



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

**DISEÑO DEL DRENAJE SANITARIO PARA EL BARRIO CIPRESALES Y
EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA LAS OFICINAS MUNICIPALES PARA EL
MUNICIPIO DE SAN ANDRÉS SAJCABAJÁ, DEPARTAMENTO DEL QUICHÉ**

Alexis Oswaldo Castro Rosales

Asesorado por el Ing. Ángel Roberto Sic García

Guatemala, enero de 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DEL DRENAJE SANITARIO PARA EL BARRIO CIPRESALES Y
EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA LAS OFICINAS MUNICIPALES PARA EL
MUNICIPIO DE SAN ANDRÉS SAJCABAJÁ, DEPARTAMENTO DEL QUICHÉ**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ALEXIS OSWALDO CASTRO ROSALES

ASESORADO POR EL ING. ÁNGEL ROBERTO SIC GARCÍA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, ENERO DE 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
VOCAL V	Br. Sergio Alejandro Donis Soto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Ángel Roberto Sic García
EXAMINADOR	Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**DISEÑO DEL DRENAJE SANITARIO PARA EL BARRIO CIPRESALES Y
EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA LAS OFICINAS MUNICIPALES PARA EL
MUNICIPIO DE SAN ANDRÉS SAJCABAJÁ, DEPARTAMENTO DEL QUICHÉ**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 21 de abril de 2010.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Alexis Oswaldo Castro Rosales', written over a faint, circular watermark or stamp.

Alexis Oswaldo Castro Rosales



Guatemala, 05 de abril de 2013
Ref.EPS.DOC.452.04.13

Inga. Sigrid Alitza Calderón de León
Directora Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimada Ingeniera Calderón de León.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Alexis Oswaldo Castro Rosales** con carné No. **200312450**, de la Carrera de Ingeniería Civil, , procedí a revisar el informe final, cuyo título es **"DISEÑO DEL DRENAJE SANITARIO PARA EL BARRIO CIPRESALES Y EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA LAS OFICINAS MUNICIPALES PARA EL MUNICIPIO DE SAN ANDRÉS SAJCAJAJÁ, DEPARTAMENTO DEL QUICHÉ"**.

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. Ángel Roberto Sic García
Asesor-Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Civil



c.c. Archivo
ARSG/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,
29 de abril de 2013

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

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DEL DRENAJE SANITARIO PARA EL BARRIO CIPRESALES Y EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA LAS OFICINAS MUNICIPALES PARA EL MUNICIPIO DE SAN ANDRÉS SAJCABAJÁ, DEPARTAMENTO DEL QUICHÉ**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Alexis Oswaldo Castro Rosales, con Carnet No. 200312450, quien contó con la asesoría del Ing. Ángel Roberto Sic García.

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 ENSEÑADA A TODOS

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

Abdeb.

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





Guatemala,
24 de julio de 2013

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

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación DISEÑO DEL DRENAJE SANITARIO PARA EL BARRIO CIPRESALES Y EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA LAS OFICINAS MUNICIPALES PARA EL MUNICIPIO DE SAN ANDRÉS SAJCABAJÁ, DEPARTAMENTO DEL QUICHÉ, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Alexis Oswaldo Castro Rosales, quien contó con la asesoría del Ing. Ángel Roberto Sic García.

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

/bbdeb.

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua





Guatemala, 02 de agosto de 2013
Ref.EPS.D.535.08.13

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

Estimado Ingeniero Montenegro Franco.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"DISEÑO DEL DRENAJE SANITARIO PARA EL BARRIO CIPRESALES Y EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA LAS OFICINAS MUNICIPALES PARA EL MUNICIPIO DE SAN ANDRÉS SAJCABAJÁ, DEPARTAMENTO DEL QUICHÉ"** que fue desarrollado por el estudiante universitario **Alexis Oswaldo Castro Rosales**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Ángel Roberto Sic García.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"


Ing. Juan Merck Cos
Director Unidad de EPS
Universidad de San Carlos de Guatemala
DIRECCIÓN
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
Facultad de Ingeniería

JMC/ra



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Ángel Roberto Sic García y del Coordinador de E.P.S. Ing. Juan Merck Cos, al trabajo de graduación del estudiante Alexis Oswaldo Castro Rosales, titulado DISEÑO DEL DRENAJE SANITARIO PARA EL BARRIO CIPRESALES Y EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA LAS OFICINAS MUNICIPALES PARA EL MUNICIPIO DE SAN ANDRÉS SAJCABAJÁ, DEPARTAMENTO DEL QUICHÉ, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.


Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, noviembre 2013

/bbdeb.

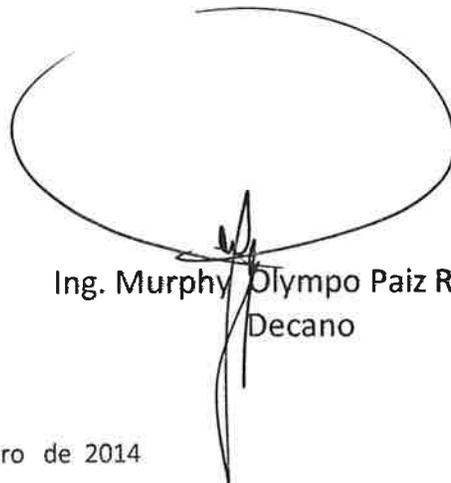
Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua





El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DEL DRENAJE SANITARIO PARA EL BARRIO CIPRESALES Y EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA LAS OFICINAS MUNICIPALES PARA EL MUNICIPIO DE SAN ANDRÉS SAJCABAJÁ, DEPARTAMENTO DEL QUICHÉ**, presentado por el estudiante universitario **Alexis Oswaldo Castro Rosales**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano



Guatemala, 9 de enero de 2014

/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

Mi madre

Francisca Aura Rosales Tahay, hoy soy ingeniero civil y lo debo a la fuerza de tu juventud dedicada a mí, al desgaste de tus ojos a consecuencia del trabajo, la forma tan especial en que me has encomendado a Dios, al amor desde cuando estuve en tu vientre; que este éxito sea una mínima recompensa a tus sacrificios.

AGRADECIMIENTOS A:

- Dios** Por estar conmigo en todo momento, darme sabiduría, dirección, fuerza, protección y permitirme lograr este triunfo.
- Mi madre** Francisca Aura Rosales Tahay, por sus múltiples sacrificios, apoyo y amor incondicional que me ha brindado; a ella dedico este triunfo alcanzado.
- Mis abuelos** Lucia Nemecia Tahay de Rosales y Miguel Fidel Rosales (q.e.p.d.), por su cariño, amor y sus buenos consejos; los llevo siempre en mi corazón.
- Mi esposa** Por darme su amor, cariño, atención y compañía en esta última etapa de trabajo.
- Mi hermano y su esposa** Con cariño y aprecio, por su comprensión y apoyo; que mi triunfo sea un ejemplo para que sigan adelante.
- Mi sobrina** Aura Castro Lool, con amor.

Mis tíos y primos

Con especial aprecio y cariño.

**Mis amigos y
compañeros**

Ángel Filippi, José Ovalle, Estuardo Chay, Juan García, Carlos Sobalvarro y a todos los que de una u otra forma contribuyeron con mis conocimientos, motivación y consejos para alcanzar este triunfo.

**La Universidad de San
Carlos de Guatemala**

En especial a la Facultad de Ingeniería, por darme la oportunidad de expandir mis conocimientos científicos, técnicos y éticos en tan prestigiosa casa de estudios.

**Ing. Ángel Roberto Sic
García**

Por el apoyo técnico-profesional, brindado de manera incondicional y por su valiosa asesoría al presente trabajo de graduación.

**La Municipalidad de San
Andrés Sajcabajá**

Por permitirme realizar mi Ejercicio Profesional Supervisado en sus instalaciones.

Usted

Con respeto y agradecimiento, que Dios lo bendiga y lo llene de éxitos en el futuro.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XV
RESUMEN.....	XXI
OBJETIVOS.....	XXIII
INTRODUCCIÓN	XXV
1. FASE DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.1. Monografía del municipio de San Andrés Sajcabajá, departamento del Quiché	1
1.1.1. Generalidades	1
1.1.1.1. Nombre del municipio	1
1.1.1.2. Antecedentes históricos.....	2
1.1.1.3. Área geográfica	3
1.1.1.4. Colindancias	4
1.1.1.5. Topografía	5
1.1.1.6. Aspectos climáticos	5
1.1.1.7. Servicios públicos	6
1.1.1.8. Actividades económicas	8
1.1.1.9. Población.....	9
2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL	13
2.1. Diseño del sistema de drenaje sanitario para el barrio Cipresales del municipio de San Andrés Sajcabajá	13
2.1.1. Descripción del proyecto a desarrollar.....	13

2.1.2.	Levantamiento topográfico	14
2.1.2.1.	Altimetría	14
2.1.2.2.	Planimetría	15
2.1.3.	Período de diseño	15
2.1.4.	Cálculo de población futura	16
2.1.5.	Factor de Harmond	17
2.1.6.	Parámetros de diseño	17
2.1.6.1.	Cálculo de caudales	18
2.1.6.1.1.	Caudal domiciliar (Qdom)	18
2.1.6.1.2.	Caudal comercial (Qcom)	19
2.1.6.1.3.	Caudal industrial (Qind)	19
2.1.6.1.4.	Caudal conexiones ilícitas (Qi)	19
2.1.6.1.5.	Caudal de infiltración (Qinf)	20
2.1.6.1.6.	Factor de caudal medio	21
2.1.6.2.	Caudal de diseño.....	22
2.1.6.3.	Diseño de secciones y pendientes	22
2.1.6.4.	Velocidades máximas y mínimas	23
2.1.7.	Cotas Invert.....	23
2.1.8.	Pozos de visita	24
2.1.8.1.	Especificaciones técnicas.....	25
2.1.9.	Obras de protección	29
2.1.10.	Diseño de fosa séptica	30
2.1.11.	Dimensionamiento de pozos de absorción.....	34

2.1.12.	Ejemplo de diseño de un tramo	35
2.1.13.	Estudio de Impacto Ambiental	41
2.1.14.	Elaboración de planos finales.....	44
2.1.15.	Presupuesto.....	45
2.1.16.	Cronograma de ejecución.....	47
2.1.17.	Evaluación socioeconómica.....	50
2.1.17.1.	VPN (Valor Presente Neto).....	50
2.1.17.2.	TIR (Tasa Interna de Retorno)	53
2.2.	Diseño del edificio municipal de dos niveles para el municipio de San Andrés Sajcabajá, departamento del Quiché	55
2.2.1.	Descripción del proyecto	55
2.2.2.	Investigación preliminar	55
2.2.2.1.	Terreno disponible	56
2.2.2.2.	Análisis de suelos	56
2.2.3.	Diseño arquitectónico	58
2.2.3.1.	Ubicación del edificio dentro del terreno	59
2.2.3.2.	Distribución de ambientes.....	59
2.2.3.3.	Altura del edificio	59
2.2.3.4.	Selección del sistema estructural a utilizar	59
2.2.4.	Análisis estructural.....	60
2.2.4.1.	Predimensionamiento estructural	60
2.2.4.2.	Cargas horizontales y verticales aplicadas a los marcos rígidos.....	64
2.2.4.3.	Modelos matemáticos de marcos rígidos.....	82

2.2.4.4.	Análisis de marcos rígidos a través del uso de software	109
2.2.4.5.	Momentos últimos por envolvente de momentos.....	112
2.2.4.6.	Diagramas de momentos y cortes últimos.....	114
2.2.5.	Diseño estructural	123
2.2.5.1.	Losas.....	123
2.2.5.2.	Vigas	131
2.2.5.3.	Columnas	136
2.2.5.4.	Zapatas	144
2.2.5.5.	Gradas	165
2.2.6.	Instalaciones eléctricas	171
2.2.7.	Instalaciones hidráulicas	173
2.2.8.	Instalaciones sanitarias	175
2.2.9.	Planos constructivos	178
2.2.10.	Presupuesto	178
2.2.11.	Estudio de Impacto Ambiental.....	181
2.2.12.	Cronograma de ejecución	184
CONCLUSIONES.....		189
RECOMENDACIONES		191
BIBLIOGRAFÍA.....		193
APÉNDICES.....		195
ANEXOS.....		241

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Mapa 1:50 000 del municipio	4
2.	Ubicación geográfica del municipio	5
3.	Detalle de pozo de visita típico.....	25
4.	Área tributaria.....	61
5.	Simetría de marcos en el edificio	74
6.	Localización del centro de masa y centro de rigidez	78
7.	Marco típico sentido Y, cargas verticales y horizontales.....	81
8.	Marco típico sentido X, cargas verticales y horizontales.....	81
9.	Diagrama de iteraciones, carga muerta eje Y	96
10.	Diagrama de momentos carga muerta en vigas del eje Y (resultado método Kani).....	99
11.	Diagrama de momentos carga muerta en columnas del eje Y (resultado método Kani).....	100
12.	Diagrama de momentos carga viva en vigas del eje Y (resultado método Kani).....	101
13.	Diagrama de momentos carga viva en columnas del eje Y (resultado método Kani).....	102
14.	Esquema de iteraciones, carga sísmica eje Y.....	106
15.	Diagrama de momentos carga horizontal en vigas del eje Y (resultado método Kani).....	107
16.	Diagrama de momentos carga horizontal en columnas del eje Y (resultado método Kani).....	108
17.	Diagrama de momentos carga muerta eje Y (resultado ETABS)....	109

18.	Diagrama de momentos carga viva eje Y (resultado ETABS)	110
19.	Diagrama de momentos carga horizontal eje Y (resultado ETABS).....	111
20.	Diagrama de momentos últimos en vigas eje Y.....	115
21.	Diagrama de momentos últimos en columnas eje Y.....	116
22.	Diagrama de cortes últimos en vigas eje Y.....	117
23.	Diagrama de cortes últimos en columnas eje Y.....	118
24.	Diagrama de momentos últimos en vigas eje X.....	119
25.	Diagrama de momentos últimos en columnas eje X.....	120
26.	Diagrama de cortes últimos en vigas eje X.....	121
27.	Diagrama de cortes últimos en columnas eje X.....	122
28.	Distribución de losas.....	124
29.	Momentos actuantes en losa uno del primer nivel.....	127
30.	Momentos actuantes en losas del primer nivel.....	127
31.	Momentos balanceados en losas del primer nivel	129
32.	Diagrama de momentos y cortes últimos en viga analizada.....	131
33.	Áreas de acero requeridas en viga analizada.....	133
34.	Sección de zapata	144
35.	Corte simple en zapata	148
36.	Corte punzonante en zapata.....	149
37.	Zapata combinada	151
38.	Predimensionamiento de zapata combinada.....	152
39.	Cargas equivalentes en el centro geométrico.....	154
40.	Presiones sobre el suelo.....	156
41.	Presiones sobre el cimiento.....	157
42.	Presión ultima bajo el cimiento	158
43.	Presión ultima por metro lineal	159
44.	Diagrama de corte y momento para zapata combinada	161
45.	Vigas transversales	163

46.	Dimensiones de escaleras	167
47.	Distribución de cargas y momentos en gradas	169
48.	Ábaco para el cálculo de tuberías de agua fría	174

TABLAS

I.	Población, sexo, grupos por edad y residencia	9
II.	Población, grupo étnico y pertenencia étnica	10
III.	Proyección de población anual	11
IV.	Parámetros de diseño	36
V.	Presupuesto del drenaje sanitario	46
VI.	Cronograma de ejecución del drenaje sanitario	48
VII.	Presión máxima permisible del suelo para la estructura	58
VIII.	Cálculo del centro de rigidez en el segundo nivel	77
IX.	Fuerza por marco por torsión del segundo nivel	78
X.	Cálculo del centro de rigidez en el primer nivel	79
XI.	Fuerza por marco por torsión del primer nivel	80
XII.	Envolvente de momentos	113
XIII.	Cálculo de acero	134
XIV.	Diseño de instalación eléctrica	172
XV.	Gastos de accesorios para método de Hunter	173
XVI.	Diámetros mínimos de tubos para subramales	175
XVII.	Unidades de Hunter de contribución de los aparatos sanitarios y diámetro nominal de los ramales de descarga	176
XVIII.	Dimensiones de ramales de drenajes	176
XIX.	Área máxima a drenar con tubería PVC para drenaje pluvial	177
XX.	Presupuesto edificio municipal	179
XXI.	Cronograma de ejecución	185

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
@	A razón (espaciamiento)
Hviga	Altura de la viga
Apv	Altura del pozo de visita
HPV	Altura del pozo de visita
A	Área
Asvarilla	Área de acero de la varilla
As	Área de acero de refuerzo
Asmax	Área de acero máximo permitido
Asmin	Área de acero mínimo permitido
Ast	Área de acero por temperatura
Asreq	Área de acero requerida
Ap	Área de punzonamiento
Az	Área de zapata
Ag	Área gruesa, área total de la sección
At	Área tributaria
b	Base
Pcr	Carga crítica
CM	Carga muerta
CU	Carga última
CV	Carga viva
Q	Caudal a sección llena
Qi	Caudal de conexiones ilícitas
Qd	Caudal de diseño

Q_{in}	Caudal de infiltración
Q_{dom}	Caudal domiciliario
Q_m	Caudal medio
Q_{md}	Caudal medio diario
cm	Centímetro
C	Coefficiente de escurrentía
n	Coefficiente de rugosidad, fórmula Hazen Williams
ψ_P	Coefficiente promedio que mide el grado de empotramiento a la rotación
ψ_B	Coefficiente que mide el grado de empotramiento a la rotación de una columna, en su extremo inferior
ψ_A	Coefficiente que mide el grado de empotramiento a la rotación de una columna, en su extremo superior
V_u	Corte último
C_{ti}	Cota del terreno inicial
C_{FT}	Cota final del terreno
C_{IT}	Cota inicial del terreno
C_{IE}	Cota Invert entrada
C_{IS}	Cota Invert salida
∅	Diámetro de la tubería
Dot	Dotación
E	Esbeltez de la columna
Est	Estación
F_{cu}	Factor de carga última
f_{qm}	Factor de caudal medio
ū	Factor de corrimiento
β_d	Factor de flujo plástico del concreto
F.H.	Factor de Harmond
Φ	Factor de reducción de resistencia

Fr	Factor de retorno
hab	Habitantes
I	Intensidad de lluvia
kg	Kilogramo fuerza
kg/cm²	Kilogramo fuerza por centímetro cuadrado
kg/m³	Kilogramo fuerza por metro cúbico
lb	Libra
lb/plg	Libra por pulgada
lb/plg²	Libra por pulgada cuadrada
Psi	Libra por pulgada cuadrada
liq	Líquido
l/día	Litro por día
l/s/día	Litro por segundo por día
l	Litros
l/hab/día	Litros por habitante por día
l/s	Litros por segundo
l/s/hab	Litros por segundo por habitante
long	Longitud
δ	Magnificador de momentos
PVC	Material fabricado a partir de cloruro de polivinilo
m	Metro
m²	Metro cuadrado
m³	Metro cúbico
m³/s	Metro cúbicos por segundo
m/s	Metro por segundo
mm	Milímetros
Es	Módulo de elasticidad del acero
Ec	Módulo de elasticidad del concreto
M	Momento

MS	Momento debido a la carga de sismo
MCM	Momento debido a la carga muerta
MCV	Momento debido a la carga viva
M -	Momento negativo
M +	Momento positivo
Mu	Momento último
n.h.	Número de habitantes
n.h.f	Número de habitantes futuro
N	Número de población
S	Pendiente
S %	Pendiente en porcentaje
d	Peralte
T	Período fundamental de la estructura
W	Peso
γ_c	Peso específico del concreto
γ_s	Peso específico del suelo
P	Población
Pf	Población futura
Po	Población inicial
ρ_{Bal}	Porcentaje de acero en la falla balanceada
ρ_{Max}	Porcentaje de acero máximo permitido en un elemento
ρ_{Min}	Porcentaje de acero mínimo permitido en un elemento
PV	Pozo de visita
Hp	Profundidad del pozo de absorción
plg	Pulgada
rec	Recubrimiento
d / D	Relación de diámetros

f'c	Resistencia a la compresión del concreto
fy	Resistencia a la fluencia del acero de refuerzo
K	Rigidez
R	Tasa de crecimiento de la población
t	Tonelada
t-m	Tonelada metro
t/m²	Tonelada por metro cuadrado
t/m³	Tonelada por metro cúbico
t/m	Tonelada por metro lineal
Vs	Valor soporte del suelo
v	Velocidad de diseño
V	Velocidad del flujo a sección llena
vol	Volumen
vexc	Volumen de excavación

GLOSARIO

ACI	Instituto Americano del Concreto.
Aguas negras	Se refiere a las aguas de desecho provenientes de usos domésticos, comerciales e industriales.
Altimetría	Parte de la topografía que trata de la medida de longitud vertical del terreno, que indica la diferencia de altitud entre el punto en que se está situado y un punto de referencia.
Análisis estructural	Proceso para determinar la respuesta de la estructura ante las acciones exteriores que puedan afectarla.
Candela	Receptáculo donde se reciben las aguas negras provenientes del interior de la vivienda y que los conduce al sistema de drenaje.
Carga de diseño	Suma de cargas viva y muerta con el respectivo factor de seguridad.
Carga muerta	Carga que permanece constante a través del tiempo.
Carga viva	Carga no permanente en la estructura.

Caudal	Es el volumen de agua que pasa por una sección de flujo por unidad de tiempo.
Colector	Tubería generalmente de servicio público, que recibe y conduce las aguas negras indeseables de la población al lugar de descarga.
Colector principal	Sucesión de tramos, que partiendo de la descarga, siguen la dirección de los gastos mayores.
Concreto	Mezcla adecuadamente proporcionada de cemento, agregado fino (arena) agregado grueso (piedrín o grava) y agua.
Cota Invert	Cota de la parte inferior del tubo ya instalado.
Cota de terreno	Es la altura de un punto sobre un plano de referencia.
Deflexión	Deformación de los elementos estructurales que se presentan en forma de curvatura del eje longitudinal, al ser cargados.
Densidad	Relación entre la masa y el volumen de un cuerpo.
Descarga	Lugar donde se vierten las aguas negras provenientes de un colector, las que pueden estar crudas o tratadas.

Dotación	Estimación de la cantidad de agua promedio que consume cada habitante por día.
Efluente	Es el término general para el líquido que ha sufrido algún tipo de tratamiento y/o separación de los sólidos.
EPS	Ejercicio Profesional Supervisado.
Estación	Cada uno de los puntos en el que se coloca el instrumento topográfico, en cualquier operación de levantamiento planimétrico o de nivelación.
Estribo	Elemento de una estructura que resiste al esfuerzo cortante.
Excentricidad	Distancia comprendida entre el centro de masa y el centro de rigidez de una estructura.
INE	Instituto Nacional de Estadística.
INFOM	Instituto de Fomento Municipal.
Límite de fluencia	Deformación anormal que se produce en los cuerpos sólidos sometidos durante bastante tiempo a fuerzas permanentes.

Medidas de mitigación	Conjunto de acciones y obras a implementarse para reducir, atenuar o eliminar el impacto de las amenazas, mediante la disminución de la vulnerabilidad de los sistemas y los componentes.
Momento	Magnitud resultante del producto del valor de una fuerza por su distancia a un punto de referencia.
Muro	Elemento generalmente vertical, empleado para encerrar o separar espacios.
OMP	Oficina Municipal de Planificación.
Período de diseño	Tiempo durante el cual, la obra diseñada presentará un servicio satisfactorio.
Planimetría	Parte de la topografía que trata de la medida de longitud horizontal del terreno y de la medida de superficies horizontales del mismo.
Pozo de visita	Obra accesoria de un sistema de alcantarillado que permite el acceso al colector y cuya finalidad es facilitar el mantenimiento del sistema para que funcione eficientemente.
Predimensionar	Es dar medidas preliminares a los elementos que componen una estructura y que serán utilizados para soportar las cargas aplicadas.

Punzonamiento	Efecto producido por una fuerza que insiste sobre una superficie pequeña, obligando a esta a penetrar en el interior del elemento o pieza a que pertenece.
Rigidez	Flexibilidad de una barra, su poca flexibilidad da un valor máximo de esfuerzo aplicado a la barra.
TIR	Tasa Interna de Retorno.
Topografía	Es la ciencia que determina las dimensiones y el contorno (o características tridimensionales) de la superficie de la tierra a través de la medición de distancias, direcciones y elevaciones.
VPN	Valor Presente Neto.

RESUMEN

El presente trabajo de graduación es el resultado del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS); desarrollado en el municipio de San Andrés Sajcabajá, departamento del Quiché. Este describe el procedimiento seguido para diseñar el drenaje sanitario del barrio Cipresales y el edificio municipal en la cabecera de dicho municipio.

El capítulo I contiene la fase de investigación donde se detalla la monografía del municipio, así como un diagnóstico de las principales necesidades de servicios e infraestructura.

Se desarrolla al inicio del capítulo II el diseño del drenaje sanitario del barrio Cipresales, se describen las consideraciones tomadas para lograr el buen funcionamiento del sistema durante el tiempo que dure la vida útil y las medidas de mitigación que se deben llevar a cabo para minimizar el impacto ambiental.

Luego en el mismo capítulo se detalla los procedimientos seguidos para diseñar el edificio municipal. Este edificio tendrá dos niveles, los cuales albergarán las oficinas necesarias para que los empleados municipales puedan brindar un buen servicio a los vecinos del lugar.

Por último se plantean las conclusiones y recomendaciones. También da a conocer el presupuesto, el cronograma de ejecución y los planos que corresponden a cada proyecto.

OBJETIVOS

General

Diseñar el sistema de drenaje sanitario para el barrio Cipresales del municipio de San Andrés Sajcabajá, departamento del Quiché y diseñar el edificio de dos niveles que albergará las oficinas municipales del municipio de San Andrés Sajcabajá, departamento del Quiché.

Específicos

1. Realizar una investigación tipo monográfica que diagnostique las necesidades de servicios básicos y de infraestructura para el municipio de San Andrés Sajcabajá, departamento del Quiché.
2. Mejorar las condiciones sanitarias del barrio Cipresales, para disminuir la contaminación producida por las aguas servidas, descargadas a cielo abierto.
3. Brindar comodidad a los habitantes del municipio, al momento de realizar trámites en el edificio municipal.

INTRODUCCIÓN

El Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) tiene como finalidad que el estudiante practique los conocimientos adquiridos a lo largo de la formación profesional, ya que la formación académica queda, en ocasiones, solamente en la teoría. En el desarrollo del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), el estudiante contribuirá con aspectos técnicos a dar solución a problemas que aquejan a varios municipios de la república de Guatemala, en este caso San Andrés Sajcabajá del departamento del Quiché.

Al analizar las necesidades del municipio en aspectos que conciernen a la carrera de Ingeniería Civil, se detectó, conjuntamente con la Oficina Municipal de Planificación (OMP), que se necesita el diseño y planificación de un edificio que aloje la sede municipal y el diseño y planificación del drenaje sanitario para el barrio Cipresales. Estos proyectos serán diseñados con base en normas y estándares existentes en el medio y con la tutela de profesionales que tienen amplia experiencia.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1. Monografía del municipio de San Andrés Sajcabajá, departamento del Quiché.

Como parte de la investigación, para el desarrollo adecuado del servicio técnico profesional, se realizó una monografía propia del municipio en donde se llevarán a cabo los proyectos, conteniendo la información necesaria para el desarrollo de estos.

1.1.1. Generalidades

En los siguientes subtítulos se describen aspectos importantes del municipio de San Andrés Sajcabajá, tales como el origen del nombre del municipio, antecedentes históricos, características del área geográfica, municipios colindantes, topografía, clima, servicios públicos disponibles, actividades económicas y datos importantes de la población.

1.1.1.1. Nombre del municipio

Antiguamente, los habitantes denominaban a San Andrés Sajcabajá como Tzutujá que significa Agua Florida. Su nombre se deriva de los vocablos quichés *zac* y *kabaja*, que viene de *ha*, casa; *kava*, sacrificio y *zak*, blanco es decir casa blanca de sacrificio.

1.1.1.2. Antecedentes históricos

En el período precolombino, el área era conocida como Sajcabajá y era poblada por una de las cúpulas del reino de K'iche' de Gumarcaj. Después de haber vencido al ejército k'iche' bajo el mando de Tecún Umán, los españoles establecieron su presencia en Sajcabajá entre 1552 y 1580, cuando el convento dominicano de Sacapulas fue puesto a cargo de la conversión de la población, a través del sistema de reducciones.

Durante el período colonial, San Andrés Sajcabajá era una escala entre Joyabaj y Sacapulas en el Camino Real, que conectaba la capital de Guatemala (en aquel tiempo situado en Tecpán) con Chiapas. Este municipio perteneció a la alcaldía mayor de Sololá. En 1825, al ser dividido el estado de Guatemala en departamentos, San Andrés pasó a integrar el departamento de Suchitepéquez-Sololá, hasta el 2 de agosto de 1872, que fue creado el departamento de Quiché, con municipios desmembrados de Sololá y Totonicapán.

En su historia reciente, San Andrés Sajcabajá sufrió las consecuencias del conflicto armado interno (1960-1996). La situación fue particularmente difícil entre los años 1981-1984, cuando el ejército guatemalteco estableció un destacamento militar en el convento católico del pueblo e inició una campaña de represión contra la población civil. San Andrés Sajcabajá fue establecido como municipio en 1892.

El idioma predominante es el k'iche', con cierto regionalismo. El traje original fue confeccionado por las mujeres en el departamento de Totonicapán. Consta de un corte tejido de hilo de algodón con colores amarillo, rojo y blanco básicamente; el güipil de seda (actualmente es una blusa de encaje) y una cinta con grandes borlas que cuelgan en la cabellera. No fue así el caso de la

creación del traje del hombre, el cual consiste en un pantalón blanco y una camisa de colores llamativos y otros a cuadros, conocidos como Cotón, un sombrero blanco de palma, una banda roja para el sostén del pantalón, caites con suela de hule y un morral.

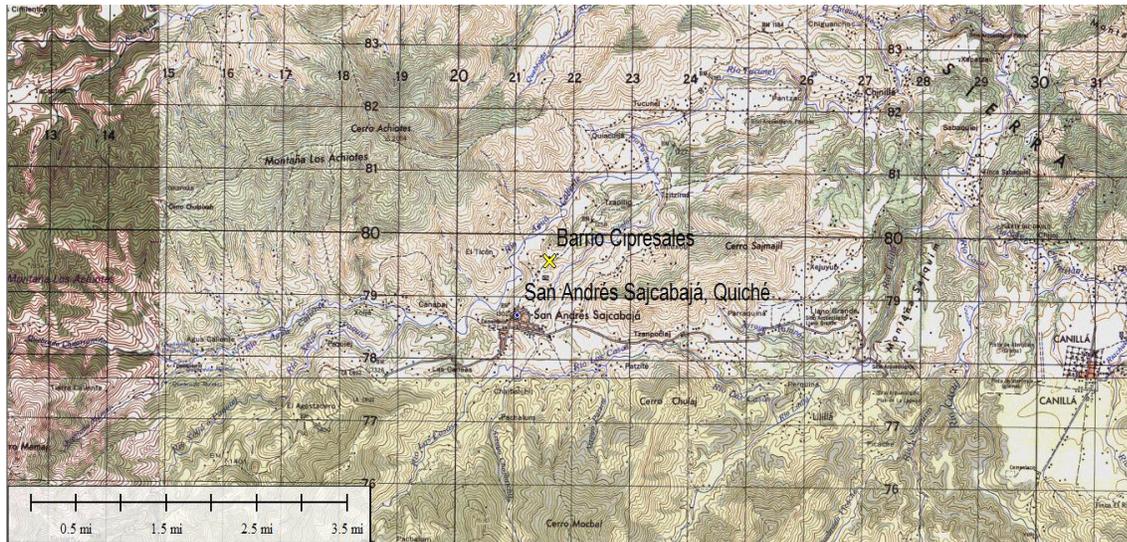
La feria titular se celebra el 30 de noviembre, en honor a San Andrés Apóstol.

1.1.1.3. Área geográfica

El municipio de San Andrés Sajcabajá tiene un territorio de 446 km², que representa un 5.32 % del área total del departamento del Quiché y está conformada del pueblo de San Andrés Sajcabajá, y 72 comunidades rurales, las cuales están divididas en XII micro regiones. La gran mayoría de la población (89 %) pertenece a la etnia k'iche'.

El municipio se encuentra dentro de las coordenadas latitud 15° 10' 31" y Longitud 90° 56' 36" y está situado en la Sierra de Chuacús. El pueblo y las comunidades rurales se encuentran a una altitud que varía entre 1 000 y 2 000 msnm; el parque central del pueblo se encuentra a una altura de 1 315 msnm.

Figura 1. **Mapa topográfico del municipio de San Andrés Sajcabajá**



Fuente: Instituto Geográfico Nacional (IGN), Hoja cartográfica San Andrés Sajcabajá.

1.1.1.4. Colindancias

Colinda al norte con Cunén y Uspantán; al este con Canillá y Cubulco (Baja Verapaz); al sur con Chinique y Zacualpa y al oeste con San Pedro Jocopilas, San Bartolomé Jocotenango y Sacapulas.

Figura 2. **Ubicación geográfica del municipio de San Andrés Sajcabajá**



Fuente: Oficina Municipal de San Andrés Sajcabajá.

1.1.1.5. Topografía

La topografía del lugar es irregular, pendientes pronunciadas en las zonas altas, cerros y lugares con amplias planicies. El suelo es de tipo sedimentario en gran parte; es arenoso y rocoso en las partes bajas. En la zona alta, en donde la temperatura es más baja, el suelo es arcilloso. En su mayor parte, el terreno local es agrícola.

1.1.1.6. Aspectos climáticos

El clima es montano alto seco, según la clasificación de Vade Mecum Forestal, con temperaturas medias que oscilan entre 20 °C y 23.5 °C, las máximas entre 28 °C y 32 °C y las mínimas entre 13 °C y 16 °C; la precipitación

anual varía entre 500 – 1 200 mm. La nubosidad promedio anual es de 4 a 5 octas; la velocidad del viento varía entre 1,9 m/s y 11 m/s. Mientras que la humedad relativa promedio anual oscila entre el 64 % al 85 %. El punto de rocío a 17 °C.

Los datos fueron obtenidos del Instituto Nacional de Sismología Vulcanología Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH), la estación meteorológica más cercana al municipio de San Andrés Sajcabajá es la Estación Chuitinamit y está ubicada en las coordenadas Latitud 15°17'18", Longitud 91°05'10", a una altura de 1 180 msn.

1.1.1.7. Servicios públicos

Agua: el 63 % del municipio cuenta con el servicio de agua entubada, y el resto se abastece de ríos y pozos. En el área urbana, el 99 % de las casas cuentan con este servicio, la red de distribución es de PVC según indica el Centro de Atención Permanente de Salud.

Drenaje: solo el casco urbano cuenta con drenaje sanitario, el cual ya tiene más de 25 años de servicio; el agua residual desfoga en los ríos aledaños al municipio, sin ser previamente tratada; no existe drenaje pluvial.

Energía eléctrica: el 50 % de las comunidades cuentan con este servicio. En el área urbana el 100 % de las casas cuentan con el servicio. El servicio es brindado por la empresa DEOCSA.

Sistema vial: el 40 % de las calles se encuentran adoquinadas, alrededor del 25 % se encuentran pavimentadas y el 35 % aún son de terracería.

Escuelas: en el área urbana se cuenta con dos escuelas oficiales de primaria y una escuela oficial de preprimaria; también existe un instituto de formación básica por cooperativa y actualmente se encuentra funcionando un colegio que provee formación primaria a la población.

Salud: existe un Centro de Atención Permanente que ofrece consultas y servicio de emergencia.

Mercado: la localidad cuenta con un mercado municipal, el cual no posee capacidad para albergar a la cantidad de vecinos de las comunidades que comercializan productos los días jueves y domingo, que son los días de plaza.

Instituciones: existen instituciones gubernamentales y no gubernamentales que contribuyen al desarrollo del municipio, entre las cuales están las siguientes:

- Banco de Desarrollo Rural (BANRURAL)
- Programa para el desarrollo de la mujer (PROMUJER)
- Juzgado de Paz
- Comité Nacional de Alfabetización (CONALFA)
- Policía Nacional Civil (PNC)
- Tribunal Supremo Electoral
- Voluntarios del Cuerpo de Paz
- Bomberos Municipales

Teléfono: no existen líneas domiciliarias, solamente teléfonos celulares de empresas privadas.

Cable: existen dos empresas de televisión por cable, que cubren toda el área urbana con un promedio de 30 canales.

Correos: se cuenta con una oficina de correos a nivel nacional e internacional.

Servicios recreativos: para actividades deportivas, existe un campo de fútbol y dos canchas tipo polideportivo.

Como zona turística, a siete kilómetros del casco urbano se encuentran nacimientos de aguas termales con azufre; la localidad es llamada Agua Caliente. También cuenta con un balneario con dos piscinas llamado El Ticón, que dista a dos kilómetros al norte de la zona urbana.

También, en dirección al suroeste, se localiza el cementerio municipal para el área urbana y comunidades colindantes.

1.1.1.8. Actividades económicas

Las principales fuentes de empleo son:

Ganadería: personas del casco urbano se dedican a la crianza de ganado bovino para la producción de carne, leche y sus derivados. Se practica también la crianza de ganado bovino y porcino, pero a baja escala.

Agricultura: entre los productos que se cosechan están el maíz y el frijol; estos se cultivan en la mayoría de comunidades y el principal destino es de consumo familiar y un pequeño porcentaje es vendido en el mercado local. Algunas comunidades con sistema de miniriego siembran tomate y cebolla. A

nivel familiar y en pequeña proporción, se cultiva naranja, mandarina, limón, aguacate, durazno, manzana y café; estos productos son de consumo familiar y son puestos al mercado local en pequeña proporción.

En la época de verano, algunas personas migran hacia fincas ubicadas en las costas del país, en busca de otras fuentes de empleo.

También se dedican a la fabricación de trajes típicos, los cuales son vendidos en la localidad y en otros departamentos a nivel artesanal.

1.1.1.9. Población

Actualmente el municipio de San Andrés Sajcabajá tiene una población total de 24 113 habitantes, 21 478 indígenas y 2 635 no indígenas, 2 375 en el área urbana y 21 738 en el área rural del municipio.

Tabla I. **Población, sexo, grupos por edad y residencia**

Población	Sexo		Grupos de edad (en años)						Área	
	Hombres	Mujeres	0-6	7 - 14	15 - 17	18 - 59	60 - 64	65 y más	Urbana	Rural
19 035	9 356	9 679	4 355	4 526	1 264	7 890	343	657	1 875	17 160

Fuente: Censos Nacionales XI de Población y VI de Habitación 2002.

El 50,85 % de la población es representada por mujeres. Del total de los habitantes del municipio, el 90,15 % reside en el área rural; el grupo por edad con mayor representatividad es el comprendido entre los 18 y 59 años de edad que comprende el 41,45 %.

Tabla II. **Población, grupo étnico y pertenencia étnica**

Población	Grupo étnico		Pertenencia étnica				
	Indígena	No indígena	Maya	Xinka	Garífuna	Ladina	Otra
19 035	16 955	2 080	16 857	1	0	2 165	12

Fuente: Censos Nacionales XI de Población y VI de Habitación 2002.

Según el censo poblacional el 89,07 % pertenece al grupo étnico indígena, la población ladina representa el 11,37 %.

Tabla III. **Proyección de población anual**

Año	Total	Hombres	Mujeres	Urbana	Rural	Indígena	No indígena
2002	19 035	9 356	9 679	1 875	17 160	16 955	2 080
2003	19 606	9 637	9 969	1 931	17 675	17 464	2 142
2004	20 194	9 926	10 268	1 989	18 205	17 988	2 207
2005	20 800	10 224	10 577	2 049	18 751	18 527	2 273
2006	21 424	10 530	10 894	2 042	19 314	19 083	2 341
2007	22 067	10 846	11 221	2 174	19 893	19 655	2 411
2008	22 729	11 172	11 557	2 239	20 490	20 245	2 484
2009	23 411	11 507	11 904	2 306	21 105	20 853	2 558
2010	24 113	11 852	12 261	2 375	21 738	21 478	2 635
2011	24 836	12 207	12 629	2 446	22 390	22 122	2 714
2012	25 581	12 574	13 008	2 520	23 062	22 786	2 795
2013	26 349	12 926	13 423	2 595	23 753	23 470	2 879
2014	27 134	13 339	13 795	2 673	24 466	24 174	2 966
2015	27 954	13 740	14 214	2 754	25 200	24 899	3 055

Fuente: elaborado con base en datos del XI Censo de Población 2002.

En la tabla III se presentaron las proyecciones de población, del 2002 al 2015, con base en la tasa de crecimiento poblacional para este municipio, la cual se estima en 3,0 %. Según el cuadro de estimaciones, para el 2011 la población total es de 24 836 habitantes, 2 446 en el área urbana y 22 390 en el área rural.

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

2.1. Diseño del sistema de drenaje sanitario para el barrio Cipresales del municipio de San Andrés Sajcabajá

Para brindar el servicio técnico profesional, y de acuerdo a lo concluido en la fase de investigación, se procede a desarrollar el proyecto de diseño del sistema de drenaje sanitario para el barrio Cipresales del municipio de San Andrés Sajcabajá.

2.1.1. Descripción del proyecto a desarrollar

El proyecto de introducción de drenaje sanitario del barrio Cipresales fue diseñado para un total de 1 056 habitantes, el período de diseño es para una duración de 35 años, la población futura a servir se estima en 3 183 habitantes.

El sistema tendrá una longitud de 2 422,15 metros, dividida en dos tramos con diferentes puntos de desfogue. Se utilizará tubería PVC Norma 3034, con diámetro de 6". El tratamiento que se le dará a las aguas residuales será por medio de fosas sépticas y pozos de absorción. Uno de los desfogues se conectará a la planta de tratamiento municipal, esta planta se tiene en fase de planificación.

Este proyecto consiste en el diseño del alcantarillado sanitario para el barrio Cipresales del municipio de San Andrés Sajcabajá. Dicha necesidad se identificó al investigar la problemática que viven los pobladores a raíz de la falta de este elemental servicio. La red que se diseñó presenta una longitud de

2 422,15 metros, para los cuales se diseñaron 46 pozos de visita. La tubería a utilizar será PVC Norma 3034 y tendrá un diámetro de 6". Las pendientes de la tubería se tomaron de acuerdo a las pendientes del terreno, para evitar rebasar las velocidades y caudales permitidos.

2.1.2. Levantamiento topográfico

Es el proceso de trabajo que se realiza previo a un estudio de proyecto de preinversión de una infraestructura básica, el cual conlleva dos actividades en campo: el trazo planimétrico y el trazo altimétrico.

Para este proyecto se utilizó el levantamiento topográfico de primer orden, este tipo de levantamiento se realiza con la mayor precisión posible y se utilizó el siguiente equipo:

- Teodolito marca Pentax TH-20DC No. 524463
- Estadal
- Plomada
- Cinta métrica
- Machete, trompos, pintura

2.1.2.1. Altimetría

Es la medición de las alturas de una superficie de la tierra, con el fin de representarlas gráficamente, para que junto con la planimetría, se defina la superficie en estudio, representada en tres dimensiones. Técnicamente se recomienda el nivel, por ser fabricado para tal fin, pero las medidas tomadas por el teodolito son correctas si se efectúa un buen levantamiento topográfico.

El levantamiento altimétrico debe ser preciso, y la nivelación debe ser realizada sobre el eje de las calles. Se deben tomar elevaciones en los siguientes puntos:

- En todos los cruces de calles
- En los puntos donde haya cambio de dirección
- En los puntos donde haya cambio de pendiente
- A distancias entre 20 y 30 metros
- En los principales puntos del cuerpo receptor donde se proyecta efectuar la descarga.

El método que se utilizó para este proyecto fue el de nivelación.

2.1.2.2. Planimetría

El levantamiento planimétrico, en el caso del diseño de drenajes, sirve para localizar la red dentro de las calles, indicar los pozos de visita y en general, para ubicar todos aquellos puntos de importancia.

El método que se utilizó para el levantamiento topográfico de este proyecto fue el de conservación de Azimut.

2.1.3. Período de diseño

Es el período de funcionamiento eficiente del sistema, pasado éste, es necesario rehabilitarlo.

Para determinar qué período utilizar, es necesario tomar en cuenta lo siguiente:

- Vida útil de las estructuras, se debe tomar en cuenta: antigüedad, desgaste y daño en el sistema.
- Crecimiento poblacional
- Desarrollo de la obra en sus primeros años
- Criterios del diseñador y basados en datos de instituciones como EMPAGUA, el Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF) y el Instituto de Fomento Municipal (INFOM), capítulo 2 de las Normas Generales para Diseño de Redes de Alcantarillado; recomiendan que las alcantarillas se diseñen para un período de 30 a 40 años. El diseño de este proyecto se adoptó para un período de 35 años.

Pasados los 35 años de funcionamiento, será necesario rehabilitarlo. Se asumió este período, al considerar los recursos económicos con los que cuenta el municipio y la vida útil de los materiales.

2.1.4. Cálculo de población futura

Para la estimación del número de habitantes de la población futura se utilizó el método del incremento geométrico, el cual tiene la siguiente ecuación:

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

Donde:

Pf = población futura [hab]

Po = población del último censo o actual [hab]

i = tasa de crecimiento poblacional [%]

n = período de diseño [años]

$$P_f = 1\,056 * (1 + 3,203 / 100)^{35} = 3\,183,42 \text{ aprox. } 3\,183 \text{ hab}$$

2.1.5. Factor de Harmond

También conocido como factor de flujo instantáneo, este es un factor que está en función del número de habitantes localizados en el área de influencia. Regula un valor máximo de las aportaciones por uso doméstico. Se calcula por medio de la ecuación de Harmond:

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

Donde:

F.H. = factor de Harmond

P = población acumulada dividido entre 1000

Es un factor que involucra a la población para servir en un tramo determinado, actúa en las horas pico o de mayor utilización del drenaje.

2.1.6. Parámetros de diseño

Para el diseño de sistemas de alcantarillado se deben conocer los parámetros, que a continuación se presentan; los cuales servirán de ayuda para realizar un trabajo de acuerdo con las necesidades y condiciones que se manifiesten.

2.1.6.1. Cálculo de caudales

En este numeral se describe el caudal domiciliar, el caudal comercial, el caudal industrial, el caudal de conexiones ilícitas, el caudal de infiltración, cada uno de los cuales se incluirá para el caudal de diseño.

2.1.6.1.1. Caudal domiciliar (Qdom)

Es el caudal que después de haber sido utilizado por los humanos, es desechado y conducido hacia la red de alcantarillado. Este caudal es afectado por el factor de retorno, el cual puede variar entre 0,75 a 0,95.

$$Q_{dom} = \frac{Pf * Dot * Fr}{86\ 400 \text{ s / día}}$$

Donde:

Qdom = caudal domiciliar [l/s]

Pf = población futura [hab]

Dot = dotación [l/hab/día]

Fr = factor de retorno [%]

$$Q_{dom} = \frac{3\ 183 * 120 * 0,85}{86\ 400}$$

$$Q_{dom} = 3,7577 \text{ l/s}$$

2.1.6.1.2. Caudal comercial (Q_{com})

Corresponde al caudal proporcionado por los distintos tipos de comercios que existen en la comunidad a servir.

La dotación de cada comercio se calcula aproximadamente de 600 a 3 000 litros/comercio/día. Para el cálculo de los caudales comerciales no se toma en cuenta el factor de retorno.

En el barrio Cipresales no existe ninguno de este tipo, por lo tanto el valor es cero ($Q_{com} = 0$).

2.1.6.1.3. Caudal industrial (Q_{ind})

Este caudal varía dependiendo del tipo de industria a servir. Si no se tiene el valor de la dotación asignada a dicha industria, se puede asumir un valor que varía de 16 000 a 18 000 litros/industria/día. Para el cálculo de este tipo de caudal tampoco se aplica el factor de retorno.

En el barrio Cipresales no existe ninguno de este tipo, por lo tanto el valor es cero ($Q_{ind} = 0$).

2.1.6.1.4. Caudal conexiones ilícitas (Q_i)

Este término se refiere tanto a las conexiones propiamente ilícitas como a las producidas en invierno por las conexiones incorrectas de bajadas de techos, patios, escorrentías superficiales, etc. Existen diversidades de formas

de tomar un valor para este caudal. En este caso se utilizó el 10 % del caudal doméstico según las Normas de UNEPAR.

$$Q_i = 0,10 * Q_{dom}$$

Donde:

Q_i = caudal de conexiones ilícitas [l/s]

Q_{dom} = caudal domiciliar [l/s]

$$Q_i = 0,10 * 3,7577$$

$$Q_i = 0,37577$$

2.1.6.1.5. Caudal de infiltración (Q_{inf})

Es el caudal que se infiltra en el alcantarillado, el cual depende de la profundidad de la tubería, del terreno y de la capa freática, la posibilidad de inundaciones periódicas, la determinación de futuras roturas en juntas y otras estructuras debido a los temblores de tierras o asentamientos, tipo de juntas, calidad de mano de obra y de la supervisión técnica.

Puede calcularse por litros diarios por kilómetro de tubería; se incluye la longitud de la tubería de las conexiones domiciliarias, que supone un valor de 6,00 m. por cada casa, cuya dotación de infiltración varía entre 12 000 y 18 000 litros/km./día.

$$Q_{inf} = \frac{F_{inf} * Long. tub}{86\ 400}$$

Donde:

F_{inf} = factor de infiltración (1600-18,000 litros/km/día)

Long. tub = longitud de la tubería [km]

$$Q_{inf} = \frac{18\,000 * 2,42215}{86\,400}$$

$$Q_{inf} = 0,5046 \text{ l/s}$$

2.1.6.1.6. Factor de caudal medio

El factor de caudal medio está dado por la siguiente ecuación

$$f_{qm} = \frac{Q_m}{n. h. f}$$

Donde:

f_{qm} = factor de caudal medio

Q_m = caudal medio [l/s]

n. h. f = número de habitantes futuro

Al igual que otros datos, el f_{qm} posee valores mínimos y máximos y como se sobreentiende, si el cálculo particular diera un valor fuera del rango, se debe utilizar el máximo o mínimo según sea el caso.

El rango del f_{qm} es:

$$0,002 < f_{qm} < 0,005$$

2.1.6.2. Caudal de diseño

Es el caudal que transportará la tubería del sistema de drenaje sanitario. Para realizar la estimación de la cantidad de agua negra que transportará el alcantarillado en los diferentes puntos donde esta fluya, el caudal se calculó con la siguiente fórmula:

$$Q_{dis} = \text{No.hab.} * f_{qm} * F.H.$$

Donde:

- Q_{dis} = caudal de diseño [l/s]
- No. Hab. = número de habitantes
- f_{qm} = factor de caudal medio
- F.H. = factor de Harmond

2.1.6.3. Diseño de secciones y pendientes

Se utilizarán secciones circulares de tubo PVC, los que funcionarán como canales abiertos. El cálculo de la capacidad, velocidad, diámetro y pendientes se hará aplicando la ecuación de Manning.

$$V = \frac{0,003429 * \phi^{2/3} * S^{1/2}}{n}$$

Donde:

V = velocidad del flujo a sección llena [m/s]

\emptyset = diámetro de la sección circular [plg]

S = pendiente de la gradiente hidráulica [m/m]

n = coeficiente de rugosidad de Manning, 0,010 para tubos PVC

2.1.6.4. Velocidades máximas y mínimas

La velocidad del flujo está determinada por la pendiente del terreno, el diámetro de la tubería y el tipo de tubería que se utilice. La velocidad del flujo se puede determinar por la ecuación de Manning y las relaciones hidráulicas de v/V , donde v es la velocidad del flujo y V es la velocidad a sección llena. La velocidad del flujo no debe ser menor a 0,60 m/seg, para que no exista sedimentación en la tubería, por lo tanto, algún taponamiento, no debe ser mayor a 3,00 m/seg, para que no exista erosión o desgaste.

2.1.7. Cotas Invert

Estas cotas se calculan con base en la pendiente de la tubería y la distancia del tramo respectivo. Es necesario que la tubería vaya a una profundidad no menor a 0,50 metros en lugares donde no circule tránsito pesado; y 1,40 metros, en lugares donde hay tránsito pesado, con lo anterior se evita que la tubería se rompa por el efecto de la carga que se produce sobre la carretera.

La cota Invert de Salida de un pozo se coloca 3 centímetros más baja que la cota Invert de Entrada. Se calculan de la siguiente manera:

$$CII = Cti - Apv$$

$$CIS = CII - (Stub * long)$$

Donde:

Apv = altura del pozo de visita [m]

Cti = cota del terreno inicial [m]

CII = cota Invert Inicial [m]

CIS = cota Invert de Salida [m]

L = longitud del tramo [m]

Stub = Pendiente de tubería [%]

2.1.8. Pozos de visita

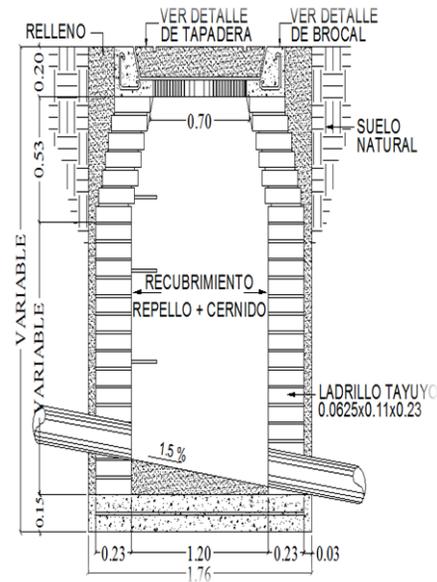
Sirven para verificar el buen funcionamiento del sistema, así como para efectuar limpieza y mantenimiento. Pueden ser construidos de cualquier material, siempre que sea impermeable.

Los pozos de visita deben reunir las siguientes características:

- Sección circular y con diámetro mínimo de 1,20 metros
- La parte superior debe tener una forma de cono truncado
- Tener tapadera
- Colocar pozos en tramos de tuberías no mayores a 100 metros
- Cuando exista cambio de diámetro en la tubería
- Cuando existan cambios considerables de pendientes
- Se colocan en tramos iniciales

- En la intersección de calles y cuando existe cambio en la dirección de estas.

Figura 3. **Detalle de pozo de visita típico**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

2.1.8.1. **Especificaciones técnicas**

Construcción de bodega para materiales: se construirá de lámina de zinc, párales de madera, con el objetivo de almacenar la tubería de PVC y los demás materiales a utilizar.

Rectificación del sistema: al contar con la planificación, se deberá hacer un recorrido del sistema, midiendo con cinta métrica la ubicación de los pozos de visita y conexiones domiciliarias.

Corte del material: la excavación de la zanja deberá realizarse de tal forma que la tubería pueda instalarse cómodamente; esta deberá cumplir con la pendiente que marca la planificación. El constructor deberá correr niveles, los cuales le indicarán la cota Invert del terreno. El material cortado se trasladará a una orilla de la zanja, y se tratará de dejar un espacio para uso peatonal o vehicular, si el espacio lo permitiera. La distancia de corte se deberá hacer de pozo a pozo de visita; se cumplirá con las alturas marcadas en la planificación.

Encamado: la zanja debe tener un encamado uniforme el cual soportará la tubería de PVC, libre de piedras de gran tamaño. Para el encamado puede utilizarse piedra quebrada, balasto fino o material del sitio. Esta capa debe tener un espesor de 10 a 15 cm.

Relleno a los lados del tubo: debe utilizarse piedra quebrada, balasto fino o material del sitio bien compactado, dependiendo de las condiciones del sitio. Este relleno debe cubrir 15 centímetros sobre la corona del tubo (parte superior).

Relleno final: el relleno final deberá hacerse con material del sitio; se deberá dejar la rasante al nivel original, se tomará en cuenta que el tránsito en este sector es liviano, por lo que deberá compactarse en lugares donde la pendiente sea muy pronunciada.

Tubería de PVC: la tubería a utilizar será de material PVC Norma 3034, la cual debe cumplir con características herméticas, resistente a sustancias químicas y resistencia a la abrasión. Esta no deberá estar dañada, para evitar fugas, las cuales contaminan los mantos acuíferos, no deberán contener restos de raíces en el interior.

Instalación de tubería de PVC: luego de tener el encamado en perfectas condiciones, se procederá a colocar la tubería a un extremo de la zanja, para bajarla al fondo de la misma, donde se encuentra el encamado; se bajará con lazos, con la ayuda de cuatro personas, las cuales agarrarán el lazo en los 4 extremos. Por el sistema de la tubería de junta rápida, solo es necesario colocar el empaque en un extremo, ya que en el otro cuenta con campana. La unión entre tubos se hará presionando el extremo del tubo que tiene campana con el tubo que tiene empaque hasta 20 cm de traslape. La tubería se instalará en tramos delimitados por pozo de visita, esta deberá quedar perfectamente unida sin fisuras o fugas, luego de estar perfectamente instaladas.

Recomendaciones especiales: el inicio de la tubería, deberá estar tapado para evitar ingreso de raíces o material que dañe la tubería o cause taponamiento. Al culminar un día de labores, se deberá tener cuidado de dejar tapados los extremos de la línea de la tubería. Antes de sellar con material un tramo de tubería instalada, deberá realizarse cualquiera de las siguientes pruebas:

- Prueba del reflejo: consiste en colocar una linterna en el pozo de visita y revisar el reflejo de la misma en el siguiente pozo de visita; si no es percibido claramente, existe un taponamiento parcial; y si no se percibe, existe un taponamiento total. Si este fuera el caso, deberá vertirse agua a presión en el pozo de visita inicial, para luego hacer de nuevo la prueba.
- Prueba de corrimiento de flujo: se vierte una cantidad determinada de agua en un pozo de visita, luego se verifica el corrimiento de agua en el siguiente pozo y se comprueba que sea normal. Si existe algún taponamiento que impida el flujo del agua, se deberá introducir una guía

la cual lo ubique, para luego despegar la tubería en el sector indicado y corregir el taponamiento.

Pozos de visita: los pozos de visita se construirán con el propósito de verificar el funcionamiento del sistema, a distancias no mayores de 100 metros o en cambios bruscos de dirección de la tubería; se utiliza para darle mantenimiento al sistema, fungen como cajas de registro. Se construirán de la siguiente manera:

- El piso: este será de 1,76 m por 1,76 m de concreto armado, con refuerzo de varilla No. 3 a cada 10 cm, en ambos sentidos; el espesor será de 15 cm se utilizará una proporción de material de 1 parte de cemento por 2 partes de arena por tres partes de piedrín de ½”.
- Levantado: este se hará de ladrillo tayuyo, unido con mezcla de cemento y arena (3 partes de arena de río lavada por 1 parte de cemento). La forma será de un cono truncado con diámetro de 1,20 m de base y un diámetro superior de 1,0 m de altura variable. Los ladrillos deberán colocarse de forma perpendicular al cono; se le dará la forma truncada, al colocar un eje central con las medidas de la base y la altura, este eje se construirá de varilla No. 2. Al terminar el levantado, se dejarán 20 cm de diferencia entre la rasante y el levantado; esta diferencia será la altura del brocal que soportará la tapadera de concreto armado. En la parte interna del pozo se colocarán escalones contruidos con varilla No. 4.
- Tapadera de concreto armado: esta se construirá de concreto armado, con una mezcla de 3 partes de arena por 2 de piedrín y una parte de cemento. El brocal medirá 1 m de diámetro por 20 cm de alto y 10 cm de espesor. En el espesor, llevará un batiente de 2” x 2” en todo el

perímetro, el cual soportará la tapadera. La tapadera se construirá de concreto armado, con la mezcla mencionada anteriormente y refuerzo de varilla No. 4 a cada 12 cm, en ambos sentido.

- Impermeabilización interna: la parte interna del pozo se impermeabilizará con repello, el cual se hará con una parte de cemento por 4 de arena de río cernida; luego, una mezcla de una parte de cemento gris por dos partes de arena de río cernida, y su forma será alisada.
- Escalones de acero: estos se construirán con el propósito de acceder al pozo cómodamente y evitar accidentes; se harán de varilla corrugada No. 6, pintada con pintura anticorrosiva de color rojo; medirán 30 cm de ancho por 38 cm de largo. Se empotrarán al muro de ladrillo conforme se levante el pozo; deberán tener 23 cm introducidos en el muro para soportar cargas máximas de 200 lb.

2.1.9. Obras de protección

Estas obras de protección no son más que estructuras auxiliares de las partes constituyentes del sistema, ya estipuladas en los planos finales. Estas estructuras, según la finalidad de las mismas, serán de diversas formas y tamaños.

Para un sistema de drenaje sanitario existen varias obras de protección, entre las cuales se puede mencionar:

- Conexiones domiciliarias
- Escaleras para pozo de visita
- Tapadera de pozo de visita

- Tapadera de conexión domiciliar

2.1.10. Diseño de fosa séptica

La fosa séptica es uno de los más antiguos dispositivos para el proceso hidráulico y sanitario de la evacuación de excretas y otros residuos que provienen de viviendas individuales, agrupamientos de casas o instituciones que se ubican tanto en zonas urbanas como rurales, es como un estanque cubierto y hermético construido de piedra, ladrillo o concreto armado; generalmente, es de forma rectangular, proyectado y diseñado para que las aguas residuales se mantengan a una velocidad muy baja, por un tiempo determinado que oscila entre 12 y 72 horas, período durante el cual se efectúa el proceso anaeróbico de eliminación de sólidos sedimentables.

La función principal de la fosa séptica es acondicionar los elementos de la descarga, para que estén en capacidad de infiltrarse con mayor facilidad en el subsuelo, sin alterar la capacidad de infiltración del mismo.

Debe cumplir con las siguientes funciones:

- Eliminación de sólidos: el taponamiento del subsuelo con el efluente del tanque varía con la cantidad de sólidos suspendidos que contenga el líquido, el cual, al ingresar al tanque séptico, reduce la velocidad de escurrimiento, y los sólidos más grandes se sedimentan en el fondo o se elevan a la superficie, y se obtiene una descarga clarificada del tanque, debido a la retención de los sólidos en el mismo.
- Proceso biológico de descomposición: los flujos del tanque quedan sujetos a descomposición por procesos bacterianos naturales. Las

bacterias existentes son las sustancias llamadas anaeróbicas, que prosperan en ausencia de aire puro; esta descomposición o tratamiento de las aguas residuales bajo condiciones anaeróbicas, constituye lo que se conoce como proceso séptico.

- Almacenamiento de natas y lodos: los lodos o cienos son el resultado de la acumulación de sólidos en el fondo del tanque. Las natas se compactan en menores volúmenes; que a pesar de la eficiencia del proceso, quedan residuos sólidos inertes, a los que deben proporcionarse espacio entre los intervalos de limpieza, pues de otra manera, serían arrastrados del tanque y obstruirían el sistema de infiltración.

Para el diseño de la fosa séptica deben de tomarse en cuenta los siguientes parámetros:

- Período mínimo de retención de 12 horas
- Lodos acumulados por habitante y por período de limpieza; debe ser de 30 a 60 l/hab/año.
- La relación, Largo/ancho de la fosa es 2/1 a 4/1
- Para que la fosa sea funcional, la capacidad máxima recomendable debe ser de 60 viviendas.
- Para el período de limpieza, se recomienda de 6 meses a 3 años

Cálculo de volumen:

Para el cálculo se asume una altura (H), que es una altura útil, la cual corresponde a la distancia desde el fondo hasta el nivel del agua; se toma una relación L/a dentro de los límites recomendados.

Cálculo de la fosa séptica para el proyecto:

Período de retención = 24 horas

Dotación = 120 l/hab/día

Número de habitantes = 112 hab

Lodos = 30 l/hab/año

L/a = 2/1

Período de limpieza = 1 año

Donde:

a = ancho

L = largo

Volumen para el líquido

$$\text{vol liq} = (T \text{ ret}) * (Q_{\text{dom}})$$

Donde:

vol liq = volúmen para el líquido

T ret = período de retención

Qdom = caudal domiciliar

$$\text{vol liq} = (1) * (120) * (0,85) * (14 * 8)$$

$$\text{vol. liq} = 11,42 \text{ m}^3$$

Período de limpieza

$$\text{vol lod} = (\text{No. Hab}) * (\text{lod}) * (\text{TI})$$

Donde:

vol lod = volumen de lodos

No. Hab = número de habitantes

lod = lodos (30 l/hab/año)

TI = período de limpieza (1 año)

$$\text{vol lod} = (14 * 8) * (30) * (1)$$

$$\text{vol lod} = 3,36 \text{ m}^3$$

$$\text{vol total} = 11,42 + 3,36$$

$$\text{vol total} = 14,76 \text{ m}^3$$

Cálculo de dimensiones

$$A = \text{vol total} / h$$

Donde:

A = área

h = altura (altura propuesta = 2 m)

$$A = 14,50 / 2,00 = 7,25 \text{ m}^2$$

$$L * 2a = 7,25 ; \text{ con } L = a$$

$$a * 2a = 7,25$$

$$2 a^2 = 7,25$$

$$a = \left(\frac{7,25}{2}\right)^{1/2}$$

$$a = 1,90 \text{ m}$$

Entonces, las dimensiones son las siguientes: largo 4,00 m, ancho 1,90 m y una altura de 2,00 m.

2.1.11. Dimensionamiento de pozo de absorción

Previo al diseño, se procedió a determinar la permeabilidad del suelo, para lo cual se llevó a cabo el siguiente procedimiento:

- Fueron realizadas tres pruebas espaciadas uniformemente en el campo de absorción.
- Se excavó un área de 40 centímetros por lado, hasta una profundidad de 50 cm.
- Fue removida la superficie de suelo remoldeado de las paredes del agujero.
- Colocación de una capa de grava de 5 centímetros en el fondo del agujero.
- Saturación del suelo con agua durante 24 horas
- Se agregó agua hasta alcanzar una profundidad de 15 cm sobre la capa de grava. A partir de una referencia fija y con la ayuda de una regla, se tomó el tiempo durante el cual descendió el agua; este fue de 12 minutos. Según la clasificación del terreno, este es medio.

De acuerdo a la siguiente fórmula se establecen las dimensiones del pozo.

$$\text{PI} * \text{D} * \text{d} = \text{Aabs}$$

Donde:

$$\text{PI} = 3,1416$$

d = profundidad del pozo [m]

D = diámetro del pozo = 2,5 metros, (propuesto)

Aabs. = área de absorción = 18,4 m²

$$3,1416 * 2,5 * \text{d} = 18,4$$

$$\text{d} = 2,34 \text{ m}$$

Las dimensiones del pozo son las siguientes:

$$\text{D} = 2,5 \text{ m}$$

$$\text{d} = 2,34 \text{ m}$$

2.1.12. Ejemplo de diseño de un tramo

Para este ejemplo, se procederá a calcular el tramo que va del pozo de visita 1 al pozo de visita 2.

Tabla IV. **Parámetros de diseño**

Período de diseño	35 años
Tasa de crecimiento	3,203 %
Población beneficiada actual	24 hab
Viviendas actuales	3
Población futura	72
Dotación de agua potable	120 l/hab/día
Coefficiente de rugosidad	0,010 para tubos PVC
Factor de retorno	0,85
Cota inicial de terreno	1 000,00 m
Cota final de terreno	998,71 m
Distancia horizontal	84,00 m
Sistema adoptado	Drenaje sanitario
Formas de evacuación	Por gravedad
Tubería a utilizar	PVC, Ø 6 plg, Norma ASTM D - 3034

Fuente: elaboración propia.

Datos generales:

Población de diseño: 8 hab / casa. Dato obtenido a través de encuestas realizadas a los pobladores durante el levantamiento topográfico del proyecto.

Factor de caudal medio a utilizar = 0,002

Diseño del tramo: PV 1 a PV 2

Cota del terreno inicial: 1 000,00 m

Cota del terreno final: 998,710 m

Distancia entre pozos: 84 m

Pendiente del terreno

$$S = \frac{1000,00 - 998,71}{84,00} * 100 = 1,54 \%$$

Profundidad del pozo de visita inicial = 1,40 m

CIS = cota inicial del terreno – HPV1

CIS = 1 000,00 – 1,40 = 998,60 m

$$CIE = CIS - \frac{S \text{ tub} * \text{dist}}{100}$$

$$CIE = 998,60 - \frac{4,10 * 84}{100} = 995,15 \text{ m}$$

Habitantes a servir:

Población actual = 3 * 8 = 24 hab

Población futura = 24 * (1 + 3,203 / 100)³⁵ = 72 hab

Factor de Harmond:

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

Actual

$$F. H. = \frac{18 + \sqrt{24/1000}}{4 + \sqrt{24/1000}} = 4,37$$

Futuro

$$F.H. = \frac{18 + \sqrt{72/1000}}{4 + \sqrt{72/1000}} = 4,29$$

Caudal de diseño:

$$Q_{dis} = \text{No.hab.} * f_{qm} * F.H.$$

Actual

$$Q_{dis} = 24 * 4,37 * 0,002 = 0,2097 \text{ l/seg}$$

Futuro

$$Q_{dis} = 72 * 4,29 * 0,002 = 0,6177 \text{ l/seg}$$

Diseño hidráulico:

Diámetro de tubería: 6" (se recomienda como diámetro mínimo 6", por ser tramo inicial)

Pendiente de tubería: 4,10 %

Pendiente terreno: 1,54 %

Velocidad a sección llena:

$$V = \frac{1}{n} * 0,03429 * \phi^{2/3} * \left(\frac{S}{100}\right)^{1/2}$$

$$V = \frac{1}{0,010} * 0,03429 * 6^{2/3} * \left(\frac{4,10}{100}\right)^{1/2}$$

$$V = 2,29 \text{ m/s}$$

Caudal a sección llena:

$$Q = V * A * 1000, \text{ donde } A = \pi * \frac{\phi^2}{4}$$

$$Q = 2,29 * \frac{\pi * (6 * 0,0254)^2}{4} * 1000$$

$$Q = 41,82 \text{ l/s}$$

Relaciones hidráulicas:

$$\frac{q}{Q} = \frac{q \text{ dis}}{Q \text{ sec llena}}$$

Actual

$$\frac{q}{Q} = \frac{0,2097}{41,82} = 0,0050$$

Futuro

$$\frac{q}{Q} = \frac{0,6177}{41,82} = 0,0148$$

Por medio de la tabla de relaciones hidráulicas, se obtienen los siguientes resultados:

$$\text{Relación de velocidades: } v / V = 0,2635$$

$$\text{Relación de tirantes: } d / D = 0,052$$

Relación de velocidades

$$v = v/V \times V$$

$$v = 0,2635 \times 2,29$$

$$v = 0,6034 \text{ m/s}$$

Verificación de las relaciones hidráulicas:

$$q < Q \quad 0,0050 < 1 \text{ Sí cumple}$$

$$0,60 < v < 3,00 \quad v = 0,60 \text{ m / s Sí cumple}$$

$$d / D < 0,75 \quad d / D = 0,052 \text{ Sí cumple}$$

Volumen de excavación (v_{exc})

Es el producto del ancho de la zanja por el promedio de alturas, entre pozos de visita por la distancia entre los mismos.

$$v_{exc} = 0,60 * \frac{1,40 + 3,55}{2} = 174,94 \text{ m}$$

2.1.13. Estudio de Impacto Ambiental

La evaluación de impacto ambiental consiste en identificar qué tipo de alteraciones puede llegar a ocasionar el desarrollo de un proyecto de drenaje sanitario, tanto en el ambiente físico como social, económico y cultural; y por consiguiente, qué tipo de medidas de mitigación deben llevarse a cabo.

Principios de evaluación

De acuerdo con las leyes actuales, se pueden realizar dos tipos de Estudios de Impacto Ambiental:

- Impacto ambiental no significativo o evaluación rápida
- Impacto ambiental significativo o evaluación general

Impacto ambiental no significativo: Consiste en un estudio que se realizará por medio de una visita de observación al sitio propuesto, por parte de técnicos en la materia aprobados por el Ministerio de Ambiente y por parte del interesado, lo que permitirá determinar si la acción propuesta no afecta significativamente el ambiente. El criterio debe basarse en proyectos similares según tamaño, localización e indicadores que se crean pertinentes.

Impacto ambiental significativo

Evaluaciones que se podrán desarrollar en dos fases:

- Fase preliminar o de factibilidad, la cual debe contar con:

- Datos de la persona interesada, individual o jurídica
 - Descripción del proyecto y escenario ambiental: natural, social y humano.
 - Principales impactos y medidas de mitigación
 - Sistemas de disposición de desechos
 - Plan de contingencia
 - Plan de seguridad humana
 - Otros datos que se consideren necesarios
- Fase completa

Generalmente, se aplica a proyectos con grandes impactos y debe ser un estudio lo más completo posible, que además de cumplir con lo establecido en la fase preliminar, responda a las siguientes interrogantes:

- ¿Qué sucederá al medio ambiente, como resultado de la ejecución del proyecto?
- ¿Cuál es el alcance de los cambios que sucedan?
- ¿Qué importancia tienen los cambios?
- ¿Qué puede hacerse para prevenirlos o mitigarlos?
- ¿Qué opciones o posibilidades son factibles?
- ¿Qué piensa la comunidad respecto del proyecto?

Toda autorización derivada de un estudio de Evaluación de Impacto Ambiental significativo, deberá garantizar el cumplimiento por parte de la persona interesada, individual o jurídica, por medio de una fianza que será determinada por el Ministerio de Ambiente.

Plan de Gestión Ambiental

Para la construcción de un alcantarillado sanitario, los impactos se consideran poco significativos, por lo que se puede realizar una evaluación rápida. Básicamente, el impacto producido por dicho proyecto es a favor del medio.

Evaluación rápida

Información sobre el proyecto

Nombre de la comunidad: Barrio Cipresales

Municipio: San Andrés Sajcabajá

Departamento: Quiché

Descripción del proyecto:

El proyecto consiste en el diseño, cálculo y planificación de la construcción del alcantarillado sanitario para el barrio Cipresales del municipio de San Andrés Sajcabajá del departamento de Quiché. El colector principal será de tubería PVC Norma 3034 de 2 422,15 metros de longitud total y 45 pozos de visita construidos de ladrillo tayuyo, a través del camino rural.

El impacto ambiental generado por la construcción del sistema de tratamiento podrá darse a través de la generación de desechos sólidos, polvo, ruidos, etc., que, en algún sentido, es inevitable. En general, el análisis de las alternativas deberá considerar las medidas de mitigación que minimicen la alteración de las condiciones ambientales, en la zona de ubicación de la obra y sectores aledaños.

Durante la construcción de los pozos de visita, se irán acumulando bolsas o sacos vacíos de cemento, sobrantes de otros materiales como tubos, piezas de hierro, alambre madera, etc., los cuales serán llevados durante el transcurso de la obra hacia un lugar adecuado.

La contaminación visual se deberá a la acumulación de material suelto, el cual será humedecido durante el tiempo que sea necesario y, posteriormente, se reutilizará para rellenar las zanjas. Al final el sobrante se trasladará hacia un botadero debidamente autorizado.

Los potenciales impactos que pudieran afectar el área de influencia directa del proyecto ya en operación son los siguientes:

- Cuerpo receptor
- Calidad de las aguas
- Usos
- Calidad del aire
- Creación de problemas sanitarios
- Olores
- Ruidos

Es muy importante tomar en cuenta que los potenciales impactos, antes detallados, generan consecuencias en la población circundante, en la medida que la planta no sea bien operada.

2.1.14. Elaboración de planos finales

Los planos constructivos están conformados por: planta general, densidad de vivienda, planta - perfil de colector principal y ramales, detalle de pozo de visita y caja de registro.

2.1.15. Presupuesto

Para el cálculo de cada uno de los renglones de trabajo que integran el presupuesto del proyecto del drenaje sanitario, se procedió a calcular el precio unitario de cada uno de ellos; el costo directo se determinó con base en las cantidades de materiales, uso de herramienta, combustibles, mano de obra calificada y no calificada. Los costos indirectos se determinaron en relaciones porcentuales como lo son las prestaciones laborales, imprevistos, seguros y fianzas, impuestos y utilidad.

Para los precios de los materiales se usó como referencia los vigentes en las ferreterías del municipio de San Andrés Sajcabajá.

Los salarios de mano de obra fueron tomados con base en los manejados por la municipalidad de San Andrés Sajcabajá en proyectos similares.

Tabla V. Presupuesto del drenaje sanitario

No.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO Q.	SUB-TOTAL Q.
TRABAJOS PRELIMINARES:					
1	TRAZO Y PUENTE	2 422,00	M	9,15	22 161,30
2	TOPOGRAFÍA	1,00	SG	7 266,44	7 266,44
COLECTOR:					
3	EXCAVACIÓN DE ZANJA PARA DRENAJES	4 478,00	M3	22,80	102 098,40
4	CAMA DE MATERIAL SELECTO DE 0.10m DE ESPESOR PARA INSTALACIÓN DE TUBERÍA PVC DE 8" DE DIÁMETRO NORMA 3034	145,00	M	21,50	3 117,50
5	INSTALACIÓN TUBERÍA PVC DE 6" DE DIÁMETRO NORMA 3034	2 422,00	M	177,14	429 033,08
6	RELLENO Y COMPACTACIÓN CON MATERIAL EXTRAÍDO	3 358,60	M3	23,90	80 270,54
7	RELLENO Y COMPACTACIÓN CON MATERIAL SELECTO	929,40	M3	21,50	19 982,10
CONEXIÓN DOMICILIAR:					
8	CONSTRUCCIÓN DE CONEXIÓN DOMICILIAR	114,00	U	1 026,56	117 027,84
POZOS DE VISITA:					
9	CONSTRUCCIÓN DE POZOS DE VISITA (ALTURA ENTRE 1.40 A 2.5 MTS)	24,00	U	7 450,14	178 803,36
10	CONSTRUCCIÓN DE POZOS DE VISITA (ALTURA ENTRE 2.50 A 4.5 MTS)	19,00	U	12 651,10	240 370,90
11	CONSTRUCCIÓN DE POZOS DE VISITA (ALTURA ENTRE 4.50 A 7.30 MTS)	3,00	U	19 637,30	58 911,90
FOSA SÉPTICA:					
12	FOSA SÉPTICA	1,00	U	18 350,00	18 350,00
POZO DE ABSORCIÓN:					
13	POZO DE ABSORCIÓN	1,00	U	18 900,50	18 900,50
LIMPIEZA FINAL:					
14	LIMPIEZA Y RETIRO DE MATERIAL SOBRENTE	1,00	GLOBAL	10 000,00	10 000,00
COSTO TOTAL Q. 1 306 293,86					

Fuente: elaboración propia.

2.1.16. Cronograma de ejecución

Una vez definidos los costos de ejecución, se procede a movilizar los recursos físicos, humanos y financieros para la ejecución del proyecto, elaborando un cronograma de ejecución, el cual establece metas de tiempo, calidad y costos a cumplir. A continuación se presenta dicho cronograma:

Tabla VI. Cronograma de ejecución del drenaje sanitario

No.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6
TRABAJOS PRELIMINARES:											
1	TRAZO Y PUENTE	2 422,00	M	Q. 9,15	Q. 22 161,30	1 211,00	1 211,00				
					Q. 11 080,65	Q. 11 080,65					
2	TOPOGRAFIA	1,00	GLOBAL	Q. 7 266,44	Q. 7 266,44	1,00					
					Q. 7 266,44	Q. 7 266,44					
COLECTOR:											
					1 343,40	1 343,40		1 791,20			
3	EXCAVACIÓN DE ZANJA PARA DRENAJES	4 478,00	M3	Q. 22,80	Q. 102 098,40						
					Q. 30 629,52	Q. 30 629,52	Q. 40 839,36				
							43,50	43,50	58,00		
4	CAMA DE MATERIAL SELECTO DE 0.10 m DE ESPESOR PARA INSTALACIÓN DE TUBERÍA PVC DE 8" DE DIÁMETRO NORMA 3034	145,00	M	Q. 21,50	Q. 3 117,50						
							Q. 935,25	Q. 935,25	Q. 1 247,00		
								726,60	726,60	968,80	
5	INSTALACIÓN TUBERÍA PVC DE 6" DE DIÁMETRO NORMA 3034	2 422,00	M	Q. 177,14	Q. 429 033,08						
								Q. 128 709,92	Q. 128 709,92	Q. 171 613,24	
								1 007,58	1 007,58	1 343,44	
6	RELLENO Y COMPACTACIÓN CON MATERIAL EXTRAÍDO	3 358,60	M3	Q. 23,90	Q. 80 270,54						
								Q. 24 081,16	Q. 24 081,16	32 108,22	
								278,82	278,82	371,76	
7	RELLENO Y COMPACTACIÓN CON MATERIAL SELECTO	929,40	M3	Q. 21,50	Q. 19 982,10						
								Q. 5 994,63	Q. 5 994,63	Q. 7 992,84	

Continuación de la tabla VI.

No.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6
CONEXIÓN DOMICILIAR:											
8	CONSTRUCCIÓN DE CONEXIÓN DOMICILIAR	114,00	U	Q. 1 026,56	Q. 117 027,84				57,00	57,00	
POZOS DE VISITA:											
9	CONSTRUCCIÓN DE POZOS DE VISITA (ALTURA ENTRE 1,40 A 2,5 MTS)	24,00	U	Q. 7 450,14	Q. 178 803,36				12,00	12,00	
									Q. 89 401,68	Q. 89 401,68	
									9,50	9,50	
10	CONSTRUCCIÓN DE POZOS DE VISITA (ALTURA ENTRE 2,50 A 4,5 MTS)	19,00	U	Q. 12 651,10	Q. 240 370,90				Q. 120 185,45	Q. 120 185,45	
									1,50	1,50	
11	CONSTRUCCIÓN DE POZOS DE VISITA (ALTURA ENTRE 4,50 A 7,30 MTS)	3,00	U	Q. 19 637,30	Q. 58 911,90				Q. 29 455,95	Q. 29 455,95	
FOSA SÉPTICA:											
12	FOSA SÉPTICA	1,00	U	Q. 18 350,00	Q. 18 350,00						1,00
											Q. 18 350,00
POZO DE ABSORCIÓN:											
13	POZO DE ABSORCIÓN	1,00	U	Q. 18 900,50	Q. 18 900,50						1,00
											Q. 18 900,50
LIMPIEZA FINAL:											
14	LIMPIEZA Y RETIRO DE MATERIAL SOBROANTE	1,00	GLOBAL	Q. 10 000,00	Q. 10 000,00						1,00
											Q. 10 000,00

COSTO DIRECTO Q. 1 306 293,86

MONTO EJECUTADO	Q. 48 976,61	Q. 42 645,42	Q. 200 560,32	Q. 457 569,71	Q. 509 271,30	Q. 47 250,50
%	3,75%	3,26%	15,35%	35,03%	38,99%	3,62%
MONTO EJECUTADO ACUMULADO	Q. 48 976,61	Q. 91 622,03	Q. 292 182,35	Q. 749 772,06	Q. 1 259 043,36	Q. 1 306 293,86
% ACUMULADO	3,75%	7,01%	22,37%	57,40%	96,38%	100,00%

Fuente: elaboración propia.

2.1.17. Evaluación socioeconómica

El proyecto sistema de drenaje sanitario para el barrio Cipresales no será rentable económicamente, lo cual será demostrado con los cálculos del Valor Presente Neto (VPN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR); sin embargo, es un proyecto que contribuirá al desarrollo comunitario y a la protección del medio ambiente.

2.1.17.1. VPN (Valor Presente Neto)

Este es una alternativa para la toma de decisiones de inversión, lo cual permite determinar, de antemano, si una inversión vale la pena o no, para poder realizarla, y no hacer así malas inversiones que provoquen, en un futuro, pérdidas.

El valor presente neto puede desplegar tres posibles respuestas, las cuales pueden ser:

VPN < 0: cuando el resultado es un valor negativo muy grande alejado de cero, indica que el proyecto no es rentable.

VPN = 0: en este caso se está generando el porcentaje exacto de utilidad que se desea.

VPN > 0: si el resultado es un valor mayor que cero significa que el proyecto es rentable y, que incluso podría incrementarse el porcentaje de utilidad. La ecuación del VPN es:

$$P = F \left[\left(\frac{1}{(1+i)^n - 1} \right) \right]$$

Donde:

P = Valor de pago único, al inicio de la operación, o valor presente.

F = Valor de pago único, al final del período de la operación, o valor de pago futuro.

A = Valor de pago uniforme, en un período determinado o valor de pago constante o renta de ingreso o egreso.

I = Tasa de interés de cobro por la operación, o tasa de utilidad por la inversión a una solución.

n = Período que durará la operación.

Egresos:

La inversión inicial para la ejecución del proyecto de drenaje sanitario es de Q. 1 306 293,86.

Para el costo anual por mantenimiento del sistema, la municipalidad estima un valor de Q 12 000,00, lo que indica una cantidad de Q 1 000,00 por mes.

Ingresos:

La municipalidad pedirá un pago único por el derecho de cada conexión domiciliar de Q. 200,00, lo que hace un total de Q. 26 400,00, ya que el proyecto involucra a 132 viviendas beneficiadas.

Para cubrir el pago por mantenimiento, la alcaldía cobrará mensualmente por vivienda, la cantidad de Q 20,00, anualmente sería un total de: $(20)*(132)*(12) = Q 31 680,00$ de ingreso.

Deberá utilizarse una tasa de interés del 5,00 % anual; debido a que este proyecto es de carácter social.

$$\begin{aligned} \text{VPN} &= 1\,306\,293,86 - 12\,000 + 26\,400,00 * \left[\frac{1}{(1 + 0,05)^{35} - 1} \right] \\ &\quad + 31\,680,00 * \left[\frac{(1 + 0,05)^{35} - 1}{0,05(1 + 0,05)^{35}} \right] \end{aligned}$$

$$\text{VPN} = -793\,714,74$$

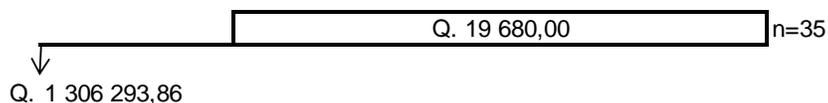
Según este resultado, el valor del VPN es negativo, esto indica que el proyecto no generará ninguna utilidad y, es debido a que el mismo es de carácter social; pero debe considerarse que el proyecto beneficiará a la comunidad, y evitará la proliferación de enfermedades de tipo gastrointestinales y contaminación del ambiente.

2.1.17.2. TIR (Tasa Interna de Retorno)

Es el método más utilizado para comparar alternativas de inversión. Se define como la tasa de descuento que iguala al valor presente de los flujos de efectivo con la inversión inicial en un proyecto. La TIR es la tasa de descuento que hace que el valor presente de una oportunidad de inversión sea igual a cero, es decir, el interés que hace que los costos sean equivalentes a los ingresos. Si la TIR es mayor o igual al costo de capital, se acepta el proyecto; de no ser este el caso, entonces se rechaza.

El costo inicial del proyecto será de Q. 1 306 293,86, además se necesitará Q. 12 000,00 al final de cada año, como costo por mantenimiento del sistema y Q 31 680,00 por la cuota de amortización. Se estima tener un ingreso inicial pago único de Q 26 400,00, al cobrar Q 200,00 por vivienda, las cuales son 132. Con la medida anterior, se pretende cubrir los gastos en el período de 35 años, que corresponde a la vida útil del sistema.

Dado que los Q 31 680,00 y los Q 12 000,00 se encuentran enfrentados en el mismo tiempo, también la inversión que es de Q 1 763 496,71 y los Q 26 400,00 ingreso inicial único, la gráfica se simplifica de la siguiente manera:



Después de plantear la gráfica, se procede a encontrar el valor de la Tasa Interna de Retorno.

Se emplea una tasa de interés de -11 %

$$VPN = -1\,306\,293,86 + 19\,680,00 * \left[\left(\frac{1}{(1 + (-0,11))^{35}} \right) \right]$$

$$VPN = -143\,842,31$$

Se emplea una tasa de interés de -12 %

$$VPN = -1\,306\,293,86 + 19\,680,00 * \left[\left(\frac{1}{(1 + (-0,12))^{35}} \right) \right]$$

$$VPN = 420\,066,95$$

Se usa la interpolación matemática para hallar la tasa de interés que se busca.

$$\text{Tasa 1} = -12 \% \rightarrow 420\,066,95$$

$$i \rightarrow 0$$

$$\text{Tasa 2} = -11 \% \rightarrow -143\,842,31$$

$$\text{TIR} = \left[\left(\frac{(\text{Tasa 1} - \text{Tasa 2})(0 - \text{VPN}(-))}{(\text{VPN}(+) - (\text{VPN}(-)))} \right) \right] + \text{Tasa 2}$$

$$\text{TIR} = \left[\left(\frac{(-12 + 11)(0 - 143\,842,31)}{(420\,066,95) - (143\,842,31)} \right) \right] - 11$$

$$\text{TIR} = -11,26 \%$$

La tasa interna de retorno es de -11,26 % anual, lo cual indica que el proyecto no es rentable debido a la tasa negativa.

2.2. Diseño del edificio municipal de dos niveles para el municipio de San Andrés Sajcabajá, departamento del Quiché

Siguiendo los parámetros del servicio técnico profesional, se procede al diseño del edificio municipal priorizado, según el diagnóstico realizado en la monografía del municipio.

2.2.1. Descripción del proyecto

El proyecto consiste en el diseño y planificación del edificio que albergará las oficinas municipales, con el fin de brindar mejor servicio a la población de San Andrés Sajcabajá. El edificio se diseñará con marcos dúctiles con base en los códigos y normas que rigen la construcción de edificaciones de este sistema constructivo. Las oficinas que ocuparán el edificio son las siguientes: Despacho del alcalde, Oficina Municipal de la mujer, Oficina Planificación Municipal, Policía Municipal, Oficina de Corporación Municipal, Tesorería, Administración, Contabilidad y servicios sanitarios para ambos sexos.

La estructura estará conformada por marcos dúctiles, con columnas cuadradas y losas planas de concreto reforzado, muros tabiques de mampostería de block con acabados de piso cerámico, artefactos sanitarios y azulejos en los baños, lámparas de dos tubos, ventanería de vidrio con marcos de metal, barandas y puertas de madera y/o metal.

2.2.2. Investigación preliminar

Para desarrollar la planificación de la estructura se realizó una investigación preliminar para determinar las condiciones con las que se cuentan, las cuales se detallan a continuación.

2.2.2.1. Terreno disponible

Actualmente la municipalidad cuenta con un terreno de 25 X 30 m. Tiene una topografía plana y está ubicado en el centro del poblado; al norte y este colinda con calles principales; al oeste, con el salón municipal y al sur, con terrenos privados.

2.2.2.2. Análisis de suelos

Para evaluar la calidad y el valor soporte del suelo, se realizó una excavación de 1.5 metros de profundidad, donde se obtuvo una muestra inalterada de 1 pie³ que se sometió al ensayo de compresión triaxial, mediante la prueba de no consolidada y no drenada; con el estudio anterior, se obtuvieron los siguientes datos:

- Descripción del suelo: arcilla limosa con presencia de grava color café
- Ángulo de fricción interna $\Phi = 23,46^\circ$
- Cohesión $C_u = 7,8 \text{ t/m}^2$
- Densidad seca = 1,48 t/m³
- Densidad húmeda = 1,90 t/m³
- Desplante (Z) = 1,50 m

Para efectos de cálculo, se aplicó la fórmula del Dr. Karl Terzaghi a los valores obtenidos del análisis.

En la tabla A (ver anexos) se presentan los factores modificados de capacidad de carga de *Terzaghi* en función del ángulo de fricción interna ($\Phi = 23,46^\circ$), de la cual se obtuvieron los siguientes datos:

$$N_c = 13,79$$

$$N_q = 4,99$$

$$N_\gamma = 1,74$$

Valor soporte último.

$$q_o = 0,8667 C_u * N_c + \gamma_s * D_f * N_q + 0,40 * \gamma_s * B * N_\gamma$$

$$q_o = 105,34$$

q_{on} capacidad portante neta última

$$q_{on} = q_o - \gamma_s * D_f$$

$$q_{on} = 103,12$$

V_s valor soporte

$$V_s = \frac{q_{on}}{FS} \quad \text{donde F. S. = factor de seguridad = 3}$$

$$V_s = 34,37 \text{ t/m}^2$$

Tabla VII. **Presión máxima permisible del suelo para la estructura**

TIPO DE MATERIAL	PRESIÓN MÁXIMA PERMISIBLE DEL SUELO	
	klb/ft ²	t/m ²
Roca	20 % de la resistencia última al aplastamiento	20 % de la resistencia última al aplastamiento
Arena gruesa, compacta con mezcla de limo, arena fina compacta, arcilla dura o arcilla arenosa.	8	39,12
Arcilla semirrígida o arcilla arenosa.	6	29,34
Arena inorgánica compacta y mezclas de limo.	4	19,56
Arena suelta.	3	14,67
Arcilla arenosa suave o arcilla.	2	9,78
Arena inorgánica suelta y mezclas de limo.	1	4,89
Arena orgánica suelta y mezclas de limo, humus o lodo.	0	0

Fuente: MCCORMAC, Jack C. Diseño de concreto reforzado. p. 392.

2.2.3. **Diseño arquitectónico**

La distribución arquitectónica se refiere a darle la forma adecuada a la construcción y distribuir los diferentes ambientes que componen el edificio. Esto se hace para tener un lugar cómodo y funcional para su uso.

El diseño arquitectónico se basó en cumplir las necesidades que demandan los servicios propios que gestiona la municipalidad.

2.2.3.1. Ubicación del edificio dentro del terreno

La ubicación del edificio se consideró, de tal manera que se aproveche la facilidad de acceso que da a la calle principal, por ser un edificio de servicio público.

2.2.3.2. Distribución de ambientes

Para la distribución de ambientes, se recomienda en la planta alta el despacho del Sr. Alcalde municipal, Secretaría, Oficina Municipal de la Mujer, Secretaria Municipal, Contabilidad y para la planta baja, Tesorería, la Oficina de Planificación Municipal y Policía Municipal.

2.2.3.3. Altura del edificio

San Andrés Sajcabajá está a una altura promedio de 1,315 msnm, por lo que la temperatura ambiente es de aproximadamente 18 °C y 31 °C; por tal motivo, se consideró una altura de 3.3 m entre pisos.

2.2.3.4. Selección del sistema estructural a utilizar

La estructura propuesta para el diseño del edificio de dos niveles es de marcos dúctiles de concreto reforzado, ya que se busca den resistencia a la estructura, cuando este se vea sometido a fuerzas de sismo.

2.2.4. Análisis estructural

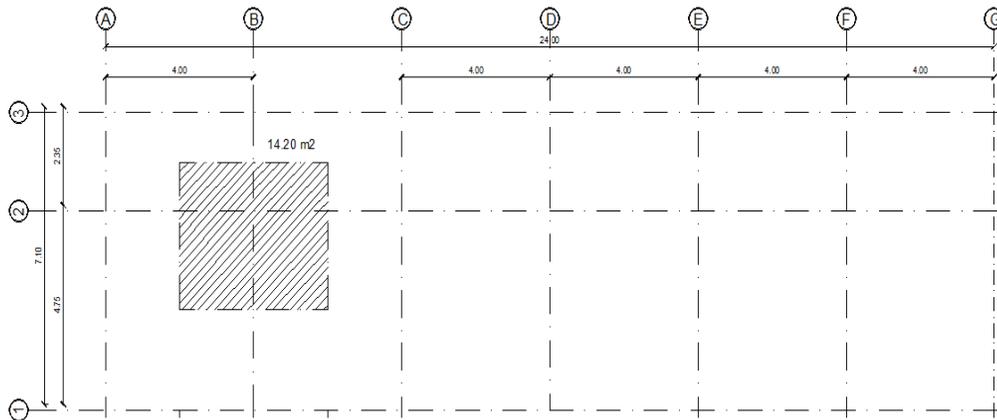
El análisis estructural determina mediante la aplicación de diferentes métodos, las fuerzas y deformaciones que actúan en una estructura, según su tipología y cargas aplicadas. Para realizarlo, se idealizan tanto la geometría de la estructura como las acciones y condiciones de apoyo, mediante un modelo matemático adecuado.

En este caso, el análisis de los marcos dúctiles se realizó utilizando el método numérico de Kani y luego haciendo una comparación con los resultados del software ETABS versión 9.5.0. Se obtuvo cerca de un 8 % de diferencia entre estos métodos, y se utilizaron los resultados del método Kani para el diseño de los elementos estructurales.

2.2.4.1. Predimensionamiento estructural

Predimensionar la estructura es dar medidas preliminares a los elementos que la componen, que serán utilizados para soportar las cargas aplicadas. Para ello, se puede recurrir a la experiencia en obras similares y/o utilizar métodos analíticos cortos.

Figura 4. Área tributaria



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

Columnas: se determinó la sección de la columna, al aplicar el área de acero mínima y la carga aplicada al elemento, según lo que establece el código ACI 318-05, capítulo 10.

En este caso en particular, se desea guardar simetría en las dimensiones de la columna, por tal razón se considera la columna crítica, es decir, la que soporta mayor carga. La medida resultante se aplica a todas las demás.

$$\text{Fórmula: } P = 0,80 \left[\left(0,85 * f'_c (A_g - A_{st}) + F_y * A_{st} \right) \right]$$

$$1 \% A_g \leq A_{st} \leq 6 \% A_g$$

Donde:

P = carga axial por área tributaria

f'_c = resistencia especificada a la compresión del concreto

A_{st} = área total de armadura longitudinal (1 %)

F_y = resistencia especificada a la fluencia del refuerzo no pretensado

A_g = área total de la sección

$$P = 14,20 \text{ m}^2 * 2 * 2\,400 = 68,160 \text{ kg}$$

$$68,160 = 0,80[(0,85 * 210(A_g - 0,01) + 2\,810 * 0,01)]$$

$$68,160 = 142,8 * A_g - 21,052$$

$$A_g = 477,16 \text{ cm}^2$$

Por seguridad se propone una columna de $30 \times 30 \text{ cm} = 900 \text{ cm}^2$

Vigas: para predimensionar las vigas, el método utilizado determinó el peralte de la viga, la cual depende de la luz que ocupa la misma. La base de la viga queda a criterio del diseñador, y tomó como base las dimensiones de las columnas.

En este caso se calculó la viga crítica, es decir, la de mayor longitud, y las demás quedan con igual sección. Para el predimensionamiento se tomó el criterio del 8 % de la luz libre.

$$H_{\text{viga}} = L_{\text{viga}} * 0,08 = 4,75 * 0,08$$

$$H_{\text{viga}} = 0,368 \text{ m entonces propongo } 0,40 \text{ m}$$

$$B_{\text{viga}} = H_{\text{viga}} / 2 = 0,40 / 2 = 0,20 \text{ m}$$

Donde:

Hviga = altura de la viga

Lviga = longitud de la viga

Bviga = base de la viga

Losas: en el predimensionamiento del peralte de la losa, el método usa como variable las dimensiones de la superficie de la losa y el tipo de apoyo que tiene. En este caso, se tienen losas apoyadas en los cuatro lados y algunas apoyadas en tres lados, en donde se tomarán las losas como voladizos.

Aunque las losas son de dimensiones diferentes, se toma el área crítica, y el peralte crítico se toma para todas las demás.

$$t_{\text{llosa}} = \frac{(P_{\text{llosa}})}{180}$$

Donde:

t_{llosa} = espesor de losa

P_{llosa} = perímetro de la losa

$$t_{\text{llosa}} = \frac{(4.00 * 2 + 4.75 * 2)}{180} = 0,097 \approx 0,10 \text{ m}$$

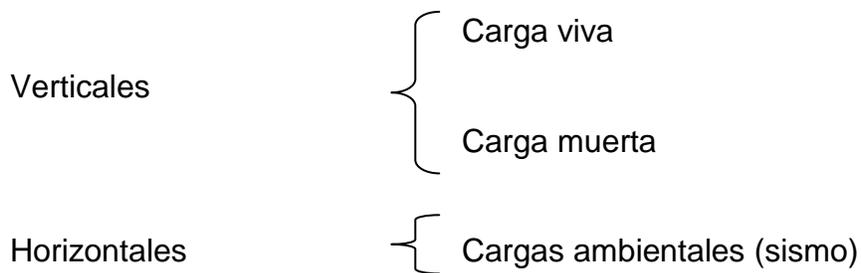
Utilizar $t = 0,10 \text{ m}$.

2.2.4.2. Cargas horizontales y verticales aplicadas a los marcos rígidos

Las estructuras están sometidas a cargas de diferente tipo, por lo cual, se utilizan distintos métodos para la clasificación, en este caso se hace una distinción según la dirección de su aplicación.

Las cargas que actúan sobre la estructura son las siguientes:

Según la dirección de aplicación



Cargas verticales: se divide en cargas vivas y en cargas muertas.

Cargas vivas: son las cargas de ocupación y equipos móviles. Pueden estar total o parcialmente en el sitio o no estar presentes, y pueden cambiar la ubicación. La magnitud y distribución son inciertas en un momento dado.

Cargas muertas: son las cargas permanentes, las cuales se deben al peso de los elementos estructurales y de los elementos que actúan en forma permanente sobre la estructura.

La mayor parte de la carga muerta es el peso propio de la estructura. Se calcula con buena aproximación, de acuerdo a la conformación de la misma, según los materiales.

Segundo nivel

Carga muerta (CM)

Carga viva (CV)

Peso sobre carga = 100 kg/m^2

Losa sin acceso = 100 kg/m^2

Primer nivel

Carga muerta (CM)

Carga viva (CV)

Peso sobre carga = 250 kg/m^2

Oficinas = 250 kg/m^2

Peso muros = 105 kg/m^2

Peso del concreto = $2\,400 \text{ kg/m}^3$

Cálculo de cargas verticales para el segundo nivel:

Carga muerta

$$W_{\text{losa}} = (170,40 * 0,10 * 2\,400)$$

$$W_{\text{losa}} = 40,89 \text{ t}$$

$$W_{\text{viga}} = [(0,40 * 0,20)(121,70)(2\,400)]$$

$$W_{\text{viga}} = 23,37 \text{ t}$$

$$W_{\text{columna}} = (0,30 * 0,30 * 1,65 * 2\ 400 * 21)$$

$$W_{\text{columna}} = 7,48 \text{ t}$$

$$W_{\text{sobrecarga}} = (170,40 * 100)$$

$$W_{\text{sobrecarga}} = 17,04 \text{ t}$$

Total de la carga muerta segundo nivel = 88,77 t

Carga viva

$$W_{\text{viva2}} = (100 * 170,40)$$

$$W_{\text{viva2}} = 17,04 \text{ t}$$

Total de carga viva segundo nivel = 17,96 t

Peso del segundo nivel

$$W_{\text{total2}} = CM + 0,25CV$$

$$W_{\text{total2}} = 88,77 + 0,25(17,04)$$

$$W_{\text{total 2}} = 93,05 \text{ t}$$

Cálculo de cargas verticales para el primer nivel:

Carga muerta

$$W_{\text{losa}} = (170,40 * 0,10 * 2\ 400)$$

$$W_{\text{losa}} = 40,89 \text{ t}$$

$$W_{\text{viga}} = [(0,40 * 0,20)(121,70)(2\ 400)]$$

$$W_{\text{viga}} = 23,37 \text{ t}$$

$$W_{\text{columna}} = (0,30 * 0,30 * 6,45 * 2\ 400 * 21)$$

$$W_{\text{columna}} = 29,25 \text{ t}$$

$$W_{\text{acabados}} = (170,40 * 400)$$

$$W_{\text{acabados}} = 68,16 \text{ t}$$

Total de la carga muerta primer nivel = 161,69 t

Carga viva

$$W_{\text{viva1}} = (300 * 170,40)$$

$$W_{\text{viva1}} = 51,12 \text{ t}$$

Total de carga viva primer nivel = 17,96 t

Peso del primer nivel

$$W_{\text{total2}} = CM + 0,25CV$$

$$W_{\text{total2}} = 161,69 + 0,25(17,96)$$

$$W_{\text{total 2}} = 174,46 \text{ t}$$

W del primer nivel = 174,46 t

W del segundo nivel = 93,05 t

Peso total = 267,51 t

Cargas horizontales

Cargas ambientales: en Guatemala se toma en cuenta principalmente las cargas debidas a los sismos.

Los sismos consisten en movimientos aleatorios horizontales y verticales en la superficie de la tierra. A medida que el terreno se mueve, la inercia tiende a mantener la estructura en el sitio original; lo anterior hace que la estructura sufra desplazamiento, aspecto que puede tener resultados catastróficos. Por lo tanto, el diseño sísmico depende fuertemente de las propiedades geométricas de la estructura, especialmente de su altura.

Además, el análisis realizado con la fuerza de sismo, cubre los efectos que podría causar la fuerza de viento, si se presentara.

Para encontrar las fuerzas sísmicas aplicadas en una estructura, se puede utilizar el método SEAOC y el método del AGIES. Para este proyecto se utilizó el método SEAOC, el cual se describe a continuación.

Corte basal (V): es la fuerza sísmica que transmite el suelo a la base de la estructura. Se calculó con base en la fórmula siguiente:

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

Donde:

Z = coeficiente que depende de la zona sísmica, = 1

I = coeficiente de importancia de la obra, para edificios educativos = 1.3

C = coeficiente que depende del período natural de vibración.

Está dado por:

$$C = \frac{1}{15\sqrt{t}}$$

$$t = \frac{\text{espesor losa} * H}{\sqrt{B}}$$

donde C no puede ser mayor de 0,12 y $T = \frac{0,0906 * H}{\sqrt{B}}$

donde H = altura del edificio, B = base del edificio

S: coeficiente que depende del tipo de suelo donde se cimenta la estructura; si se desconoce, usar 1,5, chequear $C * S \leq 0,14$; si el producto de estos coeficientes exceden este valor, tomar $C * S = 0,14$

K: factor que refleja la ductilidad de la estructura = 0,67

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

Como el sismo actúa en diferentes direcciones, es necesario evaluar el corte basal en las direcciones X y Y (longitudinal y transversal respectivamente).

En el sentido X del caso estudiado

Entonces

$$T = \frac{0,0906 \times 8,10}{\sqrt{24}} = 0,14 \text{ s}$$

$$C = \frac{1}{15\sqrt{0,14}} = 0,17$$

por lo que se utiliza 0,12

S = 1,5 por que no se conoce el valor de S, se utiliza el mayor valor permitido.

El valor de CS debe ser menor a 0,14 el valor conjunto de C*S

$C * S = (0,12 * 1,5) = 0,18$ por lo que se utiliza, $C*S=0,14$

$$V = V_x = V_y = [(1 * 1,3 * 0,67 * 0,14 * 267,51)]$$

$$V = 32,62 \text{ t}$$

Fuerzas por nivel: según la sección I(E) del código SEAOC la fuerza total lateral V puede ser distribuida en toda la estructura.

Donde:

V = corte basal

Ft = fuerza en la cúspide

Fi = fuerza por nivel

Condiciones que se deberán cumplir, dadas en la sección I(E) del código SEAOC:

Si $T < 0.25$ segundos; $F_t = 0$

Si $T > 0.25$ segundos; $F_t = 0.07 T * V$

Donde:

T = período fundamental de la estructura

El corte basal V o el valor de la fuerza puede ser distribuida en los niveles de la estructura, con la fórmula:

$$F_{ni} = \frac{(V - F_t) - W * H_i}{\sum W_i * H_i}$$

Donde:

W_i = peso de cada nivel

H_i = altura de cada nivel

Para el peso de las columnas hay que tomar en cuenta lo siguiente:

- Para el peso de las columnas del primer nivel, debe tomarse desde la cimentación hasta la mitad de las columnas del segundo nivel.
- El peso de las columnas intermedias se debe tomar de la mitad de la columna del nivel inferior a la mitad de la columna del nivel superior.

Cálculo de F_n respecto al eje X y Y

Como $t \leq 0,25$,

Fuerza en la cúspide $F_t = 0,00$

Fuerza por nivel

$$F_2 = \frac{[(32,62 - 0)(93,05 * 8,10)]}{[(174,46 * 4,75) + (93,05 * 8,10)]}$$

$$F_2 = \frac{24\ 585,86}{1\ 582,39}$$

$$F_2 = 15,54\ t$$

$$F_1 = \frac{[(32,62 - 0)(174,46 * 4,75)]}{[(174,46 * 4,75) + (93,05 * 8,10)]}$$

$$F_1 = \frac{27\ 031,70}{1\ 582,39}$$

$$F_1 = 17,08\ t$$

Chequeando:

$$V = F_t + F_2 + F_1$$

$$V = 0 + 15,54 + 17,08$$

$$V = 32,62\ t$$

Fuerza por marcos: en las estructuras, se calculó dividiendo la fuerza por piso entre el número de marcos paralelos a esta fuerza, pues los marcos

espaciados están simétricamente colocados. En caso contrario, se tendrá que dividir la fuerza de piso F_i proporcionalmente a la rigidez de los marcos.

Fuerzas por marcos y – y

El edificio es simétrico en y, por lo que la fuerza por marco será igual al producto de la división de la fuerza de piso entre el número de marcos en el sentido y.

Segundo nivel

La fuerza del segundo nivel debe incluir F_t

$$F_m = \frac{F_2 + F_t}{\# \text{ de marcos}} \qquad F_m = \frac{15,54 + 0}{7} \qquad F_m = 2,22 \text{ t}$$

Primer nivel

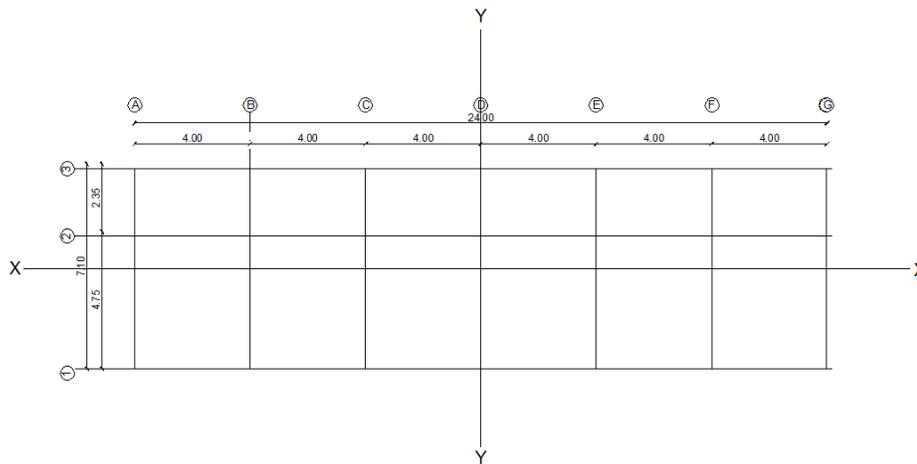
$$F_m = \frac{F_1 + F_t}{\# \text{ de marcos}} \qquad F_m = \frac{17,08 + 0}{7} \qquad F_m = 2,44 \text{ t}$$

Fuerza por marco x – x

En la figura 5 se puede observar que la estructura no es simétrica en x, porque el centro de masa tiene dos marcos arriba y uno abajo. Para analizar la torsión en las estructuras, se puede utilizar un método simplificado, el cual consiste en considerar por separado los desplazamientos relativos al edificio, ocasionados por la traslación y rotación de cada piso. Se considerará la rigidez

de cada nivel y, con esto determinado, las fuerzas correspondientes a un desplazamiento unitario, distribuyendo los cortes por torsión, según la rigidez.

Figura 5. **Simetría de marcos en el edificio**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

Los momentos de entrepiso se distribuyen en los diversos marcos y muros del sistema resistente a fuerzas laterales, de manera congruente con la distribución de los cortantes de entrepiso. El tipo de estructura a analizar y el tipo de apoyo, determinan qué ecuación de rigidez hay que utilizar, de las cuales se pueden citar:

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

$$K = \frac{1}{\left(\frac{P * h^3}{3 * E * I} + \frac{1,2 * P * h}{A * G} \right)}$$

Doblemente empotrado: se refiere a los primeros niveles o niveles intermedios de edificios multiniveles. La rigidez en este caso se calculó con la fórmula:

$$K = \frac{1}{\left(\frac{P * h^3}{12 * E * I} + \frac{1,2 * P * h}{A * G} \right)}$$

Donde:

P = carga asumida, generalmente 10 000 kg

h = altura del muro o columna analizada

E = módulo de elasticidad del concreto $(15\ 100 * \sqrt{f'_c})$

I = inercia de elemento

A = sección transversal del muro o columna analizada

G = módulo de rigidez $(0,40 * E)$

Cuando el centro de rigidez CR no coincide con el centro de masa CM, se produce excentricidad en la estructura, lo cual se debe a que existe una distribución desigual y asimétrica de las masas y las rigideces de la estructura.

La excentricidad se determina por medio de la diferencia que existe entre el valor del centro de masa y el valor del centro de rigidez.

Fuerzas del marco por torsión: el cálculo de la fuerza que llega a cada marco se realiza por medio de la suma algebraica de la fuerza rotacional y la fuerza directamente proporcional a la rigidez de los marcos.

$$F_m = F_{m'} \pm F_{m''}$$

F_m'' = fuerza rotacional

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

F_m' = fuerza traslacional

$$F_m' = \frac{(K_n * F_n)}{\sum K_i}$$

Donde:

K_m = rigidez del marco

$\sum k_i$ = rigidez total del nivel

d_i = distancia del CR a marco considerado

F_n = fuerza por nivel

E_i = relación entre rigideces y brazo a cada marco

e = excentricidad

Segundo nivel

Rigidez de columna x – x, se utiliza la fórmula de voladizo, por ser el último nivel.

$$K = \frac{1}{\left(\frac{10\,000 * 330^3}{3 * 15\,100 * \sqrt{210} * \frac{30^4}{12}} + \frac{1,2 * 10\,000 * 330}{30^2 * 0,4 * 15\,100 * \sqrt{210}} \right)}$$

$K = 0,1225$

Como todas las columnas tienen la misma sección, entonces:

$$K_m = K_{c1} + K_{c2} + K_{c3} + K_{c4} + K_{c5} + K_{c6} + K_{c7}$$

$$K_m = 0,1225 * 7$$

$$K_m = 0,8577$$

Tabla VIII. **Cálculo del centro de rigidez en el segundo nivel**

MARCO	K	L	KL
1	0,8575	7,1	6,0882
2	0,8575	4,75	4,0731
3	0,8575	0	0
SUMATORIA	2,5725		10,1613

Fuente: elaboración propia.

Centro de rigidez = CR

$$CR = \frac{\sum K * L}{\sum K} = \frac{10,1613}{2,5725} = 3,94 \text{ m}$$

$$CM_x = \frac{24,00}{2,00} = 12,00 \text{ m}$$

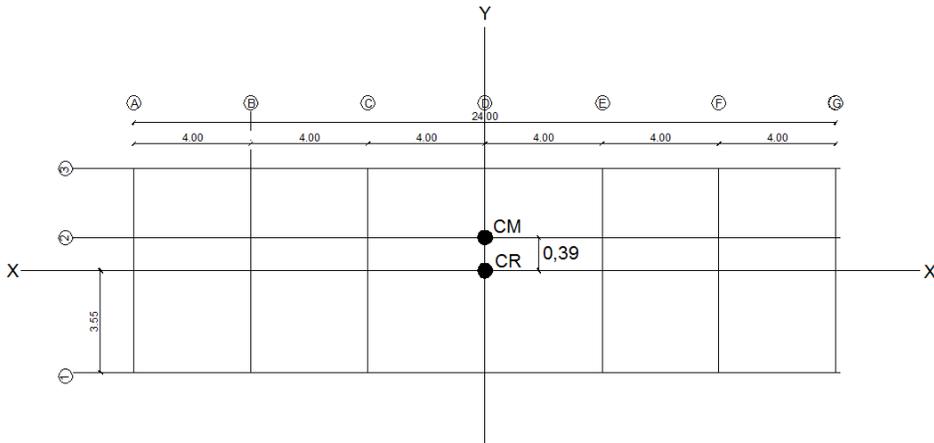
$$CM_y = \frac{7,10}{2,00} = 3,55 \text{ m}$$

$$e = CM - CR = 3,55 - 3,94 = 0,39 \text{ m}$$

$$e_{\text{mín}} = 5 \% * H_{\text{del edificio}}$$

$$e_{\text{mín}} = 0,05 * 8,1 = 0,405 \text{ m}$$

Figura 6. Localización del centro de masa y centro de rigidez



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

Tabla IX. Fuerza por marco por torsión del segundo nivel

MARCO	K_m	D_i	$K_m * D_i$	$(K_m * D_i)^2$	E_i	$F_{m'}$	$F_{m''}$	F_m
1	0,8575	3,5500	3,0441	9,2667	6,4361	5,1800	0,9779	6,1579
2	0,8575	1,2000	1,0290	1,0588	19,0401	5,1800	0,3306	5,5106
3	0,8575	-3,5500	-3,0441	9,2667	-6,4361	5,1800	-0,9779	4,2021
	2,5725			19,5922				15,8706

Fuente: elaboración propia.

Primer nivel

Por ser el primer nivel, la columna se trabaja como doblemente empotrada.

$$K = \frac{1}{\left(\frac{10\,000 * 330^3}{12 * 15\,100 * \sqrt{210} * \frac{30^4}{12}} + \frac{1,2 * 10\,000 * 300}{30^2 * 0,4 * 15\,100 * \sqrt{210}} \right)}$$

$$K = 0,4812$$

Como todas las columnas tienen la misma sección, entonces:

$$K_m = K_{c1} + K_{c2} + K_{c3} + K_{c4} + K_{c5} + K_{c6} + K_{c7}$$

$$K_m = 0,4812 * 7$$

$$K_m = 3,3684$$

Tabla X. **Cálculo del centro de rigidez en el primer nivel**

MARCO	K	L	KL
1	3,3684	7,1	23,9156
2	3,3684	4,75	15,9999
3	3,3684	0	0,0000
SUMATORIA	10,1052		39,9155

Fuente: elaboración propia.

Centro de rigidez = CR

$$CR = \frac{\sum K * L}{\sum K}$$

$$CR = \frac{39,9155}{10,1052}$$

$$CR = 3,94 \text{ m}$$

$$CM_X = \frac{24,00}{2,00} = 12,00 \text{ m}$$

$$CM_Y = \frac{7,10}{2,00} = 3,55 \text{ m}$$

$$e = CM - CR = 3,55 - 3,94 = 0,39 \text{ m}$$

$$e_{\text{mín}} = 5 \% * H_{\text{del edificio}}$$

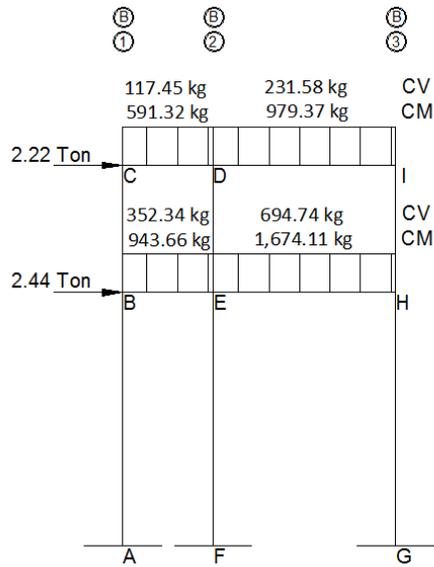
$$e_{\text{mín}} = 0,05 * 8,10 = 0,405 \text{ m}$$

Tabla XI. **Fuerza por marco por torsión del primer nivel**

MARCO	K_m	D_i	$K_m * D_i$	$(K_m * D_i)^2$	E_i	$F_{m'}$	$F_{m''}$	F_m
1	3,3684	3,5500	11,9578	142,9895	25,2820	5,6933	0,2736	5,9669
2	3,3684	1,2000	4,0421	16,3384	74,7925	5,6933	0,0925	5,7858
3	3,3684	-3,5500	-11,9578	142,9895	-25,2820	5,6933	-0,2736	5,4197
	10,105			302,3173				17,1725

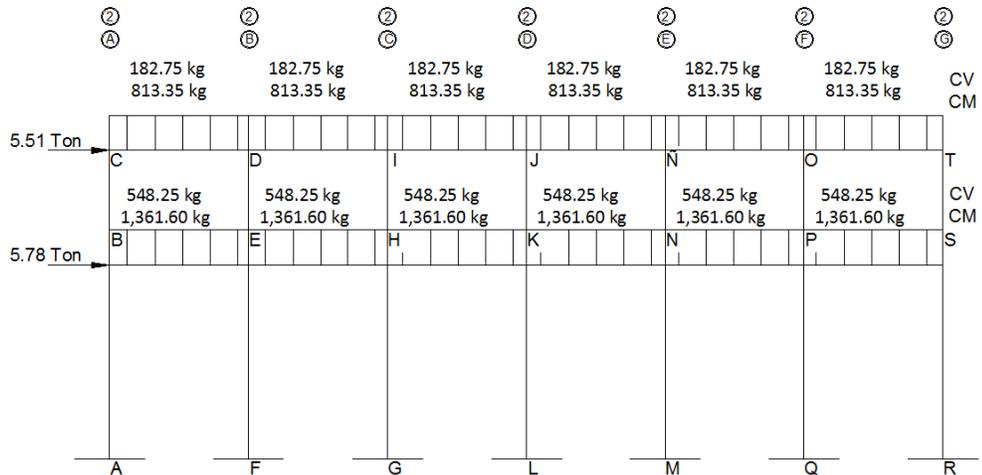
Fuente: elaboración propia.

Figura 7. Marco típico sentido Y, cargas verticales y horizontales



Fuente: elaboración propia, con el programa AutoCAD.

Figura 8. Marco típico sentido X, cargas verticales y horizontales



Fuente: elaboración propia, con el programa AutoCAD.

2.2.4.3. Modelos matemáticos de marcos rígidos

El análisis estructural se realizó con el método de Kani, el cual es uno de los más prácticos en lo que concierne a métodos iterativos aproximados. A continuación se presenta un resumen del procedimiento.

- Rigideces de los elementos (K_{ik})

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

Donde:

I = inercia del elemento

L_{ik} = longitud del elemento

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

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

- Momentos Fijos (MF_{ik}), se calculan cuando existen cargas verticales

$$MF_{ik} = \pm \frac{W * L^2}{12}$$

- Momentos de sujeción (M_s), se calculan cuando hay cargas verticales

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

- Factores de corrimiento (\ddot{u}_{ik}), se calculan cuando hay ladeo causado porque la estructura no es simétrica o cuando se hace el análisis con las fuerzas horizontales aplicadas al marco rígido.

$$\ddot{u}_{ik} = -\frac{3}{2} * \left(\frac{K_{ik}}{\sum K_{ik}} \right)$$

- Fuerzas de sujeción (H), se calculan cuando se hace el análisis con las fuerzas horizontales aplicadas al marco rígido. $H = FM_n$ (fuerza por marco del nivel n, tomada del análisis sísmico).
- Fuerza cortante en el piso (Q_n), se calcula cuando se hace el análisis con las fuerzas horizontales aplicadas al marco rígido.

$$Q_n = \sum H$$

- Momentos de piso (M_n), se calculan cuando se hace el análisis con las fuerzas horizontales aplicadas al marco rígido.

$$M_n = \frac{Q_n * H_n}{3};$$

Con

H_n = altura total del piso n

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

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

$M'_{ik} = \mu_{ik} * [M_s + \sum (M'_{ni} + M''_{ni})]$ con ladeo

- Cálculo de iteraciones, influencia de desplazamiento (M''_{ik}), esto se calcula cuando existe ladeo.

$M''_{ik} = \ddot{u}_{ik} * (\sum (M'_{ik} + M'_{ki}))$ ladeo por asimetría

$M''_{ik} = \ddot{u}_{ik} * [M_n + \sum (M'_{ik} + M'_{ki})]$ ladeo por fuerza horizontal

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

$M_{ik} = M_{Fik} + 2 * M'_{ik} + M'_{ki}$ sin ladeo

$M_{ik} = M_{Fik} + 2 * M'_{ik} + M'_{ki} + M''_{ik}$ con ladeo

- Cálculo de los momentos positivos en vigas ($M_{ik}(+)$)

$$M_{ik} = \frac{W * L^2}{8} - \frac{|M_i(-)| + |M_K(-)|}{2}$$

Donde:

$M_i(-)$ = momento negativo de la viga en el extremo del lado izquierdo

$M_K(-)$ = momento negativo de la viga en el extremo del lado derecho

Método de Kani para carga muerta

Marco típico sentido Y

Calculo de Inercias

$$\text{Inercia de los elementos rectangulares } I = \frac{b * h^3}{12}$$

$$I_{\text{viga}} = \frac{0,20 * 0,40^3}{12}$$

$$I_{\text{viga}} = 0,001067 \text{ cm}^4$$

$$I_{\text{columna}} = \frac{30 * 30^3}{12}$$

$$I_{\text{columna}} = 0,000675 \text{ cm}^4$$

Inercias relativas

$$\text{Columnas } I'_{ik} = \frac{I_{\text{col}}}{I_{\text{col}}}$$

$$I'_{AB} = \frac{0,000675}{0,000675}$$

$$I'_{AB} = 1$$

$$I'_{AB} = I'_{BC} = I'_{DE} = I'_{EF} = I'_{GH} = I'_{HI} = 1$$

Vigas $I'_{ik} = \frac{I_{viga}}{I_{col}}$

$$I'_{BE} = \frac{0,001067}{0,000675}$$

$$I'_{BE} = 1,580741$$

$$I'_{BE} = I'_{CD} = I'_{EH} = I'_{DI} = 1,580741$$

Rigidez de columnas

$$K_{BC} = \frac{I'_{col}}{L}$$

$$K_{AB} = \frac{1}{4,80} = 0,208333$$

$$K_{BC} = \frac{1}{3,30} = 0,303030$$

$$K_{EF} = \frac{1}{4,80} = 0,208333$$

$$K_{DE} = \frac{1}{3,30} = 0,303030$$

$$K_{GH} = \frac{1}{4,80} = 0,208333$$

$$K_{HI} = \frac{1}{3,30} = 0,303030$$

Rigidez de vigas

$$K_{BC} = \frac{I'_{viga}}{L}$$

$$K_{BE} = \frac{1,580741}{2,35} = 0,672656$$

$$K_{EH} = \frac{1,580741}{4,75} = 0,332787$$

$$K_{CD} = \frac{1,580741}{2,35} = 0,672656$$

$$K_{DI} = \frac{1,580741}{4,75} = 0,332787$$

$$\text{Momentos Fijos (MF}_{ik}) \quad MF_{ik} = \pm \frac{W * L^2}{12}$$

$$MF_{CD} = -\frac{591,32 * 2.35^2}{12} = -272,13$$

$$MF_{DC} = +\frac{591,32 * 2.35^2}{12} = 272,13$$

$$MF_{DI} = -\frac{979,37 * 4.75^2}{12} = -1\,841,42$$

$$MF_{ID} = +\frac{979,37 * 4.75^2}{12} = +1\,841,42$$

$$MF_{BE} = -\frac{943,66 * 2.35^2}{12} = -434,28$$

$$MF_{EB} = +\frac{943,66 * 2.35^2}{12} = 434,28$$

$$MF_{EH} = -\frac{1\,674,11 * 4.75^2}{12} = -3\,147,68$$

$$MF_{HE} = +\frac{1\,674,11 * 4.75^2}{12} = +3\,147,68$$

Momentos de sujeción $M_s = \sum MF_{IK}$

$$\text{Nudo B} = M_b = -434,28 \text{ kg-m}$$

$$\text{Nudo C} = M_c = -272,13 \text{ kg-m}$$

$$\text{Nudo D} = M_d = 272,13 - 1\,841,42 = -1\,569,29 \text{ kg-m}$$

$$\text{Nudo E} = M_e = 434,28 - 3\,147,68 = -2\,713,40 \text{ kg-m}$$

$$\text{Nudo I} = M_i = 1\,841,42 \text{ kg-m}$$

$$\text{Nudo H} = M_h = 3\,147,68 \text{ kg-m}$$

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

Nudo B

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

$$\mu_{AB} = -\frac{1}{2} * \left(\frac{0,208333}{0,208333 + 0,303030 + 0,672656} \right)$$

$$\mu_{AB} = -0,087977$$

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

$$\mu_{BC} = -\frac{1}{2} * \left(\frac{0,303030}{0,208333 + 0,303030 + 0,672656} \right)$$

$$\mu_{BC} = -0,127967$$

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

$$\mu_{BE} = -\frac{1}{2} * \left(\frac{0,672656}{0,208333 + 0,303030 + 0,672656} \right)$$

$$\mu_{BE} = -0,284056$$

$$\mu_{AB} + \mu_{BC} + \mu_{BE} = -0,50$$

Nudo C

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

$$\mu_{BC} = -\frac{1}{2} * \left(\frac{0,303030}{0,303030 + 0,672656} \right)$$

$$\mu_{BC} = 0,155291$$

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

$$\mu_{CD} = -\frac{1}{2} * \left(\frac{0,672656}{0,303030 + 0,672656} \right)$$

$$\mu_{CD} = 0,344709$$

$$\mu_{BC} + \mu_{CD} = 0,05$$

Nudo D

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

$$\mu_{DE} = -\frac{1}{2} * \left(\frac{0,303030}{0,303030 + 0,672656 + 0,332787} \right)$$

$$\mu_{DE} = -0,115795$$

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

$$\mu_{CD} = -\frac{1}{2} * \left(\frac{0,672656}{0,303030 + 0,672656 + 0,332787} \right)$$

$$\mu_{CD} = -0,257039$$

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

$$\mu_{DI} = -\frac{1}{2} * \left(\frac{0,332787}{0,303030 + 0,672656 + 0,332787} \right)$$

$$\mu_{DI} = -0,127166$$

$$\mu_{DE} + \mu_{CD} + \mu_{DI} = 0,50$$

Nudo E

$$\mu_{EF} = -\frac{1}{2} * \left(\frac{K_{ik}}{\sum K_{ik}} \right) = -\frac{1}{2} * \left(\frac{K_{EF}}{K_{EF} + K_{DE} + K_{BE} + K_{EH}} \right)$$

$$\mu_{EF} = -\frac{1}{2} * \left(\frac{0,208333}{0,208333 + 0,303030 + 0,672656 + 0,332787} \right)$$

$$\mu_{EF} = -0,068675$$

$$\mu_{DE} = -\frac{1}{2} * \left(\frac{K_{ik}}{\sum K_{ik}} \right) = -\frac{1}{2} * \left(\frac{K_{DE}}{K_{EF} + K_{DE} + K_{BE} + K_{EH}} \right)$$

$$\mu_{DE} = -\frac{1}{2} * \left(\frac{0,303030}{0,208333 + 0,303030 + 0,672656 + 0,332787} \right)$$

$$\mu_{DE} = -0,099891$$

$$\mu_{BE} = -\frac{1}{2} * \left(\frac{K_{ik}}{\sum K_{ik}} \right) = -\frac{1}{2} * \left(\frac{K_{BE}}{K_{EF} + K_{DE} + K_{BE} + K_{EH}} \right)$$

$$\mu_{BE} = -\frac{1}{2} * \left(\frac{0,672656}{0,208333 + 0,303030 + 0,672656 + 0,332787} \right)$$

$$\mu_{BE} = -0,221734$$

$$\mu_{EH} = -\frac{1}{2} * \left(\frac{K_{ik}}{\sum K_{ik}} \right) = -\frac{1}{2} * \left(\frac{K_{EH}}{K_{EF} + K_{DE} + K_{BE} + K_{EH}} \right)$$

$$\mu_{EH} = -\frac{1}{2} * \left(\frac{0,672656}{0,208333 + 0,303030 + 0,672656 + 0,332787} \right)$$

$$\mu_{EH} = -0,109700$$

$$\mu_{EF} + \mu_{DE} + \mu_{BE} + \mu_{EH} = 0,50$$

Nudo H

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

$$\mu_{EH} = -\frac{1}{2} * \left(\frac{0,332787}{0,332787 + 0,208333 + 0,303030} \right)$$

$$\mu_{EH} = -0,197114$$

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

$$\mu_{GH} = -\frac{1}{2} * \left(\frac{0,208333}{0,332787 + 0,208333 + 0,303030} \right)$$

$$\mu_{GH} = -0,123398$$

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

$$\mu_{HI} = -\frac{1}{2} * \left(\frac{0,303030}{0,332787 + 0,208333 + 0,303030} \right)$$

$$\mu_{HI} = -0,179488$$

$$\mu_{EH} + \mu_{GH} + \mu_{HI} = 0,50$$

Nudo I

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

$$\mu_{DI} = -\frac{1}{2} * \left(\frac{0,332787}{0,332787 + 0,303030} \right)$$

$$\mu_{DI} = -0,261700$$

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

$$\mu_{HI} = -\frac{1}{2} * \left(\frac{0,303030}{0,332787 + 0,303030} \right)$$

$$\mu_{HI} = -0,238300$$

$$\mu_{DI} + \mu_{HI} = -0,50$$

Orden de iteraciones nudo B-C-D-I-H-E

Primera iteración

Nudo B

$$M_{BC} = (-0,127967)(-434,280)$$

$$M_{BC} = 55,5735$$

$$M_{BE} = (-0,28406)(-434,280)$$

$$M_{BE} = 123,36$$

$$M_{BA} = (-0,08798)(-434,280)$$

$$M_{BA} = 38,207$$

Nudo C

$$M_{CB} = (-0,15529)(-272,13 + 55,5735)$$

$$M_{CB} = 33,629$$

$$M_{CD} = (-0,34471)(-272,13 + 55,5735)$$

$$M_{CD} = 74,649$$

Nudo D

$$M_{DC} = (-0,25704)(-1\,569,289 + 74,649)$$

$$M_{DC} = 384,1822$$

$$M_{DE} = (-0,11580)(-1\,569,289 + 74,649)$$

$$M_{DE} = 173,0793$$

$$M_{DI} = (-0,12717)(-1\,569,289 + 74,649)$$

$$M_{DI} = 190,0733$$

Nudo I

$$M_{ID} = (-0,26170)(1\,841,42 + 190,068)$$

$$M_{ID} = -531,6404$$

$$M_{IH} = (-0,23830)(1\,841,42 + 190,068)$$

$$M_{IH} = -484,1036$$

Nudo H

$$M_{HI} = (-0,17949)(-3\,147,676 - 484,103)$$

$$M_{HI} = +478,080$$

$$M_{HE} = (-0,19711)(-3\,147,676 - 484,103)$$

$$M_{HE} = -525,027$$

$$M_{HG} = (-0,12340)(-3\,147,676 - 484,103)$$

$$M_{HG} = -328,680$$

Nudo E

$$M_{ED} = (-0,09989)(-2\,713,395 + 173,072 + 123,360 + 0 - 525,027)$$

$$M_{ED} = 293,878$$

$$M_{EB} = (-0,22173)(-2\,713,395 + 173,072 + 123,360 + 0 - 525,027)$$

$$M_{EB} = 652,340$$

$$M_{EF} = (-0,06867)(-2\,713,395 + 173,072 + 123,360 + 0 - 525,027)$$

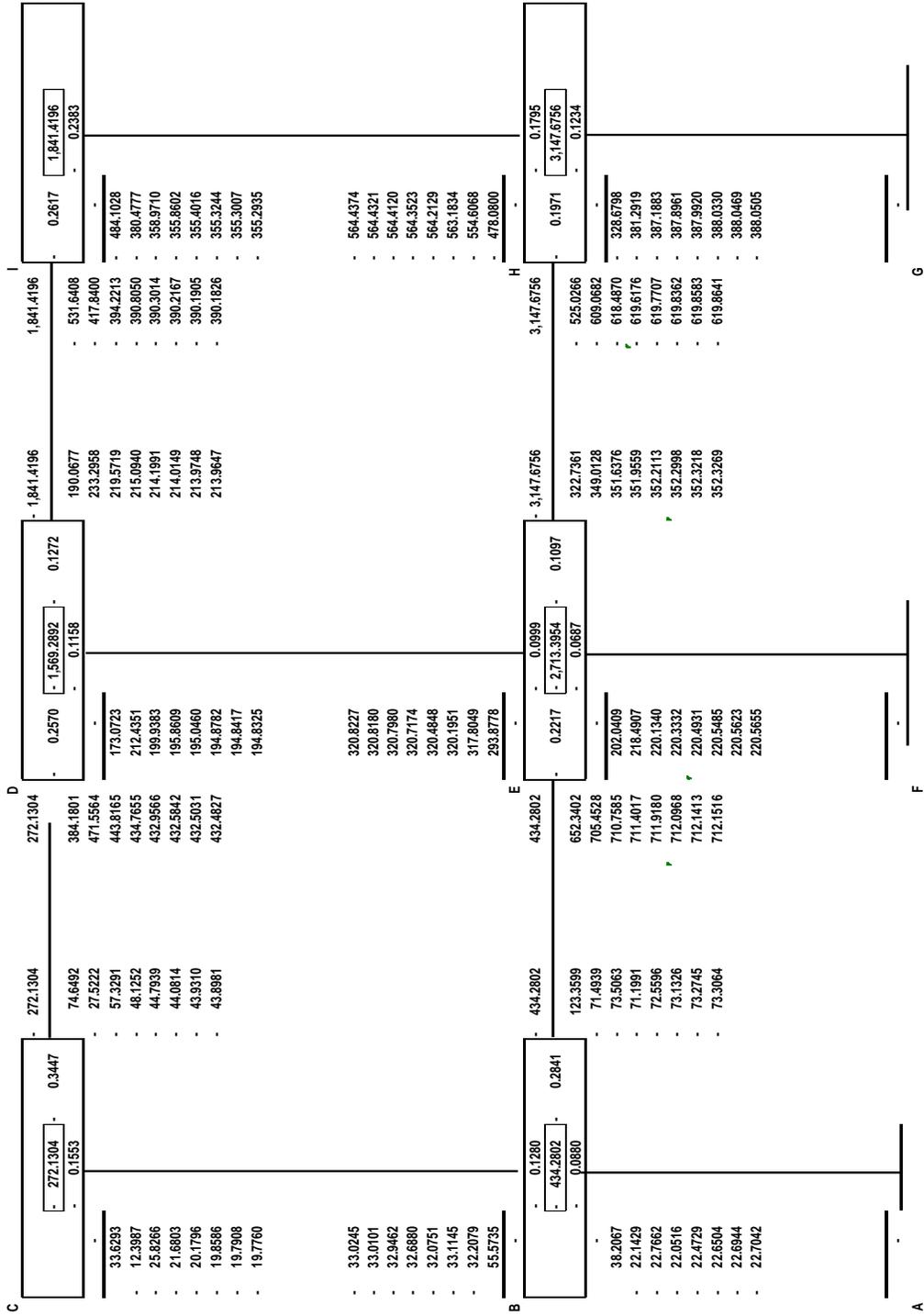
$$M_{EF} = 202,041$$

$$M_{EH} = (-0,10970)(-2\,713,395 + 173,072 + 123,360 + 0 - 525,027)$$

$$M_{EH} = 322,736$$

Se realizaron 8 iteraciones para lograr mayor exactitud en el cálculo de los momentos finales, los resultados se encuentran en la figura No. 9

Figura 9. Esquema de iteraciones, carga muerta eje Y



Fuente: elaboración propia.

Cálculo de momentos finales (M_{ik})

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

Donde:

M_{ik} = Momento final en el extremo del elemento analizado

M_{Fik} = Momento fijo del elemento analizado

M'_{ik} = Influencia de giro del elemento analizado

M'_{ki} = Influencia de giro del elemento opuesto analizado

Cálculo de momentos en columnas ($M_{Fik} = 0$)

$$M_{AB} = (0) + (2) * (0) + (-22,70) = -22,70$$

$$M_{BA} = (0) + (2) * (-22,70) + (0) = -45,40$$

$$M_{BC} = (0) + (2) * (-33,02) + (-19,77) = -85,82$$

$$M_{CB} = (0) + (2) * (-19,77) + (-33,02) = -72,57$$

$$M_{FE} = (0) + (2) * (0) + (220,56) = 220,56$$

$$M_{EF} = (0) + (2) * (220,56) + (0) = 441,13$$

$$M_{ED} = (0) + (2) * (320,82) + (194,83) = 836,47$$

$$M_{DE} = (0) + (2) * (194,83) + (320,82) = 710,48$$

$$M_{GH} = (0) + (2) * (0) + (-388,05) = -388,05$$

$$M_{HG} = (0) + (2) * (-388,05) + (0) = -776,10$$

$$M_{HI} = (0) + (2) * (-564,43) + (-355,29) = -1 484,16$$

$$M_{IH} = (0) + (2) * (-355,29) + (-564,43) = -1 275,02$$

Cálculo de momentos negativos en vigas

$$M_{BE} = (-434,28) + (2) * (-73,30) + (712,15) = 131,25$$

$$\begin{aligned}
M_{EB} &= (434,28) + (2) * (712,15) + (-73,30) = 1\,785,27 \\
M_{CD} &= (-272,13) + (2) * (-43,89) + (432,48) = 72,55 \\
M_{DC} &= (272,13) + (2) * (432,48) + (-43,89) = 1\,093,19 \\
M_{DI} &= (-1\,841,41) + (2) * (213,96) + (-390,18) = -1\,803,67 \\
M_{ID} &= (1\,841,41) + (2) * (-390,18) + (213,96) = 1\,275,01 \\
M_{EH} &= (-3\,147,65) + (2) * (352,32) + (-619,86) = -3\,062,88 \\
M_{HE} &= (3\,147,65) + (2) * (-619,86) + (352,32) = 2\,260,27
\end{aligned}$$

Cálculo de momentos positivos en vigas ($M_{ik}(+)$)

$$M_{ik} = \frac{W * L^2}{8} - \frac{|M_i(-)| + |M_k(-)|}{2}$$

$$M_{BE} = \frac{943,66 * 2,35^2}{8} - \frac{|131,25| + |1\,785,27|}{2} = -306,84$$

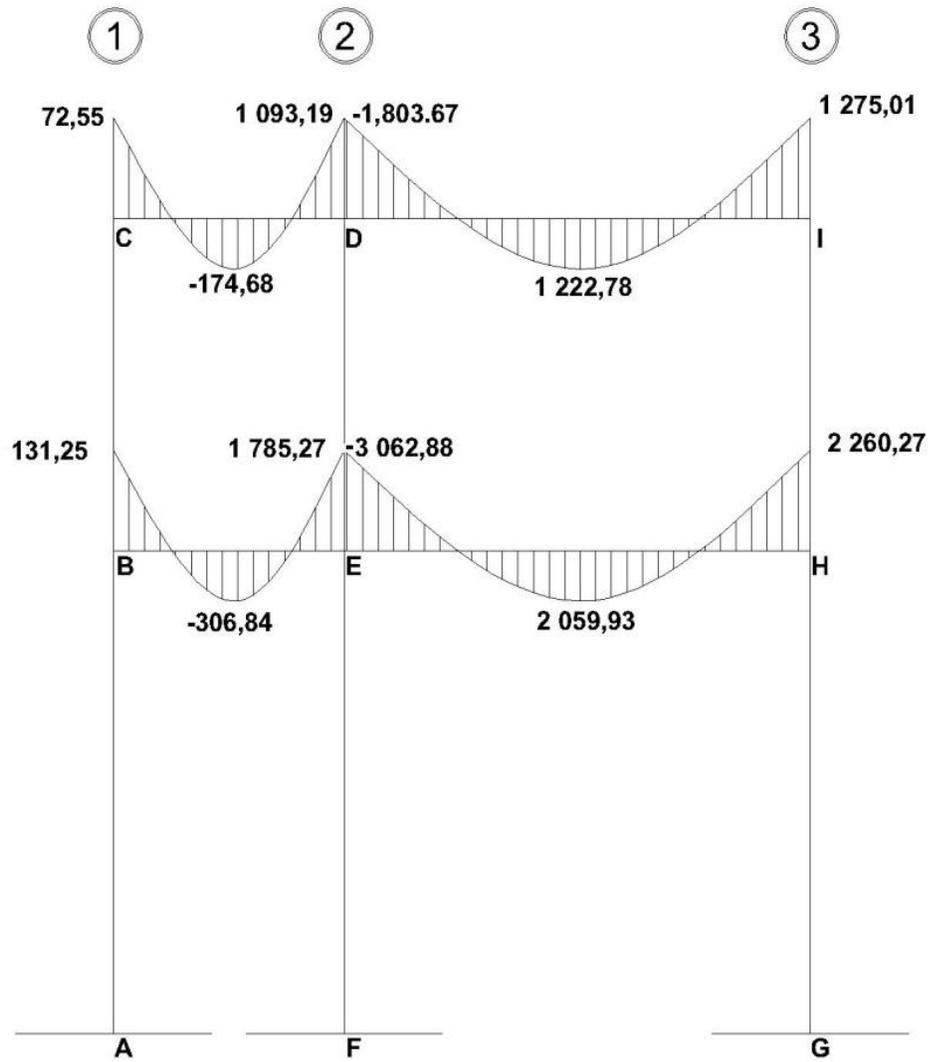
$$M_{CD} = \frac{591,32 * 2,35^2}{8} - \frac{|72,55| + |1\,093,19|}{2} = -174,68$$

$$M_{DI} = \frac{979,37 * 4,75^2}{8} - \frac{|1\,803,67| + |1\,275,01|}{2} = 1\,222,78$$

$$M_{EH} = \frac{1\,674,11 * 4,75^2}{8} - \frac{|3\,062,88| + |2\,260,27|}{2} = 2\,059,93$$

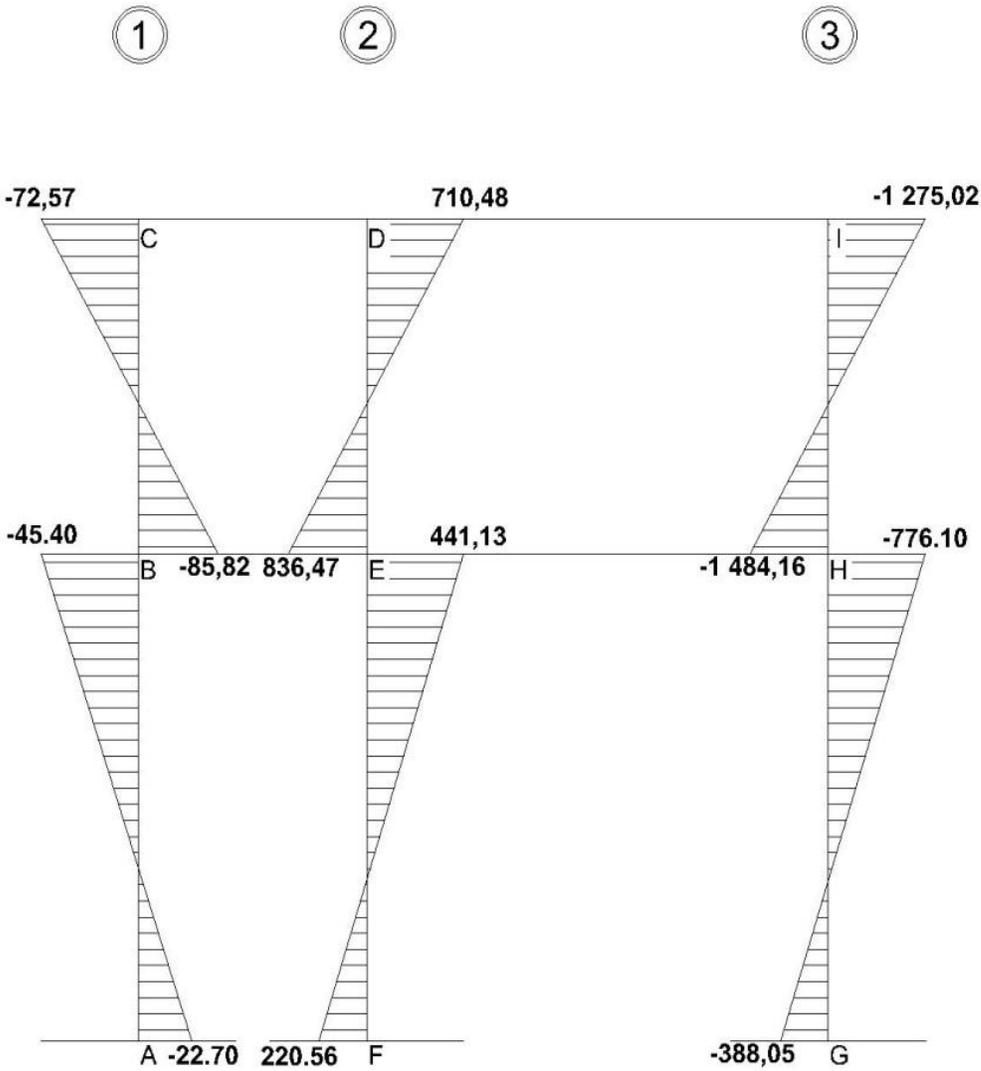
En las siguientes figuras, se presentan los diagramas de momentos, en kilogramos-metro, generados por la influencia de la carga muerta; en ambos sentidos.

Figura 10. Diagrama de momentos carga muerta en vigas del eje Y
(resultado método Kani)



Fuente: elaboración propia, con el programa AutoCAD.

Figura 11. Diagrama de momentos carga muerta en columnas del eje Y
(resultado método Kani)



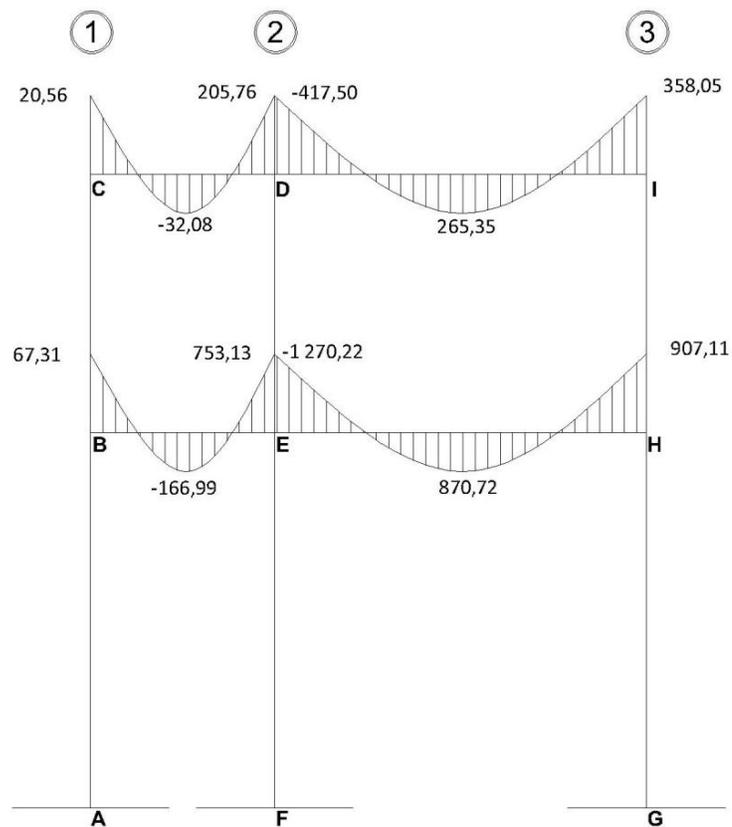
Fuente: elaboración propia, con el programa AutoCAD.

Análisis para carga viva

El procedimiento mostrado anteriormente es el mismo que se aplica para Kani con carga muerta; la diferencia es que se utilizan las cargas distribuidas para carga viva.

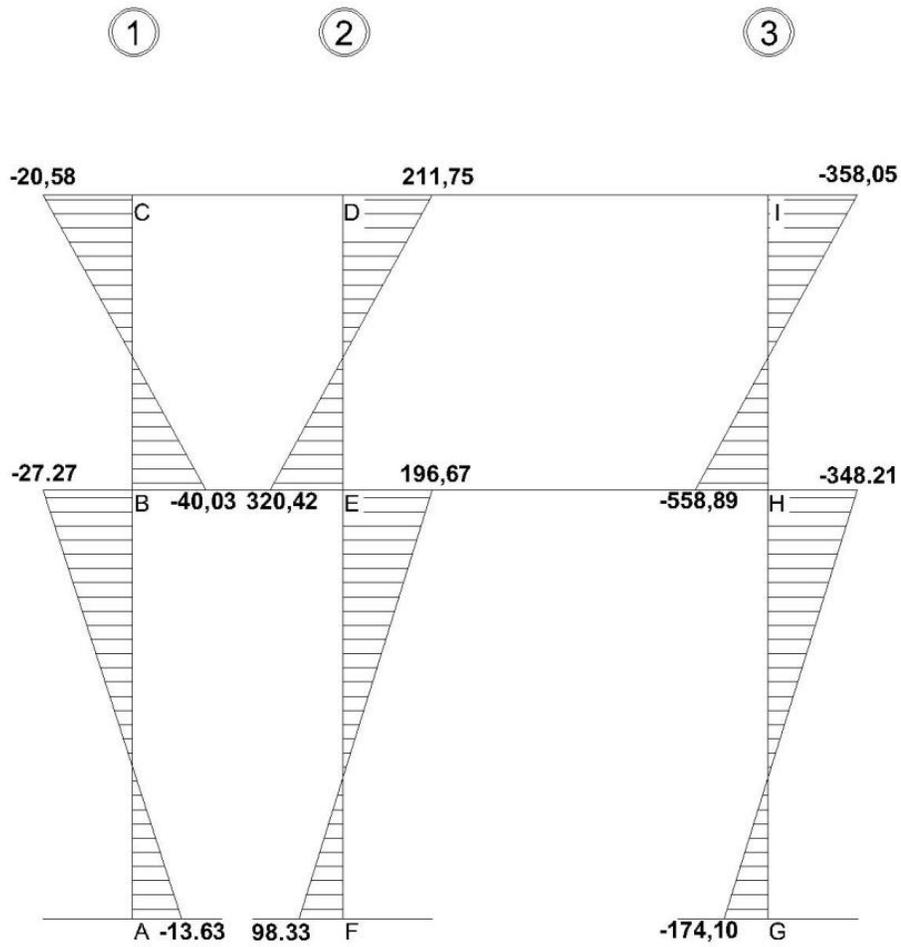
Los momentos resultantes de este análisis se muestran en las siguientes figuras, en kilogramos-metro.

Figura 12. **Diagrama de momentos carga viva en vigas del eje Y (resultado método Kani)**



Fuente: elaboración propia, con el programa AutoCAD.

Figura 13. Diagrama de momentos carga viva en columnas del eje Y
(resultado método Kani)



Fuente: elaboración propia, con el programa AutoCAD.

Análisis para cargas horizontales (E)

El procedimiento es similar al que se aplica para cargas verticales; la diferencia es que se utilizan las fuerzas horizontales para el marco en cuestión y además se determinan factores de corrimiento, fuerzas de sujeción, fuerzas cortantes de piso y momentos de piso.

$$\text{Factores de corrimiento } V_{ik} = -\frac{3}{2} * \left(\frac{K_{ik}}{\sum K_{in}} \right)$$

Nivel 2

$$V_{BC} = -\frac{3}{2} * \left(\frac{K_{BC}}{K_{BC} + K_{DE} + K_{HI}} \right) = -\frac{3}{2} * \left(\frac{0,303030}{0,303030 + 0,303030 + 0,303030} \right)$$

$$V_{BC} = -0,50$$

$$V_{DE} = -\frac{3}{2} * \left(\frac{K_{DE}}{K_{BC} + K_{DE} + K_{HI}} \right) = -\frac{3}{2} * \left(\frac{0,303030}{0,303030 + 0,303030 + 0,303030} \right)$$

$$V_{DE} = -0,50$$

$$V_{HI} = -\frac{3}{2} * \left(\frac{K_{HI}}{K_{BC} + K_{DE} + K_{HI}} \right) = -\frac{3}{2} * \left(\frac{0,303030}{0,303030 + 0,303030 + 0,303030} \right)$$

$$V_{HI} = -0,50$$

$$V_{BC} + V_{DE} + V_{HI} = -1,50$$

Nivel 1

$$V_{AB} = -\frac{3}{2} * \left(\frac{K_{AB}}{K_{AB} + K_{EF} + K_{GH}} \right) = -\frac{3}{2} * \left(\frac{0,208333}{0,208333 + 0,208333 + 0,208333} \right)$$

$$V_{AB} = -0,50$$

$$V_{EF} = -\frac{3}{2} * \left(\frac{K_{EF}}{K_{AB} + K_{EF} + K_{GH}} \right) = -\frac{3}{2} * \left(\frac{0,208333}{0,208333 + 0,208333 + 0,208333} \right)$$

$$V_{EF} = -0,50$$

$$V_{GH} = -\frac{3}{2} * \left(\frac{K_{GH}}{K_{AB} + K_{EF} + K_{GH}} \right) = -\frac{3}{2} * \left(\frac{0,208333}{0,208333 + 0,208333 + 0,208333} \right)$$

$$V_{GH} = -0,50$$

$$V_{BC} + V_{EF} + V_{GH} = -1,50$$

Fuerzas de sujeción (H = FM_n)

Donde:

FM_n = Fuerza horizontal del marco en el nivel n

$$H_2 = 2\,220,00 \text{ kg}$$

$$H_1 = 2\,440,00 \text{ kg}$$

Fuerza cortante de piso ($Q_n = \sum H_n$)

Donde:

$\sum H_n$ = Sumatoria de las fuerzas de sujeción acumuladas por nivel

$$Q_2 = 2\,220,00 \text{ kg}$$

$$Q_1 = 4\,660,00 \text{ kg}$$

Momentos de piso (M_n)

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

Donde

h_n = altura del nivel en cuestión

$$M_2 = \frac{2\,220 * 3,30}{3} = 2,442$$

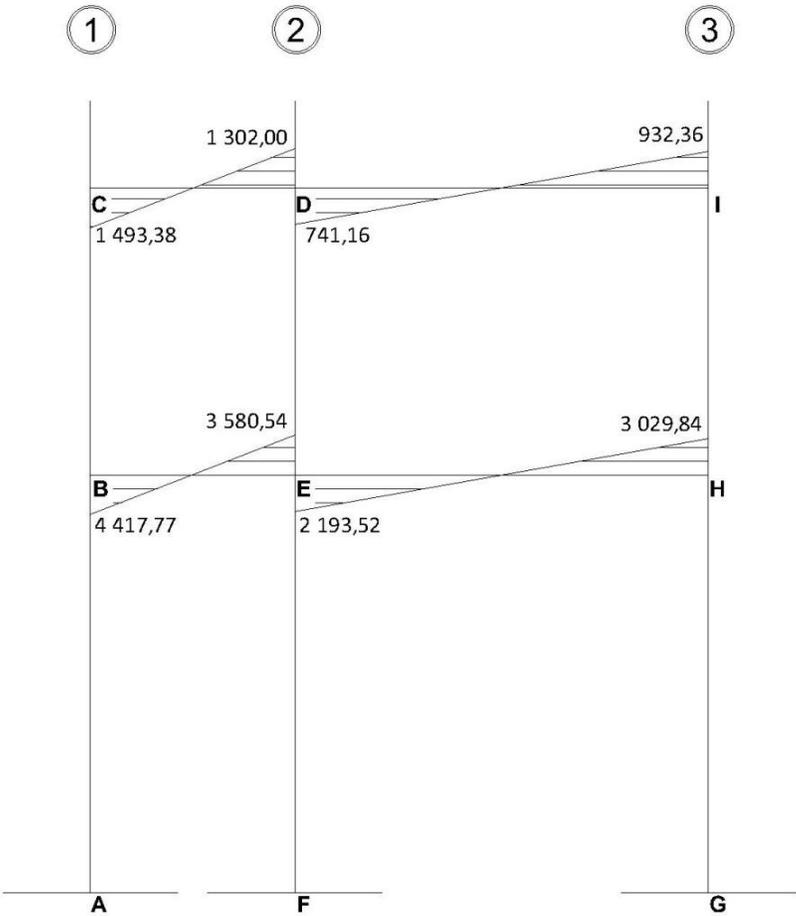
$$M_1 = \frac{4\,660 * 4,80}{3} = 7,456$$

Los valores de las rigideces y factores de giro son los que se calcularon en el análisis de la carga muerta y la carga viva.

Se realizaron 6 iteraciones para lograr mayor exactitud en el cálculo de los momentos finales, los resultados se encuentran en la figura No. 14

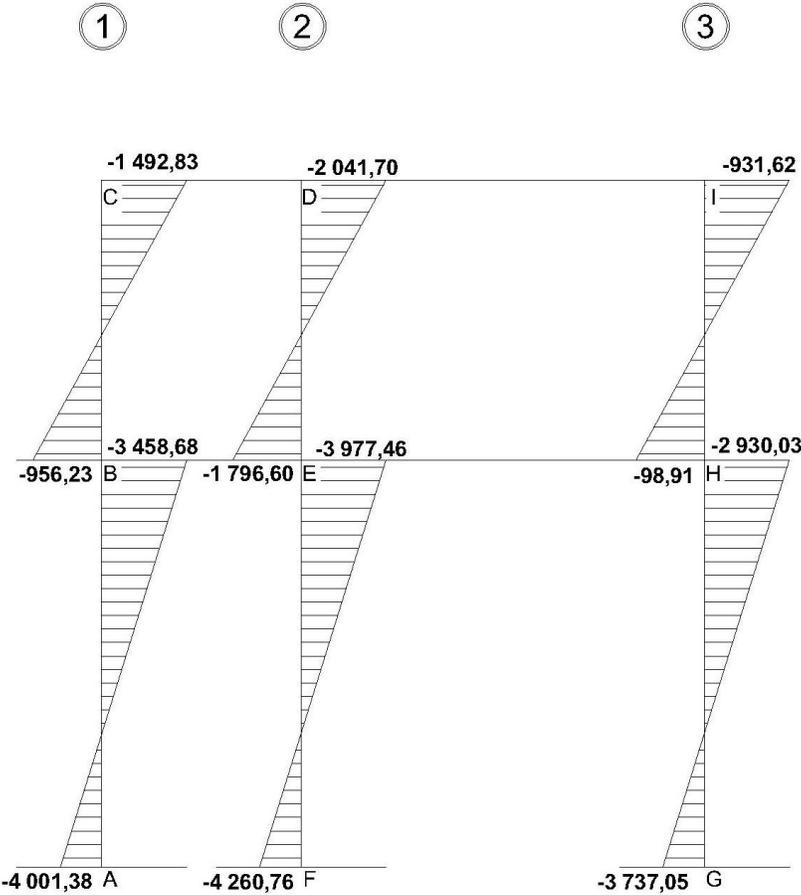
Los momentos resultantes de este análisis se muestran en las siguientes figuras, en kilogramos-metro.

Figura 15 **Diagrama de momentos carga horizontal en vigas del eje Y
(resultado método Kani)**



Fuente: elaboración propia, con el programa AutoCAD.

Figura 16. Diagrama de momentos carga horizontal en columnas del eje Y (resultado método Kani)



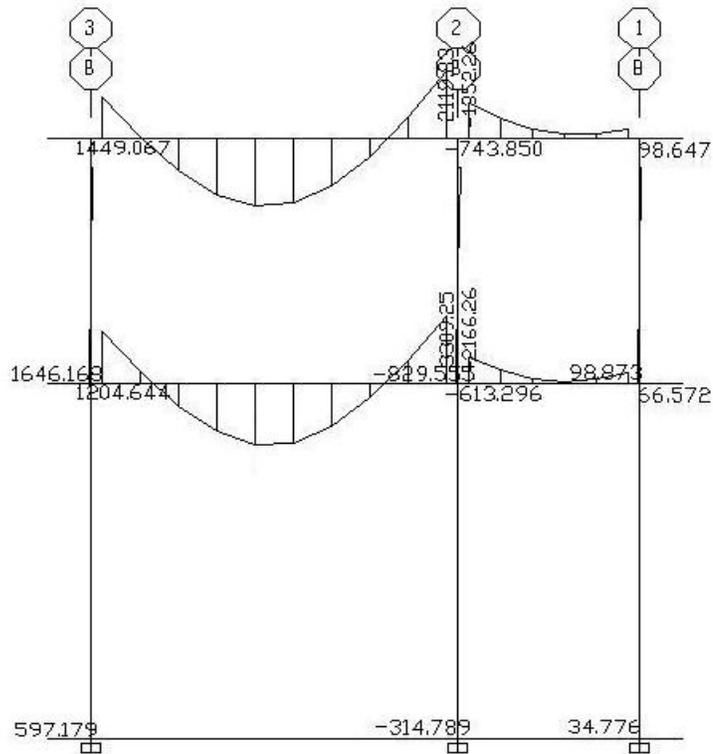
Fuente: elaboración propia, con el programa AutoCAD.

2.2.4.4. Análisis de marcos rígidos a través del uso software

Para efecto del análisis estructural, se utilizó el software ETABS 9.5.0 para la obtención de los momentos en cada uno de los elementos estructurales, y poder realizar una comparación de resultados contra el método numérico de Kani. Se concluyó que los resultados variaron en un porcentaje máximo del 10 %.

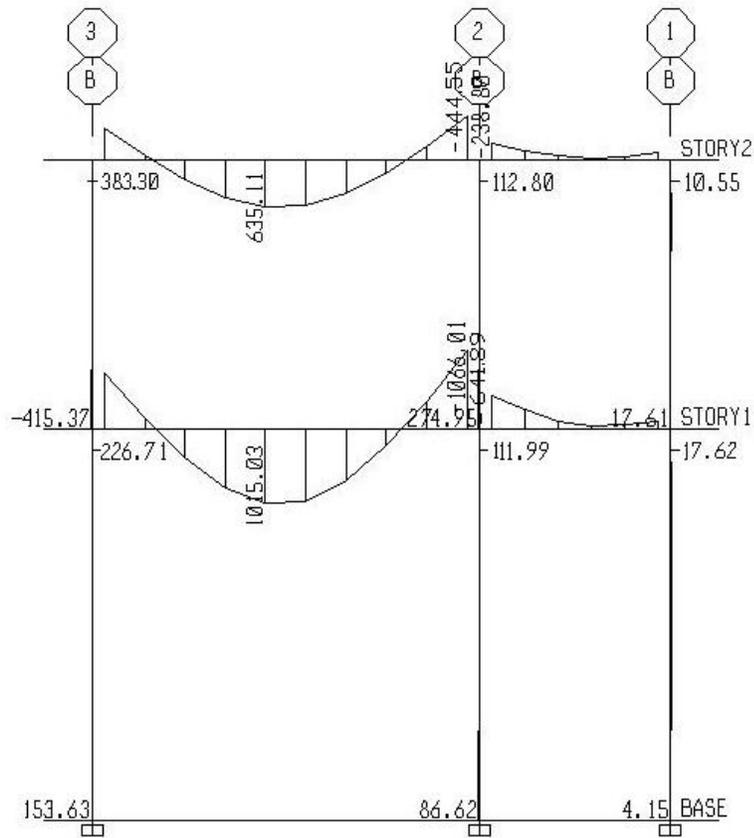
Para el análisis se utilizaron los resultados del método de Kani

Figura 17. Diagrama de carga muerta - ETABS



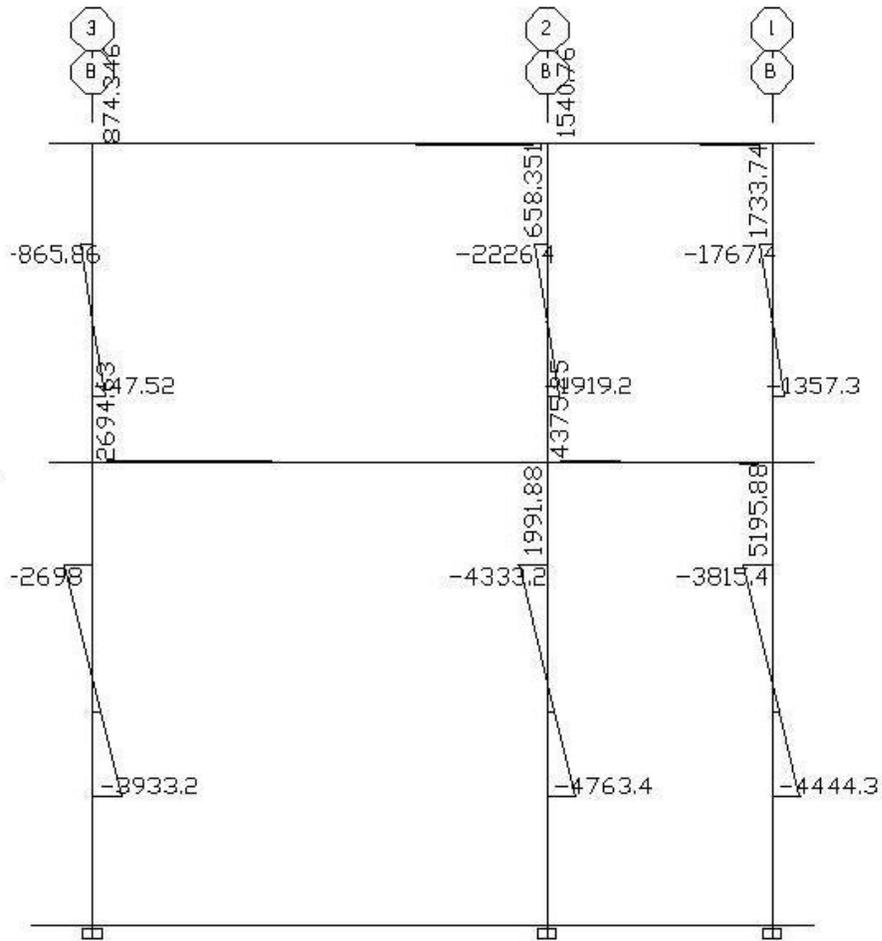
Fuente: elaboración propia, con programa ETABS.

Figura 18. Diagrama de carga viva - ETABS



Fuente: elaboración propia, con programa ETABS.

Figura 19. Diagrama de sismo - ETABS



Fuente: elaboración propia, con programa ETABS.

2.2.4.5. Momentos últimos por envolvente de momentos

La envolvente de momentos es la representación de los esfuerzos máximos, que se pueden dar o que pueden ocurrir al superponer los efectos de cargas, tanto en columnas como en vigas.

El código ACI propone las siguientes combinaciones de fórmulas para considerar la superposición de efectos:

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

$$M_{(-)} = 0,90 * M_{CM} \pm 1,43 * M_S$$

$$M_{(+)} = 1,40 * M_{CM} + 1,7 * M_{CV}$$

Momento de corte

Los esfuerzos cortantes en los elementos estructurales de los marcos se obtienen por medio de las siguientes ecuaciones:

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:

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

A continuación, se presentan los resultados de la envolvente de momentos ya tabulados de cada una de las combinaciones para el sentido Y.

Tabla XII. **Envolvente de momentos**

COLUMNAS					
	EC 1	EC 2	EC 3	EC 4	EC 5
AB	-54 ,95	-5 653 ,15	5 570 ,72	-5 742 ,40	5 701 ,54
BA	-109 ,92	-4 933 ,24	4 768 ,36	-4 986 ,77	4 905 ,05
BC	-188 ,20	-1 482 ,26	1 199 ,96	-1 444 ,65	1 290 ,17
CB	-136 ,58	-2 196 ,13	1 991 ,26	-2 200 ,06	2 069 ,43
FE	475 ,95	-5 618 ,76	6 332 ,67	-5 894 ,38	6 291 ,39
EF	951 ,92	-4 864 ,45	6 292 ,33	-5 290 ,75	6 084 ,78
ED	1 715 ,77	-1 232 ,90	3 806 ,56	-1 816 ,32	3 321 ,96
DE	1 354 ,65	677 ,00	1 354 ,97	293 ,80	985 ,06
GH	-839 ,24	-5 870 ,64	4 611 ,78	-5 693 ,23	4 994 ,74
HG	-1 678 ,50	-5 368 ,24	2 850 ,49	-4 888 ,43	3 491 ,45
HI	-3 027 ,94	-2 409 ,67	-2 132 ,23	-1 477 ,19	-1 194 ,30
IH	-2 393 ,71	-3 101 ,88	-488 ,69	-2 479 ,73	184 ,70
VIGAS					
BE	298 ,18	6 419 ,56	-5 972 ,29	6 435 ,54	-6 199 ,29
EB	3 779 ,70	7 856 ,48	-2 186 ,93	6 726 ,92	-3 513 ,43
EH	-6 447 ,41	-1 759 ,14	-7 911 ,97	380 ,14	-5 893 ,33
HE	4 706 ,47	7 779 ,20	-719 ,50	6 366 ,91	-2 298 ,43
CD	136 ,52	2 196 ,86	-1 992 ,07	2 200 ,83	-2 070 ,24
DC	1 880 ,26	3 236 ,25	-415 ,86	2 845 ,73	-877 ,99
DI	-3 234 ,89	-1 386 ,69	-3 465 ,64	-563 ,44	-2 683 ,16
ID	2 393 ,70	3 102 ,91	487 ,64	2 480 ,78	-185 ,77

Fuente: elaboración propia.

Momento de corte

Los esfuerzos cortantes en los elementos estructurales de los marcos se obtienen de las siguientes ecuaciones:

Corte en vigas:

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

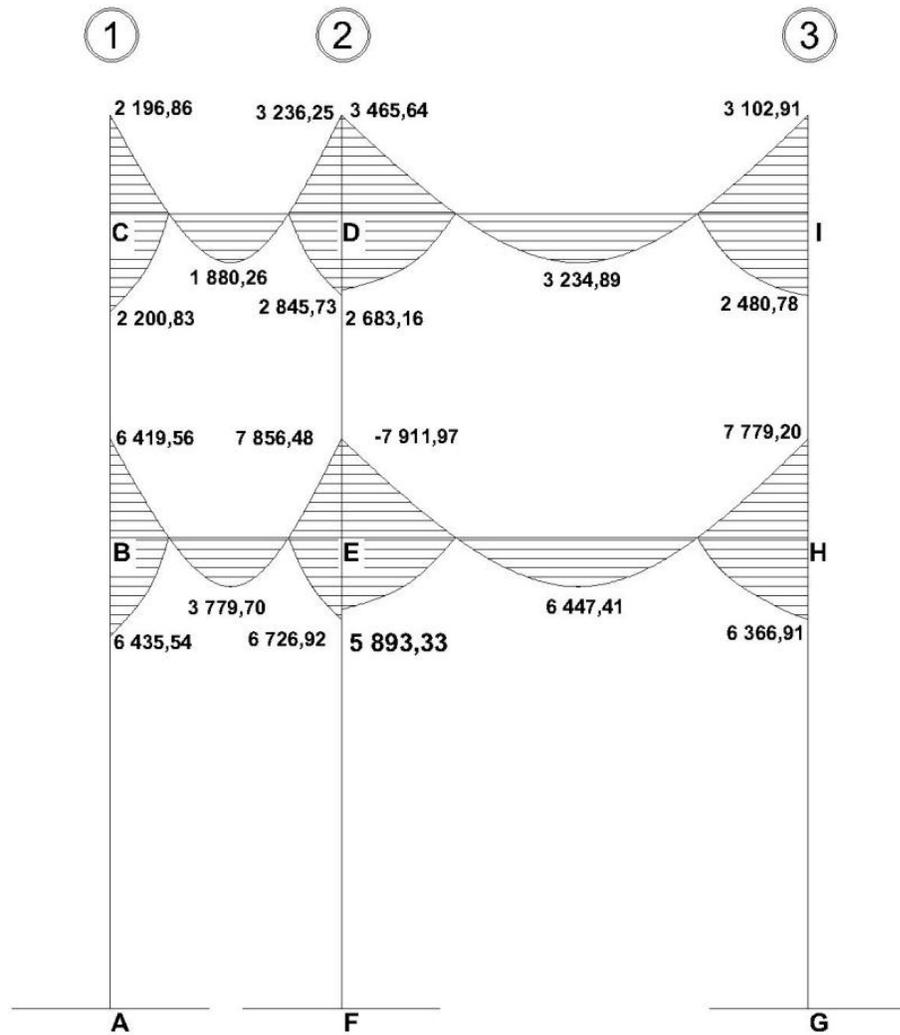
Corte en columnas:

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

2.2.4.6. Diagramas de momentos y cortes últimos

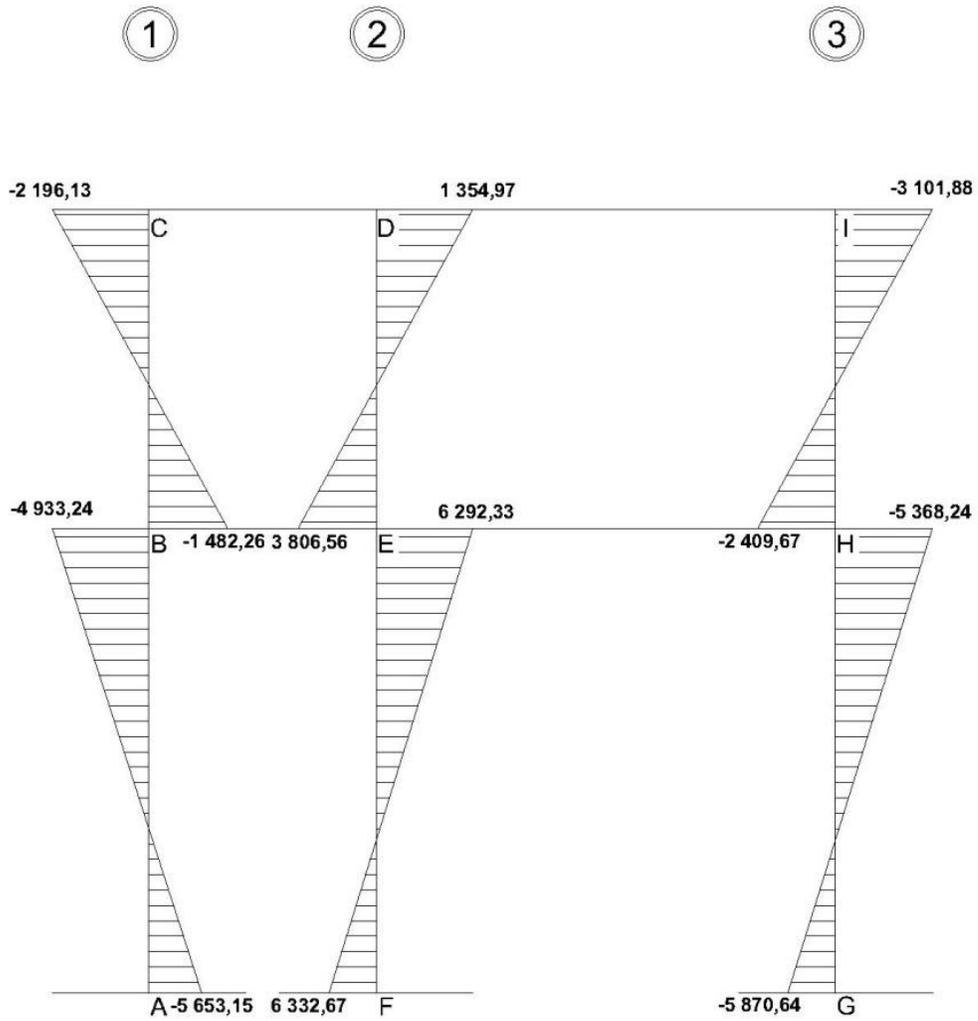
La representación gráfica de los momentos y cortes últimos obtenidos después de aplicar las ecuaciones propuestas por el código ACI se muestran en las figuras 20 a 27.

Figura 20. Diagrama de momentos últimos en vigas (kg-m) eje Y



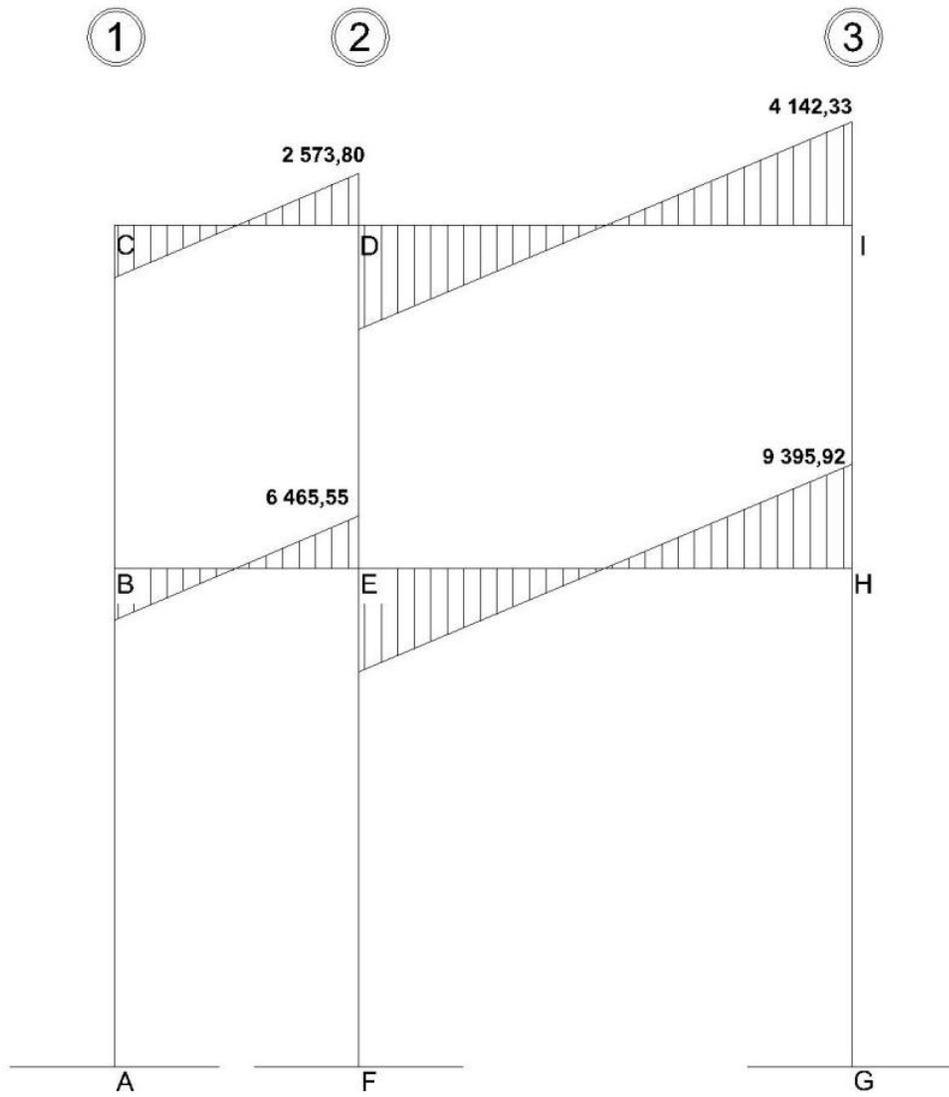
Fuente: elaboración propia, con el programa AutoCAD.

Figura 21. Diagrama de momentos últimos en columnas (kg-m) eje Y



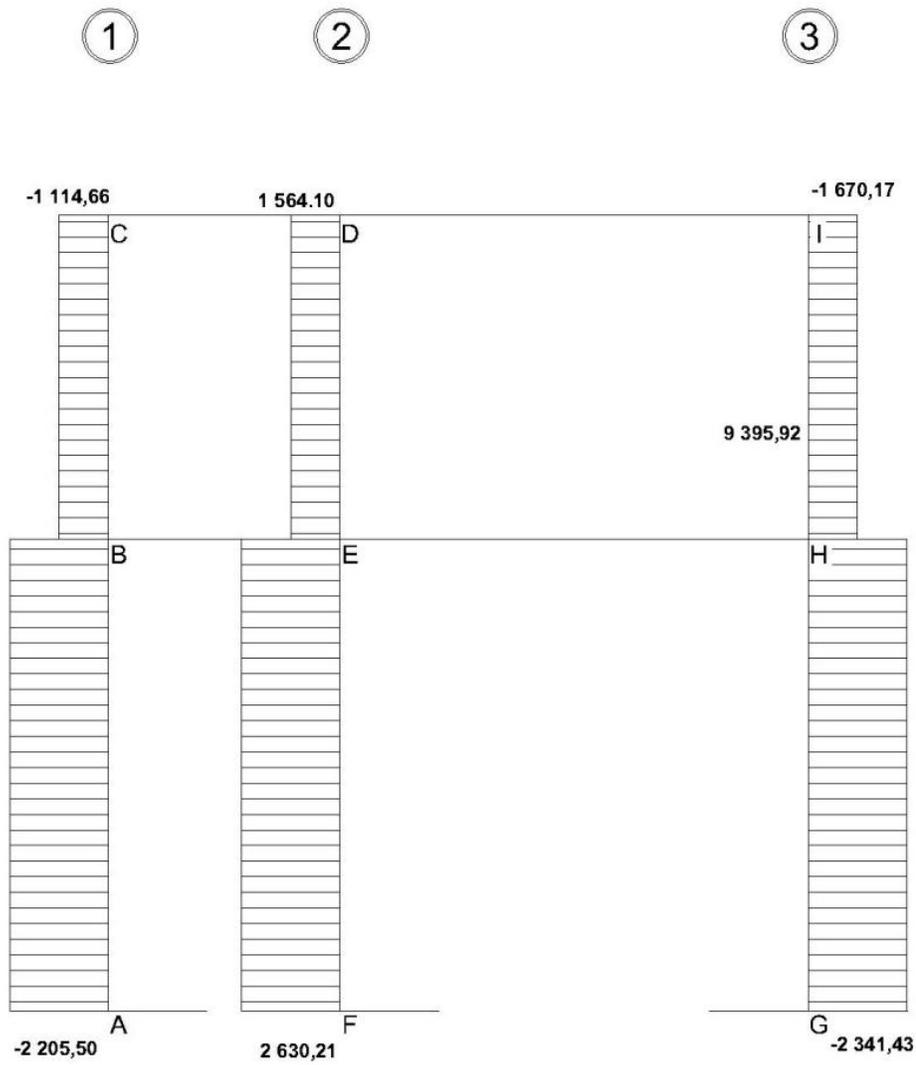
Fuente: elaboración propia, con el programa AutoCAD.

Figura 22. Diagrama de corte último en vigas eje Y



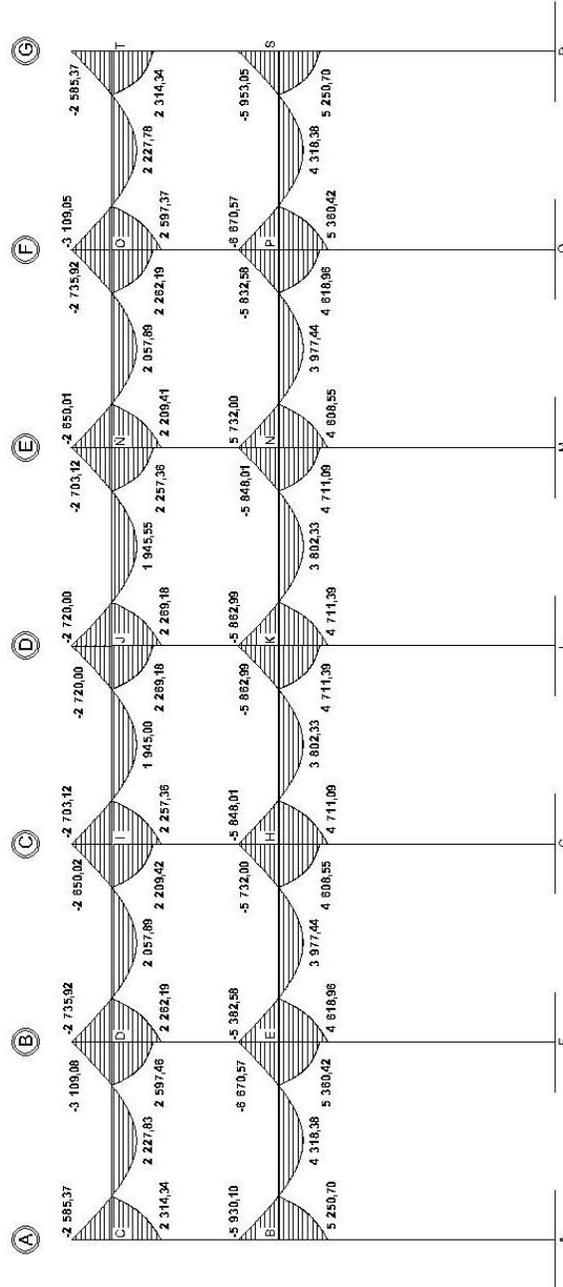
Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

Figura 23. Diagrama de corte último en columnas eje Y



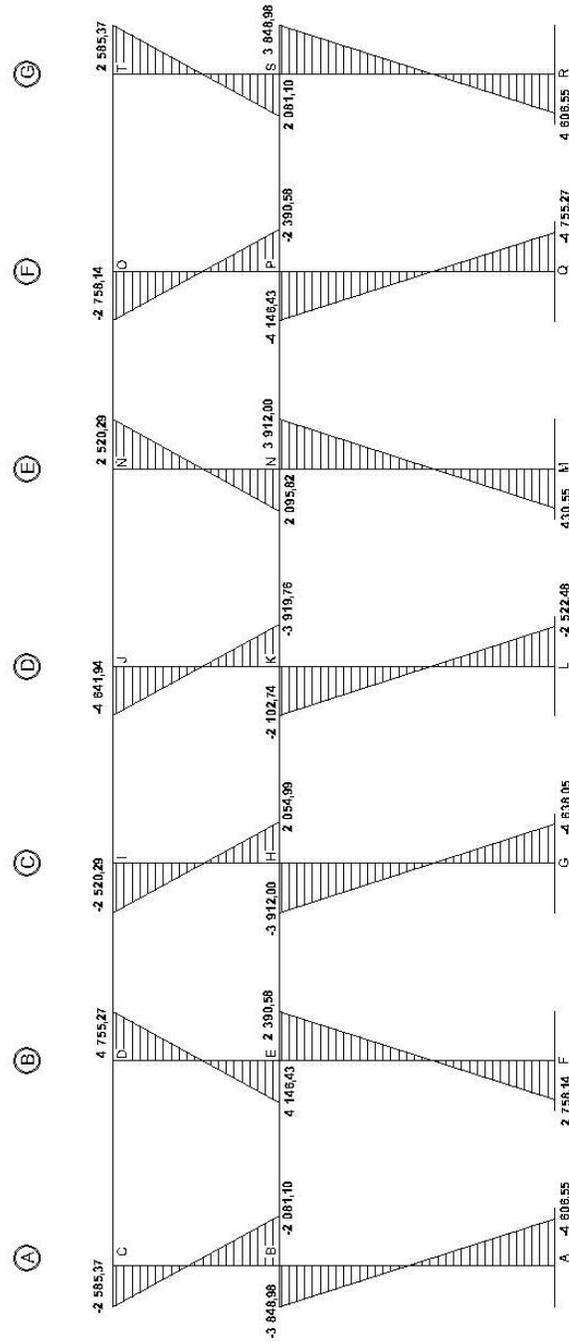
Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

Figura 24. Diagrama de momentos últimos en vigas eje X



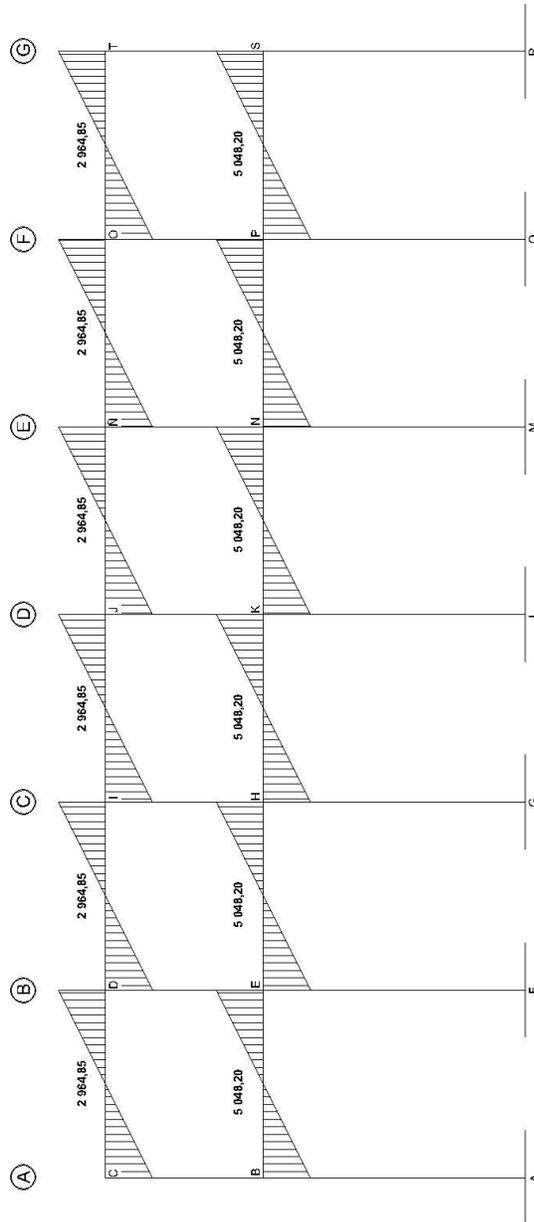
Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

Figura 25. Diagrama de momentos últimos en columnas eje X



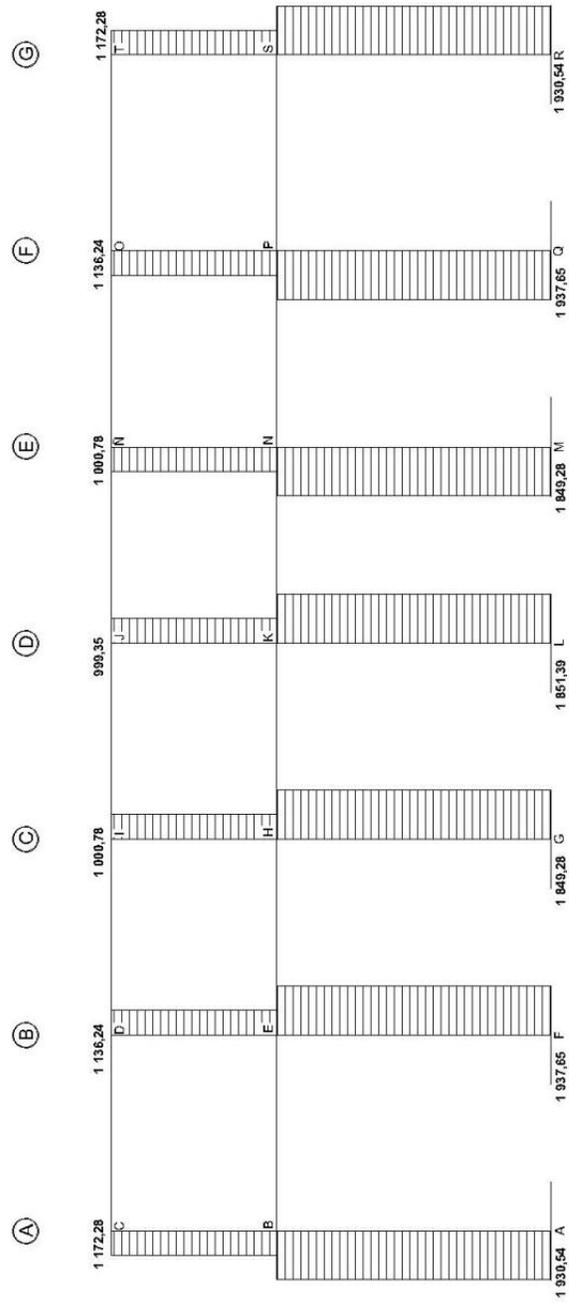
Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

Figura 26. Diagrama de cortes últimos en vigas eje X



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

Figura 27. Diagrama de cortes últimos en columnas eje X



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

2.2.5. Diseño estructural

El diseño estructural es una serie de cálculos, con el propósito de definir las características detalladas de los elementos que forman una estructura.

La resistencia real es la característica particular más relevante de cualquier elemento estructural; esta, debe ser lo más alta posible, para resistir, un buen margen de reserva, todas las cargas previsibles que puedan actuar sobre el elemento, durante la vida de la estructura, sin presentar falla o cualquier otro efecto. Es decir que el diseño estructural tiene el fin de dimensionar los elementos, para que la resistencia sea adecuada y, así, soporte las fuerzas resultantes ante ciertos estados hipotéticos de sobrecarga, al aplicar cargas mayores a las cargas que se espera que actúen en la realidad durante el servicio. En el diseño estructural de este proyecto, se aplicaron las siguientes especificaciones:

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

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

$$E_c = 15\,100 * \sqrt{f'_c} \text{ kg/cm}^2$$

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

$$W_{\text{concreto}} = 2\,400 \text{ kg/cm}^2$$

$$W_{\text{muros}} = 250 \text{ kg/cm}^2$$

2.2.5.1. Losas

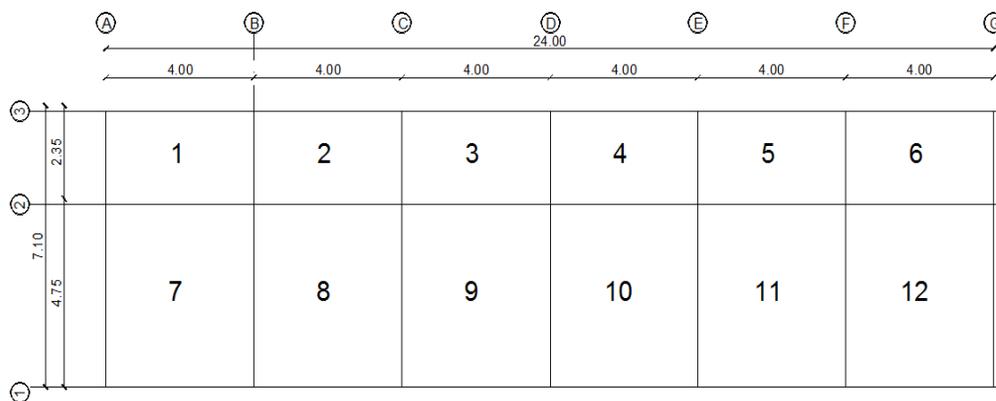
El diseño de losas se puede trabajar en uno o dos sentidos. Lo anterior se determina al dividir el lado corto entre el lado largo; si este valor es mayor o igual a 0.50 trabaja en dos sentidos, de lo contrario se debe trabajar en un sentido. Las losas son elementos estructurales que funcionan como cubierta o

techo. Por el espesor, pueden dividirse en: cascarones ($t < 0.09$), planas ($0.09 \leq t \leq 0.15$) y nervuradas ($t > 0.15$). Para diseñarlas existen varios métodos, en este caso se utiliza el método 3 del ACI – 318 – 05.

Espesor de losa

El procedimiento para calcular el espesor de losa se detalla en la sección de predimensionamiento estructural, y da como resultado: $t = 0.10$ metros.

Figura 28. **Distribución de losas**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

Las losas del edificio llevan el mismo diseño para los dos niveles, se tiene en cuenta la figura 28. La distribución de las mismas hace que las características de empotramiento sean iguales, y para el caso 4 son las losas 1, 6, 7 y 12, estas parejas varían únicamente en sus dimensiones. Para el caso 8, las losas 2, 3, 4 y 5 y para el caso 9, las losas 8, 9, 10 y 11. Se tiene como referencia que para cada caso corresponde un coeficiente diferente, basado también en las dimensiones de las mismas, por lo que se trabajaron de la siguiente forma:

Losas del edificio

Losas 1, 2, 3, 4, 5, 6

$$m = \frac{2,35}{4,00} = 0,59$$

0,59 > 0,50 → armar en dos direcciones

Losas 7, 8, 9, 10, 11, 12

$$m = \frac{4,00}{4,75} = 0,84$$

0,84 > 0,50 → armar en dos direcciones

Integración de cargas

Carga muerta última: 1.4 * (peso de losa + sobrecarga)

$$CM_u = 1,4 (2\,400 * 0,10 + 355) = 833,00 \text{ kg/cm}^2$$

Carga viva última: 1.7 * (carga viva en oficinas)

$$CV_u = 1,7 (250) = 425,00 \text{ kg/cm}^2$$

Carga última total

$$CU_T = 833 + 425 = 1\,258 \text{ kg/cm}^2$$

El método 3 del Código ACI sugiere las siguientes fórmulas para el cálculo de momentos:

Momentos negativos:

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

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

Momentos positivos:

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

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

Donde:

C_{b-} = coeficiente para momentos negativos

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

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

Análisis para caso 4: losa 1

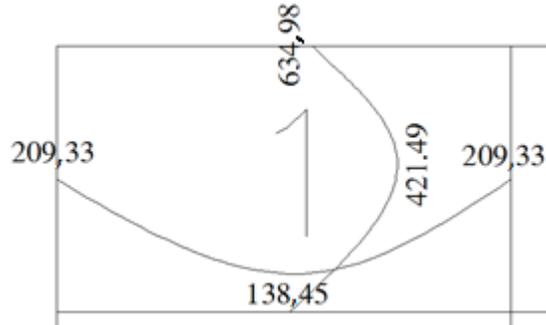
$$M_{a(-)} = (0,0914) * (1\ 258) * (2,35)^2 = 634,98 \text{ kg} - \text{m}$$

$$M_{a(+)} = 0,0554 * 833 * (2,35)^2 + 0,071 * 425 * (2,35)^2 = 421,49 \text{ kg} - \text{m}$$

$$M_{b(-)} = 0,0104 * 1\ 258 * 4,0^2 = 209,33 \text{ kg} - \text{m}$$

$$M_{b(+)} = 0,006 * 833 * 4^2 + 0,0086 * 425 * 4^2 = 138,45 \text{ kg} - \text{m}$$

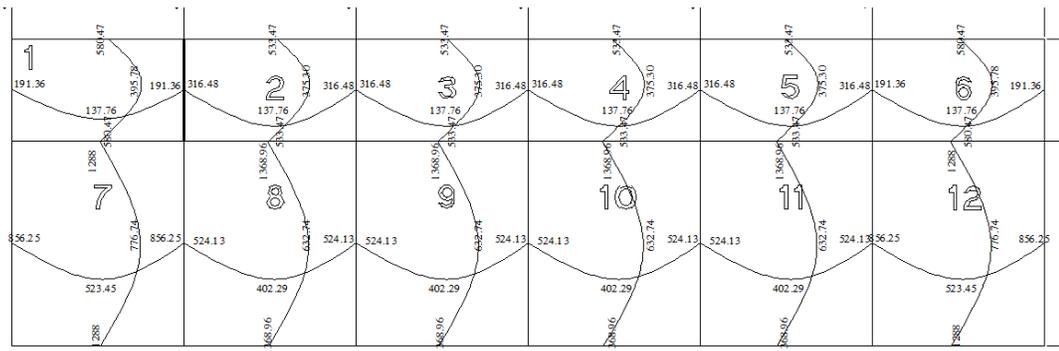
Figura 29. **Momentos actuantes en losa 1 en el primer nivel**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

De la misma manera se calculan los momentos en todas las losas. El resultado se expresa en la figura 30.

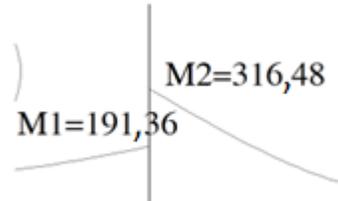
Figura 30. **Momentos actuantes en losas del primer nivel**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

Balance de momentos: antes de diseñar el refuerzo de una losa, se deben balancear los momentos si dos losas están unidas en un lado y tienen momentos diferentes en dicho lado.

Momentos en losas 1 y 2



Si el $M1 > 0,8 M2$, se puede hacer el balance de momento con el promedio de ambos; si es menor, se procede a calcularlo por rigidez.

$$0,8 * 316,48 = 253,18 \text{ kg-m}$$

$191,36 \text{ kg-m} < 253,18 \text{ kg-m}$, por lo tanto se debe balancear por rigidez.

$$\text{Rigidez de losa 1} = K1 = 1 / L = 1 / 4 = 0,25$$

$$\text{Rigidez de losa 2} = K2 = 1 / L = 1 / 4 = 0,25$$

$$D1 = \frac{K1}{K1 + K2} = \frac{0,25}{0,25 + 0,25} = 0,50$$

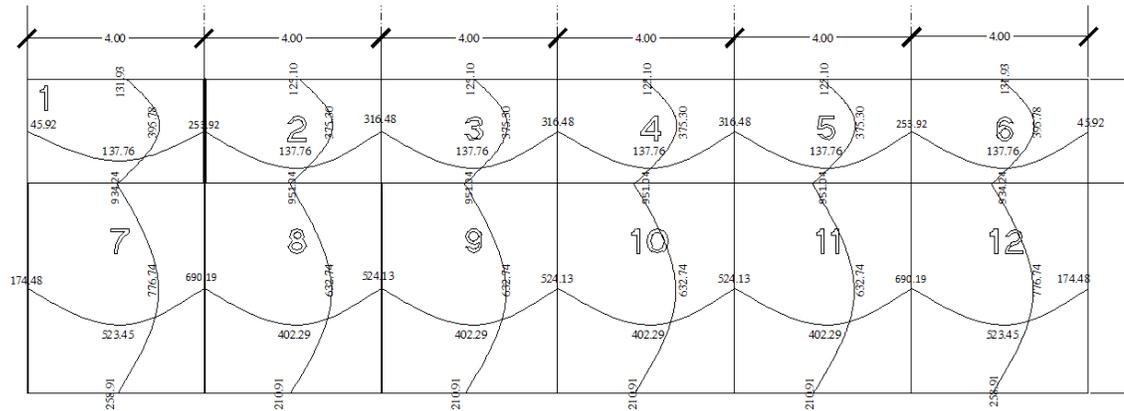
$$D2 = \frac{K1}{K1 + K2} = \frac{0,25}{0,25 + 0,25} = 0,50$$

$$D1 + D2 = 0,50 + 0,50 = 1,00$$

$$Mb = M1 + D1 (M2 - M1) = 191,36 + 0,50 * (316,48 - 191,36) = 253,92 \text{ kg-m}$$

$$Mb = M2 - D2 (M2 - M1) = 316,48 - 0,50 * (316,48 - 191,36) = 253,92 \text{ kg-m}$$

Figura 31. Momentos balanceados en losas del primer nivel



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

Diseño de armado de losa: se considera como el diseño de viga con un ancho unitario de 1,00 m, el recubrimiento será de 2,5 cm, el espesor de 10 cm, según el predimensionamiento. Se utilizará varilla No 4.

Cálculo del peralte

$$d = t - \text{recubrimiento}$$

$$d = 10 - 2,5 = 7,5 \text{ cm}$$

El área de acero mínimo ($A_{smín}$) en una losa, se calculó como el 40 % del área de acero de una viga, y se usa un ancho unitario de 1,00 m.

$$A_{smín} = \rho_{mín} * b * d$$

$$A_{smín} = \frac{14,1}{2810} * 100 * 7,5 = 3,76 \text{ cm}^2$$

$$S = \frac{(0,71\text{cm}^2 * 100\text{cm})}{3,76 \text{ cm}^2} = 18,86 \text{ cm}$$

Momento que resiste el área de acero mínima

$$M_{\text{asmín}} = \varphi \left[A_s * f_y \left(d - \frac{A_s * f_y}{1,7 * f'_c * b} \right) \right]$$

$$M_{\text{asmín}} = 0,90 \left[3,76 * 2810 \left(7,5 - \frac{3,76 * 2810}{1,7 * 210 * 100} \right) \right] = 68503,55 \text{ kg} - \text{cm}$$

$$M_{\text{asmín}} = 685,03 \text{ kg} - \text{m}$$

El $M_{\text{asmín}}$ es mayor que todos los momentos requeridos en el sentido X.

Para el momento máximo de 951,04 kg-m en sentido Y

$$A_s = 100 * 7,5 - \left[(100 * 7,5)^2 \left(\frac{951,04 * 100}{0,003825 * 210} \right) \right]^{\frac{1}{2}} \left(0,85 * \frac{210}{2810} \right)$$

$$A_s = 5,31\text{cm}^2$$

$$5,31 \text{ cm}^2 - - - 100 \text{ cm}$$

$$1,27 \text{ cm}^2 - - - S = ? \quad S = 23,91 \text{ cm}$$

Para las losas en sentido X, el refuerzo será de varillas No. 3 @ 18 cm y el refuerzo en el sentido Y será de varillas No. 4 @ 20 cm.

Chequeo por corte

$$V_{\text{máx}} = \frac{W * L}{2} = \frac{1\,258 * 4.75}{2} = 2\,987,75 \text{ kg}$$

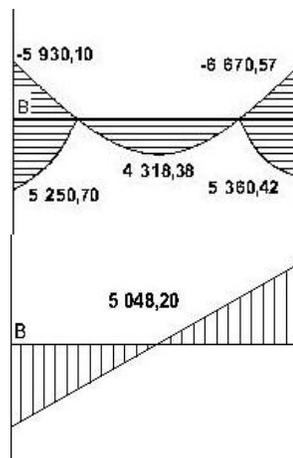
$$V_r = 45 * t * \sqrt{f'_c} = 45 * 10 * \sqrt{210} = 6\,521,12 \text{ kg}$$

Si $V_r > V_{\text{máx}}$ el espesor es el adecuado, en caso contrario, se aumentará el espesor de la losa t , en este caso $V_r > V_{\text{máx}}$ el espesor es el adecuado.

2.2.5.2. Vigas

Las vigas son elementos estructurales sometidos a esfuerzos de compresión, tensión y corte. Para el diseño, se utilizaron datos del análisis estructural como lo son los momentos últimos y cortes últimos actuantes.

Figura 32. Diagrama de momentos y corte último en viga analizada



Fuente: elaboración propia, con el programa AutoCAD.

Límites de acero

Sección= 0,20 * 0,40 m

Peralte = 36 cm

$$A_{s\text{mín}} = \frac{14,1}{f_y} * b * d$$

$$A_{s\text{mín}} = \frac{14,1}{2810} * 20 * 36 = 3,64 \text{ cm}^2$$

$$A_{s\text{máx}} = \rho_{\text{máx}} * b * d$$

$$A_{s\text{máx}} = 0,018473 * 20 * 36 = 13,30 \text{ cm}^2$$

Acero longitudinal: se utilizan los momentos dados y se calculan las áreas de acero al emplear la fórmula siguiente:

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

$$A_s = \left[20 * 36 - \sqrt{(20 * 36)^2 - \frac{5930,10 * 20}{0,003825 * 210}} \right] \left(\frac{0,85 * 210}{2810} \right)$$

$$A_s = 7,06 \text{ cm}^2$$

$$A_s = \left[20 * 36 - \sqrt{(20 * 36)^2 - \frac{4318,38 * 20}{0,003825 * 210}} \right] \left(\frac{0,85 * 210}{2810} \right)$$

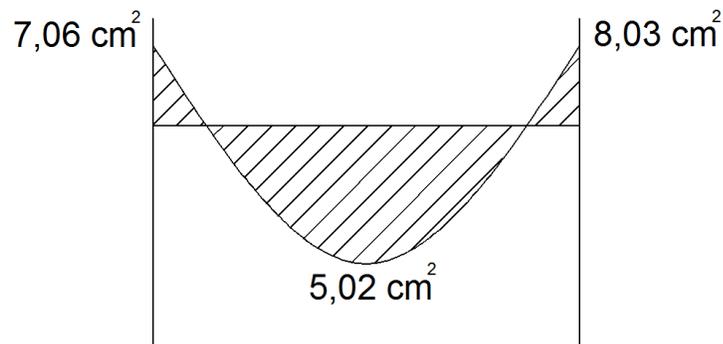
$$A_s = 5,02 \text{ cm}^2$$

$$A_s = \left[20 * 36 - \sqrt{(20 * 36)^2 - \frac{6\,670,57 * 20}{0,003825 * 210}} \right] \left(\frac{0,85 * 210}{2\,810} \right)$$

$$A_s = 8,032 \text{ cm}^2$$

Para cada uno de los momentos anteriormente descritos, se necesita un área de acero distinta, como lo muestra la figura 33.

Figura 33. **Áreas de acero requeridas en viga analizada**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

Requisitos sísmicos para cubrir el área de acero calculada:

Cama superior: colocar como mínimo dos varillas corridas de acero y se utilizó el mayor de los siguientes valores:

$A_{s\text{mín}}$ o 33 % del A_s calculada para M-.

$$A_{\text{smín}} = 3,64 \text{ cm}^2 \quad \text{ó} \quad 33 \% 8,031 \text{ cm}^2 = 2,65 \text{ cm}^2$$

Cama inferior: colocar como mínimo, dos varillas corridas de acero y se utilizó el mayor de los valores:

$A_{\text{smín}}$, 50 % del A_s del M+ o el 50 % A_s del M-.

El resto del acero se coloca como bastones y rieles en ambas camas.

$$A_{\text{smín}} = 3,64 \text{ cm}^2 \quad \text{o} \quad 50 \% 4,86 \text{ cm}^2 = 2,43 \text{ cm}^2 \quad \text{o} \quad 50 \% 8,031 \text{ cm}^2 = 4,01 \text{ cm}^2$$

En la siguiente tabla, se muestra el cálculo del refuerzo requerido para el diseño de la viga.

Tabla XIII. **Cálculo de acero**

Momento	$A_s \text{ cm}^2$	Varillas	Área Cubierta
5 930,10 kg-m	7,06 cm^2	4 # 7	7,74 cm^2
4 318,38 kg-m	5,02 cm^2	4 # 7	7,74 cm^2
6 670,00 kg-m	8,03 cm^2	4 # 7 + 1 # 3	8,45 cm^2

Fuente: elaboración propia.

Acero transversal: este tiene como objetivo mantener el refuerzo longitudinal en la posición deseada y para contrarrestar los esfuerzos de corte; este último aspecto se dará, en caso que la sección de concreto no fuera suficiente para cumplir esta función. El procedimiento es el siguiente:

Cálculo de corte resistente:

$$V_r = 0,85 * 0,53 * \sqrt{f'_c} * b * d$$

$$V_r = 0,85 * 0,53 * \sqrt{210} * 20 * 36 = 4\,700,42 \text{ kg}$$

$$V_u = 7\,690 \text{ kg}$$

Verificación de corte resistente con corte último:

Si $V_r > V_u$, la viga necesita estribos solo por armado con $S = \frac{d}{2}$

Si $V_r < V_u$, se diseñan estribos por corte, por medio de las expresiones

Se propone utilizar estribos No. 3. Se procedió a calcular el espaciamiento de los estribos de acuerdo a los requerimientos de la sección 21.3.3.2 del Código ACI 318-05, el cual no debe exceder el menor de:

- $d/4$
- ocho veces el diámetro de las barras longitudinales más pequeñas
- 24 veces el diámetro de la barra del estribo cerrado de confinamiento
- 300 mm

Para este ejemplo cumple:

$$S = \frac{d}{4} = \frac{36}{4} = 9 \text{ cm}$$

$$8 * (2,2) = 17,76 \text{ cm}$$

$$24 * (0,95) = 22,80 \text{ cm}$$

300 mm

Se utilizó $S = 9$ cm, en una longitud de confinamiento igual a:

$$L_o = 2 * H$$

$$L_o = 2 * 40 = 80 \text{ cm}$$

Ver detalle de refuerzo en planos constructivos

2.2.5.3. Columnas

Las columnas son elementos estructurales sometidos a momentos flexionantes y a carga axial. Se le llama carga axial al valor de todas las cargas verticales últimas que la columna soporta; para determinar esta carga se utilizan las áreas tributarias. El análisis estructural aporta los momentos flexionantes, y toma el mayor de los momentos actuantes de esta para el diseño.

Columna típica

Sección de columna = 30 cm x 30 cm

Sección de viga = 20 cm x 40 cm

Longitud de viga = 7,10 m

Área tributaria = 14,20 m²

Momento máximo en X $M_x = 4\,755,27$ kg-m

Momento máximo en Y $M_y = 6\,332,67$ kg-m

Carga axial

$$C_U = 1,4 * C_M + 1,7 * C_V$$

$$CU = 1,4 * 355 + 1,7 * 250 = 922,00 \text{ kg/m}^2$$

Factor de carga última

$$F_{CU} = \frac{CU}{CM + CV}$$

$$F_{CU} = \frac{922,00}{355 + 250} = 2,43$$

Peso de viga

$$P_V = b * h * \gamma_{\text{concreto}} * L$$

$$P_V = 0,20 * 0,40 * 2400 * 7,10 = 1363,20 \text{ kg}$$

Carga axial última

$$P_U = (A_{\text{losa}} * CU) + (P_V * F_{CU})$$

$$P_U = (14,2 * 922,00) + (1363,20 * 2,43) = 16404,98 \text{ kg} \approx 16,40 \text{ t}$$

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

La ecuación a utilizar es $E = K * L_u / \sigma$, por lo que es necesario encontrar los valores del coeficiente de rigidez de la columna (K), la longitud efectiva de pandeo (L_u) y el 30 % del lado menor de la columna (σ), regularmente en las estructuras de concreto reforzado; las columnas se encuentran restringidas por las uniones viga-columna o columna-zapata, por lo que el grado de restricción

depende de la relación entre las rigideces de los elementos. Se encuentra a través de la siguiente ecuación:

Grado de empotramiento a la rotación

$$\Psi = \frac{\sum K_{\text{col}}}{\sum K_{\text{viga}}}$$

$$K = \frac{I}{L}$$

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

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

$$K_{\text{col}} = \frac{0,000675}{3,30} = 0,0002045$$

$$I_{\text{viga}} = \frac{(0,20 * 0,40^3)}{12} = 0,001066 \text{ m}^4$$

$$K_{\text{viga}} = \frac{0,001066 \text{ m}^4}{4,00} = 0,0002666$$

$$\Psi_a = \frac{0,0002045}{(0,0002666 + 0,0002666)} = 0,3835$$

$$\Psi_b = \frac{0,0002045 + 0,0002045}{0,0002666 + 0,0002666} = 0,7670$$

$$\Psi_{\text{prom}} = \frac{0,3835 + 0,7670}{2} = 0,5752 < 2$$

Cálculo del coeficiente K

$$K = \frac{20 - \Psi_{\text{prom}}}{20} * \sqrt{1 + \Psi_{\text{prom}}} ; \text{ para } \Psi_{\text{prom}} < 2$$

$$K = 0,90 * \sqrt{1 + \Psi_{\text{prom}}} ; \text{ para } \Psi_{\text{prom}} \geq 2$$

$$K = \frac{20 - 0,5752}{20} * \sqrt{1 + 0,5752} = 1,3636$$

$$E = \frac{1,3636 * 3,0}{0,30 * 0,30} = 45,45$$

Por lo tanto, se clasifica como una columna intermedia y se procede a magnificar momentos.

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

$$EI = \frac{0,4 * E_c * I_g}{1 + \beta_d}$$

$$\beta_d = \frac{CMU}{CU}$$

$$\beta_d = \frac{1,4 * 355}{922} = 0,53$$

$$EI = \frac{0,4 * 15\ 100 * \sqrt{210} * \frac{30^4}{12}}{1 + 0,53} = 3,86 * 10^9$$

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 * 386,15}{(1,3636 * 3.3)^2} = 188,21$$

$$\delta = \frac{1}{1 - \frac{16\ 404,98}{0,70 * 188\ 214,86}} = 1,1422$$

Por lo que los momentos de diseño serán:

$$M_{dx} = \delta_x * M_x = 1,1422(4\ 755,27) = 5\ 431,47 \text{ kg} - \text{m}$$

$$M_{dy} = \delta_y * M_y = 1,1422(6\ 332,67) = 7\ 233,18 \text{ kg} - \text{m}$$

Refuerzo longitudinal por medio del método de Bresler: consiste en determinar el perfil de falla de la columna y determinar la cantidad de acero longitudinal.

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

Área de acero: según el Código ACI, el área de acero debe estar entre un 1 % a un 6 % del área transversal de la columna (A_g), de tal manera que el área considerada será cercano al 1 % de A_g .

Cálculo de parámetros independientes:

$$\gamma_{x,y} = \frac{d - d'}{h} = \frac{27 - 3}{30} = 0,80$$

$$\frac{e_x}{h_x} = \left(\frac{M_x}{P_u * h} \right)_x = \left(\frac{5\,431,47}{16\,404,98 * 0,30} \right) = 1,10$$

$$\frac{e_y}{h_y} = \left(\frac{M_y}{P_u * h} \right)_y = \left(\frac{7\,233,18}{16\,404,98 * 0,30} \right) = 1,47$$

Área de acero: según el Código ACI el área de acero debe estar entre un 1 % a un 6 % del área transversal de la columna (A_g), de tal manera que el área considerada será cercano al 1 % de A_g .

$$A_{s\text{mín}} = 0,30 * 0,30 * 0,01 = 9 \text{ cm}^2$$

$$A_{s\text{máx}} = 0,30 * 0,30 * 0,06 = 54 \text{ cm}^2$$

Se utilizarán 4 varillas No. 5 + 4 varillas No. 4 que equivalen a 12,98 cm²

Cuantía de acero para el área de acero:

$$\rho_w = \frac{A_s * f_y}{0,85 * A_g * f'_c} = \frac{12,98 * 2\,810}{0,85 * 30^2 * 210} = 0,23$$

Valores de los coeficientes del diagrama de interacción, obtenidos del software para diseño de columnas de J.C. Corado:

$$K'_x = 0,59$$

$$K'_y = 0,60$$

$$P'_o = 0,70(0,85 * 210 * 30^2 + 12,98 * 2 810) = 137,99 \text{ t}$$

$$P'_x = 0,59(210 * 30^2) = 111,51 \text{ t}$$

$$P'_y = 0,60(210 * 30^2) = 113,40 \text{ t}$$

$$\frac{1}{P'_u} = \frac{1}{111,51} + \frac{1}{113,40} - \frac{1}{137,99}$$

$$P'_u = 94,89 \text{ t}$$

Debido a que la carga axial última que resiste la columna es mayor a la carga actuante última, se considera adecuado el armado propuesto.

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

$$V_r = \emptyset * 0,53 * \sqrt{f'_c} * b * d = 0,85 * 0,53 * \sqrt{210} * 30 * 27 = 5 288 \text{ kg}$$

$$V_u = 2 630,21 \text{ kg}$$

Si $V_r > V_u$ se colocan estribos a $S = \frac{d}{2}$

Si $V_r > V_u$ se diseñan los estribos por corte

Para ambas opciones, debe considerarse que la varilla mínima permitida es la No.3

Espaciamiento: no debe ser mayor que el menor de:

- $8 * \phi_{\text{var-long}} = 8 * 1,905 = 15,24 \text{ cm}$
- $24 * \phi_{\text{var-trans}} = 24 * 0,953 = 22,86 \text{ cm}$
- $\frac{1}{2}$ de la dimensión de sección transversal del elemento
- 30 cm

Espaciamiento de estribos en zona confinada:

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

$$\rho_s = 0,45 * \left(\frac{900}{24} - 1 \right) \left(\frac{0,85 * 210}{2810} \right)$$

$$\rho_s = 0,016$$

$$S = \frac{2 * A_v}{\rho_s * L} = \frac{2 * 0,71}{0,016 * 24} = 4,69 \text{ cm}$$

Estribos No. 3 @ 0,04m en zona confinada

Para la longitud de confinamiento (el mayor de):

- $1/6$ del claro libre = $(1/6) * 3,3 = 0,55 \text{ m}$
- La mayor dimensión de la sección transversal = 0,30 m

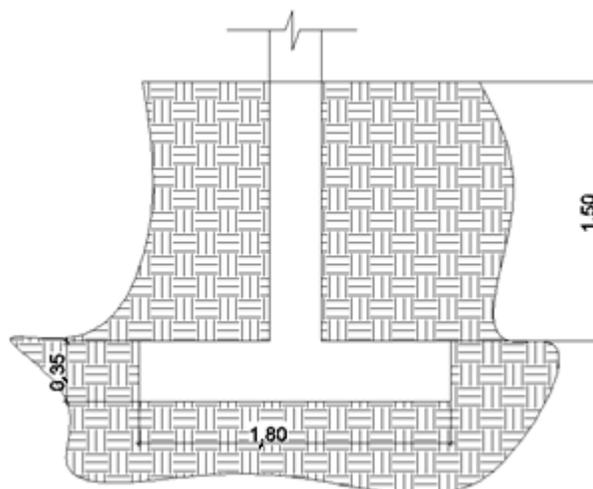
Se utilizará una longitud de confinamiento igual a 55 centímetros. Se colocarán estribos rotados a 45° alternados, según el Código ACI 318, en el Capítulo 7.10.5, debido a las barras longitudinales en las caras. Este método de cálculo se aplicó para las columnas principales del edificio, tanto para el primer nivel como para el segundo, y se tomó en cuenta los momentos y cortes máximos de cada nivel.

Ver detalle de sección de columna en planos constructivos.

2.2.5.4. Zapatas

Los cimientos son elementos estructurales destinados a recibir las cargas propias y las aplicadas exteriormente a la misma, lo anterior a su vez, transmite la acción de las cargas sobre el suelo. Para elegir el tipo de cimentación a utilizar se deben tomar en cuenta, principalmente, el tipo de superestructura, la naturaleza de las cargas que se aplicarán y las condiciones de la misma.

Figura 34. Sección de zapata



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

$$M_x = 4,75 \text{ t-m}$$

$$M_y = 6,33 \text{ t-m}$$

$$P_u = 34,95 \text{ t}$$

$$V_s = 35 \text{ t/m}^2$$

$$P_{\text{suelo}} = 1,48 \text{ t/m}^3$$

$$P_{\text{concreto}} = 2,4 \text{ t}$$

$$F_{cu} = 2,43$$

$$\text{Base} = 180 \text{ cm}$$

Reducción de cargas últimas a cargas de trabajo para dimensionar la losa de la zapata, esta debe soportar las cargas aplicadas y las reacciones inducidas.

Cargas de trabajo

$$P'_T = \frac{34,95}{1,50} = 23,30 \text{ t}$$

$$M_{Tx} = \frac{4,75}{1,50} = 3,21 \text{ t-m}$$

$$M_{Ty} = \frac{6,33}{1,50} = 4,49 \text{ t-m}$$

Predimensionamiento del área de la zapata:

$$A_z = \frac{1,5 * P_T}{30} = 1,16 \text{ cm}^2$$

Se propone usar dimensiones aproximadas $A_z = 1,80 * 1,80 = 3,24 \text{ m}^2 > 1,16 \text{ cm}^2$.

Revisión de presión sobre el suelo: la zapata transmite las cargas que se le aplican hacia el suelo, de manera vertical, por medio de la superficie en contacto con esta y ejerce una presión que se define por la fórmula:

$$q = \frac{P_T}{A_Z} \pm \frac{M_{Tx}}{S_x} \pm \frac{M_{Ty}}{S_y}$$

La cual al utilizarla con signo (+), da $q_{\text{máx}}$ y lo contrario para $q_{\text{mín}}$.

$$S_x = S_y = \frac{b * h^2}{6}$$

$$S_x = S_y = \frac{1,80 * 1,80^2}{6} = 0,9720$$

$$P = P_T + P_{\text{col}} + P_{\text{suelo}} + P_{\text{cim}}$$

$$P = 23,30 + 1,71 + 1,48 + 2,72$$

$$P = 29,21 \text{ t}$$

$$q_{\text{máx}} = \frac{29,21}{3,24} + \frac{3,21}{0,9720} + \frac{4,49}{0,9720}$$

$$q_{\text{máx}} = 16,94 \frac{\text{t}}{\text{m}^2} < V_s$$

$$q_{\text{mín}} = \frac{29,21}{3,24} - \frac{3,21}{0,9720} - \frac{4,49}{0,9720}$$

$$q_{\text{mín}} = 1,09 \frac{\text{t}}{\text{m}^2} < 0$$

La presión que la estructura ejerce al suelo es menor a la que puede soportar y mayor que cero. Las dimensiones de la zapata son correctas.

q_u = presión última

$$q_u = q_{\text{máx}} * F_{\text{cu}}$$

$$q_u = 16,94 * 2,43 = 41,16 \text{ t/m}^2$$

Peralte efectivo:

$$d = 35 - 7,5 - \frac{1,905}{2} = 27 \text{ cm}$$

Chequeo por corte simple: la falla de las zapatas por esfuerzo cortante ocurre a una distancia igual a d (peralte efectivo) del borde de la columna, por tal razón, se debe comparar en ese límite si el corte resistente es mayor que el actuante.

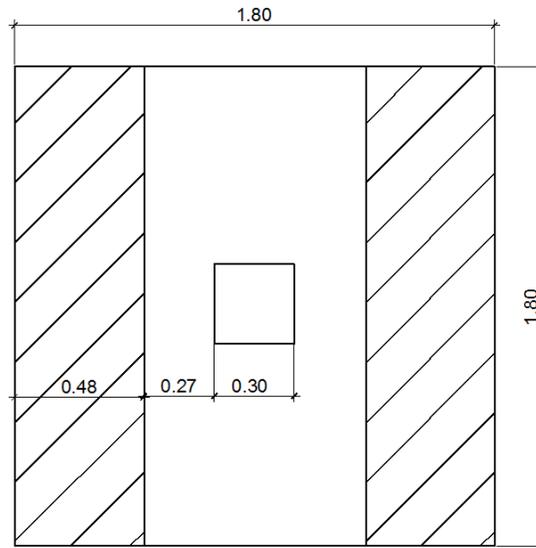
$$d = 27 \text{ cm}$$

$$V_{\text{act}} = A * q_u = 0,48 * 1,80 * 41,16 = 35,56 \text{ t}$$

$$V_r = \phi * 0,53 * \sqrt{f'_c} * b * d = 0,85 * 0,53 * \sqrt{210} * 180 * 27 = 41,72 \text{ t}$$

$$V_{\text{act}} < V_r \text{ sí cumple}$$

Figura 35. Corte simple en zapata



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

Chequeo por corte punzonante: la columna tiende a punzonar la zapata, debido a los esfuerzos de corte que se producen en el perímetro de la columna. El límite donde ocurre la falla se encuentra a una distancia igual a $d/2$ del perímetro de la columna.

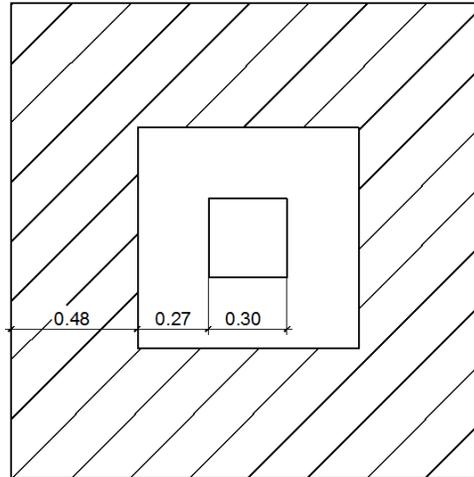
$$V_{act} = A * q_u = (1,80^2 - 0,84^2) * 41,16 = 104,13 \text{ t}$$

$$b_o = 4 * (d + \text{sección de columna}) = 4 * (27 + 30) = 228$$

$$V_r = \phi * 1,06 * \sqrt{f'_c} * b_o * d = 0,85 * 1,06 * \sqrt{210} * 228 * 27 = 127,04 \text{ t}$$

$V_{act} < V_r$, sí cumple

Figura 36. **Corte punzonante en zapata**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

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

Diseño por flexión

$$M_u = \frac{W * l^2}{2}$$

$$M_u = \frac{41,16 * 0,75^2}{2} = 11,57 \text{ t - m}$$

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

$$A_s = \left[75 * 27 - \sqrt{(75 * 27)^2 - \frac{11\,576,25 * 75}{0,003825 * 210}} \right] \left(\frac{0,85 * 210}{2\,810} \right)$$

$$A_s = 18,25 \text{ cm}^2$$

$$A_{s\text{mín}} = \frac{14,1}{2\,810} * b * d$$

$$A_{s\text{mín}} = \frac{14,1}{2\,810} * 75 * 27 = 10,16 \text{ cm}^2$$

Se utilizarán 18,25 cm² de As

$$S = \frac{2,85 * 75}{18,25} = 11,71 \text{ cm por seguridad } 10 \text{ cm}$$

Cama superior:

$$A_{s\text{temp}} = 0,002 * b * t$$

$$A_{s\text{temp}} = 0,002 * 180 * 35 = 12,60 \text{ cm}^2$$

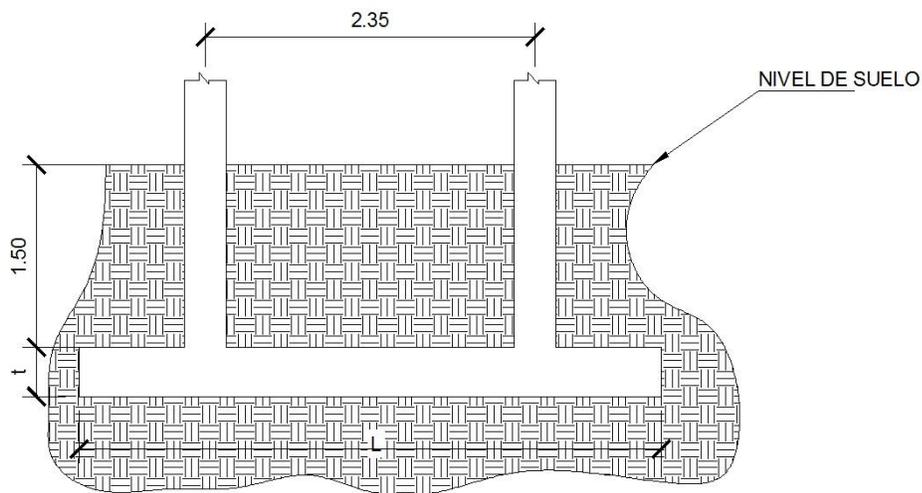
$$S = \frac{2,85 * 180}{12,60} = 40,71 \text{ cm por seguridad } 40 \text{ cm}$$

Armado: se utilizará varillas No. 6 @ 0,10 m para cama inferior en ambos sentidos y; para cama superior, se utilizará No. 6 @ 0,40 m en ambos sentidos.

Zapatas combinadas

Debido a las dimensiones de las zapatas tipo 1, se puede observar en los planos que estas quedan muy próximas entre los ejes 1 y 2, por lo que se llegan a sobreponer los esfuerzos en el suelo. Dicho lo anterior, se procede a diseñar zapatas combinadas para los ejes mencionados. Utilizando los mismos datos y cargas de trabajo del diseño de zapatas aisladas; el procedimiento es el que se detalla a continuación:

Figura 37. **Zapata combinada**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

$$M_{y1} = 5,64 \text{ Ton-m}$$

$$M_{y2} = 6,33 \text{ Ton-m}$$

$$P_u = 34,95 \text{ Ton}$$

$$P_{\text{suelo}} = 1,48 \text{ Ton/m}^3$$

$$M_{x1 \text{ y } x2} = 4,75 \text{ Ton-m}$$

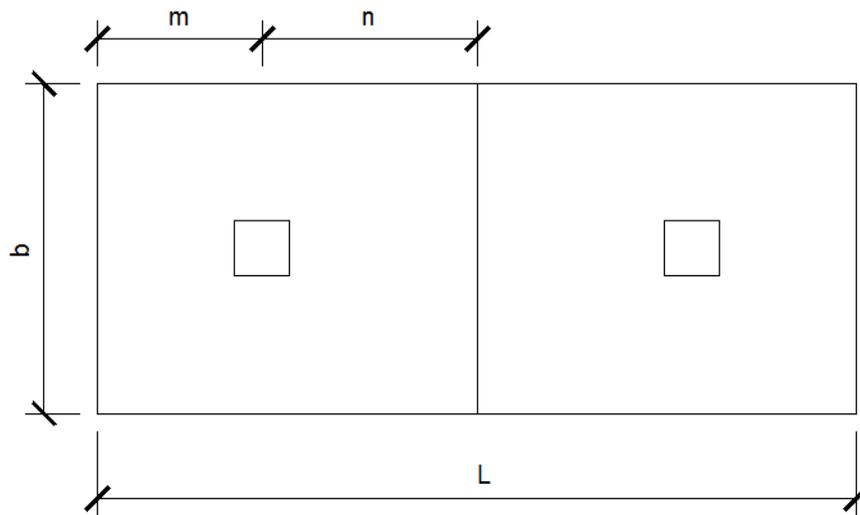
$$F_{cu} = 2,43$$

$$V_s = 35,00 \text{ Ton/m}^2$$

$$P_{\text{concreto}} = 2,4 \text{ Ton}$$

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

Figura 38. **Predimensionamiento de zapata combinada**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

Donde:

$$L = 2 * (m + n)$$

$$b = \frac{R}{q * L}$$

$$R = P1 + P2$$

$$q = Vs$$

Cargas de trabajo

$$P'_T = \frac{Pu}{Fcu} = \frac{34,95}{2,43} = 14,38 \text{ Ton}$$

$$M_{T_{x1y2}} = \frac{4,75}{2,43} = 1,95 \text{ Ton} - \text{m}$$

$$M_{T_{y1}} = \frac{5,64}{2,43} = 2,32 \text{ Ton} - \text{m}$$

$$M_{T_{y2}} = \frac{6,33}{2,43} = 2,60 \text{ Ton} - \text{m}$$

Se asume $m = 0,925 \text{ m}$

$$n = \frac{2,35}{2} = 1,175 \text{ m (distancia entre ejes)}$$

$$L = 2 * (0,925 + 1,175) = 4,20$$

$$b = \frac{(14,38 + 14,38)}{35 * 4,20} = 0,1956$$

$$A = 0,55 * 4,20 = 2,31 \text{ m}^2$$

Debido a que la base obtenida de la zapata combinada es considerablemente menor a las dimensiones de base de la zapata aislada, se propondrá usar las siguientes dimensiones:

$$b = 2 \text{ m y } L = 4,20 \text{ m}$$

Área de la zapata

$$A_z = 8,40 \text{ m}^2$$

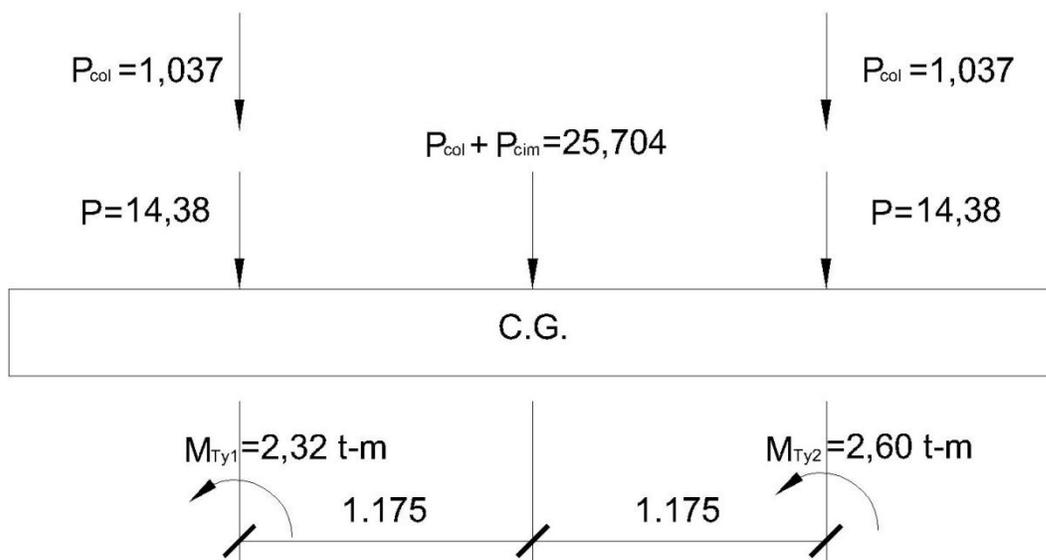
$$P_{\text{col}} = (0,30 * 0,30 * 4,8) * 2,40 = 1,037 \text{ t}$$

$$P_{\text{suelo}} = (8,40 * 1,50 * 1,48) = 18,648 \text{ t}$$

$$P_{\text{cim}} = (8,40 * 0,35 * 2,40) = 7,056 \text{ t}$$

$$P_{\text{suelo}} + P_{\text{cim}} = 18,648 + 7,056 = 25,704 \text{ t}$$

Figura 39. **Cargas equivalentes en el centro geométrico**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

$$P_{\text{C.G.}} = (14,38 * 2) + (1,037 * 2) + 25,704 = 56,538 \text{ t}$$

$$M_{\text{C.G.y}} = -2,32 - 1,175 * (1,037 + 14,38) + 1,175 * (1,037 + 14,38) - 2,60$$

$$M_{\text{C.G.y}} = -4,92 \text{ t - m}$$

$$M_{C.G.y} = -1,95 - 1,175 * (1,037 + 14,38) + 1,175 * (1,037 + 14,38) - 1,95$$

$$M_{C.G.y} = -3,90 \text{ t-m}$$

Presiones sobre el suelo

$$q = \frac{P_{C.G.}}{A_z} \pm \frac{M_{Tx}}{S_x} \pm \frac{M_{Ty}}{S_y}$$

$$S = \frac{b * h^2}{6}$$

$$S_x = \frac{2 * 4,20^2}{6} = 5,88$$

$$S_y = \frac{2,0^2 * 4,20}{6} = 2,80$$

$$q_{\text{máx}} = \frac{56,538}{8,40} + \frac{3,90}{5,88} + \frac{4,92}{2,80}$$

$$q_{\text{máx}} = 9,15 \frac{\text{t}}{\text{m}^2} < V_s \text{ (si cumple)}$$

$$q_{\text{máx}} = \frac{56,538}{8,40} - \frac{3,90}{5,88} - \frac{4,92}{2,80}$$

$$q_{\text{mín}} = 4,31 \frac{\text{t}}{\text{m}^2} > 0 \text{ (si cumple)}$$

$$q = \frac{56,538}{8,40} + \frac{3,90}{5,88} - \frac{4,92}{2,80}$$

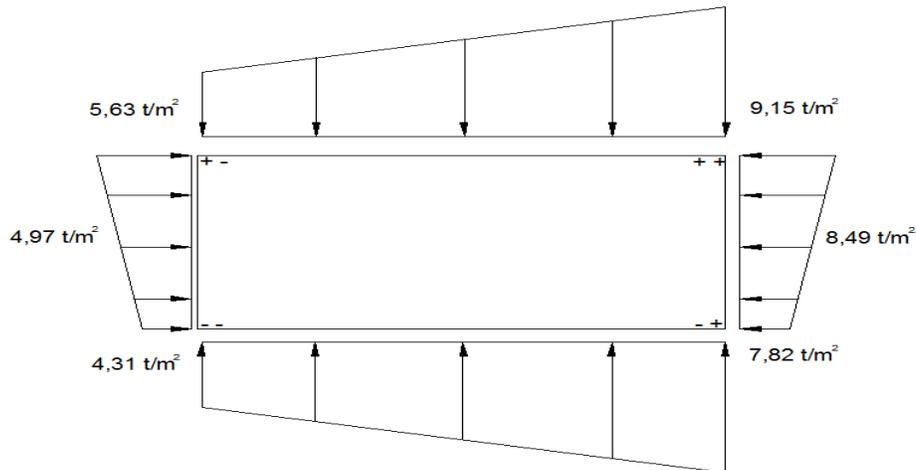
$$q = 6,63 \frac{t}{m^2}$$

$$q = \frac{56,538}{8,40} - \frac{3,90}{5,88} + \frac{4,92}{2,80}$$

$$q = 7,82 \frac{t}{m^2}$$

En este caso $q_{m\acute{a}x}$ no excede el valor soporte del suelo ($q_{m\acute{a}x} < V_s$), y $q_{min} > 0$, lo cual indica que no existen presiones negativas o de tensi3n bajo el 3rea de la zapata.

Figura 40. **Presiones sobre el suelo**



Fuente: elaboración Propia, con programa AutoCAD.

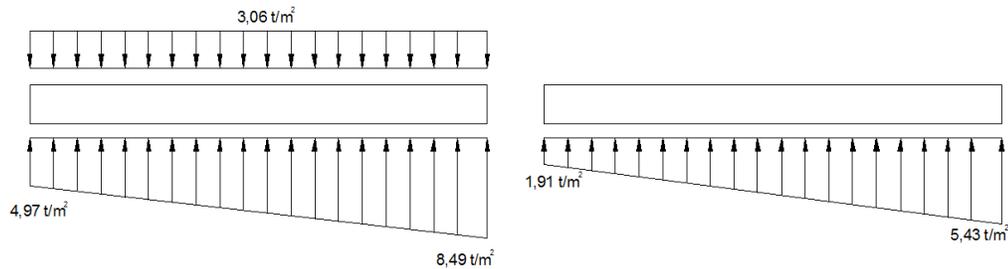
Las presiones del suelo y cimiento son:

$$q_{\text{suelo}} = \text{desp} * \gamma_{\text{suelo}} = 1,50 * 1,48 = 2,22 \frac{t}{m^2}$$

$$q_{\text{cimiento}} = t * \gamma_{\text{concreto}} = 0,35 * 2,40 = 0,84 \frac{t}{m^2}$$

$$q_{\text{suelo}} + q_{\text{cimiento}} = 2,22 + 0,84 = 3,06 \frac{\text{t}}{\text{m}^2}$$

Figura 41. Presiones sobre el cimiento



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

Las presiones últimas de diseño se obtendrán mediante la siguiente ecuación:

$$q_{\text{dis}} = F_{\text{cu}} * q \quad F_{\text{cu}} = 2,43$$

$$q_{\text{dis}} = 2,43 * 1,91 = 4,64 \text{t/m}^2$$

$$q_{\text{dis}} = 2,43 * 5,43 = 13,19 \text{t/m}^2$$

Se encuentra una expresión para cualquier distancia x , una presión dada por la relación de triángulos.

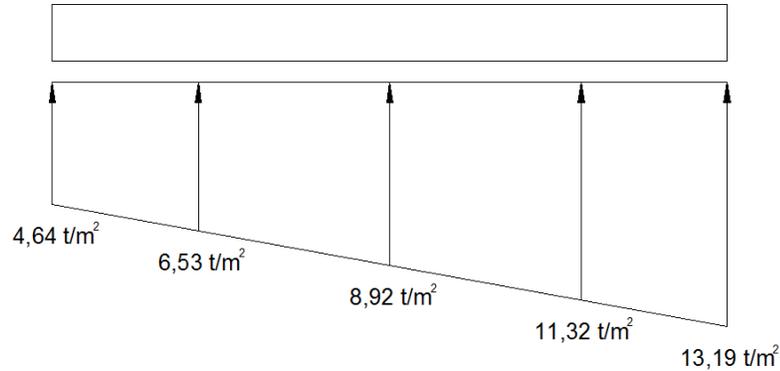
$$\frac{4,20}{(13,19 - 4,64)} = \frac{X}{q_{\text{d}(x)} - 4,64}, \quad q_{\text{d}(x)} = 2,04 X + 4,64$$

Para: $X = 0,925$ y $3,275$

$$q_{\text{d}(0,925)} = 2,04 * (0,925) + 4,64 = 6,53 \frac{\text{t}}{\text{m}^2}$$

$$q_{d(3,275)} = 2,04 * (3,275) + 4,64 = 11,32 \frac{t}{m^2}$$

Figura 42. **Presión última bajo el cimiento**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

Las presiones últimas por metro lineal se obtienen de de la siguiente ecuación:

$$W = b * q_{disu} \quad b = 2,00$$

para:

$$q_{disu} = 4,64 \rightarrow W = 4,64 * 2 = 9,28 \text{ t/m}$$

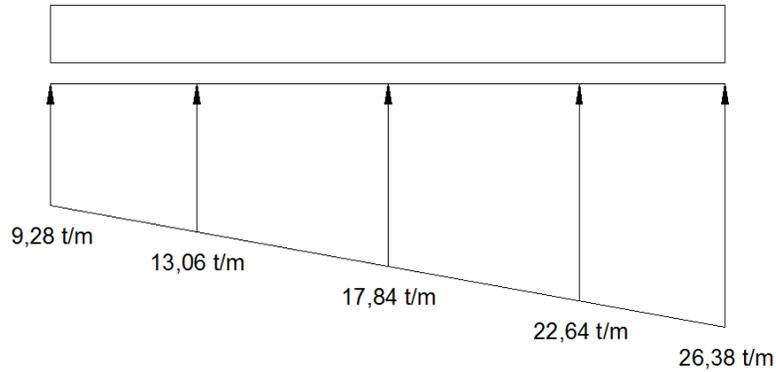
$$q_{disu} = 6,53 \rightarrow W = 6,53 * 2 = 13,06 \text{ t/m}$$

$$q_{disu} = 8,92 \rightarrow W = 8,92 * 2 = 17,84 \text{ t/m}$$

$$q_{disu} = 11,32 \rightarrow W = 11,32 * 2 = 22,64 \text{ t/m}$$

$$q_{disu} = 13,19 \rightarrow W = 13,19 * 2 = 26,38 \text{ t/m}$$

Figura 43. Presiones últimas por metro lineal



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

Encontrando una expresión por relación de triángulos para cualquier distancia x , una presión última por metro lineal, se obtiene lo siguiente:

$$W_{(x)} = 9,28 + 4,08 X$$

Si se encuentra W para cuando $X_{(CG)} = 2,1$ m, se tiene que:

$$W_{(2,1)} = 9,28 + 4,08 (2,1)$$

$$W_{(2,1)} = 17,85 \text{ t/m}$$

Diagramas de corte y momento:

$$V_{ab} = [9,28 + (4,08 * 0,925)] * 0,925 = 12,07 \text{ t}$$

$$V_b = V_{ab} - 34,95 = 12,07 - 34,95 = -22,88 \text{ t}$$

Para $V_c = 0$

$$V_c = -22,88 + 9,28y + 4,08y^2, \Rightarrow y = 1,49 \text{ m}; x = 0,925 + 1,49 = 2,415$$

$$V_{bd} = [9,28 + (4,08 * 2,415)] * 1,49 = 28,51 \text{ t}$$

$$V_c = V_b + V_{bd} = -22,88 + 28,51 = 5,63 \text{ t}$$

$$V_{de} = (22,64 + 26,38) * 0,5 * 0,925 = 22,67 \text{ t}$$

$$V_d = P - V_{de} = 34,95 - 22,67 = 12,28 \text{ t}$$

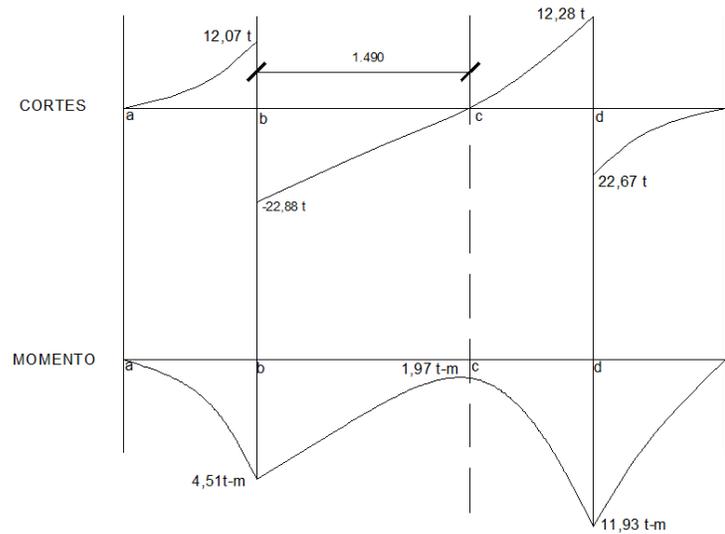
$$M_{ab} = \frac{9,28 * 0,925^2}{2} + \left(\frac{3,78 * 0,925^2}{2} \right) * \frac{1}{3} = 4,51 \text{ t} - \text{m}$$

$$M_{m\acute{a}x} = 2,32 + \left(\frac{13,06 * 1,49^2}{2} \right) + \left[\left(\frac{17,84 * 1,49^2}{2} \right) * \frac{1}{3} \right] - (22,88 * 1,49) =$$

$$M_{m\acute{a}x} = 1,97 \text{ t} - \text{m}$$

$$M_{ab} = \frac{22,64 * 0,925^2}{2} + \left(\frac{9,28 * 0,925^2}{2} \right) * \frac{2}{3} = 11,93 \text{ t} - \text{m}$$

Figura 44. Diagrama de corte y momento para zapata combinada



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

Chequeo por corte simple

Asumiendo $t = 0,35$ m y \emptyset No. 6

$$d = 45 - 7,5 - \frac{1,97}{2} = 36,5 \text{ cm}$$

$$V_r = \emptyset * 0,53 * \sqrt{f'_c} * b * d = 0,85 * 0,53 * \sqrt{210} * 200 * 36,5 = 47,65 \text{ t}$$

$$V_{\text{m}\acute{\text{a}}\text{x}} = 22,88 \text{ t}$$

$$V_{\text{m}\acute{\text{a}}\text{x}} < V_r \Rightarrow \text{si resiste el corte}$$

Chequeo por corte punzonante

$$d = 36,50 \text{ cm} \Rightarrow 30 + d = 66,55 \text{ cm}$$

$$V_r = \emptyset * 1,06 * \sqrt{f'_c} * b * d = 0,85 * 1,06 * \sqrt{210} * 66,55 * 36,5 = 127,03 \text{ t}$$

Calculo de corte punzonante actuante

$$V_{pz} = P_{u1} - q_c * A_{pz}$$

$$V_{pz} = 34,95 - 11,32 * 0,6655^2 = 29,94 \text{ t}$$

$$V_{pz} < V_r \Rightarrow \text{si resiste el punzonamiento}$$

Chequeo por flexión

Refuerzo mínimo

$$A_{smín} = \frac{14,1}{2810} * b * d$$

$$A_{smín} = \frac{14,1}{2810} * 100 * 36,5 = 18,31 \text{ cm}^2$$

Refuerzo mínimo en el ancho de 2 m

$$A_{smín} = \frac{14,1}{2810} * 200 * 36,5 = 36,63 \text{ cm}^2$$

Momento que resiste

$$M_{asmín} = \varphi \left[A_s * f_y \left(d - \frac{A_s * f_y}{1,7 * f'_c * b} \right) \right]$$

$$M_{\text{asmín}} = 0,90 \left[36,63 * 2\,810 \left(36,5 - \frac{36,63 * 2\,810}{1,7 * 210 * 200} \right) \right] = 32,48 \text{ t} - \text{m}$$

$$S = \frac{2,85 * 200}{36,63} = 15,56 \text{ cm por seguridad } 15 \text{ cm}$$

Se utilizarán varillas No. 6 @ 0,15 m

Acero por temperatura

$$A_{\text{stemp}} = 0,002 * b * t$$

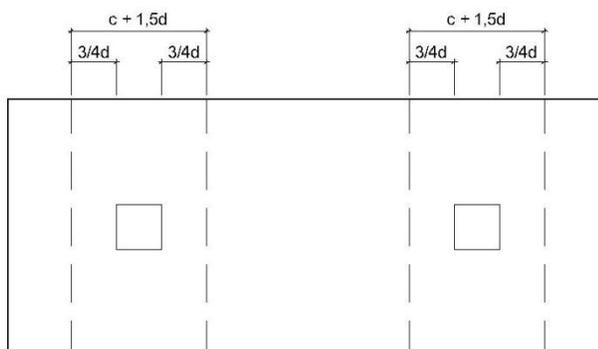
$$A_{\text{stemp}} = 0,002 * 400 * 45 = 36,00 \text{ cm}^2$$

$$S = \frac{1,77 * 400}{36,0} = 19,67 \text{ cm se utilizara } 20 \text{ cm}$$

Se utilizarán varillas No. 5 @ 0,20 m

Vigas transversales

Figura 45. **Vigas transversales**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

Asumiendo un ancho de viga de $(c + 1,5d)$, se chequeará bajo la columna crítica 1 y considerando que la viga será igual para las dos columnas.

$$d_{y-y} = d_{x-x} = \frac{\phi_x}{2} - \frac{\phi_y}{2} \Rightarrow 36,50 - \frac{2,54}{2} - \frac{1,91}{2} = 34,28 \text{ cm}$$

$$c + 1,5d = (30 + 1,5 * 34,28) = 81,42 \text{ cm}$$

La viga transversal, se diseñara con la presión uniforme, causada por la carga puntual de la columna.

$$q_d = \frac{P_u}{b * (c + 1,5d)} = \frac{34,95}{2 * (0,8142)} = 21,46 \frac{\text{t}}{\text{m}^2}$$

Chequeo por corte simple

$$V_{act} = q_d * b' * (c + 1,5d)$$

$$V_{act} = (21,46) * 0,5072 * (0,8142)$$

$$V_{act} = 8,86 \text{ t}$$

$$V_r = \phi * 0,53\sqrt{f'_c} * b * d$$

$$V_r = 0,85 * 0,53\sqrt{210} * 34,28 * 81,42$$

$$V_r = 18,22 \text{ t}$$

$V_r > V_{act}$, si chequea por corte simple

Chequeo por flexión

$$M_{act} = \frac{q_d * (b')^2}{2}$$

$$M_{act} = \frac{21,46 * (0,85)^2}{2} = 7,75 \text{ t}$$

$$A_s = 8,59 \text{ cm}^2$$

$$A_{smin} = 14,91 \text{ cm}^2$$

$$s = \frac{(2,85) * (81,42)}{14,91} = 15,56 \text{ cm}$$

Se utilizaran varillas No. 6 @ 0,15 cm

Ver detalle de zapata combinada en planos constructivos.

2.2.5.5. Gradass

El ritmo general de vida exige que las escaleras puedan ser recorridas de modo rápido y seguro, con el menor gasto de energía posible. Para la ubicación se debe tomar en cuenta que la circulación en los diferentes niveles no sea problemática; además, debe tener iluminación y ventilación aceptable.

La forma y disposición que se le da a una escalera depende principalmente de las dimensiones e importancia de la edificación, del espacio que el proyecto les otorgue y finalmente del material y tipo de construcción escogida.

El que una escalera sea cómoda y segura depende de la relación de pendiente o relación de dimensiones de los peldaños, es decir, la relación de huella y contrahuella. Las siguientes relaciones pueden garantizar la comodidad de una escalera.

Donde:

c = contrahuella y H = huella

$$c \leq 20 \text{ cm}$$

$$H > c$$

$$2c + H \leq 65 \text{ cm (valor cercano)}$$

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

$$c * H = 480 \text{ a } 500 \text{ cm}^2$$

Procedimiento para el diseño de la escalera

Número de escalones mínimo = $h/c = 3,20/0,20 = 16$ escalones. Se tomarán 8 contrahuellas antes del descanso.

Número de huellas = Núm. contrahuellas – 1 = 8 – 1 = 7 huellas

Relaciones de comodidad:

$$c = 20 \text{ cm} \leq 20 \text{ cm}$$

$$H = 25 \text{ cm} > 20 \text{ cm}$$

$$2c + H = 2 * 20 + 25 = 65 \leq 65 \text{ cm}$$

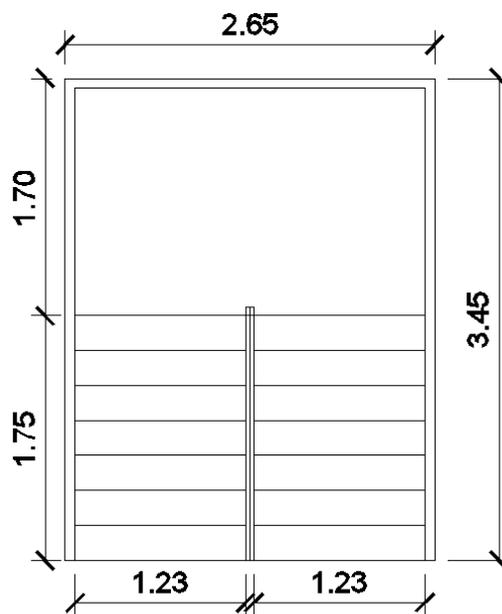
$$c + H = 20 + 25 = 45 \text{ cm}$$

$$c * H = 20 * 25 = 500 \text{ cm}^2$$

Por lo tanto se obtienen 8 contrahuellas de 20 cm y 7 huellas de 25 cm.
Espesor de la losa

$$t = \frac{L}{21} = \frac{2,65}{21} = 0,12 \text{ m}$$

Figura 46. Dimensiones de escalera



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

Datos:

$$CV = 500,00 \text{ kg/cm}^2$$

$$f'_c = 210,00 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_y = 2\,810,00 \text{ kg/cm}^2$$

$$\gamma_c = 2\,400,00 \text{ kg/cm}^3$$

Integración de cargas

Carga muerta

Peso propio de la escalera

$$\gamma * \left(t + \frac{c}{2} \right) = 2400 * \left(0,12 + \frac{0,20}{2} \right) = 528 \text{ kg/m}^2$$

acabados = 100 kg

total CM= 528 + 100 = 628 kg

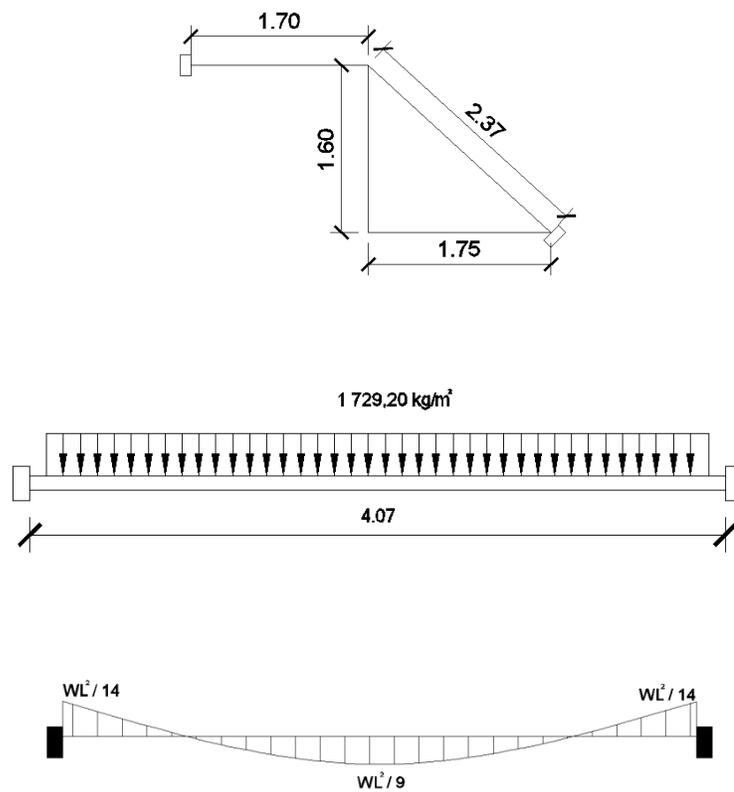
Carga viva

Edificación escolar = 500 kg

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

$C_u = 1,4(628) + 1,7(500) = 1729,20 \text{ kg}$

Figura 47. Distribución de carga y momentos en gradas



Fuente: elaboración propia, con el programa AutoCAD.

Cálculo de momentos

$$M_{(+)} = \frac{C_u * L^2}{9} = \frac{1,729,20 * 4,07^2}{9} = 3\ 182,67 \text{ kg} - \text{m}$$

$$M_{(-)} = \frac{C_u * L^2}{14} = \frac{1,729,20 * 4,07^2}{14} = 2\ 046,00 \text{ kg} - \text{m}$$

Límites para el acero

$$CV = 500,00 \text{ kg/cm}^2$$

$$f'_c = 210,00 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_y = 2810,00 \text{ kg/cm}^2$$

$$b = 100$$

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

$$A_{s\text{mín}} = \frac{14,1}{2810} * b * d$$

$$A_{s\text{mín}} = \frac{14,1}{2810} * 100 * 9,5 = 4,76 \text{ cm}^2$$

$$A_{s\text{máx}} = 0,50 * \rho_b * b * d$$

$$A_{s\text{máx}} = 0,50 * 0,03695 * 100 * 9,5 = 17,55 \text{ cm}^2$$

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

$$M_{(+)} = 3182,67 \text{ kg-m} = A_s = 15,15 \text{ cm}^2; \text{ usar varilla No. 5 @ 0,15m}$$

$$M_{(-)} = 2040,00 \text{ kg-m} = A_s = 9,20 \text{ cm}^2; \text{ usar varilla No. 5 @ 0,15m}$$

$$\text{Acero por temperatura} = A_{st} = 0,002 * b * t = 0,002 * 100 * 9,5 = 1,90 \text{ cm}^2$$

$$S_{\text{máx}} = 3 * t = 3(9,50) = 28,50 \text{ cm}, \text{ por lo tanto se refuerza con varilla No. 3 @ 0,25m.}$$

2.2.6. Instalaciones eléctricas

La instalación eléctrica fue diseñada con base en modelos utilizados en edificios similares al del presente proyecto; tratando de cumplir con la iluminación correcta para las diferentes áreas y procurando dejar suficientes tomas de electricidad para los usuarios del edificio. Se diseñó tanto fuerza como iluminación.

- Cantidad de circuitos a utilizar

$$I = \frac{W}{C}$$

$$\text{No. circuitos} = \frac{I}{C_c}$$

Donde:

I = impedancia

W = potencia

C = corriente

Cc = corriente permitida por circuito

Iluminación: las lámparas son de tipo comercial de 110V 2 x 40 RS con tubos fluorescentes F40T10/DL.

$$I = \frac{44*(80)+400}{110} = \frac{3\,920,00}{110} = 35,63$$

$$\text{No. circuitos} = \frac{35,63}{15,00} = 2,38 \approx 2 \text{ circuitos}$$

Fuerza: los tomacorrientes en la mayoría de los casos son dobles de 110V.

$$I = \frac{43 * (300)}{110} = \frac{12\,900,00}{110} = 117,27$$

$$\text{No. Circuitos} = \frac{117,27}{15,00} = 7,81 \approx 8 \text{ circuitos}$$

Se propone un total de dos circuitos para iluminación y ocho para fuerza, ya que con esto se cubrirán las necesidades del edificio.

En la tabla XIV, se resume el cálculo de los circuitos, asegurando que se puede utilizar flipones de 20 A, para cada circuito, garantizando la seguridad de los mismos.

Tabla XIV. **Diseño de instalación eléctrica**

CIRCUITO	TOMACORRIENTE			LÁMPARAS			P (W)	I (A)	SEGURIDAD 1.25*I
	220 V	110 V	TOTAL	100 W	2X40 W	TOTAL			
A				3.00	13.00	1,340.00	1,340.00	12.18	15.23
B					16.00	1,280.00	1,280.00	11.64	14.55
C				1.00	15.00	1,300.00	1,300.00	11.82	14.77
D	6.00		1,320.00				1,320.00	12.00	15.00
E	3.00		660.00				660.00	6.00	7.50
F	5.00		1,100.00				1,100.00	10.00	12.50
G	6.00		1,320.00				1,320.00	12.00	15.00
H	3.00		660.00				660.00	6.00	7.50
I	4.00		880.00				880.00	8.00	10.00
J	6.00		1,320.00				1,320.00	12.00	15.00
K	4.00		880.00				880.00	8.00	10.00
L	5.00		1,100.00				1,100.00	10.00	12.50

Fuente: elaboración propia.

La instalación eléctrica posee un tablero de distribución de 12 polos, de los cuales se utilizarán 3 para iluminación y 9 para los circuitos de fuerza.

2.2.7. Instalaciones hidráulicas

El sistema de abastecimiento de agua potable para el edificio, será distribuido directamente de la red municipal, ya que proporciona continuidad en el suministro, es confiable y además cuenta con suficiente presión.

La instalación hidráulica se encuentra presente en los servicios sanitarios diseñados para el edificio. Para alimentar todas los accesorios, se diseñó un sólo circuito, basado en el método de Hunter, donde se deben tomar en cuenta los pesos o demandas de agua de los artefactos a ser usados en el proyecto, los cuales son 11 inodoros, 2 lavamanos. Para encontrar el caudal necesario y con este el diámetro del ramal de alimentación. El cálculo se realizó de la siguiente forma:

$$Q = 0,30 \sqrt{\Sigma P}$$

Tabla XV. **Gasto de accesorios para método de Hunter**

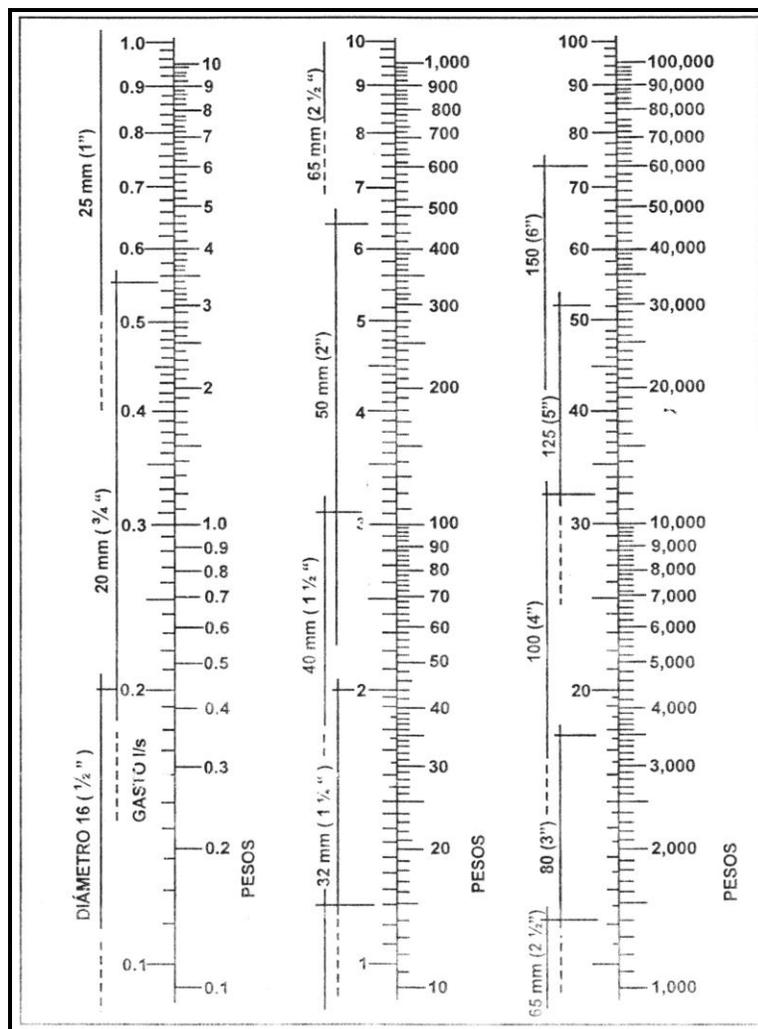
PIEZA O ACCESORIO	Gasto
Inodoro con caja de descarga	0,30
Lavado (lavamanos)	0,50

Fuente: ENRÍQUEZ HARPER, Gilberto. Cálculo de instalaciones hidráulicas y sanitarias, residenciales y comerciales. Tabla 6. p. 126.

$$Q = 0,30 \sqrt{(7 \cdot 0,30 + 5 \cdot 0,50)} = 0,64 \text{ lts/seg}$$

Con el dato del caudal necesario para abastecer los accesorios, se procede a buscar el dato en el ábaco que se presenta en la figura 48.

Figura 48. **Ábaco para el cálculo de tuberías de agua fría**



Fuente: ENRÍQUEZ HARPER, Gilberto. Cálculo de instalaciones hidráulicas y sanitarias, residenciales y comerciales. Ábaco 1. p. 128.

Ya que se ha localizado el caudal (gasto), en la parte izquierda de la primera columna, se indica que el ramal de alimentación debe ser de 1" de diámetro. Para los subramales que alimentan los accesorios deberá ser la tubería de 1/2" de diámetro como mínimo, esto según la tabla XVI.

Tabla XVI. **Diámetros mínimos de tubos para subramales**

ACCESORIO DE USO	DIÁMETRO (plg.)
Inodoro con caja sanitaria	1/2
Lavamanos	1/2

Fuente: ENRÍQUEZ HARPER, Gilberto. Cálculo de instalaciones hidráulicas y sanitarias, residenciales y comerciales. Tabla 9. p.138.

2.2.8. Instalaciones sanitarias

Drenaje sanitario

El edificio cuenta con batería de baños, situada en el primer nivel, y un servicio sanitario individual en el segundo piso. Se ubicarán 12 artefactos repartidos en las áreas de hombres y mujeres, dos más en el área del despacho del alcalde.

El volumen de aguas negras para edificios municipales es de 60 litros/persona/día, y para evacuar dicho volumen se deben colocar tuberías con una pendiente mínima del 1 % y con diámetro mínimo, a continuación se muestran en la tabla XVII los diámetros a utilizar para todos los artefactos del proyecto.

Tabla XVII. **Unidades de Hunter de contribución de los aparatos sanitarios y diámetro nominal de los ramales de descarga**

APARATOS	UNIDADES	DIÁMETRO NOMINAL
Inodoro	6	4"
Lavamanos	2	1 ½"

Fuente: ENRÍQUEZ HARPER, Gilberto. Cálculo de instalaciones hidráulicas y sanitarias, residenciales y comerciales. p. 233.

Las tuberías que recibirán los afluentes de los ramales de descarga reciben el nombre de ramal de drenaje y los diámetros se obtienen según se muestra en la tabla XVIII de acuerdo a las unidades de Hunter que lleguen a él.

Tabla XVIII. **Dimensiones de ramales de drenajes**

DIÁMETRO NOMINAL	MÁXIMO DE UNIDADES
1"	1
1 ½"	3
2"	6
3"	20
4"	160
6"	620

Fuente: ENRÍQUEZ HARPER, Gilberto. Cálculo de instalaciones hidráulicas y sanitarias, residenciales y comerciales. p. 241.

Por lo que se utilizará tubería de 4" para el primer nivel, ya que recibiría un total de 40 unidades; y para el segundo nivel de 3", porque recibe un total de

12 unidades, este mismo diámetro se utilizará para la bajada de aguas negras de dicho nivel, a esta bajada hay que conectar la tubería de ventilación que será de 2”.

Drenaje pluvial

El objetivo del drenaje pluvial es la evacuación de las aguas provenientes de la escorrentía producida por la precipitación pluvial, debiendo diseñarse el sistema, de acuerdo a los requisitos siguientes.

Las bajadas deben ubicarse, si es posible, en paredes que den al exterior de la edificación, protegidas con mortero, concreto u otro material.

El área máxima para drenar con un bajante, según el diámetro, es la siguiente.

Tabla XIX. **Área máxima a drenar con tubería PVC para drenaje pluvial**

DIÁMETRO (plg)	ÁREA (m ²)
2	30
2 ½	60
3	100
4	210
6	625

Fuente: elaboración propia.

Para este caso se tiene un área que drenar de 170,40 metros cuadrados, por lo que se propone utilizar tubería PVC de 4 pulgadas de diámetro para las bajadas pluviales.

2.2.9. Planos constructivos

Los planos que se elaboraron son: planta amueblada, planta acotada, planta de drenajes, planta de cimentación y columnas, planta de plomería, planta de fuerza, planta de iluminación, planta de losas y vigas, detalle de vigas, detalles estructurales, elevaciones y secciones.

2.2.10. Presupuesto

Para el cálculo de cada uno de los renglones de trabajo que integran el presupuesto del proyecto de diseño del edificio municipal, se procedió a calcular el precio unitario de cada uno de ellos; el costo directo se determinó con base en cantidades de materiales, uso de herramienta, combustibles, mano de obra calificada y no calificada. Y los costos indirectos se determinaron en relaciones porcentuales como lo son las prestaciones laborales, imprevistos, seguros y fianzas, impuestos y utilidad.

Para los precios de los materiales se usó como referencia los vigentes en las ferreterías del municipio de San Andrés Sajcabajá.

Los salarios de mano de obra fueron tomados con base en los manejados por la Municipalidad de San Andrés Sajcabajá en proyectos similares.

Tabla XX. Presupuesto edificio municipal

No.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO Q.	SUB TOTAL Q.
1	TRABAJOS PRELIMINARES				
1.1	DEMOLICIÓN DE EDIFICIO EXISTENTE	1,00	GLOBAL	30 000,00	30 000,00
1.2	TRAZO Y PUENTE	150,00	M	21,49	3 223,50
2	CIMENTACIÓN				
2.1	EXCAVACIÓN DE ZAPATAS	72,00	M3	39,24	2 825,28
2.2	EXCAVACIÓN DE CIMENTO	81,25	M3	39,23	3 187,44
2.3	ZAPATA Z-1	24,00	UNIDAD	10 964,85	263 156,40
2.4	CIMIENTO CORRIDO CC-1	81,25	M	533,02	43 307,88
3	COLUMNAS				
3.1	COLUMNA C-1	194,40	M	532,43	103 504,39
4	MUROS				
4.1	LEVANTADO DE BLOCK CON SISA EN DOS CARAS	526,50	M2	247,13	130 113,95
5	SOLERAS				
5.1	SOLERA S-1	243,75	M	219,71	53 554,31
5.2	SILLAR DE VENTANA	81,25	M	322,54	26 206,38
6	VIGAS				
6.1	VIGA V - 1	144,00	M	644,92	92 868,48
6.2	VIGA V - 2	99,40	M	518,00	51 489,20
7	LOSAS				
7.1	LOSA TRADICIONAL t=10 cm	340,80	M2	654,11	222 920,69
7.2	MEZCLÓN, PAÑUELOS E IMPERMEABILIZACIÓN EN LOSA FINAL	170,40	M2	110,00	18 744,00
7.3	MÓDULO DE GRADAS (INCLUYE BARANDA)	1,00	GLOBAL	17800,00	17 800,00

VAN

Q. 1 062 901,90

Continuación de la tabla XX.

VIENEN

Q. 1 062 901,90

8	INSTALACIONES				
8.1	INSTALACIONES PARA DRENAJE	1,00	GLOBAL	23 196,26	23 196, 26
8.2	INSTALACIONES PARA DRENAJE DE AGUAS PLUVIALES	1,00	GLOBAL	38 948,14	38 948,14
8.3	INSTALACIONES PARA SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA	1,00	GLOBAL	59 326,13	59 326,13
8.4	INSTALACIONES DE AGUA POTABLE	1,00	GLOBAL	30 000,00	30 000,00
9	VENTANAS				
9.1	VENTANERÍA DE HERRERÍA (VENTANA BALCÓN)	46,00	M2	654,11	30 089,06
10	PUERTAS				
10.1	PUERTA P-1	10,00	UNIDAD	1 940,31	19 403,10
10.2	PUERTA P-2	7,00	UNIDAD	1 940,31	13 582,17
10.3	BARANDA DE METAL	35,88	M2	500,00	17 940,00
11	PISOS				
11.1	PISO DE GRANITO	289,68	M2	197,42	57 188,63
12	ACABADOS				
12.1	REPELLO EN LOSA	340,80	M2	51,14	17 428,51
12.2	PINTURA	1 031,71	M2	20,75	21 407,98
13	LIMPIEZA FINAL				
13.1	LIMPIEZA FINAL	1,00	GLOBAL	15 000,00	15 000,00
COSTO TOTAL				Q. 1 406 411,88	

Fuente: elaboración propia.

2.2.11. Estudio de Impacto Ambiental

Evaluación de Impacto Ambiental

La Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), se considera como el conjunto de estudios y sistemas técnicos que permiten estimar los efectos que la ejecución de un determinado proyecto, obra o actividad, causa sobre el medio ambiente.

Fines y aspectos cubiertos por Estudios de Impacto Ambiental.

- Riesgo para la salud de la población, debido a la cantidad y calidad de los efluentes, emisiones o residuos.
- Efectos adversos significativos sobre la cantidad y calidad de los recursos naturales renovables, incluidos el suelo, agua y aire.
- Localización próxima a población, recursos y áreas protegidas susceptibles de ser afectados, así como el valor ambiental del territorio en que se pretende emplazar.
- Alteración significativa, en términos de magnitud o duración, del valor paisajístico o turístico de una zona.
- Alteración de monumentos, sitios con valor antropológicos, arqueológicos, histórico y, en general, los pertenecientes al patrimonio cultural.

Las componentes unitarias de cualquier sistema de construcción de estructuras de hormigón armado que potencialmente pudieran generar algún tipo de impacto sobre el medio ambiente, corresponden a las siguientes:

- Zanjeo
- Movimiento de tierras
- Generación de desechos sólidos

Las actividades relevantes a considerar para la determinación de los impactos ambientales, deben ser establecidas tanto para la etapa de habilitación y construcción, como de operación y mantenimiento de la estructura. Se considerarán al menos las siguientes variables:

Fase de construcción

- Zanjeo: se deberán hacer excavaciones para la adecuada cimentación de la construcción. En esta actividad se realizará un impacto al suelo debido a la remoción de tierra dado que no volverá a ocupar el estrato correspondiente.
- Movimiento de tierras: por transporte de tierra y desechos físicos; también se verá afectada la atmósfera por el ruido producido por la maquinaria que realizará dicha actividad.
- Construcción de marcos de hormigón armado y paredes de block: tendrá un leve impacto sobre el paisaje del lugar, ya que no existen otras estructuras de dimensiones similares.

- Generación de desechos sólidos: todos los desechos sólidos producidos por la construcción al no ser depositados y transportados adecuadamente al botadero, provocarán malos olores y proliferación de moscas; lo cual repercute en la salud de todos los pobladores. Este es un impacto temporal.

Dado que es un área poblada del municipio no se verá afectada la fauna ni la flora, pues el espacio a utilizar es actualmente un terreno destinado a la construcción de obras que beneficien a los vecinos del municipio.

Fase de operación y mantenimiento

En esta fase el entorno se verá afectado por la expulsión de químicos y solventes utilizados para el mantenimiento del edificio educativo; tales como: jabones, cloro, pinturas, etc. este impacto es permanente.

Medidas de mitigación

Las medidas mitigadoras aplicables a las fases del proyecto, son las que tratan de minimizar los impactos inevitables generados por este.

Aprovechamiento y recuperación de la tierra vegetal extraída: se utilizará principalmente para la cubierta de zonas que queden fuera de servicio, como los accesos que no vayan a ser utilizados.

- Emisiones a la atmósfera: la maquinaria a utilizar deberá estar en óptimas condiciones de funcionamiento, debiéndose dar mantenimiento preventivo y correctivo. Los vehículos que transporten material, deben taparse con una lona, aplicar riego al área por donde transita y

desplazarse a velocidades mínimas y mantener el control de polvo mediante riego.

- Ruidos y/o vibraciones: la maquinaria que se utilizará debe estar en óptimas condiciones de funcionamiento, debiéndosele dar mantenimiento preventivo y correctivo. Se debe realizar chequeo físico en la maquinaria llevando un control sobre la emisión de ruido, el cual no debe permitirse que sea mayor de 80 decibeles a 3,5 metros del emisor.
- Contaminación visual: las áreas utilizadas en las diferentes actividades del proyecto donde se altera el paisaje original, deben ser conformadas y dotadas de suelo orgánico, para su reforestación con especies nativas del lugar.

2.2.12. Cronograma de ejecución

Una vez definidos los costos de ejecución se procede a movilizar los recursos físicos, humanos y financieros para la ejecución del proyecto, elaborando un cronograma de ejecución el cual establece metas de tiempo, calidad y costos a cumplir. En la tabla XXI se muestra el cronograma de ejecución.

Tabla XXI. Cronograma de ejecución

No.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO Q.	SUB TOTAL Q.	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7	MES 8
1	TRABAJOS PRELIMINARES												
1.1	DEMOLICIÓN DE EDIFICIO EXISTENTE	1,00	GLOBAL	30 000,00	30 000,00	1,00							
						30 000,00							
						150,00							
1.2	TRAZO Y PUENTE	150,00	M	21,49	3 223,50	3 223,50							
2	CIMENTACIÓN												
2.1	EXCAVACIÓN DE ZAPATAS	72,00	M3	39,24	2 825,28	72,00							
						2 825,28							
						81,25							
2.2	EXCAVACIÓN DE CIMENTO	81,25	M3	39,23	3 187,44	3 187,44							
							12,00						
2.3	ZAPATA Z-1	24,00	UNIDAD	10 964,85	263 156,40								
							131 578,20						
							40,63						
2.4	CIMENTO CORRIDO CC-1	81,25	M	533,02	43 307,88								
							21 653,94						
3	COLUMNAS												
3.1	COLUMNA C-1	194,40	M	532,43	103 504,39			77,76	58,32				
								41 401,76	31 051,32	31 051,32			
4	MUROS												
4.1	LEVANTADO DE BLOCC CON SISA EN DOS CARAS	526,50	M2	247,13	130 113,95					263,25		263,25	
										65 056,97		65 056,97	
5	SOLERAS												
5.1	SOLERA S-1	243,75	M	219,71	53 554,31					121,88		121,88	
										26 777,16		26 777,16	
										40,63		40,63	
5.2	SILLAR DE VENTANA	81,25	M	322,54	26 206,38					13 103,19		13 103,19	
6	VIGAS												
6.1	VIGA V - 1	144,00	M	644,92	92 868,48			57,60	43,20	43,20			
								37 147,39	27 860,54	27 860,54			
								49,70	49,70	49,70			
6.2	VIGA V - 2	99,40	M	518,00	51 489,20					25 744,60		25 744,60	

CONCLUSIONES

1. Se logró el diseño del drenaje sanitario para el barrio Cipresales y del edificio de dos niveles para las oficinas municipales para el Municipio de San Andrés Sajcabajá, lo cual tiene como base el estudio realizado para su planificación, al aplicar las normas apropiadas para cada uno. Se garantizará que los mismos funcionarán eficientemente durante el período de diseño, como mínimo. Y se dejan establecidas las etapas requeridas para su ejecución.
2. La construcción del proyecto de servicio de drenaje sanitario en el barrio Cipresales beneficiará a 1 056 habitantes, lo que contribuye a mejorar la calidad de vida de los habitantes de esta comunidad
3. La ejecución del proyecto del edificio municipal cubrirá las necesidades y mejorará el servicio que actualmente presta a la población de San Andrés Sajcabajá.
4. Se hizo entrega de planos, presupuesto y cronograma de ejecución de los proyectos: Diseño del sistema de drenaje sanitario para el barrio Cipresales del municipio de San Andrés Sajcabajá y diseño del edificio municipal de dos niveles para el municipio de San Andrés Sajcabajá, departamento de Quiché; a través de estos proyectos se contribuye al desarrollo del municipio.

5. A través del Ejercicio Profesional Supervisado se complementa la formación profesional del estudiante, ya que este experimenta la confrontación teórica - práctica, y adquiere confianza y madurez para iniciar con mayor eficiencia el desempeño de la profesión.

RECOMENDACIONES

1. Dar prioridad a la ejecución de los proyectos propuestos, debido a que son necesidades primarias que permiten tener salud y contribuyen al bienestar de la población del municipio.
2. Asegurar la implementación de la operación y mantenimiento preventivo y correctivo en ambos proyectos, ya que estas inciden en la duración y buen funcionamiento para el período que fueron diseñados
3. El presupuesto es únicamente una referencia, ya que pueden estar sujetos a cambios, por lo que no se considera como definitivo al momento de su ejecución.
4. Garantizar la supervisión técnica en la ejecución de ambos proyectos, a través de la Oficina Municipal de Planificación (OMP), para que se cumplan con las especificaciones técnicas contenidas en los planos, y así, obtener mayor eficiencia y calidad de ambos proyectos.
5. Mantener las correspondientes medidas de seguridad durante la ejecución de los proyectos y asimismo, una señalización adecuada que permita a los peatones prevenir accidentes; proporcionar rutas alternas para el tránsito vehicular, en el período de construcción del alcantarillado sanitario.

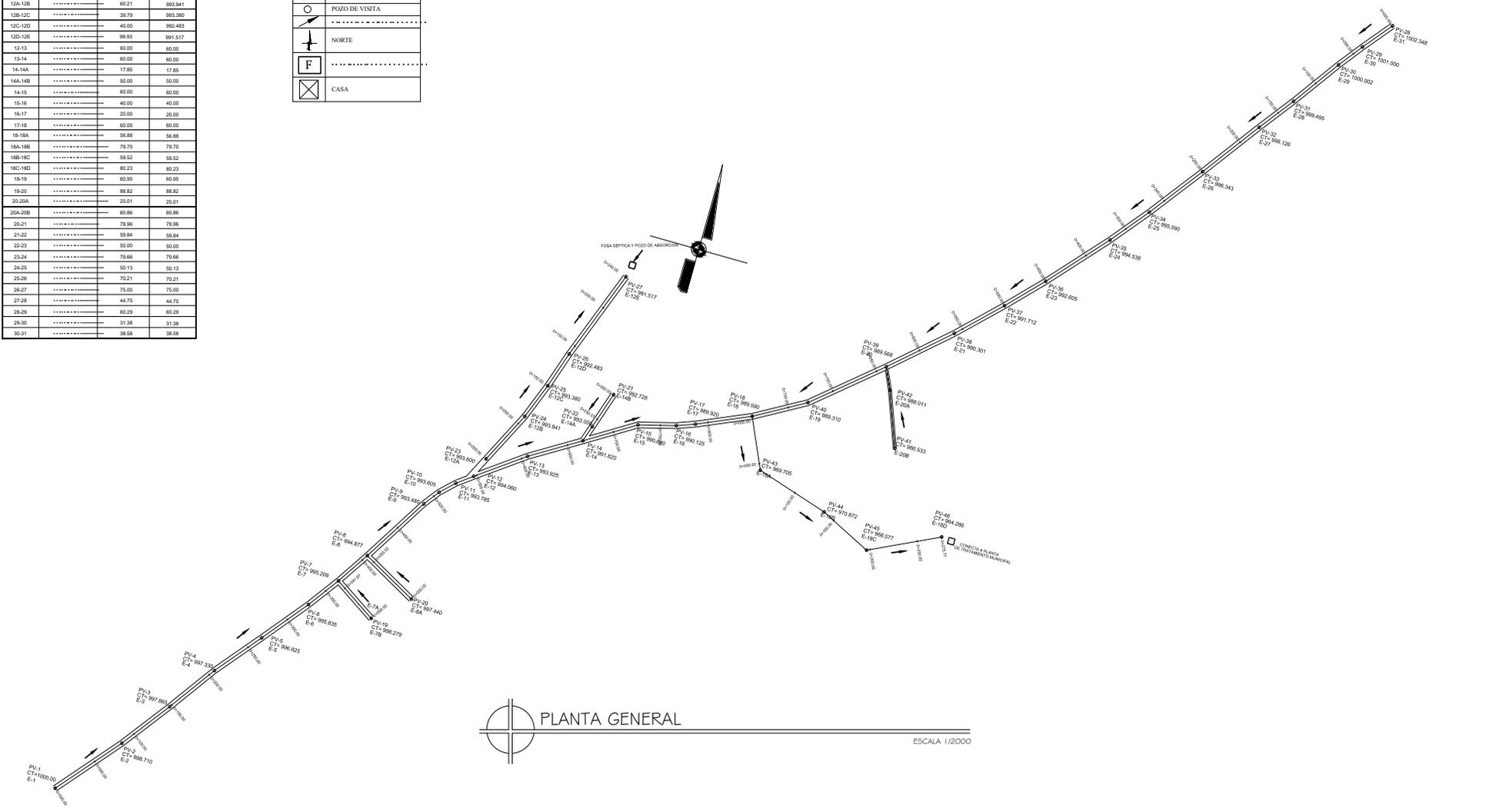
BIBLIOGRAFÍA

1. CABRERA SEIS, Jadenon Vinicio. *Guía teórica y práctica del curso de cimentaciones 1*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1994. 178 p.
2. Instituto de Fomento Municipal, *Normas generales para el diseño de alcantarillados*. Guatemala: INFOM, 2001. 31 p.
3. McCORMAC, Jack C. *Diseño de concreto reforzado*. 4a ed. México: Alfaomega, 2003. 33 p. ISBN 970-15-0633-2.
4. NILSON, Arthur H. *Diseño de estructuras de concreto*. 12a ed. Colombia: McGraw–Hill Interamericana S.A., 2001. 722 p.
5. PAZ ORTEGA, Kenny Edward. *Diseño y planificación de escuela primaria del caserío Chi Ixim y drenaje sanitario del caserío Pozo Vivo, en el municipio de Tactic, Alta Verapaz*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2007. 113 p.

APÉNDICES

EST.-P.O.	AZIMUT	DISTANCIA (m)	COTA (m)
1	00.00	1000.00	
1-2	84.00	998.710	
2-3	83.00	997.865	
3-4	80.00	997.285	
4-5	80.00	996.625	
5-6	80.00	995.835	
6-7	40.00	995.210	
7-7A	32.04	997.000	
7A-7B	20.00	998.279	
7-B	40.00	994.877	
8-8A	64.56	997.440	
8-B	80.00	993.480	
8-10	20.00	993.805	
10-11	20.00	993.765	
11-12	20.00	994.090	
12-12A	22.33	993.600	
12A-12B	60.21	993.941	
12B-12C	39.79	993.380	
12C-12D	40.00	992.483	
12D-12E	99.93	991.517	
12-13	60.00	60.00	
13-14	60.00	60.00	
14-14A	17.85	17.85	
14A-14B	60.00	60.00	
14-15	60.00	60.00	
15-16	40.00	40.00	
16-17	20.00	20.00	
17-18	60.00	60.00	
18-18A	56.88	56.88	
18A-18B	79.70	79.70	
18B-18C	59.52	59.52	
18C-18D	80.23	80.23	
18-19	60.55	60.55	
19-20	60.52	60.52	
20-20A	25.01	25.01	
20A-20B	60.86	60.86	
20-21	78.96	78.96	
21-22	59.84	59.84	
22-23	60.00	60.00	
23-24	79.66	79.66	
24-25	50.13	50.13	
25-26	70.21	70.21	
26-27	70.00	70.00	
27-28	44.75	44.75	
28-29	60.28	60.28	
29-30	31.38	31.38	
30-31	38.58	38.58	

SIGNIFICADO	
P.V.	POZO DE VISTA
CT	COTA DE TERRENO
E	
O	POZO DE VISTA
NORTE	
F	
CASA	



PLANTA GENERAL
ESCALA 1/2000



Universidad de San Carlos
Guatemala

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO:
DRENAJE SANITARIO, BARRIO CIPRESALES

DIRECCION:
SAN ANDRÉS SAJACABAJÁ, EL QUICHÉ



CONTIENE: PLANTA GENERAL

1
8

DISEÑO: A.O.C.R.

DIBUJO: A.O.C.R.

CÁLCULO: A.O.C.R.

ASESOR: ING. ANGEL ROBERTO SIC

FECHA: 2013

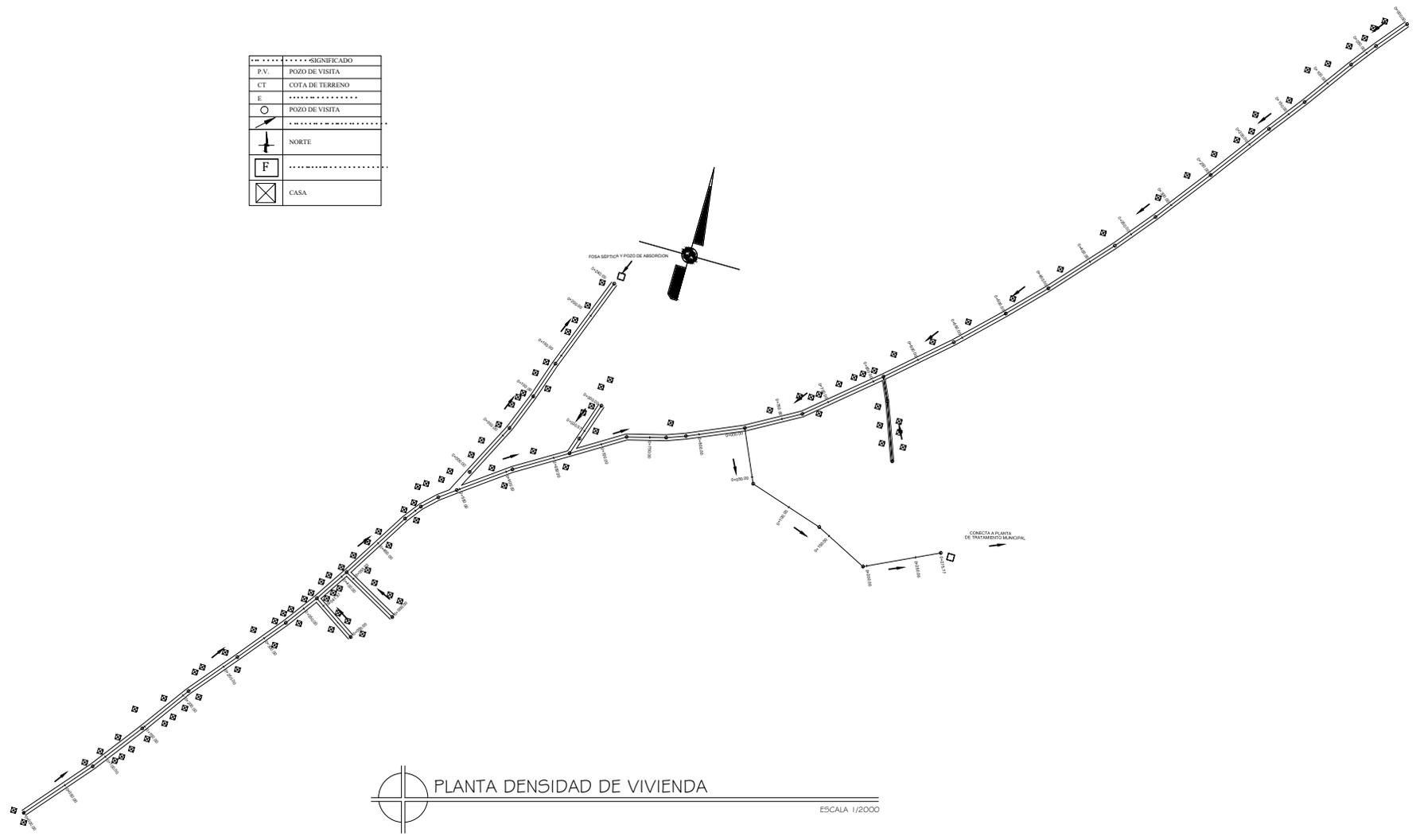
ESCALA: 1:2000

Vo. Bo. Alexis Olivares
Castro Rosales
2003-2260

Vo. Bo. Ing. Angel Sic
Asesor

 Universidad de San Carlos Guatemala	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		 Colegio de Ingenieros de Guatemala
	PROYECTO: DRENAJE SANITARIO, BARRIO CIPRESALES DIRECCIÓN: SAN ANDRÉS SAJUCABAJÁ, EL QUICHÉ		
CONTIENE:			2 / 8
DENSIDAD DE VIVIENDA			
DISEÑO:	A.O.C.R.	DIBUJO:	A.O.C.R.
ASESOR:		FECHA:	ESCALA:
ING. ANGEL ROBERTO SIC		2013	1:2000
Vo. Bo. Alexis Olivares Castro Rosales 2003-12450		Vo. Bo. Ing. Angel Sic Asesor	

.....	SIGNIFICADO
P.V.	POZO DE VISITA
CT	COTA DE TERRENO
E	.....
○	POZO DE VISITA
→
↑	NORTE
F	.....
☒	CASA




PLANTA DENSIDAD DE VIVIENDA
 ESCALA 1/2000

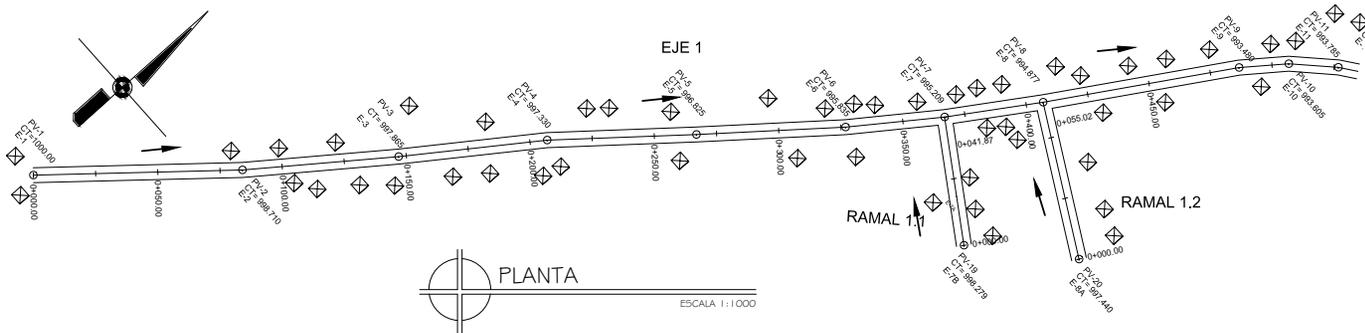


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO



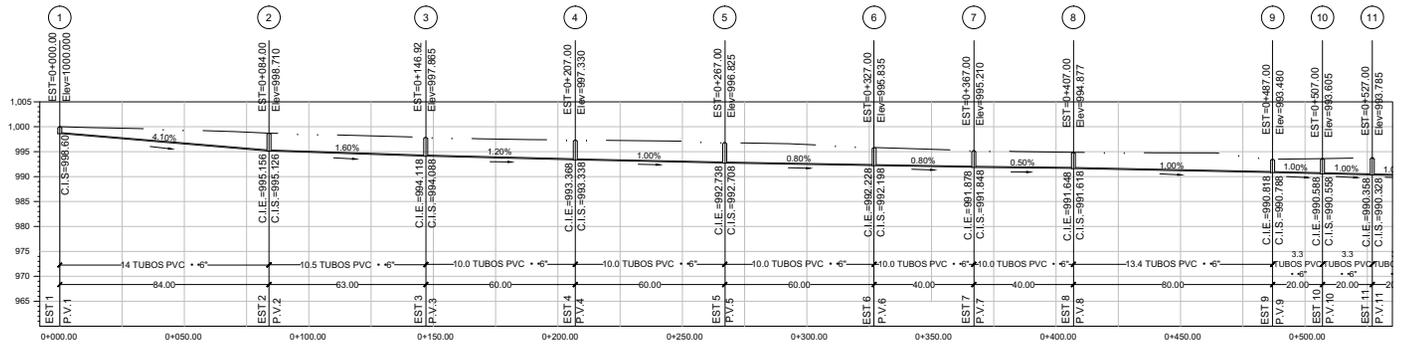
PROYECTO: DRENAJE SANITARIO, BARRIO CIPRESALES
DIRECCION: SAN ANDRÉS SAJACABAJÁ, EL QUICHÉ

CONTIENE: PLANTA-PERFIL EJE 1, RAMAL 1.1, RAMAL 1.2		3 8
DISENO: A.O.C.R.	DIBUJO: A.O.C.R.	CALCULO: A.O.C.R.
ASESOR: ING. ANGEL ROBERTO SIC	FECHA: 2013	ESCALA: HORIZONTAL 1:1000 VERTICAL 1:200
Vo. Bo. Alexis Oliva30 Castro Rosales 2003-2260		Vo. Bo. Ing. Angel Sic Asesor



PLANTA
ESCALA 1:1000

.....	SIGNIFICADO
C.I.S.	COTA INVERT DE SALIDA
C.I.E.	COTA INVERT DE ENTRADA
S. %	.....
P.V.	No. POZO DE VISITA
T.B.	.....
CT.	COTA DEL TERRENO
E. #	.....
A. P.	ALTURA DE POZO DE VISITA
EST	.....
ELEV	.....
NORTE	.....
F	.....
CASA	.....

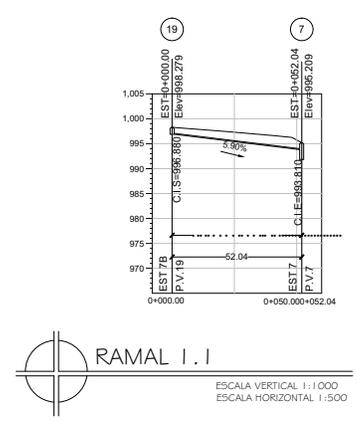


EJE 1
ESCALA VERTICAL 1:1000
ESCALA HORIZONTAL 1:500

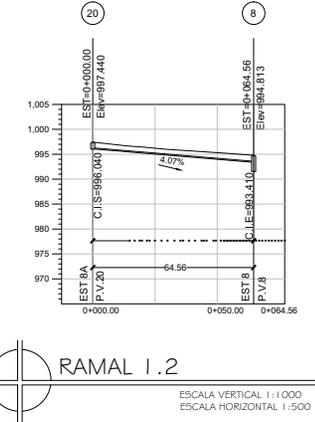
EJE 1															
TRAMO		TERRENO				No. CASAS		DIAMETRO		S (%)		COTAS INVERT		ANCHO DE ZANJA	
POZO DE P.V.	DE P.V.	COTA INICIAL	COTA FINAL	DIST. H (m)	S % TERRENO	LOCAL	ACUMULADO	PULG	TUBO	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	(m)	
1	2	1000.000	998.710	84.00	1.54	3	3	6	4.10	998.600	995.150	1.40	3.55	0.75	
2	3	998.710	997.865	63.00	1.34	6	9	6	1.80	995.126	994.118	3.58	3.75	0.75	
3	4	997.865	997.330	60.00	0.89	5	14	6	1.20	994.068	993.368	3.78	3.86	0.75	
4	5	997.330	996.825	60.00	0.84	5	19	6	1.00	993.338	992.738	3.99	4.09	0.75	
5	6	996.825	995.835	60.00	1.65	5	24	6	0.80	992.708	992.228	4.12	3.61	0.75	
6	7	995.835	995.210	40.00	1.56	8	32	6	0.80	992.198	991.878	3.64	3.33	0.75	
7	8	995.210	994.877	40.00	0.83	10	42	6	0.50	991.848	991.548	3.36	3.23	0.75	
8	9	994.877	993.480	80.00	1.75	6	48	6	1.00	991.618	990.618	3.20	2.66	0.75	
9	10	993.480	993.605	20.00	-0.63	2	50	6	1.00	990.788	990.588	2.69	3.02	0.75	
10	11	993.605	993.785	20.00	-0.90	2	52	6	1.00	990.558	990.358	3.05	3.43	0.75	
11	12	993.785	994.060	20.00	-1.37	3	54	6	1.00	990.328	990.128	3.46	3.93	0.75	

RAMAL 1.1															
TRAMO		TERRENO				No. CASAS		DIAMETRO		S (%)		COTAS INVERT		ANCHO DE ZANJA	
POZO DE P.V.	DE P.V.	COTA INICIAL	COTA FINAL	DIST. H (m)	S % TERRENO	LOCAL	ACUMULADO	PULG	TUBO	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	(m)	
19	7	996.279	995.209	52.04	5.90	4	4	6	5.90	996.88	993.81	1.40	1.40	0.75	

RAMAL 1.2															
TRAMO		TERRENO				No. CASAS		DIAMETRO		S (%)		COTAS INVERT		ANCHO DE ZANJA	
POZO DE P.V.	DE P.V.	COTA INICIAL	COTA FINAL	DIST. H (m)	S % TERRENO	LOCAL	ACUMULADO	PULG	TUBO	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	(m)	
20	8	997.440	994.813	64.56	4.07	3	3	6	4.07	996.04	993.41	1.40	1.40	0.75	



RAMAL 1.1
ESCALA VERTICAL 1:1000
ESCALA HORIZONTAL 1:500



RAMAL 1.2
ESCALA VERTICAL 1:1000
ESCALA HORIZONTAL 1:500

EJE 1

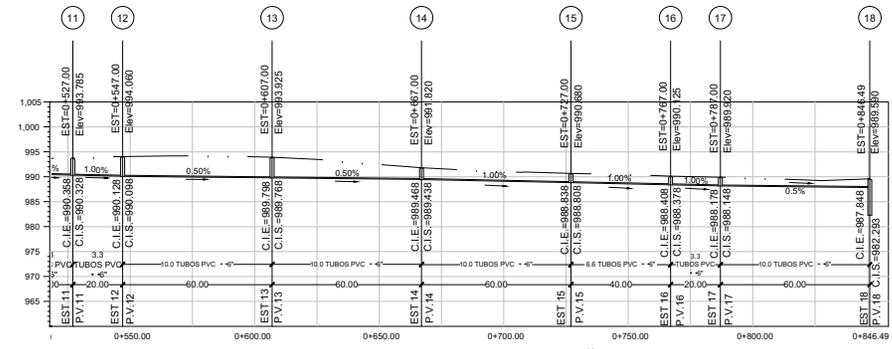
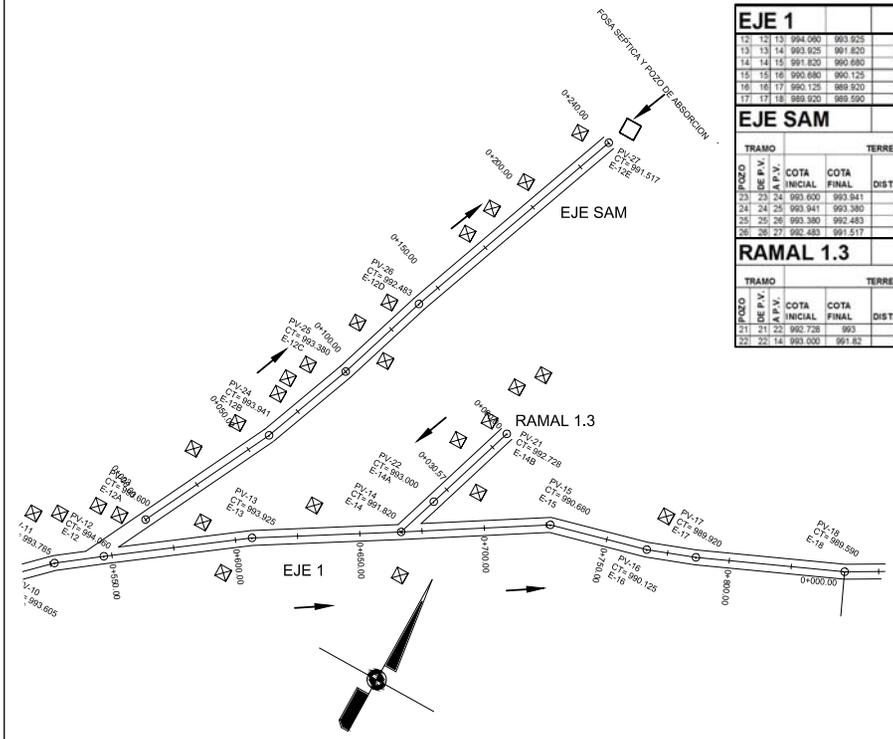
| ESTACION | ESTACION | ESTACION | ESTACION | ESTACION | ESTACION | ESTACION | ESTACION | ESTACION | ESTACION | ESTACION | ESTACION | ESTACION | ESTACION |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 |
| 121 | 121 | 131 | 141 | 151 | 161 | 171 | 181 | 191 | 201 | 211 | 221 | 231 | 241 |
| 994.000 | 994.000 | 993.925 | 993.925 | 993.850 | 993.850 | 993.775 | 993.775 | 993.700 | 993.700 | 993.625 | 993.625 | 993.550 | 993.550 |
| 60.00 | 60.00 | 0.22 | 0.22 | 0.22 | 0.22 | 0.22 | 0.22 | 0.22 | 0.22 | 0.22 | 0.22 | 0.22 | 0.22 |
| 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 58 | 58 | 58 | 58 | 58 | 58 | 58 | 58 | 58 | 58 | 58 | 58 | 58 | 58 |
| 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.50 |
| 990.000 | 990.000 | 989.798 | 989.798 | 989.596 | 989.596 | 989.394 | 989.394 | 989.192 | 989.192 | 988.990 | 988.990 | 988.788 | 988.788 |
| 3.98 | 3.98 | 4.13 | 4.13 | 4.28 | 4.28 | 4.43 | 4.43 | 4.58 | 4.58 | 4.73 | 4.73 | 4.88 | 4.88 |
| 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 |

EJE SAM

TRAMO	TERRENO	No. CASAS	DIAMETRO	S (%)	COTAS INVERT	PROFUNDIDAD DE POZO	ANCHO DE ZANJA						
POZO DE P.V. <td>COTA INICIAL</td> <td>COTA FINAL</td> <td>DIST. H (m)</td> <td>5% TERRENO LOCAL ACUMULADO</td> <td>PULG. TUBO</td> <td>INICIAL FINAL</td> <td>INICIAL FINAL (m)</td>	COTA INICIAL	COTA FINAL	DIST. H (m)	5% TERRENO LOCAL ACUMULADO	PULG. TUBO	INICIAL FINAL	INICIAL FINAL (m)						
23	24	993.600	993.841	60.21	1.00	4	4	992.20	989.73	1.40	4.21	0.75	
24	25	993.841	993.380	50.79	1.41	3	7	2.50	989.70	988.71	4.24	4.67	0.75
25	26	993.380	992.483	40.00	2.24	3	10	2.00	988.68	987.88	4.70	4.61	0.75
26	27	992.483	991.517	50.83	0.97	4	14	1.10	987.85	986.75	4.84	4.77	0.75

RAMAL 1.3

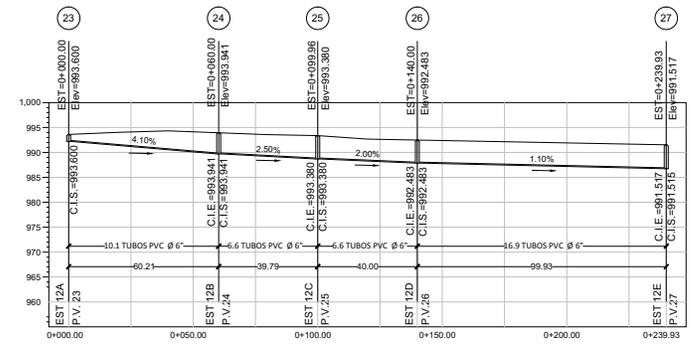
TRAMO	TERRENO	No. CASAS	DIAMETRO	S (%)	COTAS INVERT	PROFUNDIDAD DE POZO	ANCHO DE ZANJA							
POZO DE P.V. <td>COTA INICIAL</td> <td>COTA FINAL</td> <td>DIST. H (m)</td> <td>5% TERRENO LOCAL ACUMULADO</td> <td>PULG. TUBO</td> <td>INICIAL FINAL</td> <td>INICIAL FINAL (m)</td>	COTA INICIAL	COTA FINAL	DIST. H (m)	5% TERRENO LOCAL ACUMULADO	PULG. TUBO	INICIAL FINAL	INICIAL FINAL (m)							
21	22	992.728	993	40.00	1.00	5	5	1.00	991.33	990.93	1.40	2.07	0.75	
22	23	993.000	991.82	27.85	4.24	0	5	6	4.24	990.90	989.72	2.10	2.10	0.75



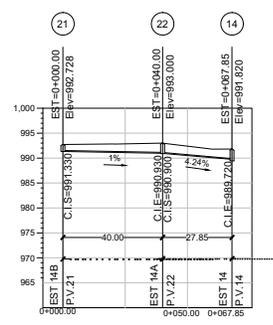

PLANTA
 ESCALA 1:1000

.....
.....
C.I.S.	COTA INVERT DE SALIDA	C.I.E.	COTA INVERT DE ENTRADA	S%	No. POZO DE VISITA	T.B.	C.T.	COTA DEL TERRENO	E-#	A. P.	ALTURA DE POZO DE VISITA	EST	ELEV.
NORTE													
F													
⊠													


EJE 1
 ESCALA VERTICAL 1:1000
 ESCALA HORIZONTAL 1:500




EJE SAM
 ESCALA VERTICAL 1:1000
 ESCALA HORIZONTAL 1:500




RAMAL 1.3
 ESCALA VERTICAL 1:1000
 ESCALA HORIZONTAL 1:500



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

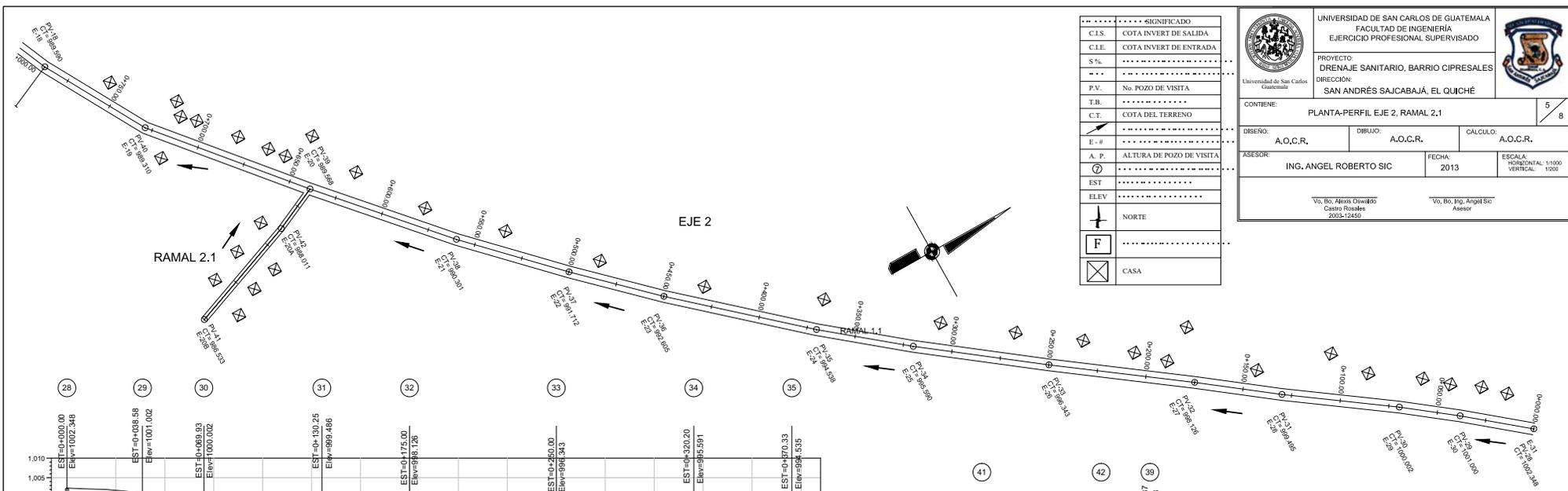


PROYECTO: DRENAJE SANITARIO, BARRIO CIPRESALES
DIRECCIÓN: SAN ANDRÉS SAJCABAJÁ, EL QUICHÉ

CONTIENE: PLANTA-PERFIL EJE 2, RAMAL 2.1

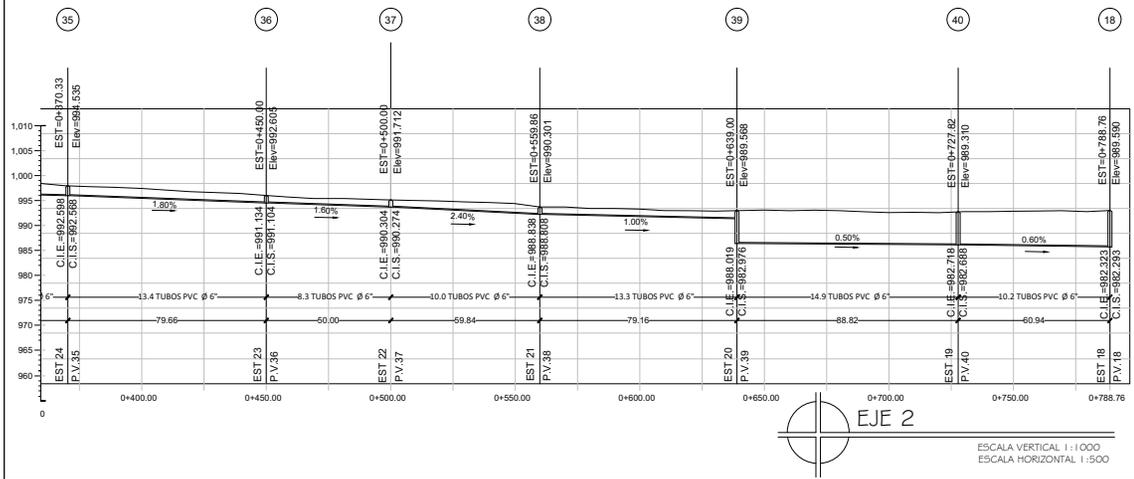
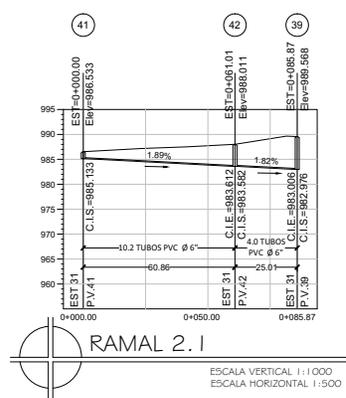
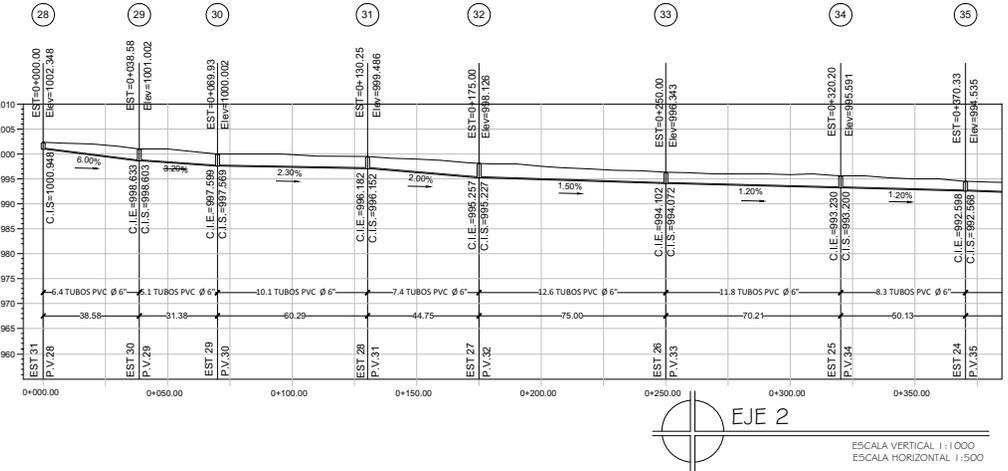
OBSEÑO: A.O.C.R.	DIBUJO: A.O.C.R.	CALCULO: A.O.C.R.
ASESOR: ING. ANGEL ROBERTO SIC	FECHA: 2013	ESCALA: HORIZONTAL 1/1000 VERTICAL 1/200

Vo. Bo. Alexis Olivares Castro Rosales 2003-2240 Vo. Bo. Ing. Angel Sic Asesor



LEGENDA

.....	SIGNIFICADO
C.I.S.	COTA INVERT DE SALIDA
C.I.E	COTA INVERT DE ENTRADA
S. %	.....
.....
P.V.	No. POZO DE VISITA
T.B.	.....
C.T.	COTÁ DEL TERRENO
.....
E. #	.....
A. P.	ALTURA DE POZO DE VISITA
EST	.....
ELEV	.....
NORTE	.....
F	.....
CASA	.....



EJE 2		TERRENO		No. CASAS		DIÁMETRO		S (%)		COTAS INVERT		PROFUNDIDAD DE POZO		ANCHO DE ZANIA	
POZO	TRAMO	INICIAL	FINAL	DIST. H (m)	S (%)	LOCAL	ACUMULADO	PULG	TUBO	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL
28	28	1002.348	1001.000	38.58	3.49	2	2	6	6.00	1000.948	998.633	1.40	2.37	0.75	0.75
29	29	1001.000	1000.002	31.38	3.18	2	4	6	3.20	998.603	997.599	2.40	2.40	0.75	0.75
30	30	1000.002	999.495	60.29	0.84	2	6	6	2.30	997.569	996.162	2.43	3.31	0.75	0.75
31	31	999.495	998.128	44.75	3.08	2	8	6	2.00	998.152	995.227	3.34	2.97	0.75	0.75
32	32	998.128	996.343	75.00	2.38	3	11	6	1.50	995.227	994.102	2.90	2.24	0.75	0.75
33	33	996.343	995.590	70.21	1.07	2	13	6	1.20	994.072	993.230	2.27	2.30	0.75	0.75
34	34	995.590	994.538	90.13	2.10	1	14	6	1.20	993.200	992.599	2.39	1.84	0.75	0.75
35	35	994.538	992.020	78.66	2.43	1	15	6	1.80	992.568	991.134	1.97	1.47	0.75	0.75
36	36	992.020	991.712	50.00	1.79	1	16	6	1.60	991.104	990.304	1.50	1.41	0.75	0.75
37	37	991.712	990.351	59.84	2.36	1	17	6	2.40	990.274	988.838	1.44	1.46	0.75	0.75
38	38	990.351	989.568	78.96	0.83	8	20	6	1.00	988.868	988.019	1.49	1.55	0.75	0.75
39	39	989.568	989.310	88.62	0.29	9	34	6	0.30	982.976	982.718	6.58	6.59	0.75	0.75
40	40	989.310	989.59	60.95	1.00	1	35	6	0.60	982.688	982.323	6.62	7.27	0.75	0.75

RAMAL 2.1		TERRENO		No. CASAS		DIÁMETRO		S (%)		COTAS INVERT		PROFUNDIDAD DE POZO		ANCHO DE ZANIA	
POZO	TRAMO	INICIAL	FINAL	DIST. H (m)	S (%)	LOCAL	ACUMULADO	PULG	TUBO	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL
41	41	986.533	985.011	60.86	1.00	6	6	6	2.50	985.133	983.612	1.40	4.40	0.75	0.75
42	42	985.011	989.568	25.01	1.00	9	8	6	2.30	983.582	983.006	4.43	6.56	0.75	0.75

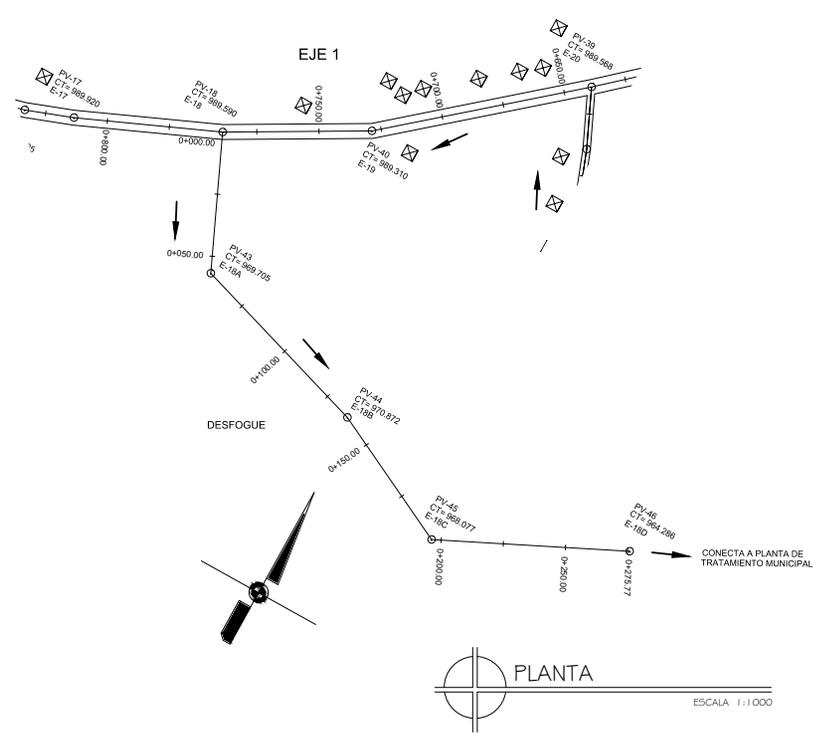


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO



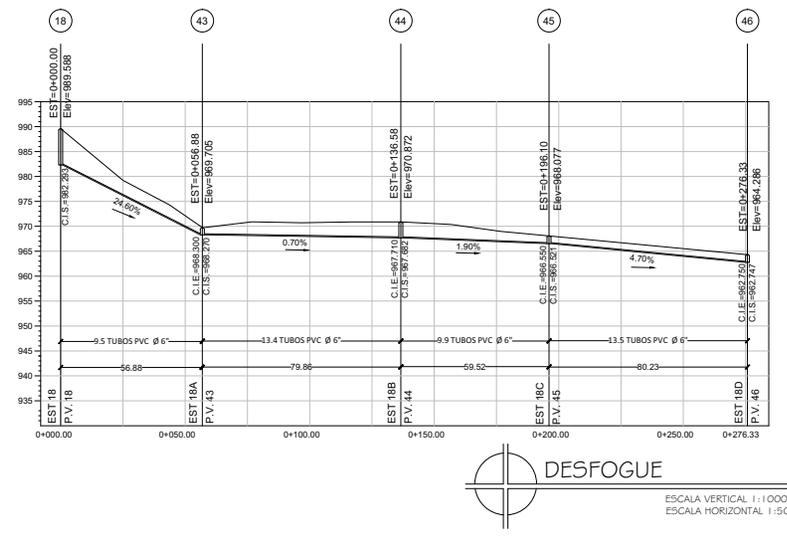
PROYECTO: DRENAJE SANITARIO, BARRIO CIPRESALES
DIRECCIÓN: SAN ANDRÉS SAJUCABAJÁ, EL QUICHÉ

CONTIENE: PLANTA-PERFIL DESFOGUE			6 8
DISÑO: A.O.C.R.	DIBUJO: A.O.C.R.	CALCULO: A.O.C.R.	
ASESOR: ING. ANGEL ROBERTO SIC	FECHA: 2013	ESCALA: HORIZONTAL: 1/1000 VERTICAL: 1/200	
Vo. Bo. Alexis Olivares Castro Rosales 2003-2260		Vo. Bo. Ing. Angel Sic Asesor	

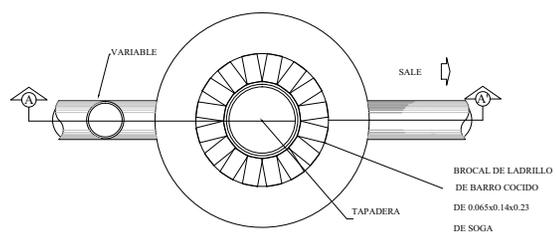


-----	-----	SIGNIFICADO
C.I.S.	COTA INVERT DE SALIDA	
C.I.E.	COTA INVERT DE ENTRADA	
S %		
-----	-----	
P.V.	No. POZO DE VISITA	
T.B.		
C.T.	COTA DEL TERRENO	
-----	-----	
E-#		
A. P.	ALTURA DE POZO DE VISITA	
⊕		
EST		
ELEV		
↑		NORTE
F		
⊗		CASA

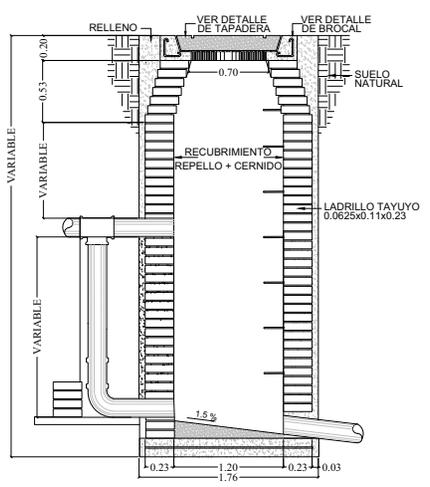
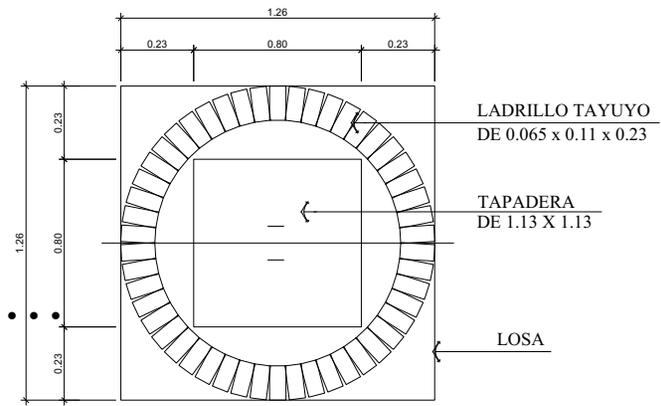
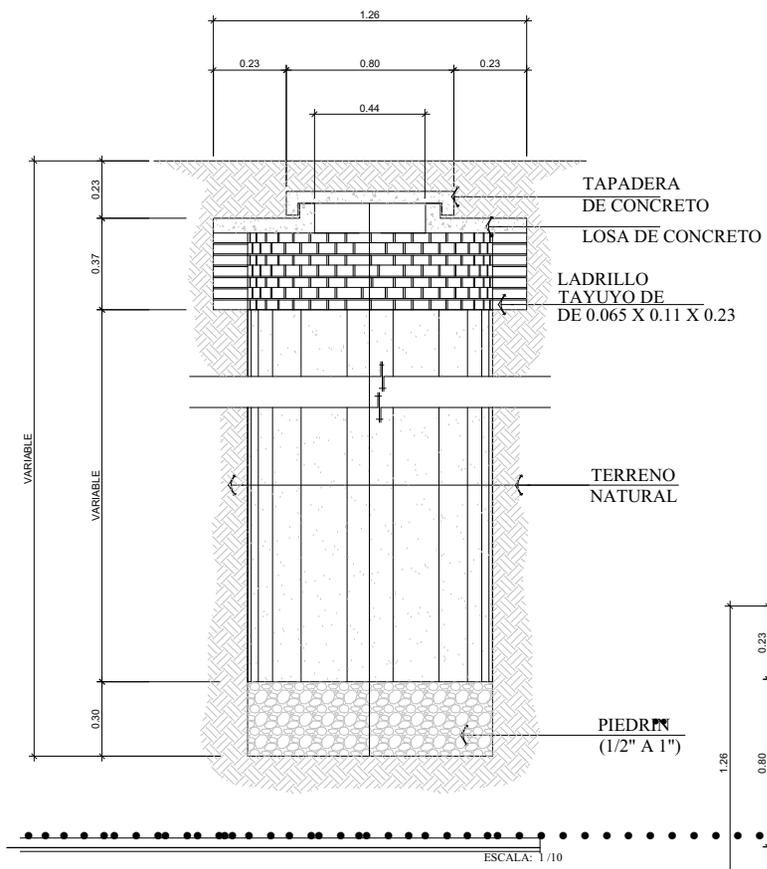
DESFOGUE																
POZO	TRAMO	TERRENO				No. CASAS		DIAMETRO		S (%)		COTAS INVERT		PROFUNDIDAD DE POZO		ANCHO DE ZANJA (m)
		INICIAL	FINAL	DIST. H (m)	S (%)	LOCAL	ACUMULADO	PULG	TUBO	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL			
18	18-43	989.588	969.705	56.88	34.90	0	98	6	24.60	982.293	968.30	7.30	1.40	0.75		
43	43-44	969.705	970.872	79.70	-1.46	0	98	6	0.70	968.270	967.71	1.43	3.16	0.75		
44	44-45	970.872	968.077	59.52	4.70	0	98	8	1.90	967.682	966.55	3.19	1.53	0.75		
45	45-46	968.077	964.288	80.23	4.73	0	98	6	4.70	966.531	962.75	1.56	1.54	0.75		



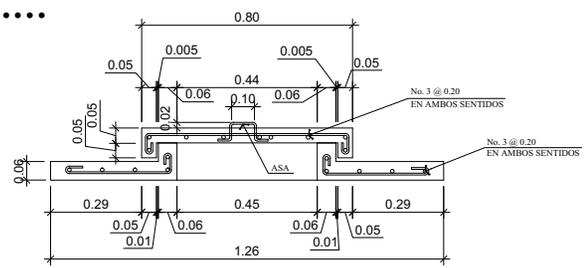
 Universidad de San Carlos Guatemala	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	 Colegio de Ingenieros de Guatemala
	PROYECTO: DRENAJE SANITARIO, BARRIO CIPRESALES DIRECCIÓN: SAN ANDRÉS SAJACABAJÁ, EL QUICHÉ	
CONTIENE: DETALLES DE POZO DE VISITA Y CAJA DE REGISTRO		8 8
DISEÑO: A.O.C.R.	DIBUJO: A.O.C.R.	CALCULO: A.O.C.R.
ASESOR: ING. ANGEL ROBERTO SIC		FECHA: 2013
		ESCALA: INDICADA
Vo. Bo. Alexis Olivares Castro Rosales 2003-12450		Vo. Bo. Ing. Angel Sic Asesor



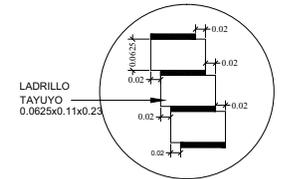
PLANTA POZO DE VISITA 2 Y 3
 ESCALA: 1/100



ESCALA: 1/20



ESCALA: 1/10



DETALLE DE BROCAL
 ESCALA: 1/3

ESCALA: 1/10

EJE 1

TRAMO	TERRENO				No. CASAS		HABITANTES A SERVIR		FACTOR DE HARMOND		CAUDAL DE DISEÑO		DIÁMETRO		SECCIÓN LLENA		RELACIONES HIDRÁULICAS ACTUALES				RELACIONES HIDRÁULICAS FUTURAS				V (m/s) DE DISEÑO		COTAS INVERT		PROFUNDIDAD DE POZO		ANCHO DE ZANJA		EXCAVACIÓN		
	BE P.V.	ME P.V.	FE P.V.	FIN P.V.	COTA INICIAL	COTA FINAL	DIST. H (m)	S % TERRENO	LOCAL	ACUMULADO	ACTUAL	FUTURO	ACTUAL	FUTURO	ACTUAL	FUTURO	PULG	TUBO	V (m/s)	Q (l/s)	q/Q comparación	q/Q utilizado según tabla	v/v	d/d	q/Q comparación	q/Q utilizado según tabla	v/v	d/d	ACTUAL	FUTURA	INICIAL	FINAL		INICIAL	FINAL	(m)	(m^{3})
1	1	2	1000.000	998.710	84.00	1.54	3	24	72	4.37	4.28	0.21	0.62	6	4.10	2.29	41.82	0.005015	0.005009	0.260223	0.051000	0.014807	0.014459	0.359039	0.084	0.60	0.82	998.600	995.156	1.40	3.56	0.6	124.84		
2	3	998.710	997.865	63.00	1.34	6	9	72	217	4.28	4.13	0.62	1.79	6	1.80	1.43	26.12	0.023591	0.02313	0.413727	0.105000	0.068707	0.068298	0.571638	0.177	0.60	0.82	995.126	994.118	3.58	3.75	0.6	138.56		
3	4	997.865	997.330	60.00	0.89	5	14	112	338	4.23	4.06	0.95	2.74	6	1.20	1.24	22.62	0.041877	0.041523	0.493076	0.139000	0.121059	0.120091	0.674473	0.234	0.61	0.84	994.088	993.368	3.78	3.86	0.6	139.30		
4	5	997.330	996.825	60.00	0.84	5	19	152	458	4.19	3.99	1.27	3.66	6	1.00	1.13	20.65	0.061660	0.061377	0.553851	0.168000	0.177197	0.176041	0.752984	0.284	0.63	0.85	993.338	992.738	3.99	4.09	0.6	145.42		
5	6	996.825	995.835	60.00	1.65	5	24	192	579	4.15	3.94	1.80	4.56	6	0.80	1.01	18.47	0.086358	0.085906	0.611394	0.198000	0.246942	0.246149	0.827661	0.338	0.62	0.84	992.708	992.228	4.12	3.61	0.6	139.03		
6	7	995.835	995.210	40.00	1.56	8	32	256	772	4.11	3.87	2.10	5.97	6	0.80	1.01	18.47	0.113829	0.113515	0.66267	0.227000	0.323328	0.32321	0.892047	0.391	0.67	0.90	992.198	991.878	3.64	3.33	0.6	83.63		
7	8	995.210	994.877	40.00	0.83	10	42	336	1040	4.06	3.80	2.73	7.89	6	0.50	0.80	14.60	0.186679	0.185828	0.764672	0.252000	0.526615	0.525558	1.012449	0.515	0.61	0.81	991.848	991.648	3.36	3.21	0.6	79.08		
8	9	994.877	993.480	80.00	1.75	6	48	384	1158	4.03	3.76	3.10	8.70	6	1.00	1.13	20.65	0.149874	0.149158	0.718079	0.261000	0.421277	0.419804	0.95632	0.452	0.81	1.08	991.618	990.818	3.26	2.86	0.6	142.10		
9	10	993.480	993.005	20.00	-0.63	2	50	400	1206	4.02	3.75	3.22	9.03	6	1.00	1.13	20.65	0.155795	0.154584	0.725938	0.268000	0.431428	0.430286	0.965969	0.462	0.82	1.09	990.768	990.588	2.69	3.02	0.6	34.25		
10	11	993.005	993.785	20.00	-0.90	2	52	416	1254	4.01	3.73	3.34	9.97	6	1.00	1.13	20.65	0.161699	0.160613	0.733488	0.139000	0.453510	0.452869	0.973238	0.472	0.83	1.10	990.558	990.338	3.05	3.43	0.6	38.84		
11	12	993.785	994.060	20.00	-1.37	2	54	432	1302	4.01	3.72	3.46	9.70	6	1.00	1.13	20.65	0.167585	0.166477	0.741066	0.276000	0.469522	0.468793	0.983415	0.481	0.84	1.11	990.328	990.128	3.46	3.93	0.6	44.33		
12	13	994.060	993.925	60.00	0.22	2	56	448	1351	4.00	3.71	3.58	10.03	6	0.50	0.80	14.60	0.245303	0.244768	0.826365	0.337000	0.686552	0.68553	1.077144	0.608	0.66	0.86	989.988	989.798	3.96	4.13	0.6	145.60		
13	14	993.925	991.820	60.00	3.81	3	69	472	1423	3.99	3.70	3.76	10.52	6	0.50	0.80	14.60	0.257172	0.257297	0.83762	0.348000	0.720206	0.719825	1.089249	0.628	0.67	0.87	989.768	989.468	4.16	2.35	0.6	117.16		
14	15	991.820	990.680	60.00	1.90	5	64	512	1543	3.97	3.67	4.06	11.33	6	1.00	1.13	20.65	0.196778	0.195831	0.776135	0.300000	0.548615	0.547836	1.022783	0.528	0.88	1.16	989.438	988.338	2.38	1.84	0.6	76.03		
15	16	990.680	990.125	40.00	1.39	0	64	512	1543	3.97	3.67	4.06	11.33	6	1.00	1.13	20.65	0.196778	0.195831	0.776135	0.300000	0.548615	0.547836	1.022783	0.528	0.88	1.16	988.908	988.408	1.87	1.72	0.6	43.07		
16	17	990.125	989.920	20.00	1.03	1	65	520	1568	3.97	3.67	4.12	11.49	6	1.00	1.13	20.65	0.199878	0.199837	0.780377	0.303000	0.558440	0.558428	1.028646	0.533	0.88	1.16	988.378	988.178	1.75	1.74	0.6	20.93		
17	18	989.920	989.590	60.00	0.55	0	65	520	1568	3.97	3.67	4.12	11.49	6	0.50	0.80	14.60	0.282385	0.281581	0.859507	0.363000	0.789892	0.789599	1.107424	0.668	0.69	0.89	988.148	987.848	1.77	1.74	0.6	63.25		

RAMAL 1.1

TRAMO	TERRENO				No. CASAS		HABITANTES A SERVIR		FACTOR DE HARMOND		CAUDAL DE DISEÑO		DIÁMETRO		SECCIÓN LLENA		RELACIONES HIDRÁULICAS ACTUALES				RELACIONES HIDRÁULICAS FUTURAS				V (m/s) DE DISEÑO		COTAS INVERT		PROFUNDIDAD DE POZO		ANCHO DE ZANJA		EXCAVACIÓN		
	BE P.V.	ME P.V.	FE P.V.	FIN P.V.	COTA INICIAL	COTA FINAL	DIST. H (m)	S % TERRENO	LOCAL	ACUMULADO	ACTUAL	FUTURO	ACTUAL	FUTURO	ACTUAL	FUTURO	PULG	TUBO	V (m/s)	Q (l/s)	q/Q comparación	q/Q utilizado según tabla	v/v	d/d	q/Q comparación	q/Q utilizado según tabla	v/v	d/d	ACTUAL	FUTURA	INICIAL	FINAL		INICIAL	FINAL	(m)	(m^{3})
19	19	7	995.278	995.209	52.04	5.90	4	4	32	96	4.35	4.25	0.28	0.82	6	5.90	2.75	50.16	0.005500	0.005438	0.26681	0.053000	0.016337	0.016336	0.372532	0.089	0.73	1.02	996.88	993.81	1.40	1.40	0.6	43.71	

RAMAL 1.2

TRAMO	TERRENO				No. CASAS		HABITANTES A SERVIR		FACTOR DE HARMOND		CAUDAL DE DISEÑO		DIÁMETRO		SECCIÓN LLENA		RELACIONES HIDRÁULICAS ACTUALES				RELACIONES HIDRÁULICAS FUTURAS				V (m/s) DE DISEÑO		COTAS INVERT		PROFUNDIDAD DE POZO		ANCHO DE ZANJA		EXCAVACIÓN		
	BE P.V.	ME P.V.	FE P.V.	FIN P.V.	COTA INICIAL	COTA FINAL	DIST. H (m)	S % TERRENO	LOCAL	ACUMULADO	ACTUAL	FUTURO	ACTUAL	FUTURO	ACTUAL	FUTURO	PULG	TUBO	V (m/s)	Q (l/s)	q/Q comparación	q/Q utilizado según tabla	v/v	d/d	q/Q comparación	q/Q utilizado según tabla	v/v	d/d	ACTUAL	FUTURA	INICIAL	FINAL		INICIAL	FINAL	(m)	(m^{3})
20	20	12	997.440	994.813	64.56	4.07	3	24	72	4.37	4.28	0.21	0.62	6	4.07	2.28	41.66	0.016785	0.016785	0.376193	0.099000	0.048281	0.048281	0.518904	0.151	0.60	0.72	996.04	993.83	1.40	2.07	0.6	81.67		

RAMAL 1.3

TRAMO	TERRENO				No. CASAS		HABITANTES A SERVIR		FACTOR DE HARMOND		CAUDAL DE DISEÑO		DIÁMETRO		SECCIÓN LLENA		RELACIONES HIDRÁULICAS ACTUALES				RELACIONES HIDRÁULICAS FUTURAS				V (m/s) DE DISEÑO		COTAS INVERT		PROFUNDIDAD DE POZO		ANCHO DE ZANJA		EXCAVACIÓN		
	BE P.V.	ME P.V.	FE P.V.	FIN P.V.	COTA INICIAL	COTA FINAL	DIST. H (m)	S % TERRENO	LOCAL	ACUMULADO	ACTUAL	FUTURO	ACTUAL	FUTURO	ACTUAL	FUTURO	PULG	TUBO	V (m/s)	Q (l/s)	q/Q comparación	q/Q utilizado según tabla	v/v	d/d	q/Q comparación	q/Q utilizado según tabla	v/v	d/d	ACTUAL	FUTURA	INICIAL	FINAL		INICIAL	FINAL	(m)	(m^{3})
21	21	12	992.728	993	40.00	1.00	5	40	121	4.33	4.22	0.35	1.02	6	1.00	1.13	20.65	0.016785	0.016785	0.376193	0.099000	0.048281	0.048281	0.518904	0.151	0.60	0.72	996.04	993.83	1.40	2.07	0.6	81.67		
22	22	14	993.000	991.82	27.85	4.24	0	5	40	4.33	4.22	0.35	1.02	6	4.24	2.33	42.51	0.008154	0.008126	0.301478	0.064000	0.023942	0.023942	0.41621	0.106	0.70	0.97	990.90	989.72	2.10	2.10	0.6	35.12		

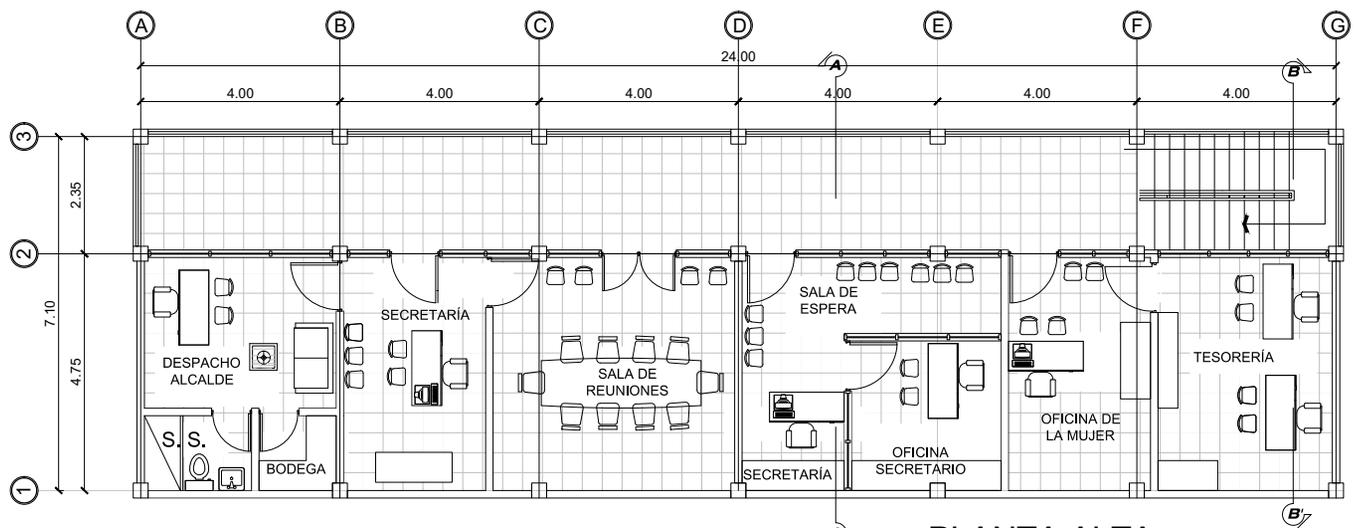
EJE 2

TRAMO	TERRENO				No. CASAS		HABITANTES A SERVIR		FACTOR DE HARMOND		CAUDAL DE DISEÑO		DIÁMETRO		SECCIÓN LLENA		RELACIONES HIDRÁULICAS ACTUALES				RELACIONES HIDRÁULICAS FUTURAS				V (m/s) DE DISEÑO		COTAS INVERT		PROFUNDIDAD DE POZO		ANCHO DE ZANJA		EXCAVACIÓN		
	BE P.V.	ME P.V.	FE P.V.	FIN P.V.	COTA INICIAL	COTA FINAL	DIST. H (m)	S % TERRENO	LOCAL	ACUMULADO	ACTUAL	FUTURO	ACTUAL	FUTURO	ACTUAL	FUTURO	PULG	TUBO	V (m/s)	Q (l/s)	q/Q comparación	q/Q utilizado según tabla	v/v	d/d	q/Q comparación	q/Q utilizado según tabla	v/v	d/d	ACTUAL	FUTURA	INICIAL	FINAL		INICIAL	FINAL	(m)	(m^{3})
23	23	26	993.830	992.483	40.00	2.24	3	10	80	4.27	4.12	0.68	1.99	6	2.00	1.80	29.21	0.023384	0.02313	0.413727	0.105000	0.067991	0.067511	0.569685	0.176	0.66	0.91	988.68	987.88	4.70	4.61	0.6	111.72		
24	24	25	993.830	991.517	99.93	0.97	4	14	112	4.23	4.08	0.96	2.74	6	1.10	1.19	21.66	0.043740	0.043401	0.499623	0.142000	0.126442	0.126442	0.684422	0.234	0.60	0.81	988.58	986.75	4.64	4.77	0.6	281.98		

EJE 2

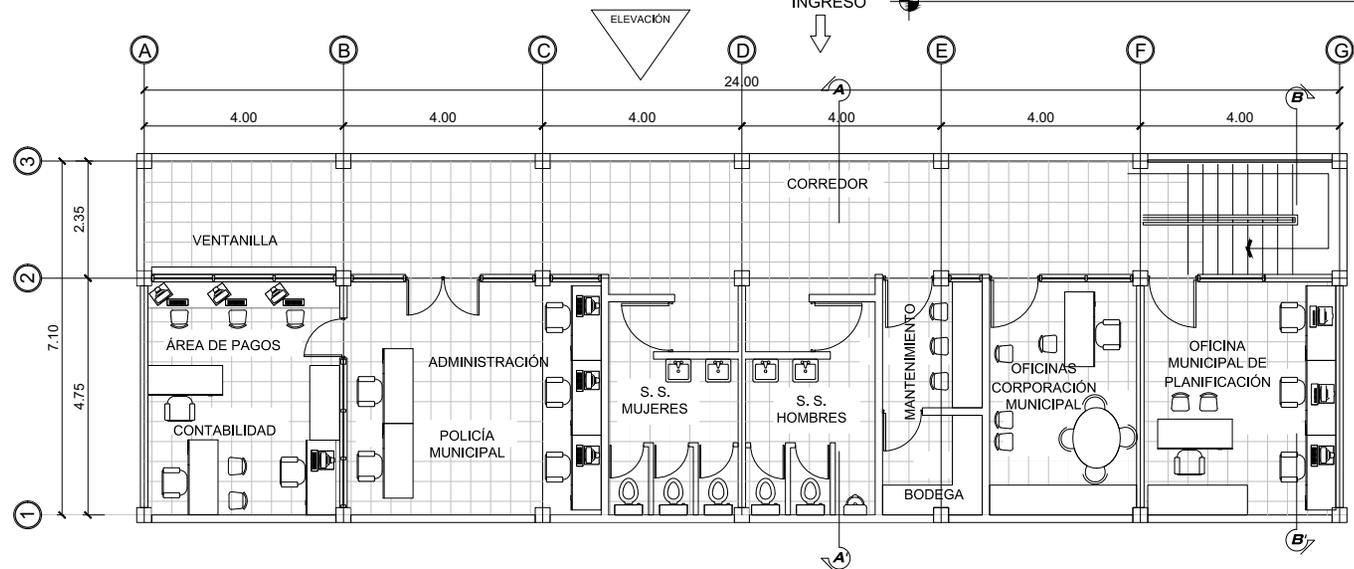
TRAMO	TERRENO				No. CASAS		HABITANTES A SERVIR		FACTOR DE HARMOND		CAUDAL DE DISEÑO		DIÁMETRO		SECCIÓN LLENA		RELACIONES HIDRÁULICAS ACTUALES				RELACIONES HIDRÁULICAS FUTURAS				V (m/s) DE DISEÑO		COTAS INVERT	
-------	---------	--	--	--	-----------	--	---------------------	--	-------------------	--	------------------	--	----------	--	---------------	--	---------------------------------	--	--	--	--------------------------------	--	--	--	-------------------	--	--------------	--

 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		
		PROYECTO: EDIFICIO MUNICIPAL DIRECCION: SAN ANDRÉS SAJ CABAJÁ, EL QUICHÉ
CONTIENE: PLANTA AMUEBLADA		
DISEÑO: A.O.C.R.	DIBUJO: A.O.C.R.	CALCULO: A.O.C.R.
ASESOR: ING. ANGEL ROBERTO SIC	FECHA: 2013	ESCALA: PÁGADA
Vo. Bo. Alexis Oswaldo Castro Rosales 2003-12450		Vo. Bo. Ing. Angel Sic Asesor
		01 13



PLANTA ALTA

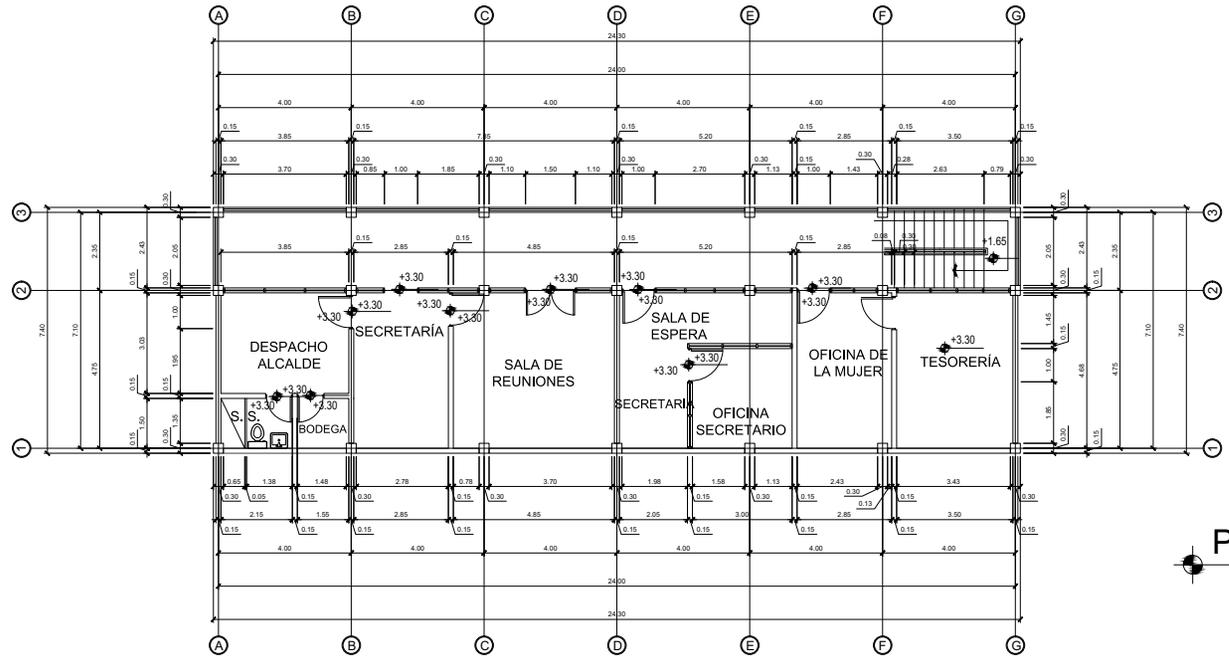
ESCALA 1:50



PLANTA BAJA

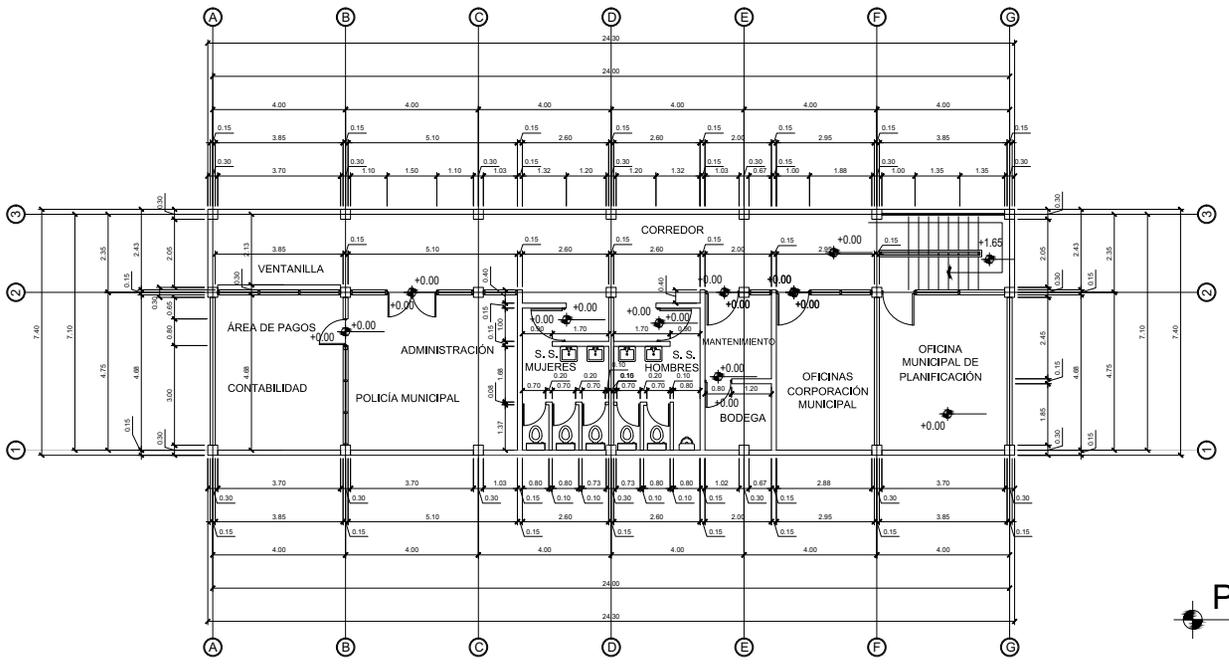
ESCALA 1:50

 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	 PROYECTO: EDIFICIO MUNICIPAL DIRECCION: SAN ANDRÉS SAJ CABAJÁ, EL QUICHÉ	
		CONTIENE: PLANTA ACOTADA
DISEÑO: A.O.C.R.	DIBUJO: A.O.C.R.	CALCULO: A.O.C.R.
ASESOR: ING. ANGEL ROBERTO SIC	FECHA: 2013	ESCALA: PÁGADA
Vo. Bo. Alexis Ojuelito Castro Rosales 2003-12450		Vo. Bo. Ing. Angel Sic Asesor



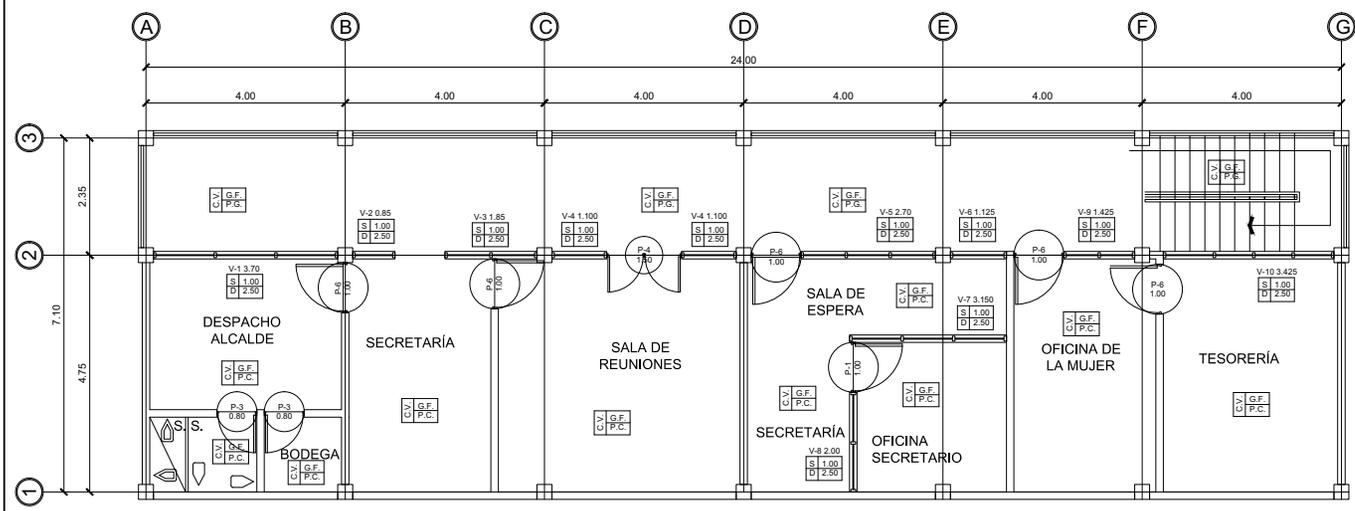
PLANTA ALTA

ESCALA 1:75



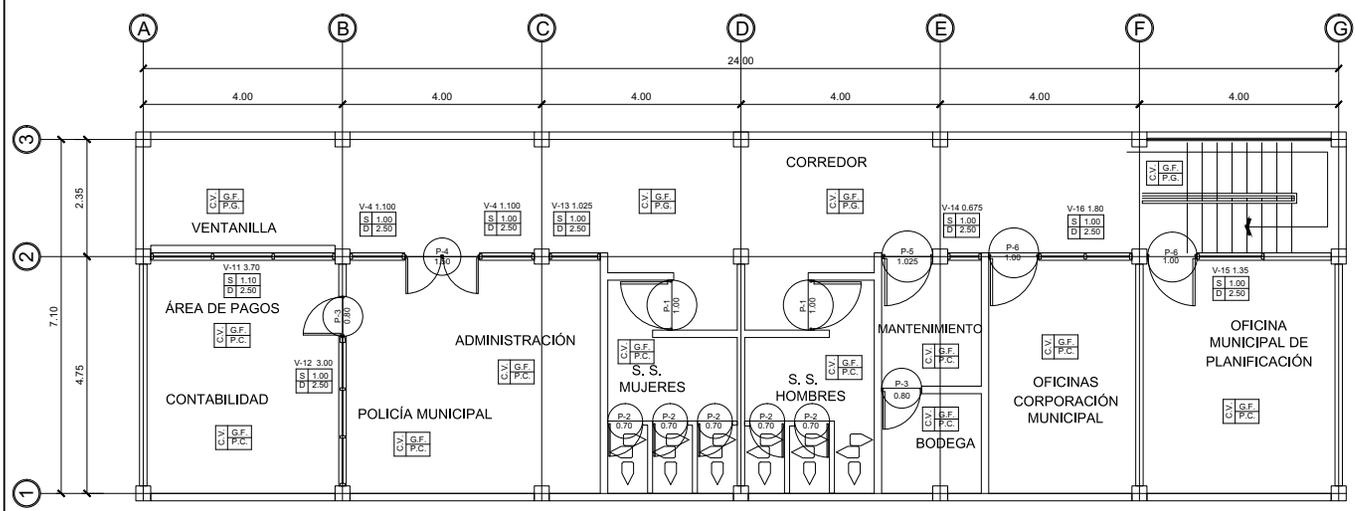
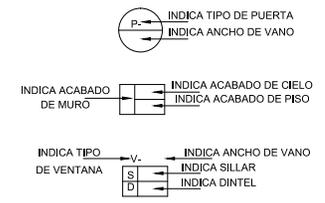
PLANTA BAJA

ESCALA 1:70



PLANTA ALTA

ESCALA 1:50

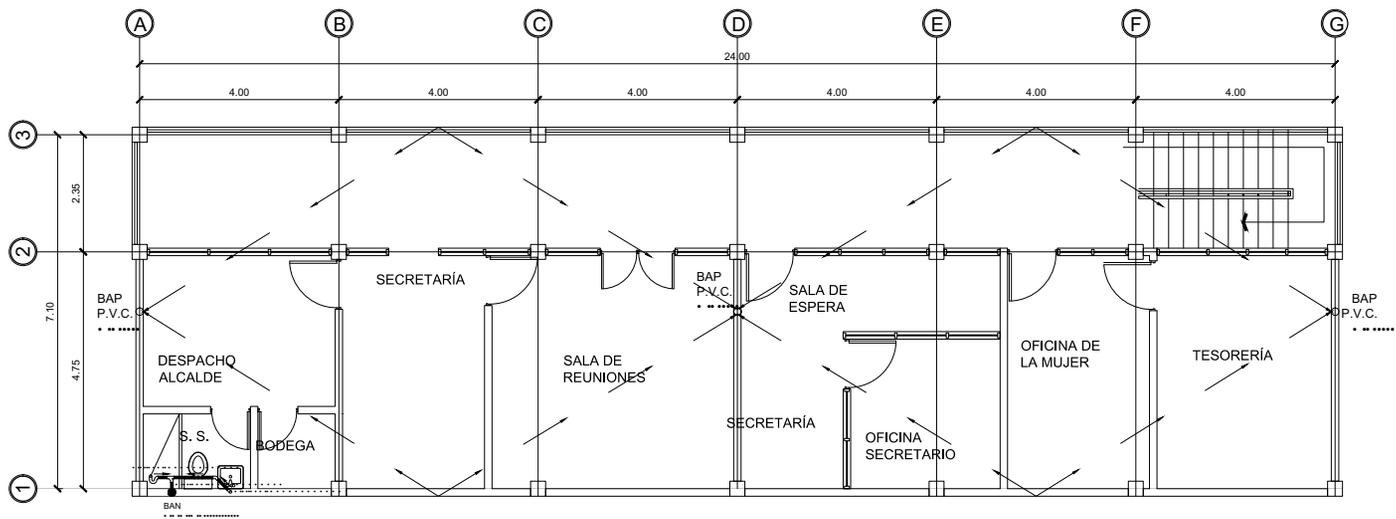


PLANTA BAJA

ESCALA 1:50

SIMBOLOGÍA	
	AZULEJO DE NIVEL 0.00 A 1.20 DE 0.20x0.20
	AZULEJO DE NIVEL 0.00 A 1.80 DE 0.20x0.20
	C.V. CERNIDO VERTICAL
	G.F. GRANCEADO FINO
	P.C. PISO CERÁMICO
	P.G. PISO GRANITO
	P.A. PISO ANTIDESLIZANTE

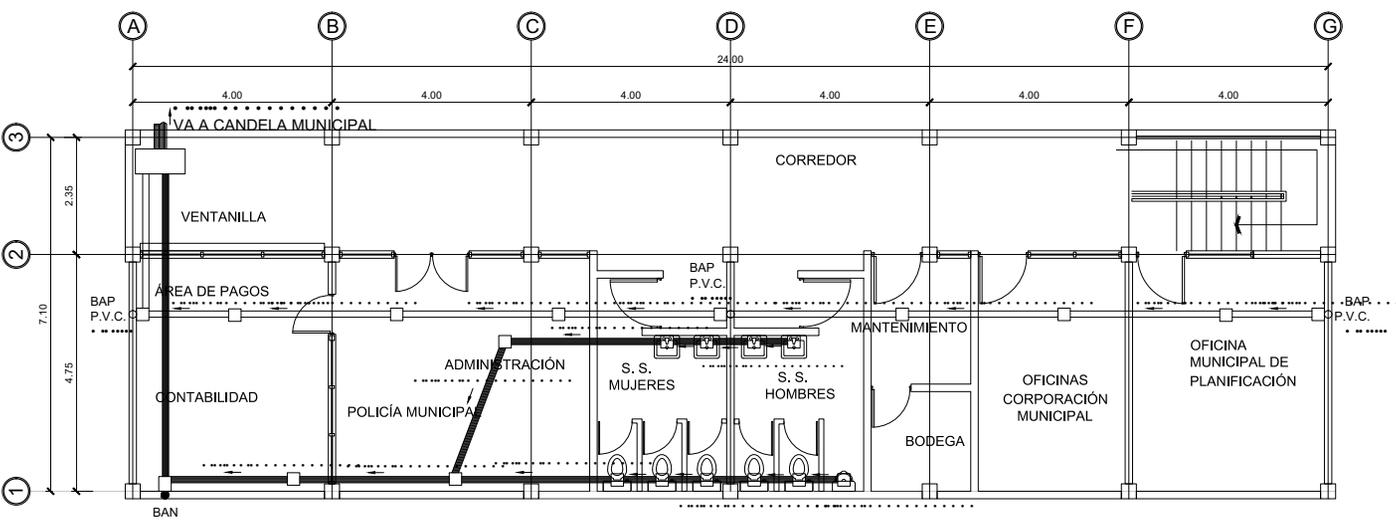
 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	PROYECTO: EDIFICIO MUNICIPAL		 DIRECCION: SAN ANDRÉS SAJ CABAJÁ, EL QUICHÉ
	DISEÑO: A.O.C.R.		
CONTENIENE: PLANTA DE DRENAJES			CALCULO: A.O.C.R.
ASESOR: ING. ANGEL ROBERTO SIC		FECHA: 2013	ESCALA: PLACADA
Vo. Bo. Alexis Ojuelito Castro Rosales 2003-12450		Vo. Bo. Ing. Angel Sic Asesor	
			04 13



PLANTA ALTA

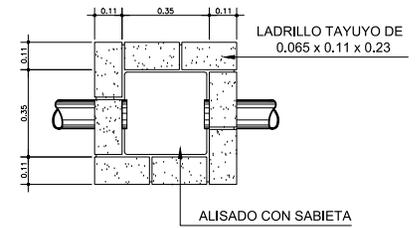
ESCALA 1:50

SIMBOLOGIA	
	TUBERIA DE AGUAS NEGRAS
	TUBERIA AGUA PLUVIAL
	BAJADA AGUAS PLUVIALES
	BAJADA AGUAS NEGRAS
	CAJA DE UNION O REGISTRO
	CODO SANITARIO A 45°
	% PORCENTAJE DE PENDIENTE
	SIFON SANITARIO
	TEE SANITARIA VERTICAL
	TUBO DE CONCRETO
	TUBO DE PLASTICO
	TEE SANITARIA HORIZONTAL
	DIAMETRO DE TUBERIA
	DIRECCION DEL FLUJO



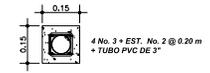
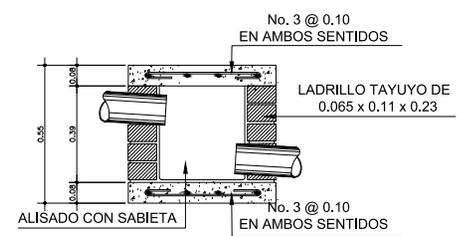
PLANTA BAJA

ESCALA 1:50



PLANTA CAJA UNION

ESCALA. 1:10

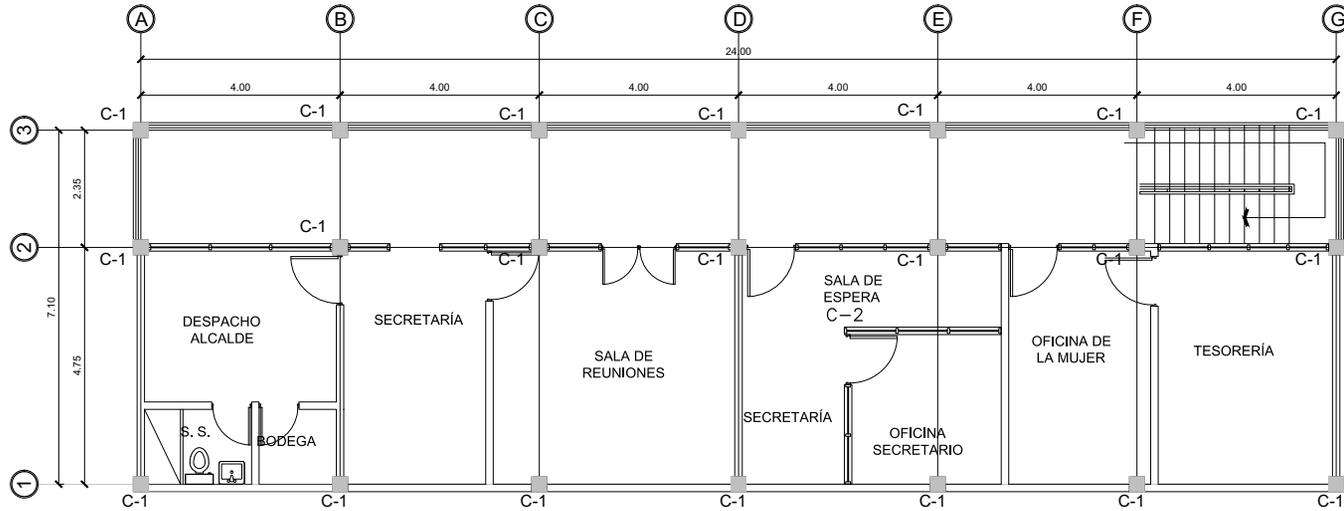


DETALLE COLUMNA B.A.P.
ESCALA: 1:10

SECCIÓN

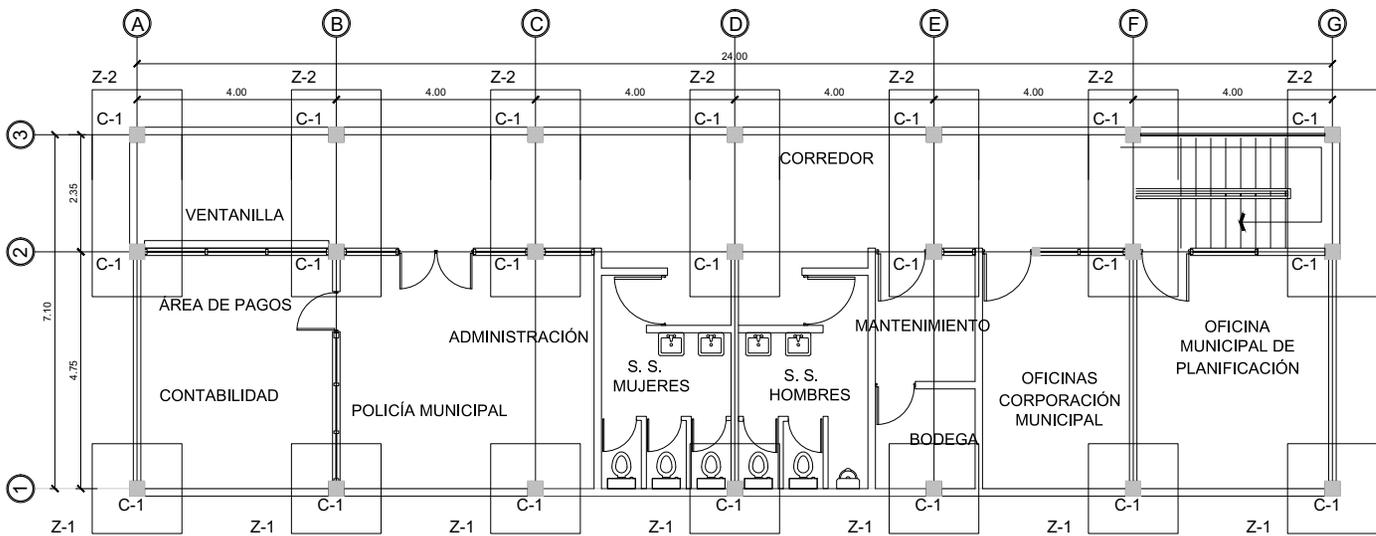
ESCALA. 1:10

 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	PROYECTO: EDIFICIO MUNICIPAL		 DIRECCION: SAN ANDRÉS SAJCABAJÁ, EL QUICHÉ
	CONTIENE: PLANTA DE CIMENTACION Y COLUMNAS		
DISEÑO: A.O.C.R.	DIBUJO: A.O.C.R.	CALCULO: A.O.C.R.	
ASESOR: ING. ANGEL ROBERTO SIC		FECHA: 2013	ESCALA: PIRCADADA
Vo. Bo. Alexis Oswaldo Castro Rosales 2003-12450		Vo. Bo. Ing. Angel Sic Asesor	
			05 13



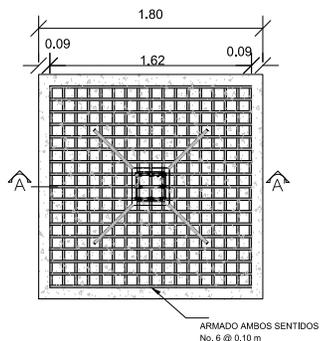
PLANTA ALTA

ESCALA 1:50

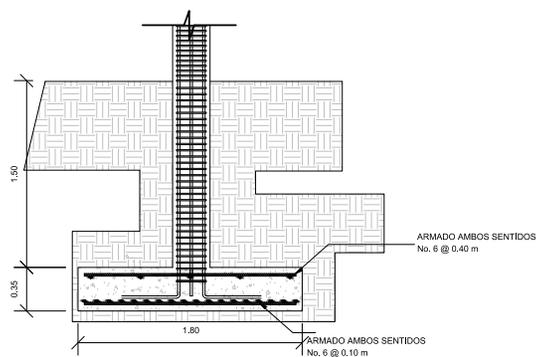


PLANTA BAJA

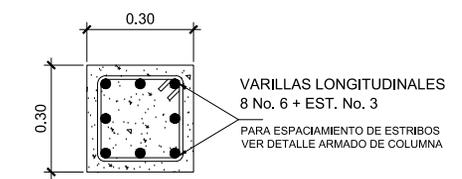
ESCALA 1:50



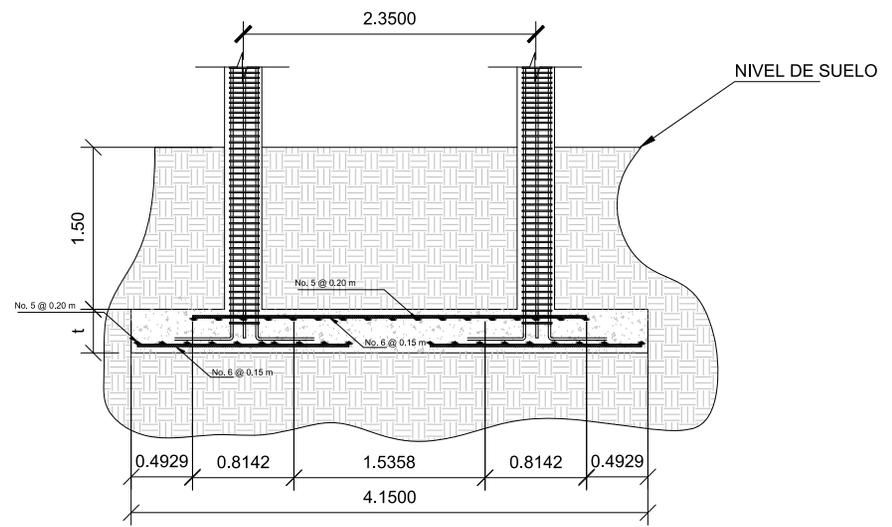
DETALLE ARMADO ZAPATA
 ESCALA. 1:100



SECCIÓN A-A
 ESCALA. 1:100

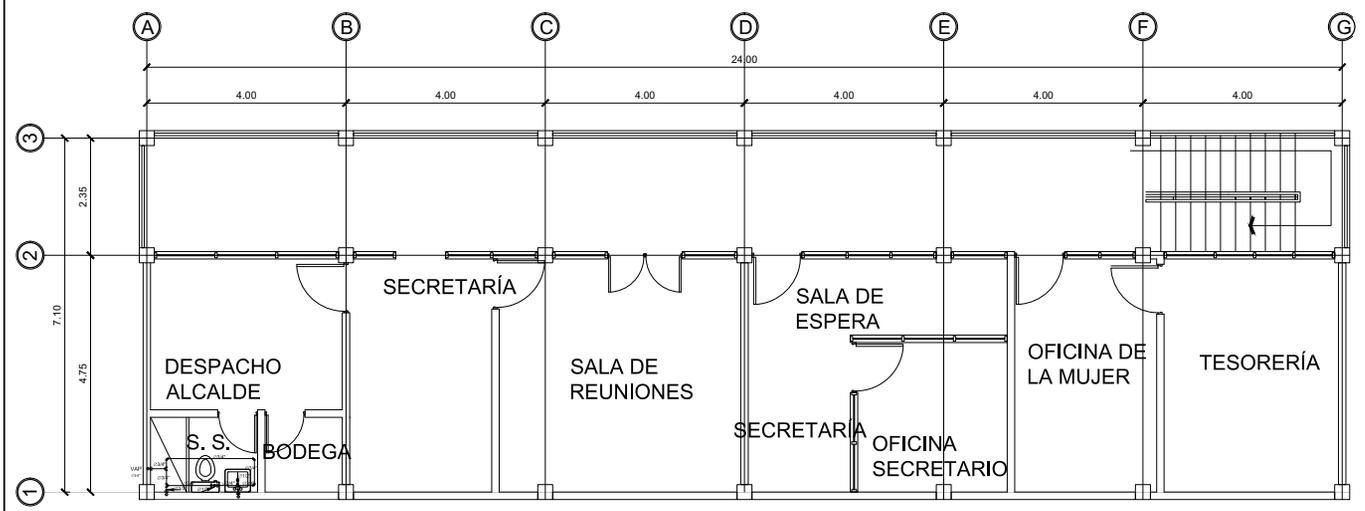


DETALLE COLUMNA C-1
 SIN ESCALA



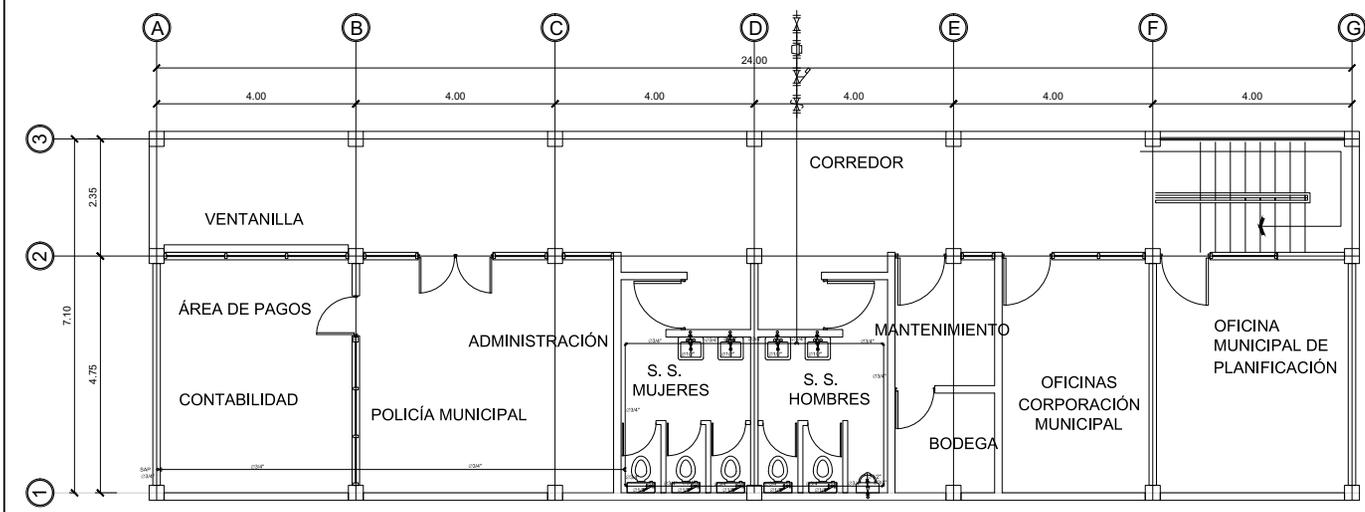
ARMADO DE ZAPATA COMBINADA
 ESCALA. 1:100

 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	PROYECTO: EDIFICIO MUNICIPAL		 DIRECCION: SAN ANDRÉS SAJ CABAJÁ, EL QUICHÉ
	DISEÑO: A.O.C.R.		
CONTIENE: PLANTA DE PLOMERÍA			
ASesor: ING. ANGEL ROBERTO SIC		FECHA: 2013	ESCALA: PLACADA
Vo. Bo. Alexis Oswaldo Castro Rosales 2003-12450		Vo. Bo. Ing. Angel Sic Asesor	
			07 13



PLANTA ALTA

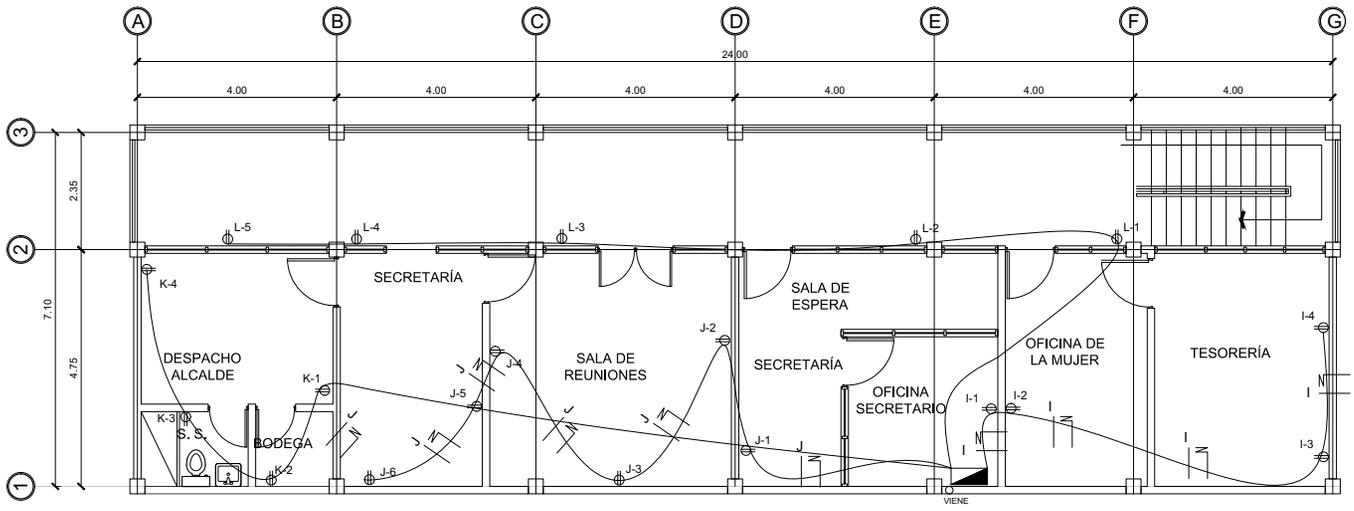
ESCALA 1:50



PLANTA BAJA

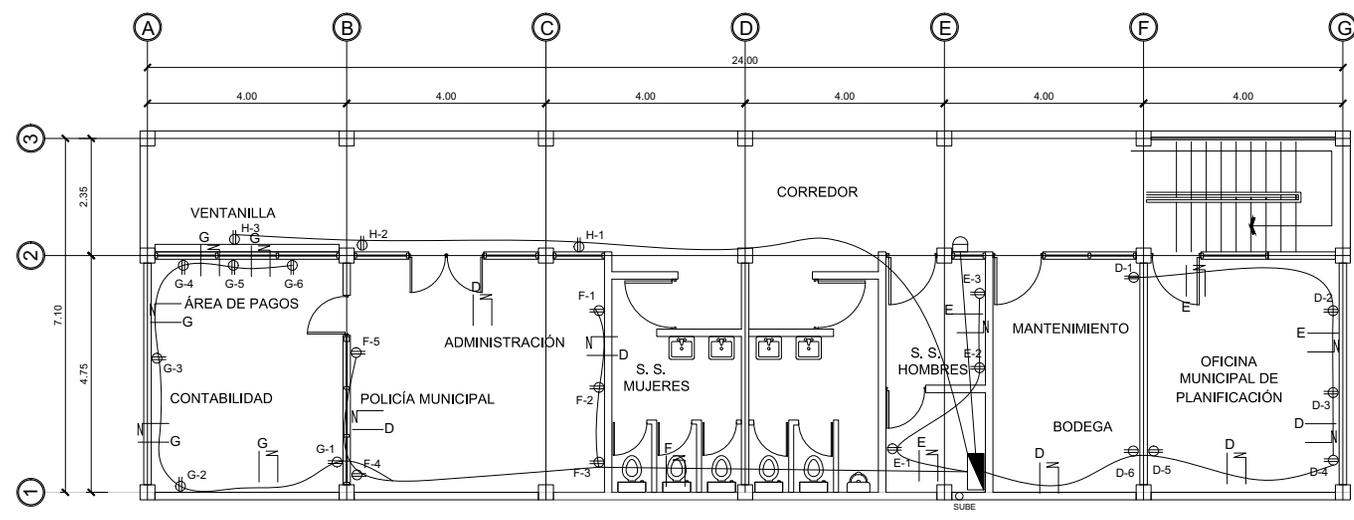
ESCALA 1:50

SIMBOLOGÍA	
	LLAVE DE PASO
	CONTADOR
	LLAVE DE CHEQUE
	LLAVE DE COMPUERTA
	TUBERÍA DE P.V.C.
	TEE HORIZONTAL
	CODO 90° HORIZONTAL
	TEE VERTICAL
	CODO 90° VERTICAL
	REDUCTOR
	SUBIDA AGUA POTABLE
	VIENE AGUA POTABLE
	DIÁMETRO DE TUBERÍA



PLANTA ALTA

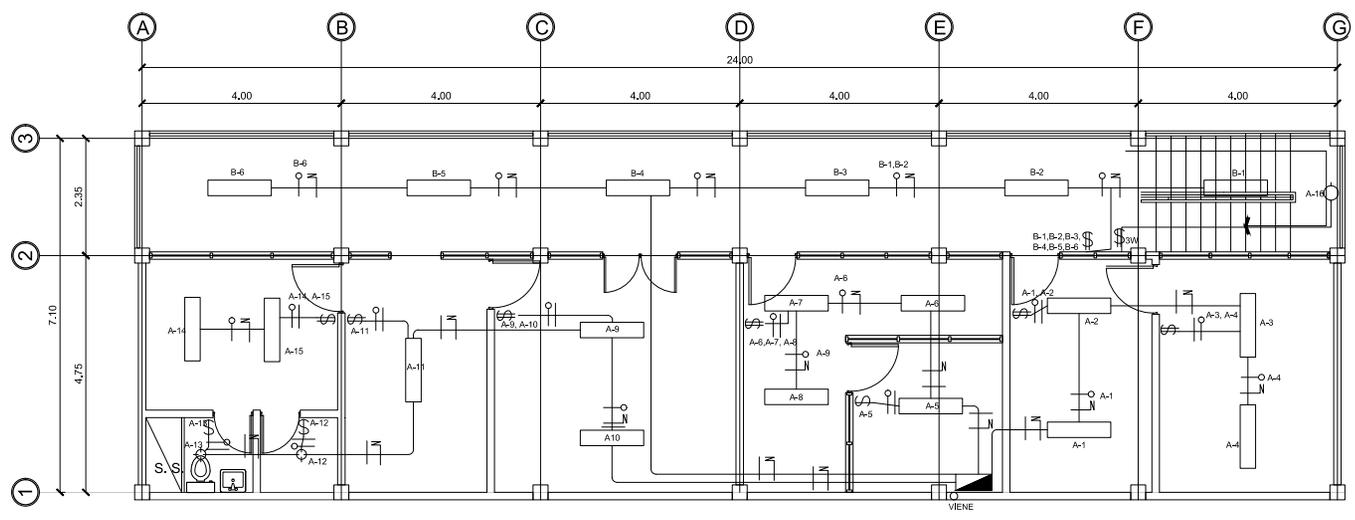
ESCALA 1:50



PLANTA BAJA

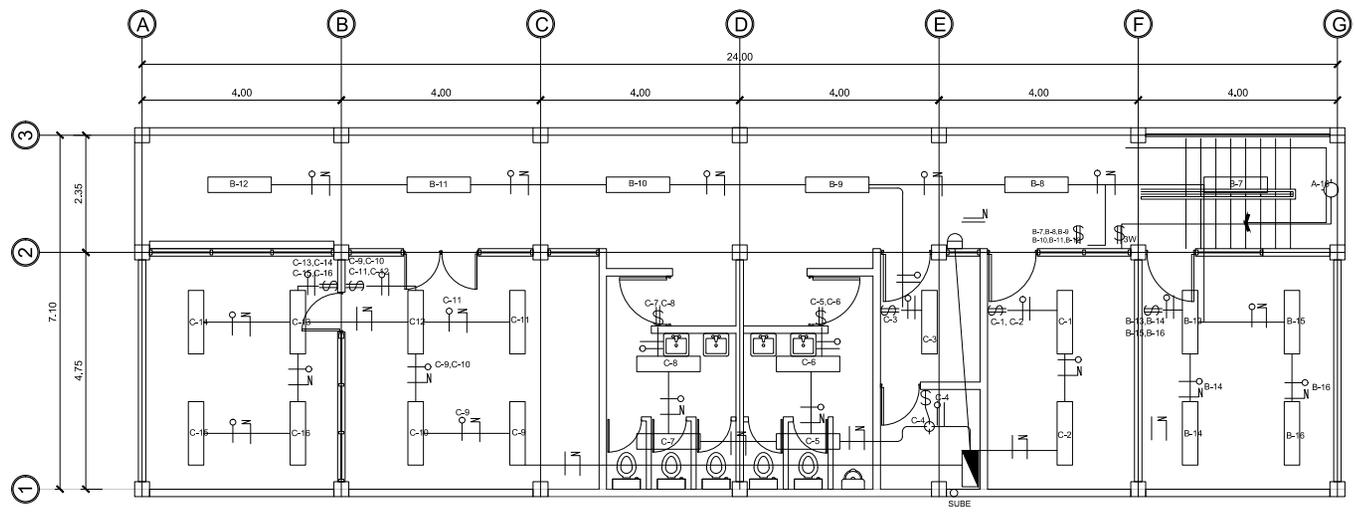
ESCALA 1:50

SIMBOLOGÍA	
	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN
	TOMACORRIENTE DOBLE 110 H = 0.30
	TUBO PVC ELÉCTRICO Ø 3/4"
	LÍNEA NEUTRA CALIBRE 12 TW
	LÍNEA VIVA CALIBRE 12 TW
	CONTADOR



PLANTA ALTA

ESCALA 1:50

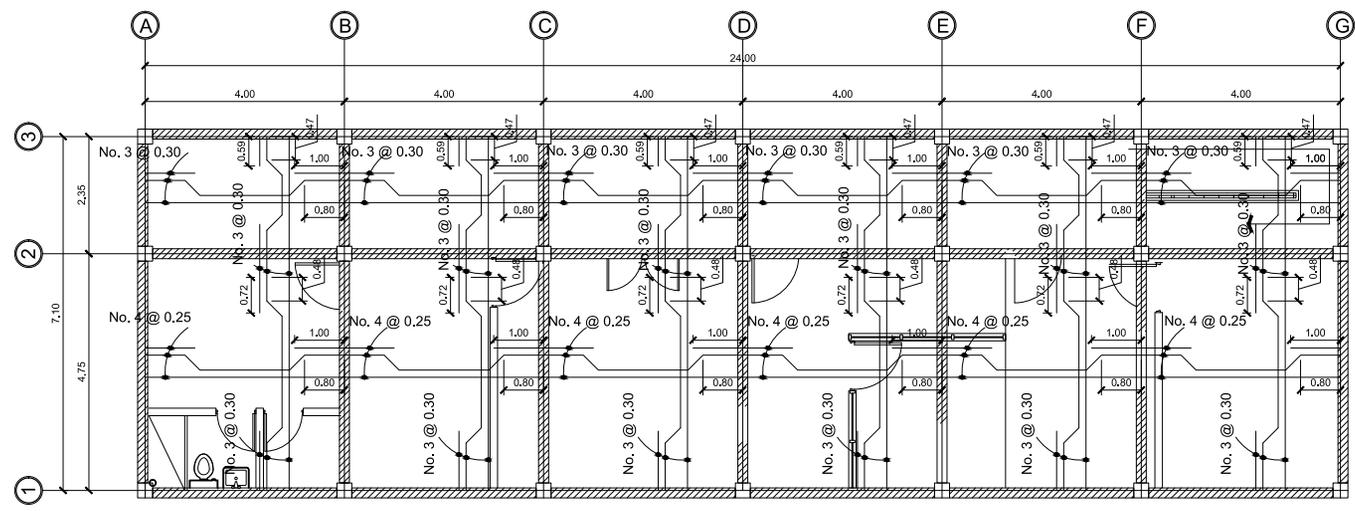


PLANTA BAJA

ESCALA 1:50

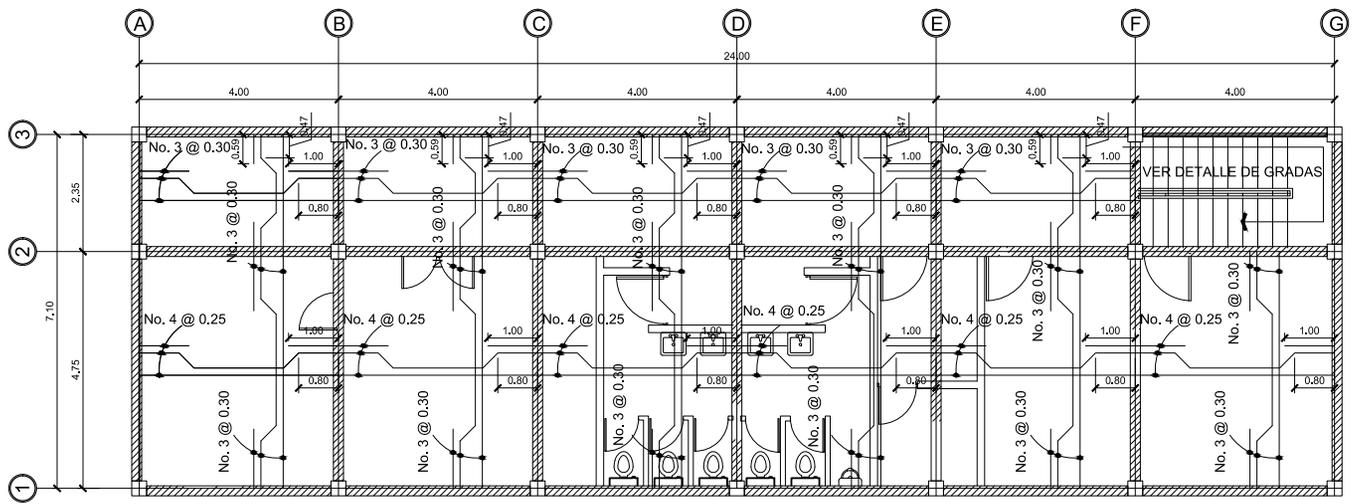
SIMBOLOGÍA	
	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN
	LÁMPARA FLUORESCENTE DE 4X40
	TUBO PVC ELÉCTRICO Ø 3/4"
	LÍNEA VIVA
	LÍNEA NEUTRA
	LÍNEA DE RETORNO
	INTERRUPTOR SIMPLE, h=1,20
	INTERRUPTOR DOBLE, h = 1,20
	POLIDUCTO EN SUELO
	LÁMPARA EN CIELO

 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		
	PROYECTO: EDIFICIO MUNICIPAL DIRECCION: SAN ANDRÉS SAJ CABAJÁ, EL QUICHÉ	
CONTIENE: PLANTA DE LOSAS Y VIGAS		
DISEÑO: A.O.C.R.	DIBUJO: A.O.C.R.	CALCULO: A.O.C.R.
ASESOR: ING. ANGEL ROBERTO SIC	FECHA: 2013	ESCALA: PIRCADADA
Vo. Bn. Alexis Oswaldo Castro Rosales 2003-12450		Vo. Bn. Ing. Angel Sic Asesor
		10 13



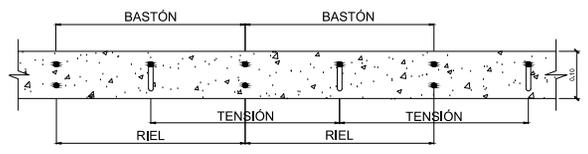
PLANTA ALTA

ESCALA 1:50



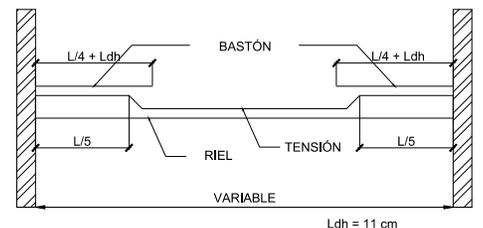
PLANTA BAJA

ESCALA 1:50



SECCIÓN DE LOSA

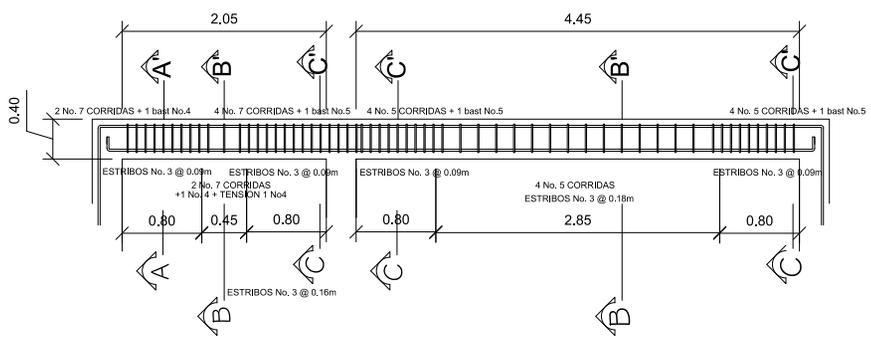
SIN ESCALA



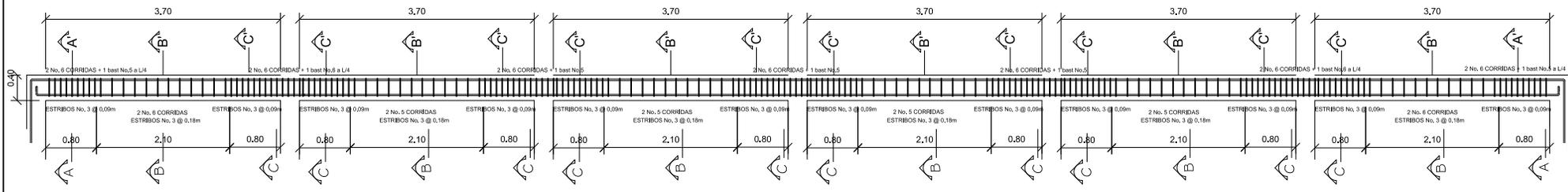
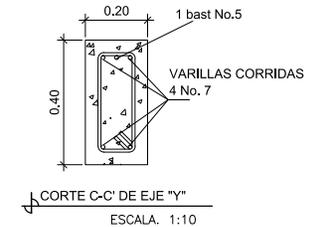
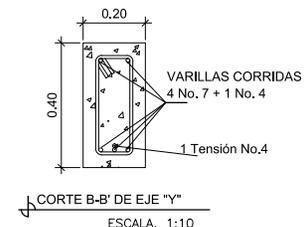
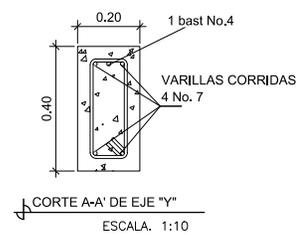
DETALLE DE ARMADO LOSA

SIN ESCALA

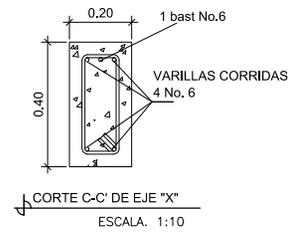
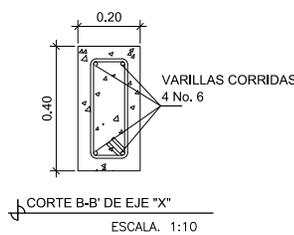
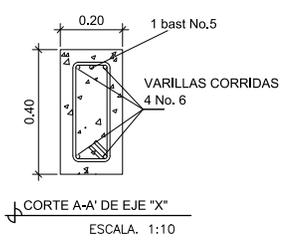
 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	PROYECTO: EDIFICIO MUNICIPAL DIRECCION: SAN ANDRÉS SAJUCABAJÁ, EL QUICHÉ		
	CONTIENE: DETALLES DE LOSA Y VIGAS		
DISEÑO: A.O.C.R.	DIBUJO: A.O.C.R.	CÁLCULO: A.O.C.R.	
ASESOR: ING. ANGEL ROBERTO SIC	FECHA: 2013	ESCALA: PÁGADA	
Vo. Bo. Alexis Ojuelito Casco Rosales 2003-12450		Vo. Bo. Ing. Angel Sic Asesor	
			11 13

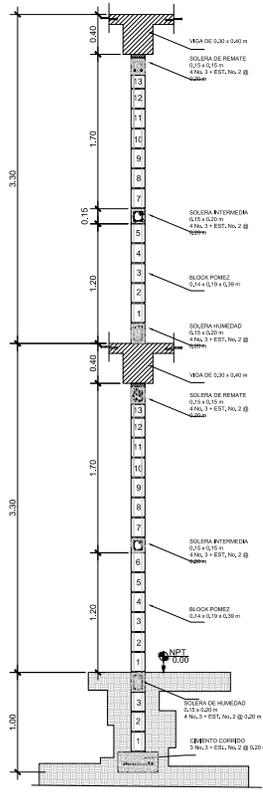


DETALLE DE VIGA EJE "Y"
 ESCALA 1:25

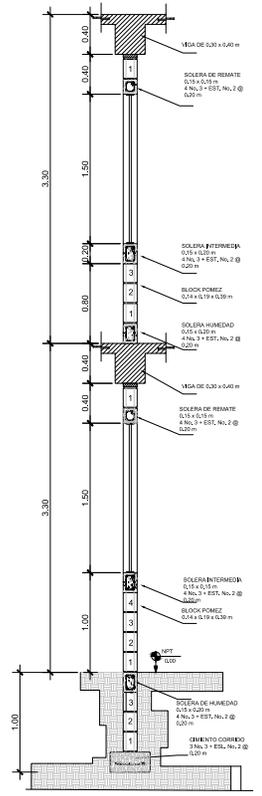


DETALLE DE VIGA EJE "Y"
 ESCALA 1:50

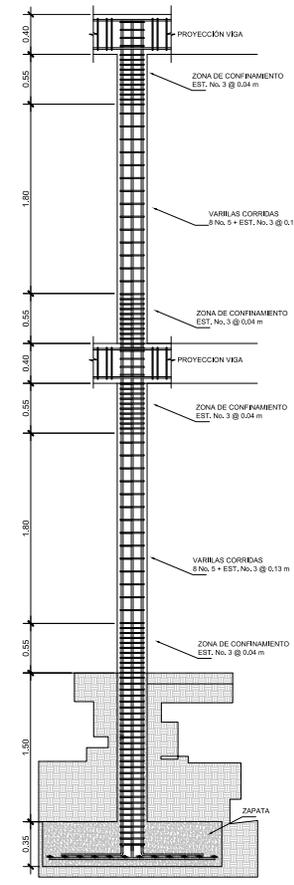




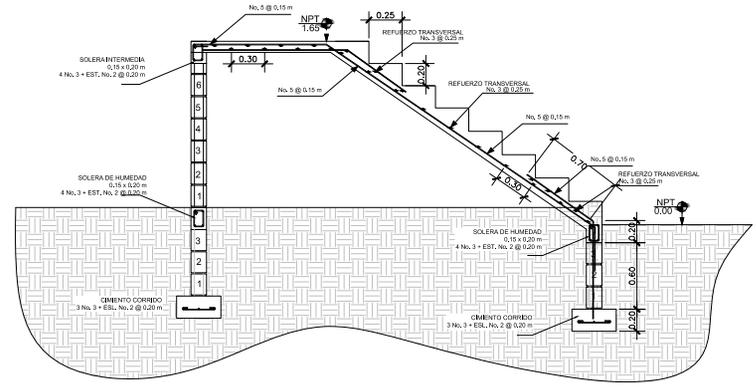
DETALLE TÍPICO DE MURO
ESCALA: 1:100



DETALLE TÍPICO DE MURO
ESCALA: 1:100

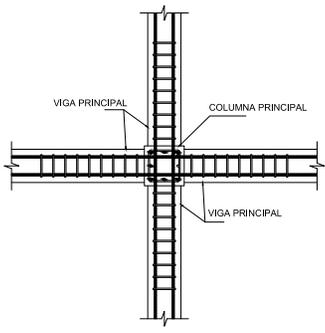


DETALLE ARMADO COLUMNA
ESCALA: 1:100

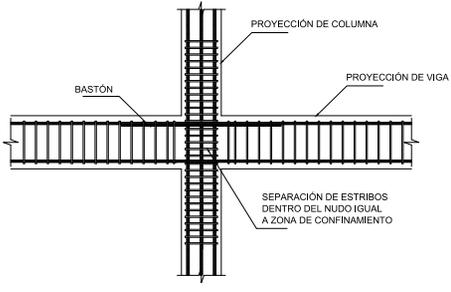


DETALLE DE GRADAS

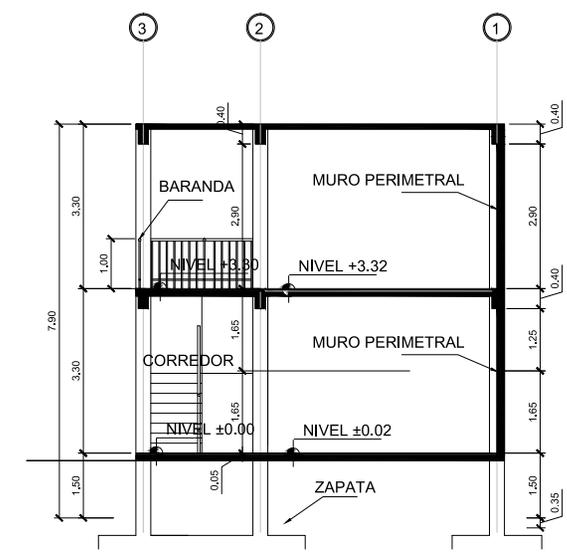
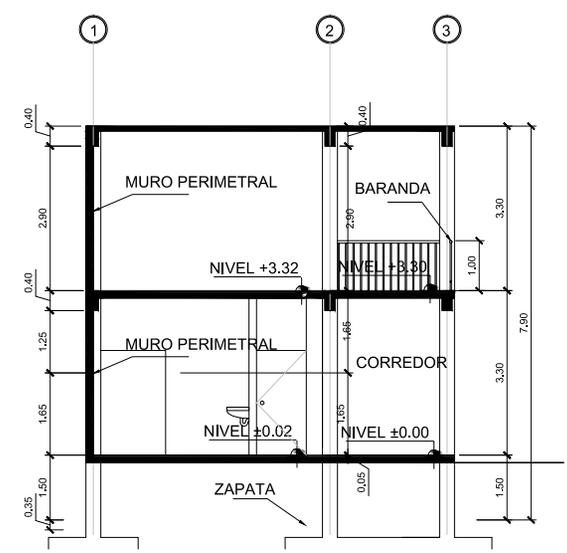
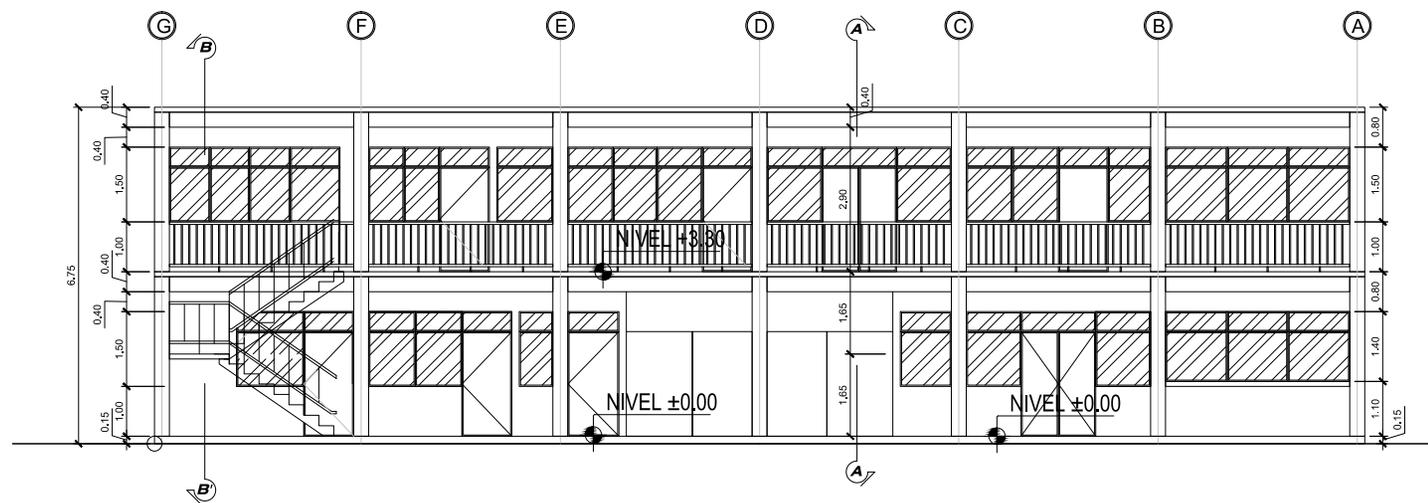
ESCALA: 1:25



PLANTA VIGA-COLUMNA
ESCALA: 1:75



ELEVACIÓN VIGA-COLUMNA
ESCALA: 1:75



ANEXOS

Tabla A. Factores modificados de capacidad de carga Terzaghi

Φ'	N'_c	N'_q	N'_γ	Φ'	N'_c	N'_q	N'_γ
0	5,70	1,00	0,00	26	15,53	6,05	2,59
1	5,90	1,07	0,01	27	16,30	6,54	2,88
2	6,10	1,14	0,02	28	17,13	7,07	3,29
3	6,30	1,22	0,04	29	18,03	7,66	3,76
4	6,51	1,30	0,06	30	18,99	8,31	4,39
5	6,74	1,39	0,07	31	20,03	9,03	4,83
6	6,97	1,49	0,10	32	21,16	9,82	5,51
7	7,22	1,59	0,13	33	22,39	10,69	6,32
8	7,47	1,70	0,16	34	23,72	11,67	7,22
9	7,74	1,82	0,20	35	25,18	12,75	8,35
10	8,02	1,94	0,24	36	26,77	13,97	9,41
11	8,32	2,08	0,30	37	28,51	15,32	10,90
12	8,63	2,22	0,35	38	30,43	16,85	12,75
13	8,96	2,38	0,42	39	32,53	18,56	14,71
14	9,31	2,55	0,48	40	34,87	20,50	17,22
15	9,67	2,73	0,57	41	37,45	22,70	19,75
16	10,06	2,92	0,67	42	40,33	25,21	22,50
17	10,47	3,13	0,76	43	43,54	28,06	26,25
18	10,90	3,36	0,88	44	47,13	31,34	30,40
19	11,36	3,61	1,03	45	51,17	35,11	36,00
20	11,85	3,88	1,12	46	55,73	39,48	41,70
21	12,37	4,17	1,35	47	60,91	44,45	49,30
22	12,92	4,48	1,55	48	66,80	50,46	59,25
23	13,51	4,82	1,74	49	73,55	57,41	71,45
24	14,14	5,20	1,97	50	81,31	65,60	85,75
25	14,80	5,60	2,25				

Fuente: Braja M Das. Principios de ingeniería de cimentaciones. p. 130.

Tabla B. Coeficientes para momentos negativos

Relación $m = a/b$	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5	Caso 6	Caso 7	Caso 8	Caso 9
	C_a^+		0,045		0,050	0,075	0,071		0,033	0,061
C_b^+		0,045	0,076	0,050			0,071	0,061	0,033
C_a^-		0,050		0,055	0,079	0,075		0,038	0,065
C_b^-		0,041	0,072	0,045			0,067	0,056	0,029
C_a^+		0,055		0,060	0,080	0,079		0,043	0,068
C_b^+		0,037	0,070	0,040			0,062	0,052	0,025
C_a^-		0,060		0,066	0,082	0,083		0,049	0,072
C_b^-		0,031	0,065	0,034			0,057	0,046	0,021
C_a^+		0,065		0,071	0,083	0,086		0,055	0,075
C_b^+		0,027	0,061	0,029			0,051	0,041	0,017
C_a^-		0,069		0,076	0,085	0,088		0,061	0,078
C_b^-		0,022	0,056	0,024			0,044	0,036	0,014
C_a^+		0,074		0,081	0,086	0,091		0,068	0,081
C_b^+		0,017	0,050	0,019			0,038	0,029	0,011
C_a^-		0,077		0,085	0,087	0,093		0,074	0,083
C_b^-		0,014	0,043	0,015			0,031	0,024	0,008
C_a^+		0,081		0,089	0,088	0,096		0,080	0,085
C_b^+		0,010	0,035	0,011			0,024	0,018	0,006
C_a^-		0,084		0,092	0,089	0,096		0,085	0,086
C_b^-		0,007	0,028	0,008			0,019	0,014	0,005
C_a^+		0,086		0,094	0,090	0,097		0,089	0,088
C_b^+		0,006	0,022	0,006			0,014	0,010	0,003

* Un borde achurado indica que la losa continúa a través o se encuentra empotrada al apoyo, un borde sin marcas indica un apoyo donde la resistencia torsional es despreciable.

Fuente: Arthut H Nilson. Diseño de Estructuras de Concreto. p.378.

Tabla C. Coeficientes para momentos positivos debidos a carga muerta

Relación $m = a/b$	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5	Caso 6	Caso 7	Caso 8	Caso 9
	C_a^{+CM}	0,036	0,018	0,018	0,027	0,027	0,033	0,027	0,020	0,023
C_b^{+CM}	0,036	0,018	0,027	0,027	0,018	0,027	0,033	0,023	0,020
C_a^{+CM}	0,040	0,020	0,021	0,030	0,028	0,036	0,031	0,022	0,024
C_b^{+CM}	0,033	0,016	0,025	0,024	0,015	0,024	0,031	0,021	0,017
C_a^{+CM}	0,045	0,022	0,025	0,033	0,029	0,039	0,035	0,025	0,026
C_b^{+CM}	0,029	0,014	0,024	0,022	0,013	0,021	0,028	0,019	0,015
C_a^{+CM}	0,050	0,024	0,029	0,036	0,031	0,042	0,040	0,029	0,028
C_b^{+CM}	0,026	0,012	0,022	0,019	0,011	0,017	0,025	0,017	0,013
C_a^{+CM}	0,056	0,026	0,034	0,039	0,032	0,045	0,045	0,032	0,029
C_b^{+CM}	0,023	0,011	0,020	0,016	0,009	0,015	0,022	0,015	0,010
C_a^{+CM}	0,061	0,028	0,040	0,043	0,033	0,048	0,051	0,036	0,031
C_b^{+CM}	0,019	0,009	0,018	0,013	0,007	0,012	0,020	0,013	0,007
C_a^{+CM}	0,068	0,030	0,046	0,046	0,035	0,051	0,053	0,040	0,033
C_b^{+CM}	0,016	0,007	0,016	0,011	0,005	0,009	0,017	0,011	0,006
C_a^{+CM}	0,074	0,032	0,054	0,050	0,036	0,054	0,065	0,044	0,034
C_b^{+CM}	0,013	0,006	0,014	0,009	0,004	0,007	0,014	0,009	0,005
C_a^{+CM}	0,081	0,034	0,062	0,053	0,037	0,056	0,073	0,048	0,036
C_b^{+CM}	0,010	0,004	0,011	0,007	0,003	0,006	0,012	0,007	0,004
C_a^{+CM}	0,088	0,035	0,071	0,056	0,038	0,058	0,081	0,052	0,037
C_b^{+CM}	0,008	0,003	0,009	0,005	0,002	0,004	0,009	0,005	0,003
C_a^{+CM}	0,095	0,037	0,080	0,059	0,039	0,061	0,089	0,056	0,038
C_b^{+CM}	0,006	0,002	0,007	0,004	0,001	0,003	0,007	0,004	0,002

* Un borde achurado indica que la losa continúa a través o se encuentra empotrada al apoyo, un borde sin marcas indica un apoyo donde la resistencia torsional es despreciable.

Fuente: Arthut H Nilson. Diseño de Estructuras de Concreto. p.379.

Tabla D. Coeficientes para momentos positivos debidos a carga viva

Relación $m = a/b$	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5	Caso 6	Caso 7	Caso 8	Caso 9
	C_a^{+cv}	0,036	0,027	0,027	0,032	0,032	0,035	0,032	0,028	0,030
C_b^{+cv}	0,036	0,027	0,032	0,032	0,027	0,032	0,035	0,030	0,028
C_a^{-cv}	0,040	0,030	0,031	0,035	0,034	0,038	0,036	0,031	0,032
C_b^{-cv}	0,033	0,025	0,029	0,029	0,024	0,029	0,032	0,027	0,025
C_a^{+dv}	0,045	0,034	0,035	0,039	0,037	0,042	0,040	0,035	0,036
C_b^{+dv}	0,029	0,022	0,027	0,026	0,021	0,025	0,029	0,024	0,022
C_a^{-dv}	0,050	0,037	0,040	0,043	0,041	0,046	0,045	0,040	0,039
C_b^{-dv}	0,026	0,019	0,024	0,023	0,019	0,022	0,026	0,022	0,020
C_a^{+dv}	0,056	0,041	0,045	0,048	0,044	0,051	0,051	0,044	0,042
C_b^{+dv}	0,023	0,017	0,022	0,020	0,016	0,019	0,023	0,019	0,017
C_a^{-dv}	0,061	0,045	0,051	0,052	0,047	0,055	0,056	0,049	0,046
C_b^{-dv}	0,019	0,014	0,019	0,016	0,013	0,016	0,020	0,016	0,013
C_a^{+dv}	0,068	0,049	0,057	0,057	0,051	0,060	0,063	0,054	0,050
C_b^{+dv}	0,016	0,012	0,016	0,014	0,011	0,013	0,017	0,014	0,011
C_a^{-dv}	0,074	0,053	0,064	0,062	0,055	0,064	0,070	0,059	0,054
C_b^{-dv}	0,013	0,010	0,014	0,011	0,009	0,010	0,014	0,011	0,009
C_a^{+dv}	0,081	0,058	0,071	0,067	0,059	0,068	0,077	0,065	0,059
C_b^{+dv}	0,010	0,007	0,011	0,009	0,007	0,006	0,011	0,009	0,007
C_a^{-dv}	0,088	0,062	0,080	0,072	0,063	0,073	0,085	0,070	0,063
C_b^{-dv}	0,008	0,006	0,009	0,007	0,005	0,006	0,009	0,007	0,006
C_a^{+dv}	0,095	0,066	0,088	0,077	0,067	0,078	0,092	0,076	0,067
C_b^{+dv}	0,006	0,004	0,007	0,005	0,004	0,005	0,007	0,005	0,004

- Un borde achurado indica que la losa continúa a través o se encuentra empotrada al apoyo, un borde sin marcas indica un apoyo donde la resistencia torsional es despreciable.

Fuente: Arthut H Nilson. Diseño de Estructuras de Concreto. p.380.

Ensayo de compresión triaxial

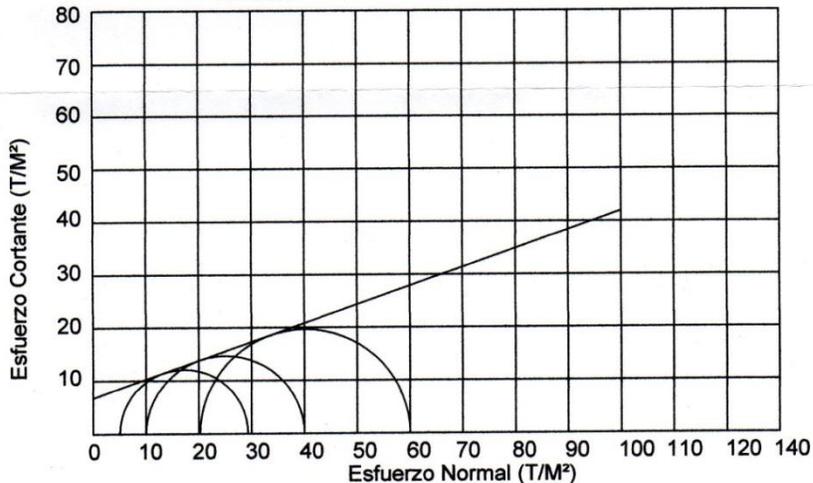


**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL, DIAGRAMA DE MOHR

INFORME No.: 0263 S.S. O.T.: 28,135
 INTERESADO: Alexis Oswaldo Castro Rosales
 PROYECTO: EPS- Diseño de Edificio de dos Niveles para Oficinas Municipales
 Ubicación: Municipio de San Andres Sajcabaja
 Fecha: 13 de agosto del 2012
 pozo: 1 Profundidad: 2.00 m Muestra: 1



PARAMETROS DE CORTE:

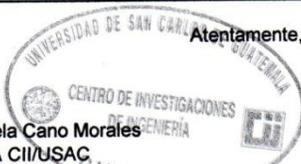
ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA : $\phi = 23.46$ COHESIÓN: $C_u = 7.8 \text{ ton/m}^3$

TIPO DE ENSAYO: No consolidado y no drenado.
 DESCRIPCIÓN DEL SUELO: Arcilla Limosa con presencia de Grava
 DIMENSIÓN Y TIPO DE LA PROBETA: 2.5" X 5.0"
 OBSERVACIONES: Muestra proporcionada por el interesado.

PROBETA No.	1	1	1
PRESION LATERAL (T/m ²)	5	10	20
DESVIADOR EN ROTURA q(T/m ²)	68.50	79.95	98.38
PRESION INTERSTICIAL u(T/m ²)	x	x	x
DEFORMACION EN ROTURA Er (%)	2.0	3.5	6.0
DENSIDAD SECA (T/m ³)	1.48	1.48	1.48
DENSIDAD HUMEDA (T/m ³)	1.90	1.90	1.90
HUMEDAD (%H)	36.3	36.3	36.3

Vo. Bo.

Inga. Telma Marcela Cano Morales
DIRECTORA CII/USAC



Atentamente,

Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos



