480	120		4	#12	1x20
F	Iluminación	40	10	400	120		3.33	#12	1x20

Fuente: elaboración propia.

En la tabla XIII se muestra los amperios que necesita cada luminaria en las diferentes líneas. La diferencia en la sumatoria de amperaje de ambas líneas es de 0,67 amperios, por lo que cumple con la regla de no sobrepasar los 10 amperios para que ambas estén balanceadas.

Se utilizará cable calibre 12 para todas las instalaciones de iluminación.

2.2.5.2. Fuerza

Debido a que algunos salones del gimnasio no incluyen mobiliario de gran tamaño, se desconocen los equipos que se puedan conectar al tomacorriente. Por tal razón, en cada uno de estos se asumirá un consumo de 180 *watts*, tomando un margen de seguridad de 10 tomacorrientes por circuito de 20 amperios. De forma separada se realizará una conexión 220 voltios para el cuarto de máquinas de control de la piscina.

Tabla XXII. Circuitos de fuerza para primer y segundo nivel

C.	DESCRIPCIÓN	Potencia unitaria Watts	Unidades	Potencia total Watts	Voltaje Voltios	L1 Amperio	L2 Amperio	Conductor	Flip-on
G	Fuerza	180	10	1 800	120	15		#12	1x20
H	Fuerza	180	10	1 800	120		15	#12	1x20
I	Fuerza	180	10	1 800	120	15		#12	1x20
J	Fuerza	180	6	1 080	120		9	#12	1x20
K	Fuerza	1000	1	1 000	220		4.55	#14	1x40

Fuente: elaboración propia.

La diferencia entre la sumatorias del amperaje en las líneas 1 y 2 es de 1,45 amperios, por lo que cumple con no sobrepasar los 10 amperios para que ambas estén balanceadas.

Se utilizará cable calibre 12 para todas las instalaciones de fuerza y cable calibre 14 para la instalación de la bomba eléctrica para la piscina.

2.2.5.3. Equipo eléctrico piscina

- Equipo de bombeo

Es uno de los elementos más importante de todo el sistema de circulación. Se coloca entre la tubería de succión que está conectada a las rejillas de fondo y a la de impulsión que está conectada a los retornos.

Tabla XXIII. **Cálculo del ciclo de recirculación**

CICLO DE RECIRCULACIÓN			
	de 1 a 10	Coficiente	Resultado
Uso de la piscina (1=poco, 10=mucho)	10	7,60	1,32
Entorno de la piscina (1=limpio, 10=sucio)	3	5,80	0,52
Tipo de piscina (3=mala, 1=buena)	2	6,00	0,33
Instalación hidráulica (1=avanzada, 10=simple)	8	6,70	1,19
Medio filtrante(1=arena silex, 10=diatomeas)	2	8,80	0,23
Calidad del agua (1=baja, 10=alta)	10	3,80	2,63
	Recirculación		6.22

Fuente: elaboración propia.

Volumen de la piscina 330 m³

Bomba: $330/6,22=53,05 = 50 \text{ m}^3/\text{hora}$

Se deberá utilizar una bomba de capacidad de 50m³/hora. Con base en el lugar donde compre la bomba y la marca de la misma, se seleccionará con el diagrama de eficiencia de la bomba.

- Equipo de filtrado

Este equipo es muy importante, ya que tiene la función de eliminar las impurezas del agua que se succiona de la piscina. Esta agua pasa por el filtro y regresa nuevamente a su lugar. Para este caso se necesita un filtro de arena de calidad excelente, por lo que se recomienda usar un filtro de 30 m²/hora/m².

2.2.6. Instalaciones hidráulicas

Este diseño se realizará con el método de Hunter, el cual se describe a continuación:

- Método de Hunter

Es un método que se basa en probabilidades para establecer eficientemente un sistema hidráulico que funcionará en un edificio, en donde se diseña con una cantidad de artefactos para que funcionen el 1 por ciento del tiempo.

El método de Hunter considera que los artefactos sanitarios tienen un uso intermitente, donde supone que cuanto mayor es el número de estos, menor será la proporción del uso simultáneo.

Tabla XXIV. **Unidades de gasto Hunter en artefactos sanitarios**

Pieza	Tipo	Total	Unidades de Gasto	
			Agua Fría	Agua Caliente
Tina	-----	4	3	3
Lavadero de Ropa	-----	8	4,5	5,5
Ducha	-----	4	3	3
Inodoro	Con tanque	5	5	-----
Lavadero	Cocina, hotel, restaurante	4	3	3
Bebedero	Simple	1	1	-----
Lavatorio	Corriente	2	1,5	1,5
Lavatorio	Múltiple	2	1,5	1,5
Botadero	-----	3	2	2
Urinario	Con tanque	3	3	-----
Urinario	Con válvula semiautomática	5	5	-----

Fuente: RODRÍGUEZ SOZA, Luis Carlos. *Guía para las instalaciones sanitarias en edificios.*

- Estimación de la demanda:

El edificio contará con los siguientes artefactos sanitarios:

12 lavamanos * 2 unidades Hunter = 24 U.H.

8 inodoros * 5 unidades Hunter = 40 U.H.

14 duchas * 3 unidades Hunter = 42 U.H.

Total 106 unidades Hunter

La tabla XV muestra los gastos en que se puede incurrir mediante la aplicación del método de Hunter, dados en litros por segundo.

Tabla XXV. **Gastos probables para el método de Hunter**

U.H.	Gasto		U.H.	Gasto	
	Tanque	Válvula		Tanque	Válvula
8	0,20	1,00	50	1,13	1,97
9	0,32	1,03	55	1,19	2,04
10	0,34	1,06	60	1,25	2,11
12	0,38	1,12	65	1,31	2,17
14	0,42	1,27	70	1,36	2,23
16	0,46	1,22	75	1,41	2,29
18	0,50	1,27	80	1,45	2,35
20	0,54	1,33	85	1,50	2,40
22	0,58	1,37	90	1,56	2,45
24	0,61	1,42	95	1,62	2,50
26	0,67	1,45	100	1,67	2,55
28	0,72	1,51	110	1,75	2,60
30	0,75	1,55	120	1,83	2,72
32	0,79	1,59	130	1,91	2,80
34	0,82	1,63	140	1,98	2,85
36	0,85	1,67	150	2,03	2,95
38	0,88	1,70	160	2,14	3,04

Fuente: RODRÍGUEZ SOZA, Luis Carlos. *Guía para las instalaciones sanitarias en edificios.*

De la tabla anterior de gastos probables se obtiene que la demanda máxima probable es de 1,70 lts/seg.

Aplicando el factor de corrección = 1,70 lts/seg * 0,60 = 1,02 lts/seg = $1,02 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{seg}$.

La velocidad promedio de la red municipal de la zona 2, donde se ubica el terreno municipal es de aproximadamente 5 metros sobre segundo.

$$A = \frac{1,02 \times 10^{-3}}{5} = 2,04 \times 10^{-4} \text{ m}^2 = 0,32 \text{ plg}^2$$

Para la red de agua potable se utilizará tubería de ¾" de 160 PSI con área de 0,44 plg².

2.2.7. Instalaciones sanitarias

El diseño de estas instalaciones es un componente fundamental en un edificio. Estas transportarán las aguas servidas provenientes de los artefactos sanitarios así como de las aguas de lluvia que entren en contacto con las áreas de ocupación del edificio.

2.2.7.1. Drenaje sanitario

Se utilizará tuberías para drenaje de P.V.C., debido a las características de trabajabilidad, durabilidad y resistencia. Para el diseño se determinarán los diámetros necesarios para las descargas hacia un sistema recolector. Para el diseño también se definirán las unidades de descarga para estimar la descarga total del edificio.

La Guía para instalaciones sanitarias en edificios de Luis Rodríguez clasifica los inmuebles en las siguientes clases según su uso:

1ra. Clase: de uso privado utilizado en vivienda, cuartos de baño privado, hoteles, de uso para una familia o una persona.

2da. Clase: de uso semipúblico utilizado en oficinas, fábricas etc., donde el uso es solamente por las personas del edificio ocupado.

3ra. Clase: de uso público, donde no existe limitante de número de personas a usarlo.

Tabla XXVI. **Unidades de descarga y diámetro mínimo en derivaciones**

Artefacto	Unidades de descarga			Diámetro mínimo del sifón y derivación		
	Clase			Clase		
	1ra	2da	3ra	1ra	2da	3ra
Inodoro	1	2	2	1 ¼"	1 ¼"	1 ¼"
Lavadero	4	5	6	3"	3"	3"
Ducha	5	6	7	1 ¼"	1 ¼"	1 ¼"

Fuente: RODRÍGUEZ SOZA, Luis Carlos. *Guía para las instalaciones sanitarias en edificios.*

El gimnasio municipal, debido a la cantidad de alumnos de las diversas instituciones públicas y otras personas que atenderá, se clasificó como de tercera clase.

Tabla XXVII. **Diámetro de las derivaciones en el colector**

Derivación en colector		Número máximo de unidades de descarga			
Milímetros	Pulgadas	Derivación horizontal S=0	Pendiente		
			1/100	2/100	3/100
32	1 1/2	1	1	1	1
38	1 1/2	2	2	2	2
50	2	4	5	6	8
63	2 1/2	10	12	15	18
75	3	20	24	27	36
100	4	68	84	96	144
125	5	144	180	234	280
150	6	264	330	440	580
200	6	696	870	1 150	1 680
250	10	1 392	1 740	2 500	3 600
300	12	2 400	3 000	4 200	6 500
350	14	4 800	6 000	8 500	135 000

Fuente: RODRÍGUEZ SOZA, Luis Carlos. *Guía para las instalaciones sanitarias en edificios.*

2.2.7.2. Drenaje pluvial

Este sistema recoge las aguas pluviales provenientes de las precipitaciones que caen sobre los techos, ya sean curvos, láminas y losas; Consiste en un sistema de canaletas y/o tuberías.

El caudal proveniente de las aguas se puede determinar mediante la siguiente fórmula:

$$Q = \frac{CIA}{360}$$

Donde:

Q = caudal en m³/s

C = coeficiente de escorrentía

I = intensidad de lluvia en mm/hora

A = área a drenar en hectáreas.

El valor de C se define de acuerdo con la superficie de escorrentía

- Para superficies impermeables de techo = 0,75 a 0,95
- Para pavimentos de asfalto = 0,85 a 0,90
- Para jardines, parques o praderas = 0,05 a 0,25

La intensidad de lluvia está dada por la correlación entre la duración de tormentas, duración y frecuencia del lugar; está dada por:

$$I = \frac{a}{b + t^n}$$

Donde a y b son constantes propias del resultado correlacional, t es el tiempo de concentración de aguas y n es el parámetro de ajuste.

El Insivumeh, con los datos obtenidos de la estación Suiza Contenta ubicada en San Lucas Sacatepéquez, desarrolló la siguiente fórmula para la intensidad de lluvia en la región:

$$I = \frac{1\ 128}{0,54 + t^{0,73}}$$

$$I = \frac{1\ 128}{0,54 + 8^{0,73}} = 221 \text{ mm/hr}$$

Determinación del caudal

El área a drenar para cada bajada es de 160 metros cuadrados, lo que es equivalente a 0,016 hectáreas

$$Q = \frac{1 * 221 \text{ mm/hr} * 0,016 \text{ hectáreas}}{360} * 1000 = 9,82 \text{ lts/seg}$$

Debido a que la tubería será de PVC, el coeficiente de rugosidad será de $n = 0,01$ y se estimará una pendiente del 2 por ciento, queda:

$$D = \left(\frac{9,82 \times 10^{-3} * 691\,000 * 0,01}{0,02^{1/2}} \right)^{3/8} = 10,12 \text{ cm} = 4''$$

Utilizar tubería PVC de 4".

2.2.8. Presupuesto

El presupuesto incluye los costos de construcción del módulo de aulas, que es de concreto reforzado, de la piscina que se diseñó monolíticamente y del techo curvo.

Tabla XXVIII. Presupuesto del gimnasio municipal

No.	Renglón	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Total Q	Total \$
1	TRAZO, ESTAQUEADO Y NIVELACIÓN	900,00	M2	34,78	Q31 301,37	\$4 091,68
2	ZAPATA TIPO 1	21,00	UNIDAD	5 892,92	Q123 751,29	\$16 176,64
3	ZAPATA TIPO 2	6,00	UNIDAD	5 956,78	Q35 740,68	\$4 671,98
4	ZAPATA TIPO 3	19,00	UNIDAD	1 235,87	Q23 481,53	\$3 069,48
5	CIMIENTO CORRIDO TIPO 1	70,00	ML	786,29	Q55 040,52	\$7 194,84
6	CIMIENTO CORRIDO TIPO 2	130,00	ML	532,56	Q69 232,80	\$9 050,04
7	LEVANTADO DE MURO DESDE CIMIENTO CORRIDO HASTA SOLERA DE HUMEDAD	234,00	M2	248,16	Q58 068,95	\$7 590,71
8	SOLERA DE HUMEDAD	195,00	ML	455,91	Q88 902,50	\$11 621,24
9	COLUMNA TIPO C-1	189,00	ML	1 499,62	Q283 427,61	\$37 049,36
10	COLUMNA TIPO C-2	133,00	ML	1 206,51	Q160 466,41	\$20 976,00
11	COLUMNA TIPO C-3	342,00	ML	416,34	Q142 389,33	\$18 612,98
12	LEVANTADO DE MURO	1 007,00	M2	343,75	Q346 153,70	\$45 248,85
13	SOLERA INTERMEDIA Y FINAL	390,00	ML	543,59	Q212 001,92	\$27 712,67
14	VIGA V-1	112,00	ML	1 300,21	Q145 623,16	\$19 035,71
15	VIGA V-2	40,00	ML	1 199,35	Q47 973,85	\$6 271,09
16	VIGA V-3	190,00	ML	1 219,51	Q231 707,81	\$30 288,60
17	VIGA V-4	30,00	ML	1 458,09	Q43 742,70	\$5 718,00
18	LOSA 1er NIVEL	285,00	M2	1 224,00	Q348 840,98	\$45 600,13
19	LOSA 1er NIVEL	285,00	M2	1 211,45	Q345 262,67	\$45 132,37
20	TECHO DE LÁMINA Y CIELO FALSO	60,00	M2	589,50	Q35 370,30	\$4 623,57
21	TECHO CURVO	640,00	M2	340,00	Q217 600,00	\$28 444,44
22	PISO CERÁMICO	494,00	M2	329,34	Q162 693,62	\$21 267,14
23	PISO DE GRANITO LAVADO	48,00	M2	101,37	Q4 865,76	\$636,05
24	TORTA DE CONCRETO	400,00	M2	89,08	Q35 632,00	\$4 657,78
25	VENTANA TIPO V-1	3,00	UNIDAD	2 812,80	Q8 438,40	\$1 103,06
26	VENTANA TIPO V-2	3,00	UNIDAD	2 162,75	Q6 488,26	\$848,14
27	VENTANA TIPO V-3	18,00	UNIDAD	1 619,63	Q29 153,30	\$3 810,89
28	PUERTA TIPO P-1	6,00	UNIDAD	3 183,75	Q19 102,51	\$2 497,06
29	PUERTA TIPO P-2	3,00	UNIDAD	1 605,45	Q4 816,36	\$629,59
30	PUERTA TIPO P-3	1,00	UNIDAD	10 033,24	Q10 033,24	\$1 311,53

Continuación de tabla XXVIII.

31	INSTALACIÓN ELÉCTRICA acometida	1,00	GLOBAL	9 293,64	Q9 293,64	\$1 214,85
32	INSTALACIÓN ELÉCTRICA acometida	1,00	GLOBAL	10 033,24	Q10 033,24	\$1 311,53
33	INSTALACIÓN FUERZA	1,00	GLOBAL	17 427,70	Q17 427,70	\$2 278,13
34	INSTALACIÓN ILUMINACIÓN	1,00	GLOBAL	82 569,18	Q82 569,18	\$10 793,36
35	INSTALACIÓN SANITARIA E HIDRÁULICA	1,00	GLOBAL	65 142,33	Q65 142,33	\$8 515,34
36	PINTURA DE AGUA	580,00	M2	25,76	Q14 938,89	\$1 952,80
37	PINTURA DE ACEITE	210,00	M2	27,34	Q5 741,86	\$750,57
38	BARANDA METÁLICA	45,00	ML	679,85	Q30 593,03	\$3 999,09
39	MÓDULO DE GRADAS	1,00	UNIDAD	63 304,69	Q63 304,69	\$8 275,12
40	RAMPA	1,00	UNIDAD	8 389,28	Q8 389,28	\$1 096,64
41	LOSA DE PISO	600,00	M2	325,87	Q195 522,00	\$25 558,43
42	MUROS	60,00	ML	489,27	Q29356,20	\$3 837,41
43	VIGAS	120,00	ML	255,91	Q30 709,20	\$4 014,27
44	EQUIPO HIDRÁULICO	1,00	GLOBAL	12 000,00	Q12 000,00	\$1 568,63
45	IMIPERMEABILIZANTE	297,00	M2	48,25	Q14 330,25	\$1 873,24
					Q3 916 655,00	\$511 981,05

Fuente: elaboración propia.

2.2.9. Evaluación socioeconómica

En esta evaluación se determinan los datos del valor presente neto y la tasa interna de retorno.

2.2.10. Valor presente neto (VPN)

Es un dato que representa la viabilidad de un proyecto de inversión a largo plazo. Determina el cumplimiento de una inversión con su objetivo financiero:

maximizar la inversión. Es un valor que puede ser negativo, positivo o nulo, cuyo significado determinará la factibilidad.

Si es positivo significará que el valor tendrá un incremento equivalente al valor del VPN. Si es negativo quiere decir que el valor reducirá la riqueza y si el VPN es igual a cero, la empresa no modificará el valor del monto.

$$VPN < 0; \quad VPN = 0; \quad VPN > 0$$

Cuando el resultado que arroja el VPN es negativo y está muy alejado de cero indica que el proyecto no es rentable. Cuando el VPN es igual que cero indica que la utilidad del proyecto es exactamente igual a la de inversión; mientras que cuando el VPN es mayor que cero indica que la opción es rentable y que podría incrementarse la utilidad.

$$VPN = Ingresos - Egresos$$

$$VPN = 0 - 3\,292\,316,50 = -3\,292\,316,50$$

En este caso el valor de VPN dio negativo, por lo que significaría que el proyecto no es rentable, sin embargo por ser un carácter social, no se toman en cuenta ingresos.

2.2.11. Tasa interna de retorno (TIR)

Es un valor que determina la tasa máxima de utilidad que puede obtenerse en la evaluación de una alternativa.

El proyecto no generará ingresos para la municipalidad por ser un proyecto de beneficio social. No genera ninguna tasa de interés.

2.2.12. Evaluación de impacto ambiental

Una evaluación de impacto ambiental presenta las alteraciones que se pueden sufrir durante la construcción de un proyecto.

2.2.12.1. Evaluación de impacto ambiental del proyecto de gimnasio municipal

Tabla XXIX. Evaluación de impacto ambiental

Alteraciones	Medidas de Mitigación
Ruido de la maquinaria para la excavación.	Realizar los trabajos en horarios cuando la población se afecte menos, principalmente en horas de descanso.
Presencia de polvo y partículas en suspensión.	Mantener húmedas las áreas de trabajo, así como los bancos de suelos.
Modificación del suelo mediante cortes y rellenos realizados.	Manejar adecuadamente los volúmenes de suelo que se extraen y rellenar correctamente.
Interrupción de la circulación de vehículos y de los peatones.	Dejar vías de paso peatonal en la obra, y redistribuir temporalmente las vías en el sector.
Alteración visual de las calles durante las excavaciones.	Colocar conos y mallas naranjas, para delimitar el área de trabajo y de los bancos de suelo.

Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

1. Con la investigación diagnóstica del municipio se determinaron las principales deficiencias en infraestructura del mismo, por lo cual se dio prioridad a los siguientes proyectos: Diseño de un alcantarillado sanitario para el sector central y un gimnasio municipal en el casco urbano, los cuales contribuirán al desarrollo social del municipio.
2. Se diseñó el alcantarillado sanitario para el sector central del casco urbano con una longitud total de 3,2 kilómetros, incluyendo el colector central y sus ramales. Ese sistema separará las aguas pluviales de las residuales permitiendo darle un tratamiento adecuado a estas últimas en una planta de tratamiento y poderlas depositar en un cuerpo receptor.
3. Se diseñó arquitectónica y estructuralmente un gimnasio municipal con un área total de construcción de 1 200 metros cuadrados, el cual promoverá los deportes en la niñez y juventud, esta obra beneficiará directamente a los alumnos de las instituciones públicas e indirectamente la comunidad en general.
4. Se realizaron los planos, presupuesto y cronogramas para el proyecto determinando que el alcantarillado sanitario tendrá un costo estimado de Q. 3 292 316,50 construyéndose durante un período aproximado de 12 meses y el gimnasio municipal un costo de Q. 4 072 655,00 ejecutado en un período de 10 meses.

RECOMENDACIONES

A la Municipalidad de San Lucas Sacatepéquez, Sacatepéquez:

1. Profundizar en la investigación diagnóstica del municipio, ya que existen problemas de pequeña magnitud que no se tratan por restarles importancia. Estos pequeños problemas se pueden magnificar en el futuro y provocar daños perjudiciales en la infraestructura.
2. Para el alcantarillado sanitario del casco urbano es necesario trabajar todos los sectores en conjunto para determinar la magnitud necesaria de la planta de tratamiento que se diseñe y construya.
3. Seguir estrictamente los detalles y especificaciones para la construcción del gimnasio municipal indicadas en los planos, ya que de lo contrario se pueden tener problemas perjudiciales.
4. Dar un uso adecuado a los proyectos y garantizar la supervisión profesional para la ejecución de cada uno de estos.

BIBLIOGRAFÍA

1. American Concrete Institute. *Reglamento para construcciones de concreto*. ACI 318S-08. 518p.
2. Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica. *Normas de seguridad estructural de edificios y obras de infraestructura para la República de Guatemala*. Guatemala: AGIES, 2010. 75 p.
3. CRESPO VILLALAZ, Carlos. *Mecánica de suelos y cimentaciones*. 4a ed. México: Editorial Limusa, 1997. 110 p.
4. GONZÁLEZ MURALLES, Héctor. *Manual técnico de diseño y construcción de piscinas*. Trabajo de graduación de Arquitecto. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Arquitectura, 2012. 146p.
5. Instituto de Fomento Municipal. *Normas generales para el diseño de alcantarillados sanitarios*. Guatemala. 2012.
6. MORA FONSECA, Gustavo. *Manual para el diseño y construcción de piscinas residenciales y semideportivas*. Costa Rica. 2008. 44p.
7. NILSON, Arthur H. *Diseño de estructuras de concreto*. 12 ed. México: McGraw-Hill. 2001. 722p.

APÉNDICES

Apéndice 1. Diseño de alcantarillado sanitario Sector central del casco urbano San Lucas Sacatepéquez.

Apéndice 2. Planificación del Sistema de Alcantarillado Sanitario San Lucas Sacatepéquez.

Apéndice 3. Planificación de Gimnasio municipal para San Lucas Sacatepéquez.

Fuente: elaboración propia.

DE	A	Cotas Terreno		DH (m)	S (%)	No. De casas		Hab. Servir		Clasificación de caudales actual			Clasificación de caudales futuro			Caudal Sanitario		Factor de Harmond		
		Inicio	Final			Locas	Acumulado	Actual	Futuro	Q dom	Q com	Q inf	Q ci	Q dom	Q com	Q inf	Q ci	Actual	Futuro	Actual
1	2	94.96	89.10	102.95	5.11	37	37	222	1037	0.347	0.008	1.129	0.008	0.008	1.129	1.487	2.761	0.0027	4.1312	3.7898
20	2	94.63	89.10	93.72	5.90	32	32	192	897	0.300	0.008	0.976	0.007	0.003	0.976	1.287	2.389	0.0027	4.1544	3.8299
2	3	89.10	82.12	99.50	7.02	40	109	654	3054	1.022	0.007	3.326	0.024	0.007	3.326	4.379	8.129	0.0027	3.9114	3.4358
21	3	86.94	82.12	88.13	5.47	39	39	234	1093	0.366	0.000	1.190	0.007	0.000	1.190	1.563	2.905	0.0027	4.1224	3.7748
3	23	82.12	80.01	98.99	2.13	40	188	1128	5267	1.763	0.007	5.736	0.048	0.007	5.736	7.554	14.021	0.0027	3.7657	3.2240
4	5	91.14	85.10	106.05	5.70	32	32	192	897	0.300	0.008	0.976	0.008	0.008	0.976	1.293	2.394	0.0027	4.1544	3.8299
2	5	89.10	85.10	93.41	4.28	35	35	210	981	0.328	0.000	1.068	0.007	0.000	1.068	1.404	2.608	0.0027	4.1402	3.8054
5	6	85.10	80.21	98.94	4.94	42	109	654	3054	1.022	0.011	3.326	0.024	0.011	3.326	4.383	8.133	0.0027	3.9114	3.4358
3	6	82.12	80.21	98.90	1.93	25	25	150	701	0.234	0.008	0.763	0.008	0.008	0.763	1.086	1.947	0.0028	4.1910	3.8942
16	6	80.33	80.21	88.95	0.13	25	25	150	701	0.234	0.000	0.763	0.007	0.000	0.763	1.004	1.865	0.0027	4.1910	3.8942
6	24	80.21	77.80	97.83	2.46	13	172	1032	4818	1.613	0.100	5.248	0.058	0.100	5.248	7.019	12.934	0.0027	3.7911	3.2599
7	8	87.42	85.54	58.87	3.19	13	13	78	365	0.122	0.093	0.397	0.004	0.093	0.397	0.615	1.063	0.0029	4.2716	4.0407
8	9	85.54	83.65	58.87	3.21	13	26	156	729	0.244	0.093	0.793	0.009	0.093	0.793	1.139	2.034	0.0028	4.1855	3.8843
15	9	84.20	83.65	102.68	0.54	29	29	174	813	0.272	0.000	0.885	0.006	0.000	0.885	1.163	2.161	0.0027	4.1695	3.8562
9	10	83.65	81.57	96.27	2.16	17	85	510	2381	0.797	0.183	2.594	0.025	0.183	2.594	3.598	6.522	0.0027	3.9698	3.5257
10	11	81.57	77.51	95.95	4.23	32	117	702	3278	1.097	0.278	3.570	0.033	0.278	3.570	4.978	9.003	0.0027	3.8938	3.4094
11	12	77.51	77.63	51.44	-0.23	41	158	948	4426	1.481	0.278	4.821	0.056	0.278	4.821	6.696	12.071	0.0027	3.8148	3.2937
16	12	80.33	77.63	95.90	2.82	24	24	144	673	0.225	0.001	0.732	0.008	0.001	0.732	0.966	1.792	0.0027	4.1967	3.9043
12	25	77.63	76.94	31.20	2.21	2	184	1104	5155	1.725	0.279	5.614	0.071	0.279	5.614	7.689	14.019	0.0027	3.7719	3.2327
13	14	87.98	86.09	56.11	3.37	26	26	156	729	0.244	0.000	0.793	0.004	0.000	0.793	1.042	1.937	0.0027	4.1855	3.8843
14	15	86.09	84.20	56.11	3.37	26	52	312	1457	0.488	0.001	1.587	0.009	0.001	1.587	2.084	3.873	0.0027	4.0711	3.6887
5	15	85.10	84.20	94.02	0.96	10	10	60	281	0.094	0.001	0.305	0.006	0.001	0.305	0.405	0.750	0.0027	4.2980	4.0904
15	16	84.20	80.33	103.08	3.75	30	92	552	2578	0.863	0.105	2.807	0.025	0.105	2.807	3.800	6.965	0.0027	3.9517	3.4975
10	16	81.57	80.33	94.10	1.32	25	25	150	701	0.234	0.000	0.763	0.008	0.000	0.763	1.005	1.866	0.0027	4.1910	3.8942
16	25	80.33	76.94	92.02	3.68	30	147	882	4118	1.378	0.106	4.485	0.050	0.106	4.485	6.019	11.075	0.0027	3.8945	3.3220
17	18	102.77	100.00	82.07	3.38	27	27	162	757	0.253	0.008	0.824	0.007	0.008	0.824	1.087	2.016	0.0027	4.1800	3.8747
18	19	100.00	98.16	66.32	2.77	18	45	270	1261	0.422	0.008	1.373	0.012	0.008	1.373	1.810	3.358	0.0027	4.0976	3.7328
19	20	98.16	94.63	52.04	6.78	18	63	378	1765	0.591	0.004	1.922	0.016	0.004	1.922	2.533	4.700	0.0027	4.0337	3.6274
20.1	20	99.68	94.63	95.74	5.27	42	42	252	1177	0.394	0.008	1.282	0.008	0.008	1.282	1.686	3.131	0.0027	4.1097	3.7533
20	21	94.63	86.94	100.42	7.66	35	140	840	3922	1.313	0.007	4.272	0.048	0.007	4.272	5.639	10.455	0.0027	3.8475	3.3410
21.1	21	94.38	86.94	71.45	10.41	23	23	138	645	0.216	0.001	0.702	0.004	0.001	0.702	0.922	1.714	0.0027	4.2026	3.9148
21	22	86.94	81.68	92.10	5.71	28	191	1146	5951	1.791	0.008	5.828	0.067	0.008	5.828	7.693	14.264	0.0027	3.7611	3.2176
22.1	22	83.16	81.68	53.80	2.75	10	10	60	281	0.094	0.000	0.305	0.008	0.000	0.305	0.402	0.747	0.0027	4.2980	4.0904
22.2	22	81.13	81.68	44.72	-1.23	12	12	72	337	0.113	0.001	0.366	0.008	0.001	0.366	0.482	0.896	0.0027	4.2800	4.0564
22	23	81.68	80.01	83.26	2.01	30	243	1458	6807	2.278	0.014	7.415	0.089	0.014	7.415	9.796	18.154	0.0027	3.6884	3.1183
23	24	80.01	77.80	104.34	2.12	13	444	2664	12438	4.163	0.017	13.548	0.160	0.017	13.548	17.887	33.159	0.0027	3.4857	2.8600
24	25	77.80	76.94	87.40	0.98	7	623	3738	17452	5.841	0.032	19.009	0.300	0.032	19.009	25.182	46.611	0.0027	3.3595	2.7120
25	26	76.94	74.18	72.96	3.78	1	955	5730	26752	8.953	0.000	0.462	0.000	0.000	0.462	29.140	38.554	0.0027	3.1896	2.5263
26	27	74.18	73.12	67.40	1.57	1	956	5736	26780	8.963	0.032	29.170	0.484	0.032	29.170	38.649	71.530	0.0027	3.1892	2.5259

DE	A	Qd (l/s)		Diametro plg	S (%)	Sección Llena		Actual		FUTURO		V (m/s)		d/D		Cota invert		Prof Pozo		Ancho zanja m	Excavación m3
		PV	Actual			Vel (m/s)	Q (l/s)	q/Q	v/V	q/Q	v/V	Act.	Fut.	act	fut	Inicio	Final	Inicio	Final		
1	2	2.442	10.46264	8	5.11	3.1008	100.5413	0.024285	0.428476	0.104063	0.634871	1.328	1.97	0.111	0.211	92.71	87.45	1.65	1.70	0.55	94.93
20	2	2.124	9.1486	8	5.90	3.3318	108.0466	0.019660	0.401157	0.084673	0.596526	1.337	1.99	0.100	0.190	93.38	87.85	1.70	1.70	0.55	87.65
2	3	6.808	27.92803	8	7.01	3.6315	117.7670	0.057813	0.553851	0.237146	0.803842	2.011	2.92	0.276	0.478	87.40	80.43	1.70	1.75	0.55	94.48
21	3	2.564	10.96516	8	5.45	3.2020	103.8396	0.024689	0.430901	0.105597	0.636643	1.38	2.04	0.112	0.212	85.69	80.88	1.75	1.75	0.55	84.90
3	23	11.31	45.20502	10	2.08	2.2954	116.3116	0.097220	0.643684	0.388654	0.920678	1.478	2.11	0.216	0.417	80.37	78.31	1.75	1.80	0.62	109.14
4	5	2.129	9.169223	8	5.67	3.2646	105.8680	0.020109	0.403692	0.086610	0.600274	1.318	1.96	0.101	0.192	89.49	83.48	1.65	1.65	0.55	96.36
2	5	2.312	9.925236	8	4.28	2.8383	92.0445	0.025114	0.433316	0.107831	0.640173	1.23	1.82	0.113	0.214	87.85	83.85	1.70	1.65	0.55	86.08
5	6	6.812	27.94176	8	4.90	3.0362	98.4607	0.069183	0.583240	0.283786	0.845485	1.771	2.57	0.183	0.352	83.45	78.60	1.65	1.65	0.55	89.81
3	6	1.746	7.582242	8	1.93	1.9061	61.8135	0.028248	0.447612	0.122663	0.666064	0.853	1.27	0.119	0.229	80.87	78.96	1.75	1.65	0.55	92.55
16	6	1.673	7.26364	8	0.49	0.9601	31.1360	0.053724	0.539682	0.233288	0.797040	0.61	0.77	0.161	0.425	79.08	78.64	1.70	1.65	0.55	81.91
6	24	10.5	42.16421	10	2.10	2.3064	116.8695	0.089872	0.631312	0.360780	0.904389	1.456	2.09	0.209	0.402	78.57	76.52	1.65	1.90	0.62	107.77
7	8	0.97	4.295711	6	3.14	2.0063	36.5982	0.026516	0.440505	0.117375	0.655830	0.884	1.32	0.116	0.223	85.77	83.92	1.65	1.65	0.55	53.48
8	9	1.822	7.902292	8	3.10	2.4150	78.3151	0.023267	0.423599	0.100904	0.629526	1.023	1.52	0.109	0.208	83.89	82.06	1.65	1.70	0.55	54.20
15	9	1.929	8.3345	6	0.55	0.8397	15.3171	0.125918	0.699064	0.544131	1.006710	0.62	0.85	0.249	0.508	82.95	81.98	1.70	1.70	0.55	96.03
9	10	5.546	22.99387	8	2.08	1.9781	64.1500	0.086447	0.622332	0.358439	0.901057	1.231	1.78	0.204	0.399	81.95	79.95	1.70	1.65	0.55	88.60
10	11	7.508	30.69601	8	4.17	2.8009	90.8307	0.082656	0.615060	0.337948	0.887474	1.723	2.49	0.200	0.387	79.92	75.92	1.65	1.80	0.55	91.04
11	12	9.863	39.7568	12	0.51	1.2835	93.6540	0.105312	0.662670	0.424507	0.946469	0.851	1.21	0.227	0.442	75.68	75.41	1.80	2.25	0.67	69.73
16	12	1.609	6.99704	8	2.82	2.3014	74.6341	0.021562	0.413727	0.093751	0.615060	0.952	1.42	0.105	0.200	79.08	76.38	1.70	2.25	0.55	104.01
12	25	11.32	45.31896	12	1.00	1.7973	131.1419	0.086352	0.624138	0.345572	0.893183	1.122	1.61	0.205	0.392	75.38	75.07	2.25	2.50	0.67	49.60
13	14	1.735	7.52348	8	3.31	2.4954	80.9242	0.021437	0.411234	0.092969	0.613230	1.026	1.53	0.104	0.199	86.33	84.47	1.65	1.65	0.55	50.98
14	15	3.376	14.28534	8	3.32	2.4992	81.0464	0.041658	0.503961	0.176261	0.738050	1.259	1.84	0.144	0.174	84.44	82.58	1.65	1.65	0.55	50.98
5	15	0.689	3.069505	6	0.98	1.1209	20.4460	0.033683	0.475274	0.150128	0.707056	0.61	0.79	0.131	0.254	83.85	82.53	1.65	1.70	0.55	86.74
15	16	5.894	24.36131	8	3.72	2.6454	85.7899	0.068699	0.583240	0.283965	0.844231	1.543	2.23	0.183	0.351	82.50	78.66	1.70	1.70	0.55	96.44
10	16	1.673	7.265244	8	1.32	1.5745	51.0600	0.032768	0.468470	0.142288	0.694220	0.738	1.09	0.128	0.246	80.32	79.08	1.65	1.70	0.55	86.64
16	25	9.096	36.79175	10	3.68	3.0549	154.7926	0.058761	0.557845	0.237684	0.805193	1.704	0.32	0.170	0.321	78.63	75.24	1.70	2.50	0.62	119.76
17	18	1.80	7.81	8	3.34	2.5067	81.2901	0.022190	0.416210	0.096115	0.618706	1.043	1.55	0.106	0.202	101.12	98.38	1.65	1.65	0.55	74.65
18	19	2.95	12.54	8	2.72	2.2621	73.3583	0.040167	0.497452	0.170896	0.739498	1.125	1.66	0.141	0.271	98.35	96.54	1.65	1.65	0.55	60.23
19	20	4.06	17.05	8	6.70	3.5508	115.1336	0.035265	0.477526	0.148076	0.702273	1.695	2.49	0.132	0.251	96.51	93.03	1.65	1.70	0.55	47.93
20.1	20	2.76	11.75	8	5.22	3.1337	101.6249	0.027114	0.440505	0.115654	0.652382	1.38	2.04	0.116	0.221	98.03	93.03	1.65	1.70	0.55	88.31
20	21	8.62	34.93	12	7.66	4.9736	362.9062	0.023739	0.423599	0.096246	0.600552	2.107	2.99	0.109	0.208	92.93	85.24	1.70	1.75	0.67	116.09
21.1	21	1.54	6.71	6	10.41	3.6536	66.6469	0.023130	0.421146	0.100706	0.627735	1.539	2.29	0.108	0.207	92.73	85.29	1.65	1.75	0.55	66.90
21	22	11.49	45.89	12	5.00	4.0189	293.2421	0.039180	0.493076	0.156507	0.716910	1.982	2.88	0.191	0.259	85.19	80.58	1.75	2.75	0.67	138.90
22.1	22	0.69	3.06	6	2.75	1.8779	34.2558	0.020024	0.403692	0.089248	0.600274	0.758	1.13	0.101	0.192	81.51	80.03	1.65	2.75	0.55	65.13
22.2	22	0.82	3.63	6	1.00	1.1322	20.6536	0.039668	0.495268	0.175973	0.738050	0.59	0.84	0.140	0.274	79.48	79.03	1.65	2.75	0.55	54.14
22	23	14.34	56.61	12	0.70	1.5037	109.7212	0.130714	0.703871	0.515937	0.992258	1.058	1.49	0.252	0.491	78.93	78.35	2.75	1.80	0.67	127.00
23	24	24.76	94.84	12	2.12	2.6157	190.8588	0.129708	0.702273	0.496890	0.984311	1.837	2.57	0.251	0.482	78.21	76.00	1.80	1.90	0.67	129.58
24	25	33.54	126.41	15	1.21	2.2941	261.5596	0.128232	0.700670	0.483296	0.977987	1.607	2.24	0.250	0.475	75.90	74.84	1.90	2.50	0.75	144.33
25	26	48.78	180.38	15	2.20	3.0934	352.6788	0.138314	0.714949	0.511470	0.972467	2.212	3.01	0.249	0.444	74.44	72.83	2.50	1.45	0.75	107.94
26	27	48.86	180.68	15	1.57	2.6155	298.1886	0.163863	0.751507	0.605919	1.034184	1.966	2.70	0.249	0.467	72.73	71.67	1.45	1.50	0.75	74.31

- ESPECIFICACIONES:**
- NOMBRE DEL PROYECTO: DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL SECTOR CENTRAL DE CASCO URBANO.
 - UBICACIÓN: CASCO URBANO SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ, SACATEPÉQUEZ.
 - NORMA DE DISEÑO: NORMAS GENERALES PARA EL DISEÑO DE ALCANTARILLADOS SANITARIOS DEL INSTITUTO DE FOMENTO MUNICIPAL - INFOM.
 - LA TUBERÍA A UTILIZAR ES DE PVC CORRUGADA DE ACUERDO A LA NORMA ASTM F-949.
 - LAS VELOCIDADES MÍNIMA Y MÁXIMA PARA EL DISEÑO SON DE 0.60 Y 3.00 m/s, RESPECTIVAMENTE.
 - LA PROFUNDIDAD MÍNIMA PARA LA TUBERÍA ES DE 1.20 m.
 - LA PROFUNDIDAD MÁXIMA DE LOS POZOS DE VISITA ES DE 3 m.
 - LOS POZOS DE VISITA SERÁN CONSTRUÍDOS CON TUBOS DE CONCRETO DE 48" CON LARGOS ÚTILES DE 1 m DE ACUERDO CON LA NORMA ASTM C-12; EL FONDO Y LA TAPADERA SERÁN FUNDIDAS CON CONCRETO REFORZADO DE 4000 PSI Y EL BROCAL CON BLOCK DE 35 kg/cm² COMO SE ESPECIFICA EN LOS PLANOS.

EJE PRINCIPAL



NOTA:

- EL DISEÑO HIDRÁULICO ES HASTA ESTE PUNTO, PV-27, YA QUE EN ESTE PUNTO SE UNIFICAN LOS ALCANTARILLADOS DE OTROS SECTORES.
- PARA EL DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO TOMAR EN CUENTA LOS CAUDALES QUE PROVIENEN DE:
 -SECTOR NORTE DEL CASCO URBANO
 -SECTOR OESTE DEL CASCO URBANO
 -ZONA 2 DE SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ.
 Y DISEÑAR LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN HACIA LA PLANTA DE TRATAMIENTO A PARTIR DE ESTE PUNTO.

TERRENO MENCIONAL PARA LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES



NO.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD
1	ALCANTARILLADO	M	1000.00
2	POZOS DE VISITA	Nº	10.00
3	POZOS DE VISITA DE FONDO	Nº	10.00
4	POZOS DE VISITA DE FONDO	Nº	10.00
5	POZOS DE VISITA DE FONDO	Nº	10.00
6	POZOS DE VISITA DE FONDO	Nº	10.00
7	POZOS DE VISITA DE FONDO	Nº	10.00
8	POZOS DE VISITA DE FONDO	Nº	10.00
9	POZOS DE VISITA DE FONDO	Nº	10.00
10	POZOS DE VISITA DE FONDO	Nº	10.00
11	POZOS DE VISITA DE FONDO	Nº	10.00
12	POZOS DE VISITA DE FONDO	Nº	10.00
13	POZOS DE VISITA DE FONDO	Nº	10.00
14	POZOS DE VISITA DE FONDO	Nº	10.00
15	POZOS DE VISITA DE FONDO	Nº	10.00
16	POZOS DE VISITA DE FONDO	Nº	10.00
17	POZOS DE VISITA DE FONDO	Nº	10.00
18	POZOS DE VISITA DE FONDO	Nº	10.00
19	POZOS DE VISITA DE FONDO	Nº	10.00
20	POZOS DE VISITA DE FONDO	Nº	10.00
21	POZOS DE VISITA DE FONDO	Nº	10.00
22	POZOS DE VISITA DE FONDO	Nº	10.00
23	POZOS DE VISITA DE FONDO	Nº	10.00
24	POZOS DE VISITA DE FONDO	Nº	10.00
25	POZOS DE VISITA DE FONDO	Nº	10.00
26	POZOS DE VISITA DE FONDO	Nº	10.00
27	POZOS DE VISITA DE FONDO	Nº	10.00
28	POZOS DE VISITA DE FONDO	Nº	10.00
29	POZOS DE VISITA DE FONDO	Nº	10.00
30	POZOS DE VISITA DE FONDO	Nº	10.00

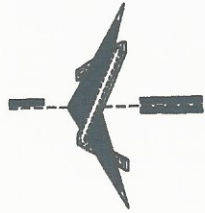
DE EST.	A EST.	LIBRETA TOPOGRÁFICA	DT (m)
E-01	E-02	N 10° 10' 30" E	10.00
E-02	E-03	N 80° 30' 14" E	10.00
E-03	E-04	S 80° 30' 14" E	10.00
E-04	E-05	S 10° 10' 30" E	10.00
E-05	E-06	S 10° 10' 30" E	10.00
E-06	E-07	S 10° 10' 30" E	10.00
E-07	E-08	S 10° 10' 30" E	10.00
E-08	E-09	S 10° 10' 30" E	10.00
E-09	E-10	S 10° 10' 30" E	10.00
E-10	E-11	S 10° 10' 30" E	10.00
E-11	E-12	S 10° 10' 30" E	10.00
E-12	E-13	S 10° 10' 30" E	10.00
E-13	E-14	S 10° 10' 30" E	10.00
E-14	E-15	S 10° 10' 30" E	10.00
E-15	E-16	S 10° 10' 30" E	10.00
E-16	E-17	S 10° 10' 30" E	10.00
E-17	E-18	S 10° 10' 30" E	10.00
E-18	E-19	S 10° 10' 30" E	10.00
E-19	E-20	S 10° 10' 30" E	10.00
E-20	E-21	S 10° 10' 30" E	10.00
E-21	E-22	S 10° 10' 30" E	10.00
E-22	E-23	S 10° 10' 30" E	10.00
E-23	E-24	S 10° 10' 30" E	10.00
E-24	E-25	S 10° 10' 30" E	10.00
E-25	E-26	S 10° 10' 30" E	10.00
E-26	E-27	S 10° 10' 30" E	10.00
E-27	E-28	S 10° 10' 30" E	10.00
E-28	E-29	S 10° 10' 30" E	10.00
E-29	E-30	S 10° 10' 30" E	10.00

DE EST.	A EST.	ABRIGOS	DOTA	DT (m)	DT. ADMISIÓN
PV-27	PV-28	100.00	100.00	100.00	100.00
E-1	E-2	100.00	100.00	100.00	100.00
E-2	E-3	100.00	100.00	100.00	100.00
E-3	E-4	100.00	100.00	100.00	100.00
E-4	E-5	100.00	100.00	100.00	100.00
E-5	E-6	100.00	100.00	100.00	100.00
E-6	E-7	100.00	100.00	100.00	100.00
E-7	E-8	100.00	100.00	100.00	100.00
E-8	E-9	100.00	100.00	100.00	100.00
E-9	E-10	100.00	100.00	100.00	100.00
E-10	E-11	100.00	100.00	100.00	100.00
E-11	E-12	100.00	100.00	100.00	100.00
E-12	E-13	100.00	100.00	100.00	100.00
E-13	E-14	100.00	100.00	100.00	100.00
E-14	E-15	100.00	100.00	100.00	100.00
E-15	E-16	100.00	100.00	100.00	100.00
E-16	E-17	100.00	100.00	100.00	100.00
E-17	E-18	100.00	100.00	100.00	100.00
E-18	E-19	100.00	100.00	100.00	100.00
E-19	E-20	100.00	100.00	100.00	100.00
E-20	E-21	100.00	100.00	100.00	100.00
E-21	E-22	100.00	100.00	100.00	100.00
E-22	E-23	100.00	100.00	100.00	100.00
E-23	E-24	100.00	100.00	100.00	100.00
E-24	E-25	100.00	100.00	100.00	100.00
E-25	E-26	100.00	100.00	100.00	100.00
E-26	E-27	100.00	100.00	100.00	100.00
E-27	E-28	100.00	100.00	100.00	100.00
E-28	E-29	100.00	100.00	100.00	100.00
E-29	E-30	100.00	100.00	100.00	100.00

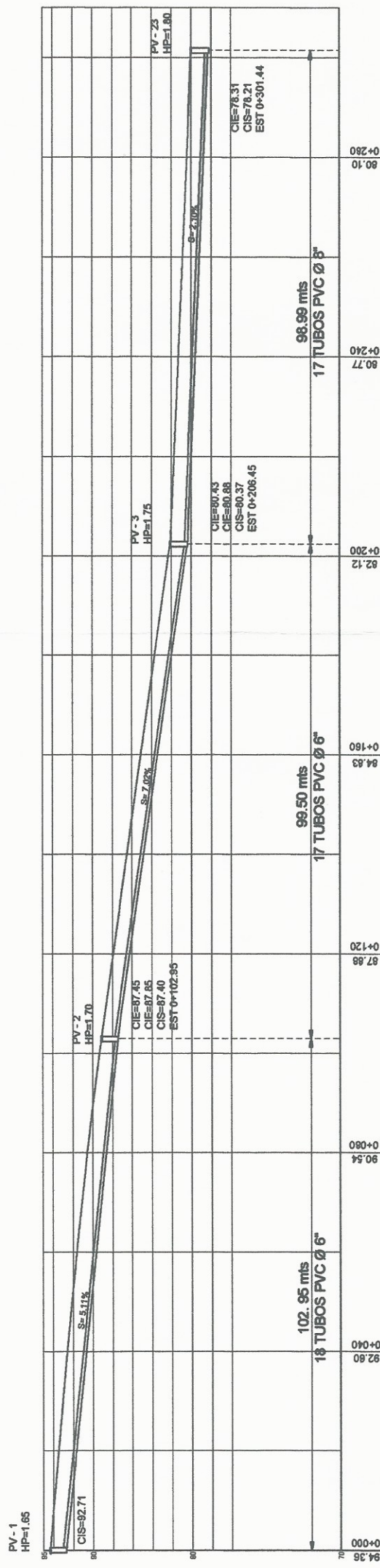
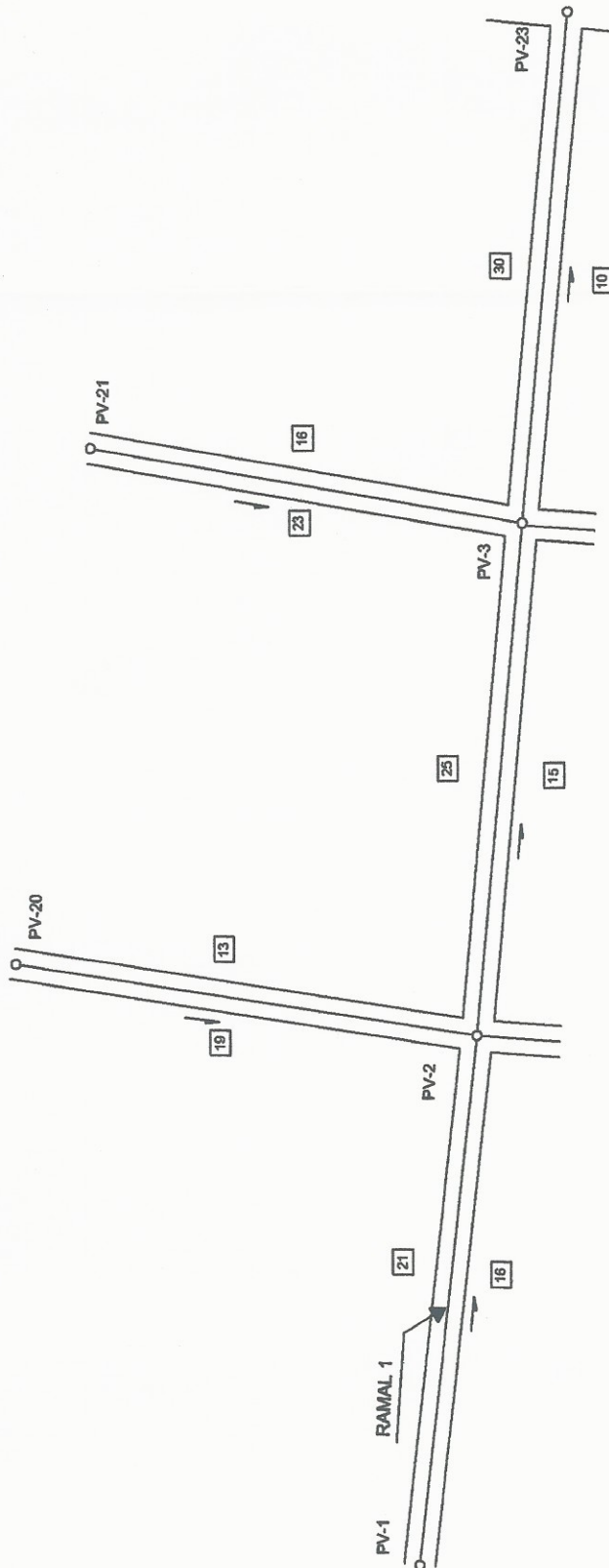
DE PV	A PV	ABRIGOS	DOTA	DT (m)	DT. ADMISIÓN
PV-1	PV-2	100.00	100.00	100.00	100.00
PV-2	PV-3	100.00	100.00	100.00	100.00
PV-3	PV-4	100.00	100.00	100.00	100.00
PV-4	PV-5	100.00	100.00	100.00	100.00
PV-5	PV-6	100.00	100.00	100.00	100.00
PV-6	PV-7	100.00	100.00	100.00	100.00
PV-7	PV-8	100.00	100.00	100.00	100.00
PV-8	PV-9	100.00	100.00	100.00	100.00
PV-9	PV-10	100.00	100.00	100.00	100.00
PV-10	PV-11	100.00	100.00	100.00	100.00
PV-11	PV-12	100.00	100.00	100.00	100.00
PV-12	PV-13	100.00	100.00	100.00	100.00
PV-13	PV-14	100.00	100.00	100.00	100.00
PV-14	PV-15	100.00	100.00	100.00	100.00
PV-15	PV-16	100.00	100.00	100.00	100.00
PV-16	PV-17	100.00	100.00	100.00	100.00
PV-17	PV-18	100.00	100.00	100.00	100.00
PV-18	PV-19	100.00	100.00	100.00	100.00
PV-19	PV-20	100.00	100.00	100.00	100.00
PV-20	PV-21	100.00	100.00	100.00	100.00
PV-21	PV-22	100.00	100.00	100.00	100.00
PV-22	PV-23	100.00	100.00	100.00	100.00
PV-23	PV-24	100.00	100.00	100.00	100.00
PV-24	PV-25	100.00	100.00	100.00	100.00
PV-25	PV-26	100.00	100.00	100.00	100.00
PV-26	PV-27	100.00	100.00	100.00	100.00

DE PV	A PV	ABRIGOS	DOTA	DT (m)	DT. ADMISIÓN
PV-1	PV-2	100.00	100.00	100.00	100.00
PV-2	PV-3	100.00	100.00	100.00	100.00
PV-3	PV-4	100.00	100.00	100.00	100.00
PV-4	PV-5	100.00	100.00	100.00	100.00
PV-5	PV-6	100.00	100.00	100.00	100.00
PV-6	PV-7	100.00	100.00	100.00	100.00
PV-7	PV-8	100.00	100.00	100.00	100.00
PV-8	PV-9	100.00	100.00	100.00	100.00
PV-9	PV-10	100.00	100.00	100.00	100.00
PV-10	PV-11	100.00	100.00	100.00	100.00
PV-11	PV-12	100.00	100.00	100.00	100.00
PV-12	PV-13	100.00	100.00	100.00	100.00
PV-13	PV-14	100.00	100.00	100.00	100.00
PV-14	PV-15	100.00	100.00	100.00	100.00
PV-15	PV-16	100.00	100.00	100.00	100.00
PV-16	PV-17	100.00	100.00	100.00	100.00
PV-17	PV-18	100.00	100.00	100.00	100.00
PV-18	PV-19	100.00	100.00	100.00	100.00
PV-19	PV-20	100.00	100.00	100.00	100.00
PV-20	PV-21	100.00	100.00	100.00	100.00
PV-21	PV-22	100.00	100.00	100.00	100.00
PV-22	PV-23	100.00	100.00	100.00	100.00
PV-23	PV-24	100.00	100.00	100.00	100.00
PV-24	PV-25	100.00	100.00	100.00	100.00
PV-25	PV-26	100.00	100.00	100.00	100.00
PV-26	PV-27	100.00	100.00	100.00	100.00

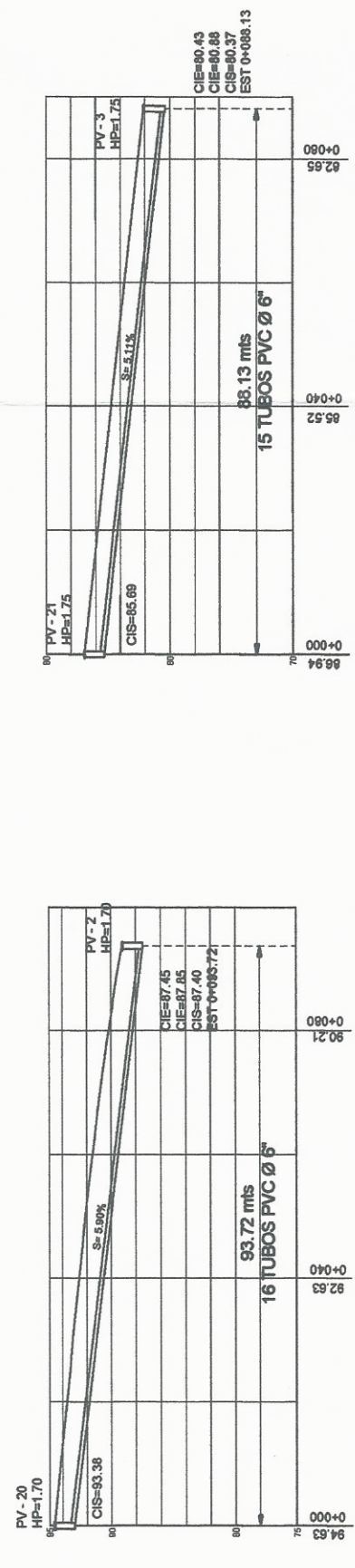
DE PV	A PV	ABRIGOS	DOTA	DT (m)	DT. ADMISIÓN
PV-1	PV-2	100.00	100.00	100.00	100.00
PV-2	PV-3	100.00	100.00	100.00	100.00
PV-3	PV-4	100.00	100.00	100.00	100.00
PV-4	PV-5	100.00	100.00	100.00	100.00
PV-5	PV-6	100.00	100.00	100.00	100.00
PV-6	PV-7	100.00	100.00	100.00	100.00
PV-7	PV-8	100.00	100.00	100.00	100.00
PV-8	PV-9	100.00	100.00	100.00	100.00
PV-9	PV-10	100.00	100.00	100.00	100.00
PV-10	PV-11	100.00	100.00	100.00	100.00
PV-11	PV-12	100.00	100.00	100.00	100.00
PV-12	PV-13	100.00	100.00	100.00	100.00
PV-13	PV-14	100.00	100.00	100.00	100.00
PV-14	PV-15	100.00	100.00	100.00	100.00
PV-15	PV-16	100.00	100.00	100.00	100.00
PV-16	PV-17	100.00	100.00	100.00	100.00
PV-17	PV-18	100.00	100.00	100.00	100.00
PV-18	PV-19	100.00	100.00	100.00	100.00
PV-19	PV-20	100.00	100.00	100.00	100.00
PV-20	PV-21	100.00	100.00	100.00	100.00
PV-21	PV-22	100.00	100.00	100.00	100.00
PV-22	PV-23	100.00	100.00	100.00	100.00
PV-23	PV-24	100.00	100.00	100.00	100.00
PV-24	PV-25	100.00	100.00	100.00	100.00



RAMAL 1						
DE PV	A PV	AZIMUT	COTA	FINAL	DH (m)	DIST. ACUMULADA
			INICIO	FINAL		
PV-1	PV-2	198° 14' 51"	94.36	89.10	102.95 m	0 + 102.95
PV-20	PV-2	188° 48' 34"	94.63	89.10	93.72 m	0 + 196.67
PV-2	PV-3	195° 07' 51"	89.10	82.12	99.50 m	0 + 296.17
PV-21	PV-3	189° 41' 47"	86.94	82.12	88.13 m	0 + 384.30
PV-3	PV-23	195° 07' 51"	82.12	80.01	98.99 m	0 + 483.29



DE PV-1 A PV-23



DE PV-20 A PV-2

DE PV-21 A PV-3

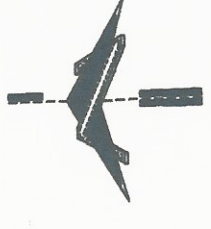
PLANTA PERFIL, RAMAL 1, DE PV-1 A PV-23

CASCO URBANO, ZONA 1
SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ, SACATEPÉQUEZ

ESCALA: V: 1:500
H: 1:1000

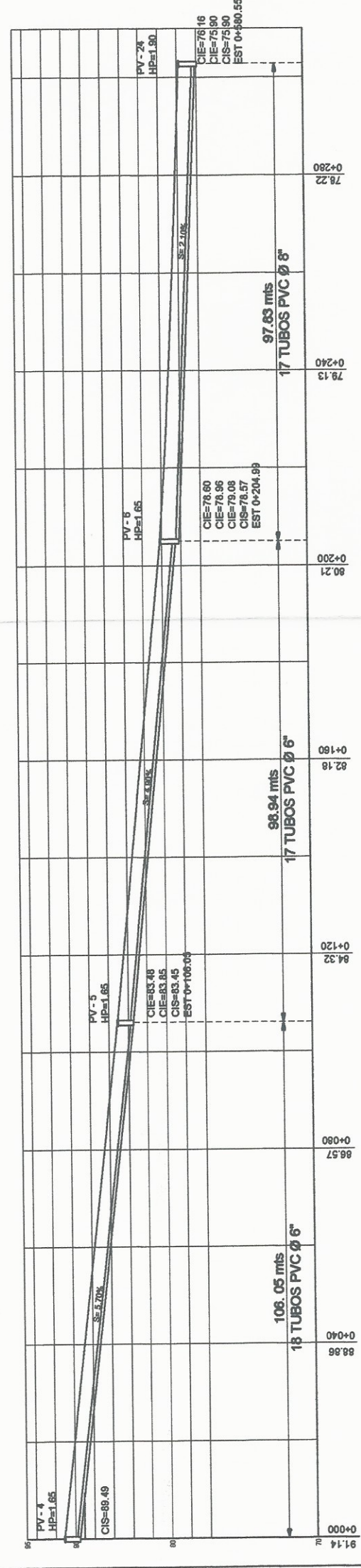
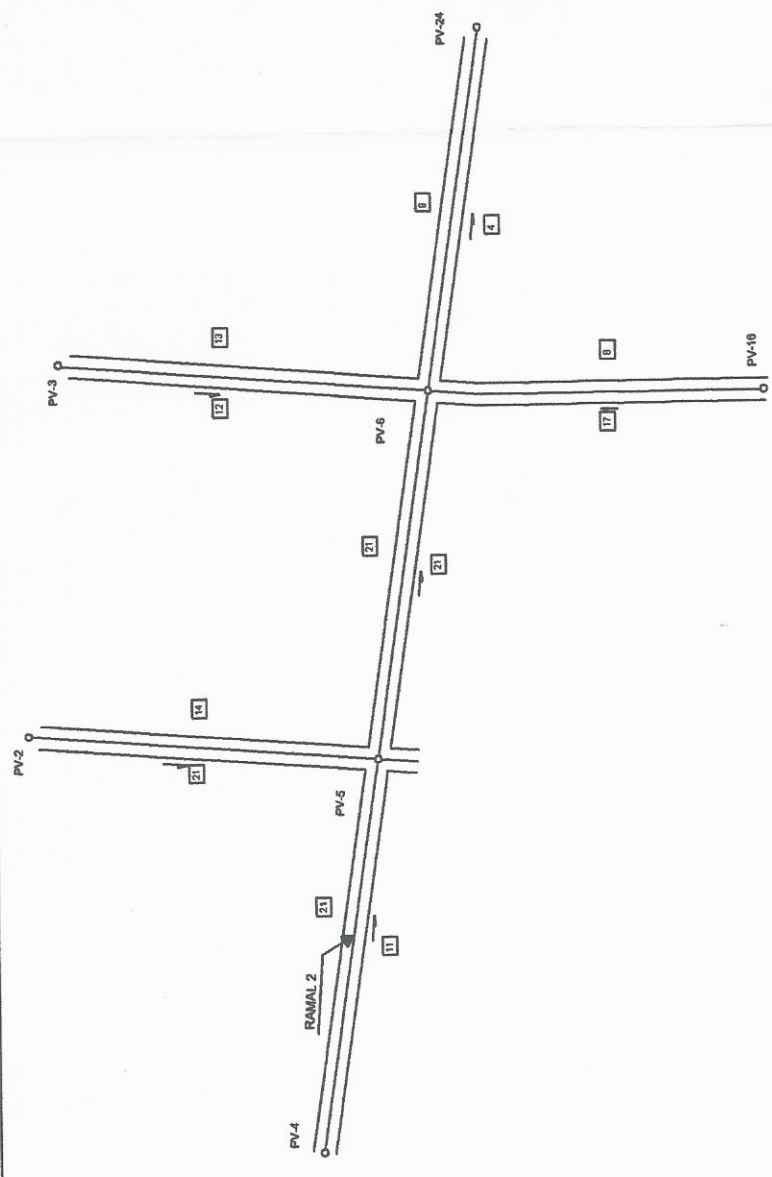
		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA
PROYECTO: DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL SECTOR CENTRAL DEL CASCO URBANO, SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ, SACATEPÉQUEZ	ESCUELA: INGENIERÍA	INDICADA: SEPTIEMBRE DE 2016
UBICACIÓN: ZONA 1, SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ, SACATEPÉQUEZ	FECHA: SEPTIEMBRE DE 2016	DISEÑO: EDIE VASQUEZ
CONTENIDO: PLANTA PERFIL, RAMAL 1, DE PV-1 A PV-23	ELABORADO: EDIE VASQUEZ	HOJA: 2 / 8
		ALCALDE MUNICIPAL SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ

Universidad de San Carlos de Guatemala
 Ing. Luis Gregorio Aljaro Véliz
 ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 Facultad de Ingeniería

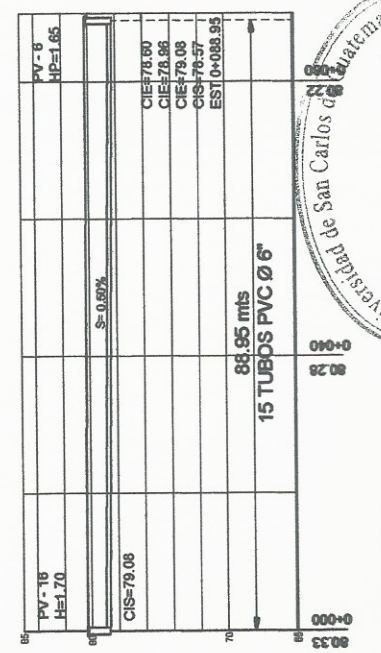


RAMAL 2

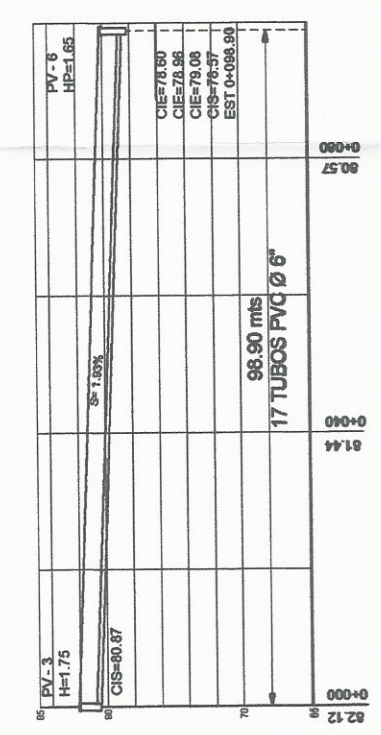
DE PV	A PV	AZIMUT	COTA		DI (m)	DIST. ACUMULADA
			INICIO	FNAL		
PV-4	PV-5	198° 19' 32"	91.14	65.10	106.05 m	0 + 569.34
PV-2	PV-5	284° 01' 53"	89.10	85.10	93.41 m	0 + 662.75
PV-5	PV-6	198° 19' 32"	85.10	80.21	98.94 m	0 + 761.69
PV-3	PV-6	284° 19' 39"	82.12	80.21	98.90 m	0 + 860.59
PV-16	PV-6	195° 07' 51"	80.33	80.21	88.95 m	0 + 949.54
PV-6	PV-24	99° 15' 23"	80.21	77.80	97.83 m	1 + 047.37



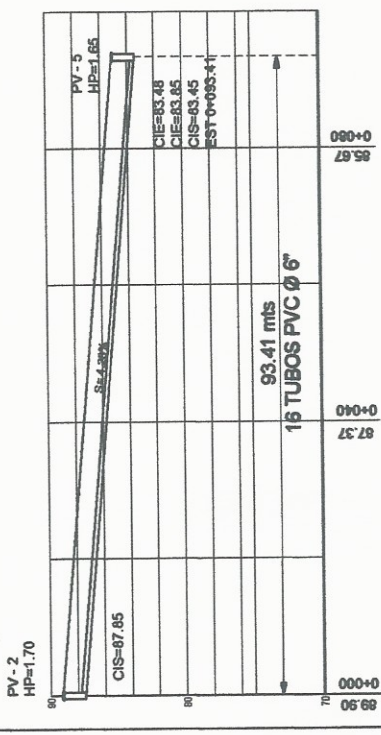
DE PV-4 A PV-24



DE PV-2 A PV-5



DE PV-3 A PV-6



DE PV-16 A PV-6

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA

PROYECTO: DISEÑO DE ALcantarillado sanitario PARA EL SECTOR CENTRAL DEL CASCO URBANO, SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ, SACATEPÉQUEZ

UBICACIÓN: ZONA 1, SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ, SACATEPÉQUEZ

INDICADA: HOJA 3 / 8

FECHA: SEPTIEMBRE DE 2016

ELABORADO: EDDIE VASQUEZ

REVISADO: EDDIE VASQUEZ

CONTRIBUCIÓN: PLANTA PERFIL, RAMAL 2, DE PV-4 A PV-24

ALCALDE MUNICIPAL
SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ

Universidad de San Carlos de Guatemala
Ing. Luis Gregorio Alfaro Véliz
ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
Facultad de Ingeniería

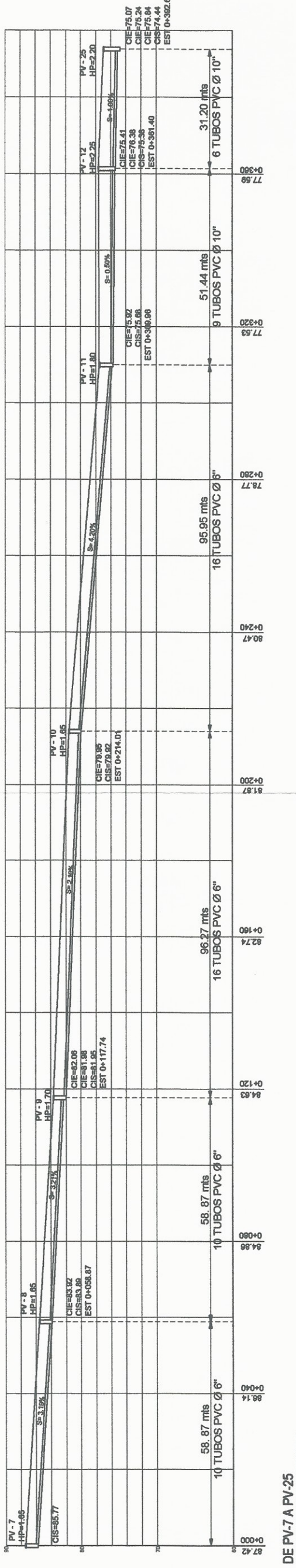
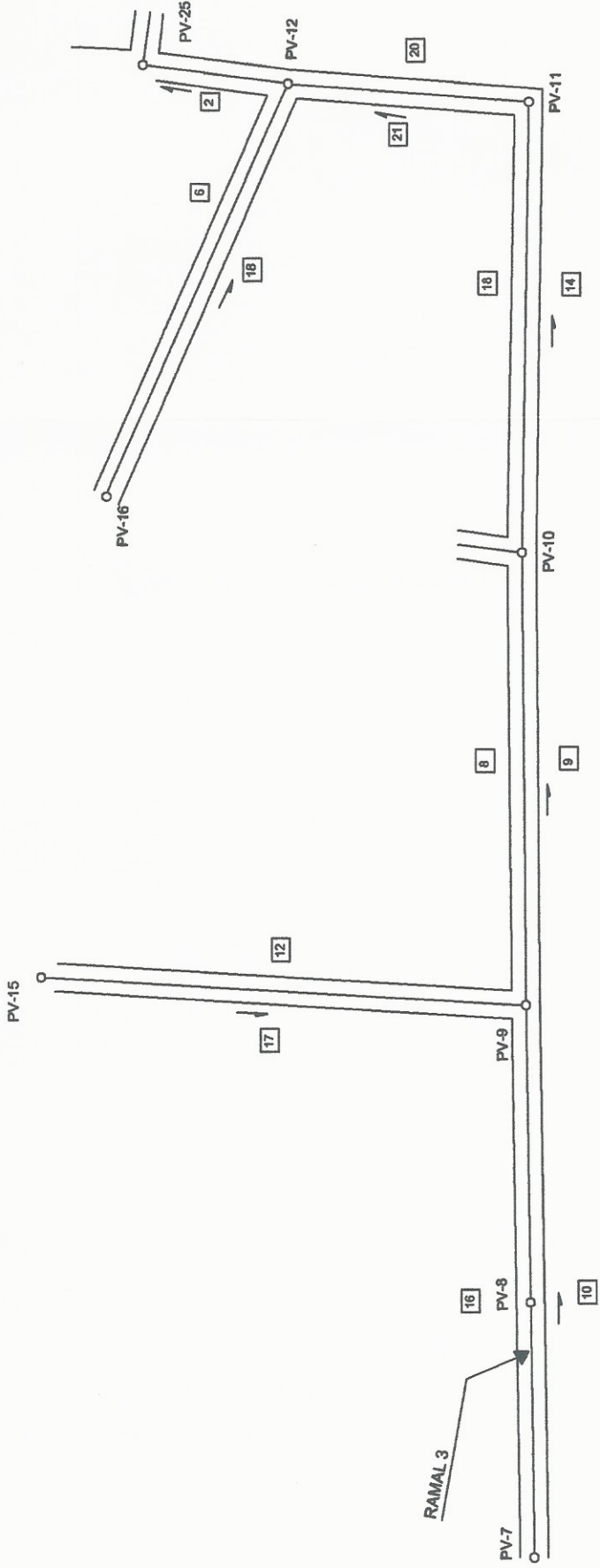
PLANTA PERFIL, RAMAL 2, DE PV-4 A PV-24
CASCO URBANO, ZONA 1
SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ, SACATEPÉQUEZ

ESCALA: V: 1:500
H: 1:1000

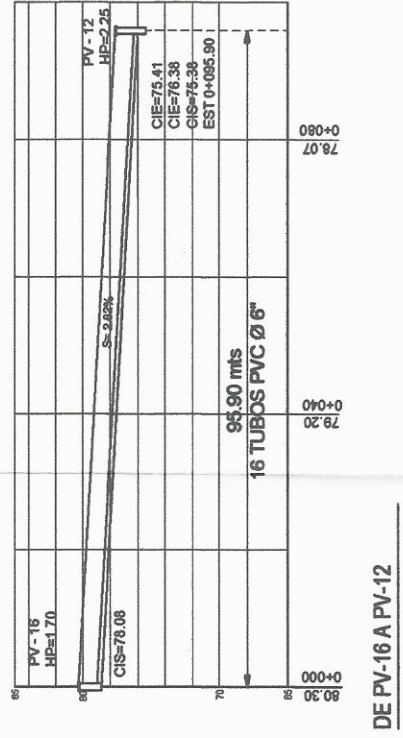


RAMAL 3

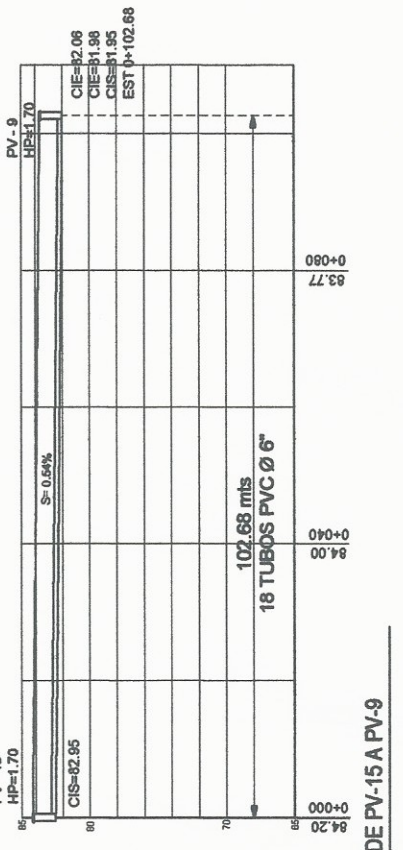
DE PV	A PV	AZIMUT	COTA		DH (m)	DIST. ACUMULADA
			INICIO	FINAL		
PV-7	PV-8	189° 14' 59"	87.42	85.54	58.87 m	1 + 126.24
PV-8	PV-9	189° 14' 59"	85.54	83.65	58.87 m	1 + 185.11
PV-15	PV-9	283° 24' 17"	84.20	83.65	102.68 m	1 + 287.79
PV-9	PV-10	189° 33' 38"	83.65	81.57	96.27 m	1 + 384.06
PV-10	PV-11	190° 52' 54"	81.57	77.51	95.95 m	1 + 480.01
PV-11	PV-12	104° 14' 49"	77.51	77.63	51.44 m	1 + 531.45
PV-16	PV-12	213° 46' 04"	80.33	77.63	95.90 m	1 + 627.35
PV-12	PV-25	104° 14' 49"	77.63	76.94	31.20 m	1 + 658.55



DE PV-7 A PV-25



DE PV-16 A PV-12



DE PV-15 A PV-9

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA

PROYECTO: DISEÑO DE ALcantarillado sanitario PARA EL SECTOR CENTRAL DEL CASCO URBANO, SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ, SACATEPÉQUEZ

UBICACIÓN: ZONA 1, SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ, SACATEPÉQUEZ

FECHA: SEPTIEMBRE DE 2018

DISEÑADOR: EDOR VÁSQUEZ

DIBUJANTE: EDOR VÁSQUEZ

HOJA: 4 / 8

CONTENIDO: PLANTA PERFIL, RAMAL 3, DE PV-7 A PV-25

ESCALA: V: 1:500
H: 1:1000

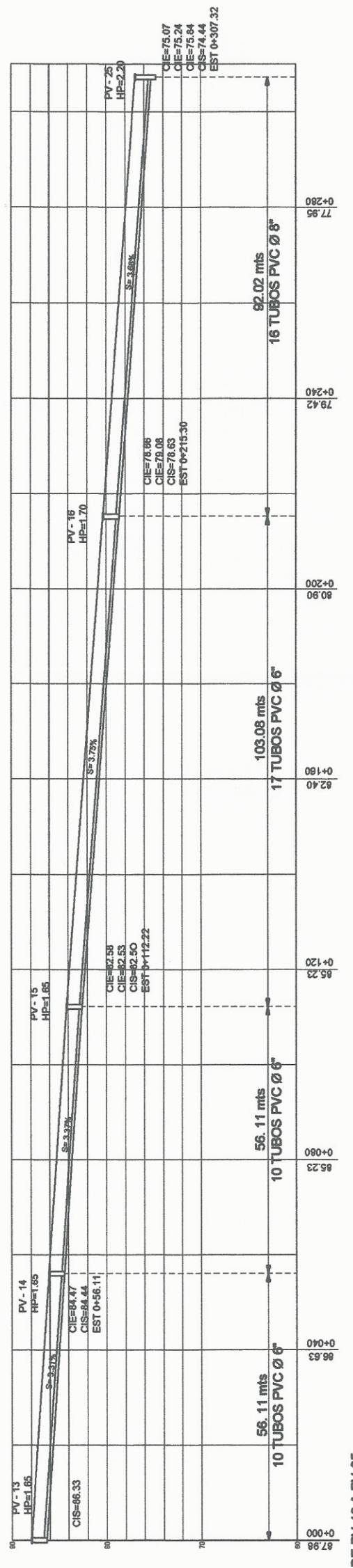
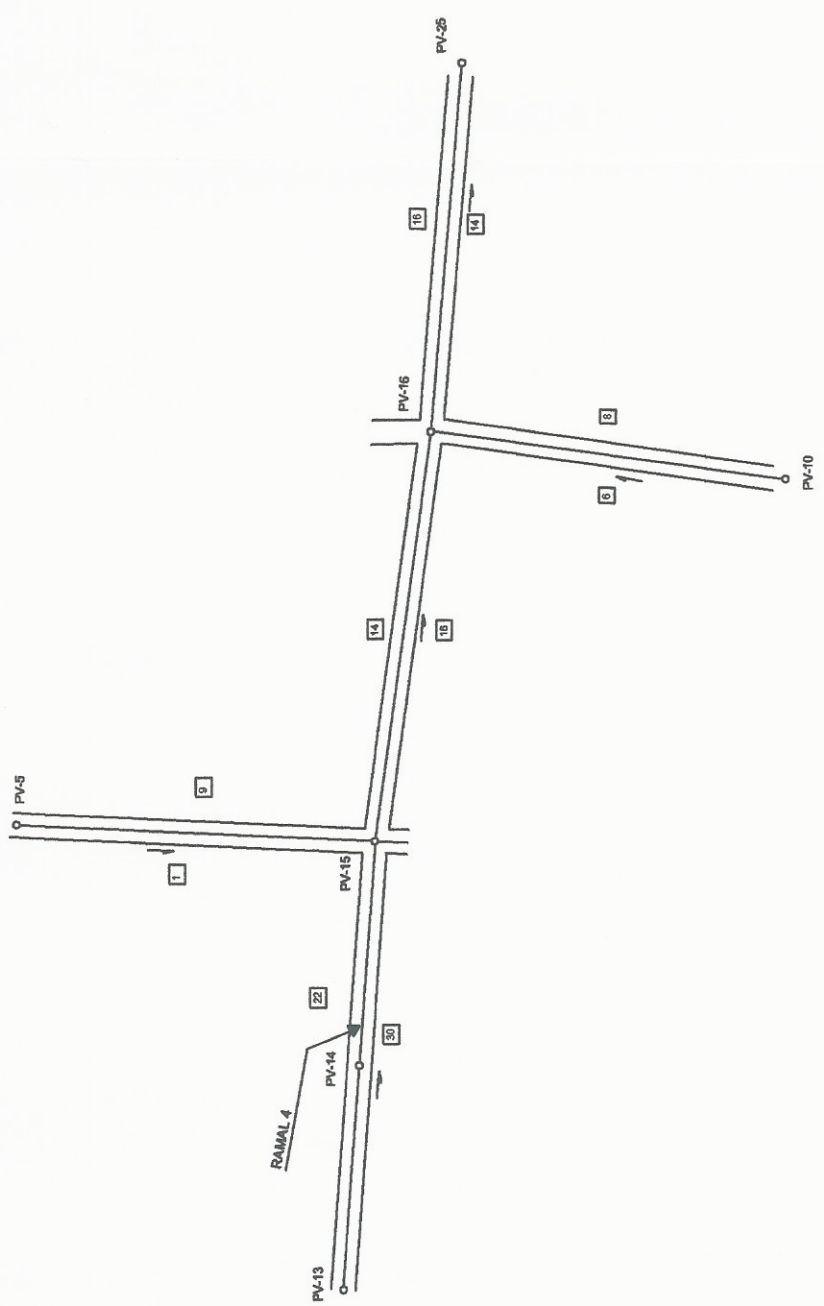
ALCALDE MUNICIPAL
SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ

PLANTA PERFIL, RAMAL 3, DE PV-7 A PV-25
CASCO URBANO, ZONA 1
SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ, SACATEPÉQUEZ

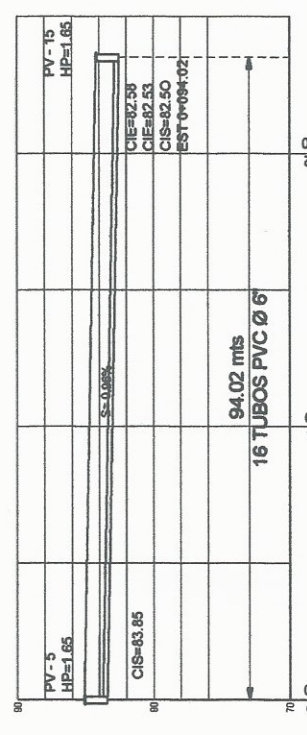


RAMAL 3

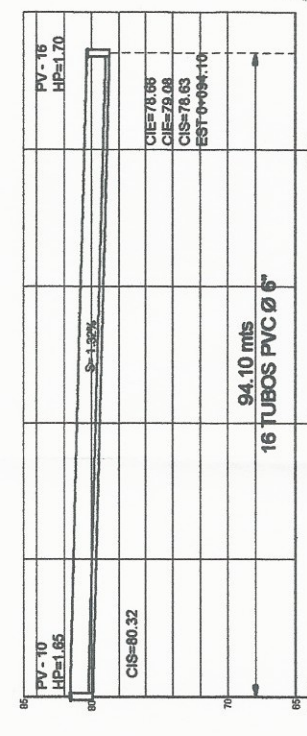
DE PV	A PV	AZMUT	COTA		DH (m)	DST. ACUMULADA
			INICIO	FINAL		
PV-7	PV-8	189° 14' 59"	87.42	85.54	58.87 m	1 + 126.24
PV-8	PV-9	189° 14' 59"	85.54	83.65	58.87 m	1 + 185.11
PV-15	PV-9	263° 24' 17"	84.20	83.65	102.68 m	1 + 287.79
PV-9	PV-10	189° 33' 30"	83.65	81.57	96.27 m	1 + 384.06
PV-10	PV-11	190° 52' 54"	81.57	77.51	95.95 m	1 + 480.01
PV-11	PV-12	104° 14' 49"	77.51	77.63	51.44 m	1 + 531.45
PV-16	PV-12	213° 46' 04"	80.33	77.63	95.90 m	1 + 627.35
PV-12	PV-25	104° 14' 49"	77.63	76.94	31.20 m	1 + 658.55



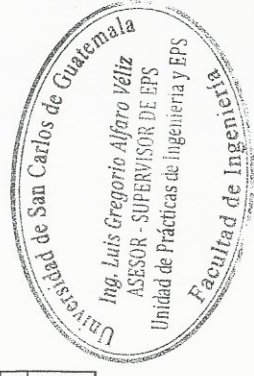
DE PV-13 A PV-25



DE PV-5 A PV-15



DE PV-10 A PV-16



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA	
PROYECTO:	DISEÑO DE ALcantarillado sanitario para el sector central del casco urbano, SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ, SACATEPÉQUEZ
UBICACION:	ZONA 1, SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ, SACATEPÉQUEZ
ESCALA:	INDICADA
FECHA:	SEPTIEMBRE DE 2016
DESIGNO CALOJO	
EDDIE VASQUEZ	
EDDIE VASQUEZ	
HOJA	5 / 8

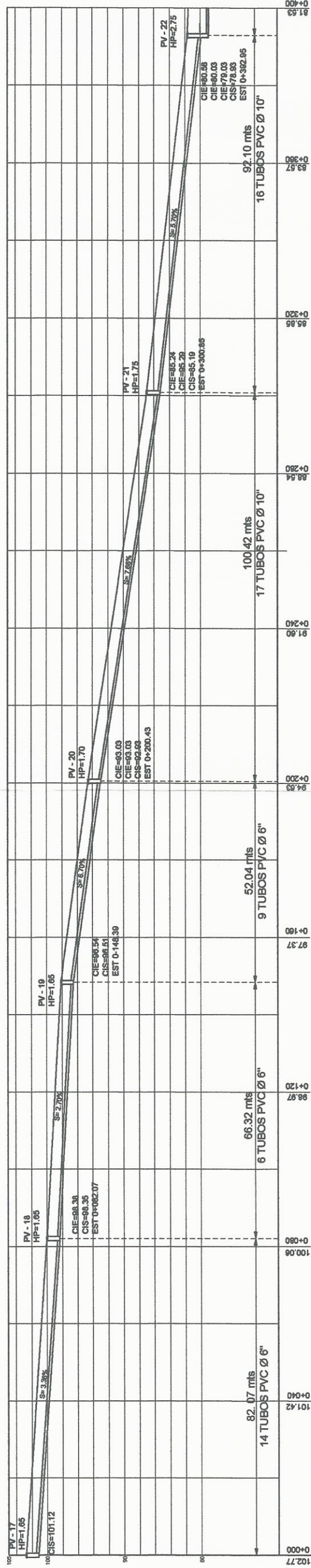
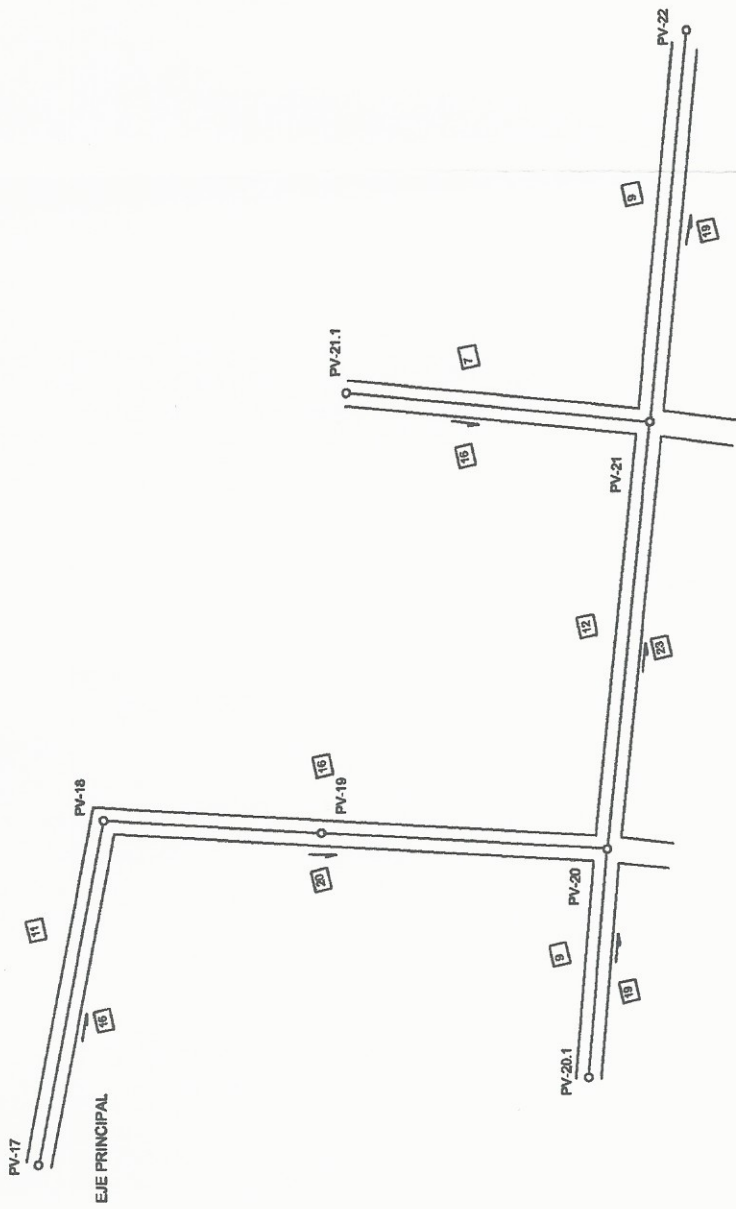
PLANTA PERFIL, RAMAL 3 Y 4, DE PV-7 A PV-25

CASCO URBANO, ZONA 1
SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ, SACATEPÉQUEZ

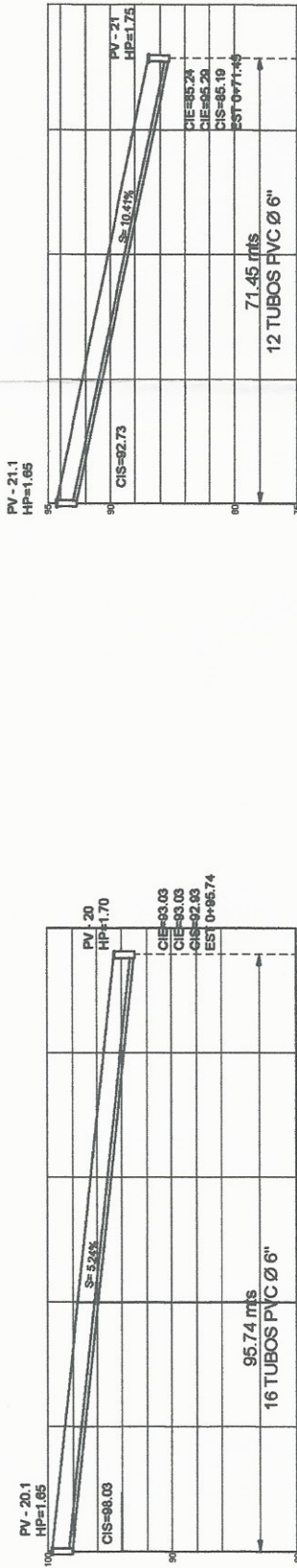
ESCALA: V: 1:500
H: 1:1000



DE PV	A PV	AZIMUT	COTA		DH (m)	DIST. ACUMULADA
			INICIO	FINAL		
PV-17	PV-18	203° 24' 05"	102.77	100.00	82.07 m	2 + 236.06
PV-18	PV-19	285° 46' 01"	100.00	98.16	66.32 m	2 + 302.38
PV-19	PV-20	285° 46' 01"	98.16	94.63	52.04 m	2 + 354.42
PV-20	PV-21	202° 12' 22"	94.63	99.68	95.74 m	2 + 450.16
PV-21	PV-22	198° 22' 49"	94.63	86.94	100.42 m	2 + 550.58
PV-21.1	PV-21	287° 59' 15"	94.38	86.94	71.45 m	2 + 622.03
PV-21	PV-22	197° 59' 15"	86.94	81.65	92.10 m	2 + 714.13



DE PV-17 A PV-22



DE PV-20.1 A PV-20

DE PV-21.1 A PV-21

PLANTA PERFIL, EJE PRINCIPAL I, DE PV-17 A PV-22

CASCO URBANO, ZONA 1
SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ, SACATEPÉQUEZ

ESCALA: V: 1:500
H: 1:1000

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA

PROYECTO: DISEÑO DE ALcantarillado sanitario PARA EL SECTOR CENTRAL DEL CASCO URBANO, SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ, SACATEPÉQUEZ

UBICACION: ZONA 1, SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ, SACATEPÉQUEZ

ESCALA: INDICADA

FECHA: DISEÑO Y CALCULO

PLANTA PERFIL, RAMAL PRINCIPAL I, DE PV-17 A PV-22

DEBILLO: EDDIE VÁSQUEZ

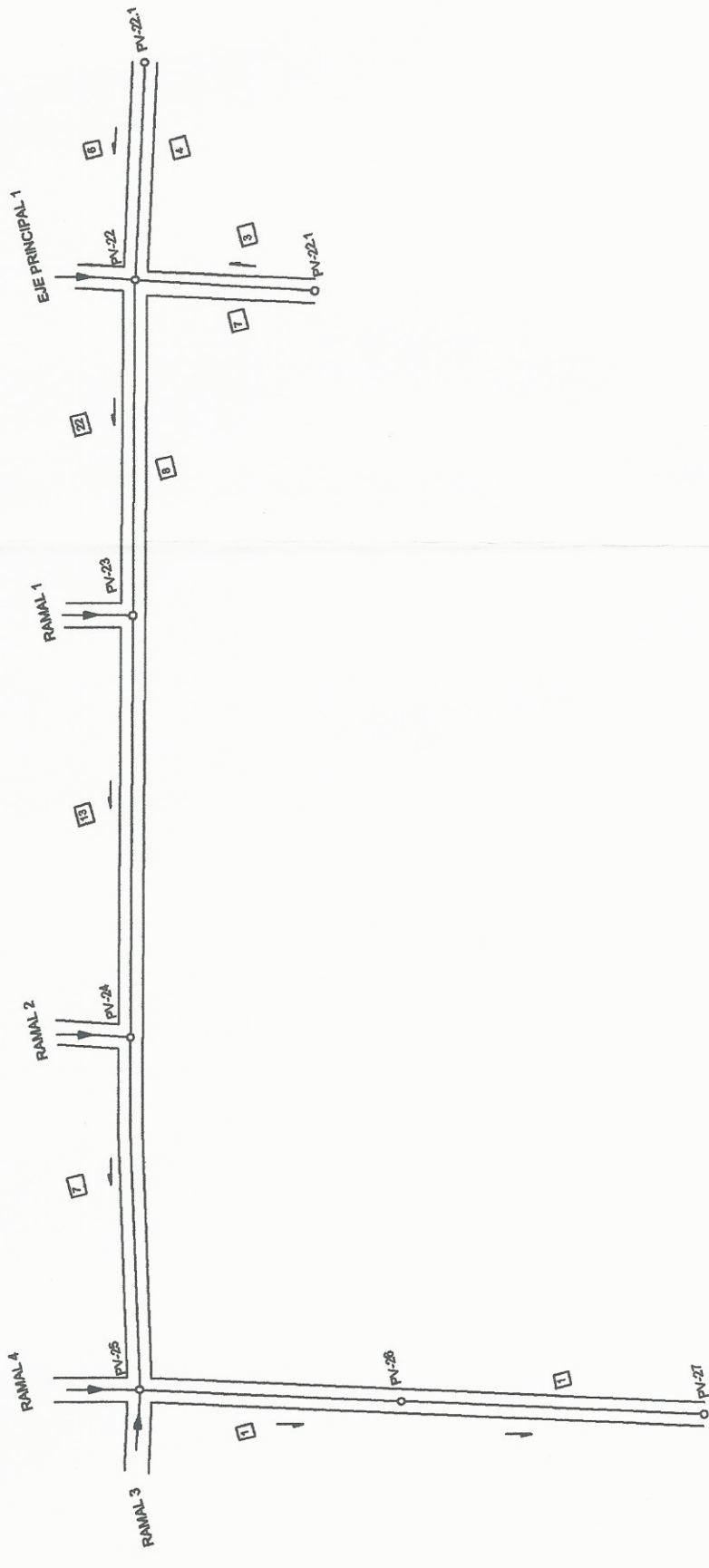
HOJA: 6 / 8

ALCALDE MUNICIPAL: SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ

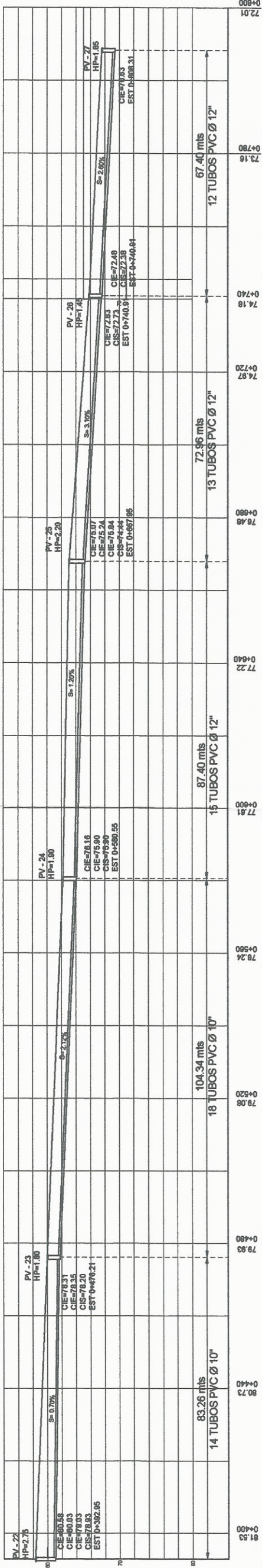
Universidad de San Carlos de Guatemala

Ing. Luis Gregorio Alfaro Veliz
ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS

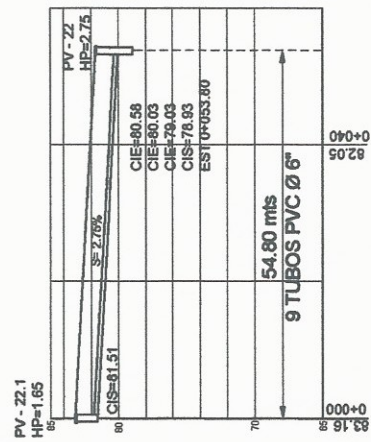
Facultad de Ingeniería



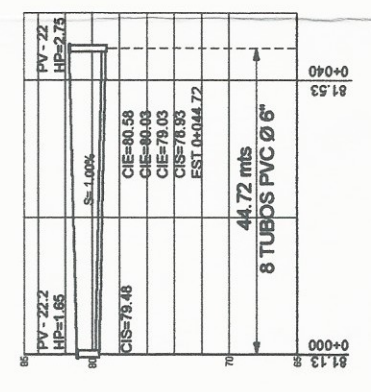
DE PV	A PV	AZIMUT	COTA		DH (m)	DIST. ACUMULADA
			INICIO	FINAL		
PV-17	PV-18	203° 24' 05"	102.77	100.00	82.07 m	2 + 236.06
PV-18	PV-19	285° 46' 01"	100.00	98.16	66.32 m	2 + 302.38
PV-19	PV-20	285° 46' 01"	98.16	94.63	52.04 m	2 + 354.42
PV-20	PV-20.1	202° 12' 22"	94.63	99.68	95.74 m	2 + 450.16
PV-20	PV-21	180° 22' 49"	94.63	86.94	100.42 m	2 + 550.58
PV-21	PV-21.1	287° 59' 15"	86.94	86.94	71.45 m	2 + 622.03
PV-21	PV-22	197° 59' 15"	86.94	81.68	92.10 m	2 + 714.13



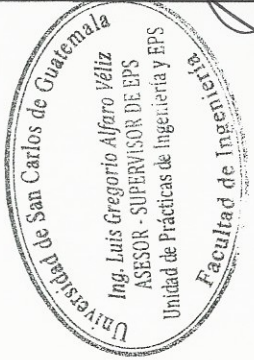
DE PV-22 A PV-27



DE PV-22.1 A PV-22



DE PV-22.2 A PV-22



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA

PROYECTO: DISEÑO DE ALcantarillado SANITARIO PARA EL SECTOR CENTRAL DEL CASCO URBANO, SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ, SACATEPÉQUEZ

UBICACION: ZONA 1, SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ, SACATEPÉQUEZ

ESCALA: INDICADA

FECHA: SEPTIEMBRE DE 2016

ESPECIALIDAD: INGENIERÍA CIVIL

CONTENIDO: PLANTA PERFIL, RAMAL PRINCIPAL II, DE PV-22 A PV-27

ELABORADO POR: EDDIE VASQUEZ

REVISADO POR: EDDIE VASQUEZ

HOJA: 7 / 8

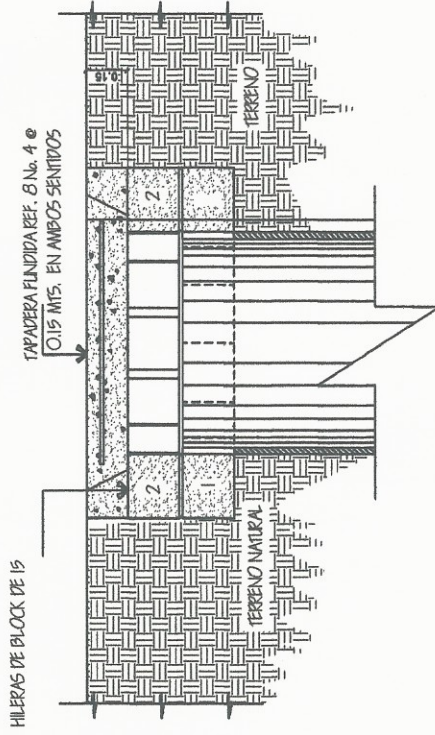
PLANTA PERFIL, EJE PRINCIPAL, DE PV-22 A PV-27

CASCO URBANO, ZONA 1
SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ, SACATEPÉQUEZ

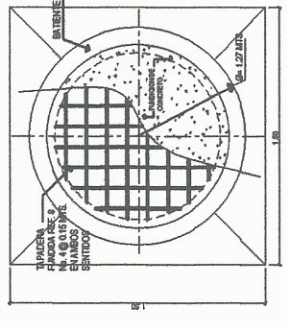
ESCALA: V: 1:500
H: 1:1000

ESPECIFICACIONES

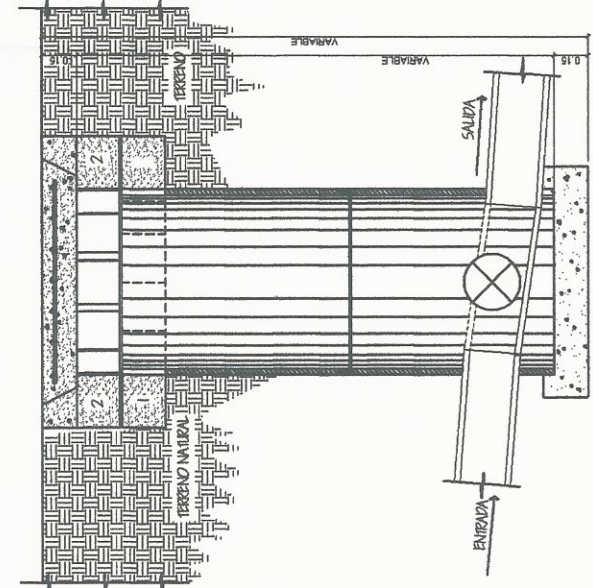
- ACERO:**
1. EL REPIVIERO DEBE TENER UN FY DE 2300 ISOCHG, LESTIMO Y CORRUGADO.
- CONCRETO:**
1. DEBERÁ TENER UN FY C DE 270 ISOCHG
 2. EL AGREGADO GRUESO (PIEDRA) DEBERÁ TENER UN DIÁMETRO MÍNIMO DE 1/2" Y UN MÁXIMO DE 1 1/2".
 3. EL AGREGADO FINO (ARENA) DEBERÁ SER UN CUBO DE CONCRETO DE 0.5 M³ DE ARENA DE RÍO, 0.89 M³ D PIEDRA, 8 SACOS DE CEMENTO PORTLAND TIPO 1 Y 1/2 LITROS DE AGREGADO DE CEMENTO.
 4. EL PROPORCIONAMIENTO POR METRO CUBICO DE CONCRETO ES DE 0.41 M³ DE ARENA DE RÍO, 0.89 M³ D PIEDRA, 8 SACOS DE CEMENTO PORTLAND TIPO 1 Y 1/2 LITROS DE AGREGADO DE CEMENTO.
 5. EL RECOMENDADO PARA LA BASE SERÁ DE 7 CM Y PARA EL BROCAL Y TAPADERA SERÁ DE 14.5 CM.
- MANIPOSTERÍA:**
1. LA MANIPOSTERÍA SEHA CONFORME A LA NORMA INTA 4184.
 2. SE USARÁ BLOQUE DE CONCRETO CLASE A, QUE SOPORTE CARGAS Y DE BAJA ABSORCIÓN DE HUMEDAD, CON LAS TOLERANCIAS DE DIMENSIONES DE LOS BLOQUES NO DEBE EXCEDIR LO QUE INDICA LA NORMA.
 3. LAS TOLERANCIAS DE DIMENSIONES DE LOS BLOQUES NO DEBE EXCEDIR LO QUE INDICA LA NORMA.
 4. EL BLOQUE DEBE TENER UNA RESISTENCIA DE 110 ISOCHG.
- MORTERO CASABETTA:**
1. PROPORCIÓN 1:3:1 DE CEMENTO + 3 DE ARENA DE RÍO.
 2. EL AGUA USARSE DEBERÁ SER LIMPA Y LIBRE DE ÁCIDOS, ACETES, SALES Y SUSTANCIAS DAÑINAS.
 3. EL AGUA USARSE DEBERÁ SER LIMPA Y LIBRE DE ÁCIDOS, ACETES, SALES Y SUSTANCIAS DAÑINAS.
 4. LA ARENA USARÁ SERÁ ARENAQUE RÍO SECA, CONFORME A LA NORMA INTA 4114.
- TUBERÍA PVC:**
1. LA TUBERÍA SERÁ CONFORME A LA NORMA ASTM F48, NO DEBERÁN UTILIZARSE TUBERÍAS DE MENOR DIÁMETRO A 2.5" Y 4" DE DIÁMETRO.
 2. TODA LA TUBERÍA DEBERÁ SER COLOCADA ALUMINADO Y CON EL DESIVEL INDICADO EN LOS PLANOS.
 3. LA UNIÓN DE LA TUBERÍA SERÁ COMO LO ESPECIFICADO EN LA NORMA DE JUNTA BARRA CON EMPUJE.
- TUBERÍA DE CONCRETO:**
1. LA TUBERÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LOS POZOS DE VISITA SERÁ CON TUCOS DE CONCRETO SEVÁN LA NORMA ASTM C-20.
 2. EL DIÁMETRO DE LA TUBERÍA SERÁ DE 4" Y LA LONGITUD ÚTIL DE 1.50 M.
 3. EL DIÁMETRO DE LA TUBERÍA SERÁ DE 4" Y LA LONGITUD ÚTIL DE 1.50 M.
 4. LOS BROCALES Y TAPADERAS DE LOS POZOS DEBERÁN CUBRIRSE SEGÚN ESPECIFICACIONES ADJANTES DE SU INSTALACIÓN, Y TAMBIÉN LLEVARÁN SU RESPECTIVA NOMENCLATURA, NO. DE POZO Y AÑO DE CONSTRUCCIÓN.



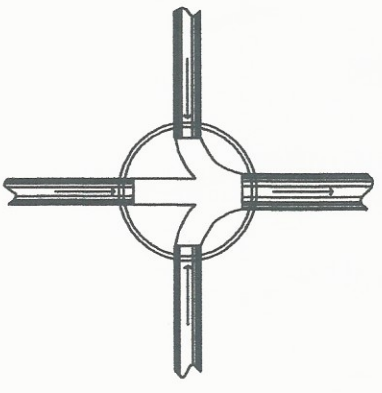
DETALLE DE BROCAL
ESCALA: 1:12.5



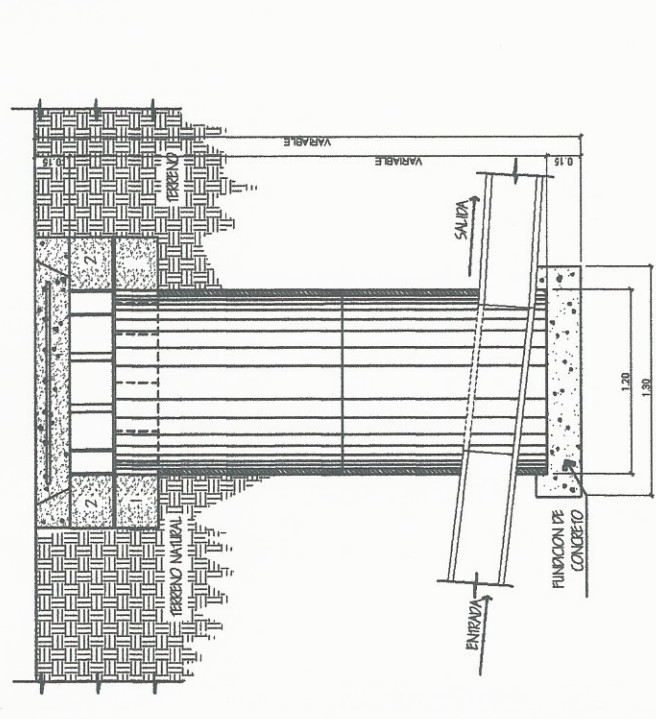
DETALLE DE TAPADERA
ESCALA: 1:20



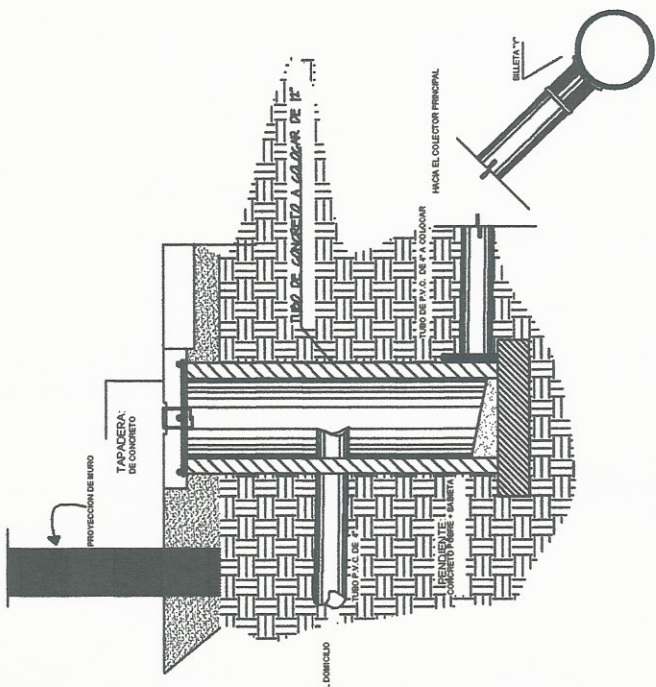
DETALLE PV-N. 2 ENTRADAS
ESCALA: 1:15



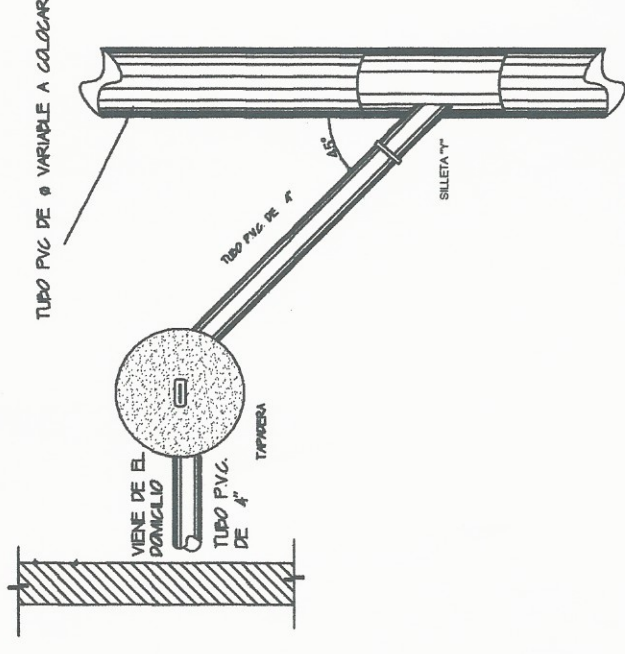
DETALLE DE POZO CON 3 ENTRADAS
ESCALA: 1:20



DETALLE PV-N 1, ENTRADA
ESCALA: 1:15

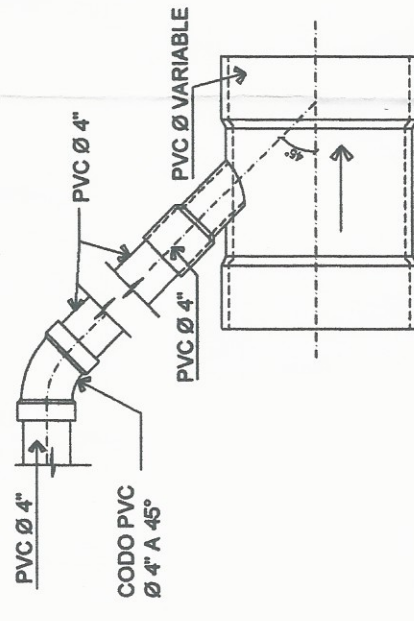


ACOMETIDA DOMICILIAR
SIN ESCALA

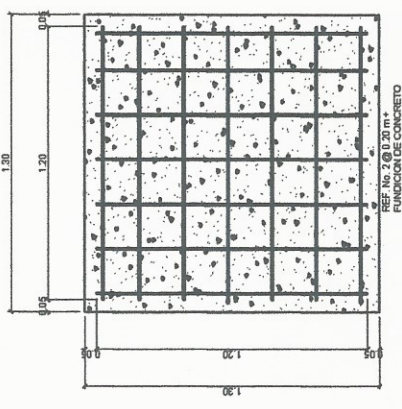


DETALLE DE ACOMETIDA A RED PRINCIPAL
PUNTA

DETALLE DE ACOMETIDA A RED PRINCIPAL
ESCALA: 1:7.5



DETALLE DE ACOMETIDA A RED PRINCIPAL
ESCALA: 1:7.5



FONDO DEL POZO
ESCALA: 1:15

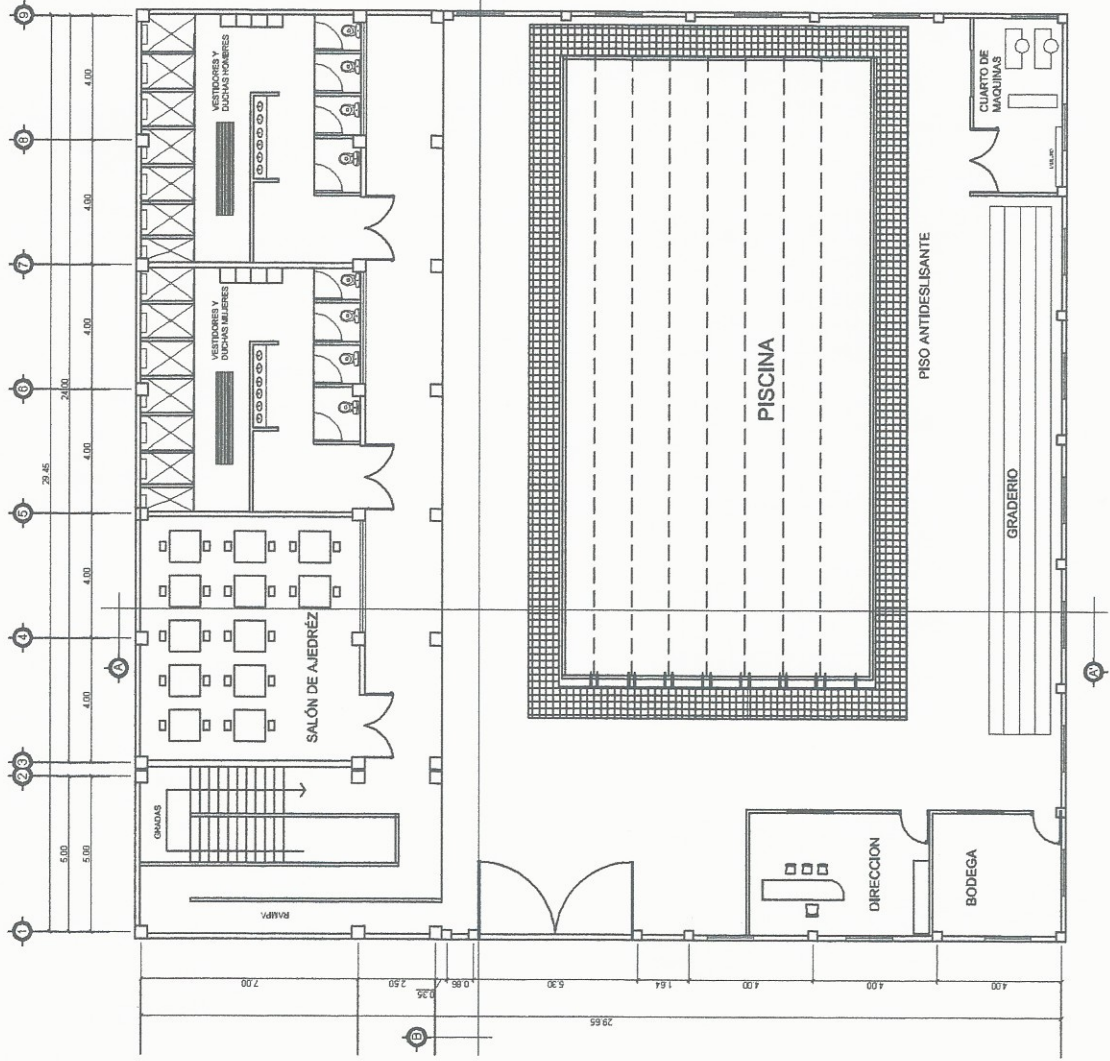
		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA
PROYECTO: DISEÑO DE ALCAMBILLO SANITARIO PARA EL SECTOR CENTRAL DEL CASCO URBANO, SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ, SACATEPÉQUEZ	ESCALA: INDICADA	FECHA: SEPTIEMBRE DE 2018
UBICACION: ZONA 1, SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ, SACATEPÉQUEZ	DISEÑO Y CALCULO: EDNE VASQUEZ	VERIFICACION: EDNE VASQUEZ
CONTENIDO: DETALLES DE POZOS DE VISITA Y CONEXIONES	HOJA: 8 / 8	ALCALDE MUNICIPAL: SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ

Universidad de San Carlos de Guatemala
 Ing. Luis Gregorio Alfaro Véliz
 ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 Facultad de Ingeniería

DETALLES DE POZOS DE VISITA Y CONEXIONES

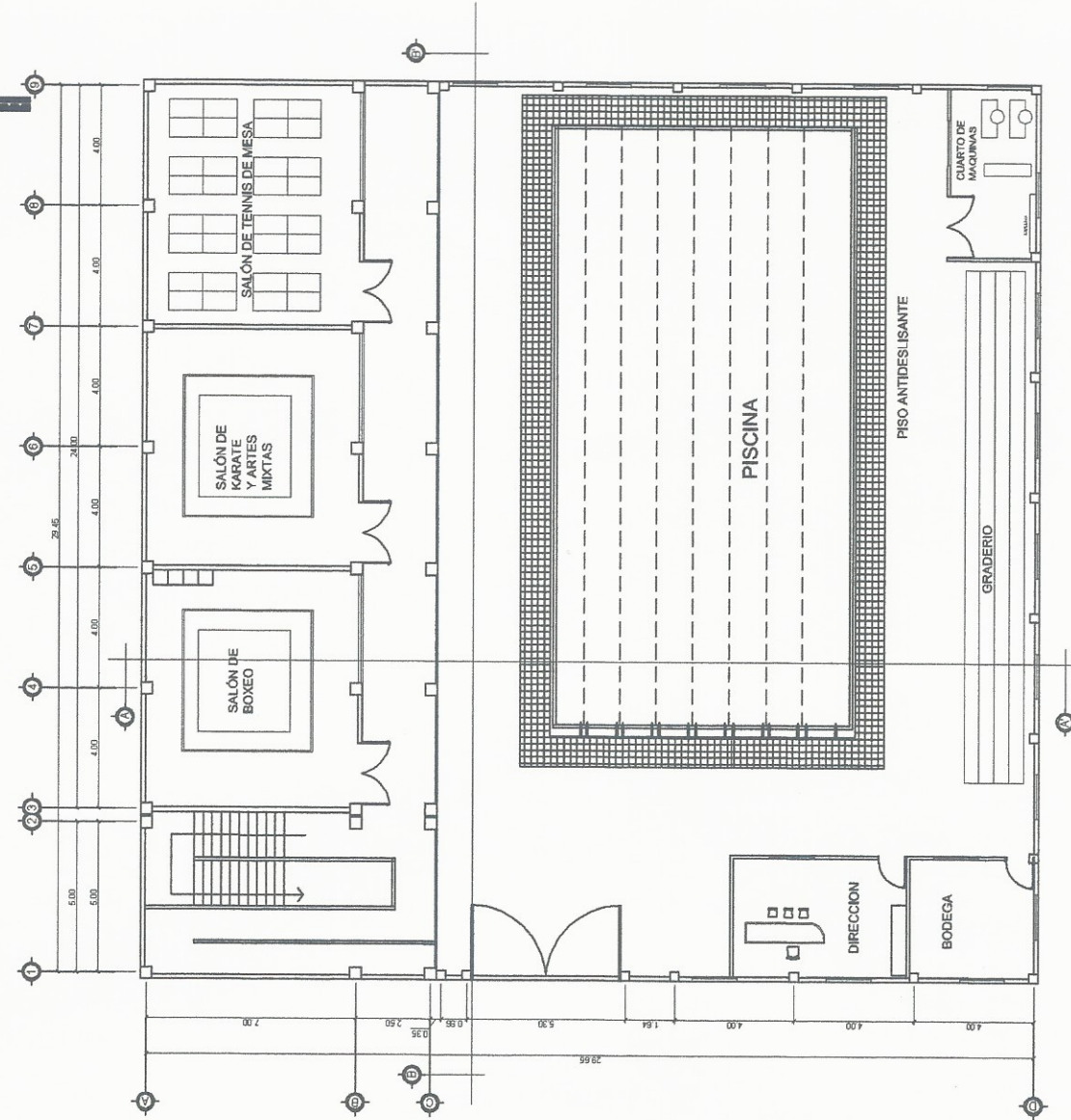
CASCO URBANO, ZONA 1
 SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ, SACATEPÉQUEZ

ESCALA: INDICADA



PRIMER NIVEL, PLANTA AMUEBLADA

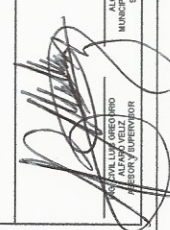
ESCALA: 1:100



SEGUNDO NIVEL, PLANTA AMUEBLADA

ESCALA: 1:100

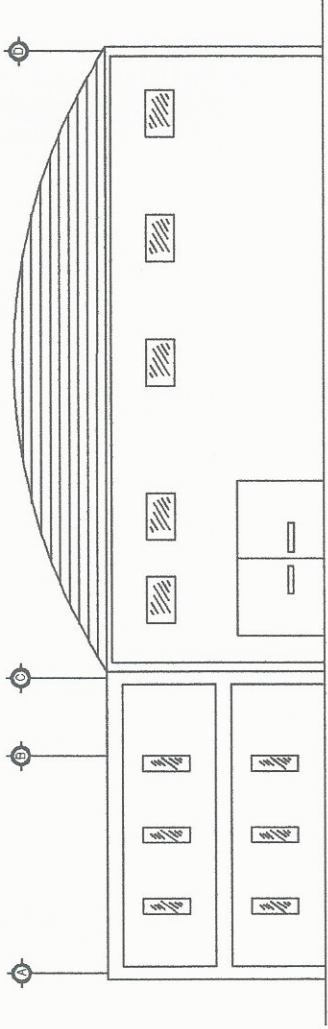


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA	
PROYECTO: DISEÑO DE GIMNASIO MUNICIPAL SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ, SACATEPÉQUEZ	ESCALA INDICADA
UBICACIÓN: ZONA 2, SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ, SACATEPÉQUEZ	FECHA SEPTIEMBRE DE 2016
CONTENIDO PLANTA AMUEBLADA	DISEÑO Y CÁLCULO EDDIE VÁSQUEZ
	REVISIÓN EDDIE VÁSQUEZ
 ALCALDE MUNICIPAL MUNICIPALIDAD DE SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ	
HOJA 1 / 15	

PLANTA AMUEBLADA, GIMNASIO MUNICIPAL

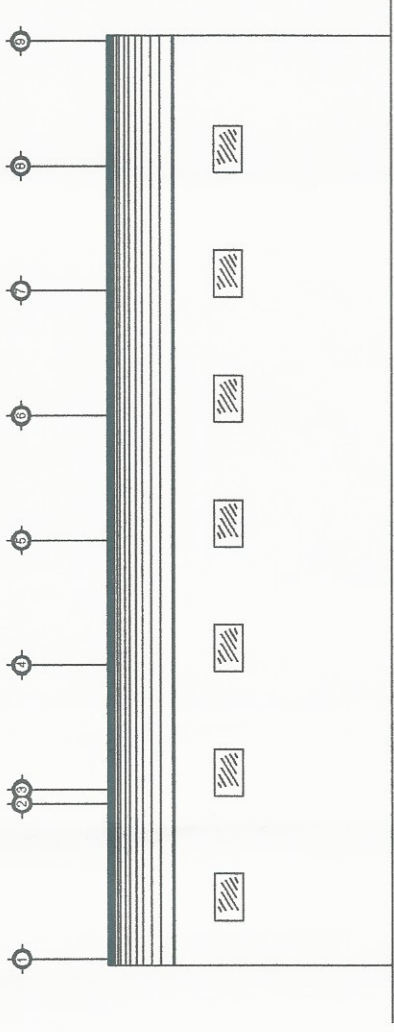
CASCO URBANO, ZONA 2
SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ, SACATEPÉQUEZ

ESCALA: 1:100



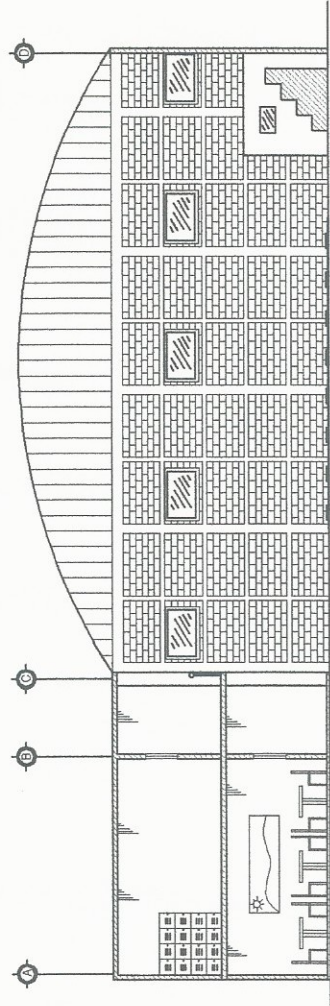
FACHADA FRONTAL GIMNASIO MUNICIPAL

ESCALA: 1:100



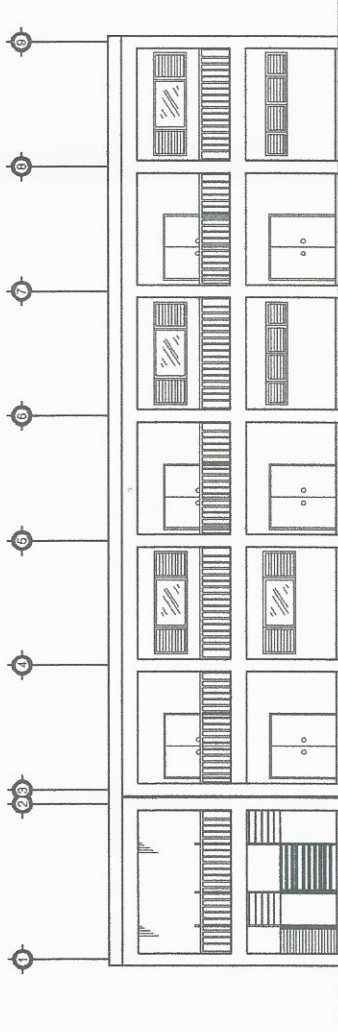
FACHADA LATERAL GIMNASIO MUNICIPAL

ESCALA: 1:100



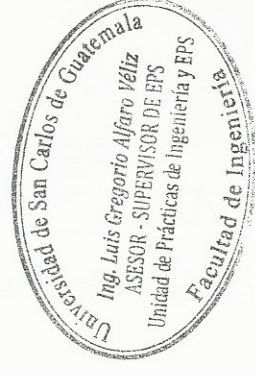
SECCIÓN A-A'

ESCALA: 1:100



SECCIÓN B-B''

ESCALA: 1:100

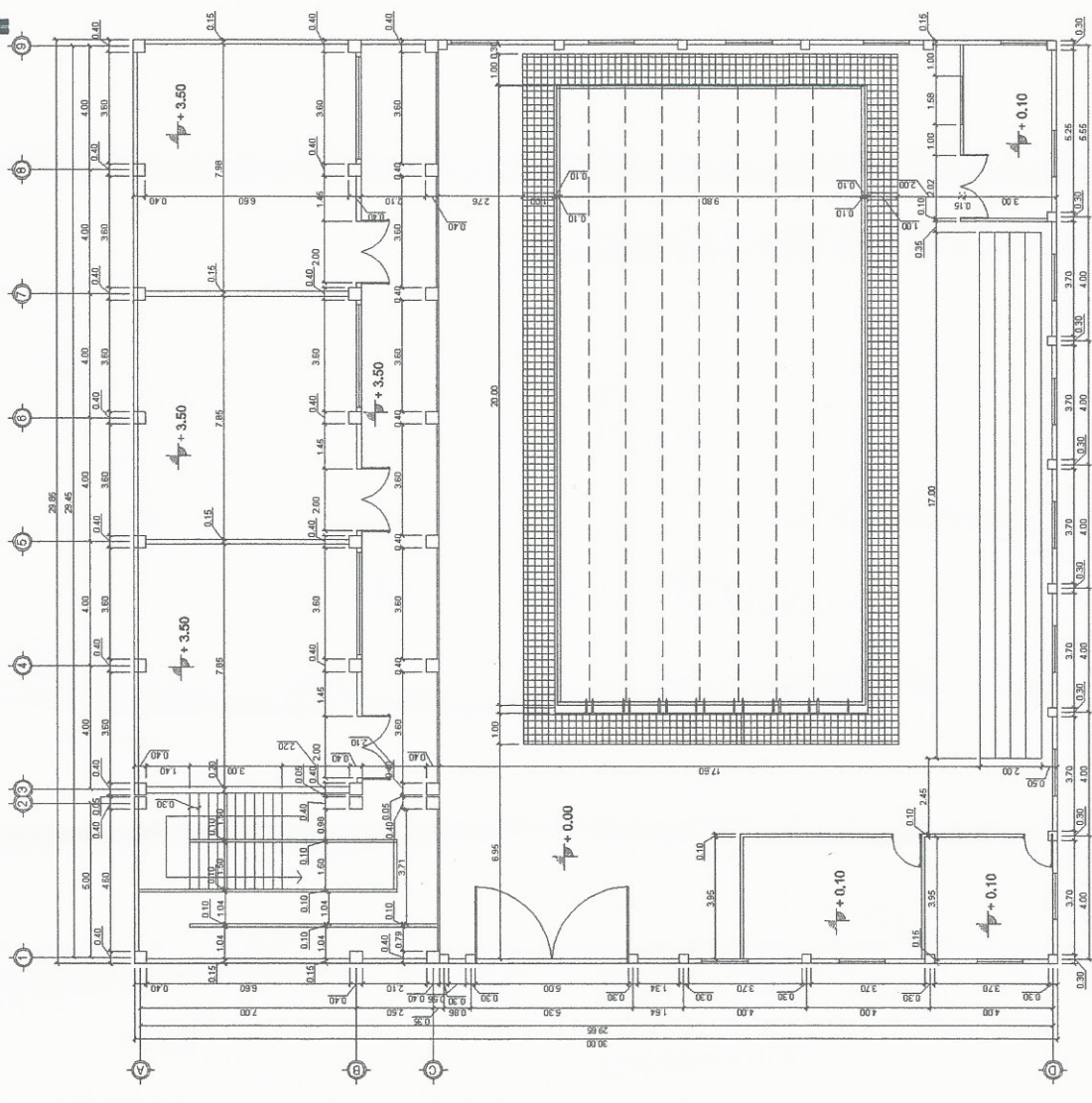


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA	
PROYECTO:	DISEÑO DE GIMNASIO MUNICIPAL, SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ, SACATEPÉQUEZ
UBICACIÓN:	ZONA 2, SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ, SACATEPÉQUEZ
ESCALA:	INDICADA
FECHA:	SEPTIEMBRE DE 2016
ELEVACIONES Y CORTES:	DISEÑO Y CALZADO
EDIFICIO:	EDIFICIO VASQUEZ
HORA:	3 / 13
 ALFARO VÉLIZ INGENIERO ASISTENTE Y SUPERVISOR	
ACADEMIA MUNICIPAL MUNICIPALIDAD DE SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ	

CORTES Y ELEVACIONES, GIMNASIO MUNICIPAL

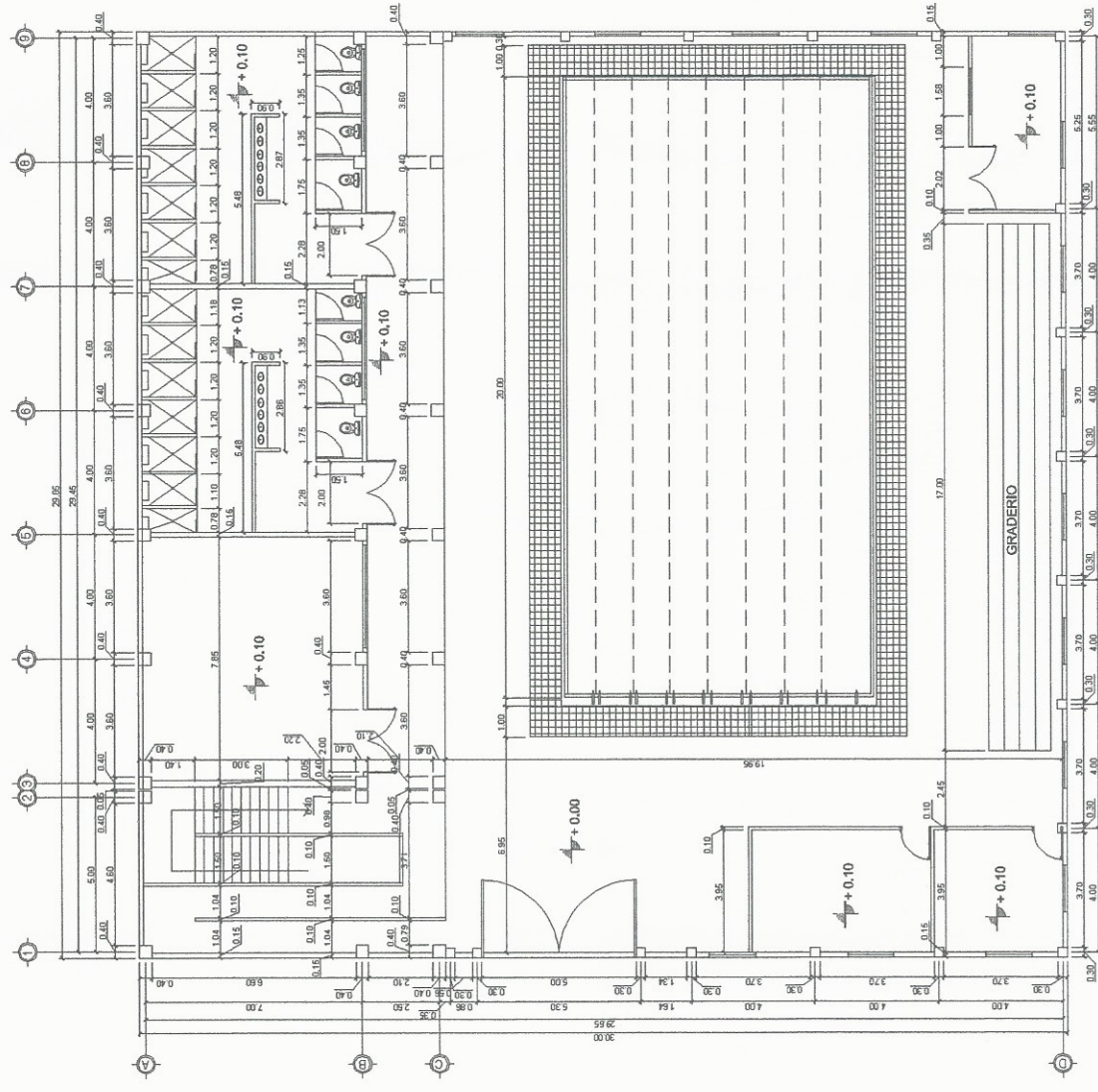
CASCO URBANO, ZONA 2
SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ, SACATEPÉQUEZ

ESCALA: 1:100



SEGUNDO NIVEL, ACOTADA

ESCALA: 1:100



PRIMER NIVEL, PLANTA ACOTADA

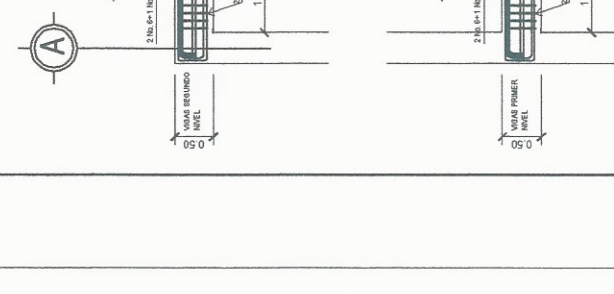
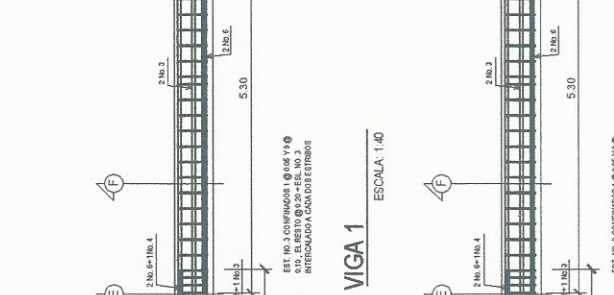
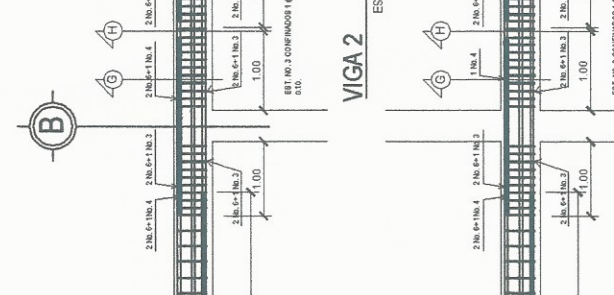
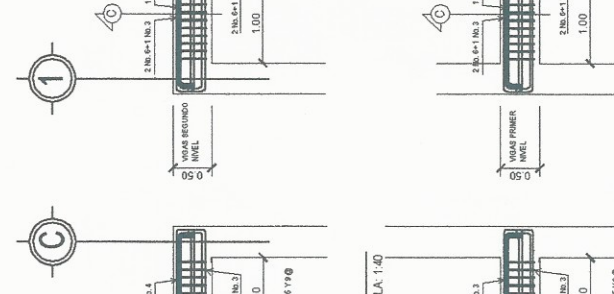
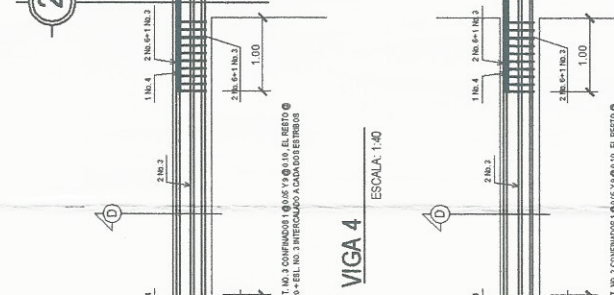
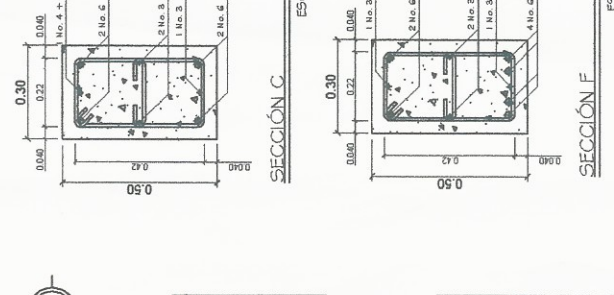
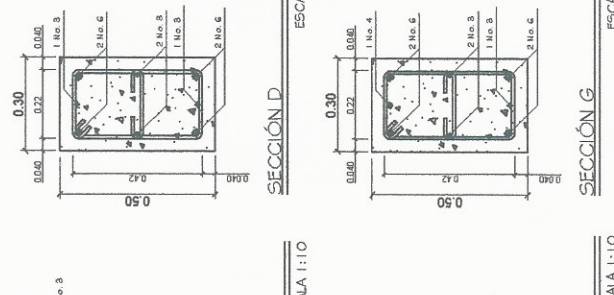
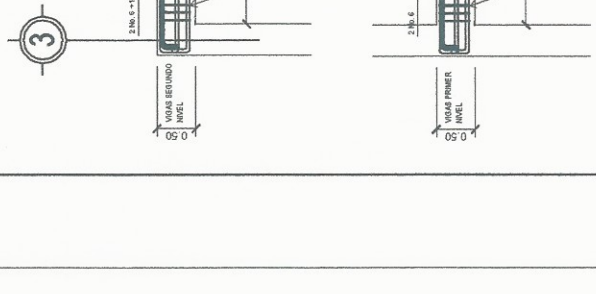
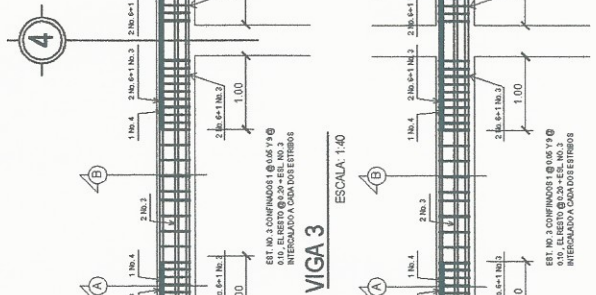
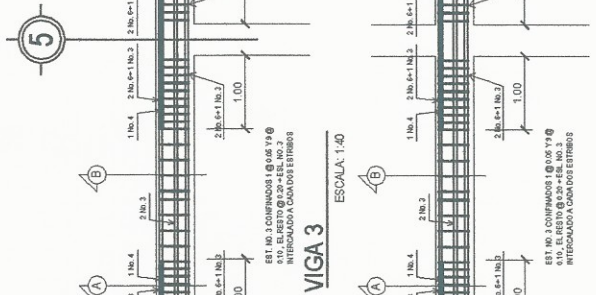
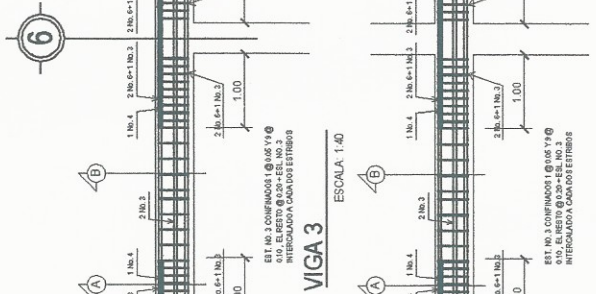
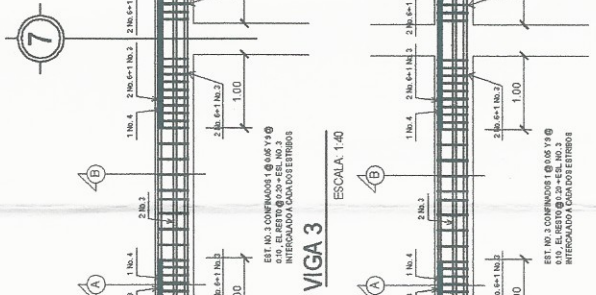
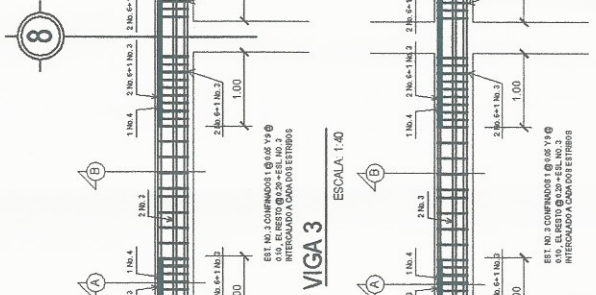
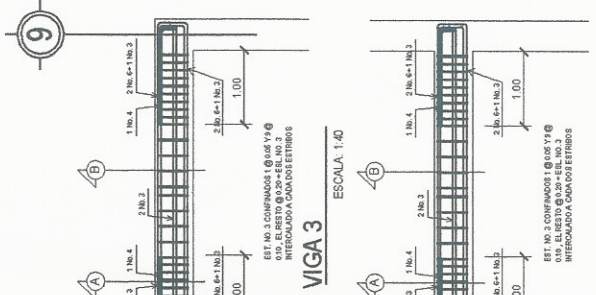
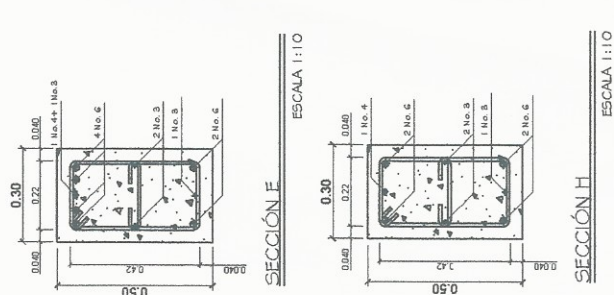
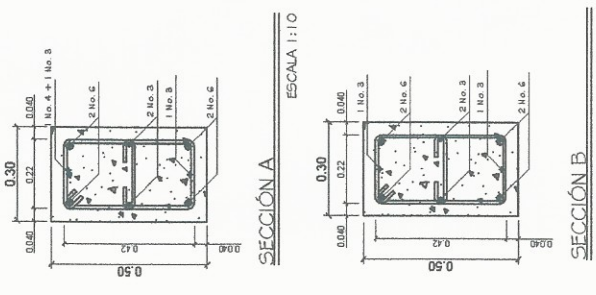
ESCALA: 1:100

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA	
PROYECTO	DISEÑO DE GIMNASIO MUNICIPAL, SAN LUCAS SACATEPEQUEZ, SACATEPEQUEZ
FECHA	SEPTIEMBRE DE 2016
INDICADA	DESIGNO Y CALIBRO
ESCALA	EDIFICIO VASQUEZ
INDICADA	EDIFICIO VASQUEZ
FECHA	HOJA
INDICADA	2 / 15



ESCALA: 1:100

PLANTA ACOTADA, GIMNASIO MUNICIPAL
CASCO URBANO, ZONA 2
SAN LUCAS SACATEPEQUEZ, SACATEPEQUEZ



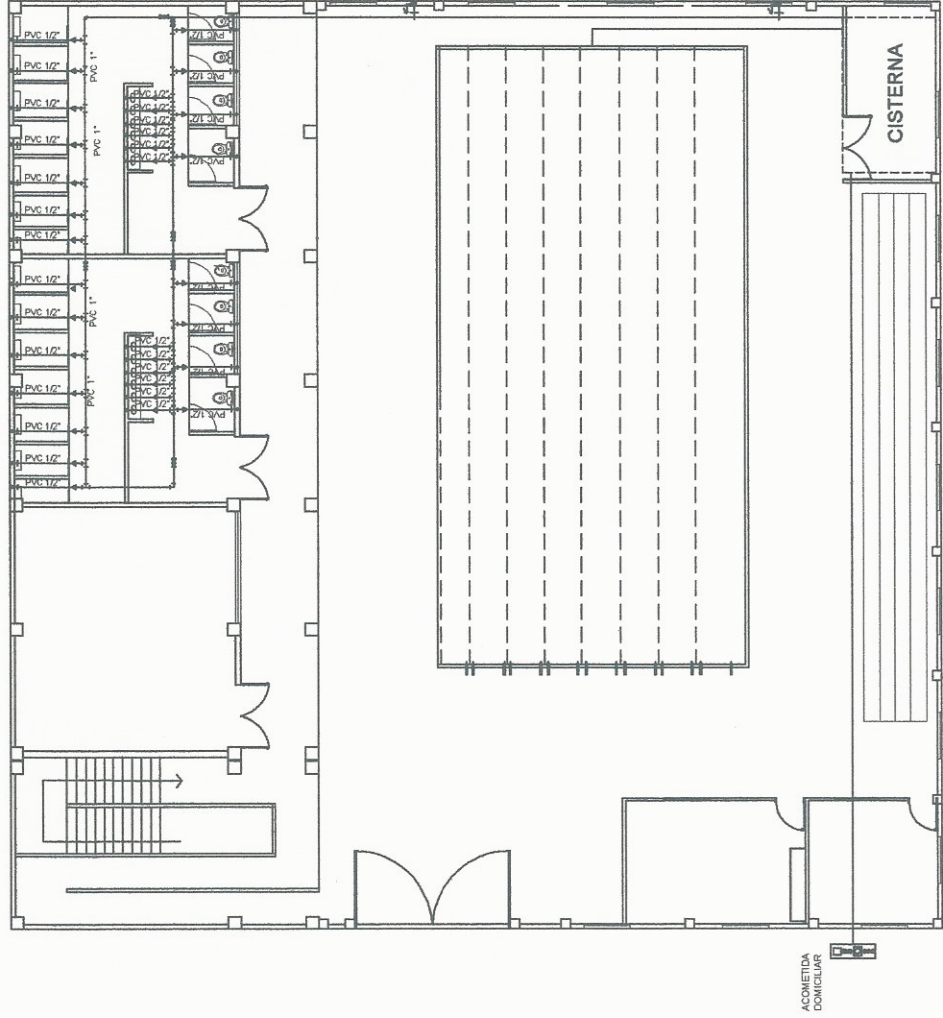
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA	
PROYECTO	DISEÑO DE GIMNASIO MUNICIPAL, SAN LUCAS SACATEPEQUEZ, SACATEPEQUEZ
ESCALA	INDICADA
FECHA	SEPTIEMBRE DE 2016
DESENYO	EDDIE VASQUEZ
REVISOR	EDDIE VASQUEZ
HOJA	6
CONTENIDO DETALLE DE VIGAS	

ESPECIFICACIONES:
 CONFINAMIENTO EN VIGAS: 2 VECES EL PERALTE,
 1.00 M
 CONCRETO: 3000 PSI
 ACERO: GRADO 40
 RECUBRIMIENTO 40 mm

Ing. Luis Gregorio Alfaro Véliz
 ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS

ESCALA: INDICADA

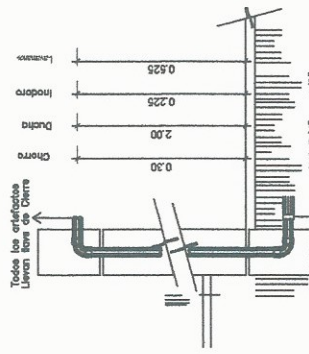
DETALLE DE VIGAS, GIMNASIO MUNICIPAL
 CASCO URBANO, ZONA 2
 SAN LUCAS SACATEPEQUEZ, SACATEPEQUEZ



PRIMER NIVEL, AGUA POTABLE

ESCALA: 1:100

REF.	SIMBOLOGIA	DESCRIPCION
		INSTALACION AGUA POTABLE
		TUBERIA PVC PARA AGUA POTABLE FRIA
		DIAMETRO ADICIONAL
		CODO A 90° EN POSICION HORIZONTAL
		CODO A 90° EN POSICION VERTICAL
		TEE EN POSICION HORIZONTAL
		REDUCTOR BUSHING DE Ø 3/4" A Ø 1/2"
		LLAVE DE PASO Ø 3/4"
		CONTADOR Ø 3/4"
		LLAVE DE CUMPLIERTA Ø 3/4"
		VALVULA DE CHEQUE Ø 3/4"
		CAJA MUNICIPAL



DETALLE DE ACOMETIDA DE AGUA POTABLE

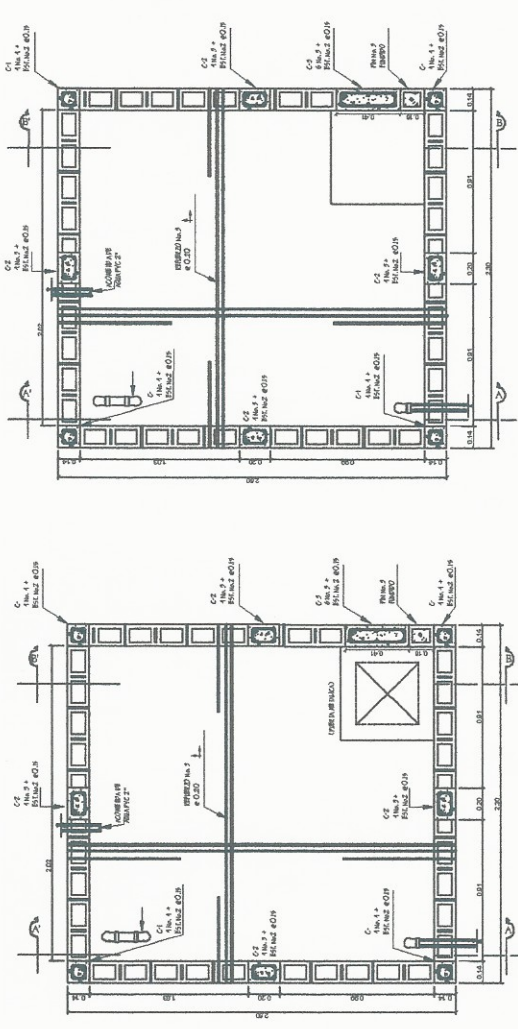
EN ESCALA

AGUA POTABLE, GIMNASIO MUNICIPAL

CASCO URBANO, ZONA 2

SAN LUCAS SACATEPEQUEZ, SACATEPEQUEZ

ESCALA: 1:100

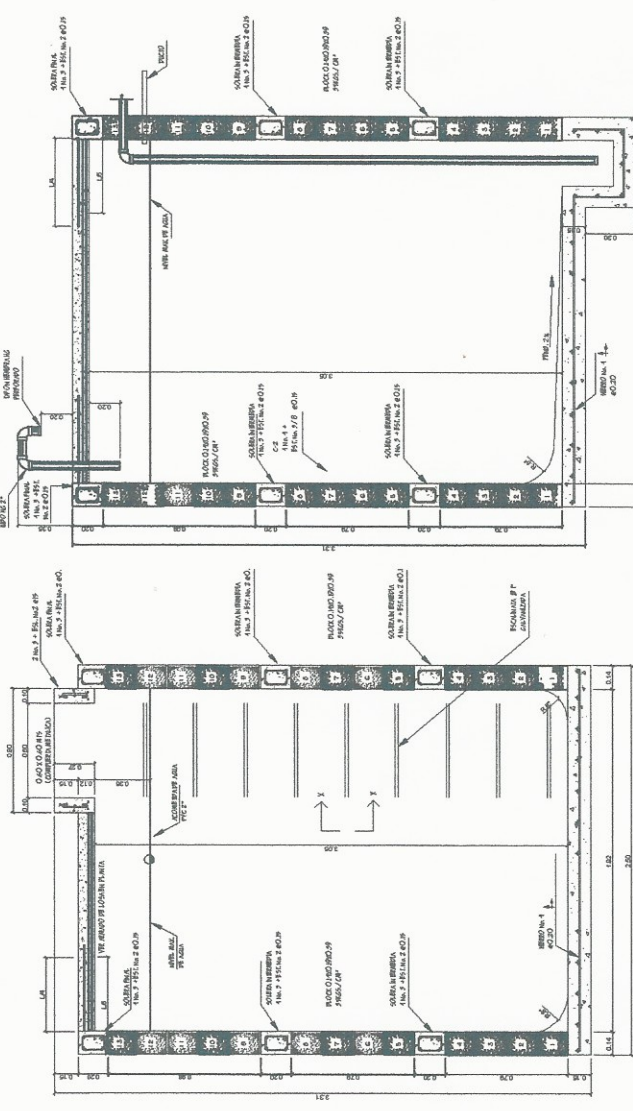


PLANTA DE CISTERNA LOSA

ESCALA: 1/8"

PLANTA DE CISTERNA FONDO

ESCALA: 1/8"



SECCION AA DE CISTERNA

ESCALA: 1/8"

SECCION BB DE CISTERNA

ESCALA: 1/8"

ESPECIFICACIONES DE AGUA POTABLE

TUBERIA: TODA LA TUBERIA SERA DE CLORURO DE POLIVINILO (P.V.C.)

JUNTAS: TODAS LAS JUNTAS DE TUBERIA, UNIONES Y CONEXIONES DEL SISTEMA DE DISTRIBUCION DE AGUA POTABLE SERAN IMPERMEABILIZADAS CON CAPACIDAD DE SOPORTAR EL FLUJO DE AGUA A PRESION. LAS CONEXIONES CON ROSCA DEBERAN IMPERMEABILIZARSE CUBRIENDO LA ROSCA CON TEFLON ANTES DE ACOPLARLAS.

ACCESORIOS: TODOS LOS ACCESORIOS SERAN DE P.V.C.

A EXCEPCION DE LA VALVULA DE CHEQUE, QUE SERA DE ACERO.

NOTA:

LAS INSTALACIONES HIDRAULICAS DE LA PISCINA SE INDICAN EN EL PLAN DE PISCINA.

A EXCEPCION DE LA VALVULA DE CHEQUE, QUE SERA DE ACERO.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA	
PROYECTO:	DISERIO DE GIMNASIO MUNICIPAL, SAN LUCAS SACATEPEQUEZ, SACATEPEQUEZ
ESCALA:	ZONA 2, SAN LUCAS SACATEPEQUEZ, SACATEPEQUEZ
INDICADA:	ESCALA
FECHA:	SEPTIEMBRE DE 2018
INDICADA:	OSBENYACALDO
INDICADA:	EDOE VASQUEZ
INDICADA:	EDOE VASQUEZ
INDICADA:	HOJA
INDICADA:	10 / 15

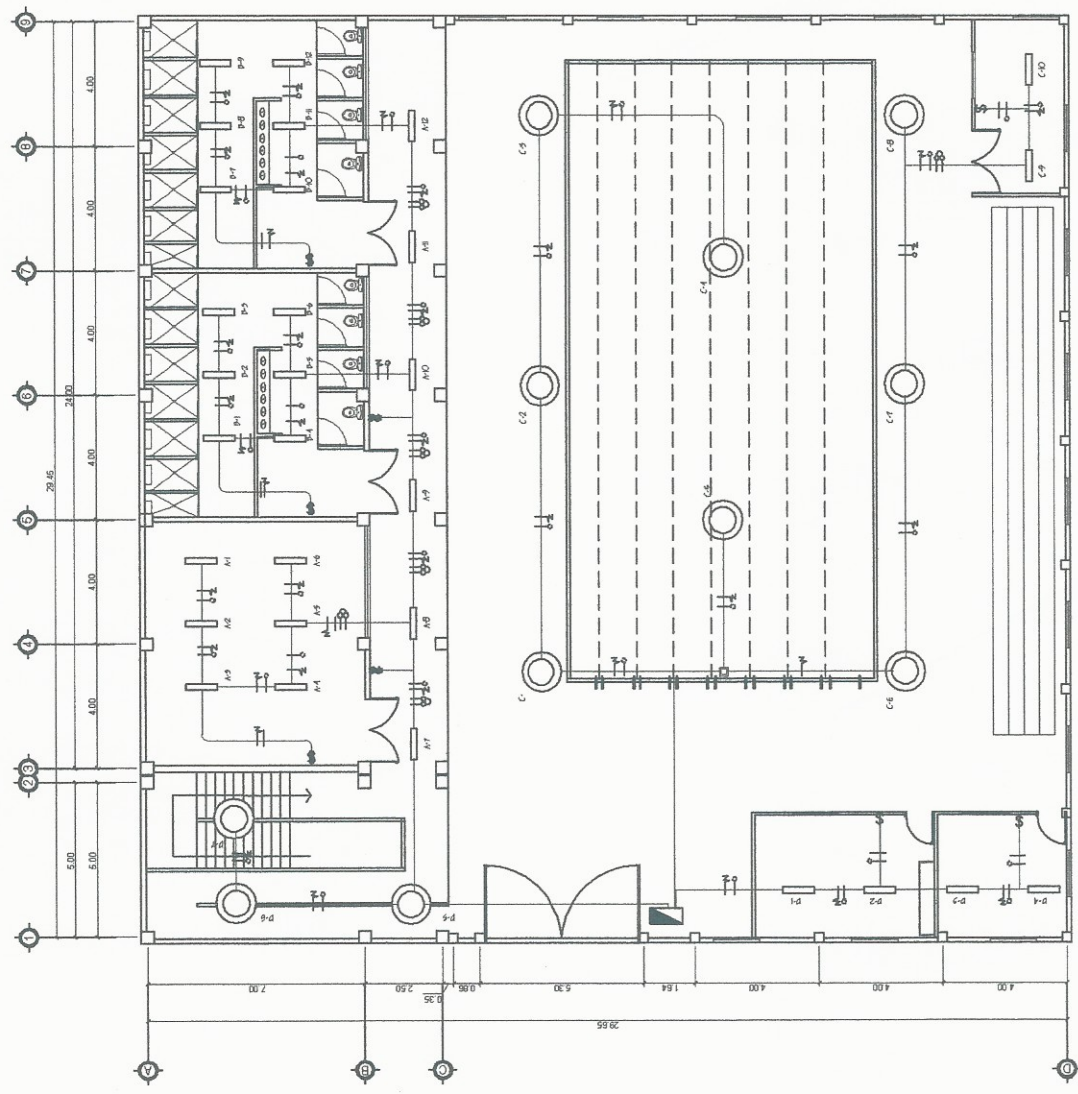


Luis Gregorio Alfaro Veliz
INGENIERO EN ELECTRICIDAD Y SISTEMAS DE ENERGIAS
ASesor - SUPERVISOR DE OPS

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA

ASesor - SUPERVISOR DE OPS
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA

RESULTADO DE INGENIERIA

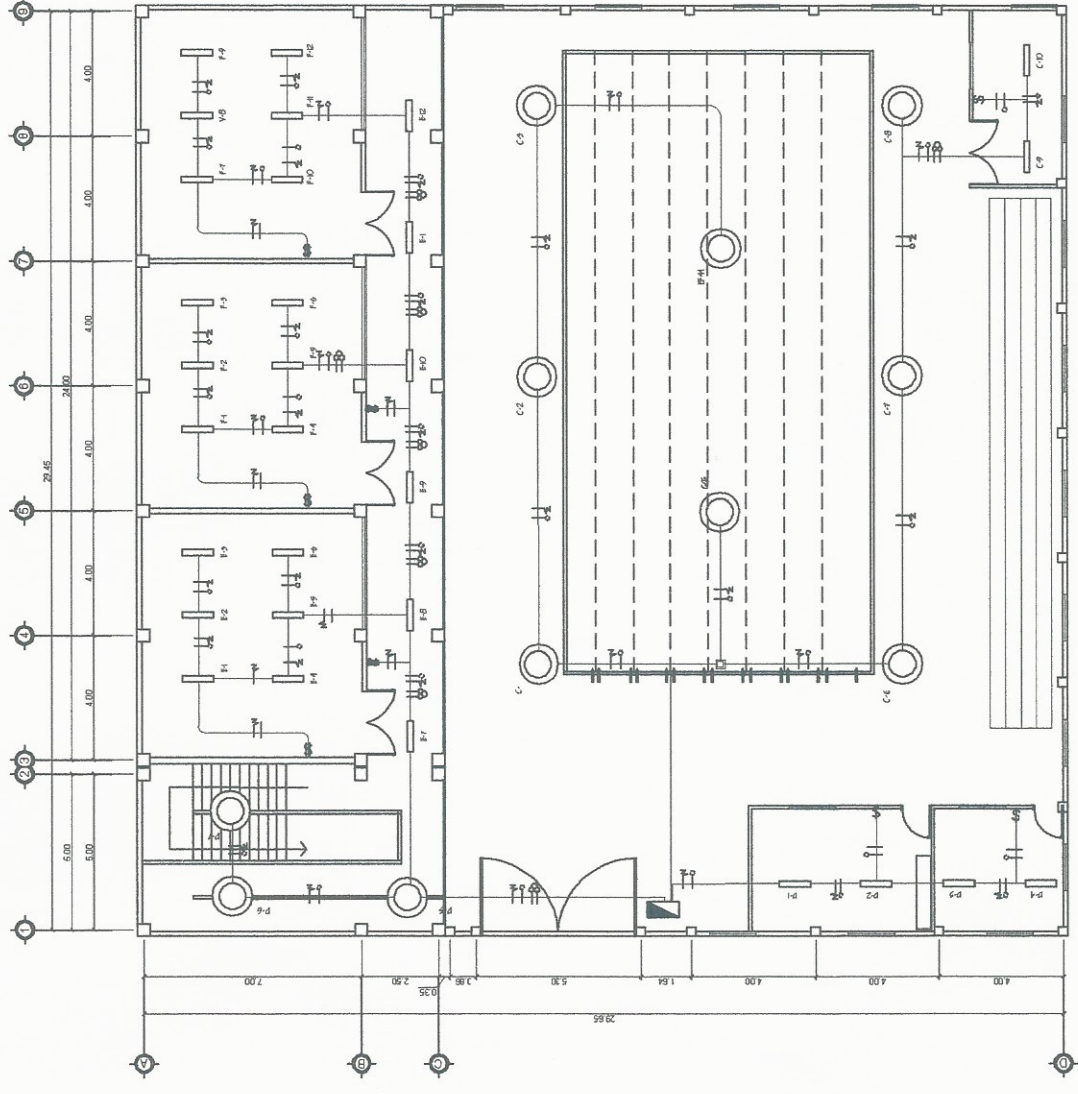


PRIMER NIVEL, PLANTA DE ILUMINACIÓN
ESCALA: 1:100

ESPECIFICACIONES

- SE UTILIZARÁ TUBO POLIDUCTO DE 3/4" PARA 1 Y 5 CABLES Y DE 1/2" PARA 2 Y 3 CABLES
- LA IDENTIFICACION DEL ACTIVO ALAMBRE COLOR ROJO Y EL NEUTRO BLANCO
- LA CORRIENTE A UTILIZAR SERA MONOFASICA DE DOS Y TRES HILOS
- EL TIPO DE FORRO A UTILIZAR SERA THW DE ACUERDO AL CALIBRE CALCULADO
- EL FLIP-ON GENERAL DEBERA INSTALARSE INMEDIATAMENTE DESPUES DEL CONTADOR A UNA ALTURA DE 1.70 MT. S.N.P
- LOS FLIP-ONES SERAN DE 20 AMPERIOS
- EL CALIBRE DEL CONDUCTOR RECOMENDADO SERA AWG No. 14 PARA RETORNOS Y PARA ACTIVOS Y NEUTROS AWG No. 12 CON FORRO THW.

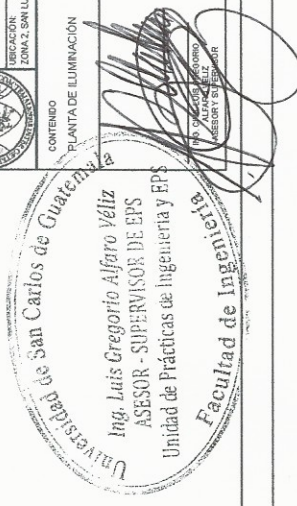
PLANTA DE ILUMINACIÓN, GIMNASIO MUNICIPAL
CASCO URBANO, ZONA 2
SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ, SACATEPÉQUEZ

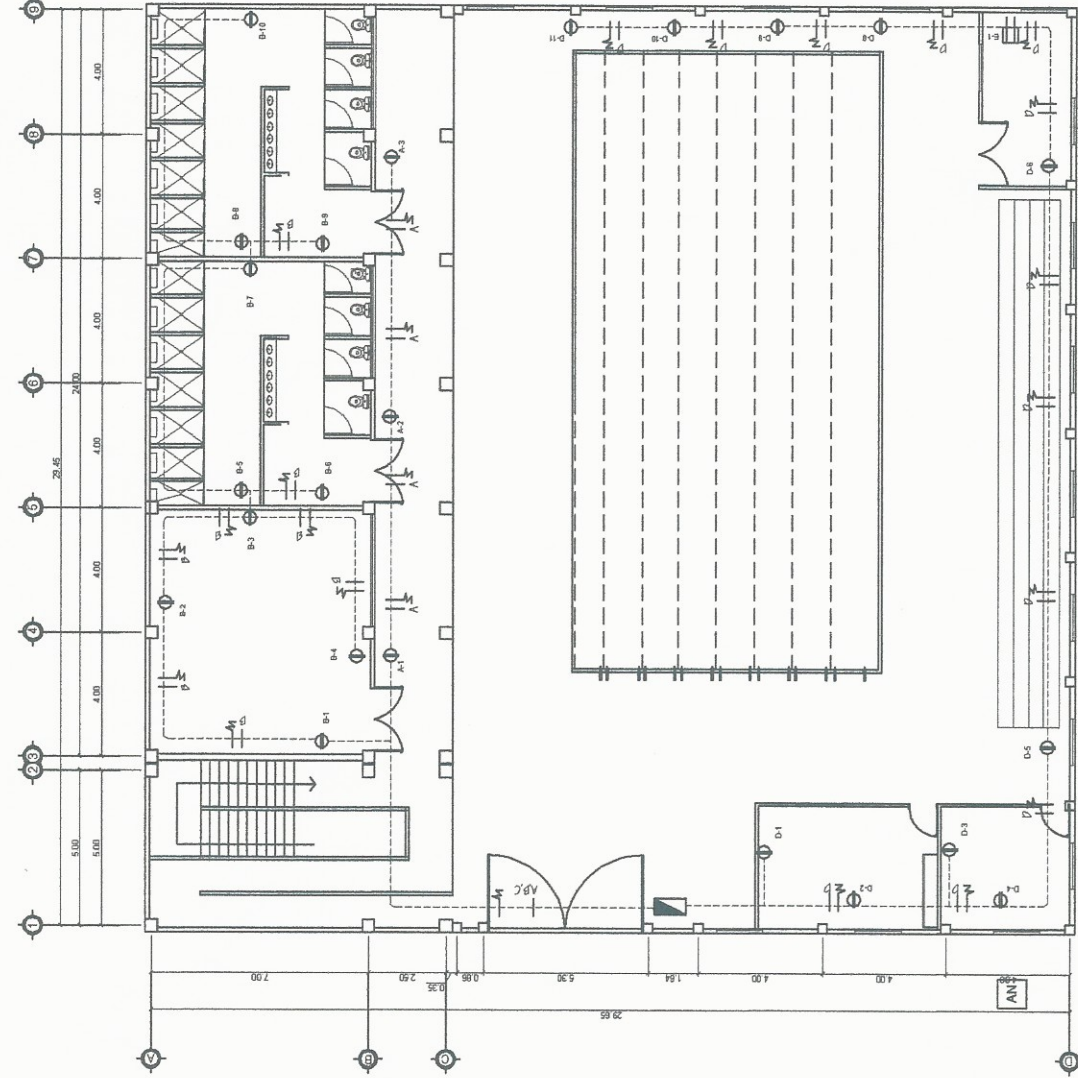


SEGUNDO NIVEL, PLANTA DE ILUMINACIÓN
ESCALA: 1:100

SIMBOLO	DESCRIPCION
	TUBERIA EN CIELO @ INDICADO
	LINEA MUERTA
	LINEA VIVA
	LINEA NEUTRO
	ALAMBRE FUENTE
	LAMPARA EN CIELO
	LAMPARA C/O DE SUEY
	INTERRUPTOR SIMPLE @ 1.10 S.N.P.T.
	INTERRUPTOR DOBLE
	TABLERO DE FIPONES @ 1.80 S.N.P.T.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA	
PROYECTO DISEÑO DE GIMNASIO MUNICIPAL, SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ, SACATEPÉQUEZ	
FECHA SEPTIEMBRE DE 2018	
INDICADA	
DISEÑO Y CALCULO EDDIE VÁSQUEZ	
BOBADO	
EDDIE VÁSQUEZ	
HOJA	
12 / 13	





PRIMER NIVEL, PLANTA DE FUERZA

ESCALA: 1:100

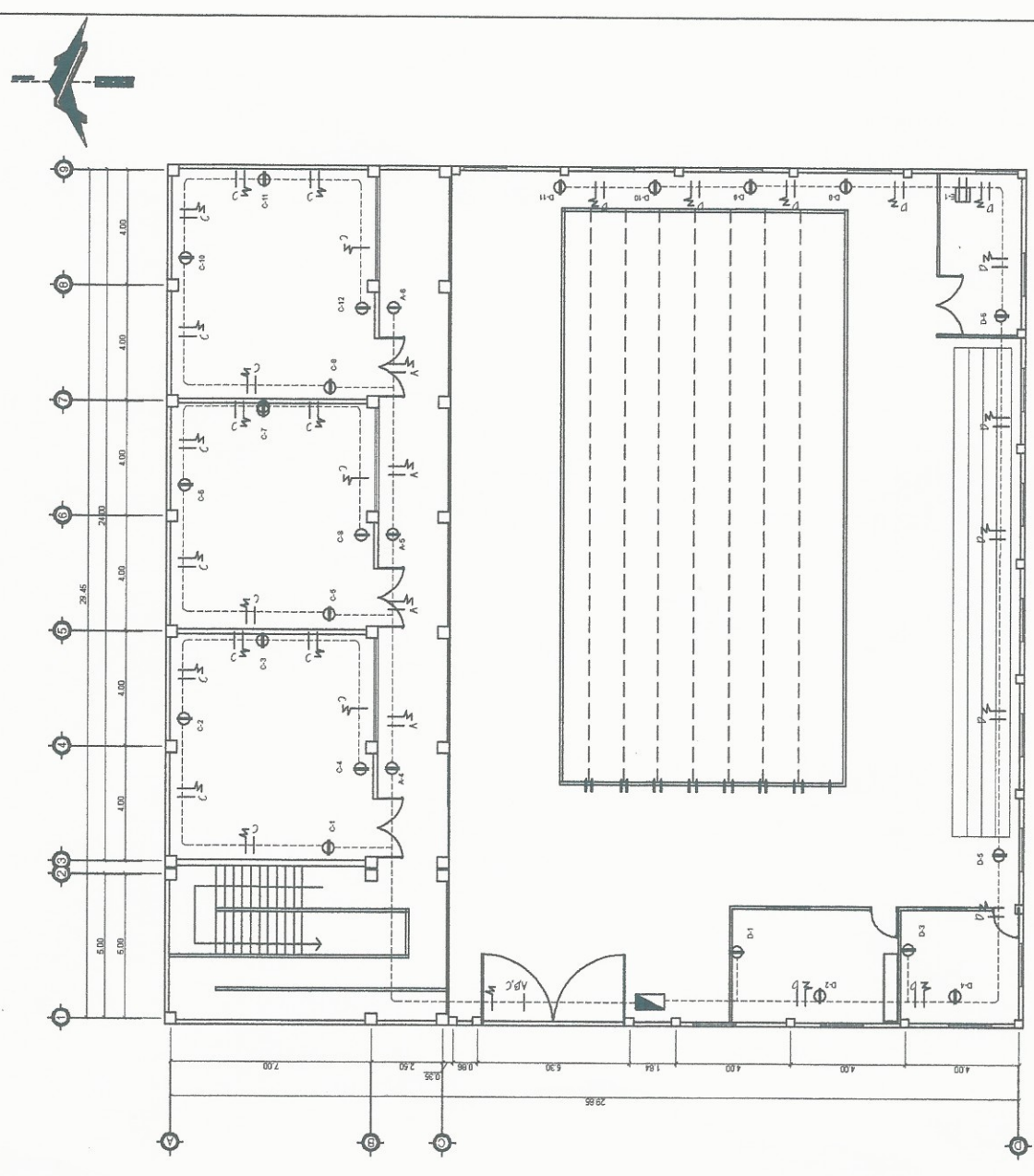
- ESPECIFICACIONES:**
- SE UTILIZARA TUBO POLIDUCTO DE 3/4" PARA 1 Y 3 CABLES Y DE 1/2" PARA 2 Y 3 CABLES.
 - LA IDENTIFICACION DEL ACTIVO ALAMBRE COLOR ROJO Y NEUTRO SERA MONOFASICA DE DOS Y TRES HILOS.
 - EL TIPO DE FORRO A UTILIZAR SERA THW DE ACUERDO AL CALIBRE CALCULADO.
 - EL RIP-ON GENERAL DEBERA INSTALARSE A UNA ALTURA DE 1.70 MT. S.N.P.

- OBSERVACIONES:**
- EN EL CASO DE LA TUBERIA QUE IRA BAJO EL PISO SE DEBERA DE COLOCAR ANTES DE INSTALAR LA SOLERA DE HUMEDAD PARA EVITAR ROMPER ESTA AL MOMENTO DE HACER LA INSTALACION ELECTRICA.

LEYENDA	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD
1	TUBO POLIDUCTO 3/4" X 1.70 MT.	M	1
2	TUBO POLIDUCTO 1/2" X 1.70 MT.	M	1
3	TUBO POLIDUCTO 3/4" X 1.70 MT.	M	1
4	TUBO POLIDUCTO 1/2" X 1.70 MT.	M	1
5	TUBO POLIDUCTO 3/4" X 1.70 MT.	M	1
6	TUBO POLIDUCTO 1/2" X 1.70 MT.	M	1
7	TUBO POLIDUCTO 3/4" X 1.70 MT.	M	1
8	TUBO POLIDUCTO 1/2" X 1.70 MT.	M	1
9	TUBO POLIDUCTO 3/4" X 1.70 MT.	M	1
10	TUBO POLIDUCTO 1/2" X 1.70 MT.	M	1

PLANTA DE FUERZA, GIMNASIO MUNICIPAL
CASCO URBANO, ZONA 2
SAN LUCAS SACATEPEQUEZ, SACATEPEQUEZ

ESCALA: 1:100



SEGUNDO NIVEL, PLANTA DE FUERZA

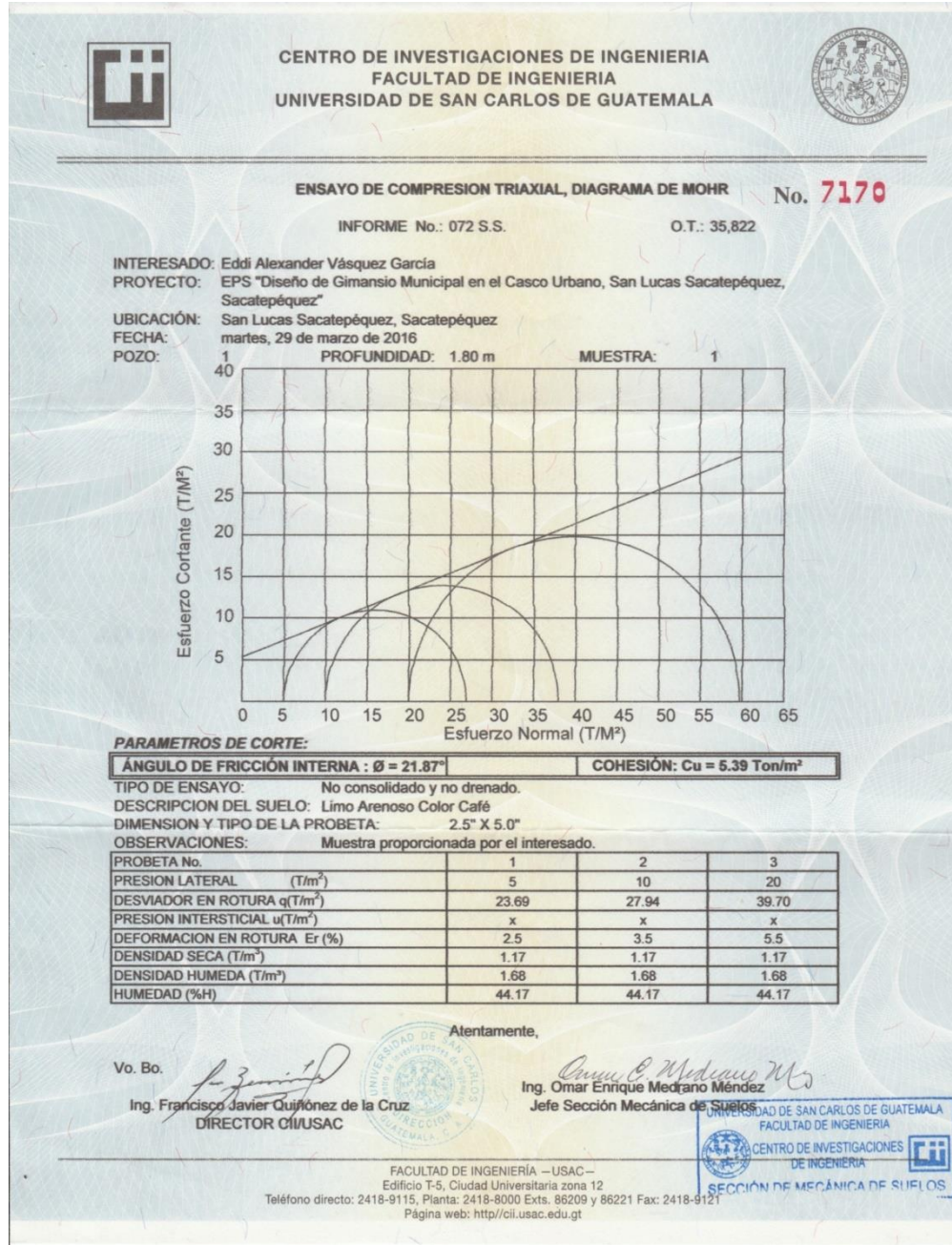
ESCALA: 1:100

Universidad de San Carlos de Guatemala
Ing. Luis Gregorio Alfaro Veliz
ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
Facultad de Ingeniería

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA	ESCALA	INDICADA
PROYECTO DISEÑO DE GIMNASIO MUNICIPAL, SAN LUCAS SACATEPEQUEZ, SACATEPEQUEZ	FECHA	SEPTIEMBRE DE 2016
UBICACION ZONA 2, SAN LUCAS SACATEPEQUEZ, SACATEPEQUEZ	DISEÑADOR	EDDIE VASQUEZ
CONTENIDO PLANTA FUERZA	DIBUJADOR	EDDIE VASQUEZ
ALCALDE MUNICIPAL MUNICIPIO DE SAN LUCAS MUNICIPALIDAD	HOJA	15 / 15

ANEXOS

Anexo 1. Resultados de ensayo de compresión triaxial



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería.

