



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

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA
PUERTO VIEJO Y DEL INSTITUTO DE EDUCACIÓN BÁSICA EN ALDEA SANTA MARTA,
MUNICIPIO DE PUERTO DE IZTAPA, DEPARTAMENTO DE ESCUINTLA**

Alirio Antonio Cruz García

Asesorado por la Inga. Mayra Rebeca García Soria de Sierra

Guatemala, febrero de 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA
PUERTO VIEJO Y DEL INSTITUTO DE EDUCACIÓN BÁSICA EN ALDEA SANTA MARTA,
MUNICIPIO DE PUERTO DE IZTAPA, DEPARTAMENTO DE ESCUINTLA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ALIRIO ANTONIO CRUZ GARCÍA

ASESORADO POR LA INGA. MAYRA REBECA GARCÍA SORIA DE SIERRA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, FEBRERO DE 2013

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 Santos
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Silvio Rodríguez Serrano
EXAMINADORA	Inga. Mayra Rebeca García Soria de Sierra
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 SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA
PUERTO VIEJO Y DEL INSTITUTO DE EDUCACIÓN BÁSICA EN ALDEA SANTA MARTA,
MUNICIPIO DE PUERTO DE IZTAPA, DEPARTAMENTO DE ESCUINTLA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 19 de noviembre de 2011.



Alirio Antonio Cruz García



Guatemala, 26 de julio de 2012
Ref.EPS.DOC.1007.07.12

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

Estimada Ingeniera Sarmiento Zeceña.

Por este medio atentamente le informo que como Asesora-Supervisora de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Alirio Antonio Cruz García** de la Carrera de Ingeniería Civil, con carné No. **200313265**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **"DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA PUERTO VIEJO Y DEL INSTITUTO DE EDUCACIÓN BÁSICA EN ALDEA SANTA MARTA, MUNICIPIO DE PUERTO DE IZTAPA, DEPARTAMENTO DE ESCUINTLA"**.

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"

Inga. Mayra Rebeca García Soria de Sierra
Asesora-Supervisora de EPS
Área de Ingeniería Civil



c.c. Archivo
MRGSdS/ra



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



Guatemala,
1 de agosto de 2012

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

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA PUERTO VIEJO Y DEL INSTITUTO DE EDUCACIÓN BÁSICA EN ALDEA SANTA MARTA, MUNICIPIO DE PUERTO DE IZTAPA, DEPARTAMENTO DE ESCUINTLA**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Alirio Antonio Cruz García, quien contó con la asesoría de la Inga. Mayra Rebeca García Soria de Sierra.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

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



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
HIDRAULICA
USAC

/bbdeb.



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



Guatemala,
3 de octubre de 2012

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

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA PUERTO VIEJO Y DEL INSTITUTO DE EDUCACIÓN BÁSICA EN ALDEA SANTA MARTA, MUNICIPIO DE PUERTO DE IZTAPA, DEPARTAMENTO DE ESCUINTLA**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Alirio Antonio Cruz García, quien contó con la asesoría de la Inga. Mayra Rebeca García Soria de Sierra.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. Ronald Estuardo Galindo Cabrera
Jefe del Departamento de Estructuras



FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO
DE
ESTRUCTURAS
USAC

/bbdeb.



Guatemala, 16 de noviembre de 2012
Ref.EPS.D.984.11.12

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

Estimado Ingeniero Montenegro Franco.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA PUERTO VIEJO Y DEL INSTITUTO DE EDUCACIÓN BÁSICA EN ALDEA SANTA MARTA, MUNICIPIO DE PUERTO DE IZTAPA, DEPARTAMENTO DE ESCUINTLA"** que fue desarrollado por el estudiante universitario **Alirio Antonio Cruz García**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por la Inga. Mayra Rebeca García Soria de Sierra.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"

Inga. Sigrid Antza Calderón de León
Directora Unidad de EPS



SACdL/ra



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen de la Asesora Inga. Mayra Rebeca García Soria de Sierra y de la Coordinadora de E.P.S. Inga. Sigrid Alitza Calderón de León De de León, al trabajo de graduación del estudiante Alirio Antonio Cruz García, titulado **DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA PUERTO VIEJO Y DEL INSTITUTO DE EDUCACIÓN BÁSICA EN ALDEA SANTA MARTA, MUNICIPIO DE PUERTO DE IZTAPA, DEPARTAMENTO DE ESCUINTLA**, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.


Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco **DIRECTOR**



Guatemala, febrero 2013

/bbdeb.



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA PUERTO VIEJO Y DEL INSTITUTO DE EDUCACIÓN BÁSICA EN ALDEA SANTA MARTA, MUNICIPIO DE PUERTO DE IZTAPA, DEPARTAMENTO DE ESCUINTLA**, presentado por el estudiante universitario: **Alirio Antonio Cruz García**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano



Guatemala, 7 de febrero de 2013

/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por ser la luz que me iluminó el camino que recorrí para terminar mis estudios.
Mis padres	Alirio Cruz Pérez y Ana Silma Ivette García de Cruz, por ser mi motivación, mi luz y ejemplo de lucha y perseverancia en el largo camino de la vida.
Mis hermanos	Ivette Emilia y David Alirio, por confiar y compartir siempre en todos los momentos de mi vida.
Mi esposa	Jenniffer Gramajo, que es la luz de mi vida y me ha apoyado en los momentos más difíciles.
Mi hija	Angie Daniela, por ser la alegría y oxígeno de mi hogar.
Mis tíos	Por ser un gran ejemplo de vida, con cariño y aprecio.
Mis sobrinos	Ivette Mariana Sánchez Cruz y Seilvin Alirio Vargas Cruz, por brindarme felicidad.
Mis primos	Con especial cariño.

Mis amigos

A todos y cada uno de ustedes, que compartieron conmigo sus alegrías. Gracias por brindarme su confianza y amistad que compartimos.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Por cuidar mis pasos durante el transcurso de mi vida y darme la sabiduría.
La Santa Madre	Por cubrirme con su manto y salvar las pruebas que se me han presentado.
Universidad de San Carlos de Guatemala	Al recibirme en la Facultad de Ingeniería y brindarme los conocimientos necesarios para realizarme como profesional.
Mi asesora	Mayra Rebeca García Soria de Sierra, que con su valiosa asesoría logré terminar con éxito la etapa del EPS.
Municipalidad	Del Puerto de Iztapa, al haber confiado en mis conocimientos para realizar el diseño de los proyectos.

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 de la aldea Puerto Viejo.....	1
1.1.1. Aspectos físicos	1
1.1.2. Ubicación y localización	3
1.2. Investigación diagnóstica sobre necesidades de servicios básicos e infraestructura la aldea Puerto Viejo	5
1.2.1. Descripción de necesidades	5
1.2.2. Evaluación y priorización de necesidades	6
2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL	7
2.1. Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable	7
2.1.1. Descripción general del proyecto	7
2.1.2. Aforos, dotación y tipo de servicio	8
2.1.3. Tasa de crecimiento y población actual	10
2.1.4. Período de diseño, población futura	10
2.1.5. Factores de consumo y caudal	12
2.1.5.1. Caudal medio diario	13

2.1.5.2.	Caudal máximo diario.....	13
2.1.5.3.	Caudal de hora máxima	14
2.1.6.	Calidad del agua y sus normas	15
2.1.6.1.	Análisis bacteriológico.....	16
2.1.6.2.	Análisis químico sanitario	18
2.1.7.	Fórmulas, coeficientes y diámetros de tuberías	18
2.1.8.	Presiones y velocidades	20
2.1.9.	Levantamiento topográfico	20
2.1.9.1.	Planimetría	21
2.1.9.2.	Altimetría	21
2.1.10.	Diseño hidráulico del sistema	21
2.1.10.1.	Red de distribución	22
	2.1.10.1.1 Circuito cerrado	23
2.1.10.2.	Sistema de desinfección	36
2.1.10.3.	Obras de arte	38
2.1.10.4.	Válvulas	38
2.1.10.5.	Conexiones prediales	39
2.1.11.	Propuesta de tarifa	39
2.1.11.1.	Programa de operación y mantenimiento	40
2.1.12.	Elaboración de planos	41
2.1.13.	Elaboración de presupuesto	41
2.1.14.	Evaluación de impacto ambiental	43
2.1.15.	Evaluación socioeconómica	44
2.1.15.1.	Valor Presente Neto	44
2.1.15.2.	Tasa Interna de Retorno	46

2.2.	Diseño estructural de la edificación escolar de dos niveles (primer nivel: batería de baños, 3 aulas, cocina, dirección y salón de usos múltiples, segundo nivel: gradas, 3 aulas, pasillo y batería de baños).....	47
2.2.1.	Configuración estructural	48
2.2.1.1.	Ubicación del edificio en el terreno	48
2.2.1.2.	Distribución de ambientes	48
2.2.1.3.	Altura del edificio	49
2.2.1.4.	Tipo de materiales y recubrimientos	49
2.2.1.5.	Predimensionamiento estructural	49
2.2.1.6.	Modelos matemáticos de marcos dúctiles unidos con nudos rígidos	50
2.2.2.	Estudio de suelo	51
2.2.3.	Análisis estructural	53
2.2.3.1.	Cargas aplicadas a los marcos dúctiles	53
2.2.3.2.	Cargas horizontales en marcos dúctiles unidos con nudos rígidos	53
2.2.3.3.	Cargas verticales en marcos dúctiles unidos con nudos rígidos	55
2.2.3.4.	Cálculo del corte basal	58
2.2.3.5.	Fuerza por nivel	60
2.2.3.6.	Fuerza por marco	63
2.2.3.7.	Fuerza del marco por torsión	65
2.2.3.8.	Cálculo de momentos positivos en vigas	83
2.2.3.9.	Cálculo de cortes	85
2.2.4.	Dimensionamiento estructural	89
2.2.4.1.	Dimensionamiento de losas	90

2.2.4.2.	Dimensionamiento de vigas	113
2.2.4.3.	Dimensionamiento de columnas	119
2.2.4.3.1	Columnas típica nivel 2....	119
2.2.4.4.	Dimensionamiento de cimentación	130
2.3	Diseño de escalera	149
2.4	Diseño de las instalaciones hidráulicas	153
2.5	Diseño de instalaciones eléctricas	158
2.6	Estudio de impacto ambiental	159
2.7	Presupuesto	160
CONCLUSIONES.....		163
RECOMENDACIONES		165
BIBLIOGRAFÍA.....		167
APÉNDICE		169
ANEXOS.....		173

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Mapa topográfico del municipio del Puerto de Iztapa.....	4
2.	Diagrama de circuito cerrado	25
3.	Distribución de agua potable a través de un circuito cerrado	28
4.	Diagrama de distribución de caudal en el nodo A	28
5.	Estimación de valor presente neto	45
6.	Planta típica, edificio escolar	50
7.	Cargas aplicadas, marco rígido sentido Y	58
8.	Distribución de marcos típicos	63
9.	Diagrama de momentos (ton-m), -carga muerta- marco rígido y.....	81
10.	Diagrama de momentos (ton-m), -carga viva- marco rígido y	82
11.	Diagrama de momentos (ton-m), -sismo- marco rígido y	82
12.	Envolvente de momentos en el sentido y	85
13.	Diagrama de cortes últimos, marco rígido y	87
14.	Diagrama de momentos últimos (kg-m) –marco rígido x–	88
15.	Diagrama de cortes últimos (kg) –marco rígido x–	89
16.	Numeración de losas según planta típica.....	91
17.	Aplicación del coeficiente para momentos positivos y negativos en la losa 1 (nivel 1)	93
18.	Aplicación del coeficiente para momentos positivos y negativos en las losas 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8 (nivel 1)	93
19.	Aplicación del coeficiente para momentos positivos y negativos en la losa 9 (nivel 1)	94
20.	Aplicación del coeficiente para momentos positivos y negativos en la losa 10 (nivel 1)	95

21.	Aplicación del coeficiente para momentos positivos y negativos en las losas 11, 12, 13, 14, 15, 16 y 17 (nivel 1).....	95
22.	Aplicación del coeficiente para momentos positivos y negativos en la losa 18 (nivel 1).....	96
23.	Planta de momentos actuantes en losas típicas (nivel 1)	97
24.	Diagrama de balance de momentos en losas	98
25.	Diagrama de balance de momentos en losas 1 y 2	98
26.	Diagrama de balance de momentos en losas 8 y 9	99
27.	Diagrama de balance de momentos en losas 10, 11, 17 y 18	99
28.	Diagrama de balance de momentos en losas 10, 1, 18 y 9	100
29.	Diagrama de balance de momentos en losas 2 y 11	101
30.	Planta de momentos balanceados en losas típicas (nivel 1).....	102
31.	Aplicación del coeficiente para momentos positivos y negativos en la losa 1 (nivel 2).....	107
32.	Aplicación del coeficiente para momentos positivos y negativos en la losa 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8 (nivel 2)	107
33.	Aplicación del coeficiente para momentos positivos y negativos en la losa 9 (nivel 2).....	108
34.	Aplicación del coeficiente para momentos positivos y negativos en la losa 10 (nivel 2).....	109
35.	Aplicación del coeficiente para momentos positivos y negativos en la losa 11, 12, 13, 14, 15, 16 y 17 (nivel 2)	109
36.	Aplicación del coeficiente para momentos positivos y negativos en la losa 18 (nivel 2).....	110
37.	Planta de momentos actuantes en losas típicas (nivel 2)	111
38.	Diagrama de balance de momentos en losas 1 y 2	112
39.	Diagrama de momentos y cortes últimos de la viga tipo 1	114
40.	Sección de zapata concéntrica	131
41.	Corte simple en zapata concéntrica.....	133

42.	Corte punzonante en zapata concéntrica	134
43.	Sección de zapata combinada	136
44.	Planta de zapata combinada	137
45.	Cargas equivalentes en el centroide geométrico.....	139
46.	Presiones sobre el suelo	141
47.	Presiones sobre el cimiento	142
48.	Presión última bajo el cimiento.....	143
49.	Presiones ultimas por metro lineal	143
50.	Diagramas de corte y momento	145
51.	Vigas transversales	147
52.	Zapata por corte simple.....	148
53.	Armado de zapata combinada.....	149
54.	Dimensiones de escalera	151
55.	Distribución de carga y momento	152

TABLAS

I.	Dotación de agua potable	9
II.	Conexión de viviendas en las tuberías secundarias	27
III.	Diámetros de la tubería utilizada en los tramos	30
IV.	Pérdidas en la tubería utilizada en los tramos	31
V.	Método de Hardy-Cross (balance de caudales)	32
VI.	Continuación Método de Hardy-Cross (Primera iteración).....	33
VII.	Continuación Método de Hardy-Cross(Segunda iteración)	34
VIII.	Estimación de gastos por funcionamiento.....	40
IX.	Resumen, costo total de proyecto.....	42
X.	Medidas de mitigación y compensación en la ejecución y operación	43
XI.	Costos del sistema de abastecimiento de agua potable	45

XII.	Peso de la estructura por nivel	62
XIII.	Cálculo del centro de rigidez del segundo nivel.....	66
XIV.	Cálculo de fuerzas por marco por torsión del segundo nivel	67
XV.	Cálculo del centro de rigidez del primer nivel	67
XVI.	Cálculo de fuerzas por marco por torsión primer nivel.....	68
XVII.	Balance de momentos de losas 10, 11, 17 y 18; nivel 1 sentido -x-	100
XVIII.	Balance de momentos de losas 10, 1, 18 y 9; nivel 1 sentido -y-...	101
XIX.	Balance de momentos de losas 2 y 11; nivel 1 sentido -y-.....	102
XX.	Refuerzo de losas del primer nivel, en el sentido x.....	105
XXI.	Refuerzo de losas del primer nivel, en el sentido y.....	105
XXII.	Refuerzo de losas del segundo nivel, en el sentido x	112
XXIII.	Refuerzo de losas del segundo nivel, en el sentido y	113
XXIV.	Cálculo del área de acero para viga tipo 2 (aula + pasillo)	115
XXV.	Cálculo de refuerzo de vigas, sentido y	118
XXVI.	Cálculo de refuerzo de vigas, sentido x	119
XXVII.	Peso de accesorios para método de Hunter.....	153
XXVIII.	Abaco para el cálculo de tuberías de agua fría.....	154
XXIX.	Unidades de Hunter de contribución de los aparatos sanitarios y diámetro nominal de los ramales de descarga	155
XXX.	Dimensiones de ramales de drenajes.....	156
XXXI.	Medidas mitigación y compensación en la ejecución y operación ...	160
XXXII.	Presupuesto edificio escolar	161

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
@	A cada
h_m	Altura de la caída del martillo
H	Altura total de un elemento
b	Ancho
A	Área
A_{st}	Área de acero de refuerzo por temperatura y agrietamiento
A_s	Área de acero para refuerzo transversal de columna
A_s	Área de cuantía de acero de refuerzo
$A_{smáx}$	Área de cuantía de acero máximo
$A_{smín}$	Área de cuantía de acero mínimo
A_v	Área de la sección transversal del acero
A_z	Área de zapata
A_g	Área gruesa de una sección transversal
B	Base de zapata
q_o	Capacidad cortante última
q_{adm}	Capacidad de carga admisible del suelo
q_u	Capacidad de carga última del suelo
c	Carga
P_{cr}	Carga crítica de pandeo de Euler
q_d	Carga de diseño
CM	Carga muerta uniformemente distribuida

E_q	Carga sísmica
CU	Carga última de diseño
P_u	Carga última
CV	Carga viva uniformemente distribuida
W	Carga
Q	Caudal a sección llena
Qdis	Caudal de diseño
Q_v	Caudal de vivienda
Qmd	Caudal máximo diario
Qmh	Caudal máximo horario
Qm	Caudal medio diario
cm	Centímetro
cm²	Centímetro cuadrado
CR	Centro de rigidez
L	Claro o luz considerada a rostro de los elementos
C	Coefficiente de fricción
V_a	Corte actuante
V_b	Corte basal
V_c	Corte que resiste el concreto
V	Corte total de piso
Df	Desplante de cimentación
D	Diámetro
Ø	Diámetro
Dí	Distancia entre el centro de rigidez de toda la estructura y el centro de rigidez de cada muro
DH	Distancia horizontal (metros)
f_y	Esfuerzo de fluencia del acero
f'_c	Esfuerzo de fluencia del concreto

S	Espaciamiento
h	Espesor
e	Excentricidad
e_x	Excentricidad en sentido x
e_y	Excentricidad en sentido y
N_c	Factor de capacidad de carga de cohesión
N_x	Factor de capacidad de carga de Terzaghi
N_y	Factor de capacidad de peso del suelo
N_q	Factor de capacidad de sobrecarga
FCU	Factor de carga última
V_{ik}	Factor de corrimiento
FDM	Factor de día máximo
FHM	Factor de hora máxima
I	Factor de importancia de la estructura
K	Factor de longitud efectiva
F_{sc}	Factor de seguridad de carga
F_s	Factor de seguridad del suelo
Z	Factor de zona sísmica
N_c[*], N_q[*]	Factores de capacidad de carga
Q_n	Fuerza cortante en piso
F	Fuerza
E	Fuerza inercial de sismo
F_m	Fuerza por marco
I	Inercia
i	Intensidad de lluvia
kg	kilogramo
kg/m²	Kilogramos sobre metro cuadrado
kg/m³	Kilogramos sobre metro cúbico

A	Lado corto de la losa
lb/pie²	Libra sobre pie cuadrado
psi	Libras sobre pulgada cuadrada
L/d	Litros por día
L/h/d	Litros por habitante por día (dotación)
L/s	Litros por segundo
h	Longitud de columna paralela a la dirección del corte
P.V.C	Material de cloruro de polivinilo
máx	Máximo
m	Metro lineal
m.c.a.	Metros columna de agua
mín	Mínimo
Es	Módulo de elasticidad del acero
Ec	Módulo de elasticidad del concreto
E	Módulo de elasticidad
k	Módulo de reacción
M_d	Momento de diseño
M_u	Momento último
M_b	Momentos balanceado
M_{max}	Momentos de máximo
M_n	Momentos de piso
M_s	Momentos de sujeción
MF	Momentos fijos
M⁻	Momentos negativo
M⁺	Momentos positivo
N	Número de pisos de una estructura
d	Peralte efectivo de un elemento de concreto
t	Peralte total de un elemento de concreto
H_f	Pérdida de carga (metros)

T	Período fundamental de vibración de la estructura
Pcol	Peso columna
Wi	Peso del nivel i
Wj	Peso del nivel j
<i>Wcol</i>	Peso lineal de columna
<i>Wlosa</i>	Peso lineal de losa
<i>Wviga</i>	Peso lineal de viga
PP	Peso propio
<i>W</i>	Peso total de una estructura
<i>ft</i>	Pie
Pa	Población actual
Pf	Población futura
PU	Precio unitario
<i>P</i>	Presión
<i>in²</i>	Pulgada cuadrada
<i>in³</i>	Pulgada cúbica
plg	Pulgada
r	Recubrimiento
<i>f'c</i>	Resistencia del concreto a los 28 días
<i>EI</i>	Rigidez a la fricción
Rx, Ry	Rigidez del arreglo paralela a la dirección de la carga lateral aplicada
Rxy	Rigidez del arreglo perpendicular a la dirección de la carga lateral aplicada
K	Rigidez
R	Rigidez relativa del elemento estructural
<i>r</i>	Tasa de crecimiento poblacional
i	Tasa de interés anual

t

Tonelada métrica

V_s

Valor soporte del suelo

GLOSARIO

Acero mínimo	Cantidad de acero determinado por la sección y límite de fluencia del acero, necesario para evitar grietas por los cambios de temperatura.
ACI	American Concrete Institute (Instituto Americano del Concreto).
Aforo	Procedimiento para medir un caudal.
Agua potable	Agua que es sanitariamente segura y agradable a los sentidos.
Agregado	Material duro de composición mineralógica como la arena, la grava, la escoria o la roca triturada, usado para realizar mezcla de distintos tamaños.
Altura	Distancia vertical entre la parte más baja de un elemento hasta la parte superior del mismo.
Bacterias	Seres pertenecientes a un reino de la naturaleza, generalmente no pigmentados, los cuales se reproducen por división en uno, dos o tres planos.

Bacteriológico	Examen que determina el número y clase de bacterias más probable que están presentes en el agua u otro tipo de ambiente.
Carga muerta	Fuerza que actúa en forma permanente sobre los elementos que la soportan.
Carga viva	Fuerza que actúa en forma no permanente sobre los elementos que la soportan.
Corte basal	Fuerza aplicada en la base de un edificio como producto de la acción de un sismo.
COCODE	Consejo Comunitario de Desarrollo.
Cota de terreno	Altura de un punto del terreno, referido a un nivel determinado.
Cuantía	Proporción en porcentaje del área de acero en una sección de concreto armado.
Desplante	Profundidad de zapata medida desde la superficie del terreno hasta la parte baja de la zapata.
Ductilidad	Capacidad de deformarse, sin fractura en el rango inelástico, lo cual se presenta en algunos materiales.
Esbeltez	Relación entre el ancho y longitud de un elemento que resiste fuerzas a flexo-compresión.

Envolvente	Diagrama de momentos donde se superponen los momentos producidos en la estructura, por las combinaciones de cargas, para determinar cuales son los momentos críticos y proceder a diseñar los elementos de la estructura con ellos.
Esfuerzo	Magnitud de una fuerza por unidad de área.
Efecto de esbeltez	Es la reducción de resistencia de elementos estructurales, cuya relación longitud-peralte es grande cuando son sometidos a compresión axial o flexo-compresión.
Estribo	Elemento de una estructura, elaborado de acero; su función es resistir el esfuerzo cortante.
Estructura	Ordenamiento de un conjunto de elementos encargados de resistir los efectos de las fuerzas externas de un cuerpo físico. También es un sistema de elementos que se combinan de una forma ordenada para cumplir una función determinada.
Excentricidad	Es la distancia que separa el centro de masa del centro de rigidez.
Fatiga	Estado que presenta un material después de estar sometido a esfuerzos de forma repetida, por encima de su límite de tenacidad.

Físico-químico	Análisis que determina el color, olor, turbiedad, temperatura, sabor, dureza y parámetros químicos del agua.
Fluencia	Fenómeno que caracteriza a un material cuando sufre grandes deformaciones al ser sometido a un esfuerzo constante antes de producirse la falla.
Momento	Esfuerzo al que está sometido un cuerpo, resultado de la aplicación de una fuerza a “x” distancia de su centro de masa.
Microbiológico	Relativo a la microbiología; ciencia que estudia los microbios.
Patógeno	Que contamina y genera enfermedades.
Pérdida de carga	Pérdida de presión en la tubería.
Peso específico	Es el peso por unidad de volumen.
Periodo de diseño	Tiempo durante el cual un sistema de agua potable o en general una obra de infraestructura prestará un servicio eficiente.
Presión	Fuerza ejercida sobre una superficie.
Rigidez	Resistencia de un elemento estructural a la deformación.

SEAOC

Structural Engineers Association of California
(Asociación de Ingenieros Estructurales de
California).

RESUMEN

Este trabajo tiene la propuesta del diseño de un edificio escolar y de un sistema de sistema de distribución de agua potable, con el objetivo de satisfacer las necesidades prioritarias de las comunidades de la aldea Santa Marta y de Puerto Viejo. La primera fase del trabajo de graduación contiene una investigación del municipio del Puerto de Iztapa de tipo monográfico y un diagnóstico sobre las necesidades de servicios básicos de la infraestructura.

En la segunda fase del trabajo se plantea el diseño de cada proyecto de acuerdo a la metodología utilizada para analizar las características que presentan los proyectos. El edificio escolar se diseñó para que se construyera con marcos rígidos, puesto que es un proceso constructivo que no es complejo; para el sistema de distribución de agua potable se diseñó para que funcione a través de un sistema de circuito cerrado por considerarlo adecuado para el lugar.

Además se presentan las conclusiones, recomendaciones, planos y presupuestos, para que los proyectos se realicen de forma apropiada.

OBJETIVOS

General

Diseñar el sistema de abastecimiento de agua potable para la aldea Puerto Viejo y edificio escolar para la aldea Santa Marta, municipio del Puerto de Iztapa, departamento de Escuintla.

Específicos

1. Desarrollar una investigación de tipo monográfica y un diagnóstico sobre necesidades de infraestructura y servicios básicos del municipio del Puerto de Iztapa, departamento de Escuintla.
2. Capacitar a los miembros del Consejo Comunitario de Desarrollo (COCODES) de la aldea Puerto Viejo y aldea Santa Marta, para que puedan proporcionar el mantenimiento básico de los proyectos de agua potable e instalaciones del edificio escolar.

INTRODUCCIÓN

Esta investigación contiene la metodología utilizada para diseñar tanto el sistema de abastecimiento de agua potable como el edificio escolar, las cuales son las necesidades que cada comunidad priorizó.

El diseño del sistema de abastecimiento de agua potable planteado para la aldea Puerto Viejo, comprende la distribución del servicio de agua potable a través de un circuito cerrado, se tomó en cuenta como factor principal el caudal de consumo por vivienda; aprovechando que la comunidad posee un pozo mecánico y un tanque elevado en perfectas condiciones, los costos de inversión del proyecto serán bajos.

Con respecto al diseño del edificio escolar se hizo para que funcionara con marcos rígidos, tiene un área de construcción de 597,80 metros cuadrados distribuida en dos niveles. Este edificio se analizó a través del método Kani, donde se tomaron en cuenta diversos factores de acuerdo a la característica del lugar.

Cada uno de estos diseños fue elaborado con base en conocimientos adquiridos durante el proceso de estudio realizado en la Escuela de Ingeniería Civil, con el fin de beneficiar a las comunidades del municipio del Puerto de Iztapa.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1. Monografía de la aldea Puerto Viejo

Es una de las aldeas más cercanas a la centro del municipio del Puerto de Iztapa, se puede acceder a la aldea desde calle pavimentada o por el río María Linda que delimita su jurisdicción.

1.1.1. Aspectos físicos

Límites y colindancias

La aldea Puerto Viejo, colinda al oeste con el Canal de Chiquimulilla, norte con aldea Atitancito, este con el Océano Pacífico; y al sur, con río María Linda.

Vías de acceso

La principal vía de acceso con el municipio del Puerto de Iztapa, es a través de una calle principal pavimentada, la cual conduce hacia la aldea Monterrico jurisdicción del municipio de Taxisco, departamento de Santa Rosa.

Clima

Su clima se clasifica como cálido, ya que está ubicado en la zona del Pacífico del país. Es una de las áreas del departamento con mayor precipitación en época de invierno. Su climatología anual se detalla de la siguiente manera: temperatura media 27,6 grados Celsius, precipitación anual

máxima 38 grados Celsius, mínima 18,6 grados Celsius, humedad relativa 75 por ciento, velocidad del viento 7,2 kilometro/hora.

Población e idioma

Según el Censo 2009, realizado por el Centro de Salud de Iztapa, la población es de 640 habitantes y el 100 por ciento de la población habla español.

Tipo de vivienda

El 80 por ciento de las viviendas son consideradas formales con techo de palma y/o lámina de zinc y el otro 20 por ciento vive en casas no formales con techo de palma. Este último tipo de vivienda consiste en paredes construidas con las varas de la palma utilizada para el techo de la misma. Es importante mencionar que este tipo de vivienda es tradicional y adecuada para climas calurosos.

Actividades económicas

La principal actividad económica es la pesca artesanal en el mar del Pacífico, de esta actividad se derivan otras como por ejemplo, el comercio con marisco.

Servicios públicos

El servicio de energía eléctrica cubre el 95 por ciento de la comunidad, sólo las calles y avenidas principales del casco urbano de la aldea cuentan con alumbrado público. El parcelamiento cuenta con una escuela primaria, donde

asisten por la mañana el 100 por ciento de la población de niños en edad escolar; los jóvenes que están en el nivel secundario, acuden al instituto de educación básica que funciona por las tardes, en la sede de la escuela.

La comunidad no cuenta con puesto de salud, sin embargo por estar relativamente cercana a la cabecera municipal, los habitantes acuden al Centro de Salud tipo “B”; el cual es atendido las 24 horas.

Topografía e hidrografía

La topografía del lugar es plana, esta es una característica de las áreas costeras del país. La comunidad de Puerto Viejo tiene la ventaja de no inundarse en invierno, a pesar de estar rodeada de fuentes hídricas.

1.1.2. Ubicación y localización

El municipio del Puerto de Iztapa se encuentra a 125 kilómetros al sur de la ciudad capital, en lo que a coordenadas geográficas se refiere se encuentra: Latitud: 13 grado 55 minutos 45 segundos’, Longitud: 90 grados 42 minutos 58 segundos’, y a una Altitud de 2 metros sobre el nivel del mar.

En 1800 aproximadamente se menciona la existencia de la aldea Puerto Viejo y se relaciona con las actividades de un astillero naval, donde don Pedro de Alvarado construyó tres naves, de allí se deriva el nombre de la laguna don Pedro de Alvarado; la cual recibe agua del río María Linda, a través de un zanjón (canal) que los comunica.

Este zanjón le distribuye agua a la laguna de nombre Majagual, que se encuentra antes que la laguna don Pedro de Alvarado. La primera se ubica al

sur de la aldea Puerto Viejo y la segunda se ubica al este de la aldea Puerto Viejo. Se le da el nombre de Majagual al zanjón, derivado del nombre de la laguna. Esta aldea fue fundada en 1900 aproximadamente.

La urbanización de la aldea se llevó a cabo en 1965, lográndose la introducción del fluido eléctrico en 1977. Actualmente la aldea cuenta con una extensión territorial de 1 kilómetro cuadrado aproximadamente y con una población de 697 habitantes, 11,60 por ciento de ellos son niños y su crecimiento poblacional es de 0,02 por ciento anual.

La aldea se encuentra ubicada a 1,5 kilómetros al Sureste del edificio municipal, accedendo a ella por carretera pavimento, la cual atraviesa la Colonia 20 de Octubre y el río María Linda, a las dos comunidades las comunica el puente Verónica Mishell, el cual fue construido en el 2007 por la Municipalidad del Puerto de Iztapa.

Figura 1. Mapa topográfico del municipio del Puerto de Iztapa



Fuente: Instituto Geográfico Nacional (IGN) Hoja cartográfica Puerto de Iztapa.

La estación meteorológica más cercana al municipio del Puerto de Iztapa, se encuentra ubicada en el municipio del Puerto de San José; ésta maneja datos relevantes de esa zona del país, desde 1990 hasta 2008; los datos encontrados en esta estación están: temperatura media, lluvia en mm, presión atmosférica, lluvia en días, etc.

1.2. Investigación diagnóstica sobre necesidades de servicios básicos e infraestructura la aldea Puerto Viejo

La mayoría de las comunidades del municipio del Puerto de Iztapa, tienen varias necesidades que no han sido solucionadas por la municipalidad, que es el ente encargado de velar por satisfacer las necesidades de cada comunidad.

1.2.1. Descripción de necesidades

En la actualidad la aldea Puerto Viejo, cuenta con un pozo mecánico y un tanque elevado, sin embargo no existe un sistema de distribución de agua potable, que les brinde el servicio a los habitantes de la comunidad. Para obtener el vital líquido la mayor parte de las familias posee un pozo artesanal, el cual les provee de agua, aunque esta no es potable, es consumida y utilizada para diversos usos.

En la aldea Puerto Viejo existen más necesidades, que requieren ser atendidas, entre estas, alcantarillado sanitario, tratamiento y disposición de la basura. Aunque estas necesidades no son catalogadas como prioritarias en el municipio, es necesario crear proyectos para contrarrestar estos problemas que afectan a la comunidad.

1.2.2. Evaluación y priorización de necesidades

Para la comunidad de la aldea Puerto Viejo, el no contar con un acceso al servicio de agua potable, es un problema primordial que lo han tratado de solventar cada una de las familias a través de la construcción de pozos artesanales. De esa manera ponen en riesgo su salud, puesto son vulnerables a contraer enfermedades por el consumo de agua sin ningún tratamiento para su potabilización; por lo que este problema se convierte en uno de los problemas primordiales para solucionarlo.

La opción de seleccionar el diseño de un edificio para recibir clases de nivel básico los jóvenes que promedian edades de 12 a 15 años, es una prioridad dentro la comunidad, puesto que el 60 por ciento de la población de la aldea Santa Marta son jóvenes. Por lo tanto esto contribuirá a mejorar las condiciones actuales donde reciben clases, las cuales son desfavorables para recibir clases e influye en la tasa de deserción a nivel básico del municipio.

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

2.1. Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable

El diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable debe considerar tecnologías simples, adaptadas a la necesidad de las comunidades y con especial atención debe darse a la facilidad de la operación y mantenimiento del mismo.

2.1.1. Descripción general del proyecto

La red de distribución proyectada para esta comunidad es un circuito cerrado formando dos mallas. Su dimensionamiento se realizará con base a cálculos hidráulicos que aseguren el caudal y presión adecuada en cualquier punto de la red debiendo garantizar en lo posible presiones adecuadas, para el correcto funcionamiento.

Para el análisis hidráulico del sistema de distribución de agua potable que se diseñara, se utilizará el método de Hardy Cross; puesto que las características urbanísticas de la comunidad son adecuadas para diseñar el sistema por este método. Para el cálculo hidráulico de las tuberías, se utilizarán fórmulas racionales, tales como las de Hazen y Williams.

El proyecto se diseñara con dos mallas y 13 líneas secundarias, de los cuales se harán las conexiones prediales, para abastecer a las viviendas. En este sistema se empleará tubería de cloruro de polivinilo (PVC), clase 125 libra

sobre pulgada cuadrada (PSI). También se incorporará un tratamiento a base de pastillas de tricloro.

2.1.2. Aforos, dotación y tipo de servicio

Aforos

El aforo del pozo proporcionó los datos que servirán como base para el diseño del sistema:

Profundidad del pozo	120 pie
Altura del brocal al tanque	71,82 pie \approx 19,00 metros
Distancia del brocal al tanque	541.20 pie \approx 65,00 metros
Tubería instalada en la conducción	3" PVC
Producción estimada	155,87 gpm \approx 9,82 litro/segundo

Dotación

Cantidad de agua potable asignada a un organismo operador a cada usuario del servicio, considerando su necesidad de uso, así como las pérdidas y los consumos públicos en un día. Se expresa en litros/habitante/día. Esta dotación es una consecuencia del estudio de las necesidades de agua de una población, quien la demanda por los usos siguientes: para saciar la sed, para el lavado de ropa, para el aseo personal, la cocina, para el aseo de la habitación, para el riego de calles, para los baños, para usos industriales y comerciales, así como para el uso público.

La dotación no es una cantidad fija, sino que se ve afectada por un sin número de factores que la hacen casi característica de una sola comunidad; sin

embargo, se necesita conocer de ante mano estos factores para calcular las diferentes partes de un proyecto.

Según la Unidad Ejecutora del Programa de Acueductos Rurales (UNEPAR), la dotación mínima para el diseño de proyectos de agua potable es la siguiente:

Tabla I. **Dotación de agua potable**

Tipo de zona	Clima	Dotación (l/h/d)	Tipo de conexión
Rural		40-60	Llena cántaros
	Frío	60-90	Predial
	Cálido	90-120	Predial
Urbana	Frio	120-150	Domiciliar
	Cálido	150-200	Domiciliar
Metropolitana		200-300	Domiciliar

Fuente: Unidad Ejecutora del Programa de Acueductos Rurales (UNEPAR).

De acuerdo a las características y condiciones que presenta la zona donde pertenece la aldea Puerto Viejo, se tomará una dotación de 120 litro/habitante/día.

Tipo de conexión

El tipo de servicio más recomendable, desde el punto de vista de higiene y salud para el área rural, tomando en cuenta a la vez razones económicas, es la conexión predial. La instalación predial se recomienda para comunidades rurales concentradas y dispersas, con nivel socioeconómico medio, además

consiste en un solo chorro instalado en el patio de cada inmueble de la comunidad.

2.1.3. Tasa de crecimiento y población actual

Para estimar la población futura para el período de diseño adoptado, se tomaron como base los censos realizados en el 2007 y 2008, por el Centro de Salud del Puerto de Iztapa; ya que son los datos más actualizados con que se cuenta. La tasa de crecimiento poblacional de la aldea Puerto Viejo es de 2,3 por ciento y la población actual es de 640 habitantes, según la investigación de campo realizada.

2.1.4. Período de diseño, población futura

Se entiende por periodo diseño el tiempo en el cual se estima que las obras por construir serán eficientes. El período de diseño es menor que la vida útil o sea el tiempo que razonablemente se espera que la obra sirva a los propósitos sin tener gastos de operación y mantenimiento elevados que hagan antieconómico su uso o que se requieran ser eliminadas por insuficientes.

Para efectuar la elaboración de un proyecto de abastecimiento de agua potable es necesario determinar la población futura de la localidad, así como de la clasificación de su nivel socio económico. Igualmente se debe distinguir si son zonas comerciales o industriales.

La población actual se determina en base a los datos proporcionados por el Instituto Nacional de Estadística (INE), tomando en cuenta los últimos censos

disponibles para el proyecto hasta el año de realización de los estudios y proyectos.

La forma más conveniente para determinar la población del proyecto o futura de una localidad se basa en su pasado desarrollo, tomado de los datos estadísticos. Los datos de los censos de población pueden adaptarse a un modelo matemático, como son:

- Aritmético
- Geométrico
- Extensión gráfica
- Fórmula de Malthus
- Método aritmético

Este procedimiento se hace para averiguar los aumentos absolutos que ha tenido la población y determinar el crecimiento anual promedio para un periodo fijo y aplicarlos en años futuros.

Las especificaciones técnicas para el Diseño de Abastecimiento de Agua Potable a Zonas Rurales del Instituto de Fomento Municipal (INFOM) recomiendan un periodo de diseño de 20 años para acueductos rurales.

Para el proyecto se consideró un período de diseño de 22 años, incluyendo dos años de trámites administrativos y construcción del sistema.

Cálculo de la población futura

Para el cálculo de la población futura se aplicó el método geométrico, por ser el modelo que mejor se adapta al crecimiento de poblaciones en vías de desarrollo.

$$Pf = P_0 \times (1 + r)^n$$

Donde: P_0 = población actual

r = tasa de crecimiento poblacional

n = período de diseño

Pf = población futura

Datos: P_0 = 640 habitantes

r = 2,3 %

n = 22 años

$$Pf = 640 \times (1 + 0.023)^{22} = 1\ 056 \text{ habitantes}$$

2.1.5. Factores de consumo y caudal

Lo más importante a tomar en cuenta a la hora de diseñar un sistema de agua potable, es satisfacer las demandas en el consumo de agua de los habitantes de la comunidad.

Por la falta de registros de consumo de agua potable en las comunidades, el Instituto de Fomento Municipal sugiere que el caudal máximo diario, será el producto de multiplicar el caudal medio diario por un factor, que oscile entre 1,2

y 1,5 para poblaciones futuras menores de 1 000 habitantes y 1,2 para poblaciones futuras mayores de 1 000 habitantes, para este proyecto se adoptó un factor de 1,2.

El factor de hora máxima es de 2,0 a 3,0, para poblaciones futuras menores de 1 000 habitantes y 2,0 para poblaciones mayores de 1 000 habitantes, para este caso se adoptó 2,0.

2.1.5.1. Caudal medio diario

Es la cantidad de agua que consume la población durante un día (24 horas), obtenido como promedio de los consumos diarios en el período de un año. Se calcula según la siguiente expresión:

$$Q_m = \frac{D * P}{86400}$$

Donde: Q_M = caudal medio en litro/segundo

D = 120 litro/habitante/día

P = número de habitantes futuros

$$Q_M = \frac{1056 * 120}{86400} = Q_M = 1,46 \text{ litro/segundo}$$

2.1.5.2. Caudal máximo diario

Se define como el máximo consumo de agua durante 24 horas, observado en el período de un año, se utiliza para diseñar la línea de conducción.

F_{DM} = factor de día máximo

F_{DM} = 1,2 adoptado

$$Q_{MD} = Q_M * F_{DM} = 1,46 * 1,2 = Q_{MD} = 1,75 \text{ litro/segundo}$$

2.1.5.3. Caudal de hora máxima

El caudal máximo horario es aquel que se define como el máximo consumo de agua observado durante una hora del día en el período de un año.

$$Q_{MH} = Q_M * F_{HM}$$

Donde: Q_{MH} = caudal máximo horario (litro/segundo)

Q_M = caudal medio diario (litro/segundo)

F_{HM} = factor de hora máximo, adoptado 2,0

$$Q_{MH} = 1,46 * 2,0 = Q_{MH} = 2,92 \text{ litro/segundo}$$

Caudal de bombeo

$$Q_B = (Q_{MD}) * (24 \text{ h/d}) / (\text{número de horas/diarias de trabajo})$$

$$Q_B = (1,75) * (24) / (8) = Q_B = 5,25 \text{ litro/segundo}$$

Caudal de vivienda

Es la cantidad estimada de agua para el consumo de los habitantes de una vivienda. Se calcula dividiendo el caudal máximo horario dentro del total de viviendas que abastecerá el proyecto.

$$Q_V = Q_{MH} / \text{Total de viviendas del proyecto}$$

Donde:

$$Q_v = (2,92 \text{ l/s})/(238 \text{ viviendas})$$

$$Q_v = 0,01227 \text{ l/s}$$

2.1.6. Calidad del agua y sus normas

El agua potable es aquella que bien en su estado natural o después de un tratamiento adecuado, es apta para el consumo humano y no produce ningún efecto perjudicial para la salud. El agua pura es un líquido incoloro, inodoro e insípido. Como muchos otros líquidos, el agua puede existir en estado sobre enfriado, es decir, que puede permanecer en estado líquido aunque su temperatura esté por debajo de su punto de congelación.

El agua destinada para el consumo humano debe ser sometida a una serie de operaciones de tratamiento, para eliminar los agentes patógenos y reducir a niveles insignificantes el resto de contaminantes. Por tanto, al estimar la calidad del agua se deben tener en cuenta diferentes condicionantes como son: protección de fuentes, eficacia del tratamiento y protección de la red de distribución.

Los parámetros del agua son características físicas, químicas, biológicas y radiológicas que permiten detectar cual es el grado de contaminación que presenta el agua, la razón principal de este problema es su estructura molecular que es dipolar, con una constante dieléctrica muy alta superior a cualquier otro líquido. Algunos de estos se utilizan en el control de los procesos de tratamiento realizando mediciones de forma continua o discreta.

Los parámetros se pueden clasificar en cuatro grandes grupos: físico, químico, biológico y radiológico. Sin embargo, para este proyecto se tiene contemplado realizar tres análisis para verificar la calidad del agua.

2.1.6.1. Análisis bacteriológico

Este análisis se realiza para encontrar si los parámetros del agua son indicativos de la contaminación orgánica y biológica; ya que la actividad natural como la humana contribuyen a la contaminación orgánica de las aguas: la descomposición animal y vegetal, los residuos domésticos, detergentes y otros. La bacteria *Escherichia Coli* y el grupo coliforme en su conjunto, son los organismos más comunes utilizados como indicadores de la contaminación fecal. Otros organismos utilizados como indicadores de contaminación fecal son los estreptococos fecales y los clostridios.

Examen bacteriológico

El resultado que proporcionó el análisis fue que: bacteriológicamente el agua NO es potable, según la Comisión Guatemalteca de Normas (COGUANOR) NGO 29001.

De acuerdo a este resultado para la eliminación de bacterias del agua, se realizará a través de la cloración, por ser el método menos costoso, más sencillo de aplicar y eficaz para el tratamiento de potabilización del agua.

Aunque existen otros agentes desinfectantes autorizados (KMnO_4 , O_3 , NH_3 , sales de plata), se va a centrar en el cloro, por ser el más utilizado. Hay tres razones para ello: es barato, fácil de comercializar y tiene un residual sobre el agua.

El efecto residual se refiere a su capacidad oxidante que hace que reaccione con determinados compuestos del agua (amoníaco, hierro, manganeso y sulfuros) mejorando su calidad. Efectos adversos derivados de

una concentración elevada de cloro: intensificar el sabor y el color de compuestos orgánicos como los fenoles, formación de compuestos organoclorados (ej. cloroformo HCCl_3) son potencialmente cancerígenos, formación de compuestos combinados con amoníaco y aminas que afectan a la vida acuática.

En el proceso de cloración se forman dos tipos de cloro residual:

- Cloro residual libre: cloro molecular Cl_2 , ácido hipocloroso HClO , anión hipoclorito ClO^- . La proporción entre ellos depende del pH y de la temperatura. Cuando el pH es menor de 2 predomina Cl_2 . Cuando el pH está entre 4-6 predomina HClO que es la forma más desinfectante más activa. Cuando el pH es mayor de 10 predomina ClO^- que prácticamente es inactiva como desinfectante
- Cloro residual combinado: se forma al reaccionar con amoníaco y compuestos nitrogenados (cloroaminas). Tiene un efecto desinfectante más lento y menos poder oxidante que el cloro libre.

Los niveles de cloro residual en el agua establecidos son:

0,4 miligramos/litro agua de bebida

0,6 - 0,8 miligramos/litro agua de piscinas

2.1.6.2. Análisis químico sanitario

Son aquellas pruebas de laboratorio que se efectúan a una muestra para determinar las características físicas del agua tales como: el aspecto, color, olor, sabor, pH y dureza.

Examen físico químico sanitario

Desde el punto de vista de la calidad física: el agua se encuentra dentro de los límites máximos aceptables de normalidad, según Norma Comité Guatemalteco de Normas –COGUANOR– NGO 29001.

2.1.7. Fórmulas, coeficientes y diámetros de tuberías

Pérdida de carga

Es la energía perdida por un paso unitario de agua a causa de la resistencia superficial dentro del conducto (tubería), energía mecánica que es convertida en energía térmica irrecuperable. Las pérdidas de carga se obtienen a través de la fórmula de Hazen–Williams.

$$H_f = \frac{(1743.811)(L)(Q)^{1.85}}{(C)^{1.85}(D)^{4.87}}$$

Donde: H_f = pérdida de carga (metro)

C = coeficiente de fricción interno (adimensional)

D = diámetro interno (pulgada)

L = longitud de diseño (metro)

Q = caudal (litro/segundo)

La velocidad del agua dentro de las tuberías, se encuentra por medio de la ecuación de continuidad.

$$V = \frac{Q}{A}$$

Donde: V = velocidad del fluido (metro/segundo)

Q = caudal (metro cúbico/segundo)

A = área interna del tubo (metro cuadrado/segundo)

D = diámetro interno (metro)

El rango de velocidades para el diseño se manejará de acuerdo con los siguientes valores.

Mínima 0,60 metro/segundo

Máxima 3,00 metro/segundo

Coeficiente de fricción (C)

Es el valor de la resistencia que ofrece la superficie interna de una tubería a la circulación de un líquido, este coeficiente para tubería de PVC tiene un valor de 150.

Para fines de diseño, es importante utilizar el diámetro interno de una tubería, ya que representa el valor real de una tubería, no así el valor del diámetro comercial.

2.1.8. Presiones y velocidades

La presión en el diseño hidráulico se mide en metros por columna de agua.

Donde: 1 MCA = 1 422 libra/pulgada² (PSI en siglas inglesas)

10 MCA = 1 kilogramo/centímetro cuadrado

La presión en un punto determinado dentro del sistema es la diferencia entre la cota piezométrica y la cota del terreno.

Existen dos tipos de presiones: presión dinámica y presión estática. La presión dinámica contempla pérdidas de energía por la rugosidad del material, al estar en contacto con el líquido en movimiento. La presión estática asume que el líquido se encuentra en reposo y no asume pérdidas de energía.

Los datos de ambas presiones son indispensables para conocer a que esfuerzo estarán sometidos los elementos del proyecto.

2.1.9. Levantamiento topográfico

Los levantamientos topográficos se realizan con el fin de determinar la configuración del terreno y la posición sobre la superficie de la tierra, de elementos naturales o instalaciones construidas por el hombre. En un levantamiento topográfico se toman los datos necesarios para la representación gráfica o elaboración del mapa del área en estudio.

Las herramientas necesarias para la representación gráfica o elaboración de los mapas topográficos, dependerá del tipo de levantamiento a utilizar. En las proyecciones topográficas se distinguen dos partes: planimetría y altimetría.

2.1.9.1. Planimetría

Es la parte de la topografía que comprende los métodos y procedimientos que tienden a conseguir la representación a escala, sobre una superficie plana, de todos los detalles interesantes del terreno prescindiendo de su relieve.

Para este proyecto se aplicó el método de conservación de azimut y el quipo utilizado fue: teodolito Wild T-1, estadal y cinta métrica.

2.1.9.2. Altimetría

Es la parte de la topografía que comprende los métodos y procedimientos para determinar y representar la altura o cota de cada uno de los puntos respecto a un plano de referencia. Con ella se consigue representar el relieve del terreno.

Para este proyecto se utilizó un nivel de precisión Wild, estadal y cinta métrica.

2.1.10. Diseño hidráulico del sistema

Para facilitar los procedimientos del diseño hidráulico del sistema de distribución de agua potable se elaboró una hoja electrónica con los siguientes datos: tramos (longitudes de tuberías sin cambio de diámetro), cotas de terreno, distancia horizontal, número de viviendas, caudal de vivienda por tramo, caudal de diseño, constante de fricción, diámetro nominal, diámetro equivalente, pérdida de carga, velocidad, cotas piezométricas, presiones y tipo de tubería.

2.1.10.1. Red de distribución

Un sistema de distribución de agua debe ofrecer un suministro seguro de agua potable en cantidad suficiente y a una presión adecuada para usos domésticos y de protección contra incendios.

Los sistemas de distribución suelen tenderse en forma de red, con conexiones transversales a diversos intervalos. Este sistema de redes de tuberías que forman el sistema de distribución de agua consiste en:

Las conducciones primarias, llamadas con alguna frecuencia arterias principales; forman el esqueleto del sistema de distribución. Se sitúan de tal modo que transportan grandes cantidades de agua desde la estación elevadora a los depósitos y de estos a las diferentes partes del área abastecida.

Las conducciones secundarias transportan grandes cantidades de agua desde las arterias principales a las diferentes áreas para cubrir el suministro normal. Forman anillos o líneas mas pequeñas dentro de las arterias principales entrelazándolas entre si.

La elección del sistema idóneo y funcional, dependerá de las características del lugar poblado, ubicación del tanque de agua potable, etc., desde el punto de vista sanitario es preferible optar por la red mallada; ya que ocasiona menos problemas de contaminación, porque no permite el estancamiento del agua. La urbanización de la comunidad llena los requisitos para diseñar un sistema de distribución a base de mallas y ramales secundarios, por lo tanto se implementará este sistema en dicho lugar.

Es recomendable utilizar un diámetro de tubería de dos pulgadas para la tubería secundaria.

Considerando la altura más pequeña de las edificaciones (viviendas) en las áreas rurales, las presiones generadas en la tubería por la circulación del agua, tendrán los siguientes valores:

- Presión dinámica mínima 10 metros columna de agua, esto sirve para mantener un margen de seguridad en las viviendas, con cotas de terreno más bajas del sistema.
- Presión dinámica máxima 40 metros columna de agua, al tener en un sistema valores mayores, es seguro que provocará daños a los accesorios de cada vivienda.
- Presión estática máxima 80 metros columna de agua; si por razones de funcionamiento del proyecto se dieran mayores presiones dinámicas de lo previsto, se tendrá la certeza de que este margen de presión estática será lo máximo que deberán soportar las válvulas del sistema de distribución.

2.1.10.1.1. Circuito cerrado

Son aquellas redes constituidas por tuberías interconectadas formando mallas, es el tipo de distribución más conveniente ya que permite crear un circuito cerrado logrando un servicio más eficiente y permanente.

Configuración de la red de distribución las redes malladas están constituidas por la matriz de distribución, de las tuberías principales, tuberías secundarias y ramales abiertos. Dentro de este sistema se forman los llamados nodos, los cuales se definen como la intersección de dos tuberías principales.

Los tramos de las tuberías principales no deben ser mayores de 500 a 600 metros.

Para calcular el tipo de sistema (circuito cerrado) propuesto para el proyecto, se utiliza el método de aproximaciones sucesivas de Hardy-Cross, este es un método de aproximaciones sucesivas por el cual sistemáticas correcciones se aplican a los flujos originalmente asumidos (Gastos de tránsito) hasta que la red esté balanceada. Utiliza la convención del signo positivo (+) para las pérdidas de carga de gastos que circulan en el sentido de las agujas del reloj y signo menos (-) en caso contrario.

El método se fundamenta en el cumplimiento de dos leyes:

Ley de continuidad de masa en los nudos: la suma algebraica de los caudales en un nudo, debe ser igual a cero.

$$\sum_{j=1}^m (Q_{ij} + q_i) = 0$$

Donde: Q_{ij} = caudal que parte del nudo i o que fluye hacia dicho nudo

q_i = caudal concentrado en el nudo i

m = número de tramos que confluyen al nudo i

Ley de conservación de la energía en los circuitos: la suma algebraica de las pérdidas de energía, en los tramos que forman un anillo cerrado, debe ser igual a cero.

$$\sum_{\substack{j=1 \\ J=1}}^n h_{ji} = 0$$

Donde, $h_{f ij}$: pérdida de carga por fricción en el tramo T_{ij} .

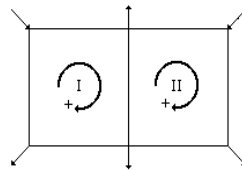
n : número de tramos del circuito i

Esta última ley difícilmente se cumple, por lo que solo se corrigen los caudales que circulan en cada tramo del circuito.

Condiciones generales para la aplicación del método:

- Conviene que la dirección de los caudales siga la pendiente del terreno
- En cada nodo de la malla $\sum Q_{\text{entrada}} = \sum Q_{\text{salida}}$
- Elegir las mallas y un sentido de recorrido

Figura 2. **Diagrama de circuito cerrado**



Fuente: elaboración propia.

- $\sum H_f = 0$; esta condición difícilmente se cumple, por lo que se corrigen los caudales, con la fórmula general:

$$\Delta Q = - \frac{\sum h_f}{n \sum \frac{h_f}{Q}}$$

- En tramos comunes a varios circuitos, se deben aplicar las correcciones (ΔQ) de los otros circuitos con signo cambiado.

- f. La red se considerará compensada, cuando el valor absoluto de todas las correcciones (ΔQ), sea menor al 1 por ciento del caudal de entrada.

Procedimiento:

Dada una malla cerrada, como la que se muestra en la figura 2:

- A. Dividir la red cerrada en un número tal de circuitos cerrados, que asegure que cada tubería está incluida al menos en un circuito.
- B. Conocidos los caudales que entran y salen, atribuir caudales hipotéticos Q , a las diversas tuberías del sistema, de tal manera que se cumpla la ley de continuidad.
- C. Deducir el diámetro de la tubería para cada tramo.
- D. Calcular el valor de pérdida de carga en cada tubería, de acuerdo con la fórmula de Hazen & Williams.
- E. Determinar el valor; $\sum \left| \frac{h_f}{Q} \right|$ para cada circuito cerrado.
- F. Determinar la suma algebraica de las pérdidas de carga en cada circuito y verificar si se cumple con la condición de la ley de la conservación de la energía. Por lo general, en las primeras iteraciones esto no se cumple.
- G. Determinar el caudal de corrección, ΔQ que se debe aplicar a cada flujo supuesto en los circuitos, con la ecuación descrita en la condición d.:
- H. Para un circuito:
- $$\Delta Q = - \frac{\sum h_f}{n \sum \left| \frac{h_f}{Q} \right|}$$
- I. Corregir los gastos con: $Q = Q_2 + \Delta Q$
- J. Repetir el proceso iterativo a partir del numeral 4.
- K. Cuando las condiciones sean inferiores al valor indicado, calcular los caudales y las pérdidas finales.
- L. Calcular las presiones en la red.

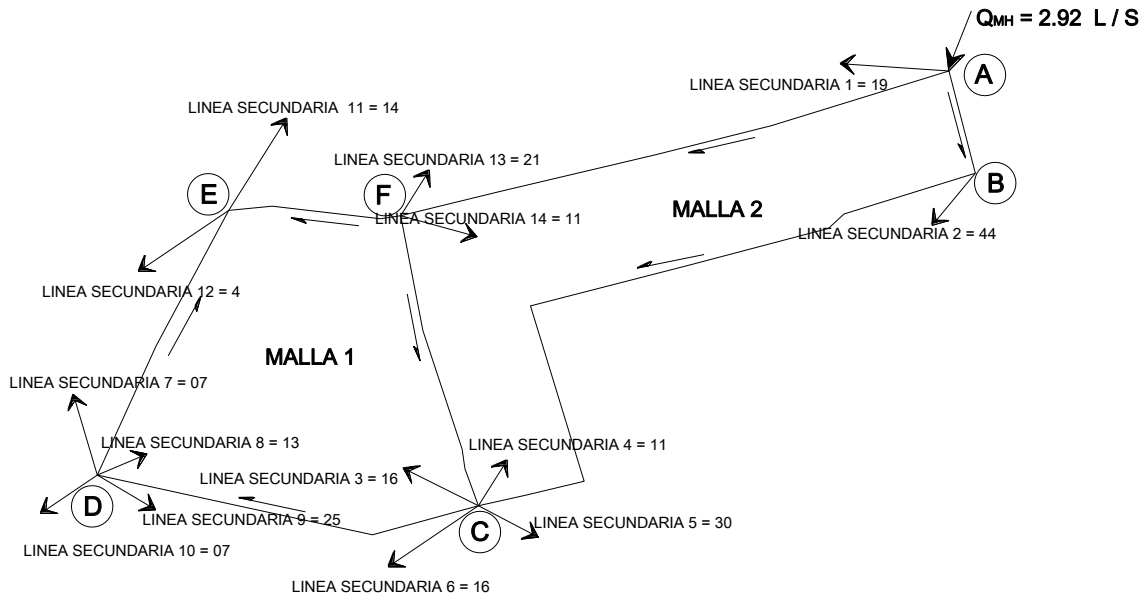
Se tomará como ejemplo el tramo A-B del circuito cerrado, este tramo pertenece a la malla I del proyecto; los datos necesarios para hacer todo el cálculo están en las siguientes tablas.

Tabla II. **Conexión de viviendas en las tuberías secundarias**

LÍNEA SECUNDARIA	No. DE CASAS CONECTADAS A LAS LÍNEAS SECUNDARIAS	CAUDAL DE DISEÑO	PUNTO	COTA
		l/s		M
1	19	0,01227	A	100,73
2	44	0,01227	B	99,76
3	16	0,01227	C	100,13
4	11			
5	30			
6	16			
7	07	0,01227	D	100,10
8	13			
9	25			
10	07			
11	04	0,01227	E	100,00
12	14			
13	21	0,01227	F	100,45
14	11			
TOTAL DE CASAS CONECTADAS	238			

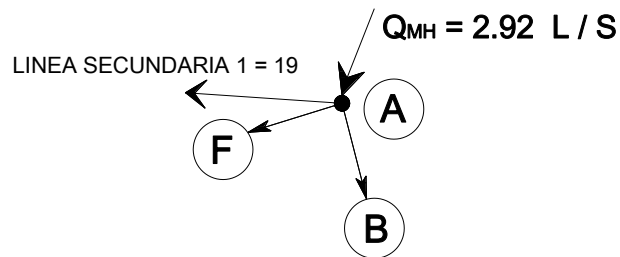
Fuente: elaboración propia.

Figura 3. Distribución de agua potable a través de un circuito cerrado



Fuente: elaboración propia.

Figura 4. Diagrama de distribución de caudal en el nodo A



Fuente: elaboración propia.

$$Q_{\text{Máximo Horario}} = Q_E = 2,92 \text{ l/s}$$

$$Q_E = \sum Q_S$$

$$Q_E = Q_{LS1} + Q_{AB} + Q_{AF}$$

$$Q_{AB} = Q_E - (Q_{LS1} + Q_{AF})$$

Donde: Q_E = caudal de entrada en el nodo A

Q_{AB} = caudal del tramo AB

Q_{AF} = caudal del tramo AF

Q_{LS1} = caudal en la línea secundaria numeral 1

Caudales asumidos de acuerdo con la distribución de caudales, y al número de casas conectadas en el tramo: Q_{AF}

Q_{LS1} = caudal de vivienda (Q_v) * casas conectadas en línea secundaria 1

$$Q_{LS1} = (0,01227 \text{ l/s}) * (19) = 0,23313 \text{ l/s}$$

$$Q_{AB} = 2,92 - (0,23313 + 1,2609)$$

$$Q_{AB} = 1,42332 \text{ l/s}$$

Datos para el cálculo del diámetro de la tubería para el tramo AB de la malla 1.

L_{AB} = distancia entre el punto A y B = 66,60 m

Q_{AB} = caudal de salida hacia el punto B = 1,264 l/s

$\Delta H_{f_{AB}}$ = diferencia de altura entre los puntos A y B

$$D_{AB} = \left[\frac{1743,811141 \times L_{AB} \times Q_{AB}^{1,85}}{(H_A - H_B) \times C^{1,85}} \right]^{1/4,87}$$

$$D = \left[\frac{1743,811141 \times 66,60 \times 1,264^{1,85}}{(100,73 - 99,76) \times 150^{1,85}} \right]^{1/4,87}$$

$D_{AB} = 1,80$ pulgadas

$D_{AB} = 2,00$ pulgadas (diámetro comercial)

Tabla III. **Diámetros de la tubería utilizada en los tramos**

CÁLCULO DE DIÁMETRO PARA CIRCUITOS					
TRAMO	LONGITUD	CAUDAL	ΔALTURA	Ø	Ø APROXIMADO
	M	l/s	M	Pulgada	plg
AB	66,60	1,264	0,97	1,80	2
CB	479,30	0,724	0,37	2,66	3
CD	247,50	0,736	0,03	3,91	4
DE	186,70	0,098	0,10	1,34	1,5
FE	109,50	0,123	0,45	0,96	1,5
FC	190,30	0,908	0,32	2,47	3
AF	358,60	1,423	0,28	3,43	4

Fuente: elaboración propia.

Se tomará el diámetro de la tubería del tramo AB de la MALLA 1, para encontrar la pérdida generada por la fricción a lo largo del tramo de la tubería entre los puntos A y B. Para este cálculo nuevamente se utilizará la fórmula de Hazen-Williams.

$$H_f = \frac{(1743,811 * (Q) * (L)^{1,85}}{(C)^{1,85} * (\phi)^{4,87}}$$

$$H_f = \frac{(1743,811 * (1,264) * (66,60)^{1,85}}{(150)^{1,85} * (2)^{4,87}}$$

$$H_f = 0,577 \text{ m}$$

En la tabla IV se muestran las pérdidas de carga en los tramos que forman los circuitos.

Tabla IV. **Pérdidas en la tubería utilizada en los tramos**

PÉRDIDAS EN LA TUBERÍA				
TRAMO	LONGITUD	CAUDAL	DIÁMETRO	PÉRDIDAS
	m	l/s	pulgada	M
AB	66,60	1,264	3	0,577
CB	479,30	0,724	3	0,206
CD	247,50	0,736	4	0,027
DE	186,70	0,098	1,5	0,058
FE	109,50	0,123	1,5	0,052
FC	190,30	0,908	3	0,124
AF	358,60	1,423	4	0,132

Fuente: elaboración propia.

Luego de obtener todos los datos para el diseño es fundamental realizar el balance en el sistema de abastecimiento, para equilibrar los caudales que circulan en los circuitos cerrados.

Tabla V. **Método de Hardy-Cross (balance de caudales)**

MÉTODO DE CROSS (BALANCE DE CAUDALES EN EL CIRCUITO)									
CIRCUITO	TRAMO	LONGITUD <i>L</i>	DIÁM. <i>D</i>	CAUDAL <i>Q</i>	PÉRDIDA <i>H_f</i>	<u>PÉRDIDA</u> CAUDAL <i>H_f / Q</i>	Δ		
1	FA	358,60	4	1,423	0,132	0,093	0,209		
	AB	66,60	3	1,264	0,080	0,063	0,209		
	BC	479,30	3	-0,724	-0,206	0,284	0,209		
	CF	190,30	3	0,908	-0,124	-0,137	0,209	- (0,027)	0,182
					-0,117	0,304			
2	FC	190,30	3	0,908	0,124	0,137	0,027	- (0,209)	- 0,182
	CD	247,50	4	0,736	0,027	0,037	0,027		
	DE	186,70	1,5	0,098	-0,058	-0,592	0,027		
	EF	109,50	1,5	0,123	-0,052	-0,420	0,027		
					0,042	-0,839			

Fuente: elaboración propia.

A continuación se corrige el caudal del sistema, aplicando la siguiente fórmula en cada tramo de los circuitos:

$$\therefore \Delta Q = - \frac{\sum h_f}{n \sum \left| \frac{h_f}{Q} \right|}$$

$$\Delta_1 = - \frac{-0,117}{1,85 * 0,304}$$

$$\Delta_1 = 0,209$$

$$\Delta_2 = - \frac{-0,042}{1,85 * -0,839}$$

$$\Delta_2 = 0,027$$

$$|\Delta_1| \ \& \ |\Delta_2| < 0,01 * 2,92 = 0,0292$$

Tabla VI. Continuación método de Hardy-Cross (Primera Iteración)

PRIMERA ITERACIÓN									
CIRCUITO	TRAMO	LONGITUD <i>L</i>	DIÁM. <i>D</i>	CAUDAL <i>Q_i</i>	PÉRDIDA <i>H_f</i>	PÉRDIDA CAUDAL <i>H_f / Q</i>	Δ		
1	FA	358,60	4	1,632	0,171	0,105	0,016		
	AB	66,60	3	1,473	0,106	0,072	0,016		
	BC	479,30	3	-0,515	-0,110	0,213	0,016		
	CF	190,30	3	1,090	-0,174	-0,160	0,016	- (-0,027)	0,043
					-0,007	0,230			
2	FC	190,30	3	0,726	0,082	0,113	-0,027	- (0,016)	-0,043
	CD	247,50	4	0,763	0,029	0,038	-0,027		
	DE	186,70	1,5	0,125	-0,091	-0,727	-0,027		
	EF	109,50	1,5	0,149	-0,074	-0,497	-0,027		
					-0,054	-1,073			

Fuente: elaboración propia.

$$\Delta_1 = -\frac{-0,007}{1,85 * 0,230} \quad \Delta_2 = -\frac{-0,054}{1,85 * -1,073}$$

$$\Delta_1 = 0,016 \quad \Delta_2 = -0,027$$

$$|\Delta_1| \& |\Delta_2| < -0,01 * 2,92 = 0,049$$

El caudal no tiene el balance adecuado, se tendrá que compensar nuevamente el sistema hasta que cumpla con la condición f) del método de Hardy-Cross:

Tabla VII. Continuación Método de Hardy-Cross (Segunda Iteración)

SEGUNDA ITERACIÓN						
CIRCUITO	TRAMO	LONGITUD <i>L</i>	DIÁM. <i>D</i>	CAUDAL <i>Q</i> ₂	PÉRDIDA <i>H_f</i>	PÉRDIDA/CAUDAL <i>H_f / Q</i>
1	FA	358,60	4	1,648	0,174	0,105
	AB	66,60	3	1,489	0,108	0,073
	BC	479,30	3	-0,499	-0,1034	0,207
	CF	190,30	3	1,133	-0,187	-0,165
					-0,008	0,220
2	FC	190,30	3	0,683	0,073	0,107
	CD	247,50	4	0,736	0,027	0,037
	DE	186,70	1.5	0,098	-0,058	-0,590
	EF	109,50	1.5	0,149	-0,074	-0,497
					-0,032	-0,942

Fuente: elaboración propia.

$$\Delta_1 = \frac{-0,008}{1,85 * 0,220}$$

$$\Delta_1 = 0,020$$

$$\Delta_2 = \frac{-0,032}{1,85 * -0,942}$$

$$\Delta_2 = -0,018$$

$$|\Delta_1| \& \; |\Delta_2| \leq 0,01 * 2,92 = 0,0292$$

El valor de la corrección en la segunda iteración, es inferior al descrito en el procedimiento, por lo que se puede decir que el sistema esta balanceado. Por consiguiente, se encontrarán las presiones en los nodos de las mallas, utilizando la presión en el punto A de entrada al sistema.

Datos del tanque:

Longitud de tubería de salida del tanque elevado = 12 m

Diámetro de tubería = 3 pulgadas

Caudal de la tubería = 4,19 l/s

Altura del tanque = 15,00 m

Longitud de tubería del tanque al punto A = 221,00 m

Diámetro de tubería de conducción = 4 pulgadas

Cota piezométrica del tanque = $CP_{TANQUE} = COTA_{TANQUE} - H_{fTANQUE}$

$$H_{fTANQUE} = (1\,743,811 \times 2,92^{1,852} \times 12,00) / (3^{4,87} \times 150^{1,852})$$

$$H_{fTANQUE} = 0,067 \text{ m}$$

$$CPz_{TANQUE} = 15,00 \text{ m} - 0,067 \text{ m}$$

$$CPz_{TANQUE} = 14,933 \text{ m}$$

Presión en el punto A = $P_A = CP_{TANQUE} - H_{fA}$

$$H_{fA} = (1743,811 \times 2,92^{1,852} \times 221,00) / (4^{4,87} \times 150^{1,852})$$

$$H_{fA} = 0,31 \text{ m}$$

$$P_A = CPz_{TANQUE} - H_{fA} = 14,933 \text{ m} - 0,31 \text{ m}$$

$$P_A = 14,623 \text{ m}$$

Cota piezométrica A = $CPz_A = h_A + P_A$

$$CPz_A = 100,73 \text{ m} + 14,623 \text{ m} = 115,353 \text{ m}$$

$$CPz_B = CPz_A - H_{fAB} = 115,353 \text{ m} - 0,577 \text{ m} = 114,776 \text{ m}$$

$$P_B = CPz_B - COTA_B = 114,776 \text{ m} - 99,76 \text{ m}$$

$$P_B = 15,016 \text{ m}$$

$$CPz_C = CPz_B - H_{fBC} = 114,776 \text{ m} - 0,206 \text{ m} = 114,57 \text{ m}$$

$$P_C = CPz_C - COTA_C = 114,57 \text{ m} - 100,13 \text{ m}$$

$$P_C = 14,44 \text{ m}$$

$$CPZ_D = CPZ_C - H_{f_{CD}} = 114,57 \text{ m} - 0,027 \text{ m} = 114,54 \text{ m}$$

$$P_D = 114,54 \text{ m} - 100,10 \text{ m}$$

$$P_D = 14,44 \text{ m}$$

$$CPZ_E = CPZ_D - H_{f_{DE}} = 114,54 \text{ m} - 0,058 \text{ m} = 114,482 \text{ m}$$

$$P_E = 114,482 \text{ m} - 100,00 \text{ m} = 14,482 \text{ m}$$

$$CPZ_F = CPZ_A - H_{f_{AF}} = 115,353 \text{ m} - 0,132 \text{ m} = 115,221 \text{ m}$$

$$P_F = 115,221 \text{ m} - 100,45 \text{ m} = 14,771 \text{ m}$$

La red secundaria constará de 11 ramales secundarios, con tubería de dos pulgadas de diámetro, de donde se harán las conexiones prediales, para abastecer a las viviendas.

2.1.10.2. Sistema de desinfección

La desinfección del agua significa la eliminación de las bacterias patógenas y la inactivación de los virus patógenos. En la práctica, la cloración del agua es un método confiable de desinfección en los tratamientos de agua potable y que exitosamente evita la reaparición de bacterias en las tuberías.

Para la desinfección del agua potable, las siguientes maneras pueden ser usadas:

Cloro gaseoso, hipocloritos de sodio y calcio, dióxido de cloro y ozono. El cloro gaseoso, el hipoclorito de sodio, el hipoclorito de calcio y el dióxido de cloro son especialmente convenientes como desinfectantes del agua potable.

Cloro gaseoso: hoy en día, todos los cloradores operan generalmente bajo el principio de vacío total y solamente son usados para la cloración directa. En el tratamiento de agua, cloración indirecta significa que una solución de cloro es producida en sitio utilizando cloro gaseoso y agua. Esta solución sirve como desinfectante.

Hipoclorito de calcio: es un compuesto sólido de cloro, disponible en el comercio en forma de tabletas o de gránulos. Para preparar una solución medidora, se usan sólo gránulos del 65 al 75 por ciento de cloro efectivo, dependiendo del producto.

Tendrá por finalidad proporcionar una solución de cloro a los tanques de distribución de ambos sistemas para mantener la potabilidad del caudal. La concentración de cloro en el tanque deberá garantizar una proporción de cloro residual en el punto más alejado de la red que esté en el rango entre 0,7 y 1,5 partes por millón. Deberá tener las siguientes características:

Alimentación de cloro: se hará con tabletas de hipoclorito de calcio [Ca(OCl)] al 90 por ciento de ingrediente activo y con las siguientes dimensiones para cada tableta: diámetro 3 1/8 pulgada, alto 1 ¼ pulgada, peso 300 gramos. Funcionamiento: deberá ser automático, sin partes móviles, sin requerir energía eléctrica para su funcionamiento, debe permitir el flujo de agua a través de las tabletas de hipoclorito de calcio para formar la solución.

Ubicación del clorador: deberá instalar el clorador en una caja instalada, en la tubería de entrada al tanque elevado y deberá graduarse el flujo para permitir que la cantidad de cloro residual, en el punto más alejado oscile entre 0,7 y 1,5 partes por millón.

Caja para hipoclorador: tiene como finalidad proteger al clorador. En lo posible deberá construirse con materiales locales. Deberá tener una tapadera de registro con pasador y candado. Como referencia tómense como dimensiones interiores 1,00 x 1,00 metro en planta por 1,00 metro de altura.

2.1.10.3. Obras de arte

Las obras de arte en esta área de la ingeniería se le denomina a las construcciones necesarias para captar el agua desde la fuente, realizar un tratamiento previo para luego conducirla, almacenarla y distribuirla a la comunidad en forma regular y segura. Entre estas obras están los túneles, puentes, sifones, cámaras limitadores de presión, cámaras de desagüe, válvulas de aire, dispositivos antiarrietes, etc.

2.1.10.4. Válvulas

Las válvulas dentro de un sistema de acueducto, sirven para abrir y cerrar, conectar y desconectar, regular, modular o aislar el flujo de agua. Para este sistema de abastecimiento se colocaran válvulas de compuerta, en los nodos de las mallas y en las conexiones de las tuberías secundarias.

Válvulas de compuerta: las características principales de esta válvula de compuerta son; cierra el orificio con un disco vertical de cara planamente que se desliza en ángulos rectos sobre el asiento. Se utiliza para abrir o cerrar total el flujo, no es utilizada para regular el caudal de agua y no debe de ser usada frecuentemente.

2.1.10.5. Conexiones prediales

Este es el último componente del sistema de abastecimiento de agua potable y tiene como finalidad, suministrar el líquido en condición aceptable a la población, ya sea a través de un servicio domiciliario o un servicio tipo comunitario (llena cántaros o chorros públicos). Básicamente consiste en una derivación de la tubería de la red, a través de un tubo de diámetro pequeño, generalmente de $\frac{1}{2}$ ó $\frac{3}{4}$ pulgada de poca longitud, que termina en una llave de paso o en un medidor de caudal, para la instalación interna del servicio en el predio.

Para este proyecto las conexiones prediales se harán desde la línea secundaria del circuito cerrado; además, las conexiones incluyen un grifo dentro del terreno de la vivienda.

2.1.11. Propuesta de tarifa

Para utilizar el servicio de agua potable es necesario proponer una tarifa, la cual tendrá que ser aprobada por la comunidad y autorizada por la municipalidad. A continuación se hace un desglose de los gastos necesarios para el funcionamiento del sistema.

Tabla VIII. **Estimación de gastos por funcionamiento**

Gastos por funcionamiento	
Actividad	MONTO/MES
Sueldo de personal (fontanero)	Q. 2 250,00
Pago de luz eléctrica	Q. 2 300,00
Materiales de servicio	Q. 500,00
Tratamiento de agua potable	Q. 792,00
Reserva administrativa	Q. 400,00
TOTAL	Q. 6 242,00

Fuente: elaboración propia.

Tomando en cuenta que el sistema beneficiará a 238 viviendas de la comunidad, se estableció una cuota aproximada de Q. 26,50 por vivienda, que servirá para pagar los gastos; teniendo la municipalidad del Puerto de Iztapa que sufragar los gastos correspondientes al mantenimiento tanto del pozo mecánico, así como del tanque elevado. Sin embargo, esta cuota no ha sido consensuada con la población, para confirmar si es viable su pago.

2.1.11.1. Programa de operación y mantenimiento

Para la operación del sistema se deberá limpiar y desinfectar la tubería instalada antes de su funcionamiento, haciendo correr agua a una velocidad mínima de 0,75 metro/segundo y luego llenar la tubería, utilizando una concentración mínima de 1 miligramo/litro de cloro residual libre, buscando que exista un cloro residual de 0,5 miligramo/litro después de las 24 horas.

Antes de cerrar la zanja de instalación se deberá efectuar una prueba de presión de la tubería instalada, de preferencia entre cada tramo limitado por válvulas, a efecto de comprobar el hermetismo y el cierre de las válvulas, como mínimo deberá elevarse la presión en un 50 por ciento, preferentemente deberá ser cercana a la presión nominal resistente de la tubería, indicada en la misma para comprobar su comportamiento.

2.1.12. Elaboración de planos

Los planos constructivos para el sistema de agua potable, se presentan en el apéndice 1; están conformados por: planta de curvas de nivel, plano de densidad de viviendas, planta general del sistema de distribución de agua potable, planta de isopresiones y detalles constructivos.

2.1.13. Elaboración de presupuesto

El presupuesto se elaboró con base de precios unitarios, tomando como referencia los precios de materiales que se cotizan en el área del Puerto de Iztapa. La mano de obra calificada y no calificada se asignará los salarios que la municipalidad maneja y se aplicó el 41 por ciento para los costos indirectos.

Tabla IX. Resumen, costo total de proyecto

REGLON	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO TOTAL	MONTO
1.0	TRABAJOS PRELIMINARES					Q. 60 289,06
1.1	Limpia General	2 393,14	m ²	Q. 7,50	Q. 17,948,53	
1.2	Bodega Provisional	48,00	m ²	Q. 450,00	Q. 21 600,00	
1.3	Levantamiento Topográfico	3 190,85	MI	Q. 6,50	Q. 20 740,53	
2.0	MOVIMIENTO DE TIERRA					Q. 207 405,25
2.1	Excavación	1 595,43	m ³	Q. 55,00	Q. 87 748,38	
2.2	Relleno y compactación	1 595,43	m ³	Q. 75,00	Q. 119 656,88	
3.0	TUBERÍA DE DISTRIBUCIÓN					Q. 40 920,00
3.1	Tubería Ø 4" PVC 250 PSI	248,00	MI	Q. 165,00	Q. 40 920,00	
4.0	TUBERÍA PRINCIPAL DEL CIRCUITO					Q. 149 073,60
4.1	Tubería principal Ø4" PVC125 PSI	680,00	MI	Q. 110,00	Q. 74 800,00	
4.2	Tubería principal Ø3" PVC125 PSI	752,00	MI	Q. 77,50	Q. 58 280,00	
4.3	Tubería principal Ø2" PVC125 PSI	76,00	MI	Q. 45,20	Q. 3 435,20	
4.2	Tubería principal Ø1.5" PVC125 PSI	334,00	MI	Q. 37,60	Q. 12 558,40	
5.0	TUBERIA SECUNDARIA					Q. 134 382,40
5.1	Tubería secundaria Ø1.5" PVC125 PSI	3 574,00	MI	Q. 37,60	Q. 134 382,40	
6.0	CAJA Y VÁLVULAS DE COMPUERTA					Q. 9 000,00
6.1	Caja y válvula de compuerta Ø3"	2,00	unidad	Q. 2 700,00	Q. 5 400,00	
6.2	Caja y válvula de compuerta Ø4"	2,00	unidad	Q. 1 250,00	Q. 2 500,00	
6.3	Caja y válvula de compuerta Ø1.5"	1,00	unidad	Q. 1 100,00	Q. 1 100,00	
7.0	CONEXIONES PEDIALES					Q. 126 259,00
7.1	Conexión predial Ø1/2" PVC 315 PSI	238,00	unidad	Q. 530,5	Q. 126 259,00	
8.0	SISTEMA DE DESINFECCIÓN DE AGUA POTABLE					Q. 4 500,00
8.1	Hipoclorador a base de pastillas al 90%	1,00	unidad	Q. 4 500,00	Q. 4 500,00	
COSTO TOAL DIRECTO						Q. 731 829,31
COSTO INDIRECTO 41%						Q. 300 050,02
MONTO DEL PROYECTO						Q.1 031 879,32

Fuente: elaboración propia.

2.1.14. Evaluación de impacto ambiental

Los problemas de degradación ambiental, que incluyen la alteración de los sistemas ambientales son frecuentemente resumidos bajo el término de crisis ambiental, debido a que los cambios que el ambiente está sufriendo son lo suficientemente justificados para llegar al nivel de una crisis o amenaza natural. Todo plan de manejo ambiental, como mínimo debe contener: a) medidas de mitigación por considerar en el análisis de alternativas, b) consideraciones ambientales en el proyecto de ingeniería de la alternativa seleccionada, c) manual de operación y mantenimiento y d) plan de seguimiento o ambiental.

Tabla X. **Medidas de mitigación y compensación en la ejecución y operación**

ETAPA PROYECTO	CONSTRUCCIÓN		OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	
	Impacto	Medidas de mitigación	Impacto	Medidas de Mitigación
Componentes ambientales y sociales				
Ambiente físico				
Suelos	Remoción de pavimento de las calles.	Colocación de barreras alrededor de los trabajos, adecuada disposición de residuos de concreto.	Baches y asentamientos de calles no pavimentadas, por fugas en la red.	Capacitación constante al personal de mantenimiento para detectar fugas en el sistema.
Hídricos	Alteración y Contaminación de aguas superficiales	Construcción durante estación seca, alteración mínima de corrientes de aguas naturales.	Disminución del nivel de agua subterránea.	Medidas de reforestación y creación de estructuras que permitan la filtración del agua.
Calidad del aire	Contaminación del aire por polvo generado en la construcción.	Usos de agua para minimizar la generación de polvo.		

Fuente: elaboración propia.

Al observar los impactos ambientales negativos generados y las medidas de mitigación requeridas, se considera que el proyecto de agua potable es ambientalmente viable.

También se prevé que habrá impactos sociales de carácter positivo, al mejorar la salud de los habitantes de la comunidad, al contar con agua sanitariamente segura para su consumo; además, en la comunidad se generarán fuentes de trabajo, con la construcción del sistema de agua potable.

2.1.15. Evaluación socioeconómica

Los proyectos de sistemas de agua potable tienen un gran componente social, se deben considerar los efectos indirectos y de valorización social de beneficio y costo que conlleva su instalación y manejo. Sin embargo, una evaluación económica del proyecto ofrece indicadores de viabilidad para su realización. La evaluación de proyectos por medio de métodos matemáticos y financieros, es de utilidad para conocer la rentabilidad que generarán. Para ello se utilizarán los métodos del Valor Presente Neto y la Tasa Interna de Retorno, que se describen a continuación.

2.1.15.1. Valor Presente Neto

El Valor Presente Neto (VPN) se utiliza para comparar alternativas de inversión. Consiste en transformar la inversión inicial, los ingresos y egresos anuales, así como valores de rescate futuros de un proyecto a un valor presente, para determinar si este es rentable, al término del período de funcionamiento. La Municipalidad del Puerto de Iztapa invertirá Q. 1 031 879,32 en la ejecución del proyecto Sistema de Abastecimiento de agua potable para la aldea Puerto Viejo. Para proporcionarle mantenimiento continuo al sistema se

contratará un fontanero con un sueldo de Q. 2 250,00; además, se estima tener los siguientes ingresos: la instalación de la acometida será un pago único de Q. 550,00 por vivienda, la tarifa mensual por vivienda, de Q. 26,50. Suponiendo una tasa del 11 por ciento al final de los 22 años del período de diseño, se determinará la factibilidad del proyecto a través del VPN.

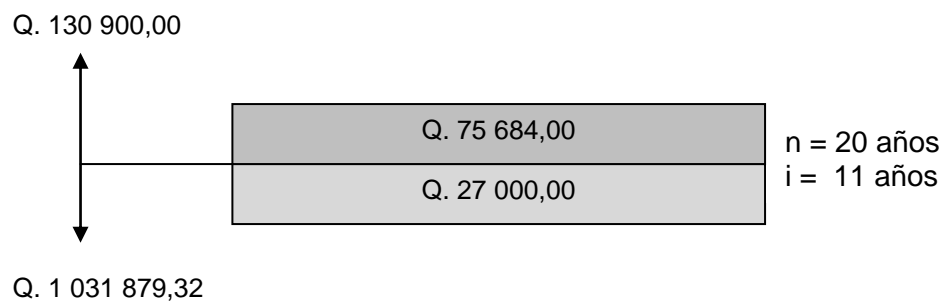
Tabla XI. **Costos del sistema de abastecimiento de agua potable**

	OPERACIÓN	RESULTADO
Costo inicial		Q. 1 031 879,32
Ingreso inicial	$(Q. 550,00 / Viv) \times (238 Viv)$	Q. 130 900,00
Costos anuales	$(Q. 2250,00 / Mes) \times (12 Mes)$	Q. 27 000,00
Ingresos anuales	$(Q. 26,50 / Viv Mes) \times (238 Viv) \times (12 Mes)$	Q. 75 684,00
Periodo de diseño en años		20 años

Fuente: elaboración propia.

El procedimiento por realizar será:

Figura 5. **Estimación de valor presente neto**



Fuente: elaboración propia.

Costo de operación y mantenimiento:

$$VP = CA * \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i * (1+i)^n} \right] = 27\,000,00 * \left[\frac{(1+0,11)^{20} - 1}{0,11 * (1+0,11)^{20}} \right] = Q. 215\,009,6$$

Tarifa poblacional:

$$VP = IA * \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i * (1+i)^n} \right] = 75\,684,00 * \left[\frac{(1+0,11)^{20} - 1}{0,11 * (1+0,11)^{20}} \right] = Q. 602\,696,52$$

El Valor Presente Neto está dado por la sumatoria de ingresos menos los egresos que se realizaron durante el período de funcionamiento del sistema.

VPN = ingresos – egresos

VPN = Q. 602 696,52 – Q. 215 009,86

VPN = Q. 387 686,66

Con la tarifa propuesta, el proyecto podrá cubrir todos los costos de operación y mantenimiento que se necesitan durante el período de funcionamiento.

2.1.15.2. Tasa Interna de Retorno

La Tasa Interna de Retorno de una inversión, es la tasa de rendimiento requerida, que produce como resultado un valor presente neto de cero, cuando se le utiliza como tasa de descuento. Por eso se llama tasa interna de rentabilidad; el número es interno o inherente al proyecto y no depende de nada, excepto de los flujos de caja del proyecto.

Una inversión es aceptable si su tasa interna de retorno excede al rendimiento requerido. De lo contrario, la inversión no es provechosa. Debido a que este proyecto es de carácter social, es imposible obtener una tasa interna de retorno TIR atractiva; para este tipo de inversión, en el municipio se realiza un análisis socioeconómico de costo/beneficio, el cual se determina de la siguiente manera:

Costo = Inversión inicial – VPN

Costo = Q. 1 031 879,32 – Q. 387 686,66 = Q. 644 192,66

Beneficio = Núm. de habitantes beneficiados (a futuro)

Costo/beneficio = Q. 644 192,66 / 640 habitantes = Q. 1 006,55 /habitante

De lo anterior se concluye que el proyecto podrá ser considerado favorablemente por cualquiera de las instituciones tanto gubernamentales como no gubernamentales, para su financiamiento.

2.2. Diseño estructural de la edificación escolar de dos niveles (primer nivel: batería de baños, 3 aulas, cocina, dirección y salón de usos múltiples, segundo nivel: gradas, 3 aulas, pasillo y batería de baños)

El diseño del edificio escolar se basa en la funcionalidad de los espacios educativos, eso significa que la simplicidad de su diseño deberá prestar atención especial a los sistemas constructivos y estructurales, así como al aprovechamiento óptimo de los recursos materiales y la tecnología apropiada que ofrezca el medio aprovechando la expresividad de los materiales.

2.2.1. Configuración estructural

Se deben aprovechar al máximo los sistemas y elementos constructivos, que simplifiquen los procesos de diseño, construcción y mantenimiento y que permitan una economía en los costos globales de los mismos. El diseño de los edificios educativos debe regirse por una relación dimensional, basada en un módulo establecido de medida, cuya aplicación permita reducir al máximo la cantidad de elementos necesarios para su construcción.

Por lo tanto, la configuración estructural para este caso en particular es el sistema de marcos rígidos de concreto reforzado, con losas planas y tabique de mampostería reforzada.

2.2.1.1. Ubicación del edificio en el terreno

El edificio de aulas se ubica en el extremo sur del terreno disponible en la comunidad, para lograr el mejor uso del espacio se diseñó el mismo para que tuviese la mayor ventilación, ya que es un área con clima cálido, además la iluminación es otro aspecto muy importante. Por lo tanto el edificio se ubico de forma que la ventilación fuera la mejor.

2.2.1.2. Distribución de ambientes

Los espacios escolares tienen que ser planificados ya que son espacios donde se da la relación, la información y se reciben actividades de aprendizaje; por lo tanto el espacio debe de dar cabida a toda la posible diversificación de actividades que un centro educativo pueda desarrollar. Aunque los edificios escolares deberían ser un elemento característico del entorno urbano del lugar.

El diseño y la distribución de los ambientes propuesto para este caso, se planificaron de manera que esto fuera funcional, además es el que más se ajusta a las necesidades existentes y al espacio disponible.

2.2.1.3. Altura del edificio

Por ser un lugar cálido todos los ambientes están diseñados para tengan una altura de 3,00 metros para aprovechar mejor el aire y no afecte el calor a los estudiantes durante las actividades de aprendizaje.

2.2.1.4. Tipo de materiales y recubrimientos

En la concepción general del proyecto escolar se debe tener un criterio de utilización de materiales que combinen adecuadamente a las exigencias y recomendaciones de los aspectos de confort, seguridad y mantenimiento, de acuerdo con las características que presenta el lugar, se utilizarán block de concreto para los tabiques.

2.2.1.5. Predimensionamiento estructural

Columnas:

En este caso en particular se desea guardar simetría en la dimensiones de la columna, por tal razón se la columna que soporta mayor carga.

$$P = 0,8 \cdot (0,225 \cdot f'_c \cdot A_g + f_y \cdot A_s) = 16,96 \text{ m}^2 \cdot 2 \text{ 400,00 kg/m}^3 \cdot 0,12 \text{ m} = 4 \text{ 884,48 kg}$$

$$4 \text{ 884,48} = 0,8 \cdot (0,225 \cdot 210,00 \cdot A_g + 2 \text{ 810,00} \cdot 0,01 \cdot A_g)$$

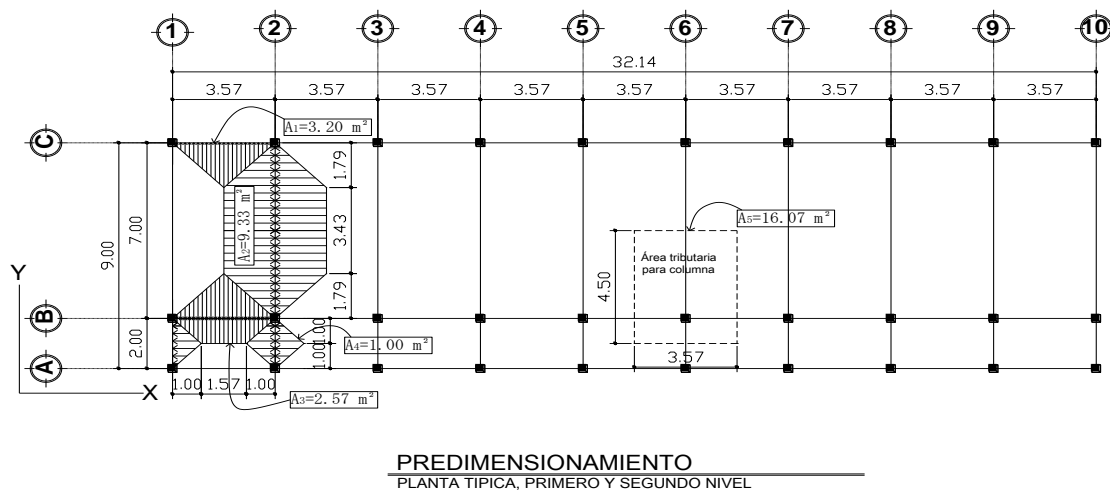
$A_g = 4 \text{ 884,48} / 60,28 = 81,03 \text{ cm}^2$; según ACI, la sección mínima es de $20,0 \cdot 20,0 \text{ cm} = 400 \text{ cm}^2$. Se propone trabajar con una de $30,0 \cdot 30,0 \text{ cm} = 900,00 \text{ cm}^2$.

Vigas: la base de la viga es de 0,25 metro y un peralte de 0,45 metro.

Losas: para losas en dos direcciones, ACI recomienda;

Espesor de losa = $\text{Perímetro} / 180,00 = 2,00(7,0 + 3,57) / 180,00 = 0,12$ metro.

Figura 6. **Planta típica, edificio escolar**



PREDIMENSIONAMIENTO
PLANTA TÍPICA, PRIMERO Y SEGUNDO NIVEL

Fuente: elaboración propia.

2.2.1.6. Modelos matemáticos de marcos dúctiles unidos con nudos rígidos

El modelo matemático de un marco rígido es una gráfica que representa tanto la forma, como las cargas que soporta el marco, y sirve para hacer el análisis estructural del mismo. En este caso por la similitud de los marcos rígidos, en geometría y en las cargas aplicadas, se analizan únicamente los críticos en los sentidos “x” y “y”.

2.2.2. Estudio de suelo

Las características del suelo donde se construirá la edificación, se obtuvo mediante un estudio que se basa en una excavación a una profundidad de 2,50 metro, donde se obtuvo una muestra no alterada de 1 pie cúbico, el ensayo realizado fue de compresión triaxial, mediante la prueba de no consolidado y no drenado, el cual dio los parámetros de corte, con un ángulo de fricción interna $\phi = 18,25$ grados y cohesión de $C_u = 3,01$ toneladas/metro cuadrado, el tipo de suelo es una Limo Arenoso Color Café. El método utilizado para el cálculo del Valor Soporte del Suelo es de Dr. Karl Terzaghi, que ha demostrado ser aproximado para todos los casos en el campo de su aplicación práctica.

Los datos a utilizar para obtener el valor soporte del suelo son obtenidos del estudio de suelos (ver en anexos)

- Base = 1,00 m
- Peso específico del suelo (γ_s) = 1,32 ton/m³
- Ángulo de fricción interna (ϕ) = 18,25°
- Carga última (C_u) = 3,01 ton/m²
- Desplante (D_f) = 1,20 m

ϕ en radianes:

$$\phi_{rad} = \frac{\phi * \pi}{180} = \frac{18,25 * \pi}{180} \approx 0,32 \text{radianes}$$

Factor de capacidad de sobrecarga (N_q)

$$Nq = \frac{e^{\left(\frac{3}{2}\pi - \phi_{rad}\right) \tan \phi}}{2 \cos^2\left(45 + \frac{\phi}{2}\right)} = \frac{e^{\left(\frac{3}{2}\pi - 0,32\right) \tan 18,25}}{2 \cos^2\left(45 + \frac{18,25}{2}\right)} \approx 6,20 \text{ ton/m}^2$$

Factor de capacidad de carga de cohesión (Nc).

$$Nc = \text{Cot } \phi * (Nq - 1)$$

$$Nc = \text{Cot } 18,25^\circ * (6,20 - 1)$$

$$Nc = \left(\frac{1}{\tan(18,25)}\right) * (6,20 - 1) \approx 15,77 \text{ ton/m}^2$$

Factor de capacidad de peso del suelo (Ny)

$$Ny = 2 * (Nq + 1) * \tan \phi$$

$$Ny = 2 * (6,20 + 1) * \tan 18,25^\circ$$

$$Ny = 4,75 \text{ ton/m}^2$$

Capacidad cortante última

$$q_o = 0,4 \gamma_s * B * Ny + 1,3 Cu Nc + \gamma_s * Df * Nq$$

$$q_o = 0,4 * 1,32 * 1 * 4,75 + 1,3 * 3,01 * 15,77 + 1,32 * 1,15 * 6,20$$

$$q_o = 73,62 \text{ ton/m}^2$$

Factor de seguridad (Fs), depende del tipo del suelo en estudio, se utilizará un Fs de 4 para garantizar la seguridad.

$$q_d = \frac{q_o}{F_s}$$

$$q_d = \frac{73.62}{4} = 18,40 \text{ ton/m}^2$$

El valor encontrado está dentro del promedio para los suelos limos que es de 20,00 tonelada/metro cuadrado.

2.2.3. Análisis estructural

Este análisis es el proceso que se realiza para determinar respuestas de la estructura ante las acciones exteriores que puedan afectar en otras palabras, se determinan los efectos de las cargas aplicadas a una estructura. Para el edificio de aulas, se hace el análisis estructural de la siguiente forma.

2.2.3.1. Cargas aplicadas a los marcos dúctiles

Carga Muerta (CM)

Concreto = 2 400,00 kg/m³

Acabados = 60,00 kg/m²

Muros = 250,00 kg/m²

Piso = 144,00 kg/m²

Sobrecarga = 150,00 kg/m²

Carga Viva (CV)

En techo = 100,00 kg/m²

En pasillos = 500,00 kg/m²

En aulas = 300,00 kg/m²

2.2.3.2. Cargas horizontales en marcos dúctiles unidos con nudos rígidos

Segundo nivel

Carga muerta: CM = W_{losa} + W_{muros} + W_{viga} + W_{acabados}

$$W_{\text{losa}} = ((0,12 \text{ m}) * (32,14 * 9,0 \text{ m}) * (2,0) * (2\,400,00 \text{ kg/m}^3)) = 83\,306,88 \text{ kg}$$

$$W_{\text{sobrecarga}} = (150 \text{ kg/m}^2) * (32,14) * (9,0 \text{ m}^2) = 43\,389,00 \text{ kg}$$

$$W_{\text{vigas}} = (0,25 \text{ m}) * (0,45 \text{ m}) * (2\,400 \text{ kg/m}^3) * (3,0) * (32,14 \text{ m} + 10 * 9,0 \text{ m}) = 50\,333,40 \text{ kg}$$

$$W_{\text{columnas}} = (0,30 \text{ m} * 0,30 \text{ m}) * (2\,400,00 \text{ kg/m}^3) * (1,50 \text{ m} * 30,00) = 9\,720,00 \text{ kg}$$

$$W_{\text{acabados}} = (60 \text{ kg/m}^2) * (32,14 * 9,0) \text{ m}^2 = 17\,355,60 \text{ kg}$$

$$\text{CM} = 20\,4104,88 \text{ kg}$$

Carga viva: CV = (área de losa) * (CV sin acceso)

$$\text{CV} = (32,14 \text{ m} * 9,0 \text{ m} * 100,00 \text{ kg/m}^2)$$

$$\text{CV} = 28\,926,00 \text{ kg}$$

Peso del segundo nivel

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

$$W = 204\,104,88 \text{ kg} + 0,25 * (28\,926 \text{ kg})$$

$$W = 211\,336,38 \text{ kg}$$

Primer nivel

Carga muerta: CM = $W_{\text{losa+piso+muros}} + W_{\text{acabados}}$

$$W_{\text{losa}} = (0,12 \text{ m} * 2\,400,00 \text{ kg/m}^3 + 144,00 \text{ kg/m}^2) * (32,14 * 9,0) \text{ m}^2 = 124\,960,32 \text{ kg}$$

$$W_{\text{vigas}} = 50\,333,40 \text{ kg}$$

$$W_{\text{columnas}} = (0,30 \text{ m} * 0,30 \text{ m} * (3,0 \text{ m} + 1,2 \text{ m} + 1,50 \text{ m}) * 2\,400,00 \text{ kg/m}^3 * 30) = 36\,936,0 \text{ kg}$$

$$W_{\text{acabados}} = (32,14 * 9,0 \text{ m}^2 * 60,00 \text{ kg/m}^2) = 17\,355,60 \text{ kg}$$

$$\text{CM} = 229\,585,32 \text{ kg}$$

Carga viva: CV = (área de aulas) * (CV aulas) + (área de pasillo) * (CV pasillo)

$$\text{CV} = (32,14 \text{ m} * 7,00 \text{ m} * 300,00 \text{ kg/m}^2) + (32,14 \text{ m} * 2,00 \text{ m} * 500,00 \text{ kg/m}^2)$$

$$\text{CV} = 99\,634,00 \text{ kg}$$

Peso del primer nivel

$$W = CM + 0,25CV$$

$$W = 229\,585,32 \text{ kg} + 0,25 \cdot (99\,634,00 \text{ kg})$$

$$W = 254\,493,82 \text{ kg}$$

Resumen

$$W \text{ del segundo nivel} = 211\,336,38 \text{ kg}$$

$$W \text{ del primer nivel} = 254\,493,82 \text{ kg}$$

$$\text{Peso total de la estructura} = 465\,830,20 \text{ kg}$$

2.2.3.3. Cargas verticales en marcos dúctiles unidos con nudos rígidos

Cargas verticales en marcos dúctiles unidos con nudos rígidos

Para realizar el análisis estructural, se determinaron las áreas tributarias de los marcos críticos, tanto para carga viva como cargas muertas y luego se calculó linealmente utilizando los siguientes procedimientos.

$$C_M = W_{\text{losa}} + W_{\text{muro}} + W_{\text{acabados}}$$

$$C_M = \frac{A_{\text{tributaria}} \cdot \text{espesor} \cdot \rho_{\text{concreto}} \cdot \gamma}{L} + b \cdot h \cdot \rho_{\text{concreto}} \cdot \gamma + H \cdot P_{\text{muro}} + \frac{A_{\text{tributaria}} \cdot \rho_{\text{acabados}}}{L}$$

$$\text{Losa} = (2\,400,00 \text{ kg/m}^3)(0,12 \text{ m}) = 288,00 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Muros divisorios y tabiques} = 250,00 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Peso propio de la viga} = (2\,400,00 \text{ kg/m}^3)(0,25 \text{ m}) = 600,00 \text{ kg/m}^2$$

Carga muerta (CM)

$$\text{Peso del concreto} = 2\,400,00 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Peso de acabados} = 60,00 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Peso de muros} = 250,00 \text{ kg/m}^2$$

Carga viva = techos sin acceso $100,00 \text{ kg/m}^2$

Carga viva (CV)

En techo = $200,00 \text{ kg/m}^2$

En pasillos = $500,00 \text{ kg/m}^2$

En aulas = $300,00 \text{ kg/m}^3$

Áreas tributarias Disciplinas

$$A_1 = (2) \times (0,5 \times 1,79 \times 1,79) = 3,20 \text{ m}^2$$

$$A_2 = (2) \times (0,5 \times (3,43 + 7) \times 1,79) = 18,67 \text{ m}^2$$

$$A_3 = (0,5 \times (1,57 + 3,57) \times 1,00) + ((2) \times 0,5 \times (1,79 \times 1,79)) = 5,77 \text{ m}^2$$

$$A_4 = (2) \times (0,5 \times 1,00 \times 1,00) = 1,00 \text{ m}^2$$

Marco rígido típico sentido Y

Cálculo de cargas sobre el marco 2

Segundo nivel: aquí no se incluye el peso de los muros y tabiques.

De A a B

$$CM = (18,67\text{m}^2 \cdot 288,0\text{kg/m}^2) / 7\text{m} + (0,45\text{m} \cdot 600,0\text{kg/m}^2) + (18,67\text{m}^2 \cdot 60,0\text{kg/m}^2) / 7\text{m}$$

$$CM = 1\,198,17 \text{ kg/m}$$

$$CV_{\text{sin acceso}} = (18,67\text{m}^2 \cdot 100,00\text{kg/m}^2) / 7\text{m} = 266,71 \text{ kg/m}$$

De B a C

$$CM = (2,0\text{m}^2 \cdot 288,00\text{kg/m}^2) / 2,0\text{m} + (0,45\text{m} \cdot 600,00\text{kg/m}^2) + (2,0\text{m}^2 \cdot 60,0\text{kg/m}^2) / 2,0\text{m}$$

$$CM = 618,00 \text{ kg/m}$$

$$CV_{\text{sin acceso}} = (2,00\text{m}^2 \cdot 100,00\text{kg/m}^2) / 2,00\text{m} = 100,00 \text{ kg/m}$$

Primer nivel: tomando en cuenta los muros y tabiques.

De D a E

$$CM = (18,67 \text{ m}^2 * 288 \text{ kg/m}^2) / 7 \text{ m} + (0,45 \text{ m} * 600 \text{ kg/m}^2) + (18,67 \text{ m}^2 * 60 \text{ kg/m}^2) / 7 \text{ m} + (18,67 \text{ m}^2 * 250 \text{ kg/m}^2) / 7 = 1\,864,95 \text{ kg/m}$$

$$CV = (18,67 \text{ m}^2 * 300,00 \text{ kg/m}^2) / 7 \text{ m} = 800,14 \text{ kg/m}$$

De E a F

$$CM = (2 \text{ m}^2 * 288 \text{ kg/m}^2) / 2 \text{ m} + (0,45 \text{ m} * 600 \text{ kg/m}^2) + (2 \text{ m}^2 * 60 \text{ kg/m}^2) / 2 \text{ m} = 618,0 \text{ kg/m}$$

$$V = (2,00 \text{ m}^2 * 500,00 \text{ kg/m}^2) / 2,00 \text{ m} = 500,00 \text{ kg/m}$$

Marco rígido típico sentido X:

Cálculo de cargas sobre el marco A, que es el más crítico

Tramo 1-2:

Segundo nivel: aquí no se incluye el peso de los muros y tabiques.

$$CM = ((3,20 \text{ m}^2 + 2,57 \text{ m}^2) * 288,00 \text{ kg/m}^2) / 3,57 \text{ m} + (0,45 \text{ m} * 600,00 \text{ kg/m}^2) + (5,77 \text{ m}^2 * 60,00 \text{ kg/m}^2) / 3,57 \text{ m} = 832,45 \text{ kg/m}$$

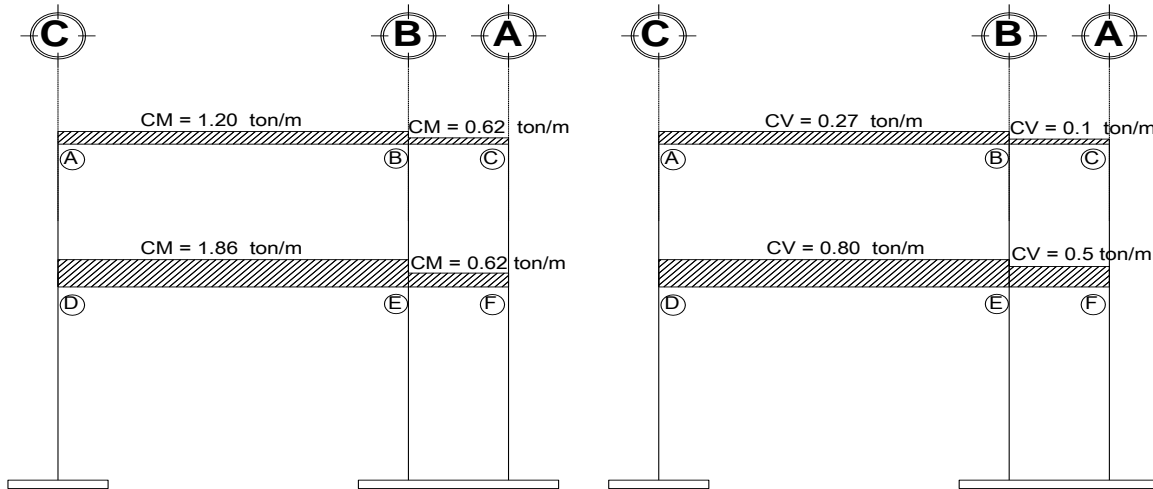
$$CV_{\text{sin acceso}} = (5,77 \text{ m}^2 * 100,00 \text{ kg/m}^2) / 3,57 \text{ m} = 161,62 \text{ kg/m}$$

Primer nivel: tomando en cuenta los muros y tabiques.

$$CM = ((3,20 \text{ m}^2 + 2,57 \text{ m}^2) * 288,00 \text{ kg/m}^2) / 3,57 \text{ m} + (0,45 \text{ m} * 600,00 \text{ kg/m}^2) + (5,77 \text{ m}^2 * 60,00 \text{ kg/m}^2) / 3,57 \text{ m} + (3,57 \text{ m} * 250,00 \text{ kg/m}^2) = 1\,637,68 \text{ kg/m}$$

$$CV = ((3,20 \text{ m}^2 * 300,00 \text{ kg/m}^2) + (2,57 \text{ m}^2 * 500,00 \text{ kg/m}^2)) / 3,57 \text{ m} = 628,85 \text{ kg/m}$$

Figura 7. **Cargas aplicadas, marco rígido sentido Y**



Fuente: elaboración propia.

2.2.3.4. Cálculo del corte basal

El corte basal es la fuerza cortante horizontal (V) producida por un sismo que actúa en la base del edificio, como una fracción del peso total del mismo.

$$V = ZIKCSW$$

Donde: Z = coeficiente que depende de la zona sísmica

I = coeficiente de importancia de la obra

C = coeficiente que depende del período natural de vibración

S = coeficiente que depende del tipo de suelo

K = coeficiente dependiente del sistema estructural usado

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

Como el sismo no actúa solo en una dirección con respecto al edificio, se evaluará el corte basal en las direcciones "X" y "Y"; con los valores resultantes se puede diseñar el edificio contra un sismo en cualquier dirección.

En el sentido de "X" del caso estudiado.

Z = 1 para la zona central de la república

I = 1,30 para edificios de instituciones educativas

K = 0,67 para marcos dúctiles

$C = \frac{1}{15\sqrt{T}}$; Donde C no puede ser mayor de 0,12 y de serlo, se utiliza 0,12

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

H = altura del edificio en metros

B = base del edificio en metros

Entonces:

$$T = \frac{0,0906 * 7,20}{\sqrt{32,14}} = 0,115 \text{ segundos}$$

$$C = \frac{1}{15\sqrt{0,115}} = 0,19 > 0,12; \text{ Por lo tanto se utiliza } C = 0,12$$

S = 1,50 como no se conoce el valor de S, se utiliza el mayor valor permitido.

El valor del producto de CS debe ser menor a 0,14, si el producto de ambos coeficientes excede este valor, se debe tomar 0,14.

$$CS = (0,12)*(1,5) = 0,18; \text{ entonces se toma } 0,14$$

$$V_x = 1 * 1,30 * 0,67 * 0,14 * 465\,830,20$$

$$V_x = 56\,803,33 \text{ kg}$$

En el otro sentido "Y" el valor que podría variar es C, por lo que se calcula:

$$T = \frac{0,0906 * 7,20}{\sqrt{9,00}} = 0,217 \text{ seg} \qquad C = \frac{1}{15\sqrt{0,217}} = 0,14 > 0,12$$

Por lo tanto se utiliza $C = 0,12$

$S = 1,50$; como no se conoce el valor de S, se utiliza el mayor valor permitido. El valor del producto de CS debe ser menor a 0,14, si el producto de ambos coeficientes excede este valor, se debe tomar 0,14.

$$CS = (0,12) * (1,50) = 0,18; \text{ entonces se toma } 0,14.$$

Debido a que los valores no varían respecto del sentido analizado de la estructura "X", el corte basal es el mismo para ambas direcciones del edificio.

$$V_y = V_x = 56\,803,33 \text{ kg}$$

2.2.3.5. Fuerza por nivel

Fuerzas por nivel

La fuerza total lateral V puede ser distribuida en toda la altura de la estructura de acuerdo con la fórmula dada en la sección I (E) el código SEAOC.

$$V = F_t + \sum F_n$$

Dónde: V = corte basal

F_t = fuerza en la cúspide

F_n = fuerza por nivel

La fuerza concentrada en la cúspide se determina como se verá a continuación y debe cumplir con las siguientes condiciones, dadas en la sección I (E) del código SEAOC:

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

Si $T \geq 0,25$ segundos: $F_t = 0,07 \cdot T \cdot V$

Donde: T = período fundamental de la estructura

Por lo tanto, el valor de la fuerza, es decir del corte basal V , puede ser distribuido en los niveles de la estructura, según la fórmula:

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

Donde:

F_n = fuerza por nivel

V = corte en la base

F_t = fuerza de techo, cuando t (período natural de vibración)

W_i = peso de cada nivel

H_i = altura de cada nivel

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

NIVEL	Wi (kg)	Hi (m)	Wi*Hi (kg-m)
2	211 336,38	7,20	1 521 621,94
1	254 493,82	4,20	1 068 874,04
TOTAL			2 590 495,98

Fuente: elaboración propia.

Fuerza por nivel respecto Y

Calculando Ft, para $T_y = 0,115 < 0,25$, entonces $F_t = 0$

$$F_{n_2} = \frac{(56803,33 - 0) * 1\ 521\ 621,94}{2\ 590\ 495,98} = 33\ 365,49\ \text{kg}$$

$$F_{n_1} = \frac{(56\ 803,33 - 0) * 1\ 068\ 874,04}{2\ 590\ 495,98} = 23\ 437,83\ \text{kg}$$

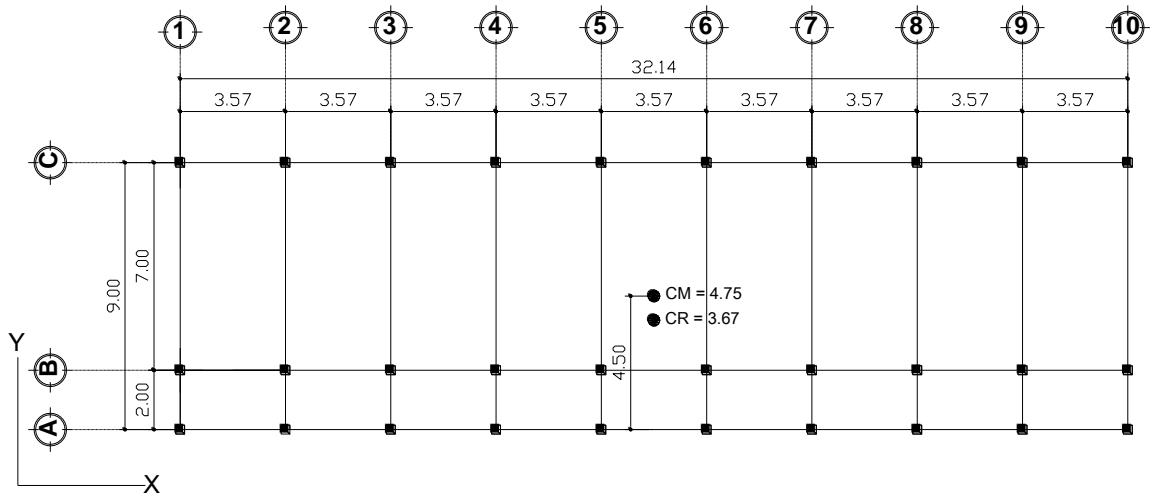
Fuerza por nivel respecto X

Como $T_x = 0,217 < 0,25$, entonces $F_t = 0$

$$F_{n_2} = \frac{(56\ 803,33 - 0) * 1\ 521\ 621,94}{2\ 590\ 495,98} = 33\ 365,49\ \text{kg}$$

$$F_{n_1} = \frac{(56\ 803,33 - 0) * 1\ 068\ 874,04}{2\ 590\ 495,98} = 23\ 437,83\ \text{kg}$$

Figura 8. **Distribución de marcos típicos**



DISTRIBUCIÓN DE MARCOS TÍPICOS
PLANTA TÍPICA, PRIMERO Y SEGUNDO NIVEL

Fuente: elaboración propia.

2.2.3.6. **Fuerza por marco**

La estructura se calculará dividiendo la fuerza por piso entre el número de marcos paralelos a esta fuerza, si los marcos espaciados están simétricamente colocados. Si los marcos espaciados son asimétricos, se tendrá que dividir la fuerza de piso F_i , proporcional a la rigidez de los marcos.

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.

La rigidez para un voladizo se calcula de la siguiente manera:

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

Para un sistema doblemente empotrado como el usado en los primeros niveles o niveles intermedios de edificios de multiniveles, la rigidez se calcula así:

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

Donde: P = carga asumida [10 000 kg]

h = altura del muro o columna analizada [cm]

E = módulo de elasticidad del concreto [$15\ 100\sqrt{f'c}$]

I = inercia del elemento $I_x = \frac{1}{12}bh^3$ $I_y = \frac{1}{12}b^3h$

A = sección transversal del muro o columna analizada

G = módulo de rigidez [0,4E]

La excentricidad en la estructura se produce cuando los centros de rigidez (CR) y el centro de masa (CM) del edificio no coinciden, debido a una distribución desigual y asimétrica de las masas y las rigideces en la estructura.

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

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

Donde:

$$F_{m'} = \frac{k_{mi} \cdot F_{ni}}{\sum k_{mi}}$$

$$F_{m''} = \frac{e \cdot F_{ni}}{E_i}$$

$$E_i = \frac{\sum (k_{mi} \cdot d_i)^2}{\sum k_{mi} \cdot d_i}$$

$$CR = \frac{\sum k_{mi} \cdot d_i}{\sum k_{mi}}$$

$e = C_m - CR$; $e_{\text{mínimo}} = 0,05 \cdot \text{Altura total del edificio}$

Donde:

k_{mi} = rigidez del marco

$\sum K$ = rigidez total del nivel (sumatoria de las rigideces de los marcos paralelos a la carga)

d_i = distancia del CR a marco considerado

F_{ni} = fuerza por nivel

E_i = relación entre rigideces y brazo de cada marco

C_m = centro de masa

CR = centro de rigidez

e = excentricidad

2.2.3.7. Fuerza del marco por torsión

Sentido Y

Segundo nivel

Rigidez de columna x-x se utiliza la fórmula de voladizo por ser último nivel

$$K = \frac{1}{\frac{10\,000,00 \cdot 300,00^3}{3 \cdot (15\,100,00 \cdot \sqrt{210}) \cdot \left(\frac{1}{12} \cdot 30 \cdot 30^3\right)} + \frac{1,2 \cdot 10\,000,00 \cdot 300}{30^2 \cdot 0,4 \cdot 15\,100,00 \cdot \sqrt{210}}} = K = 0,163$$

La sección de las columnas es la misma para los diez marcos:

Número de marcos = 10 y $K_{mi} = 10 \cdot 0,163 = 1,629$

Tabla XIII. **Cálculo del centro de rigidez del segundo nivel**

MARCO	kmi	L	kmi*L
C	1,629	9,00	14,66
B	1,629	2,00	3,26
A	1,629	0,00	0,00
Σ	4,89		17,92

Fuente: elaboración propia.

$$CR = \frac{\sum K_{mi} \cdot L}{\sum k} = \frac{17,92}{4,89} = 3,67 \text{ m}$$

$$CM_x = \frac{L_{total}}{2} = \frac{9,00}{2} = 4,50 \quad CM_y = \frac{32,14}{2} = 16,07$$

$$e = CM - CR = 4,50 - 3,67 = |0,83| = 0,83$$

$$e_{min} = 0,05 \cdot 8 = 0,40 \text{ m}$$

De las excentricidades se toma la mayor, por lo tanto $e = 0,83$ metros.

Tabla XIV. **Cálculo de fuerzas por marco por torsión del segundo nivel**

SEGUNDO NIVEL								
MARCO	kmi	di	kmi*di	(kmi*di) ²	Ei	Fmi'	Fmi''	Fm
C	1,629	5,33	8,688	75,48	13,64	1 121,83	2 038,11	13 159,94
B	1,629	-1,67	-2,715	7,37	-43,66	1 121,83	-636,91	10 484,92
A	1,629	-3,67	-5,973	35,67	-19,84	1 121,83	-1 401,20	9 720,63
Σ	4,89			118,52				33 365,49

Fuente: elaboración propia.

Primer nivel

La rigidez de la columna se trabaja como doblemente empotrada por ser primer nivel de un edificio multiniveles.

$$K = \frac{1}{\frac{10\,000,00 * 420^3}{3 * (15\,100,00 * \sqrt{210}) * \left(\frac{1}{12} * 30 * 30^3\right)} + \frac{1,2 * 10\,000,00 * 420}{30^2 * 0,4 * 15\,100,00 * \sqrt{210}}} = K = 0,236$$

La rigidez del marco es:

Número de marcos = 10 $K = 0,236 * 10 = 2,356$

Tabla XV. **Cálculo del centro de rigidez del primer nivel**

MARCO	kmi	L	kmi*L
C	2,36	9,00	21,21
B	2,36	2,00	4,71
A	3,26	0,00	0,00
Σ	7,07		25,92

Fuente: elaboración propia.

$$CR = \frac{\sum Kmi \cdot L}{\sum k} = \frac{25,92}{7,07} = 3,67 \text{ m}$$

$$CM_x = \frac{L_{total}}{2} = \frac{9,0}{2} = 4,50 \quad CM_y = \frac{32,14}{2} = 16,07$$

$$e = CM - CR = 4,50 - 3,67 = |0,83| = 0,83$$

$$e_{min} = 0,05 \cdot 8 = 0,40 \text{ m}$$

Tabla XVI. **Cálculo de fuerzas por marco por torsión primer nivel**

PRIMER NIVEL								
MARCO	kmi	di	kmi*di	(kmi*di) ²	Ei	Fmi'	Fmi''	Fm
C	2,36	5,33	12,57	157,93	13,79	11718,92	1415,94	13134,85
B	2,36	-1,67	-3,93	15,42	-44,14	11718,92	-442,48	11276,43
A	2,36	-3,67	-8,64	74,64	-20,06	11718,92	-973,46	10745,46
Σ	4,71			173,45				35156,75

Fuente: elaboración propia.

Diseño estructural

Análisis de un marco de dos niveles por el método de Kani

Elementos y procedimientos del método de Kani

Cálculo de momentos fijos (MF_{ik}): éstos se calculan cuando existen cargas verticales y se deben anotarse en los extremos de las barras.

Cálculo de momentos de sujeción (M_s): éstos se calcula cuando existen en la estructura cargas verticales y se anotan al centro del cuadro interior de cada uno de los nudos.

Determinación de fuerzas de sujeción (H): se calculan cuando se hace el análisis con las fuerzas horizontales aplicadas al marco rígido. $H = FMNIVELn$ (fuerza por marco de nivel n, tomada del análisis sísmico).

Cálculo de la fuerza cortante en el piso (Q_n): se calculan cuando se hace el análisis con las fuerzas horizontales aplicadas al marco rígido

$$Q_n = \Sigma H$$

Cálculo de momentos de piso (M_n): se calculan cuando se hace el análisis con las fuerzas horizontales aplicadas al marco rígido.

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

Donde: h_n = altura del piso "n"

Cálculo de rigideces de los elementos (K_{ik}):

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

Donde: I = inercia del elemento

L = longitud del elemento

Cálculo de factores de giro o coeficientes de reparto (μ_{ik})

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

Cálculo de factores de corrimiento (v_{ik}): éstos se calculan cuando hay ladeo causado por asimetría en la estructura o cuando se hace el análisis con las fuerzas horizontales aplicadas al marco rígido.

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

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

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

$$M'_{ik} = \mu_{ik} (Ms + \sum (M'_{ni} + M_{in})) \quad \text{con ladeo}$$

Cálculo de iteraciones, influencias de desplazamiento (M_{ik}): esto se calcula cuando existe ladeo

$$M_{ik} = v_{ik} (\sum (M'_{ik} + \sum M'_{ki})) \quad \text{ladeo por asimetría}$$

$$M_{ik} = v_{ik} (Ms + \sum (M'_{ik} + M_{ki})) \quad \text{ladeo por fuerza horizontal}$$

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

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

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

Aplicación del método de Kani para carga muerta

Calculando la rigidez de los miembros $k_{ik} = \frac{I}{l_{ik}}$

$$\text{Inercia en miembros rectangulares } I = \frac{bh^3}{12}$$

$$I_{VIGA} = \frac{0,20 * 0,35^3}{12} = 1,898E - 03$$

$$I_{COLUMNA} = \frac{0,30 * 0,30^3}{12} = 6,75E - 04$$

Inercias relativas

$$I_{viga} = \frac{1,898E - 03}{6,75E - 04} = 2,813$$

$$I_{columna} = \frac{6,75E - 04}{6,75E - 04} = 1$$

Rigidez

$$K = \frac{I}{L}$$

Rigidez en vigas:

$$K_{AB} = K_{BA} = \frac{2,813}{7} = 0,40 = K_{DE} = K_{ED}$$

$$K_{BC} = K_{CB} = \frac{2,813}{2} = 1,41 = K_{EF} = K_{FE}$$

Rigidez en columnas

$$K_{AD} = K_{DA} = K_{BE} = K_{EB} = K_{CF} = K_{FC} = \frac{1}{3,00} = 0,333$$

$$K_{DG} = K_{GD} = K_{EH} = K_{HE} = K_{FI} = K_{IF} = \frac{1}{4,20} = 0,238$$

$$\text{Factores de giro o coeficientes de reparto } \mu_{ik} = -\frac{1}{2} \left(\frac{K_{ik}}{\sum_{in} K_{in}} \right)$$

$$\mu_{\text{empotrado}} = 0$$

$$\mu_{\text{GD}} = \mu_{\text{HE}} = \mu_{\text{IF}} = 0$$

Nudo "A"

$$\mu_{\text{AB}} = -\frac{1}{2} \left(\frac{0,40}{0,40 + 0,333} \right) = -0,273$$

$$\mu_{\text{AD}} = -\frac{1}{2} \left(\frac{0,333}{0,40 + 0,333} \right) = -0,227$$

$$\text{Chequeo: } -0,273 + (-0,227) = -0,5$$

Nudo "B"

$$\mu_{\text{BA}} = -\frac{1}{2} \left(\frac{0,40}{0,40 + 0,333 + 1,41} \right) = -0,094$$

$$\mu_{\text{BE}} = -\frac{1}{2} \left(\frac{0,333}{0,40 + 0,333 + 1,41} \right) = -0,078$$

$$\mu_{\text{BC}} = -\frac{1}{2} \left(\frac{1,41}{0,40 + 0,333 + 1,41} \right) = -0,328$$

$$\text{Chequeo: } -0,094 + (-0,078) + (-0,328) = -0,5$$

Nudo "C"

$$\mu_{\text{CB}} = -\frac{1}{2} \left(\frac{1,41}{1,41 + 0,333} \right) = -0,404$$

$$\mu_{\text{CF}} = -\frac{1}{2} \left(\frac{0,333}{1,41 + 0,333} \right) = -0,096$$

Nudo "D"

$$\mu_{DA} - \frac{1}{2} \left(\frac{0,333}{0,333 + 0,40 + 0,238} \right) = -0,171$$

$$\mu_{DE} - \frac{1}{2} \left(\frac{0,40}{0,333 + 0,40 + 0,238} \right) = -0,206$$

$$\mu_{DH} - \frac{1}{2} \left(\frac{0,238}{0,333 + 0,40 + 0,238} \right) = -0,122$$

Nudo "E"

$$\mu_{EF} - \frac{1}{2} \left(\frac{1,41}{1,41 + 0,238 + 0,40 + 0,333} \right) = -0,295$$

$$\mu_{EH} - \frac{1}{2} \left(\frac{0,238}{1,41 + 0,238 + 0,40 + 0,333} \right) = -0,05$$

$$\mu_{ED} - \frac{1}{2} \left(\frac{0,40}{1,41 + 0,238 + 0,40 + 0,333} \right) = -0,084$$

$$\mu_{EB} - \frac{1}{2} \left(\frac{0,238}{1,41 + 0,238 + 0,40 + 0,333} \right) = -0,070$$

Chequeo: $-0,295 + (-0,05) + (-0,084) + (-0,07) = -0,5$

Nudo "F"

$$\mu_{FC} - \frac{1}{2} \left(\frac{0,333}{1,41 + 0,238 + 0,333} \right) = -0,084$$

$$\mu_{FI} - \frac{1}{2} \left(\frac{1,41}{1,41 + 0,238 + 0,333} \right) = -0,356$$

$$\mu_{FI} - \frac{1}{2} \left(\frac{0,238}{1,41 + 0,238 + 0,333} \right) = -0,060$$

Cálculo de factor de corrimiento: $\nu = -\frac{3}{2} \left(\frac{k_{ik}}{\sum K_{in}} \right)$

$$\nu = -\frac{3}{2} \left(\frac{k_{columnas}}{\sum K_{columnas}} \right)$$

Nivel 2:

$$\nu_{AD} = \nu_{BE} = \nu_{CF} = -\frac{3}{2} \left(\frac{0,333}{0,333 + 0,333 + 0,333} \right) = -0,50$$

Nivel 1:

$$\nu_{DG} = \nu_{EH} = \nu_{FI} = -\frac{3}{2} \left(\frac{0,238}{0,238 + 0,238 + 0,238} \right) = -0,50$$

Cálculo de momentos fijos (MF_{ik})

Para cargas uniformemente distribuidas $M_f = \pm \left(\frac{WL^2}{12} \right)$

Las cargas se usarán en toneladas, sabiendo que 1 tonelada = 1 000 kilogramos

$$M_f = \pm \left(\frac{WL^2}{12} \right)$$

$$MF_{AB} = -\frac{\left(1,20 \frac{\text{ton}}{\text{m}} \right) * (7,00 \text{ m})^2}{12} = -4,90 \text{ ton-m}$$

$$MF_{BA} = + 4,90 \text{ ton-m}$$

$$MF_{BC} = -\frac{\left(0,620 \frac{\text{ton}}{\text{m}}\right) * (2,00 \text{ m})^2}{12} = -0,207 \text{ ton-m}$$

$$MF_{CB} = + 0,207 \text{ ton-m}$$

$$MF_{DE} = -\frac{\left(1,86 \frac{\text{ton}}{\text{m}}\right) * (7,00 \text{ m})^2}{12} = -7,595 \text{ ton-m}$$

$$MF_{ED} = + 7,595 \text{ ton-m}$$

$$MF_{EF} = -\frac{\left(0,620 \frac{\text{ton}}{\text{m}}\right) * (2,00 \text{ m})^2}{12} = -0,207 \text{ ton-m}$$

$$MF_{FE} = + 0,207 \text{ ton-m}$$

Cálculo de momento de sujeción $M_s = \Sigma(MF_{ik})$

$$\text{Nudo A} = MF_{AB} = - 4,900 \text{ ton}$$

$$\text{Nudo B} = MF_{BA} + MF_{BC} = 4,900 - 0,207 = 4,693 \text{ ton}$$

$$\text{Nudo C} = MF_{CB} = 0,207 \text{ ton}$$

$$\text{Nudo D} = MF_{DE} = - 7,595 \text{ ton}$$

$$\text{Nudo E} = MF_{ED} + MF_{EF} = 7,595 - 0,207 = 7,388 \text{ ton}$$

$$\text{Nudo F} = MF_{FE} = 0,207 \text{ ton}$$

Influencias de giro (M'_{ik}) [primera iteración]

Dirección de la iteración

A → B → C → F → E → D

Primer ciclo

A

$$\rightarrow B = -0,273 * (-4,90 + (0 + 0)) = 1,338$$

$$\downarrow D = -0,227 * (-4,90 + (0 + 0)) = 1,112$$

B

$$\leftarrow A = -0,094 * (4,693 + (1,338 + 0)) = -0,567$$

$$\downarrow E = -0,078 * (4,693 + (1,338 + 0)) = -0,470$$

$$\rightarrow C = -0,328 * (4,693 + (1,338 + 0)) = -1,978$$

C

$$\leftarrow B = -0,404 * (2,07 + (-1,978 + 0)) = 0,716$$

$$\downarrow F = -0,096 * (0,207 + (-1,978 + 0)) = 0,170$$

F

$$\uparrow C = -0,084 * (0,207 + (0,170 + 0)) = -0,032$$

$$\downarrow I = -0,060 * (0,207 + (0,170 + 0)) = -0,023$$

$$\leftarrow E = -0,356 * (0,207 + (0,170 + 0)) = -0,134$$

E

$$\uparrow B = -0,070 * (7,388 + (-0,134 - 0,470)) = -0,475$$

$$\leftarrow D = -0,084 * (7,388 + (-0,134 - 0,470)) = -0,570$$

$$\downarrow H = -0,050 * (7,388 + (-0,134 - 0,470)) = -0,339$$

$$\rightarrow F = -0,295 * (7,388 + (-0,134 - 0,470)) = -2,001$$

D

$$\uparrow A = -0,171 * (-7,595 + (1,112 - 0,570)) = 1,206$$

$$\rightarrow E = -0,206 * (-7,595 + (1,112 - 0,570)) = 1,453$$

$$\downarrow G = -0,122 * (-7,595 + (1,112 - 0,570)) = 0,860$$

A → B → C → F → E → D

Segundo ciclo

A

$$\rightarrow B = -0,273*(-4,90 + (-0,567 + 1,206)) = 1,163$$

$$\downarrow D = -0,227*(-4,90 + (-0,567 + 1,206)) = 0,967$$

B

$$\leftarrow A = -0,094*(4,693 + (1,163 + 0,716 - 0,475)) = -0,573$$

$$\downarrow E = -0,078*(4,693 + (1,163 + 0,716 - 0,475)) = -0,476$$

$$\rightarrow C = -0,328*(4,693 + (1,163 + 0,716 - 0,475)) = -2,000$$

C

$$\leftarrow B = -0,404*(2,07 + (-2,000 - 0,032)) = 0,737$$

$$\downarrow F = -0,096*(0,207 + (-2,000 - 0,032)) = 0,175$$

F

$$\uparrow C = -0,084*(0,207 + (0,175 - 2,001)) = 0,136$$

$$\downarrow I = -0,060*(0,207 + (0,175 - 2,001)) = 0,097$$

$$\leftarrow E = -0,35*(0,207 + (0,175 - 2,001)) = 0,576$$

E

$$\uparrow B = -0,070*(7,388 + (0,576 - 0,476 + 1,453)) = -0,626$$

$$\leftarrow D = -0,084*(7,388 + (0,576 - 0,476 + 1,453)) = -0,751$$

$$\downarrow H = -0,050*(7,388 + (0,576 - 0,476 + 1,453)) = -0,447$$

$$\rightarrow F = -0,295*(7,388 + (0,576 - 0,476 + 1,453)) = -2,638$$

D

$$\uparrow A = -0,171*(-7,595 + (0,967 - 0,751)) = 1,262$$

$$\rightarrow E = -0,206*(-7,595 + (0,967 - 0,751)) = 1,520$$

$$\downarrow G = -0,122*(-7,595 + (0,967 - 0,751)) = 0,900$$

A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow F \rightarrow E \rightarrow D

Tercer ciclo

A

$$\rightarrow B = -0,273*(-4,90 + (-0,573 + 1,262)) = 1,150$$

$$\downarrow D = -0,227*(-4,90 + (-0,573 + 1,262)) = 0,956$$

B

$$\leftarrow A = -0,094*(4,693 + (1,150 + 0,737 - 0,626)) = -0,560$$

$$\downarrow E = -0,078*(4,693 + (1,150 + 0,737 - 0,626)) = -0,464$$

$$\rightarrow C = -0,328*(4,693 + (1,150 + 0,737 - 0,626)) = -1,953$$

C

$$\leftarrow B = -0,404*(2,07 + (-1,953 + 0,136)) = 0,650$$

$$\downarrow F = -0,096*(0,207 + (-1,953 + 0,136)) = 0,155$$

F

$$\uparrow C = -0,084*(0,207 + (0,155 - 2,638)) = 0,191$$

$$\downarrow I = -0,060*(0,207 + (0,155 - 2,638)) = 0,137$$

$$\leftarrow E = -0,356*(0,207 + (0,155 - 2,638)) = 0,810$$

E

$$\uparrow B = -0,070*(7,388 + (0,810 - 0,464 + 1,520)) = -0,648$$

$$\leftarrow D = -0,084*(7,388 + (0,810 - 0,464 + 1,520)) = -0,777$$

$$\downarrow H = -0,050*(7,388 + (0,810 - 0,464 + 1,520)) = -0,463$$

$$\rightarrow F = -0,295*(7,388 + (0,810 - 0,464 + 1,520)) = -2,730$$

D

$$\uparrow A = -0,171*(-7,595 + (0,956 - 0,777)) = 1,268$$

$$\rightarrow E = -0,206*(-7,595 + (0,956 - 0,777)) = 1,528$$

$$\downarrow G = -0,122*(-7,595 + (0,956 - 0,777)) = 0,905$$

A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow F \rightarrow E \rightarrow D

Cuarto ciclo

A

$$\rightarrow B = -0,273*(-4,90 + (-0,560 + 1,268)) = 1,144$$

$$\downarrow D = -0,227*(-4,90 + (-0,560 + 1,268)) = 0,951$$

B

$$\leftarrow A = -0,094*(4,693 + (1,144 + 0,650 - 0,648)) = -0,549$$

$$\downarrow E = -0,078*(4,693 + (1,144 + 0,650 - 0,648)) = -0,456$$

$$\rightarrow C = -0,328*(4,693 + (1,144 + 0,650 - 0,648)) = -1,915$$

C

$$\leftarrow B = -0,404*(2,07 + (-1,915 + 0,191)) = 0,613$$

$$\downarrow F = -0,096*(0,207 + (-1,915 + 0,191)) = 0,146$$

F

$$\uparrow C = -0,084*(0,207 + (0,146 - 2,730)) = 0,200$$

$$\downarrow I = -0,060*(0,207 + (0,146 - 2,730)) = 0,143$$

$$\leftarrow E = -0,356*(0,207 + (0,146 - 2,730)) = 0,846$$

E

$$\uparrow B = -0,070*(7,388 + (0,846 - 0,456 + 1,528)) = -0,651$$

$$\leftarrow D = -0,084*(7,388 + (0,846 - 0,456 + 1,528)) = -0,782$$

$$\downarrow H = -0,050*(7,388 + (0,846 - 0,456 + 1,528)) = -0,465$$

$$\rightarrow F = -0,295*(7,388 + (0,846 - 0,456 + 1,528)) = -2,745$$

D

$$\uparrow A = -0,171*(-7,595 + (0,951 - 0,782)) = 1,270$$

$$\rightarrow E = -0,206*(-7,595 + (0,951 - 0,782)) = 1,530$$

$$\downarrow G = -0,122*(-7,595 + (0,951 - 0,782)) = 0,906$$

A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow F \rightarrow E \rightarrow D

Quinto ciclo

A

$$\rightarrow B = -0,273*(-4,90 + (-0,549 + 1,270)) = 1,141$$

$$\downarrow D = -0,227*(-4,90 + (-0,549 + 1,270)) = 0,949$$

B

$$\leftarrow A = -0,094*(4,693 + (1,141 + 0,613 - 0,651)) = -0,545$$

$$\downarrow E = -0,078*(4,693 + (1,141 + 0,613 - 0,651)) = -0,452$$

$$\rightarrow C = -0,328*(4,693 + (1,141 + 0,613 - 0,651)) = -1,901$$

C

$$\leftarrow B = -0,404*(0,207 + (-1,901 + 0,200)) = 0,604$$

$$\downarrow F = -0,096*(0,207 + (-1,901 + 0,200)) = 0,143$$

F

$$\uparrow C = -0,084*(0,207 + (0,143 - 2,745)) = 0,201$$

$$\downarrow I = -0,060*(0,207 + (0,143 - 2,745)) = 0,144$$

$$\leftarrow E = -0,356*(0,207 + (0,143 - 2,745)) = 0,853$$

E

$$\uparrow B = -0,070*(7,388 + (0,853 - 0,452 + 1,530)) = -0,652$$

$$\leftarrow D = -0,084*(7,388 + (0,853 - 0,452 + 1,530)) = -0,783$$

$$\downarrow H = -0,050*(7,388 + (0,853 - 0,452 + 1,530)) = -0,466$$

$$\rightarrow F = -0,295*(7,388 + (0,853 - 0,452 + 1,530)) = -2,749$$

D

$$\uparrow A = -0,171*(-7,595 + (0,949 - 0,783)) = 1,270$$

$$\rightarrow E = -0,206*(-7,595 + (0,949 - 0,783)) = 1,530$$

$$\downarrow G = -0,122*(-7,595 + (0,949 - 0,783)) = 0,906$$

Cálculo de momentos finales en el extremo de cada barra, de acuerdo con la figura anterior (M_{ik})

$$M_{ik} = MF_{ik} + MF'_{ik} + (MF'_{ik} + MF''_{ki})$$

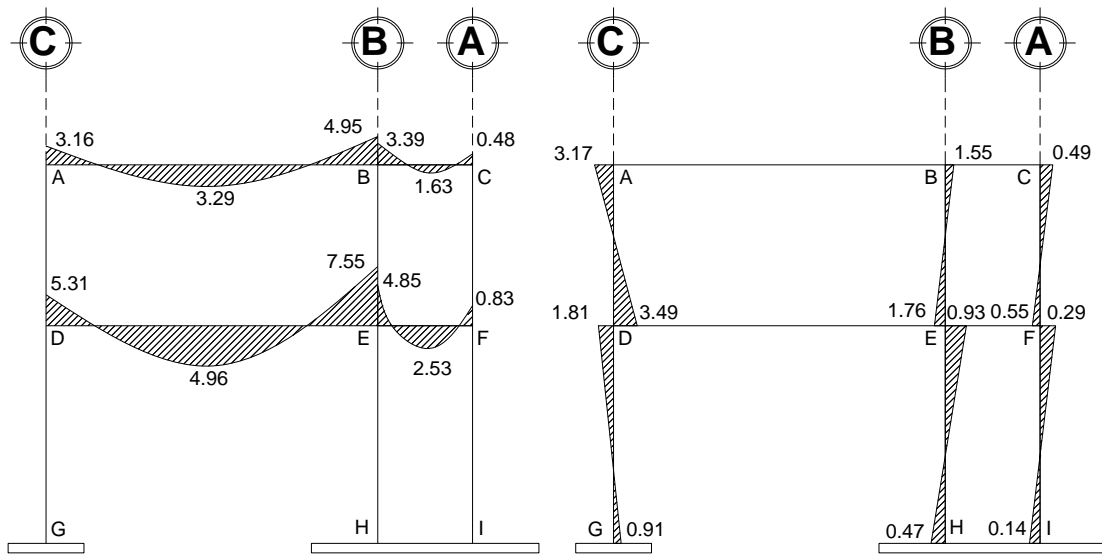
Columnas: $M_{AD} = MF_{AD} + MF'_{AD} + (MF'_{AD} + MF''_{DA})$

$$M_{AD} = MF_{AD} + MF'_{AD} + (MF'_{AD} + MF''_{DA})$$

Resultados de los análisis de Kani – marco rígido típico – sentido Y

Los resultados del análisis estructural por separado de carga muerta viva y sismo del marco rígido típico sentido Y, se observan en las figuras 8, 9 y 10

Figura 9. Diagrama de momentos (ton-m), -carga muerta- marco rígido y



Fuente: elaboración propia.

Para calcular el momento positivo, al centro se tiene:

$$M_{(+)} = \frac{(\omega) * (L)^2}{8} - \frac{(M_1 + M_2)}{2}$$

M1, M2 = Momentos en los extremos.

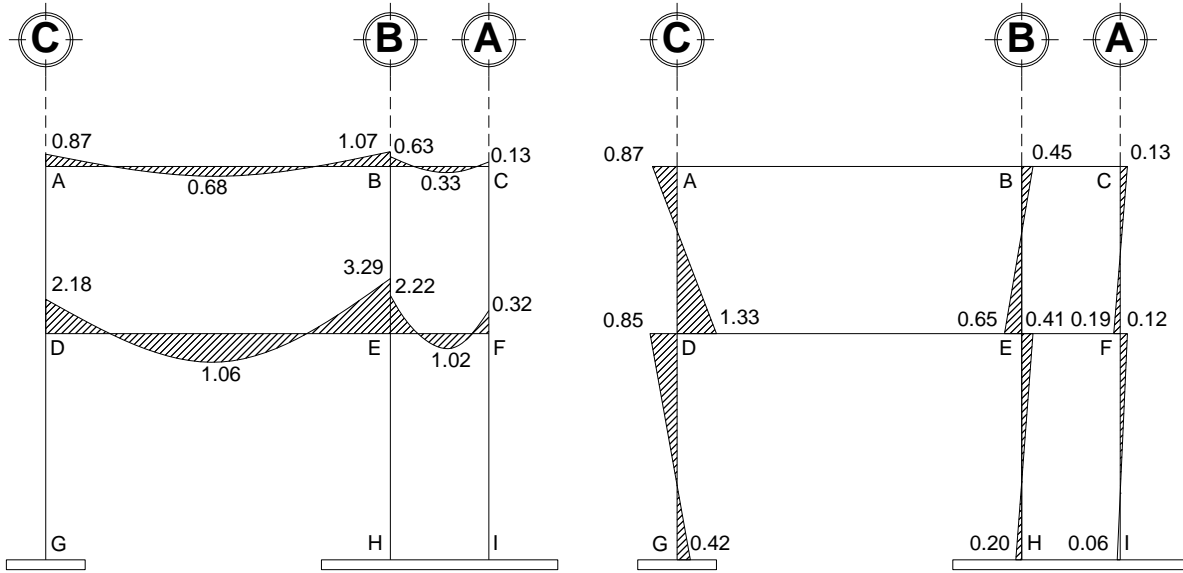
$$M_{(+)} = \frac{(1,20) * (7)^2}{8} - \frac{(3,16 + 4,95)}{2} = 3,29$$

$$M_{(+)} = \frac{(0,620) * (2)^2}{8} - \frac{(3,39 + 0,48)}{2} = -1,63$$

$$M_{(+)} = \frac{(1,86) * (7)^2}{8} - \frac{(5,31 + 7,55)}{2} = 4,96$$

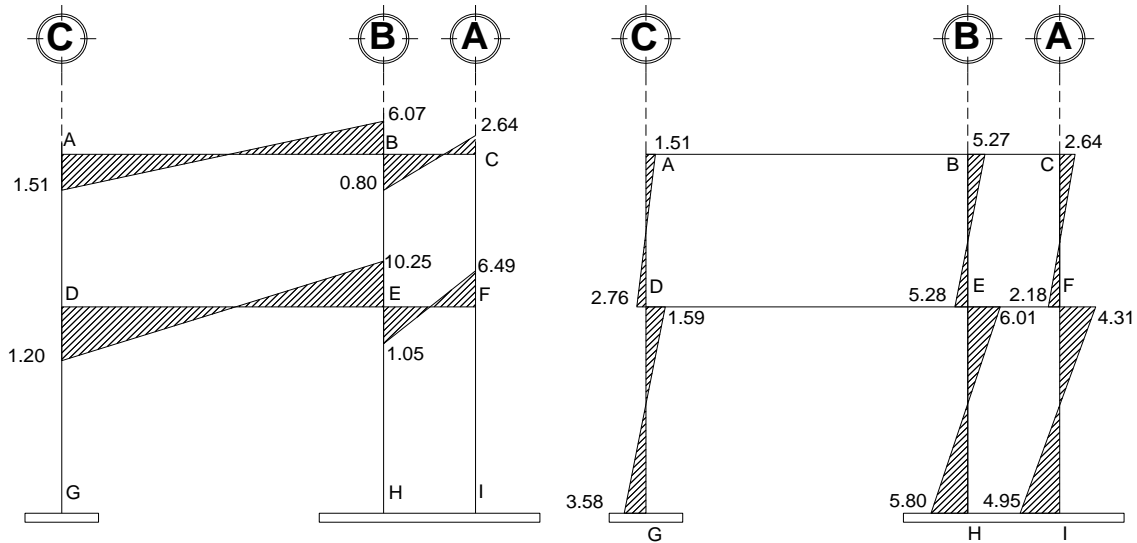
$$M_{(+)} = \frac{(0,62) * (2)^2}{8} - \frac{(4,85 + 0,83)}{2} = -2,53$$

Figura 10. Diagrama de momentos (ton-m), -carga viva- marco rígido y



Fuente: elaboración propia.

Figura 11. Diagrama de momentos (ton-m), -sismo- marco rígido y



Fuente: elaboración propia.

2.2.3.8. Cálculo de momentos positivos en vigas

Momentos últimos por envolvente de momentos

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

Para considerar la superposición de efectos el código ACI, se proponen las siguientes combinaciones:

Fórmulas utilizadas para realizar la envolvente de momentos

- Para los momentos últimos negativos en vigas:

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

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

- Para los momentos últimos positivos en vigas:

$$M_{(+)} = \frac{CU * L^2}{2} - \frac{\Sigma M_{(-)}}{2} = \frac{(1,4M_{CM} + 1,7M_{CV}) * L^2}{2} - \frac{\Sigma M_{(-)}}{2}$$

- Para los momentos últimos en las columnas:

$$M_C = 0,75*(1,4M_{CM} + 1,7M_{CV} + 1,7M_S)$$

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

Envolvente de momentos, marco rígido típico sentido Y

Vigas:

$$M_{AB (-)} = 0,75 * [1,4 * (3,16) + 1,7 * (0,87) + 1,7 * (1,51)] = 6,36 \text{ ton-m}$$

$$M_{AB (+)} = (1,4 * 4,03 + 1,7 * 0,68) = 5,10 \text{ ton-m}$$

$$M_{BA (-)} = 0,75 * [1,4 * (4,95) + 1,7 * (1,07) + 1,7 * (6,07)] = 14,31 \text{ ton-m}$$

$$M_{BC (-)} = 0,75 * [1,4 * (3,40) + 1,7 * (0,63) + 1,7 * (0,80)] = 5,39 \text{ ton-m}$$

$$M_{BC (+)} = (1,4 * 1,57 + 1,7 * 0,33) = 2,07 \text{ ton-m}$$

$$M_{BC (-)} = 0,75 * [1,4 * (0,49) + 1,7 * (0,13) + 1,7 * (2,64)] = 4,04 \text{ ton-m}$$

$$M_{DE (-)} = 0,75 * [1,4 * (5,32) + 1,7 * (2,18) + 1,7 * (1,20)] = 9,90 \text{ ton-m}$$

$$M_{DE (+)} = (1,4 * 5,75 + 1,7 * 1,06) = 7,39 \text{ ton-m}$$

$$M_{ED (-)} = 0,75 * [1,4 * (7,56) + 1,7 * (3,29) + 1,7 * (10,25)] = 25,21 \text{ ton-m}$$

$$M_{EF (-)} = 0,75 * [1,4 * (4,85) + 1,7 * (2,22) + 1,7 * (1,05)] = 9,26 \text{ ton-m}$$

$$M_{EF (+)} = (1,4 * 2,47 + 1,7 * 1,02) = 3,89 \text{ ton-m}$$

$$M_{EF (-)} = 0,75 * [1,4 * (0,83) + 1,7 * (0,32) + 1,7 * (6,50)] = 9,56 \text{ ton-m}$$

Columnas:

$$M_{AD} = 0,75 * [1,4 * (3,17) + 1,7 * (0,87) + 1,7 * (1,51)] = 6,36 \text{ ton-m}$$

$$M_{DA} = 0,75 * [1,4 * (3,49) + 1,7 * (1,33) + 1,7 * (2,76)] = 8,87 \text{ ton-m}$$

$$M_{DG} = 0,75 * [1,4 * (1,81) + 1,7 * (0,85) + 1,7 * (1,59)] = 5,01 \text{ ton-m}$$

$$M_{GD} = 0,75 * [1,4 * (0,91) + 1,7 * (0,42) + 1,7 * (3,59)] = 6,07 \text{ ton-m}$$

$$M_{BE} = 0,75 * [1,4 * (1,55) + 1,7 * (0,45) + 1,7 * (5,27)] = 8,92 \text{ ton-m}$$

$$M_{EB} = 0,75 * [1,4 * (1,76) + 1,7 * (0,65) + 1,7 * (5,28)] = 9,41 \text{ ton-m}$$

$$M_{EH} = 0,75 * [1,4 * (0,93) + 1,7 * (0,41) + 1,7 * (6,01)] = 9,17 \text{ ton-m}$$

$$M_{HE} = 0,75 * [1,4 * (0,47) + 1,7 * (0,20) + 1,7 * (5,80)] = 8,14 \text{ ton-m}$$

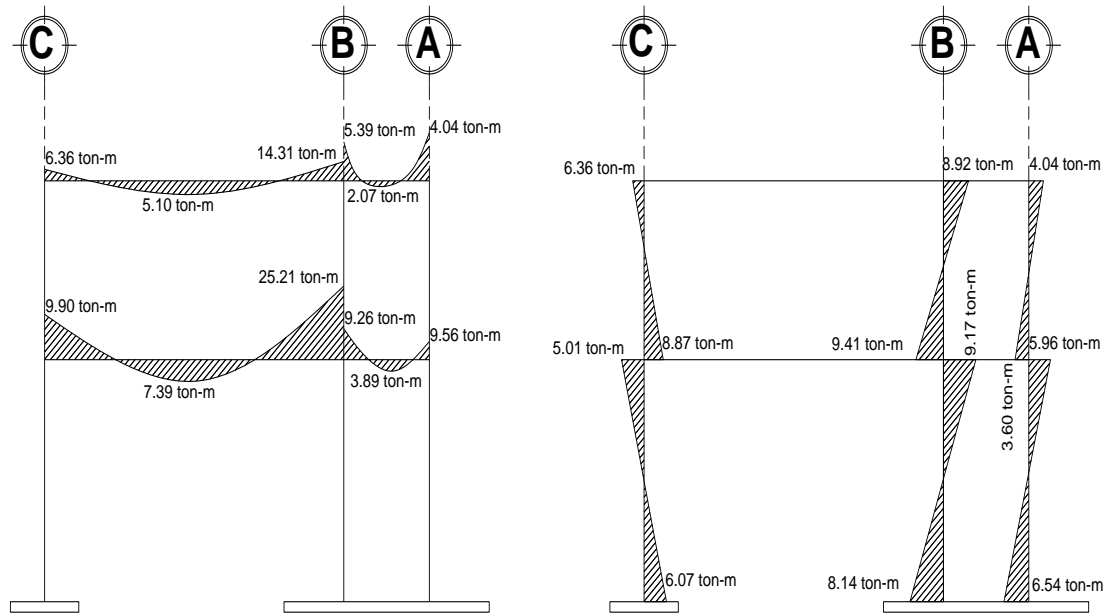
$$M_{CF} = 0,75 * [1,4 * (0,49) + 1,7 * (0,13) + 1,7 * (2,64)] = 4,04 \text{ ton-m}$$

$$M_{FC} = 0,75 * [1,4 * (0,55) + 1,7 * (0,19) + 1,7 * (2,18)] = 3,60 \text{ ton-m}$$

$$M_{FI} = 0,75 * [1,4 * (0,29) + 1,7 * (0,12) + 1,7 * (4,31)] = 5,96 \text{ ton-m}$$

$$M_{IF} = 0,75 * [1,4 * (0,14) + 1,7 * (0,06) + 1,7 * (4,95)] = 6,54 \text{ ton-m}$$

Figura 12. **Envolvente de momentos en el sentido y**



Fuente: elaboración propia.

2.2.3.9. Cálculo de cortes

Cortes en marcos rígidos típicos

a) Fórmulas utilizadas: para calcular los cortes en los marcos, se utilizan las fórmulas siguientes:

- Corte en vigas:

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

- Corte en columnas:

$$V_c = \frac{\sum MC}{L}$$

b) Cortes en marcos rígidos típicos

Vigas en Y:

$$\text{Tramo}_{A-B} = 0,75 * \left(1,4 * \frac{3,16 * 7}{2} + 1,7 * \frac{0,87 * 7}{2} + 1,87 * \frac{1,51 + 6,07}{7} \right) = 17,03 \text{ ton}$$

$$\text{Tramo}_{B-C} = 0,75 * \left(1,4 * \frac{3,40 * 2}{2} + 1,7 * \frac{0,63 * 2}{2} + 1,87 * \frac{0,80 + 2,64}{2} \right) = 6,78 \text{ ton}$$

$$\text{Tramo}_{D-E} = 0,75 * \left(1,4 * \frac{5,32 * 7}{2} + 1,7 * \frac{2,18 * 7}{2} + 1,87 * \frac{1,20 + 10,25}{7} \right) = 31,56 \text{ ton}$$

$$\text{Tramo}_{E-F} = 0,75 * \left(1,4 * \frac{4,85 * 2}{2} + 1,7 * \frac{2,22 * 2}{2} + 1,87 * \frac{1,05 + 6,50}{2} \right) = 13,21 \text{ ton}$$

Columnas en Y:

$$\text{Tramo}_{DA} = \frac{6,36 + 8,87}{3,0} = 5,08 \text{ ton}$$

$$\text{Tramo}_{DG} = \frac{5,01 + 6,07}{4,20} = 2,64 \text{ ton}$$

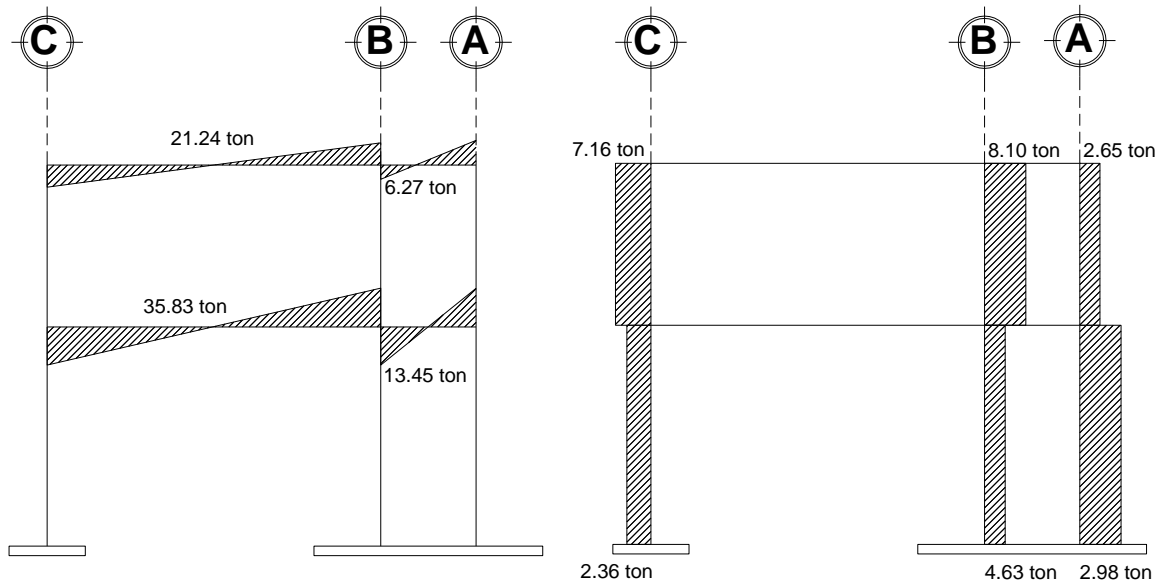
$$\text{Tramo}_{BE} = \frac{8,92 + 9,41}{3,0} = 6,11 \text{ ton}$$

$$\text{Tramo}_{EH} = \frac{9,17 + 8,14}{4,20} = 4,12 \text{ ton}$$

$$\text{Tramo}_{CF} = \frac{4,04 + 3,60}{3,0} = 2,55 \text{ ton}$$

$$\text{Tramo}_{FI} = \frac{5,96 + 6,54}{4,20} = 2,98 \text{ ton}$$

Figura 13. Diagrama de cortes últimos – marco rígido y –

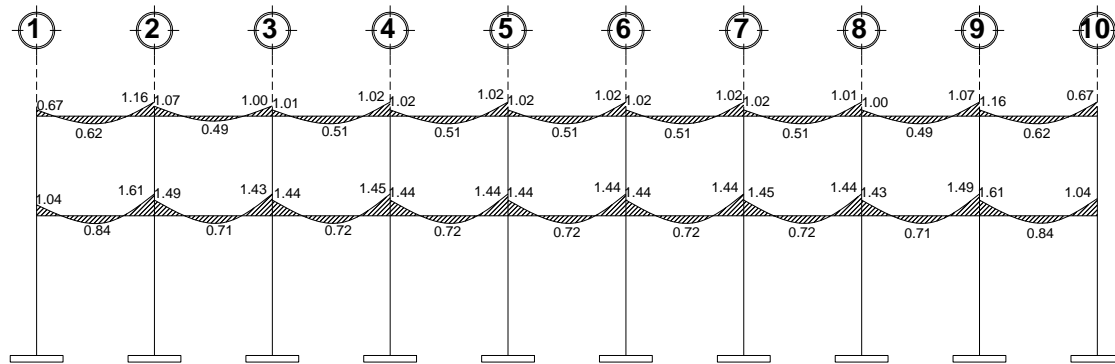


Fuente: elaboración propia.

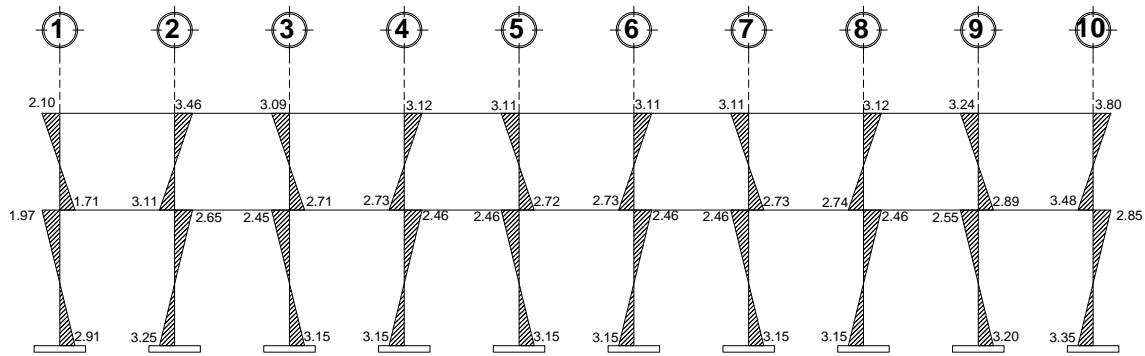
Resultado del análisis de Kani – marco típico sentido x –

Para el análisis del marco en el sentido x, se aplicó el procedimiento del marco sentido Y, los resultados del análisis se presentan en las figuras 13 y 14.

Figura 14. Diagrama de momentos últimos (kg-m) – marco rígido x –



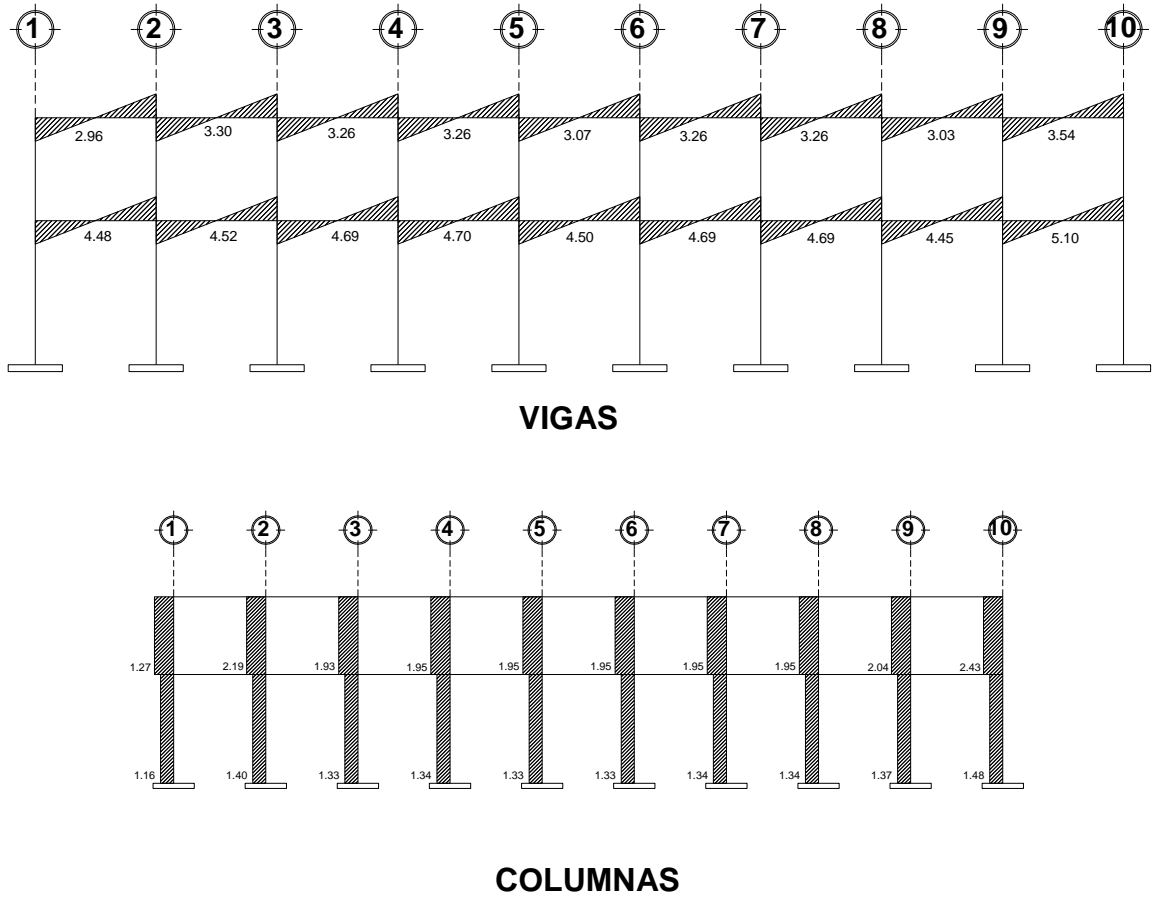
VIGAS



COLUMNAS

Fuente: elaboración propia.

Figura 15. Diagrama de cortes últimos (kg) – marco rígido x –



Fuente: elaboración propia.

2.2.4. Dimensionamiento estructural

La normativa empleada en el análisis y cálculo estructural es un medio para conseguir el fin de que la edificación atienda y garantice la seguridad, el bienestar y la economía de la sociedad a la que está destinada.

2.2.4.1. Dimensionamiento de losas

Para el diseño de los elementos estructurales se hace necesario definir las especificaciones que deberán cumplir los materiales que se utilizarán; por ende, en la siguiente tabla se detallan:

Descripción

Resistencia del concreto	$f'_c = 210,00 \text{ kg/cm}^2$
Resistencia del acero	$f_y = 2\,810,00 \text{ kg/cm}^2$

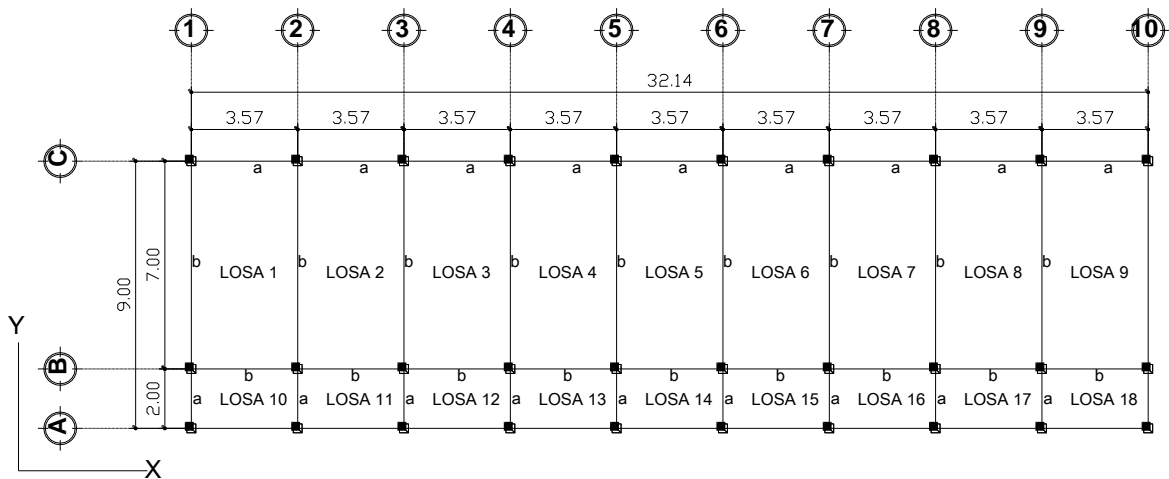
Cargas muertas

Peso específico del concreto	$\gamma_c = 2\,400,00 \text{ kg/cm}^3$
Peso del muro	$w_m = 210,00 \text{ kg/cm}^2$
Peso de acabados	$w_{\text{acabados}} = 90,00 \text{ kg/cm}^2$

Cargas vivas

Peso de aulas	$W_{\text{aulas}} = 300,00 \text{ kg/cm}^2$
Peso de pasillos	$W_{\text{pasillos}} = 500,00 \text{ kg/cm}^2$
Peso en techos	$W_{\text{techos}} = 100,00 \text{ kg/cm}^2$

Figura 16. Numeración de losas según planta típica



Fuente: elaboración propia.

Determinando el espesor de la losa: $t = \frac{\text{Perimetro}}{180} = \frac{P}{180}$

$$t_{1,2,3,4,5,6,7,8,9} = \frac{2(3,57\text{m}) + 2(7,0\text{m})}{180} = 0,117\text{ m}$$

Por criterio se tomará $t = 0,12\text{ m}$

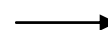
Determinando cómo trabaja cada losa

$$m = \frac{a}{b} = \frac{\text{lado corto}}{\text{lado largo}};$$

Si $m \geq 0.5$; un sentido



Si $m < 0.5$; un sentido



Losa: 1 a la 9 $m = \frac{3,7}{7,0} = 0,51$ (dos sentidos)

Losa: 10 a la 18 $m = \frac{2,00}{3,57} = 0,56$ (dos sentidos)

Determinando carga última o carga de diseño para nivel 1:

Para calcular los momentos de diseño, se toma una franja unitaria de 1,00 metro de ancho, entonces:

Losa 1- 9 (aulas)

$$CU = 1,4((2\ 400,00\text{kg/m}^3 \cdot 0,12\text{m}) + 90,0\ \text{kg/m}^2 + 210,0\ \text{kg/m}^2) + 1,7(300\ \text{kg/m}^2)$$

$$CU = 823,20\ \text{kg/m}^2 + 510\ \text{kg/m}^2 = 1\ 333,20\ \text{kg/m}^2$$

$$CU_u = 1\ 333,20\ \text{kg/m}^2 \cdot 1,00\ \text{m} = 1\ 333,20\ \text{kg/m}$$

Losa 10 - 18 (pasillo)

$$CU = 1,4((2400\text{kg/m}^3 \cdot 0,12\text{m}) + 90,0\ \text{kg/m}^2 + 210,0\ \text{kg/m}^2) + 1,7(500,0\ \text{kg/m}^2)$$

$$CU = 1\ 673,20\ \text{kg/m}^2 = CU_u = 1\ 673,20\ \text{kg/m}^2 \cdot 1,00\ \text{m} = 1\ 673,20\ \text{kg/m}$$

Momentos actuantes:

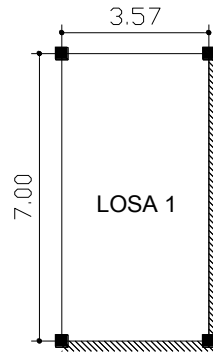
$$\text{Fórmulas: } M (-) = C \cdot CU_u \cdot a^2$$

$$M (+) = C \cdot CMU_u \cdot a^2 + C \cdot CVU_u \cdot a^2$$

Donde: C: Coeficiente de tablas ACI proporcionadas para momentos en las losas y fuerzas secantes en las vigas para el método 3 del ACI.

a: Dimensión del lado considerado de la losa.

Figura 17. **Aplicación del coeficiente para momentos positivos y negativos en la losa 1 (nivel 1)**



Fuente: elaboración propia.

Caso 4 $m = 0,51$

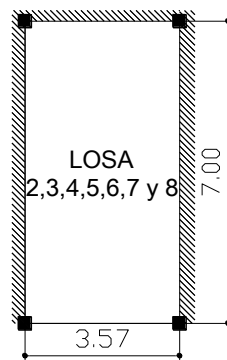
$$a M_a^- = 0,094(1\ 333,2\ \text{kg/m})(3,57\text{m})^2 = 1\ 597,20\ \text{kg-m}$$

$$M_a^+ = 0,059(823,20\text{kg/m})(3,57\text{m})^2 + 0,077(510\text{kg/m})(3,57\text{m})^2 = 1\ 119,50\ \text{kg-m}$$

$$b M_b^- = 0,006(1333,2\ \text{kg/m})(7\text{m})^2 = 391,96\ \text{kg-m}$$

$$M_b^+ = 0,004(823,20\ \text{kg/m})(7\text{m})^2 + 0,005(510\text{kg/m})(7\text{m})^2 = 286,30\ \text{kg-m}$$

Figura 18. **Aplicación del coeficiente para momentos positivos y negativos en las losas 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8 (nivel 1)**



Fuente: elaboración propia.

Caso 9 $m = 0,51$

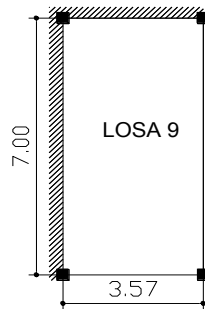
$$a M_a^- = 0,088(1\,333,2 \text{ kg/m})(3,57\text{m})^2 = 1\,495,25 \text{ kg-m}$$

$$M_a^+ = 0,038(823,20\text{kg/m})(3,57\text{m})^2 + 0,067(510\text{kg/m})(3,57\text{m})^2 = 834,18 \text{ kg-m}$$

$$b M_b^- = 0,003(1\,333,2 \text{ kg/m})(7\text{m})^2 = 195,98 \text{ kg-m}$$

$$M_b^+ = 0,002(823,20 \text{ kg/m})(7\text{m})^2 + 0,004(510\text{kg/m})(7\text{m})^2 = 180,63 \text{ kg-m}$$

Figura 19. **Aplicación del coeficiente para momentos positivos y negativos en la losa 9 (nivel 1)**



Fuente: elaboración propia.

Caso 4 $m = 0,51$

$$a M_a^- = 0,094(1\,333,2 \text{ kg/m})(3,57\text{m})^2 = 1\,597,20 \text{ kg-m}$$

$$M_a^+ = 0,059(823,20\text{kg/m})(3,57\text{m})^2 + 0,077(510\text{kg/m})(3,57\text{m})^2 = 1\,119,50 \text{ kg-m}$$

$$b M_b^- = 0,006(1333,20 \text{ kg/m})(7\text{m})^2 = 391,96 \text{ kg-m}$$

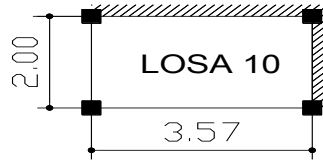
$$M_b^+ = 0,004(823,20 \text{ kg/m})(7\text{m})^2 + 0,005(510\text{kg/m})(7\text{m})^2 = 286,30 \text{ kg-m}$$

En losas sin continuidad el momento negativo es igual:

$$M_a' = 1/3 * M_a^+ = (1/3) * 1\,119,50 = 373,17 \text{ kg-m}$$

$$M_b' = 1/3 * M_b^+ = (1/3) * 286,30 = 95,43 \text{ kg-m}$$

Figura 20. **Aplicación del coeficiente para momentos positivos y negativos en la losa 10 (nivel 1)**



Fuente: elaboración propia.

Caso 4 $m = 0,56$

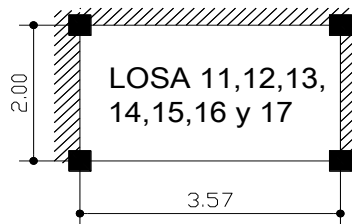
a $M_a^- = 0,092(1673,20 \text{ kg/m})(2,0\text{m})^2 = 615,74 \text{ kg-m}$

$M_a^+ = 0,056(823,2\text{kg/m})(2,0\text{m})^2 + 0,072(850\text{kg/m})(2,0\text{m})^2 = 429,20 \text{ kg-m}$

b $M_b^- = 0,008(1673,20 \text{ kg/m})(3,57 \text{ m})^2 = 170,60 \text{ kg-m}$

$M_b^+ = 0,005(823,2 \text{ kg/m})(3,57 \text{ m})^2 + 0,007(850 \text{ kg/m})(3,57 \text{ m})^2 = 128,29 \text{ kg-m}$

Figura 21. **Aplicación del coeficiente para momentos positivos y negativos en las losas 11, 12, 13, 14, 15, 16 y 17 (nivel 1)**



Fuente: elaboración propia.

Caso 8 $m = 0,56$

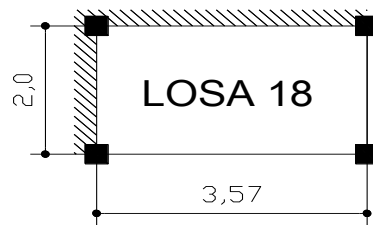
a $M_a^- = 0,085(1673,20 \text{ kg/m})(2 \text{ m})^2 = 607,63 \text{ kg-m}$

$M_a^+ = 0,052(856,8\text{kg/m})(2\text{m})^2 + 0,070(850\text{kg/m})(2\text{m})^2 = 450,32 \text{ kg-m}$

$$b \quad M_b^- = 0,014(1673,20 \text{ kg/m})(3,57 \text{ m})^2 = 336,47 \text{ kg-m}$$

$$M_b^+ = 0,005(856,8 \text{ kg/m})(3,57 \text{ m})^2 + 0,007(850 \text{ kg/m})(3,57 \text{ m})^2 = 117,83 \text{ kg-m}$$

Figura 22. **Aplicación del coeficiente para momentos positivos y negativos en la losa 18 (nivel 1)**



Fuente: elaboración propia.

Caso 4 m = 0,56

$$a \quad M_a^- = 0,092(1673,20 \text{ kg/m})(2 \text{ m})^2 = 615,74 \text{ kg-m}$$

$$M_a^+ = 0,056(823, \text{kg/m})(2\text{m})^2 + 0,072(850\text{kg/m})(2\text{m})^2 = 429,20 \text{ kg-m}$$

$$b \quad M_b^- = 0,008(1673,20 \text{ kg/m})(3,57 \text{ m})^2 = 170,60 \text{ kg-m}$$

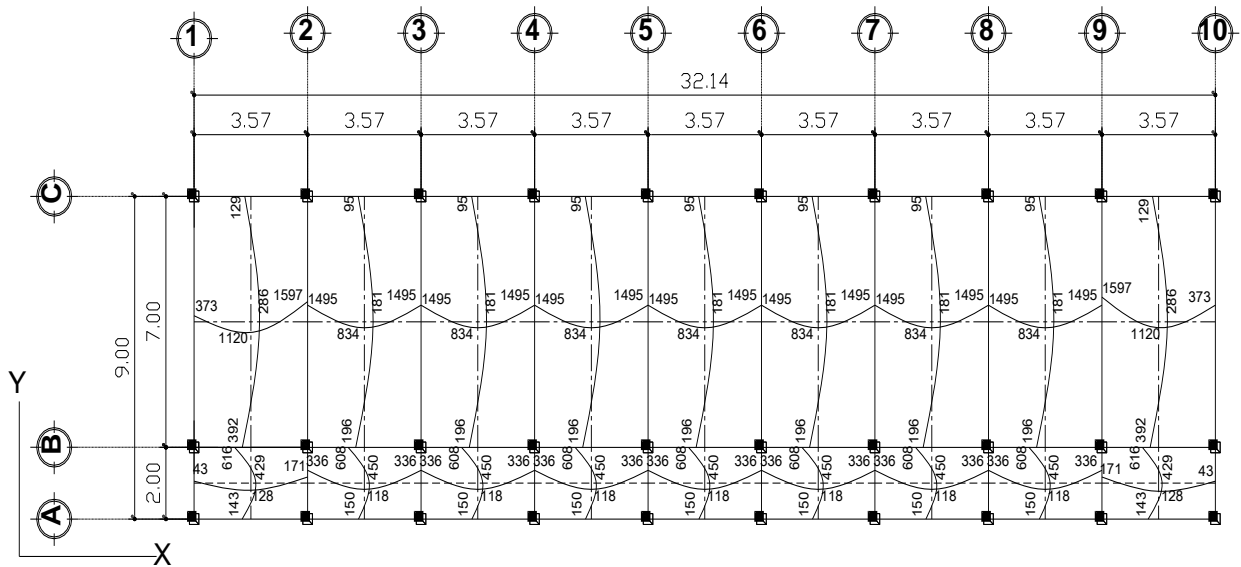
$$M_b^+ = 0,005(823,2 \text{ kg/m})(3,57 \text{ m})^2 + 0,007(850 \text{ kg/m})(3,57 \text{ m})^2 = 128,29 \text{ kg-m}$$

En losas sin continuidad el momento negativo es igual:

$$M_a' = 1/3 * M_a^+ = (1/3) * 429,20 = 143,07 \text{ kg-m}$$

$$M_b' = 1/3 * M_b^+ = (1/3) * 128,29 = 42,76 \text{ kg-m}$$

Figura 23. **Planta de momentos actuantes en losas típicas (nivel 1)**



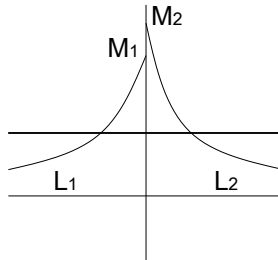
Fuente: elaboración propia.

Balance de momentos: si dos losas se encuentran unidas en un lado y poseen momentos diferentes, se deberán balancear los momentos antes de diseñar el refuerzo. Para este caso, se utilizará el método siguiente:

$$\text{Si } 0,8 * M_{\text{MAYOR}} \leq M_{\text{MENOR}} \quad \rightarrow \quad M_B = \frac{(M_{\text{MAYOR}} + M_{\text{MENOR}})}{2}$$

Si $0,8 * M_{\text{MAYOR}} > M_{\text{MENOR}}$ \rightarrow se balancean proporcionalmente a su rigidez

Figura 24. Diagrama de balance de momentos en losas



Fuente: elaboración propia.

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

L1 = Longitud de losa considerada

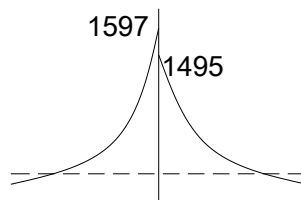
Balance de momentos – sentido x – (losa nivel 1)

Losa 1 Y 2

$$1\,597,00(0,80) = 1\,278,00$$

$$1\,278,00 \leq 1\,495,00; \quad \text{caso 1}$$

Figura 25. Diagrama de balance de momentos en losas 1 y 2



Fuente: elaboración propia.

$$M_a = (1\,597,00 \text{ kg-m} + 1\,495,00 \text{ kg-m})/2$$

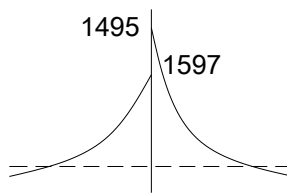
$$M_a = 1\,546,00 \text{ kg-m}$$

Losa 8 Y 9

$$1\,597,00(0,80) = 1\,278,00$$

$$1\,278,00 \leq 1\,495,00 \quad \text{caso 1}$$

Figura 26. **Diagrama de balance de momentos en losas 8 y 9**



Fuente: elaboración propia.

$$M_a = (1\,597,00 \text{ kg-m} + 1\,495,00 \text{ kg-m})/2$$

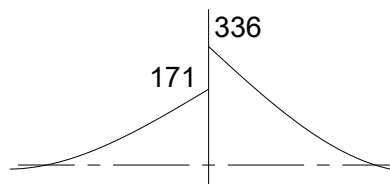
$$M_a = 1\,546,00 \text{ kg-m}$$

Losa 10,11 Y 17,18

$$336,00(0,80) = 269,00$$

$$269,00 > 171,00; \quad \text{caso 2 cálculo por rigideces}$$

Figura 27. **Diagrama de balance de momentos en losas 10, 11, 17 y 18**



Fuente: elaboración propia.

$$k_1 = \frac{\frac{1}{2}}{\frac{1}{2} + \frac{1}{7}} = 0,78$$

$$k_2 = \frac{\frac{1}{7}}{\frac{1}{2} + \frac{1}{7}} = 0,22$$

Tabla XVII. **Balance de momentos de losas 10, 11, 17 y 18; nivel 1**
sentido - x -

0.78	0.22
336 kg-m	171 kg-m
(171 - 336)0.78	(336 - 171)0.22
- 129	36
Ma = 207 kg-m	Ma = 207 kg-m

Fuente: elaboración propia.

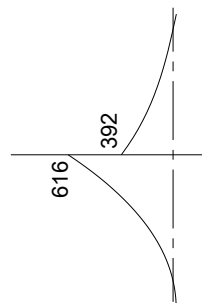
Balance de momentos – sentido y – (losa nivel 1)

Losa 10, 1, 18 y 9

$$616 \cdot 0,80 = 493,00$$

493,00 > 392,00; caso 2 cálculo por rigideces

Figura 28. **Diagrama de balance de momentos en losas 10, 1, 18 y 9**



Fuente: elaboración propia.

$$k_1 = \frac{\frac{1}{2}}{\frac{1}{2} + \frac{1}{7}} = 0,78$$

$$k_2 = \frac{\frac{1}{7}}{\frac{1}{2} + \frac{1}{7}} = 0,22$$

Tabla XVIII. **Balance de momentos de losas 10, 1, 18 y 9; nivel 1**
sentido -y-

0.78	0.22
616 kg-m	392 kg-m
(392 - 616)0.78	(616 - 392)0.22
- 175	49
Ma = 441 kg-m	Ma = 441 kg-m

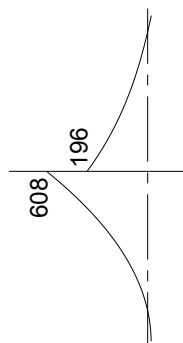
Fuente: elaboración propia.

Losa 11 Y 2

$$608,00 (0,80) = 486,00$$

486,00 > 196,00; caso 2 cálculo por rigideces

Figura 29. **Diagrama de balance de momentos en losas 2 y 11**



Fuente: elaboración propia.

$$k_1 = \frac{1}{\frac{1}{2} + \frac{1}{7}} = 0,78$$

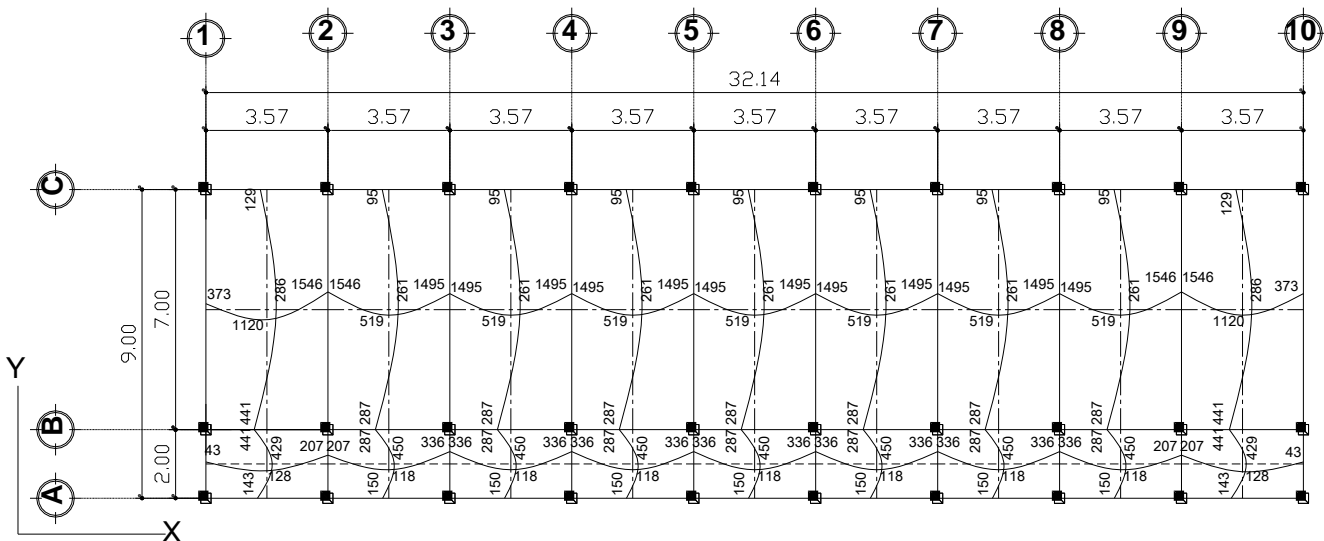
$$k_2 = \frac{1}{\frac{1}{2} + \frac{1}{7}} = 0,22$$

Tabla XIX. Balance de momentos de losas 2 y 11 nivel 1;
sentido -y-

0.78	0.22
608 kg-m	196 kg-m
(196 - 608)0.78	(608 - 196)0.22
- 321	91
Ma = 287 kg-m	Ma = 287 kg-m

Fuente: elaboración propia.

Figura 30. Planta de momentos balanceados en losas típicas (nivel 1)



Fuente: elaboración propia.

Diseño del acero de refuerzo

El refuerzo para las losas se calcula como una viga, asumiendo un ancho unitario de 1,00 metro, el análisis es el siguiente:

- Cálculo

$$d = t - (\text{recubrimiento} + \frac{1}{2} \text{ diámetro de la barra})$$

$$d = \text{peralte efectivo}$$

Para este cálculo se utilizará la barra número 3

$$d = 12 - (2,5 + (0,95/2)) = 9,025 \text{ cm}$$

El acero mínimo por franja unitaria en una losa, es igual a 40 por ciento del acero mínimo calculado como una viga.

$$A_{s_{\min}} = 0,4 \left(\frac{14,1}{F_y} \right) b d$$

b = ancho unitario (100 cm)

$$A_{s_{\min}} = 0,4 * \left(\frac{14,1}{2810,00} \right) * 9,025 * 100,00 = 1,81 \text{ cm}^2$$

Espaciamiento S, se proponen varillas número 3 ($A_s = 0,71 \text{ cm}^2$)

$$1,81 \text{ cm}^2 \rightarrow 100,00 \text{ cm}$$

$$0,71 \text{ cm}^2 \rightarrow S$$

$$S = 39,23 \text{ cm}$$

Chequeando el espaciado máximo

$$S_{\max} = 3t \quad \text{ó} \quad S_{\max} = 0,30 \text{ cm}$$

$$S_{\max} = 3 * (0,1003) = 0,3009 \text{ m}; \text{ usar } S_{\max} = 0,30 \text{ cm}$$

Calcular A_s para $S_{m\acute{a}x}$

A_s mín → 100,00 cm

$0,71 \text{ cm}^2$ → 30,00 cm

- Cálculo del momento que resiste el A_s mín = $2,37 \text{ cm}^2$

$$M_{A_s \text{ mín}} = 0,90 * \left(A_s * F_y \left(d - \frac{A_s * F_y}{1,7 * f'c * b} \right) \right)$$

$$M_{A_s \text{ mín}} = 0,90 * \left(2,37 * 2810 \left(9,025 - \frac{2,37 * 2810}{1,7 * 210 * 100} \right) \right)$$

$$M_{A_s \text{ mín}} = 52975,0 \text{ kg} - \text{cm} * \left(\frac{1,00\text{m}}{100\text{cm}} \right) = 529,75 \text{ kg} - \text{m}$$

- Cálculo de las áreas de acero requeridas para las losas típicas del nivel 1. Para los momentos menores a 529,75 kilogramo-metro, se utilizará el acero mínimo = 2,37 centímetro cuadrado, con un espaciamiento máximo de = 0,30 metro; y para los momentos mayores al momento de acero mínimo se calcula el área de acero con la fórmula siguiente:

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

Los resultados se encuentran en la tabla XX.

Tabla XX. Refuerzo de losas del primer nivel, en el sentido x

REFUERZO EN X					
MOMENTOS (kg-m)	MOMENTOS (kg-cm)	As (cm ²)	No. varilla	Área de varilla (cm ²)	S (cm)
373,00	37 300,00	1,66	3	0,71	42,82
1 120,00	112 000,00	5,14	3	0,71	13,82
1 546,00	154 600,00	7,23	3	0,71	9,82
519,00	51 900,00	2,32	3	0,71	30,59
1 495,00	149 500,00	6,97	3	0,71	10,18
43,00	4 300,00	0,19	3	0,71	376,24
128,00	12 800,00	0,56	3	0,71	125,98
207,00	20 700,00	0,91	3	0,71	77,66
118,00	11 800,00	0,52	3	0,71	136,71
336,00	33 600,00	1,49	3	0,71	47,60

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXI. Refuerzo de losas del primer nivel, en el sentido y

REFUERZO EN Y					
MOMENTOS (kg-m)	MOMENTOS (kg-cm)	As (cm ²)	No. varilla	Área de varilla (cm ²)	S (cm)
143,00	14 300,00	0,63	3	0,71	112,70
429,00	42 900,00	1,91	3	0,71	37,14
441,00	44 100,00	1,97	3	0,71	36,12
286,00	28 600,00	1,27	3	0,71	56,04
129,00	12 900,00	0,57	3	0,71	125,00
150,00	15 000,00	0,66	3	0,71	107,41
450,00	45 000,00	2,01	3	0,71	35,38
287,00	28 700,00	1,27	3	0,71	55,84
261,00	26 100,00	1,16	3	0,71	61,46
95,00	9 500,00	0,42	3	0,71	169,96

Fuente: elaboración propia.

Losas nivel 2

La losa del segundo nivel: el procedimiento es el mismo que el anterior variando el cálculo de carga viva y carga muerta.

Cálculo de cargas para losas del nivel 2.

Carga muerta: Acabados 90,00 kg/m²
 Peso de la losa (0,12m * 2 400,00 kg/m³) 288,00 kg/m²
 Total de carga muerta 378,00 kg/m²
Carga viva: Techos 100,00 kg/m²

Determinando carga última o carga de diseño para nivel 2:

Para calcular los momentos de diseño, se toma una franja unitaria de 1,00 metro de ancho, entonces:

Losa 1- 12 (aulas)

$$CU = 1,4*(288,00 \text{ kg/m}^2) + 1,7*(100,00 \text{ kg/m}^2) = 573,20 \text{ kg/m}^2$$

$$CU_u = 573,20 \text{ kg/m}^2 * 1,00 \text{ m} = 57320 \text{ kg/m}$$

Momentos actuantes:

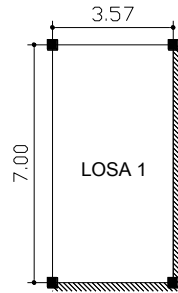
$$\text{Formulas: } M (-) = C*CU_u*a^2$$

$$M (+) = C*CMU_u*a^2 + C*CVU_u*a^2$$

Donde: C: Coeficiente de tablas ACI proporcionadas para momentos en las losas y fuerzas secantes en las vigas para el método 3 del ACI.

a: Dimensión del lado considerado de la losa.

Figura 31. **Aplicación del coeficiente para momentos positivos y negativos en la losa 1 (nivel 2)**



Fuente: elaboración propia.

Caso 4 $m = 0,51$

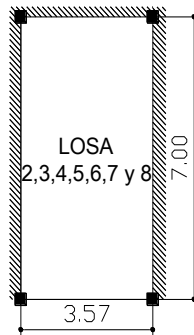
$$a \ M_a^- = 0,094(573,20 \text{ kg/m})(3,57\text{m})^2 = 686,71 \text{ kg-m}$$

$$M_a^+ = 0,059(403,2\text{kg/m})(3,57\text{m})^2 + 0,077(170\text{kg/m})(3,57\text{m})^2 = 470,02 \text{ kg-m}$$

$$b \ M_b^- = 0,006(573,20\text{kg/m})(7,00\text{m})^2 = 168,52 \text{ kg-m}$$

$$M_b^+ = 0,004(403,20\text{kg/m})(7,00\text{m})^2 + 0,005(170,00\text{kg/m})(7\text{m})^2 = 120,68 \text{ kg-m}$$

Figura 32. **Aplicación del coeficiente para momentos positivos y negativos en la losa 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8 (nivel 2)**



Fuente: elaboración propia.

Caso 9 $m = 0,51$

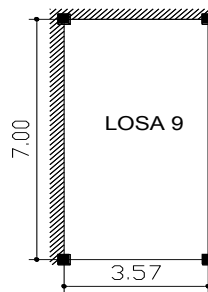
$$a \ M_a^- = 0,088(573,20 \text{ kg/m})(3,57\text{m})^2 = 642,87 \text{ kg-m}$$

$$M_a^+ = 0,038(403,2\text{kg/m})(3,57\text{m})^2 + 0,067(170,0\text{kg/m})(3,57\text{m})^2 = 340,44 \text{ kg-m}$$

$$b \ M_b^- = 0,003(573,2 \text{ kg/m})(7\text{m})^2 = 84,26 \text{ kg-m}$$

$$M_b^+ = 0,002(403,2 \text{ kg/m})(7\text{m})^2 + 0,004(170,0\text{kg/m})(7,0\text{m})^2 = 72,83 \text{ kg-m}$$

Figura 33. **Aplicación del coeficiente para momentos positivos y negativos en la losa 9 (nivel 2)**



Fuente: elaboración propia.

Caso 4 $m = 0,51$

$$a \ M_a^- = 0,094(573,20 \text{ kg/m})(3,57\text{m})^2 = 686,70 \text{ kg-m}$$

$$M_a^+ = 0,059(403,2\text{kg/m})(3,57\text{m})^2 + 0,077(170,0\text{kg/m})(3,57\text{m})^2 = 470,02 \text{ kg-m}$$

$$b \ M_b^- = 0,006(573,20 \text{ kg/m})(7,00\text{m})^2 = 168,52 \text{ kg-m}$$

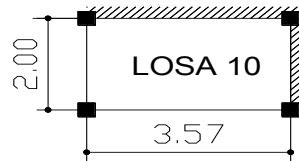
$$M_b^+ = 0,004(403,2\text{kg/m})(7,0\text{m})^2 + 0,005(170,0\text{kg/m})(7,0\text{m})^2 = 120,68 \text{ kg-m}$$

En losas sin continuidad el momento negativo es igual:

$$M_a' = 1/3 * M_a^+ = (1/3) * 470,02 = 156,68 \text{ kg-m}$$

$$M_b' = 1/3 * M_b^+ = (1/3) * 120,68 = 40,23 \text{ kg-m}$$

Figura 34. **Aplicación del coeficiente para momentos positivos y negativos en la losa 10 (nivel 2)**

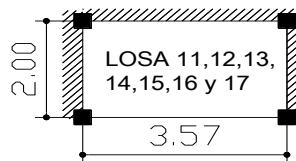


Fuente: elaboración propia.

Caso 4 $m = 0,56$

- a $M_a^- = 0,092(573,20 \text{ kg/m})(2,00 \text{ m})^2 = 210,94 \text{ kg-m}$
 $M_a^+ = 0,056(403,2 \text{ kg/m})(2,00 \text{ m})^2 + 0,072(170,0 \text{ kg/m})(2,00 \text{ m})^2 = 139,28 \text{ kg-m}$
- b $M_b^- = 0,008(573,20 \text{ kg/m})(3,57 \text{ m})^2 = 58,44 \text{ kg-m}$
 $M_b^+ = 0,005(403,2 \text{ kg/m})(3,57 \text{ m})^2 + 0,007(170,0 \text{ kg/m})(3,57 \text{ m})^2 = 40,86 \text{ kg-m}$

Figura 35. **Aplicación del coeficiente para momentos positivos y negativos en la losa 11, 12, 13, 14, 15, 16 y 17 (nivel 2)**



Fuente: elaboración propia.

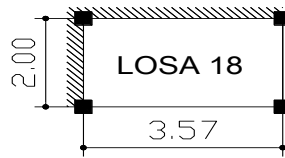
Caso 8 $m = 0,56$

- a $M_a^- = 0,085(573,20 \text{ kg/m})(2,00 \text{ m})^2 = 194,89 \text{ kg-m}$
 $M_a^+ = 0,052(403,2 \text{ kg/m})(2,0 \text{ m})^2 + 0,070(170,0 \text{ kg/m})(2,0 \text{ m})^2 = 131,47 \text{ kg-m}$

$$b \quad M_b^- = 0,014(573,20 \text{ kg/m})(3,57 \text{ m})^2 = 102,28 \text{ kg-m}$$

$$M_b^+ = 0,005(403,2 \text{ kg/m})(3,57 \text{ m})^2 + 0,007(170,0 \text{ kg/m})(3,57 \text{ m})^2 = 40,86 \text{ kg-m}$$

Figura 36. **Aplicación del coeficiente para momentos positivos y negativos en la losa 18 (nivel 2)**



Fuente: elaboración propia.

Caso 4 m = 0,56

$$a \quad M_a^- = 0,092(573,20 \text{ kg/m})(2,00 \text{ m})^2 = 210,94 \text{ kg-m}$$

$$M_a^+ = 0,056(403,2 \text{ kg/m})(2,0 \text{ m})^2 + 0,072(170,0 \text{ kg/m})(2,0 \text{ m})^2 = 139,28 \text{ kg-m}$$

$$b \quad M_b^- = 0,008(573,20 \text{ kg/m})(3,57 \text{ m})^2 = 58,44 \text{ kg-m}$$

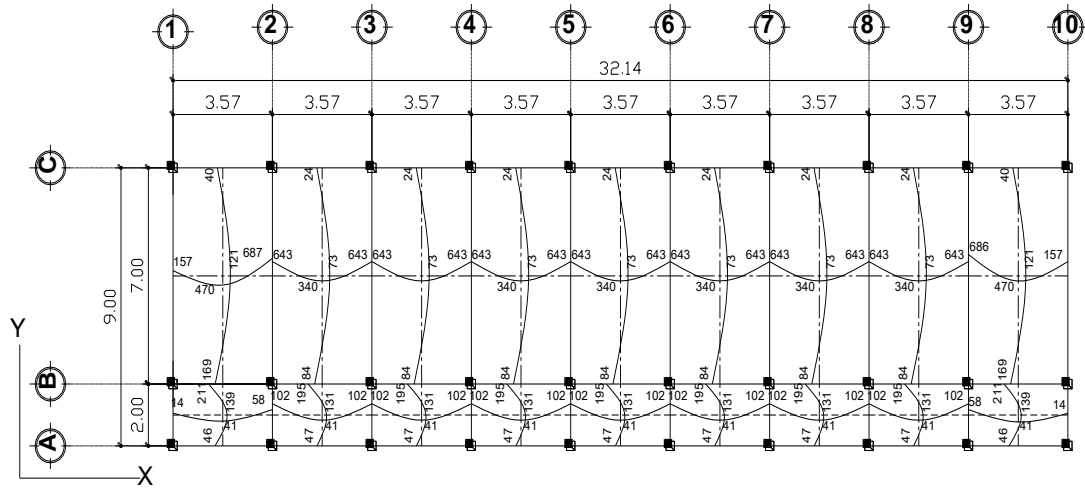
$$M_b^+ = 0,005(403,2 \text{ kg/m})(3,57 \text{ m})^2 + 0,007(170,0 \text{ kg/m})(3,57 \text{ m})^2 = 40,86 \text{ kg-m}$$

En losas sin continuidad el momento negativo es igual:

$$M_a' = 1/3 * M_a^+ = (1/3) * 139,28 = 46,42 \text{ kg-m}$$

$$M_b' = 1/3 * M_b^+ = (1/3) * 40,86 = 13,62 \text{ kg-m}$$

Figura 37. **Planta de momentos actuantes en losas típicas (nivel 2)**



Fuente: elaboración propia.

Balance de momentos: si dos losas se encuentran unidas en un lado y poseen momentos diferentes, se deberán balancear los momentos antes de diseñar el refuerzo. Para este caso, se utilizará el método siguiente:

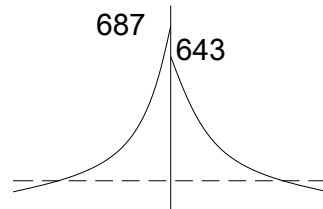
$$\text{Si } 0,8 * M_{\text{MAYOR}} \leq M_{\text{MENOR}} \quad \rightarrow \quad M_B = \frac{(M_{\text{MAYOR}} + M_{\text{MENOR}})}{2}$$

Si $0,8 * M_{\text{MAYOR}} > M_{\text{MENOR}}$ \rightarrow se balancean proporcionalmente a su rigidez

Balance de momentos

Losa 1 Y 2

Figura 38. Diagrama de balance de momentos en losas 1 y 2



Fuente: elaboración propia.

$$687,00(0,80) = 550,00$$

$$550,00 \leq 643,00; \quad \text{caso 1}$$

$$M_b = \frac{687,00 \text{ kg-m} + 643,00 \text{ kg-m}}{2,00} = 665,00 \text{ kg-m}$$

Tabla XXII. Refuerzo de losas del segundo nivel, en el sentido x

REFUERZO EN X					
MOMENTOS (kg-m)	MOMENTOS (kg-cm)	As (cm ²)	No. varilla	Área de varilla (cm ²)	S (cm)
157,00	15 700,00	0,69	3	0,71	102,59
470,00	47 000,00	2,10	3	0,71	33,85
665,00	66 500,00	2,99	3	0,71	23,73
340,00	34 000,00	1,51	3	0,71	47,03
643,00	64 300,00	2,89	3	0,71	24,57
14,00	1 400,00	0,06	3	0,71	1 156,89
41,00	4 100,00	0,18	3	0,71	394,63
68,00	6 800,00	0,30	3	0,71	237,69
41,00	4 100,00	0,18	3	0,71	394,63
104,00	10 400,00	0,46	3	0,71	155,20

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIII. Refuerzo de losas del segundo nivel, en el sentido y

REFUERZO EN Y					
MOMENTOS (kg-m)	MOMENTOS (kg-cm)	As (cm ²)	No. varilla	Área de varilla (cm ²)	S (cm)
46,00	4 600,00	0,20	3	0,71	351,67
139,00	13 900,00	0,61	3	0,71	115,96
190,00	19 000,00	0,84	3	0,71	84,67
121,00	12 100,00	0,53	3	0,71	133,31
40,00	4 000,00	0,18	3	0,71	404,51
47,00	4 700,00	0,21	3	0,71	344,17
131,00	13 100,00	0,58	3	0,71	123,08
108,00	10 800,00	0,48	3	0,71	149,43

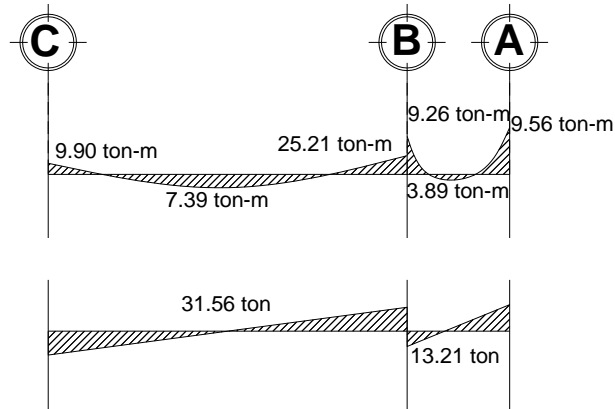
Fuente: elaboración propia.

2.2.4.2. Dimensionamiento de vigas

Las vigas son elementos estructurales sometidos a esfuerzos de compresión, tensión y corte. Los datos necesarios para su diseño son los momentos últimos y cortes últimos actuantes, porque se toman del análisis estructural. El procedimiento seguido para diseñar las vigas, se describe a continuación, aplicado a la viga tipo 1.

Datos: esta viga se ubica en el marco típico sentido “y”, nivel 1. Los datos tomados del análisis estructural, se muestran en la figura 19.

Figura 39. Diagrama de momentos y cortes últimos de la viga tipo 1



Fuente: elaboración propia.

Límites de acero: antes de diseñar el acero longitudinal en la viga, se calculan los límites dentro de los cuales debe estar este, según los criterios siguientes:

Sección = 0,25 metro x 0,45 metro, peralte efectivo de 0,40 metro

Fórmulas a utilizar:

$$As_{\min} = 0,4 \left(\frac{14,1}{F_y} \right) b d$$

$$As_{\min} = \left(\frac{14,1}{2810,00} \right) * 25,00 * 41,00 = 5,14 \text{ cm}^2$$

$$As_{\max} = 0,5 * 0,036946 * b * d$$

$$As_{\max} = 0,5 * 0,036946 * 25,00 * 41,00 = 18,93 \text{ cm}^2$$

Acero longitudinal: por medio de los momentos dados se procede a calcular las áreas de acero por la fórmula:

$$As = \left(b * d - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{M * b}{0,003825 * f_c}} \right) * \left(\frac{0,85 * f_c}{f_y} \right)$$

$$f_c = 281,00 \text{ kg/cm}^2$$

Los resultados de aplicar esta fórmula a los distintos momentos que actúan en las vigas, se presentan en la tabla XXIV.

Tabla XXIV. **Cálculo del área de acero para viga tipo 2 (aula + pasillo)**

SENTIDO Y (NIVEL 1)			
MOMENTO (kg-m)	As CALCULADO (cm²)	No. VARILLAS (Diámetros)	AREA CUBIERTA (cm²)
9 900,00	10,14	3 No.7	11,61
7 390,00	7,45	2 No.7	7,74
25 210,00	29,21	8 No.7	30,96
9 260,00	9,94	3 No.7	11,61
3 890,00	3,84	2 No.4	7,74
9 560,00	9,77	3 No.7	11,61

Fuente: elaboración propia.

Luego de calcular el A_s , se propone el armado de tal forma que el área de ésta cubra lo solicitado en los cálculos de A_s ; eso se hace tomando en cuenta los siguientes requisitos sísmicos:

Cama superior al centro

Se deben colocar, como mínimo, dos varillas o más de acero corridas tomando el mayor de los siguientes valores.

- $A_{s \text{ min}} = 5,14 \text{ cm}^2$
- 33% A_s calculado para el momento negativo = $0,33 * 29,21 = 9,64 \text{ cm}^2$

Cama inferior en apoyos

Se deben colocar, como mínimo, dos varillas o más de acero corridas, tomando el mayor de los valores:

- $As_{min} = 5,14 \text{ cm}^2$
- $50\% \text{ del } As_{M^-} = 0,5 * 7,45 = 3,73 \text{ cm}^2$
- $50\% \text{ del } As_{M^+} = 0,5 * 29,21 = 14,61 \text{ cm}^2$

El área del acero faltante en la cama superior o inferior, se coloca como bastón.

Acero transversal (estribos) el objetivo de colocar acero transversal es: por armado, para mantener el refuerzo longitudinal en la posición deseada, y para contrarrestar los esfuerzos de corte; esto último en caso de que la sección de concreto no fuera suficiente para cumplir esta función: el procedimiento a seguir es el siguiente:

Cálculo de corte resistente:

$$V_r = (0,85) * (0,53) * (281,00)^{1/2} * (25,00 * 41,00) = 7\,740,55 \text{ kg}$$

Este valor se compara con el corte actuante

Si $V_r > V_u \rightarrow$ estribos sólo por armado

Si $V_r < V_u \rightarrow$ diseño de estribos por corte según fórmula.

$7\,740,55 \text{ kg} < 31\,560,00 \text{ kg}$; en este caso $V_r < V_u$, por lo tanto se diseña los estribos por corte.

El cálculo del refuerzo para el esfuerzo cortante en la viga es de la siguiente manera:

Espaciamiento de estribos en zona confinada. $S = \frac{A_v * f_y}{V_s * b}$

$A_v = 2(\text{Área de la varilla})$

Se utilizarán varillas número 3

$A_v = 2(0,71) = 1,42 \text{ cm}^2$

$$V_s = \frac{V_s - (V_u - V_r)}{bd} = \frac{31\,560,00 - 7\,740,55}{25,00 * 41,00} = 23,24 \text{ kg/cm}^2$$

$$S = \frac{1,42 * 2\,810,00}{23,24 * 25,00}$$

$S = 6,86 \text{ cm} = 6,00 \text{ cm}$

Este espaciamento no debe exceder el máximo permitido que es:

$S_{\text{máx}} = d / 2 \leq 30,00 \text{ cm}$

$S_{\text{máx}} = 41/2 \leq 20,5 \text{ cm}$

$20,5 \text{ cm} \leq 30,00 \text{ cm}$

Por lo tanto se propone colocar el refuerzo transversal, utilizando varilla número 3 @ 0,06 metro, en la viga tipo 1.

Longitud de confinamiento: para esto se toma el mayor de los siguientes valores:

- $Lo = Lu / 6 = 7/6 = 1,17 \text{ m}$
- Lado mayor de columna = 0,30 m
- 0,45 m

Vigas tipo 2, 3 y 4: para el diseño de todas las vigas se utilizó el procedimiento descrito anteriormente para la viga 2, los resultados se observan en las siguientes tablas, tanto para el sentido Y, como para el X. Para las vigas en el sentido X (vigas 3 y 4), se redujo el peralte puesto que el acero es mayor que el acero mínimo ($A_{s\text{mín}}$), y con el propósito de bajar los costos del proyecto, se redujo la sección a 0,20 x 0,35 metro.

Tabla XXV. **Cálculo de refuerzo de vigas, sentido y**

SENTIDO Y (SEGUNDO NIVEL)				
VIGA	MOMENTO (kg-m)	As CALCULADO (cm²)	No. VARILLAS (Diámetros)	AREA CUBIERTA (cm²)
1 Sección 0,25 x 0,45	6 360,00	6,37	2 No. 6 +1 No. 4	6,97
	5 100,00	5,07	5 No. 4	6,45
	14 310,00	15,11	6 No. 6	17,04
	5 390,00	5,36	4 No. 4	5,16
	2 070,00	2,02	2 No. 4	2,58
	4 040,00	3,99	4 No. 4	5,16
SENTIDO Y (PRIMER NIVEL)				
VIGA	MOMENTO (kg-m)	As CALCULADO (cm²)	No. VARILLAS (Diámetros)	AREA CUBIERTA (cm²)
2 Sección 0,25 x 0,45	9 900,00	10,14	3 No.7	11,61
	7 390,00	7,45	2 No.7	7,74
	25 210,00	29,21	8 No.7	30,96
	9 260,00	9,44	3 No.7	11,61
	3 890,00	3,84	2 No.7	7,74
	9 560,00	9,97	3 No.7	1,61

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVI. **Cálculo de refuerzo de vigas, sentido x**

SENTIDO X (SEGUNDO NIVEL)				
VIGA	MOMENTO (kg-m)	As CALCULADO (cm ²)	No. VARILLAS (Diámetros)	AREA CUBIERTA (cm ²)
3	2 100,00	2,75	3 No. 4	3,66
Sección	760,00	0,98	2 No. 4	2,58
0,20 x 0,35	4 680,00	6,35	5 No. 4	6,45
SENTIDO X (PRIMER NIVEL)				
VIGA	MOMENTO (kg-m)	As CALCULADO (cm ²)	No. VARILLAS (Diámetros)	AREA CUBIERTA (cm ²)
4	3 490,00	4,66	2 No. 6	5,68
Sección	1 390,00	1,80	2 No. 4	2,58
0,20 x 0,35	6 330,00	8,81	4 No. 6	11,36

Fuente: elaboración propia.

2.2.4.3. Dimensionamiento de columnas

Las columnas son los miembros verticales a compresión de los marcos estructurales, que sirven para apoyar las vigas. Transmiten las cargas de los pisos superiores hasta al suelo a través de la cimentación.

2.2.4.3.1. Columna típica nivel 2

Datos para el diseño de columna:

Sección de columna = 0,30x0,30 m

Longitud de columna = 3,00 m

Sección viga 1 = 0,30 x 0,55 m

Longitud de viga 1 = 7,00 m

Sección de viga 2 = 0,20 x 0,35 m

Longitud de viga 2 = 3,57 m

Espesor de losa = 0,12 m

My = 9 410,00 kg-m

Área tributaria = 16,07 m²

Vy = 6 110,00 kg-m

Vx = 2 430,00 kg- m

Mx = 3 480,00 kg-m

a. Determinación de la carga axial: $CU = 1,4CM + 1,7CV$

Cálculo de cargas (CM y CV)

CV = Carga viva que llega a la columna

CM = peso losa + peso acabados (segundo nivel)

CM = peso losa + peso acabados + peso muros (primer nivel)

Segundo Nivel

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

$$CM = (2 \text{ 400,00 kg/m}^3 \times 0,12 \text{ m}) + (60,00 \text{ kg/m}^2)$$

$$CM = 348,00 \text{ kg/m}^2$$

$$CU_2 = 1,4(348,00 \text{ kg/m}^2) + 1,7(100,00 \text{ kg/m}^2) = 657,20 \text{ kg/m}^2$$

b. Cálculo del factor de carga última

$$F_{cu} = \frac{CU}{CM + CV} = \frac{657,20}{348,00 + 100,00} = 1,47 \rightarrow \text{SEGUNDONIVEL}$$

c. Cálculo de la carga axial: $Pu = (AlosaxCU) + (PvigasxFCU)$

$$Pu_2 = (16,07 \times 657,20) + ((0,25 \times 0,45 \times 2400,00 \times 4,5) + (0,20 \times 0,35 \times 2400,0 \times 3,57)) \times 1,47$$

$$Pu_2 = 13228,90 \text{ kg}$$

d. Clasificar la columna por su esbeltez (E):

Las columnas se clasifican en cortas, intermedias y largas; por su esbeltez

- Columna corta $E < 22$ (el momento no se magnifica)

- Columna intermedia $22 < E > 100$ (el momento se magnifica)
- Columna larga $E > 100$ (no se aconseja construirla porque puede fallar por pandeo)

Los límites descritos tienen fundamento en el Reglamento ACI 328-99, sección 10.13.2.

$$\text{Fórmula: } E = \frac{K * Lu}{r}$$

Donde: E = esbeltez

K = factor de pandeo

Lu = Longitud entre apoyos = 3,00 m

r = radio de giro = 0,3*lado menor

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

$$K = \left(\frac{20 - \Psi_P}{20} \right) * \sqrt{(1 + \Psi_P)}$$

Donde:

Ψ_P = relación de rigidez promedio

$$\Psi_P = \frac{\Sigma \text{Rigideces de columnas que se unen en el nodo considerado}}{\Sigma \text{Rigideces de vigas que se unen en el nodo considerado}}$$

Sección de viga: 30,0x55,0 cm

Sección de columna: 30,0x30,0 cm

Inercia = $(1/12) \times b \times h^3$

Inercia de viga = $(1/12) \times 25,00 \times 45,00^3 = 189\,843,75 \text{ cm}^4$

$$\text{Inercia de columna} = (1/12) \times 30,00 \times 30,00^3 = 67\,500,00 \text{ cm}^4$$

Sentido X

$$\Psi_A = \frac{0,70 * \left(\frac{67\,500,00}{300,00} + \frac{67\,500,00}{420,00} \right)}{0,35 * \left(\frac{189\,843,75}{357,00} + \frac{189\,846,75}{357,00} \right)} = 0,42$$

$$\Psi_B = \frac{0,70 * \left(\frac{67\,500,00}{300,00} + \frac{67\,500,00}{420,00} \right)}{0,35 * \left(\frac{189\,843,75}{357,00} + \frac{189\,843,75}{357,00} \right)} = 0,73$$

$$\Psi_P = \frac{\Psi_A + \Psi_B}{2} = \frac{0,42 + 0,73}{2} = 0,575 < 2$$

Como $\Psi_P < 2$, entonces;

$$K = \left(\frac{20,00 - 0,575}{20,00} \right) * \sqrt{(1 + 0,575)} = 1,22$$

Por lo tanto;

$$E = \frac{1,22 * 3,00}{0,30 * 0,30} = 41,00 > 22$$

Sentido Y

$$\Psi_A = \frac{0,70 * \left(\frac{67\,500,00}{300,00} + \frac{67\,500,00}{300,00} \right)}{0,35 * \left(\frac{189\,843,75}{700,00} + \frac{189\,843,75}{200,00} \right)} = 0,74$$

$$\Psi_B = \frac{0,70 * \left(\frac{67\,500,00}{300,00} \right)}{0,35 * \left(\frac{189\,843,75}{700,00} + \frac{189\,843,75}{200,00} \right)} = 0,37$$

$$\Psi_P = \frac{\Psi_A + \Psi_B}{2} = \frac{0,74 + 0,37}{2} = 0,555 < 2$$

Como $\Psi_P < 2$, entonces;

$$K = \left(\frac{20,00 - 0,555}{20,00} \right) * \sqrt{(1 + 0,555)} = 1,21$$

Por lo tanto;

$$E = \frac{1,21 * 3,00}{0,30 * 0,30} = 41,00 > 22$$

Los valores de esbeltez obtenidos en los sentidos “X” e “Y”; la columna propuesta, es clasificada como una columna intermedia, por lo que se hace necesario magnificar los momentos actuantes.

e. Magnificación de momentos:

Fórmulas: $M_d = \delta M_a$

$$EI = \frac{E_c * I_g}{1 + \beta_d}; \quad E_c = 15\,100 \sqrt{f'_c}; \quad I_g = \frac{bh^3}{12}$$

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 (EI)}{(k * Lu)^2}$$

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

$$\beta_d = \frac{CMU}{CU}$$

Dónde: P_u = Carga de diseño última
 P_{cr} = carga crítica de pandeo de Euler
 B_d = factor de flujo plástico
 E_c = Módulo de elasticidad del concreto; $15\,100(f'c)^{1/2}$
 I_g = Momento de inercia de la sección total del concreto respecto del eje centroidal, sin tomar en consideración el esfuerzo.
 δ = factor de amplificación de momentos

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

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

Donde; $\phi = 0,70$ si se utilizan estribos o
 $\phi = 0,75$ si se utilizan zunchos

f. Calculando el magnificador de momentos en el sentido X

$$E_c = 15\,100,00(210,00)^{1/2} = 218\,819,79 \text{ kg/cm}^2$$

$$\beta_d = \frac{1,4 \text{ (} 348,00 \text{)}}{1,4 \text{ (} 348,00 \text{)} + 1,7 \text{ (} 100,00 \text{)}} = \frac{487,20}{657,20} = 0,74$$

$$EI = \frac{218\,819,79 * 67\,500,00}{1 + 0,74} = 3,40E10^9 \text{ kg-cm}^2$$

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 \text{ (} 3,40E10^9 \text{)}}{(1,21 * 300,00)^2} = 249\,981,37 \text{ kg}$$

$$\delta = \frac{1}{1 - \frac{13\,228,90}{0,70 * 249\,981,37}} = 1,08$$

Cálculo de momentos de diseño:

$$M_d = \delta M_x = 1,08 * 3\,480,00 = 3\,758,4 \text{ kg}$$

- g. Calculando el magnificador de momentos en el sentido Y

$$E_c = 15\,100(210,00)^{1/2} = 218\,819,79 \text{ kg/cm}^2$$

$$\beta_d = \frac{1,4 * (348,00)}{1,4 * (348,00) + 1,7 * (100,00)} = \frac{487,20}{657,20} = 0,74$$

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 * (3,40E10^9)}{(1,21 * 300,00)^2} = 254\,130,36 \text{ kg}$$

$$\delta = \frac{1}{1 - \frac{13\,228,90}{0,70 * 254\,130,36}} = 1,08$$

Cálculo de momentos de diseño:

$$M_d = \delta M_y = 1,08 * 9\,410,00 = 10\,162,8 \text{ kg}$$

- h. Cálculo del acero longitudinal por el método de Bresler

Este método consiste en una aproximación del perfil de la superficie de la falla, además, es uno de los métodos más utilizados porque su procedimiento es tan sencillo y produce resultados satisfactorios.

Este método aproxima el valor $1/P'u$. Este valor se aproxima por un punto del plano determinado por los tres valores: carga axial pura ($P'o$) la carga de

falla para una excentricidad e_x ($P'x_o$) y la carga de falla para una excentricidad e_y ($P'oy$).

El procedimiento a seguir es el siguiente:

Cálculo de límites de acero: según ACI, el área de acero en una columna debe estar dentro de los siguientes límites: 1 por ciento área gruesa del (A_g) < área de acero (A_s) > 6 por ciento del área gruesa (A_g).

$$A_{s\text{mín}}=0,01*(30,00*30,00)=9,00 \text{ cm}^2 \quad A_{s\text{máx}}=0,06*(30,00*30,00)=54,00 \text{ cm}^2$$

Se propone un armado, se aconseja iniciar con un valor cerca de $A_{s\text{mín}}$.

$$\text{Armado propuesto } 6 \text{ número } 8 = 6*(5,07) = 30,42 \text{ cm}^2$$

Para este método se usan los diagramas de interacción para diseño de columnas (ver apéndice). Los valores a utilizar en los diagramas son:

- Valor de la gráfica: $Y = X = d_x/h_x = (30 - 2*3)/30 = 0,80$

- Valor de la curva: $P_t u = \frac{30,42 * 2810,00}{0,85 * 210,00 * 900,00} = 0,53$

- Excentricidades: $e_x = M_{dx}/P_u = 3723/14062,39 = 0,26$

$$e_y = M_{dy}/P_u = 13011,2/14062,39 = 0,92$$

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

$$e_x/h_x = 0,26/0,30 = 0,79$$

$$e_y/h_y = 0,92/0,30 = 3,06$$

Con los valores obtenidos en los últimos cuatro pasos, se buscan los valores de los coeficientes K_x y K_y , entonces estos son: $K_x = 0,35$ y $K_y = 0,09$.

Cálculo de cargas

Carga de resistencia de la columna a una excentricidad e_x :

$$P'_{ux} = K_x \cdot f'_c \cdot b \cdot h = (0,35)(210,00)(30,00 \cdot 30,00) = 66\ 150,00 \text{ kg}$$

Carga de resistencia de la columna a una excentricidad e_y :

$$P'_{uy} = K_y \cdot f'_c \cdot b \cdot h = (0,09)(210,00)(30,00 \cdot 30,00) = 17\ 010,00 \text{ kg}$$

Carga axial de Resistencia de la columna

$$P'_o = \phi \cdot (0,85 \cdot f'_c \cdot (A_g - A_s) + A_s \cdot F_y) = 0,70 \cdot (0,85 \cdot 210,00 \cdot (900,0 - 30,42) + 30,42 \cdot 2810)$$

$$P'_o = 168\ 490,20 \text{ kg}$$

Carga de la Resistencia de la columna:

$$P'_u = \frac{1}{\frac{1}{P'_{ux}} + \frac{1}{P'_{uy}} - \frac{1}{P'_o}} = \frac{1}{\frac{1}{66\ 150,00} + \frac{1}{17\ 010,00} - \frac{1}{168\ 490,20}} = 14\ 712,15 \text{ kg}$$

Como $P'_u > P_u$; el armado propuesto si resiste las fuerzas aplicadas, si esto ni fuera así se debe aumentar el área de acero hasta que cumpla.

Cálculo del acero transversal (estribos)

Además de diseñar las columnas para resistir flexocompresión, es necesario dotarlas con suficiente ductilidad, con el objetivo de que absorban parte de la energía del sismo, esto se logra mediante un mayor confinamiento en los extremos. Se ha determinado que si las columnas se confinan su capacidad de carga es mucho mayor y mejora notablemente la ductilidad de la columna.

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

Se calcula el corte resistente

$$V_r = 0,85 \cdot 0,53 \cdot (f_c)^{1/2} \cdot b \cdot d = 0,85 \cdot 0,53 \cdot (210,00)^{1/2} \cdot 30,00 \cdot 27,00 = 5\,287,98 \text{ kg}$$

Comparar V_r con V_u con los siguientes criterios:

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

Si $V_r = V_u$ se diseñan los estribos por corte

Para ambas opciones debe considerarse que la varilla mínima permitida es la número 3, en este caso $V_r > V_u$, se colocan estribos a $S = 30,0/2 = 15,0$ cm.

La longitud de confinamiento se escoge entre la mayor de las siguientes opciones.

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

Lo Lado mayor de la columna = 0,30 m
0,45 m

Por lo tanto la longitud de confinamiento es de 0,50 metro.

El espaciamiento de estribos S1 en zonas confinadas de las columnas debe encontrarse entre 3,00 centímetro < S1 > 10,00 centímetro.

$$\text{Cálculo de relación volumétrica } (\rho_s): \rho_s = 0,45 * \left(\left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \left(0,85 * \frac{f'_c}{F_y} \right) \right)$$

$$\rho_s > 0,12 * \frac{f'_c}{F_y}$$

A_g = Área gruesa de la sección transversal

A_{ch} = Área de acero para refuerzo transversal

f'_c = Resistencia del concreto

F_y = Esfuerzo de fluencia de acero

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

$$\text{Cálculo de espaciamiento de estribos en zona confinada: } S1 = \frac{2A_v}{\rho_s * Le}$$

Le = dx ó dy , tomar el mayor

$$S1 = \frac{2,00 * 0,71}{0,016 * 24,00} \approx 3,5 \text{ cm}$$

2.2.4.4. Dimensionamiento de cimentación

Los cimientos son elementos estructurales destinados a recibir las cargas propias y las aplicaciones exteriores a la misma; estos a su vez transmiten la acción de las cargas sobre el suelo. Para elegir el tipo de cimentación a utilizar se deben considerar, principalmente el tipo de estructura, la naturaleza de las cargas que se aplicarán, las condiciones del suelo y el costo de la misma.

Diseño de zapata tipo 1

$$M_x = 3,35 \text{ ton-m}$$

$$M_y = 8,14 \text{ ton-m}$$

$$\text{Carga última} = P_u = 36,32 \text{ ton}$$

$$f'c = 210,00 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Valor soporte del suelo} = V_s = 18,40 \text{ ton/m}^2$$

$$F_{cu} = \text{Factor de seguridad} = 1,50$$

$$\gamma_s = 1,32 \text{ ton/m}^3$$

$$\gamma_c = 2,40 \text{ ton/m}^3$$

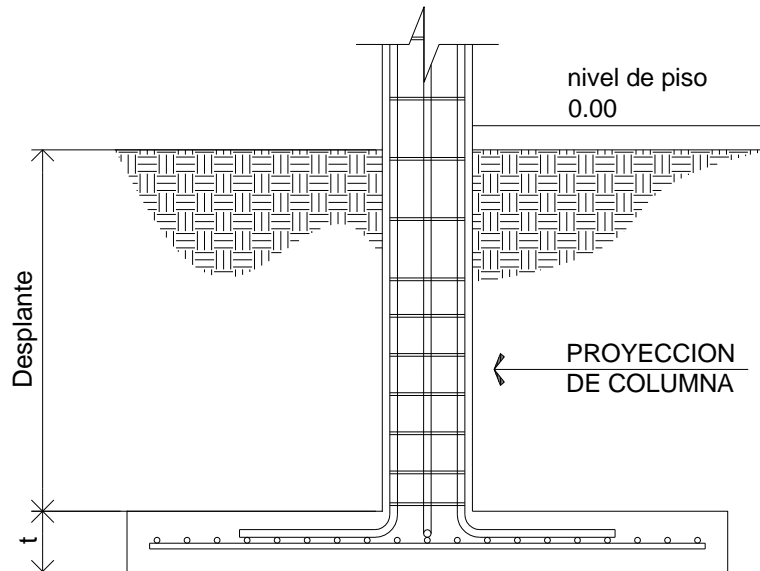
Cálculo de las cargas de trabajo:

$$P'_t = \frac{P_u}{F_{cu}} = \frac{36,32}{1,50} = 24,21 \text{ ton}$$

$$M_{tx} = \frac{M_x}{F_{cu}} = \frac{3,35}{1,50} = 2,23 \text{ ton - m}$$

$$M_{ty} = \frac{M_y}{F_{cu}} = \frac{8,14}{1,50} = 5,43 \text{ ton - m}$$

Figura 40. Sección de zapata concéntrica



Fuente: elaboración propia.

Predimensionamiento del área de la zapata:

A_z = área de la zapata

V_s = valor soporte del suelo

$$A_z = \frac{1,5P't}{V_s} = \frac{1,5 * 24,21}{18,40} = 1,97 \text{ m}^2$$

Se propone usar dimensiones aproximadas.

$$A_z = 2,10 \times 2,10 = 4,41 \text{ m}^2$$

Revisión de presión sobre el suelo: la zapata transmite verticalmente al suelo las cargas aplicadas a ellas por medio de la superficie en contacto con éste, ejerce una presión cuyo valor se define por la fórmula.

q = Presión sobre el suelo

P_u = Carga última

S = Relación base y altura en sentido "x" ó "y"

$$q = \frac{P_u}{A_z} \pm \frac{M_{tx}}{S_x} \pm \frac{M_{ty}}{S_y} \qquad S = \frac{bh^2}{6}$$

Además, se debe tomar en cuenta que q no debe ser negativa, ni mayor que el valor soporte (V_s) para la zapata se tiene:

$$S_x = S_y = \frac{2,1 * 2,1^2}{6,00} = 1,54 \text{ m}^3$$

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

$$P = 24,21 + (0,30 * 0,30 * 4 * 2,40) + (4,41 * 1 * 1,32) + (4,41 * 0,4 * 2,40) = 35,13 \text{ ton}$$

$$q = \frac{35,13}{4,41} \pm \frac{2,23}{1,54} \pm \frac{6,19}{1,54}$$

$q_{\text{máx}} = 13,43 \text{ ton/m}^2$, cumple, no excede el V_s

$q_{\text{mín}} = 2,50 \text{ ton/m}^2$, cumple, sólo existen compresiones

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

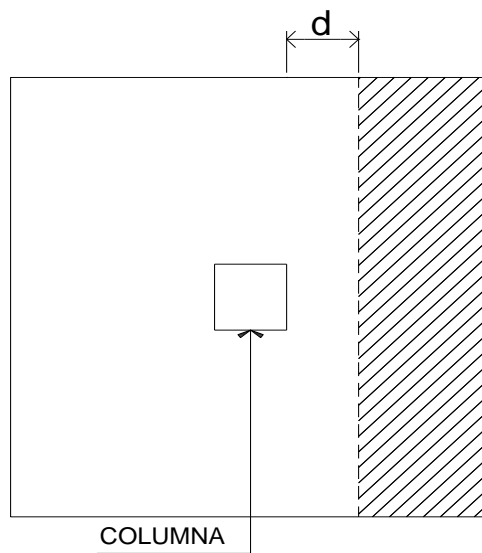
q_{disu} = Presión distribuida última

$$q_{\text{disu}} = q_{\text{máx}} * F_{cu} = 13,43 * 1,0 = 20,14 \text{ ton/m}^2$$

Espesor de zapata, dimensionada el área se propone a dimensionar el espesor de la zapata, basados en que el recubrimiento del refuerzo no sea menor de 0,075 metro, y que el peralte efectivo sea mayor de 0,15 metro más el recubrimiento y el diámetro de la varilla a utilizar. Dicho espesor debe ser tal que resista los esfuerzos de corte.

Revisión por corte simple: la falla de las zapatas por esfuerzo cortante ocurre a una distancia igual a "d" (peralte efectivo) de borde de la columna (ver figura 21), por tal razón se debe compara en ese límite si el corte resistente es mayor que el actuante, esto se hace de forma indicada a continuación.

Figura 41. **Corte simple en zapata concéntrica**



Fuente: elaboración propia.

$$d = t - \text{recubrimiento} - \varnothing/2 = 35,00 - 7,5 - 1,91/2,00 = 26,55 \approx 27,00 \text{ cm}$$

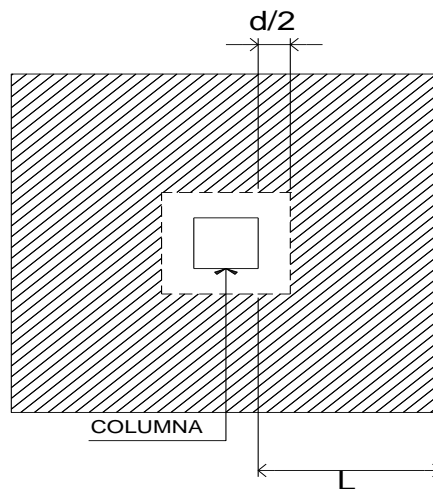
$$V_{act} = \text{área} * q_{disu} = 0,63 * 2,10 * 20,14 = 26,64 \text{ ton}$$

$$V_r = 0,85 \cdot 0,53 \cdot (f'c)^{1/2} \cdot b \cdot d = 0,85 \cdot 0,53 \cdot (210,00)^{1/2} \cdot 210,00 \cdot 27,00 = 37,02 \text{ ton}$$

V_{act} (26,64 ton) < V_r (37,02 ton); si cumple.

Revisión de corte punzonante: la columna tiende a punzonar la zapata debido a los refuerzos 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 (ver figura 22). La revisión que se realiza es al siguiente:

Figura 42. **Corte punzonante en zapata concéntrica**



Fuente: elaboración propia.

$$b_o = \text{perímetro interior} = d + 30,00 = 27,00 + 30,00 = 57,00 \text{ cm}$$

$$b_o = 4,00 \cdot 57,00 = 228,00 \text{ cm}$$

$$V_{act} = A \cdot q_u = ((2,10 \cdot 2,10) - (0,57 \cdot 0,57)) \cdot 20,14 = 82,27 \text{ ton}$$

$$V_r = 0,85 \cdot 1,06 \cdot (f'c)^{1/2} \cdot b_o \cdot d = 0,85 \cdot 1,06 \cdot (210,00)^{1/2} \cdot 228,00 \cdot 27,00 / 1000,00 = 80,38 \text{ ton}$$

$V_{act} = V_r$ no chequea, entonces aumentar "t"

Segundo predimensionamiento $t = 40,00$ cm. Entonces $d = 31,55$ cm

$$V_{act} = A * q_u = ((2,10 * 2,10) - (0,6155 * 0,6155)) * 20,14 = 81,19 \text{ ton}$$

$$V_r = 0,85 * 1,06 * (f'c)^{1/2} * b_o * d = 0,85 * 1,06 * (210,0)^{1/2} * 246,2 * 31,55 / 1000,00 = 101,46 \text{ ton}$$

V_{act} (81,19 tonelada) < V_r (101,46 tonelada); si cumple. Entonces utilizar un peralte efectivo de $d = 40,00$ centímetro.

Diseño de refuerzo por flexión: el empuje hacia arriba del suelo produce momento flector en la zapata; por esa razón es necesario reforzar con acero para soportar los esfuerzos inducidos. Esto se hace de la manera siguiente:

Sentido X

- Momento último: éste se define tomando la losa como en voladizo y su $M_u = q_{disu} * L^2 / 2 = (20,14) * (0,95^2 / 2) = 9,09 \text{ ton-m}$; donde L es la distancia medida del rostro de la columna al final de la zapata.

Área de acero: el área de acero se define por la fórmula:

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

Donde:

$$b = 100,00 \text{ cm}$$

$$f'c = 210,00 \text{ kg/cm}^2$$

$$M_u = 9\,090,00 \text{ kg-m}$$

$$d = 31,55 \text{ cm}$$

$$F_y = 2\,810,00 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_s = 11,74 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{\min}} = \frac{14,1 * b * d}{F_y} \quad A_{s_{\min}} = 15,83 \text{ cm}^2$$

Por lo tanto, se tomara el área de acero mínimo.

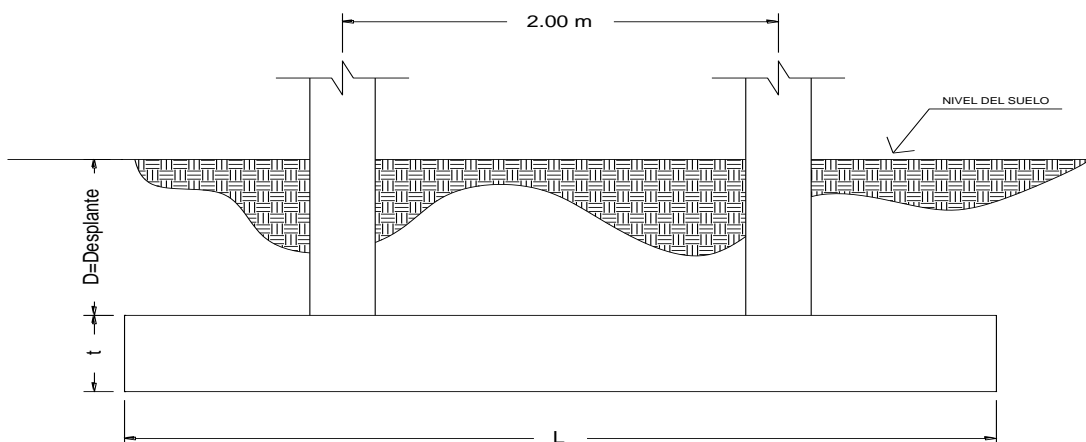
Espaciamiento entre varillas: se define por: $S = A_v / A_{s_{\min}}$; utilizando un $A_v = 1,93 \text{ cm}^2$ (número 5), entonces $S = 1,93 / 15,83 = 0,12 \text{ m}$.

Por criterio y seguridad, las zapatas tipo 1 quedarán armadas con varillas número 5 @ 0,10 metro en ambos sentidos.

Diseño de zapatas tipo 2

En la figura 24, se muestra el perfil de una zapata combinada, donde se indica los recubrimientos mínimos que debe llevar el acero y como debe de colocarse.

Figura 43. **Sección de zapata combinada**



Fuente: elaboración propia.

Datos:

$$Mx_1 = 3,35 \text{ ton-m}$$

$$My_1 = 8,14 \text{ ton-m}$$

$$Mx_2 = 3,35 \text{ ton-m}$$

$$My_2 = 6,54 \text{ ton-m}$$

$$\text{Carga última} = Pu_1 = Pu_2 = 36,32 \text{ ton}$$

$$f'c = 210,00 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Valor soporte del suelo} = Vs = 18,40 \text{ ton/m}^2$$

$$Fcu = \text{Factor de seguridad} = 1,50$$

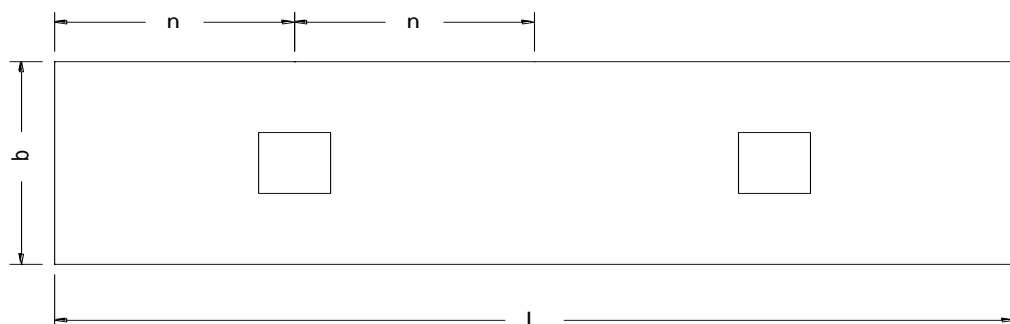
$$\gamma_s = 1,32 \text{ ton/m}^3$$

$$Fy = 2\,810,00 \text{ kg/cm}^2$$

$$\gamma_c = 2,40 \text{ ton/m}^3$$

El cimiento se diseñara de forma rectangular, tomando como base la distancia entre columnas, se propone la siguiente forma:

Figura 44. **Planta zapata combinada**



Fuente: elaboración propia.

Donde:

$$L = 2(m + n)$$

$$B = R/(q \cdot L)$$

$$R = P_1 + P_2$$

$$q = Vs$$

Como es primordial encontrar el área de la zapata, se deben calcular las cargas y momentos de trabajo, y esto se logra reduciendo las cargas y momentos últimos momentos de las columnas que se ubicaran en la zapata.

Cálculo de las cargas de trabajo

$$P't_{COL1} = P't_{COL2} = \frac{Pu}{Fcu} = \frac{36,32}{1,50} = 24,21 \text{ ton}$$

Cálculo de los momentos de trabajo

$$Mty_{COL1} = \frac{My}{Fcu} = \frac{8,14}{1,50} = 5,43 \text{ ton - m} \quad Mtx_{COL1} = \frac{My}{Fcu} = \frac{3,35}{1,50} = 2,23 \text{ ton - m}$$

$$Mty_{COL2} = \frac{My}{Fcu} = \frac{6,54}{1,50} = 4,36 \text{ ton - m} \quad Mtx_{COL2} = \frac{My}{Fcu} = \frac{3,35}{1,50} = 2,23 \text{ ton - m}$$

Para facilitar el procedimiento del predimensionamiento del área de la zapata, la longitud del cimiento se asumirá de manera que el centro de carga coincida con el centro geométrico del cimiento.

Pre-dimensionamiento del área de la zapata:

$$L = 2*(m+n)$$

Donde:

n=1,00 metro; como no existe restricciones en el terreno se puede asumir que m = n = 1,00 metro; por lo tanto se obtiene el siguiente resultado.

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

Si $Az = b * L$, entonces $L = 4,00 \text{ m}$

$$b = \frac{\Sigma P't}{L * Vs} = \frac{R}{q * L} = \frac{24,21 + 24,21}{18,40 * 4,00} = 0,66 \text{ m}$$

La base de la zapata combinada de 0,66 m, sin embargo se utilizará como $b = 1,00$ metro.

Área de zapata combinada:

$$Az = b \times L = 1,00 \times 4,00 = 4,00 \text{ m}^2$$

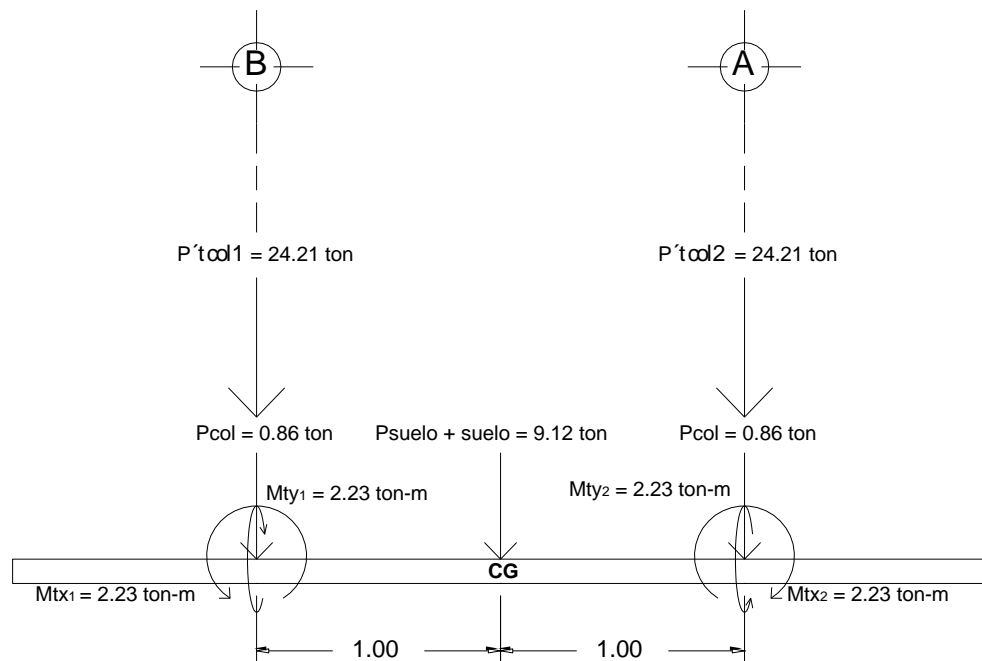
$$P_{col} = (\text{sección columna}) \times (\text{altura}) \times (\gamma_c) = 0,3 \times 0,3 \times 4,0 \times 2,40 = 0,86 \text{ ton}$$

$$P_{suelo} = (Az) \times (\text{Desplante}) \times (\gamma_s) = 4,00 \times 1,00 \times 1,32 = 5,28 \text{ ton}$$

$$P_{cimiento} = (Az) \times (t) \times (\gamma_c) = 4,00 \times 0,45 \times 2,40 = 4,32 \text{ ton}$$

$$P_{suelo} + \text{cimiento} = 1,32 + 4,32 = 9,60 \text{ ton}$$

Figura 45. **Cargas equivalentes en el centroide geométrico**



Fuente: elaboración propia.

$$P_{cg} = P_{\square} t_{col1} + P_{\square} t_{col2} + 2 * P_{col} + P_{suelo} + P_{cim} = 24,21 + 24,21 + 2 * 0,86 + 9,6 = 54,74$$

ton

$$M_{cgy} = 5,43 + (24,21 + 0,86) * 1,00 - 4,36 - (24,21 + 0,86) = 1,07 \text{ ton-m}$$

$$M_{cgx} = 2,23 - 2,23 = 0 \text{ ton-m}$$

Presiones sobre el suelo:
$$q = \frac{P_{CG}}{A_z} \pm \frac{M_{CGX}}{S_x} \pm \frac{M_{CGY}}{S_y}$$

$$S = \frac{1}{6} * b * h^2 \quad S_x = \frac{1}{6} * 1 * 4^2 = 2,67 \quad S_y = \frac{1}{6} * 1^2 * 4 = 0,67$$

$$q_{+-} = \frac{54,74}{4,00} + \frac{0}{2,67} - \frac{1,07}{0,67} = 13,33 \text{ ton/m}^2 \quad q_{\max} = \frac{54,74}{4,00} + \frac{0}{2,67} + \frac{1,07}{0,67} = 16,4 \text{ ton/m}^2$$

$$q_{\min} = \frac{54,74}{4,00} - \frac{0}{2,67} - \frac{1,07}{0,67} = 13,33 \text{ ton/m}^2 \quad q_{-+} = \frac{54,74}{4,00} - \frac{0}{2,67} + \frac{1,07}{0,67} = 16,54 \text{ ton/m}^2$$

q_{\max} , no excede del valor soporte del suelo; $q_{\max} < V_s$

q_{\min} , es mayor a cero; $q_{\min} > 0$

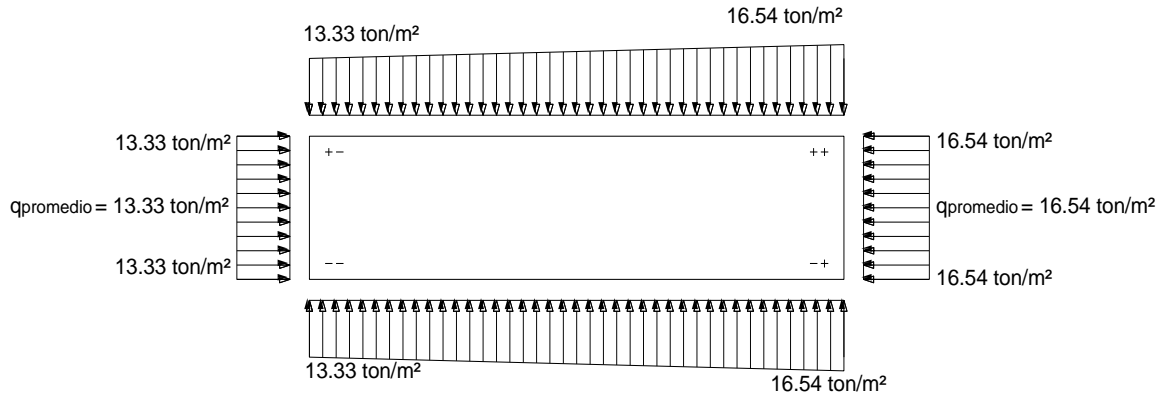
Esto nos indica que no existen presiones negativas o de tensión bajo el área de la zapata.

Las presiones promedio en las esquinas de la zapata son:

$$q_{\text{promedio}} = (+- \text{ y } ++) = 13,33 \text{ ton/m}^2$$

$$q_{\text{promedio}} = (-+ \text{ y } --) = 16,54 \text{ ton/m}^2$$

Figura 46. Presiones sobre el suelo



Fuente: elaboración propia.

Presiones sobre el suelo y el cimiento:

$$q_{\text{suelo}} = (\text{Desplante}) \times (\gamma_s) = 1,00 \times 1,32 = 1,32 \text{ ton/m}^2$$

$$q_{\text{cimiento}} = (t) \times (\gamma_c) = 0,45 \times 2,40 = 1,08 \text{ ton/m}^2$$

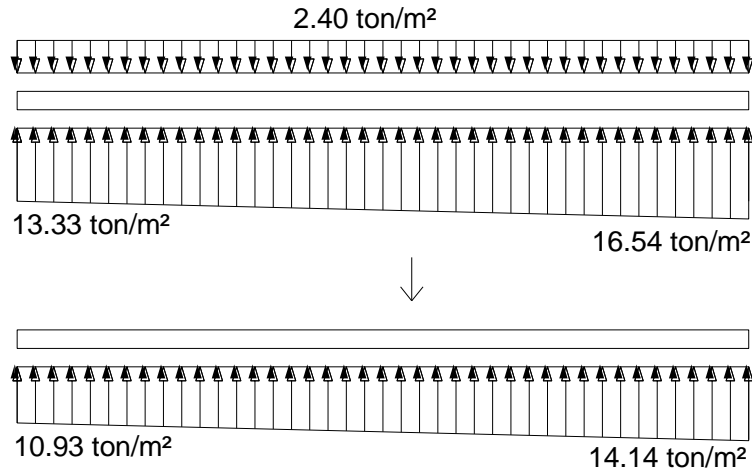
$$q_{\text{suelo} + \text{cimiento}} = 1,32 + 1,08 = 2,40 \text{ ton/m}^2$$

Las presiones sobre el cimiento quedan de la siguiente manera:

$$q_{\text{cim final}} = q_{\text{promedio min}} - (q_{\text{suelo} + \text{cimiento}}) = 13,33 - 2,40 = 10,93 \text{ ton/m}^2$$

$$q_{\text{cim final}} = q_{\text{promedio max}} - (q_{\text{suelo} + \text{cimiento}}) = 16,54 - 2,40 = 14,14 \text{ ton/m}^2$$

Figura 47. Presiones sobre el cimiento



Fuente: elaboración propia.

Las presiones últimas de diseño serán: $q_{\text{disu}} = F_{\text{CU}} * q$, las presiones últimas por metro lineal se obtienen de $W = b * q_{\text{disu}}$, para, $b =$ ancho de cimiento, $b = 1,00$ metro.

$$q_{\text{disu}} = F_{\text{CU}} * q \quad \text{para } q = 10,93 \text{ ton/m}^2 \rightarrow q_{\text{disu}} = 1,50 * 10,93 = 16,40 \text{ ton/m}^2$$

$$q_{\text{disu}} = F_{\text{CU}} * q \quad \text{para } q = 14,14 \text{ ton/m}^2 \rightarrow q_{\text{disu}} = 1,50 * 14,14 = 21,21 \text{ ton/m}^2$$

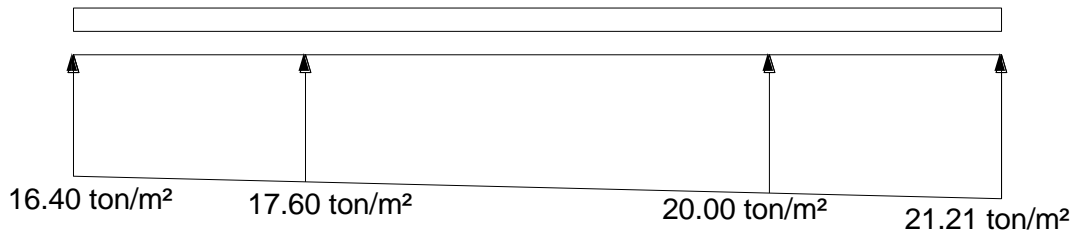
Se encontrará una expresión para cualquier distancia “x”, una presión dada por la relación de triángulos.

$$\frac{4,00}{21,21 - 16,40} = \frac{X}{q_{\text{d}(x)} - 16,40} \rightarrow q_{\text{d}(x)} = 1,20X + 16,40$$

$$\text{Para } X = 1,00 \text{ m} \rightarrow q_{\text{d}(1)} = 17,60 \text{ ton/m}^2$$

$$\text{Para } X = 3,00 \text{ m} \rightarrow q_{\text{d}(3)} = 20,00 \text{ ton/m}^2$$

Figura 48. **Presión última bajo el cimiento**



Fuente: elaboración propia.

Las presiones últimas por metro lineal se obtienen de $W = b \cdot q_{\text{disu}}$

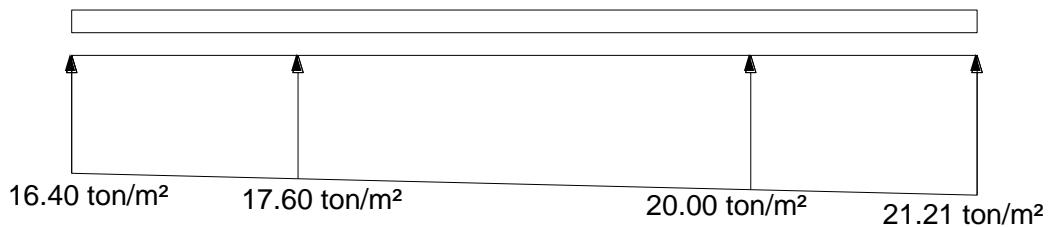
Para $q_{\text{disu}} = 16,40 \text{ ton/m}^2$, $\rightarrow W = 1,00 \cdot 16,40 = 16,40 \text{ ton/m}^2$

Para $q_{\text{disu}} = 17,60 \text{ ton/m}^2$, $\rightarrow W = 1,00 \cdot 17,60 = 17,60 \text{ ton/m}^2$

Para $q_{\text{disu}} = 20,00 \text{ ton/m}^2$, $\rightarrow W = 1,00 \cdot 20,00 = 20,00 \text{ ton/m}^2$

Para $q_{\text{disu}} = 21,21 \text{ ton/m}^2$, $\rightarrow W = 1,00 \cdot 21,21 = 21,21 \text{ ton/m}^2$

Figura 49. **Presiones últimas por metro lineal**



Fuente: elaboración propia.

Se encontrará una expresión por relación de triángulos para cualquier distancia "x", una expresión ultima por metro lineal, se obtiene:

$$\frac{4,00}{21,21 - 16,40} = \frac{X}{W_{(x)} - 16,40} \rightarrow W_{(x)} = 1,20X + 16,40$$

Si se encuentra W para cuando $X_{CG} = 2,00$ metro, se obtiene:

$$W_{CG} = 1,20*(2,00) + 16,40 = 18,80 \text{ ton/m}$$

Diagramas de corte y momento:

$$V_b = \frac{(16,40 + 17,60) * (1,00)}{2} = 17,00 \text{ ton}$$

$$V_{bc} = V_{ab} - 36,32 = 17,00 - 36,32 = -19,33 \text{ ton}$$

$$V_{bc} = V_b + 17,60y + \frac{1,20y^2}{2}, \text{ cuando } V_{bc} = 0;$$

$$\text{entonces } y = \frac{-17,60 \pm \sqrt{17,60^2 - \left(4 * -19,33 * \left(\frac{1,20}{2}\right)\right)}}{2 * \left(\frac{1,20}{2}\right)} \Rightarrow y = 1,06$$

El valor de la presión última por metro lineal cuando:

$$V_{bc} = 0 \text{ y } y = 1,06 \text{ m}$$

$$W_{(x)} = 16,40 + 1,20*(x); \quad x = 1,00 + 1,06 = 2,06 \text{ m}$$

$$W_{(x)} = 16,40 + 1,20*(2,06) = 18,87 \text{ ton/m}$$

$$V_{cd} = \frac{(20,00 + 21,21) * (1,00)}{2,00} = 20,60 \text{ ton}$$

$$V_c = 36,32 - V_{cd} = 36,32 - 20,60 = -15,72 \text{ ton}$$

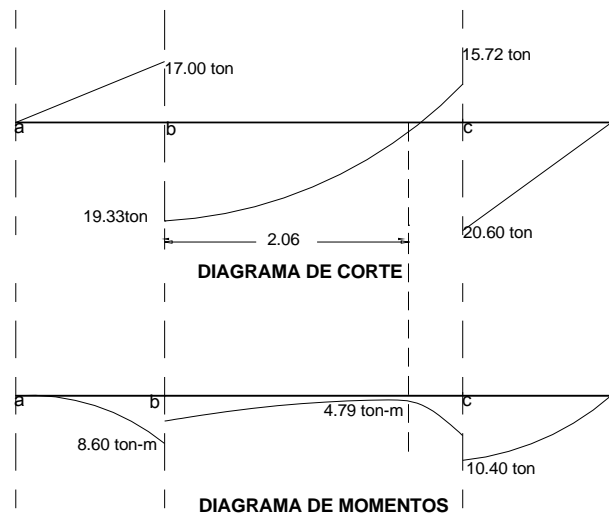
Diagrama de Momentos:

$$M_{ab} = \frac{16,40 * 1,00^2}{2,00} + \frac{1,20 * 1,00^2}{3,00} = 8,60 \text{ ton - m}$$

$$M_{\max} = (8,60 - 2,23) + \frac{16,40 * 2,06^2}{2,00} + \left(\frac{(17,60 - 16,40) * 2,06^2}{2,00} \right) * \left(\frac{1}{3} \right) - 19,33 * 2,06 = 4,79 \text{ ton - m}$$

$$M_c = \frac{20,00 * 1,00^2}{2,00} + \frac{1,20 * 1,00^2}{3,00} = 10,40 \text{ ton - m}$$

Figura 50. Diagramas de corte y momento



Fuente: elaboración propia.

Diseño estructural del cimiento

Chequeo por corte simple:

Se asumirá $t = 45,00$ cm y \varnothing no. 6 $\approx 1,97$ cm

$$d = 45,00 - 7,5 - \frac{1,97}{2,00} = 36,52 \text{ cm}$$

$V_r = \varphi * 0,53 * \sqrt{f_c} * b * d$, tomando en cuenta que $b = 1$

$$V_r = 0,85 * 0,53 * \sqrt{281,00} * 100,00 * 36,52 = 27,58 \text{ ton}$$

$$V = -19,33 \text{ ton}$$

$V_r > V$; si cumple

Chequeo por corte punzonante:

$$b_o = 4 * (d + \text{sección de columna}) = 4,00 * (36,52 + 30,00) = 266,08 \text{ cm}$$

$$V_r = \phi * 0,53 * \sqrt{f'c} * b_o * d \Rightarrow V_r = 0,85 * 1,06 * \sqrt{281,00} * 266,08 = 146,73 \text{ ton}$$

$$\text{Corte punzonante actuante} \rightarrow V_{\text{pact}} = P_{U1} - q_d * A_{\text{pact}}$$

$$V_{\text{pact}} = 36,32 - 20,00 * (0,30 + 0,3652)^2 = 27,47 \text{ ton}$$

$V_r > V_{\text{pact}}$; si cumple

Chequeo por flexión:

$$\text{Refuerzo mínimo} = \frac{14,1}{f_y} * b * d \Rightarrow A_{s_{\text{min}}} = \frac{14,1}{2810,00} * 100,00 * 36,52 = 18,32 \text{ cm}^2$$

El refuerzo mínimo en el ancho de 1,00 será

$$A_s = 18,32 \text{ cm}^2 * 1,00 = 18,32 \text{ cm}^2$$

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

$$M_{\text{resistente}} = 0,90 \left[18,32 * 2810,00 * \left(36,52 - \frac{18,32 * 2810,00}{1,7 * 281,00 * 100,00} \right) \right] = 16,42 \text{ ton-m}$$

$$M_{\text{resistente}} > M_{\text{máx}} = 4,79 \text{ ton-m}$$

Se utilizarán varillas número 6 @ 0.14 metro.

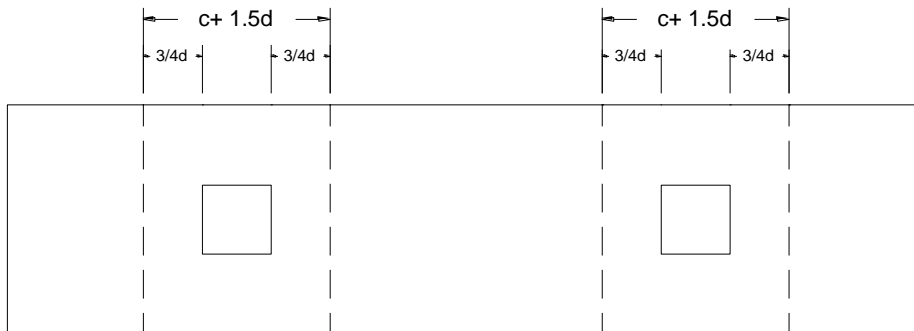
Acero por temperatura:

$$A_{\text{temperatura}} = 0,002 * b * t = 0,002 * 400,00 * 45,00 = 36,00 \text{ cm}^2$$

Se utilizarán varillas número 4 @ 0,10 metro

Vigas transversales:

Figura 51. **Vigas transversales**



Fuente: elaboración propia.

Se asumirá el diámetro de la varilla número 6 y 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.

$$d_{y-y} = d_{x-x} - \frac{\varphi_x}{2} - \frac{\varphi_y}{2} \Rightarrow d_{y-y} = 36,52 - \frac{2,54}{2,00} - \frac{1,97}{2,00} = 34,27 \text{ cm}$$

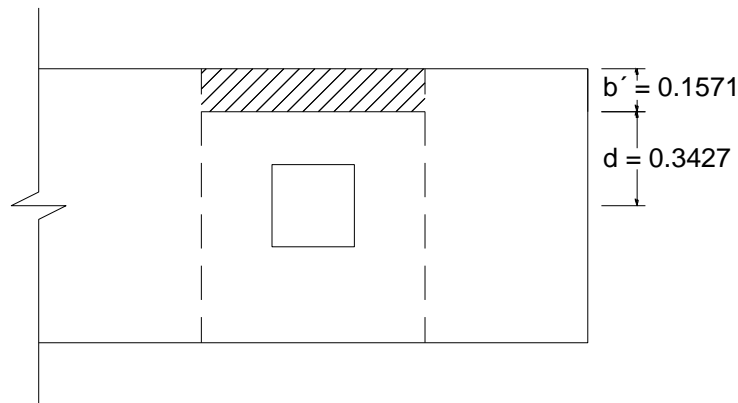
$$c + 1,5d = 30,00 + 1,5 * 34,27 = 81,40 \text{ cm}$$

La viga transversal, se diseñará con la presión uniforme, causada por la carga puntual de la columna

$$q_d = \frac{Pu_1}{b * (c + 1,5d)} = \frac{36,32}{1,00 * 81,40} = 44,62 \text{ ton/m}^2$$

Chequeo por corte simple:

Figura 52. **Zapata por corte simple**



Fuente: elaboración propia.

$$V_{act} = q_d * b * (c + 1,5d)$$

$$V_{act} = 44,62 * 0,1571 * (0,8140) = 5,71 \text{ ton}$$

$$V_r = 0,85 * 0,53 * \sqrt{281,00 * 81,40 * 34,27} = 21,06 \text{ ton}$$

$V_r > V_{act}$; si chequea por corte simple

Chequeo por flexión:

$$M_{act} = \frac{q_d * b^2}{2,00} = \frac{44,62 * 0,35^2}{2,00} = 5,47 \text{ ton - m}$$

Para calcular el A_s , se tomará $M_{act} = 5,47 \text{ ton-m}$

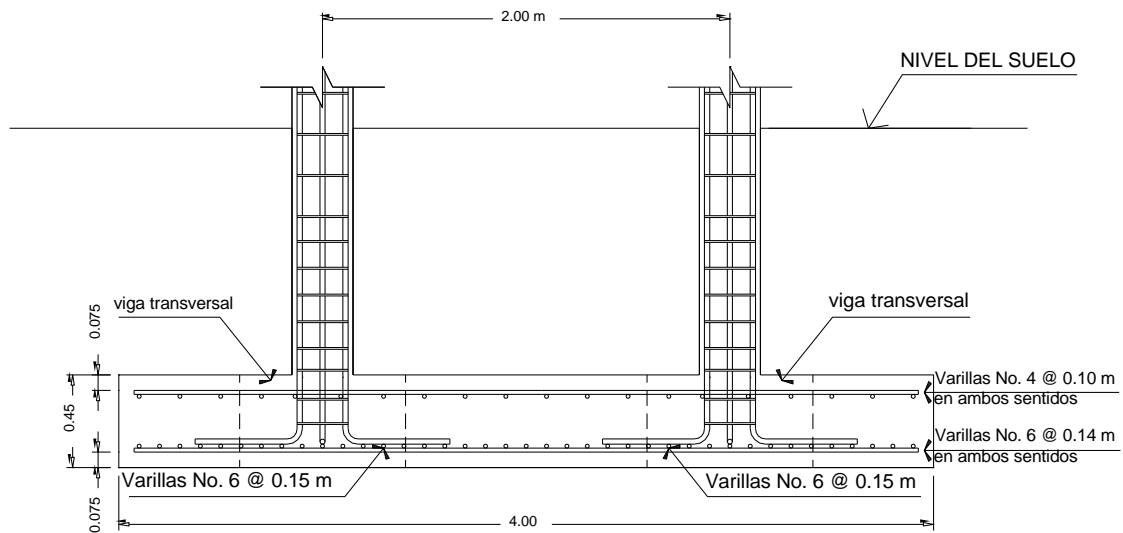
$$\text{con} = \left[\begin{array}{l} b = 15,74 \text{ cm} \\ d = 34,27 \text{ cm} \\ f_c = 281,00 \text{ kg/cm}^2 \\ f_y = 2810,00 \text{ kg/cm}^2 \end{array} \right] A_s = \left(b * d - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{M * b}{0,003825 * f_c}} \right) * \left(\frac{0,85 * f_c}{f_y} \right)$$

$$A_s = 6,81 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{\min}} = 17,19 \text{ cm}^2$$

Se utilizará $A_{s_{\min}} = 17,19 \text{ cm}^2$; entonces, se colocarán varillas número 6 @ 0.10 metro.

Figura 53. Armado de zapata combinada



Fuente: elaboración propia.

2.3. Diseño de escaleras

Una escalera deber ser cómoda y segura dependiendo de la relación los peldaños, es decir, la relación de huella y contrahuella.

$$C < 20 \text{ cm} \quad H > c \quad 2c + H < 64 \text{ cm (valor cercano)}$$

$$C + H = 45,00 \text{ a } 48,00 \text{ cm}; \quad c \times H = 480,00 \text{ a } 500,00 \text{ cm}^2;$$

Donde: c = contrahuella

H = huella

Carga de diseño par a una escalera

$$CM = PP \text{ (escalera)} + PP \text{ (acabados)}; \quad PP \text{ (escalera)} = Wc = (t + c/2)$$

Número de escalones mínimo

$$h/c_{\max} = 3,06/0,17 = 18 \text{ escalones}$$

Se tomaran 9 contrahuellas antes del descanso

$$\text{Número de huellas} = 9 - 1 = 8 \text{ huellas}$$

Chequeo

$$C = 18,00 \text{ cm} < 20,00 \text{ cm}; \quad H = 29,00 \text{ cm}$$

$$2c + H = 2,00 (17,00) + 29,00 = 63,00 < 64,00 \text{ cm}$$

$$c + H = 17,00 + 29,0 = 46,0 \text{ cm}$$

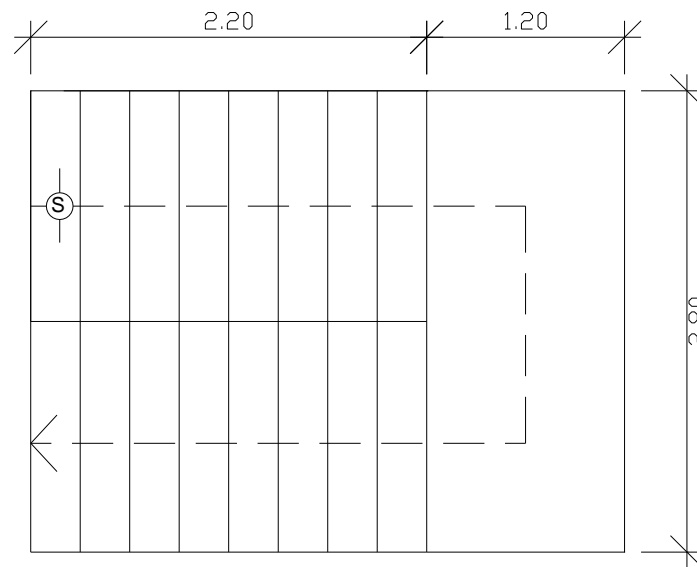
$$c \times H = 17,00 \times 29,00 = 493,00 \text{ cm}^2$$

Por lo tanto, se tienen 9 contrahuellas de 17,0 centímetros y 8 huellas de 29,0 centímetros.

Espesor de la losa

$$t = \text{perímetro} / 180,00 = (3,00 \times 2,00 + 1,20 \times 2,00 + 2,20 \times 4,00) / 180,00 = 0,10 \text{ m.}$$

Figura 54. **Dimensiones de escalera**



Fuente: elaboración propia.

Integración de cargas

$$\text{Peso propio de la escalera} = 2\,400,00 \cdot (0,10 + 0,18/2,00) = 456,00 \text{ km/m}^2$$

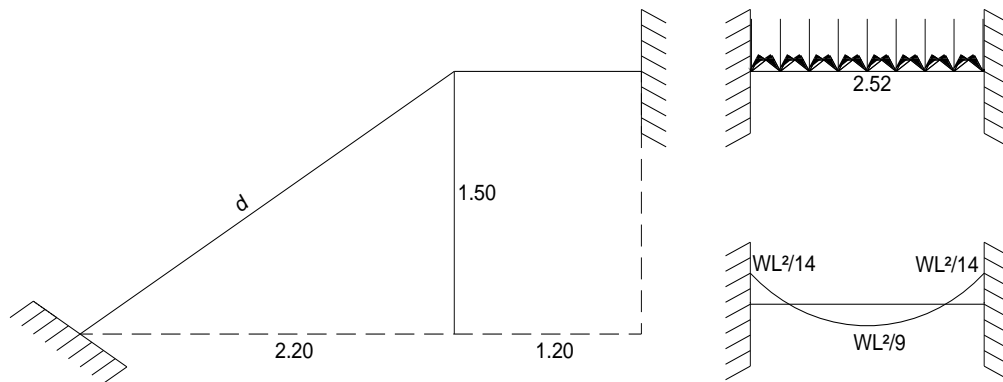
$$\text{Acabados} = 125,00 \text{ km/m}^2$$

$$\text{Total} = 581,00 \text{ km/m}^2$$

$$\text{Carga viva} = 500,00 \text{ km/m}^2$$

$$C_u = 1,4C_M + 1,7C_V = 1,4 \cdot (581,00) + 1,7 \cdot (500,00) = 1\,663,40 \text{ km/m}^2$$

Figura 55. **Distribución de carga y momento**



Fuente: elaboración propia.

$$d = \sqrt{2,20^2 + 1,50^2} = 2,66 \text{ m}$$

$$M_{(+)} = \frac{1663,4 * 2,72^2}{9,00} = 1\ 367,39 \text{ kg-m} \quad M_{(-)} = \frac{1\ 663,4 * 2,72^2}{14,00} = 879,04 \text{ kg-m}$$

$$A_{s \text{ min}} = \frac{14,1}{2\ 810,00} * 100,00 * 7,5 = 3,76 \text{ m}^2$$

$$A_{s \text{ max}} = 0,50 \rho_b b d = 0,50 * 0,03695 * 100,00 * 7,5 = 13,86 \text{ m}^2$$

$$A_s = \left(b * d - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{M * b}{0,003825 * f_c}} \right) * \left(\frac{0,85 * f_c}{f_y} \right)$$

$$M (+) = A_s = 7,85 \text{ cm}^2; \text{ varilla número 4 @ 0,15 metro}$$

$$M (-) = A_s = 4,89 \text{ cm}^2; \text{ varilla número 4 @ 0,20 metro}$$

$$\text{Acero por temperatura} = A_s = 0,002 * b * t = 0,002 * 100,00 * 10,00 = 2,00 \text{ cm}^2$$

$$S_{\text{máx}} = 2,00 * t = 2,00 * 10,00 = 20,00 \text{ cm}; \text{ varilla número 3 @ 0,18 m.}$$

2.4. Diseño de las instalaciones hidráulicas

Agua potable: todo el sistema de agua potable será por medio de un circuito cerrado. La red principal debe estar a 0,30 metros por debajo del nivel de piso, además se colocara sus respectivas llaves de paso, de globo y su contador.

Para alimentar todos los accesorios, se diseñó un solo 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 07 inodoros, 08 lavamanos y 03 mingitorios. Para encontrar el caudal necesario para abastecer los accesorios descritos anteriormente, es necesario realizar el siguiente procedimiento:

$$Q = 0,30 * \sqrt{\sum P}$$

Tabla XXVII. **Peso de accesorios para método de Hunter**

ACCESORIO	PESO O UNIDADES DE GASTO
Inodoro con caja de descarga	0,30
Lavamanos	0,50
Mingitorios	0,30
Llave de chorro	1,00

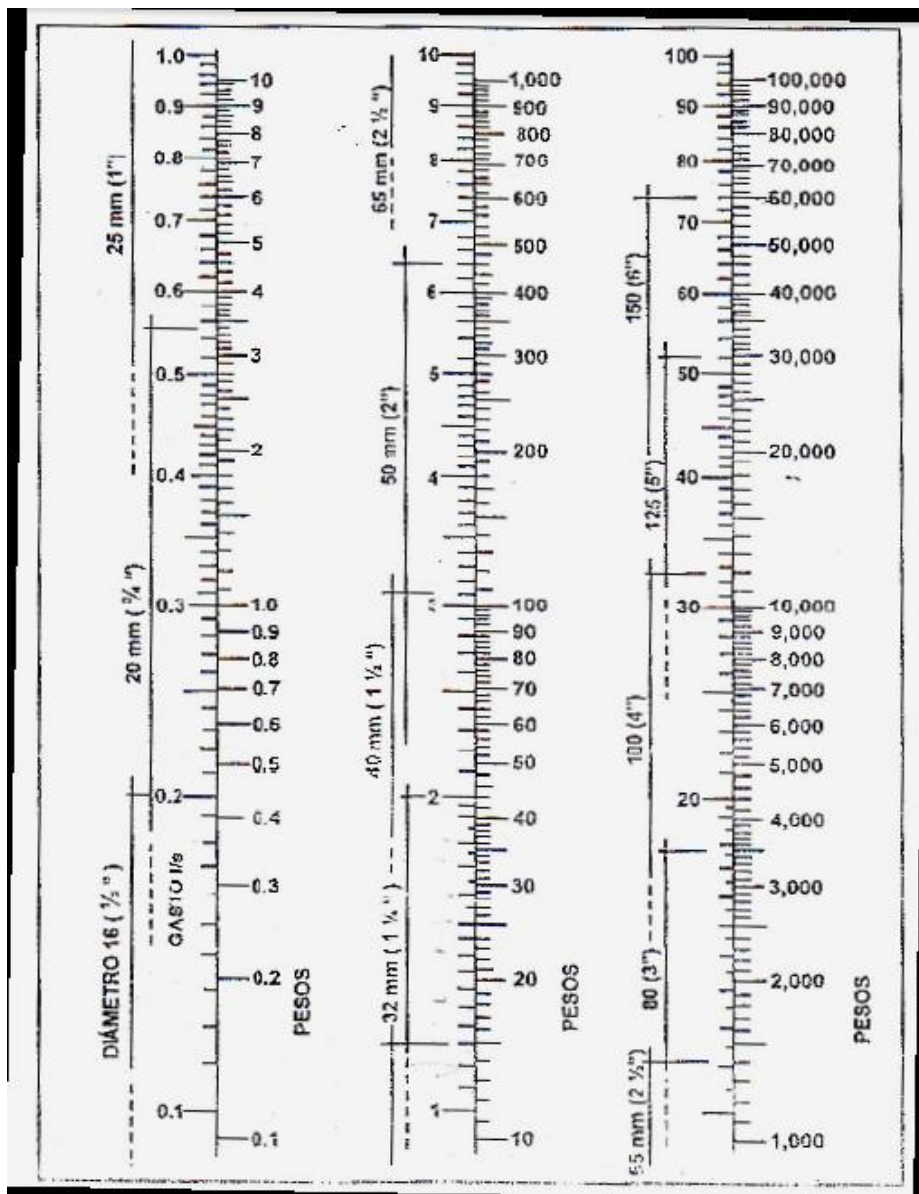
Fuente: GILBERTO ENRÍQUEZ, Harper. Cálculo de instalaciones hidráulicas y sanitarias, residenciales y comerciales. 873 p.

$$Q = 0,30 * \sqrt{[(7,00 * 0,30) + (8,00 * 0,50) + (3,00 * 0,30)]}$$

$$Q = 0,80 \text{ l/s}$$

Con el dato del caudal necesario para abastecer los accesorios, se procede a buscar el dato en el ábaco que se presenta en la siguiente figura.

Tabla XXVIII. **Ábaco para el cálculo de tuberías de agua fría**



Fuente: GILBERTO ENRÍQUEZ, Harper. Cálculo de instalaciones hidráulicas y sanitarias, residenciales y comerciales. Ábaco1, 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 pulgada, de diámetro. Para los subramales que alimentan los accesorios deberá ser la tubería de ½ pulgada de diámetro como mínimo.

Drenaje sanitario: el edificio escolar está conformado con inodoros, mingitorios y lavamanos, situados en el primero y segundo nivel. Se ubicarán 18 artefactos en los dos niveles. El volumen de aguas negras para edificios comerciales sin cafeterías, gimnasio o regaderas es de 60 litros/habitante/día, y para evacuar dicho volumen se deben colocar tuberías con una pendiente mínima del 1 por ciento y con diámetro mínimo, el cual se muestra en la siguiente tabla.

Tabla XXIX. Unidades de Hunter de contribución de los aparatos sanitarios y diámetro nominal de los ramales de descarga

APARATOS	UNIDADES	DIAMETRO NOMINAL
Inodoro con caja de descarga	7	41"
Lavamanos	8	1 ½"
Mingitorios	3	1 ½"

Fuente: GILBERTO ENRÍQUEZ, Harper. Cálculo de instalaciones hidráulicas y sanitarias, residenciales y comerciales. Tabla 9. p. 138.

Las tuberías que recibirán los afluentes de los ramales de descarga reciben el nombre de ramal de drenaje y los diámetros se obtienen según el número de unidades que lleguen al ramal.

Tabla XXX. Dimensiones de ramales de drenajes

DIAMETRO NOMINAL	MAXIMO DE UNIDADES
1"	1
1½"	3
2"	6
3"	20

Fuente: GILBERTO ENRÍQUEZ, Harper. Cálculo de instalaciones hidráulicas y sanitarias, residenciales y comerciales. p. 241.

Se utilizará tubería de 4 pulgadas para el primer nivel que recibiría un total de 18 unidades; y para el segundo nivel de 3 pulgadas, puesto que recibe 07 unidades, este mismo diámetro utilizaremos para la bajada de aguas negras de dicho nivel.

Drenaje pluvial: para este proyecto se distribuirá la losa en nueve áreas (3,57 x 9,00) de 32,13 metros cuadrados cada una, desnivel del 1,5 por ciento para conducir el agua hacia las bajadas de agua. Para el diseño de las bajadas de agua pluvial, se debe considerar la intensidad de lluvia de la zona y tomar en cuenta que alcanza su nivel máximo durante los primero doce minutos.

Determinación del diámetro de la tubería:

$$i_{Tr} = \frac{A}{(t+B)^n}$$

Donde: i_{Tr} es la intensidad de lluvia (mm/hr), asociada a una frecuencia de ocurrencia, representada por el período de retorno (Tr)

t es la duración (minutos)

A, B y n son parámetro de ajuste; estos se obtiene mediante regresión no lineal.

Cálculo de la intensidad:

Para el área del Puerto de Iztapa, se tomarán los datos de la estación meteorológica más cercana, la cual esta en el municipio vecino del Puerto de San José; de donde se obtuvieron los siguientes datos:

$$T_r = 10,00 \text{ años}$$

$$A = 403\,800,00$$

$$t = 12,00 \text{ minutos}$$

$$B = 140,00$$

$$n = 1,595$$

$$i_{Tr} = \frac{403\,800,00}{(12,00 + 140,00)^{1,595}}$$

$$i_{Tr} = 133,70 \text{ mm/h}$$

Caudal de diseño:

$$\text{Área tributaria} = 32,13 \text{ m}^2 = 0,003213 \text{ h}^2$$

Coeficiente para escorrentía para superficie de concreto C = 0,90

$$q_{di} = \frac{0,90 * 133,70 * 0,003213}{360,00} = 0,001073 \text{ m}^3/\text{s} = 1,07 \text{ l/s}$$

Encontrando la velocidad de flujo de sección llena:

Coeficiente de rugosidad de PVC: n = 0,010

$$V = \frac{0,03429 * D^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{3}}}{n} = \frac{0,03429 * 3^{\frac{2}{3}} * (1,5/100,00)^{\frac{1}{3}}}{0,010} = 1,75 \text{ m/s}$$

Área de sección de tubería:

$$A = 5,067 * E^{-4} * D^2 = 5,067 * E^{-4} * 3^2 = 0,0045603 \text{ m}^2 \text{ Caudal a sección llena:}$$

$$Q = A * V = (0,0045603) * (1,75) = 0,00802 \text{ m}^3/\text{s} = 8,02 \text{ l/s}$$

Q es mayor que q_{di} el diámetro de tubería es correcto.

2.5. Diseño de instalaciones eléctricas

La instalación eléctrica para iluminación cuenta con un circuito para cada aula, tiene en promedio un máximo de cuatro unidades (lámparas 20 x 40 watts tipo industrial).

El circuito con más lámparas asignadas en el primer nivel tiene 6 unidades y el circuito más grande en el segundo nivel tiene 4 unidades. El calibre del alambre utilizado en el diseño es 12, el cual tiene una capacidad para 20 amperios, cada circuito está protegido por un flipon de 20 amperios.

Datos:

3 lámparas de 20X40 watts

Voltaje = 120 V

Factor de seguridad = 0,95

$$\sum_{CU} = 57 \text{ m}/\Omega\text{mm}^2$$

$$I = \frac{300 \text{ Watts}}{0,95 * 120V} = 5,26 \text{ A}$$

Cálculo del área del alambre:

$$A = \frac{2LI}{\Sigma cu * e} = \frac{(2) * (7,14m) * (5,26A)}{(57m/\Omega mm^2) * (3,6)} = 0,36 \text{ A}$$

$$A = \pi * r^2 \rightarrow r^2 = \sqrt{\frac{A}{\pi}} = \sqrt{\frac{0,36}{\pi}} = 0,34 \text{ mm}$$

El radio es de 0,34 milímetro, para instalaciones eléctricas el mínimo recomendado es calibre 12, el cual tiene un área transversal mayor a la requerida (3,21 milímetro cuadrado); por lo tanto si es factible colocar este tipo de cable en cada circuito.

Al igual que la instalación eléctrica de iluminación, la instalación eléctrica de fuerza, cuenta con un circuito para cada aula, con un máximo de dos unidades por circuito (tomacorrientes doble con placa metálica). Cada tomacorriente se asume con un consumo de 180 watts, puesto que no se tiene la certeza de lo que será conectado en el tomacorriente.

2.6. Estudio de impacto ambiental

Para cada proyecto es indispensable evaluar el impacto que éste ocasione al medio ambiente y establecer un equilibrio entre el ser humano y el ambiente natural que lo rodea.

El plan de manejo ambiental contiene medidas de mitigación a considerar en la construcción del edificio escolar, para los deferentes sistemas y elementos naturales. Éstas se desarrollarán en la etapa de planificación, ejecución y operación del proyecto, las cuales se presentan a continuación:

Tabla XXXI. **Medidas de mitigación y compensación en ejecución y operación**

No.	ALTERACIONES	MEDIDAS DE MITIGACIÓN
	SISTEMA ATMOSFÉRICO	
1	Presencia de partículas de suspensión y polvo, en áreas cercanas a la comunidad	Riego constante, para que el polvo provocado por la construcción se asiente
2	Posible emanación de gases provenientes de solventes	Manejo adecuado de los químicos a utilizar
	SISTEMA HÍDRICO	
1	Uso desmedido del agua de la comunidad	Mantener recipientes para almacenar el agua y utilizar lo necesario
	SISTEMA LÍTICO Y EDÁFICO	
1	Zanjeado y exposición de tierra en áreas cercanas a aulas educativas	Ubicar material excedente en aérea adecuada, o transportarlo a un lugar fuera del establecimiento
	SISTEMA BIÓTICO	
1	Considerando la carencia de una flora y fauna significativa, los impactos son mínimos	Una vez terminada la construcción tener área verde en lugares donde no se pavimente

Fuente: elaboración propia.

Considerando que existen otras actividades en el transcurso de la etapa de operación, que provocan un impacto mínimo en el medio ambiente, éstas deberán ser mitigadas o disueltas mediante la implementación de las medidas de Salud, Seguridad y Medio Ambiente.

2.7. Presupuesto

La importancia del presupuesto de obra de un proyecto de construcción es muy considerable por ser el documento básico que establece el marco económico para la ejecución de las obras.

Tabla XXXII. Presupuesto edificio escolar

REGLON	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO TOTAL	MONTO
1.0	TRABAJOS PRELIMINARES					Q. 18 523,75
1.1	Limpia General	315,00	m ²	Q. 5,25	Q. 1 653,75	
1.2	Bodega Provicional	48,00	m ²	Q. 315,00	Q. 15 120,00	
1.3	Levantamiento Topografico	1,00	global	Q. 1 750,00	Q. 1 750,00	
2.0	ZAPATAS					Q. 73 661,00
2.1	Zapata tipo 1	20,00	unidad	Q. 2 396,8	Q. 47 936,00	
2.2	Zapata tipo 2	10,00	unidad	Q. 2 572,5	Q. 25 725,00	
3.0	COLUMNAS					Q. 177 298,56
3.1	COLUMNAS C-1	225,00	ml	Q. 626,82	Q. 141 034,50	
3.2	COLUMNAS C-2	126,00	ml	Q. 246,23	Q. 31 024,98	
3.3	COLUMNAS C-3	12,00	ml	Q. 175,35	Q. 2 104,20	
3.4	COLUMNAS C-4	24,00	ml	Q. 130,62	Q. 3 134,88	
4.0	CIMIENTO CORRIDO					Q. 24 554,10
4.1	Cimiento corrido	101,48	ml	Q. 241,96	Q.24 554,10	
5.0	SOLERA DE AMARRE					Q. 87 749,47
5.1	Solera de amarre	487,47	ml	Q. 180,01	Q. 87 749,47	
6.0	LEVANTADO DE MURO					Q. 27 161,40
6.1	Levantado de muro	223,00	m ²	Q. 121,8	Q. 27 161,40	
7.0	VIGAS					Q. 141 110,41
7.1	Vigas V-1	70,00	ml	Q. 532,07	Q. 37 244,90	
7.2	Vigas V-2	40,00	ml	Q. 441,56	Q. 17 662,40	
7.3	Vigas V-3, V-4	96,42	ml	Q. 343,53	Q. 33 123,16	
7.4	Vigas V-5	35,00	ml	Q. 476,14	Q. 16 664,90	
7.5	Vigas V-6, V-8	84,26	ml	Q. 301,18	Q. 25 377,43	
7.6	Vigas V-7	32,13	ml	Q. 343,53	Q. 11 037,62	
8.0	LOSA					Q. 94 359,55
8.1	Losa	307,2	m ²	Q. 307,16	Q. 94 359,55	
9.0	PISO DE CONCRETO					Q. 24 192,00
9.1	Piso de concreto primer nivel	153,6	m ²	Q. 157,50	Q. 24 192,00	
10.0	MODULO DE GRADAS					Q. 6 856,26
10.1	Gradas	14,44	m ²	Q. 474,81	Q. 6 856,26	
11.0	SISTEMA DE DRENAJE					Q. 11 159,40
11.1	Drenaje	60,00	ml	Q. 185,99	Q. 11 159,40	
12.0	SISTEMA DE AGUA POTABLE					Q. 3 676,40
12.1	Agua potable	35,00	ml	Q. 105,04	Q. 3 676,40	
13.0	SISTEMA ELECTRICO					Q. 21 221,13
13.1	Electricidad fuerza	1,00	global	Q. 10 726,8	Q. 10 726,80	
13.2	Electricidad iluminación	1,00	global	Q. 1 0494,33	Q. 10 494,33	
14.0	ACABADOS					Q. 36 847,30
14.1	Puertas	13,00	unidad	Q. 661,50	Q. 8 599,50	
14.2	Ventanas	41,00	unidad	Q. 402,50	Q. 16 502,50	
14.3	Losa sanitaria	17,00	unidad	Q. 690,90	Q. 11 745,30	
COSTO TOAL DIRECTO						Q. 748 370,73
COSTO INDIRECTO 30%						Q. 224 511,22
MONTO DEL PROYECTO						Q. 972,881,95

Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

1. El Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) es una de las formas de generar experiencia en el campo constructivo, por cuanto se puede aplicar la teoría y criterios técnicos para solucionar problemas de infraestructura que se presentan a diario en las comunidades.
2. En el diseño estructural del edificio escolar, se aplicaron diferentes criterios, tanto técnicos, como económicos, siempre cumpliendo lo establecido en las normativas y reglamentos de construcción vigentes en nuestro país, con el propósito de garantizar que la edificación sea segura.
3. La autosostenibilidad del sistema de abastecimiento de agua potable dependerá del mantenimiento que se le brinde, así como la aplicación del cobro de la tarifa propuesta en este trabajo.
4. Los presupuestos de los proyectos se elaboraron con base a precios unitarios, tomando en cuenta salarios de lugar y especialmente costo de los materiales comerciales.

RECOMENDACIONES

1. Realizar un aforo del pozo previo a la ejecución del proyecto del sistema de abastecimiento de agua potable, para comparar con los datos obtenidos en el presente trabajo.
2. Realizar un mantenimiento preventivo al pozo, bomba y tanque elevado para garantizar el perfecto funcionamiento durante su vida útil.
3. Contratar a un profesional de la ingeniería civil para que se garantice la supervisión técnica y el control de calidad de los materiales, durante el proceso constructivo de los proyectos.
4. Buscar fuentes de financiamiento tanto en instituciones nacionales como internacionales, para realizar la ejecución de los proyectos, puesto que solo con fondos municipales es difícil que se puedan realizar.
5. Crear un fondo a través de una junta escolar, para asegurar el mantenimiento del edificio escolar.


BIBLIOGRAFÍA

1. AVILA GÓMEZ, Arnoldo. *Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para el parcelamiento El Wiscoyol I, y puente vehicular en la aldea Puerto Viejo, municipio del Puerto de Iztapa, departamento de Escuintla*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2010. 185 p.
2. American Concrete Institute, *Building Code Requirements for Structural Concrete*. ACI 318-2005.USA: ACI, 2005. 925 p
3. CRESPO VILLALAZ, Carlos. *Mecánica de suelos y cimentaciones*. 4a ed. México: Limusa, 1999. 240 p.
4. INSTITUTO DE FOMENTO MUNICIPAL. *Guía para el diseño de abastecimientos de agua potable a zonas rurales*, Guatemala, INFON 1997. 786 p.
5. MÉNDEZ AROCHE, Ángel Efren. *Diseño de la red de distribución de agua potable para la aldea Cuchilla Tendida, del municipio de Gualán. departamento de Zacapa*. Trabajo de graduación de Ing. Civil, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería 2006. 108 p.


6. ZABALA POCÓN, Walter Eduardo. *Diseño del sistema de drenaje sanitario para la aldea El Rosario y del edificio escolar para la Escuela Nacional Urbana Mixta Ismael Cerna del casco urbano del municipio de Ipala, departamento de Chiquimula*. Trabajo de graduación de Ing. Civil, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 2009. 197 p.

APÉNDICE



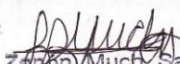

Examen Bacteriológico



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



Nº 19566

O.T. No. 27 976		EXAMEN BACTERIOLOGICO		INF. No. A - 310 597
INTERESADO: <u>ALIRIO ANTONIO CRUZ GARCÍA</u> <small>(CARNÉ No. 2003 13265)</small>	PROYECTO: <u>EPS "ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA PUERTO VIEJO, PUERTO DE IZTAPA, ESCUINTLA"</u>			
MUESTRA RECOLECTADA POR: <u>interesado</u>	DEPENDENCIA: <u>FACULTAD DE INGENIERIA/USAC</u>			
LUGAR DE RECOLECCIÓN DE LA MUESTRA: <u>Puerto Viejo, Iztapa</u>	FECHA Y HORA DE RECOLECCIÓN: <u>2011-03-10, 09 h 26 min</u>			
FUENTE: <u>pozo</u>	FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LABORATORIO: <u>2011-03-10, 11 h 00 min</u>			
MUNICIPIO: <u>Iztapa</u>	CONDICIONES DE TRANSPORTE: <u>Con refrigeracion</u>			
DEPARTAMENTO: <u>Escuintla</u>	SABOR: <u>----</u>	SUSTANCIAS EN SUSPENSIÓN: <u>No hay</u>		
ASPECTO: <u>Clara</u>	CLORO RESIDUAL: _____			
OLOR: <u>Inodora</u>				
INVESTIGACION DE COLIFORMES (GRUPO COLI - AEROGENES)				
PRUEBAS NORMALES	PRUEBA PRESUNTIVA	PRUEBA CONFIRMATIVA		
CANTIDAD SEMBRADA	FORMACION DE GAS - 35°C	FORMACION DE GAS		
		TOTAL	FECAL 44,5 °C	
10,00 cm ³	+++++	+++++	+++++	
01,00 cm ³	+++++	+++++	+++++	
00,10 cm ³	+++ -	+++	+++	
RESULTADO: NÚMERO MAS PROBABLE DE GÉRMENES COLIFORMES/100cm ³		900	900	
TÉCNICA "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" DE LA A.P.H.A. - W.E.F. 21 ST NORMA COGUANOR NGO 4 010. SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES (SI), GUATEMALA.				
OBSERVACIONES: Bacteriológicamente el agua NO ES POTABLE , según norma COGUANOR NGO 29 001.				
Guatemala, 2011-03-18				
Vo.Bo.  Inga. Telma Maritela Cano Morales DIRECTORA CII/USAC		 Ing. Químico Col. No. 420 M. Sc. en Ingeniería Sanitaria Jefe Técnico Laboratorio		
FACULTAD DE INGENIERÍA —USAC— Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12 Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121 Página web: http://cii.usac.edu.gt				

Análisis Físico Químico Sanitario



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



Nº 19565

O.T. No. 27 976		ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO SANITARIO		INF. No. 24 283	
INTERESADO: ALIRIO ANTONIO CRUZ GARCÍA. (CARNÉ No. 200313265)		PROYECTO: EPS: "ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, PARA LA ALDEA PUERTO VIEJO, PUERTO DE IZTAPA, ESCUINTLA"			
RECOLECTADA POR: Interesado		DEPENDENCIA: FACULTAD DE INGENIERÍA USAC			
LUGAR DE RECOLECCIÓN: Puerto Viejo, Iztapa		FECHA Y HORA DE RECOLECCIÓN: 2011-03-10; 09 h 26 min.			
FUENTE: Pozo		FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LAB.: 2011-03-10; 11 h 00 min.			
MUNICIPIO: Iztapa		CONDICIÓN DEL TRANSPORTE: Con refrigeración			
DEPARTAMENTO: Escuintla					

RESULTADOS					
1. ASPECTO: Clara		4. OLOR: Inodora		7. TEMPERATURA: 24.8° C <small>(En el momento de recolección)</small>	
2. COLOR: 01.00 Unidades		5. SABOR: -----		8 CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA 79.50 µmhos/cm	
3. TURBIEDAD: 00.45 UNT		6.potencial de Hidrógeno (pH): 06.72 unidades			
SUSTANCIAS	mg/L	SUSTANCIAS	mg/L	SUSTANCIAS	mg/L
1. AMONIACO (NH ₃)	00,11	6. CLORUROS (Cl ⁻)	23,50	11. SOLIDOS TOTALES	97,00
2. NITRITOS (NO ₂ ⁻)	00,004	7. FLUORUROS (F ⁻)	00,32	12. SOLIDOS VOLÁTILES	03,00
3. NITRATOS (NO ₃ ⁻)	08,36	8. SULFATOS (SO ₄ ²⁻)	16,00	13. SOLIDOS FIJOS	94,00
4. CLORO RESIDUAL	--	9. HIERRO TOTAL (Fe)	00,05	14. SOLIDOS EN SUSPENSIÓN	01,00
5. MANGANESO (Mn)	00,041	10. DUREZA TOTAL	132,00	15. SOLIDOS DISUELTOS	36,00

ALCALINIDAD (CLASIFICACIÓN)			
HIDROXIDOS mg/L	CARBONATOS mg/L	BICARBONATOS mg/L	ALCALINIDAD TOTAL mg/L
00,00	00,00	162,00	162,00

OTRAS DETERMINACIONES: _____

OBSERVACIONES: Desde el punto de vista físico químico sanitario: DUREZA en Límites Máximos Permisibles. Las demás determinaciones arriba indicadas se encuentran dentro de los Límites Máximos Aceptables de normalidad. Según NORMA COGUANOR NGO 29 001.

TÉCNICA: "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" DE LA A.P.H.A. - A.W.W.A.- W.E.F. 21^{ra} EDITION 2 005, NORMAS COGUANOR NGO 4 010 (SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES) Y 29001 (SISTEMA POTABLE Y SUS DERIVADAS), GUATEMALA.

Guatemala, 2011-03-18

Vo.Bo.
Inga. Teln. Mariela Cano Morales
DIRECTORA CII/USAC



Zenón Wuol Santos
Ing. Químico Col. No. 420
M. Sc. en Ingeniería Sanitaria



FACULTAD DE INGENIERIA - IZTAPA - Laboratorio
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Ensayo de compresión triaxial, diagrama de Mohr



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

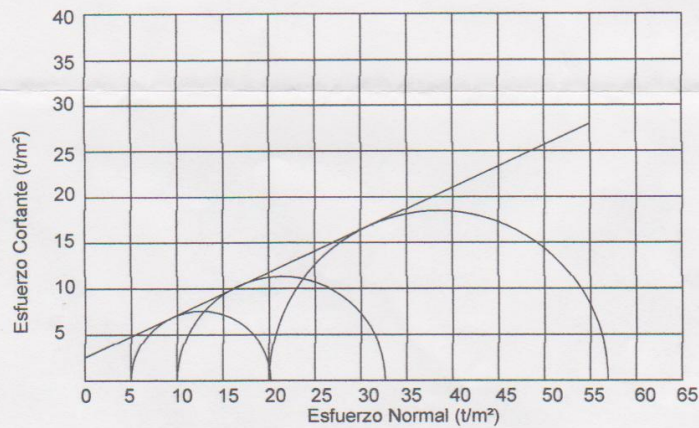


Nº 21284

ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL, DIAGRAMA DE MOHR

INFORME No. 365 S.S. O.T.: 27,410

INTERESADO: Alirio Antonio Cruz García
 PROYECTO: EPS-Diseño del instituto de educación para Aldea Santa Marta
 UBICACIÓN: Aldea Santa Marta, Puerto Itzapa, Escuintla Fecha: 12 de Noviembre de 2010
 pozo: 1 Profundidad: 3.00 m Muestra: 1



PARAMETROS DE CORTE:

ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA : $\phi = 18.25^\circ$ COHESIÓN: $C_u = 3.01 \text{ T/m}^2$

TIPO DE ENSAYO: No consolidado y no drenado.
 DESCRIPCIÓN DEL SUELO: Arena limo arcillosa color café
 DIMENSIÓN Y TIPO DE LA PROBETA: 2.5" X 5.0"
 OBSERVACIONES: Muestra proporcionada por el interesado.

PROBETA No.	1	1	1
PRESIÓN LATERAL (T/m ²)	5	10	20
DESVIADOR EN ROTURA q(T/m ²)	15.19	2.63	36.93
PRESIÓN INTERSTICIAL u(T/m ²)	x	x	x
DEFORMACIÓN EN ROTURA Er (%)	2.0	5.0	8.0
DENSIDAD SECA (T/m ³)	1.06	1.06	1.06
DENSIDAD HUMEDA (T/m ³)	1.32	1.32	1.32
HUMEDAD (%H)	24.7	24.7	24.7

Atentamente,

Vo. Bo.

Inga. Telma Maricela Cano Morales
DIRECTORA CII/USAC













Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos



ANEXOS

Coeficientes para momentos negativos

$$\begin{aligned}
 M_{A \text{ neg}} &= C_{A \text{ neg}} w_u A^2 \\
 M_{B \text{ neg}} &= C_{B \text{ neg}} w_u B^2
 \end{aligned}
 \left. \vphantom{\begin{aligned} M_{A \text{ neg}} \\ M_{B \text{ neg}} \end{aligned}} \right\} \text{ donde } w_u = \text{carga total \u00faltima uniforme} \\
 \text{mente repartida.}$$

Relaci\u00f3n $m = \frac{A}{B}$	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5	Caso 6	Caso 7	Caso 8	Caso 9
									
1,00 $C_{A \text{ neg}}$ $C_{B \text{ neg}}$		0,045	0,076	0,050	0,075	0,071	0,071	0,033	0,061
0,95 $C_{A \text{ neg}}$ $C_{B \text{ neg}}$		0,050	0,072	0,055	0,079	0,075	0,067	0,038	0,065
0,90 $C_{A \text{ neg}}$ $C_{B \text{ neg}}$		0,055	0,070	0,060	0,080	0,079	0,062	0,043	0,068
0,85 $C_{A \text{ neg}}$ $C_{B \text{ neg}}$		0,060	0,065	0,066	0,082	0,083	0,057	0,049	0,072
0,80 $C_{A \text{ neg}}$ $C_{B \text{ neg}}$		0,065	0,061	0,071	0,083	0,086	0,051	0,055	0,075
0,75 $C_{A \text{ neg}}$ $C_{B \text{ neg}}$		0,069	0,056	0,076	0,085	0,088	0,044	0,061	0,078
0,70 $C_{A \text{ neg}}$ $C_{B \text{ neg}}$		0,074	0,050	0,081	0,086	0,091	0,038	0,068	0,081
0,65 $C_{A \text{ neg}}$ $C_{B \text{ neg}}$		0,077	0,043	0,085	0,087	0,093	0,031	0,074	0,083
0,60 $C_{A \text{ neg}}$ $C_{B \text{ neg}}$		0,081	0,035	0,089	0,088	0,095	0,024	0,080	0,085
0,55 $C_{A \text{ neg}}$ $C_{B \text{ neg}}$		0,084	0,028	0,092	0,089	0,096	0,019	0,085	0,086
0,50 $C_{A \text{ neg}}$ $C_{B \text{ neg}}$		0,086	0,022	0,094	0,090	0,097	0,014	0,089	0,088










Coeficientes para momentos positivos debido a la carga muerta

$$\left. \begin{aligned} M_A \text{ pos CH} &= C_A \text{ CH } w_{du} A^2 \\ M_B \text{ pos CH} &= C_B \text{ CH } w_{du} B^2 \end{aligned} \right\} \text{ donde } w_{du} \text{ carga muerta f\u00f3rtis uniformemente repartida.}$$

Relaci\u00f3n $m = \frac{A}{B}$	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5	Caso 6	Caso 7	Caso 8	Caso 9
$1,00$	$C_A \text{ CH}$ 0,036	$C_A \text{ CH}$ 0,018	$C_A \text{ CH}$ 0,018	$C_A \text{ CH}$ 0,027	$C_A \text{ CH}$ 0,027	$C_A \text{ CH}$ 0,033	$C_A \text{ CH}$ 0,027	$C_A \text{ CH}$ 0,020	$C_A \text{ CH}$ 0,023
	$C_B \text{ CH}$ 0,036	$C_B \text{ CH}$ 0,018	$C_B \text{ CH}$ 0,027	$C_B \text{ CH}$ 0,027	$C_B \text{ CH}$ 0,018	$C_B \text{ CH}$ 0,027	$C_B \text{ CH}$ 0,033	$C_B \text{ CH}$ 0,023	$C_B \text{ CH}$ 0,020
$0,95$	$C_A \text{ CH}$ 0,040	$C_A \text{ CH}$ 0,020	$C_A \text{ CH}$ 0,021	$C_A \text{ CH}$ 0,030	$C_A \text{ CH}$ 0,028	$C_A \text{ CH}$ 0,036	$C_A \text{ CH}$ 0,031	$C_A \text{ CH}$ 0,022	$C_A \text{ CH}$ 0,024
	$C_B \text{ CH}$ 0,033	$C_B \text{ CH}$ 0,016	$C_B \text{ CH}$ 0,025	$C_B \text{ CH}$ 0,024	$C_B \text{ CH}$ 0,015	$C_B \text{ CH}$ 0,024	$C_B \text{ CH}$ 0,031	$C_B \text{ CH}$ 0,021	$C_B \text{ CH}$ 0,017
$0,90$	$C_A \text{ CH}$ 0,045	$C_A \text{ CH}$ 0,022	$C_A \text{ CH}$ 0,025	$C_A \text{ CH}$ 0,033	$C_A \text{ CH}$ 0,029	$C_A \text{ CH}$ 0,039	$C_A \text{ CH}$ 0,035	$C_A \text{ CH}$ 0,025	$C_A \text{ CH}$ 0,026
	$C_B \text{ CH}$ 0,029	$C_B \text{ CH}$ 0,014	$C_B \text{ CH}$ 0,024	$C_B \text{ CH}$ 0,022	$C_B \text{ CH}$ 0,013	$C_B \text{ CH}$ 0,021	$C_B \text{ CH}$ 0,028	$C_B \text{ CH}$ 0,019	$C_B \text{ CH}$ 0,015
$0,85$	$C_A \text{ CH}$ 0,050	$C_A \text{ CH}$ 0,024	$C_A \text{ CH}$ 0,029	$C_A \text{ CH}$ 0,036	$C_A \text{ CH}$ 0,031	$C_A \text{ CH}$ 0,042	$C_A \text{ CH}$ 0,040	$C_A \text{ CH}$ 0,029	$C_A \text{ CH}$ 0,028
	$C_B \text{ CH}$ 0,026	$C_B \text{ CH}$ 0,012	$C_B \text{ CH}$ 0,022	$C_B \text{ CH}$ 0,019	$C_B \text{ CH}$ 0,011	$C_B \text{ CH}$ 0,017	$C_B \text{ CH}$ 0,025	$C_B \text{ CH}$ 0,017	$C_B \text{ CH}$ 0,013
$0,80$	$C_A \text{ CH}$ 0,056	$C_A \text{ CH}$ 0,026	$C_A \text{ CH}$ 0,034	$C_A \text{ CH}$ 0,039	$C_A \text{ CH}$ 0,032	$C_A \text{ CH}$ 0,045	$C_A \text{ CH}$ 0,045	$C_A \text{ CH}$ 0,032	$C_A \text{ CH}$ 0,029
	$C_B \text{ CH}$ 0,023	$C_B \text{ CH}$ 0,011	$C_B \text{ CH}$ 0,020	$C_B \text{ CH}$ 0,016	$C_B \text{ CH}$ 0,009	$C_B \text{ CH}$ 0,015	$C_B \text{ CH}$ 0,022	$C_B \text{ CH}$ 0,015	$C_B \text{ CH}$ 0,010
$0,75$	$C_A \text{ CH}$ 0,061	$C_A \text{ CH}$ 0,028	$C_A \text{ CH}$ 0,040	$C_A \text{ CH}$ 0,043	$C_A \text{ CH}$ 0,033	$C_A \text{ CH}$ 0,048	$C_A \text{ CH}$ 0,051	$C_A \text{ CH}$ 0,036	$C_A \text{ CH}$ 0,031
	$C_B \text{ CH}$ 0,019	$C_B \text{ CH}$ 0,009	$C_B \text{ CH}$ 0,018	$C_B \text{ CH}$ 0,013	$C_B \text{ CH}$ 0,007	$C_B \text{ CH}$ 0,012	$C_B \text{ CH}$ 0,020	$C_B \text{ CH}$ 0,013	$C_B \text{ CH}$ 0,007
$0,70$	$C_A \text{ CH}$ 0,068	$C_A \text{ CH}$ 0,030	$C_A \text{ CH}$ 0,046	$C_A \text{ CH}$ 0,046	$C_A \text{ CH}$ 0,035	$C_A \text{ CH}$ 0,051	$C_A \text{ CH}$ 0,058	$C_A \text{ CH}$ 0,040	$C_A \text{ CH}$ 0,033
	$C_B \text{ CH}$ 0,016	$C_B \text{ CH}$ 0,007	$C_B \text{ CH}$ 0,016	$C_B \text{ CH}$ 0,011	$C_B \text{ CH}$ 0,005	$C_B \text{ CH}$ 0,009	$C_B \text{ CH}$ 0,017	$C_B \text{ CH}$ 0,011	$C_B \text{ CH}$ 0,006
$0,65$	$C_A \text{ CH}$ 0,074	$C_A \text{ CH}$ 0,032	$C_A \text{ CH}$ 0,054	$C_A \text{ CH}$ 0,050	$C_A \text{ CH}$ 0,036	$C_A \text{ CH}$ 0,054	$C_A \text{ CH}$ 0,065	$C_A \text{ CH}$ 0,044	$C_A \text{ CH}$ 0,034
	$C_B \text{ CH}$ 0,013	$C_B \text{ CH}$ 0,006	$C_B \text{ CH}$ 0,014	$C_B \text{ CH}$ 0,009	$C_B \text{ CH}$ 0,004	$C_B \text{ CH}$ 0,007	$C_B \text{ CH}$ 0,014	$C_B \text{ CH}$ 0,009	$C_B \text{ CH}$ 0,005
$0,60$	$C_A \text{ CH}$ 0,081	$C_A \text{ CH}$ 0,034	$C_A \text{ CH}$ 0,062	$C_A \text{ CH}$ 0,053	$C_A \text{ CH}$ 0,037	$C_A \text{ CH}$ 0,056	$C_A \text{ CH}$ 0,073	$C_A \text{ CH}$ 0,048	$C_A \text{ CH}$ 0,036
	$C_B \text{ CH}$ 0,010	$C_B \text{ CH}$ 0,004	$C_B \text{ CH}$ 0,011	$C_B \text{ CH}$ 0,007	$C_B \text{ CH}$ 0,003	$C_B \text{ CH}$ 0,006	$C_B \text{ CH}$ 0,012	$C_B \text{ CH}$ 0,007	$C_B \text{ CH}$ 0,004
$0,55$	$C_A \text{ CH}$ 0,088	$C_A \text{ CH}$ 0,035	$C_A \text{ CH}$ 0,071	$C_A \text{ CH}$ 0,056	$C_A \text{ CH}$ 0,038	$C_A \text{ CH}$ 0,058	$C_A \text{ CH}$ 0,081	$C_A \text{ CH}$ 0,052	$C_A \text{ CH}$ 0,037
	$C_B \text{ CH}$ 0,008	$C_B \text{ CH}$ 0,003	$C_B \text{ CH}$ 0,009	$C_B \text{ CH}$ 0,005	$C_B \text{ CH}$ 0,002	$C_B \text{ CH}$ 0,004	$C_B \text{ CH}$ 0,009	$C_B \text{ CH}$ 0,005	$C_B \text{ CH}$ 0,003
$0,50$	$C_A \text{ CH}$ 0,095	$C_A \text{ CH}$ 0,037	$C_A \text{ CH}$ 0,080	$C_A \text{ CH}$ 0,059	$C_A \text{ CH}$ 0,039	$C_A \text{ CH}$ 0,061	$C_A \text{ CH}$ 0,089	$C_A \text{ CH}$ 0,056	$C_A \text{ CH}$ 0,038
	$C_B \text{ CH}$ 0,006	$C_B \text{ CH}$ 0,002	$C_B \text{ CH}$ 0,007	$C_B \text{ CH}$ 0,004	$C_B \text{ CH}$ 0,001	$C_B \text{ CH}$ 0,003	$C_B \text{ CH}$ 0,007	$C_B \text{ CH}$ 0,004	$C_B \text{ CH}$ 0,002

Coeficientes para momentos positivos debido a la carga viva

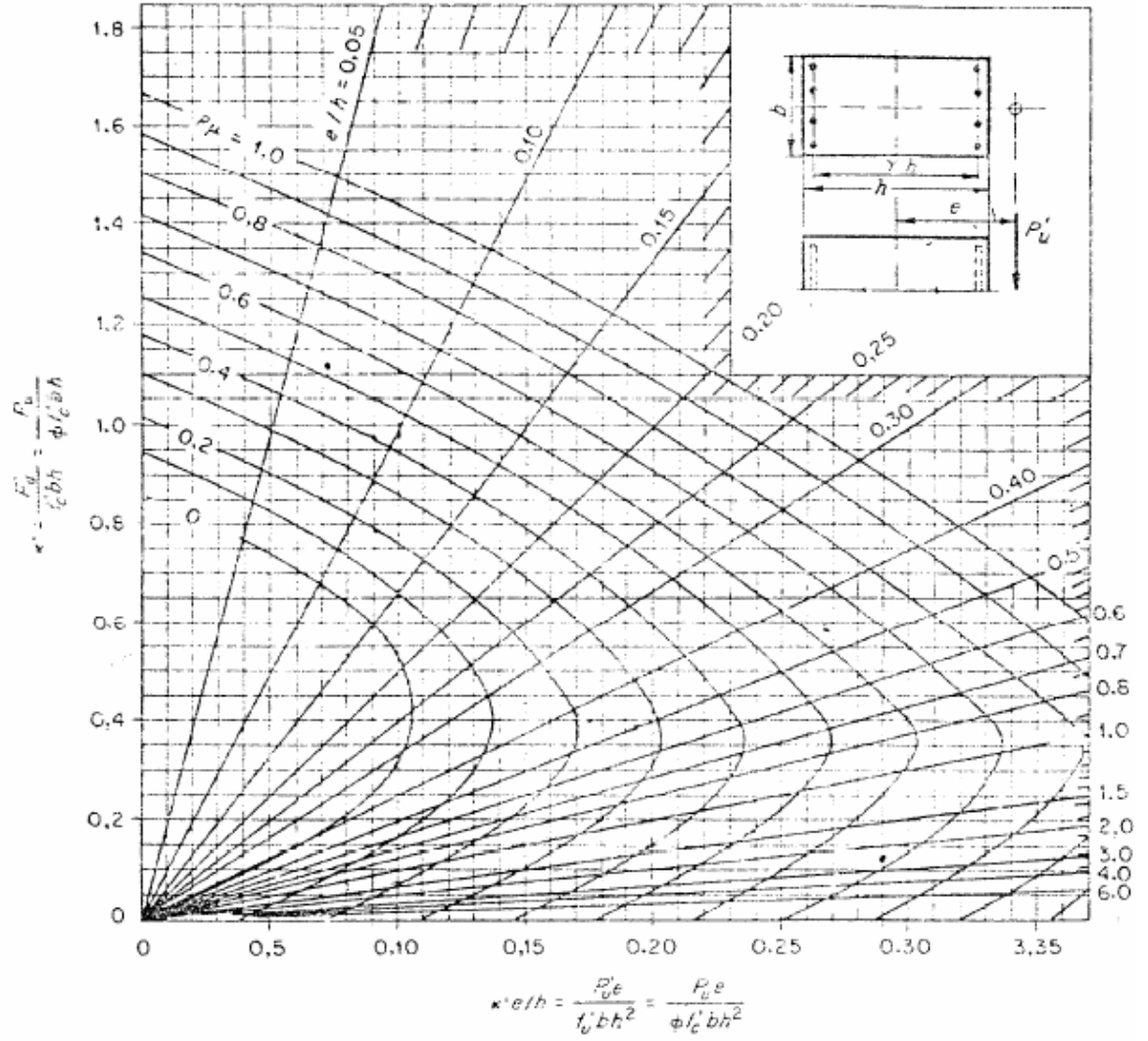
$$\left. \begin{aligned} M_A \text{ pos CV} &= C_A \text{ CV } \frac{w_u l_u}{A^2} \\ M_B \text{ pos CV} &= C_B \text{ CV } \frac{w_u l_u}{B^2} \end{aligned} \right\} \text{ donde } w_u = \text{Carga viva última uniformemente repartida.}$$

Relación $m = \frac{A}{B}$	Caso 1 	Caso 2 	Caso 3 	Caso 4 	Caso 5 	Caso 6 	Caso 7 	Caso 8 	Caso 9 
$\frac{C_A \text{ CV}}{1,00 C_B \text{ CV}}$	0,036	0,027	0,027	0,032	0,032	0,035	0,032	0,028	0,030
$\frac{C_A \text{ CV}}{0,95 C_B \text{ CV}}$	0,040	0,030	0,031	0,035	0,034	0,038	0,036	0,031	0,032
$\frac{C_A \text{ CV}}{0,90 C_B \text{ CV}}$	0,045	0,034	0,035	0,039	0,037	0,042	0,040	0,035	0,036
$\frac{C_A \text{ CV}}{0,85 C_B \text{ CV}}$	0,050	0,037	0,040	0,043	0,041	0,046	0,045	0,040	0,039
$\frac{C_A \text{ CV}}{0,80 C_B \text{ CV}}$	0,056	0,041	0,045	0,048	0,044	0,051	0,051	0,044	0,042
$\frac{C_A \text{ CV}}{0,75 C_B \text{ CV}}$	0,061	0,045	0,051	0,052	0,047	0,055	0,056	0,049	0,046
$\frac{C_A \text{ CV}}{0,70 C_B \text{ CV}}$	0,068	0,049	0,057	0,057	0,051	0,060	0,063	0,054	0,050
$\frac{C_A \text{ CV}}{0,65 C_B \text{ CV}}$	0,074	0,053	0,064	0,062	0,055	0,064	0,070	0,059	0,054
$\frac{C_A \text{ CV}}{0,60 C_B \text{ CV}}$	0,081	0,058	0,071	0,067	0,059	0,068	0,077	0,065	0,059
$\frac{C_A \text{ CV}}{0,55 C_B \text{ CV}}$	0,088	0,062	0,080	0,072	0,063	0,073	0,085	0,070	0,063
$\frac{C_A \text{ CV}}{0,50 C_B \text{ CV}}$	0,095	0,066	0,088	0,077	0,067	0,078	0,092	0,076	0,067
$\frac{C_B \text{ CV}}{C_A \text{ CV}}$	0,036	0,027	0,027	0,032	0,032	0,035	0,032	0,028	0,030
$\frac{C_B \text{ CV}}{0,95 C_A \text{ CV}}$	0,033	0,025	0,029	0,029	0,024	0,029	0,032	0,027	0,025
$\frac{C_B \text{ CV}}{0,90 C_A \text{ CV}}$	0,029	0,022	0,027	0,026	0,021	0,025	0,029	0,024	0,022
$\frac{C_B \text{ CV}}{0,85 C_A \text{ CV}}$	0,026	0,019	0,024	0,023	0,019	0,022	0,026	0,022	0,020
$\frac{C_B \text{ CV}}{0,80 C_A \text{ CV}}$	0,023	0,017	0,022	0,020	0,016	0,019	0,023	0,019	0,017
$\frac{C_B \text{ CV}}{0,75 C_A \text{ CV}}$	0,019	0,014	0,019	0,016	0,013	0,016	0,020	0,016	0,013
$\frac{C_B \text{ CV}}{0,70 C_A \text{ CV}}$	0,016	0,012	0,016	0,014	0,011	0,013	0,017	0,014	0,011
$\frac{C_B \text{ CV}}{0,65 C_A \text{ CV}}$	0,013	0,010	0,014	0,011	0,009	0,010	0,014	0,011	0,009
$\frac{C_B \text{ CV}}{0,60 C_A \text{ CV}}$	0,010	0,007	0,011	0,009	0,007	0,008	0,011	0,009	0,007
$\frac{C_B \text{ CV}}{0,55 C_A \text{ CV}}$	0,008	0,006	0,009	0,007	0,005	0,006	0,009	0,007	0,006
$\frac{C_B \text{ CV}}{0,50 C_A \text{ CV}}$	0,006	0,004	0,007	0,005	0,004	0,005	0,007	0,005	0,004

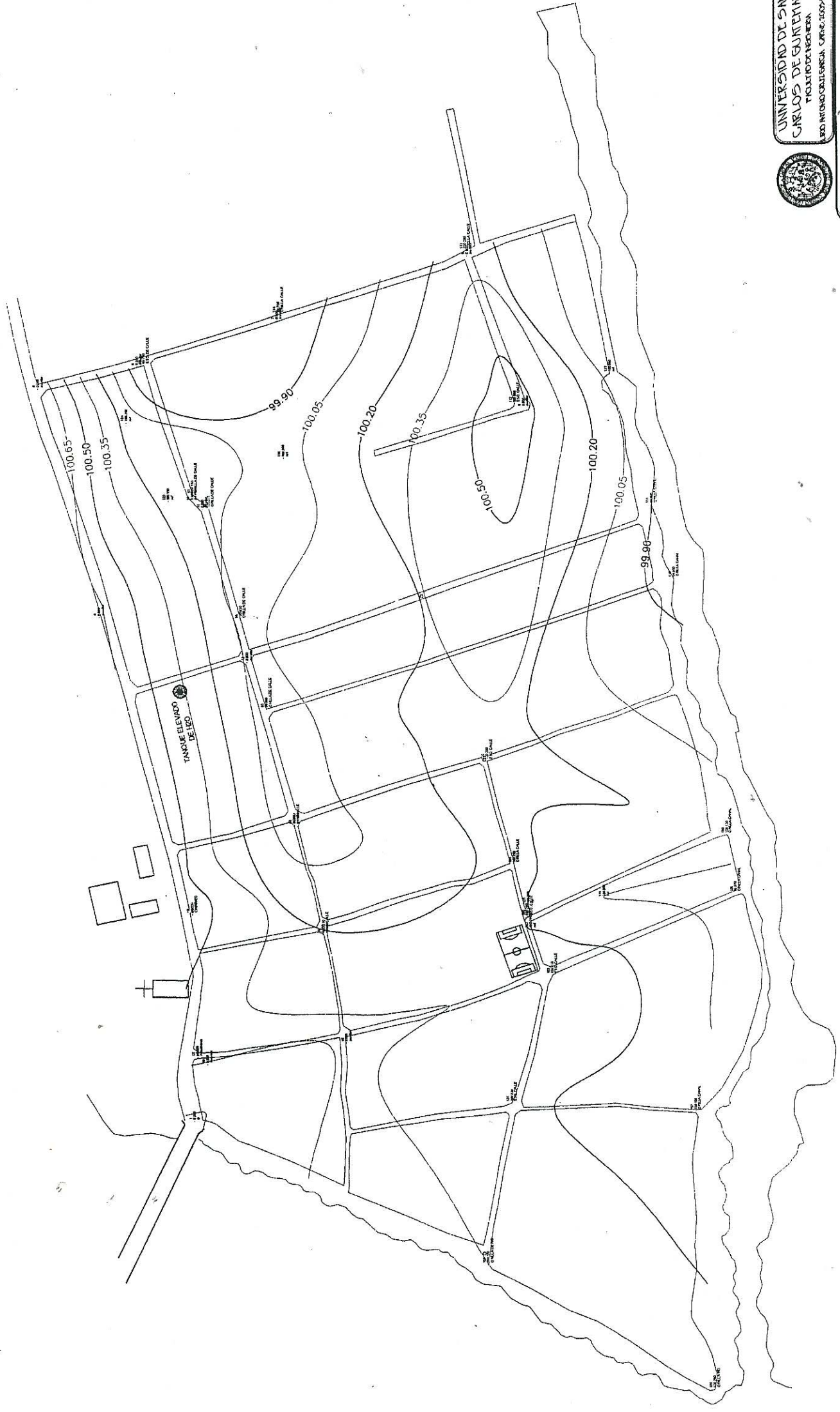
Relaciones de carga en las direcciones A y B para cortantes en tableros y carga sobre los apoyos

RELACION	CASO 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5	Caso 6	Caso 7	Caso 8	Caso 9	
$i = A/B$										
1,00	M_A 0,50 M_B 0,50	0,50 0,50	0,17 0,83	0,50 0,50	0,83 0,17	0,71 0,29	0,29 0,71	0,33 0,67	0,67 0,33	
0,95	M_A 0,55 M_B 0,45	0,55 0,45	0,20 0,80	0,55 0,45	0,86 0,14	0,75 0,25	0,33 0,67	0,38 0,62	0,71 0,29	
0,90	M_A 0,60 M_B 0,40	0,60 0,40	0,23 0,77	0,60 0,40	0,88 0,12	0,79 0,21	0,38 0,62	0,43 0,57	0,75 0,25	
0,85	M_A 0,66 M_B 0,34	0,66 0,34	0,28 0,72	0,66 0,34	0,90 0,10	0,83 0,17	0,43 0,57	0,49 0,51	0,79 0,21	
0,80	M_A 0,71 M_B 0,29	0,71 0,29	0,33 0,67	0,71 0,29	0,92 0,08	0,86 0,14	0,49 0,51	0,55 0,45	0,83 0,17	
0,75	M_A 0,76 M_B 0,24	0,76 0,24	0,39 0,61	0,76 0,24	0,94 0,06	0,88 0,12	0,56 0,44	0,61 0,39	0,86 0,14	
0,70	M_A 0,81 M_B 0,19	0,81 0,19	0,45 0,55	0,81 0,19	0,95 0,05	0,91 0,09	0,62 0,38	0,68 0,32	0,89 0,11	
0,65	M_A 0,85 M_B 0,15	0,85 0,15	0,53 0,47	0,85 0,15	0,96 0,04	0,93 0,07	0,69 0,31	0,74 0,26	0,92 0,08	
0,60	M_A 0,89 M_B 0,11	0,89 0,11	0,61 0,39	0,89 0,11	0,97 0,03	0,95 0,05	0,76 0,24	0,80 0,20	0,94 0,06	
0,55	M_A 0,92 M_B 0,08	0,92 0,08	0,69 0,31	0,92 0,08	0,98 0,02	0,96 0,04	0,81 0,19	0,85 0,15	0,95 0,05	
0,50	M_A 0,94 M_B 0,06	0,94 0,06	0,76 0,24	0,94 0,06	0,99 0,01	0,97 0,03	0,86 0,14	0,89 0,11	0,97 0,03	

Diagrama para iteración de columnas



PLANOS



PLANTA DE CURVAS DE NIVEL
 ESCALA: 1/1,250



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL


PROYECTO:	DESARROLLO DE INFRAESTRUCTURA DE AGUAS POTABLES EN EL MUNICIPIO DE SAN CARLOS, DEPARTAMENTO DE ESCUQUILA.
FECHA:	15/05/2014
INSTRUMENTO:	1/1,250
PROFESOR:	CURNO DE NIVEL
ALUMNO:	

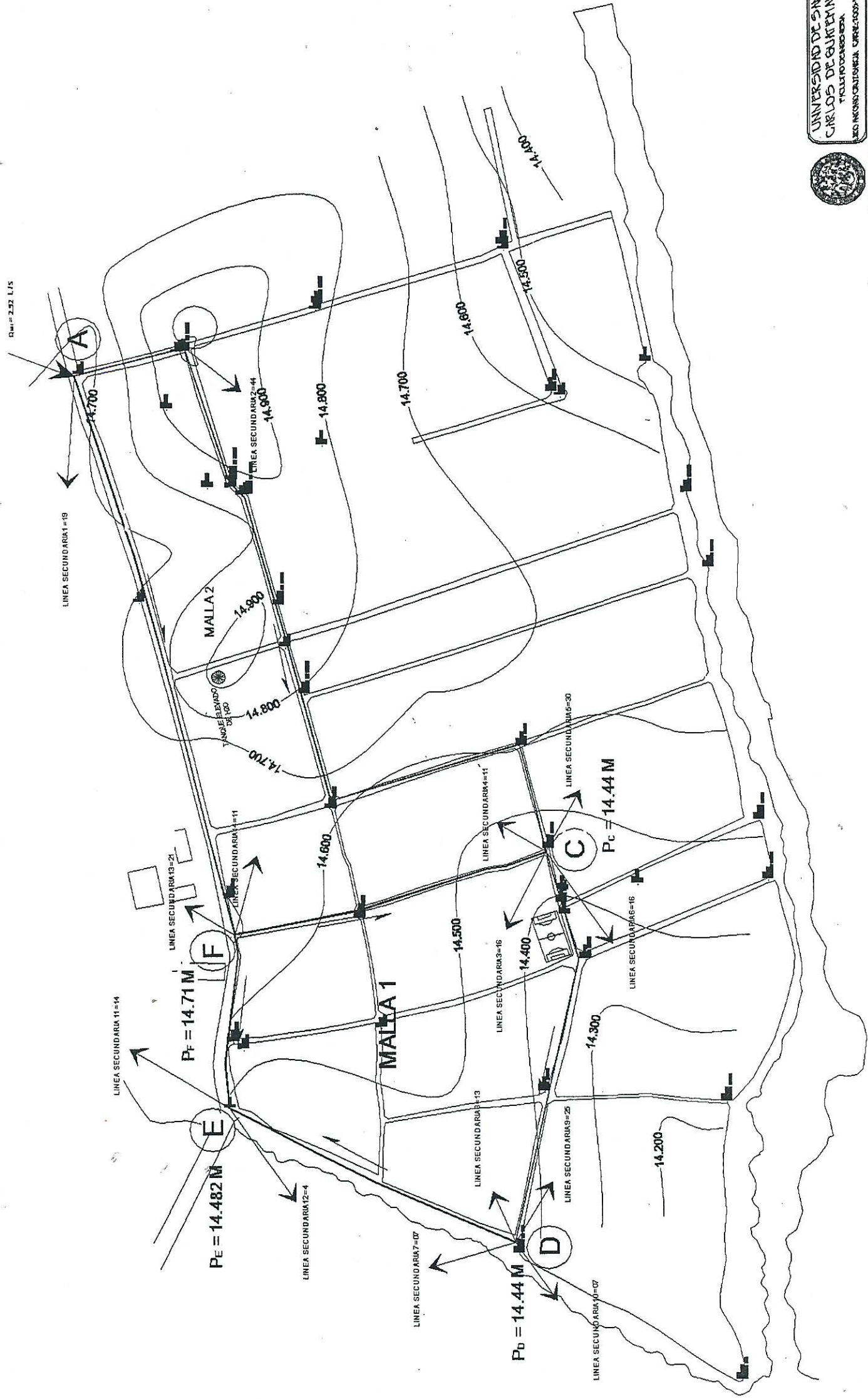


PLANTA DE DISTRIBUCIÓN DE VIVIENDAS

1/1250

ESCALA:

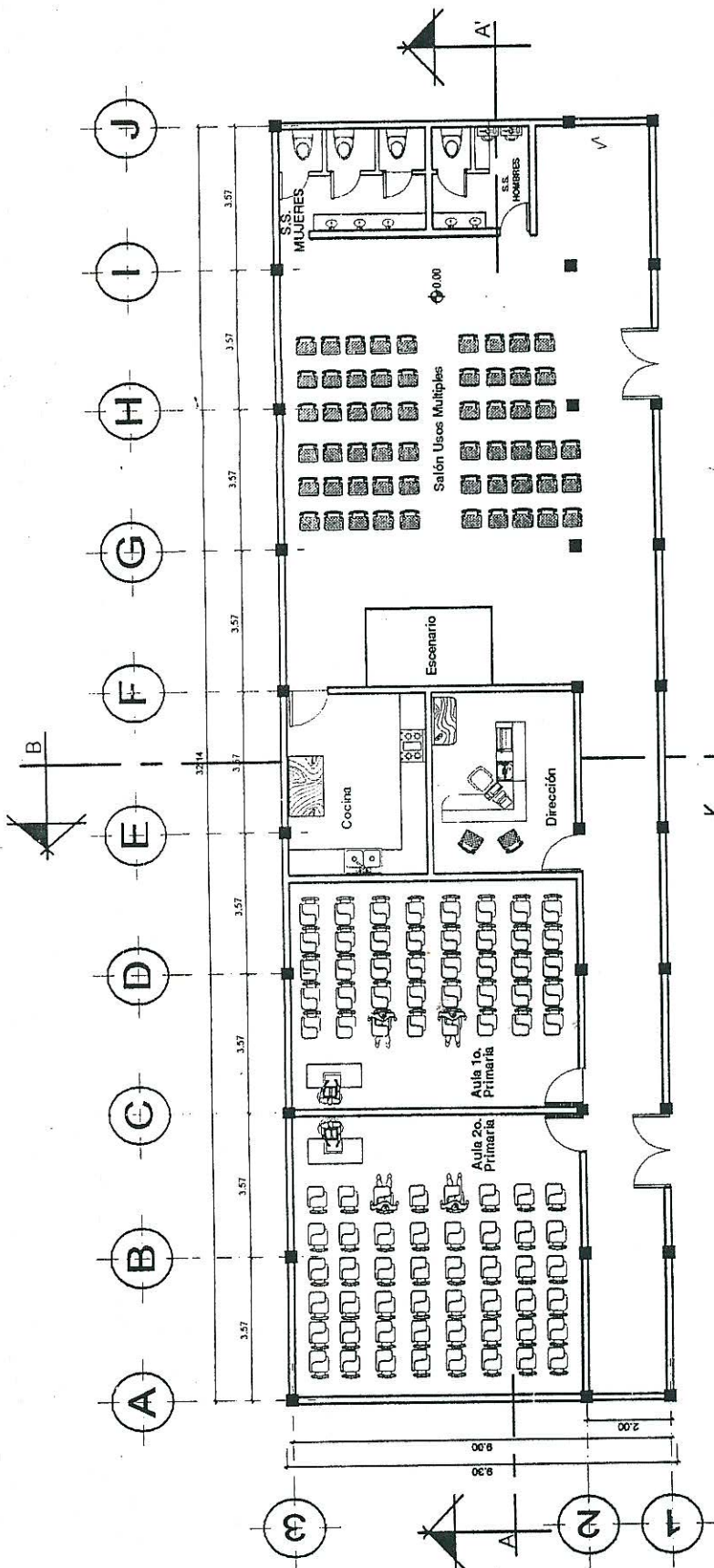
 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL		TITULO: MEDIDA: TOTAL: FECHA:
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DE PUERTO RICO DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DE PUERTO RICO DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DE PUERTO RICO		ESCALA: 1/1250
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DE PUERTO RICO DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DE PUERTO RICO DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DE PUERTO RICO		DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DE PUERTO RICO DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DE PUERTO RICO DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DE PUERTO RICO



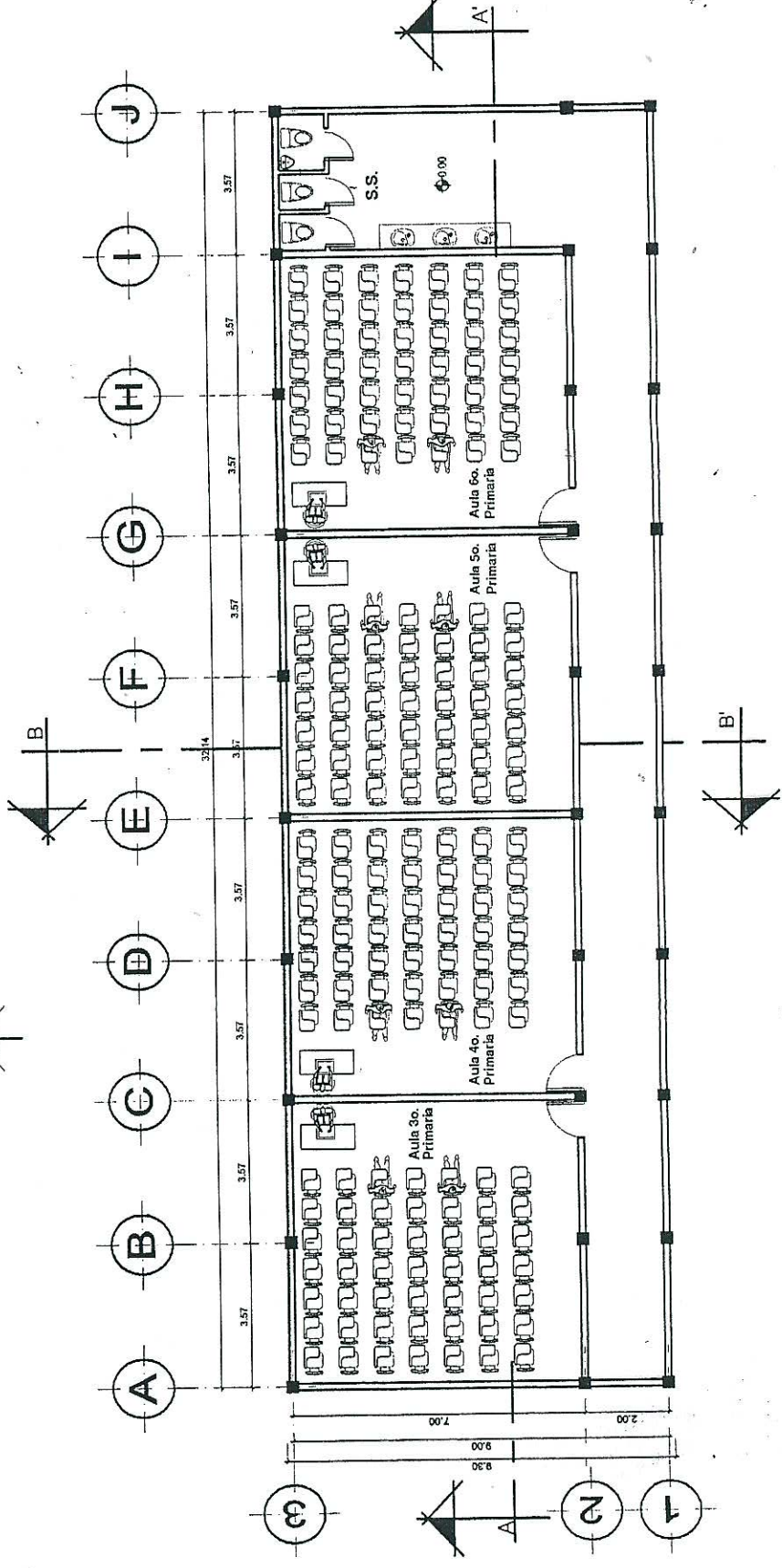
PLANTA DE CURVAS DE PRESIÓN

ESCALA: 1/1250

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA	ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL	NOMBRE DEL ESTUDIANTE _____	NOMBRE DEL PROFESOR _____
	INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS	INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS	NOMBRE DEL ESTUDIANTE _____	NOMBRE DEL PROFESOR _____



PLANTA ARQUITECTONICA - PLANTA BAJA
ESCALA: 1/150

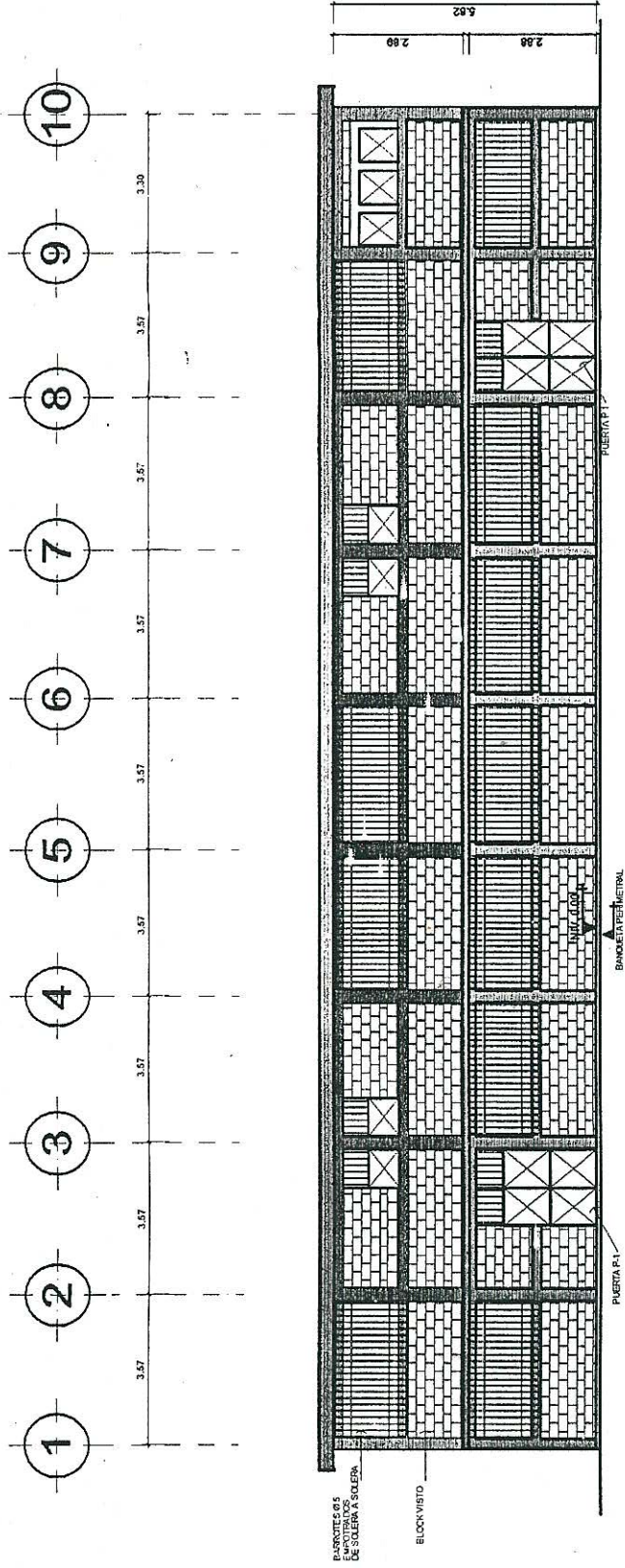


PLANTA ARQUITECTONICA - PLANTA ALTA
ESCALA: 1/150



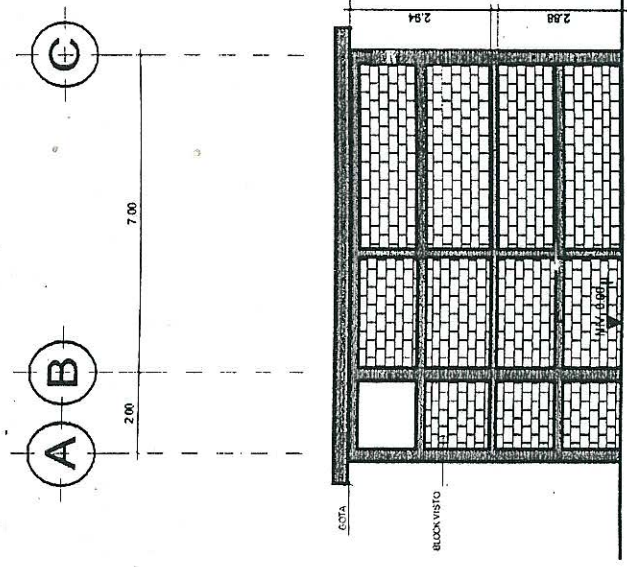
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
INGENIERO ANTONIO CRISTÓBAL GARCÍA CARRERA, 1900-1975

PROYECTO: EDIFICIO ESCOLAR EN ALDEA SAN MARTÍN MUNICIPIO DEL PUERTO DE SAN JUAN, DEPARTAMENTO DE ESCUINTLA.	TRABAJO: TAREAS DE ARQUITECTURA ESCALAS Y PLANTAS
PROFESOR: INGENIERO ANTONIO CRISTÓBAL GARCÍA CARRERA	ALUMNO: INGENIERO ANTONIO CRISTÓBAL GARCÍA CARRERA
PLANTA ARQUITECTONICA	
VISTA: PLANTA	
Escala: 1/150	



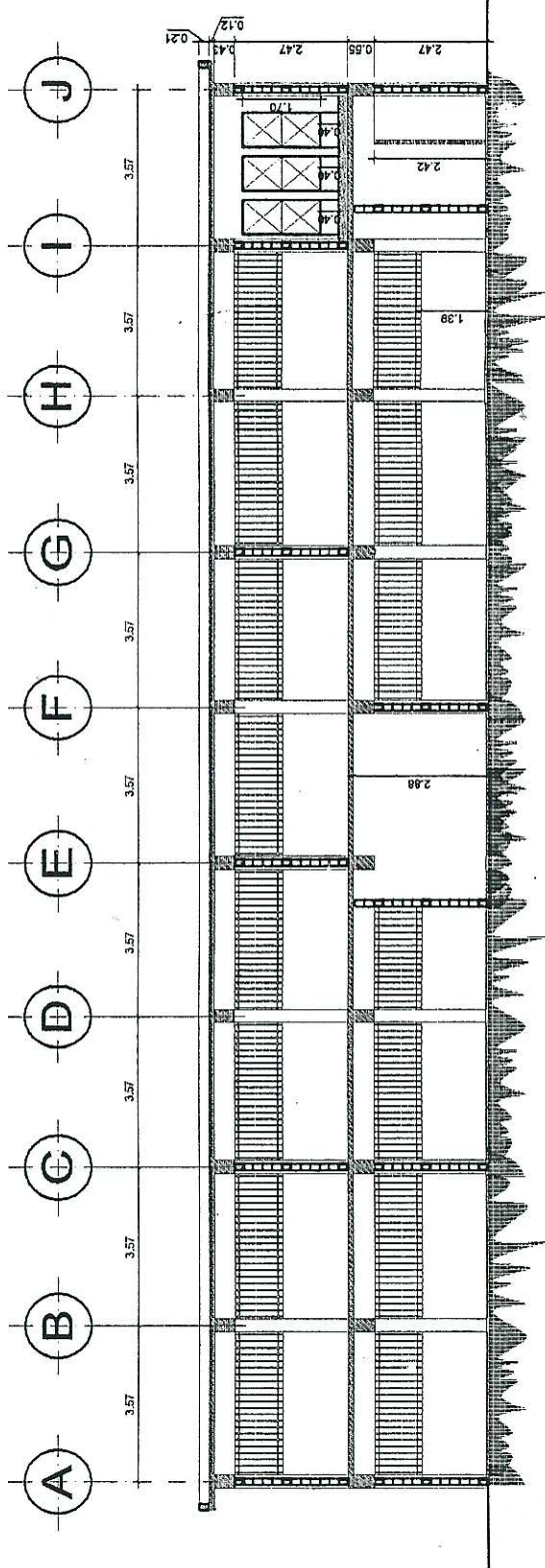
ELEVACION FRONTAL ESCUELA RURAL

ESC. 1/150



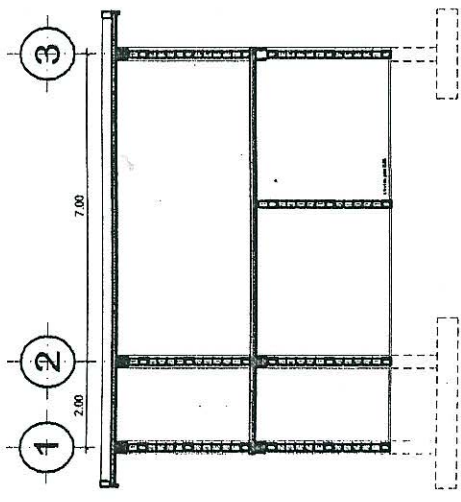
ELEVACION LATERAL ESCUELA RURAL

ESC. 1/150



SECCION A-A'

ESC. 1/150



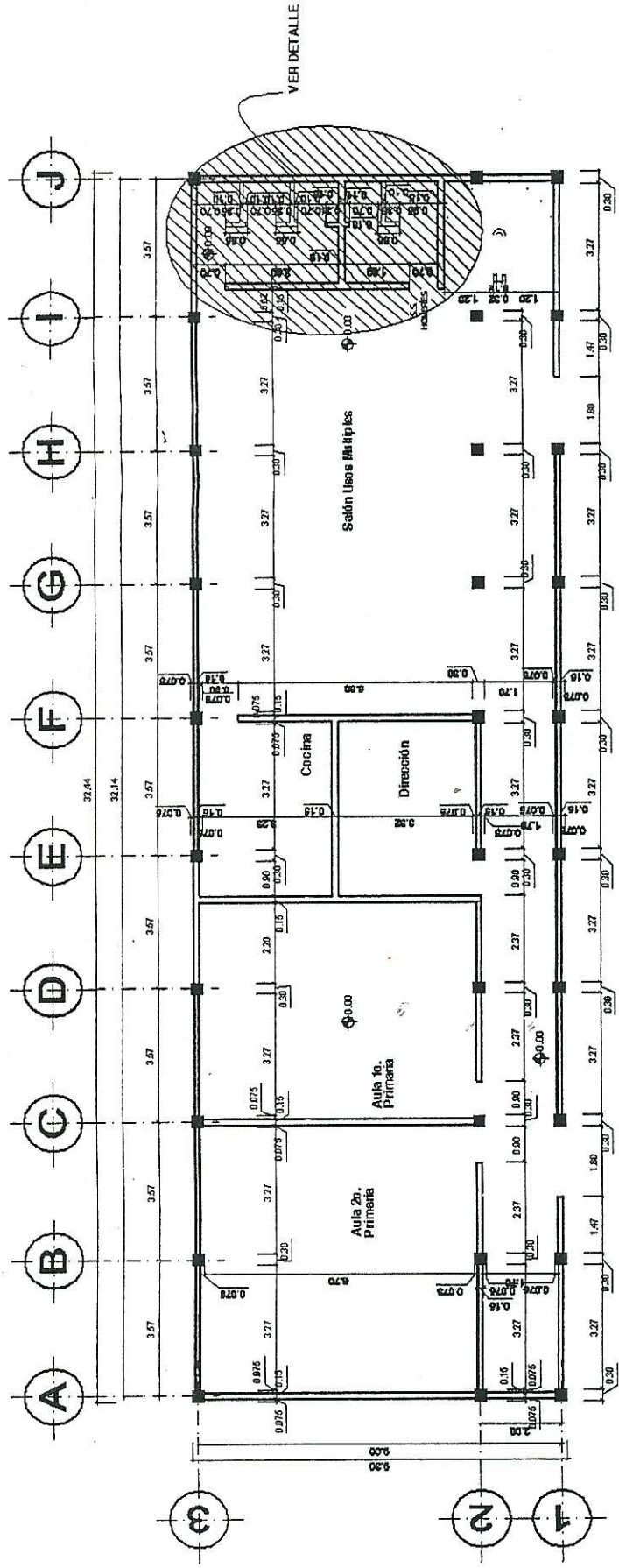
SECCION B-B'

ESC. 1/150



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
DR. ANTONIO CRISTÓBAL GARCÍA CARRANZA-10007-10165

PROYECTO: EDIFICIO ESCOLAR EN ALDEA SANTA MARÍA, MUNICIPIO DEL PUERTO DE TIERRA, DEPARTAMENTO DE ESCUINTLA.	FECHA: TIPO DE TRABAJO: ESCALA: REGISTRADO:
OPASCO, ABOGADO DIBAJOS, ABOGADO CANCILLERÍA CENTRAL	COMANDO: ELEN KJONES Y SECCIONES
TÍTULO: 2/A VOLUMEN: 1/1 FOLIO: 1/1	
DISEÑADO: DIBAJADO: APROBADO: FECHA:	



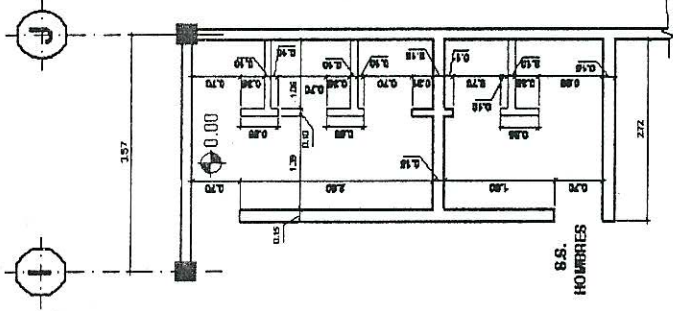
PLANTA DE COTAS - PLANTA BAJA

ESCALA: 1/150

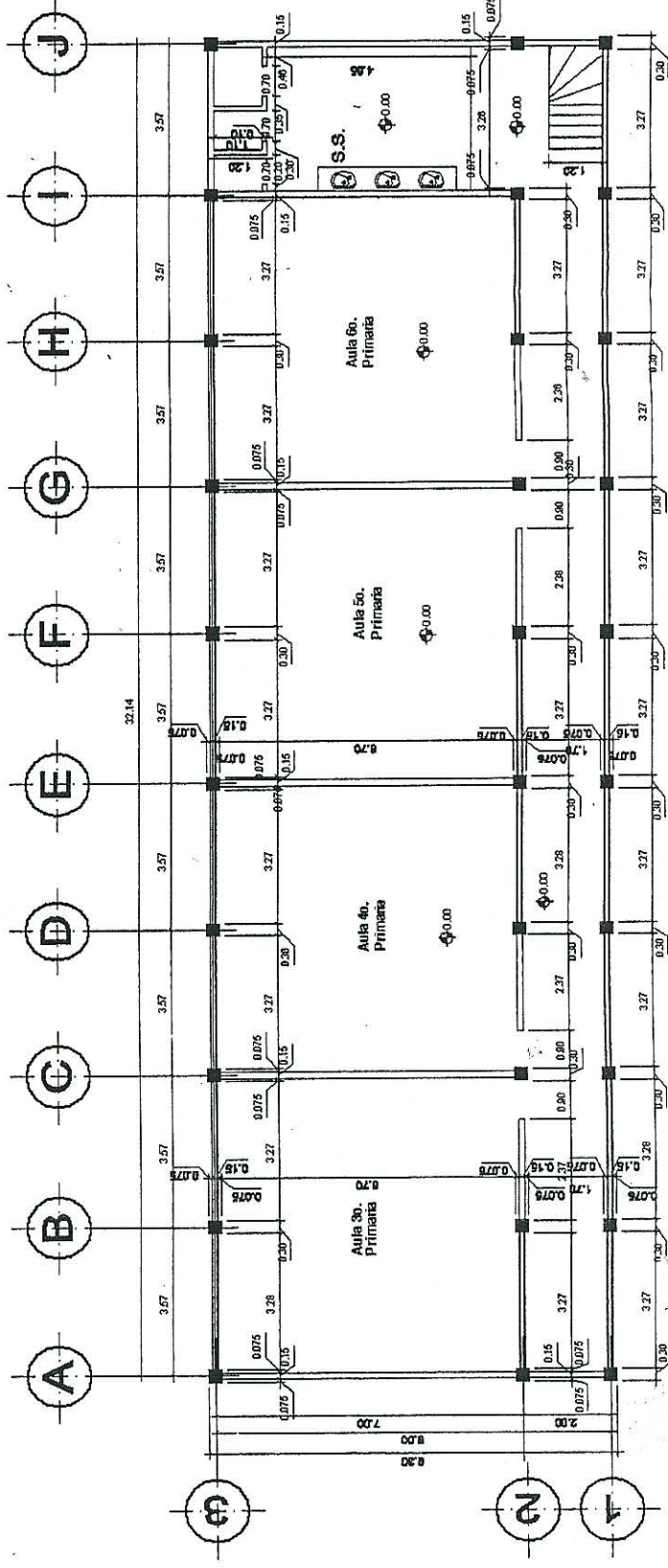


DETALLE DE COTAS MODULO DE BAÑOS

ESCALA: 1/100

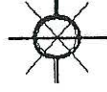


SIMBOLOGIA	
	INDICA NIVEL INTERIOR PLANTA BAJA
	INDICA VENTANA h= 1.20 sillar
	INDICA DIMENSION DE AMBIENTE
	INDICA NIVEL INTERIOR PLANTA ALTA
	INDICA EJES DE MUROS O COLUMNAS



PLANTA DE COTAS - PLANTA ALTA

ESCALA: 1/150



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

PROFESOR

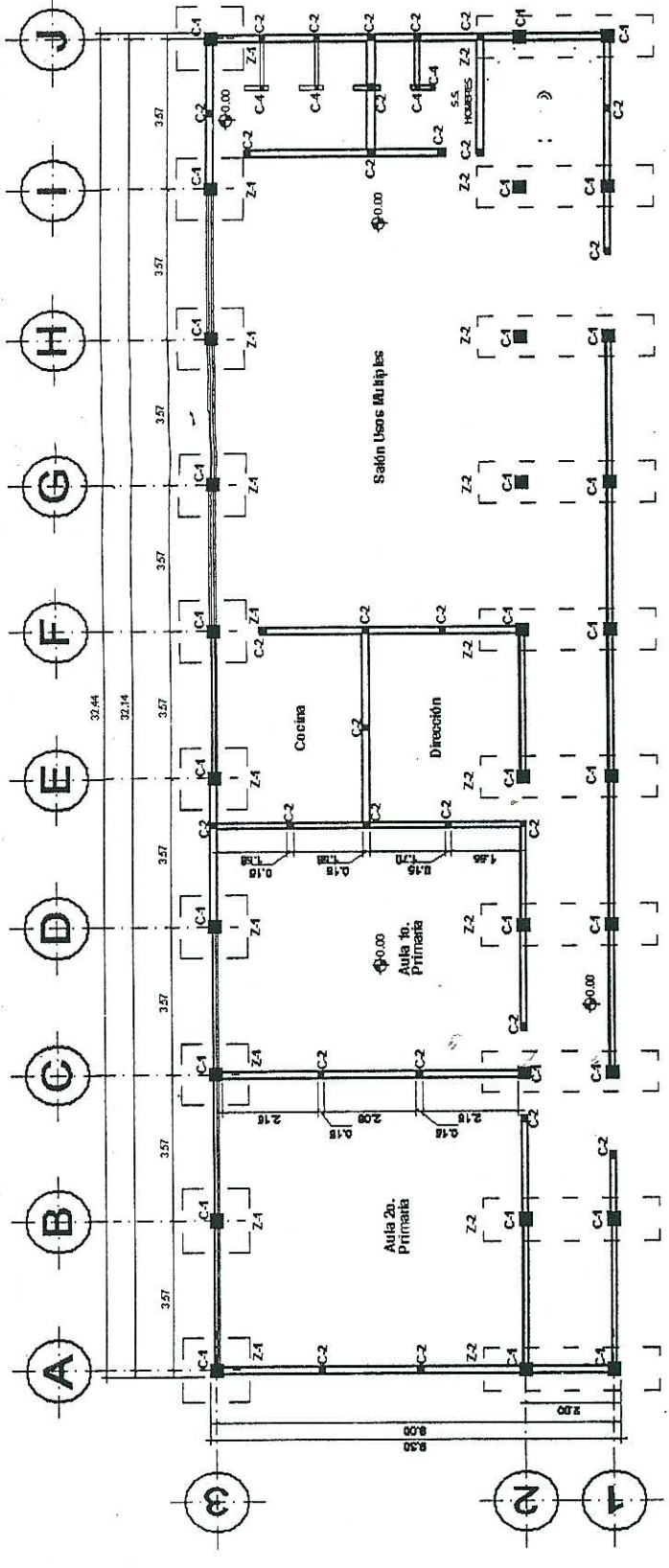
EDIFICIO ESCOLAR EN ALDEA SAN MARTIN MUNICIPIO DEL PUERTO DE LA NEGRA DEPARTAMENTO DE ESCUQUILA.

CATEDRATICO

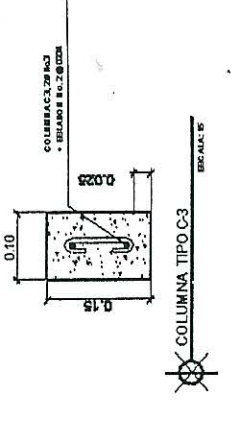
PLANTA DE COTAS

COLUMNA

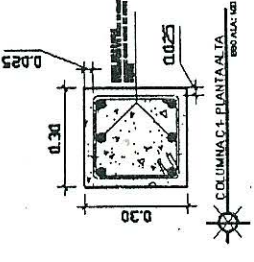
COLUMNA



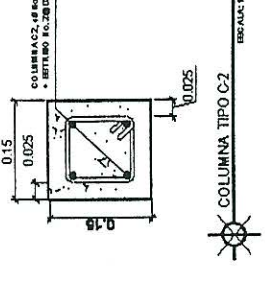
PLANTA DE CIMENTACION - PLANTA BAJA
ESCALA 1/150



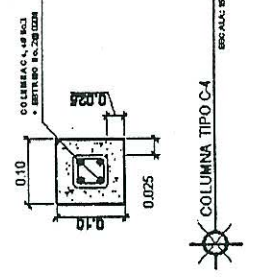
COLUMNA TIPO C3
ESPALDA



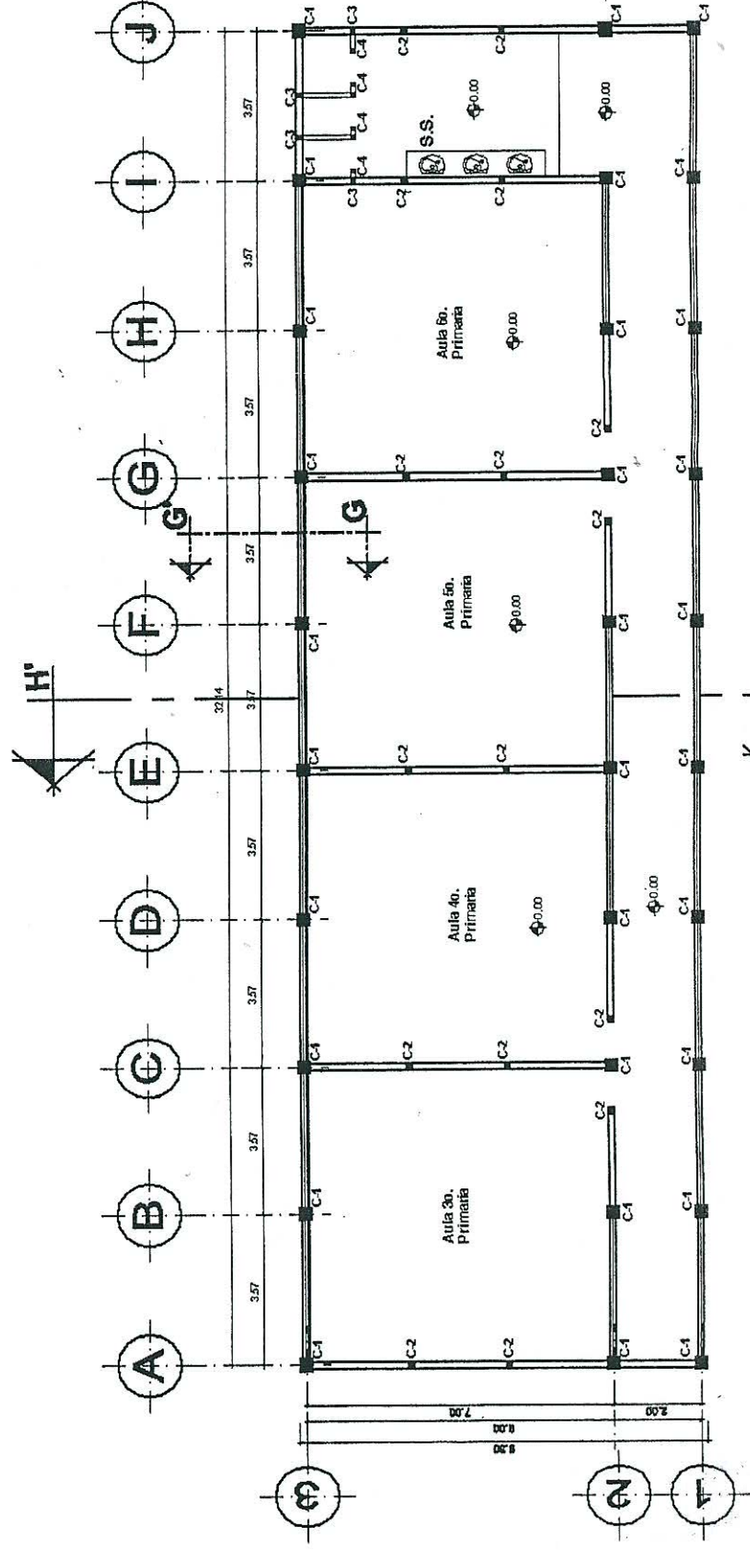
COLUMNA C3 PLANTA ALTA
ESPALDA



COLUMNA TIPO C2
ESPALDA



COLUMNA TIPO C4
ESPALDA



PLANTA CIMENTACION - PLANTA ALTA
ESCALA 1/150



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA

PROYECTO: EDIFICIO ESCOLAR EN LA ZONA SUR DE SAN CARLOS DE GUATEMALA DEL PUERTO DE TIERRA ADER DEL MUNICIPIO DE ESCUINTLA.

PROFESOR: MSc. JUAN CARLOS JACQUES VARGAS

CONTENIDO: PLANTA DE CIMENTACION

ALUMNO: _____

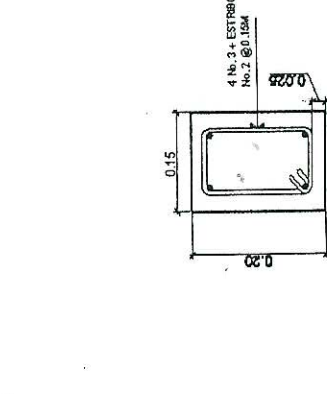
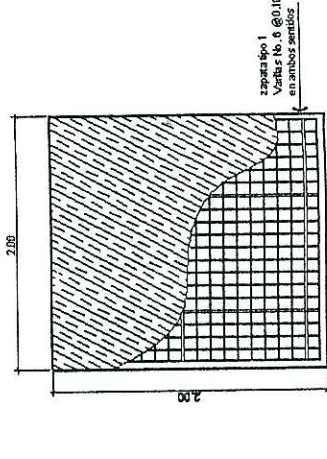
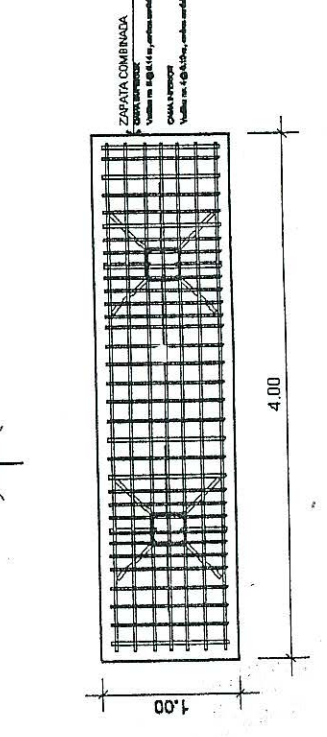
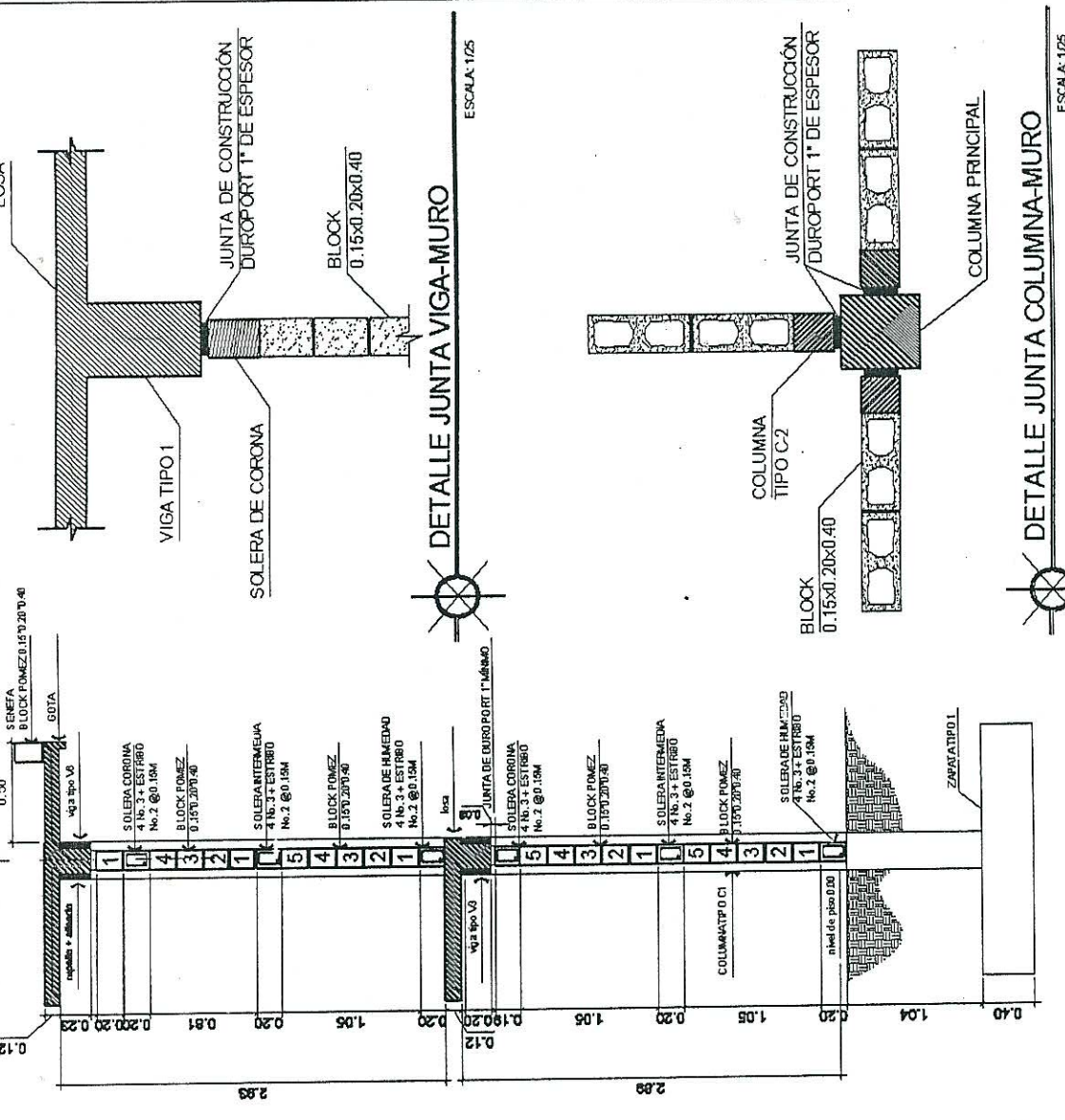
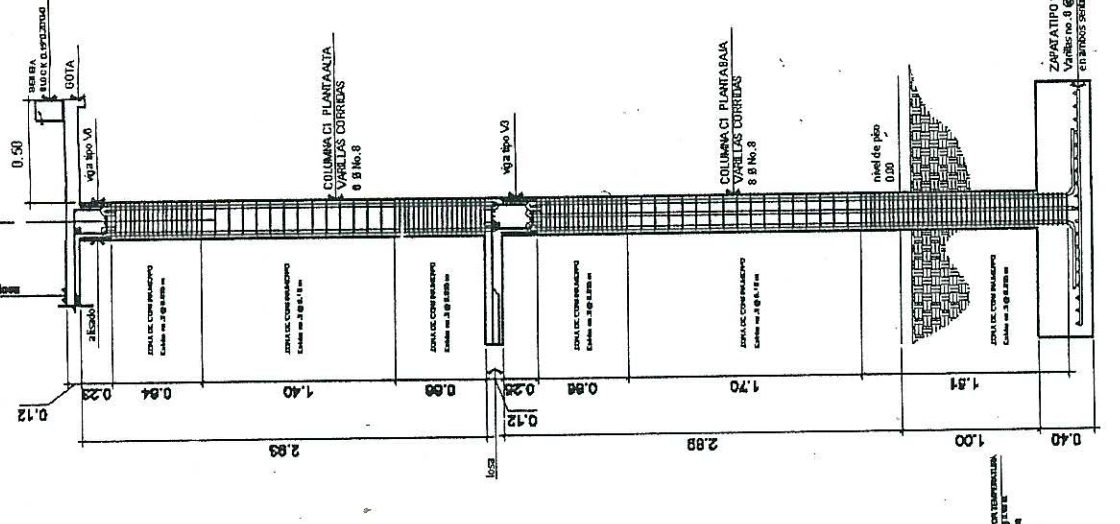
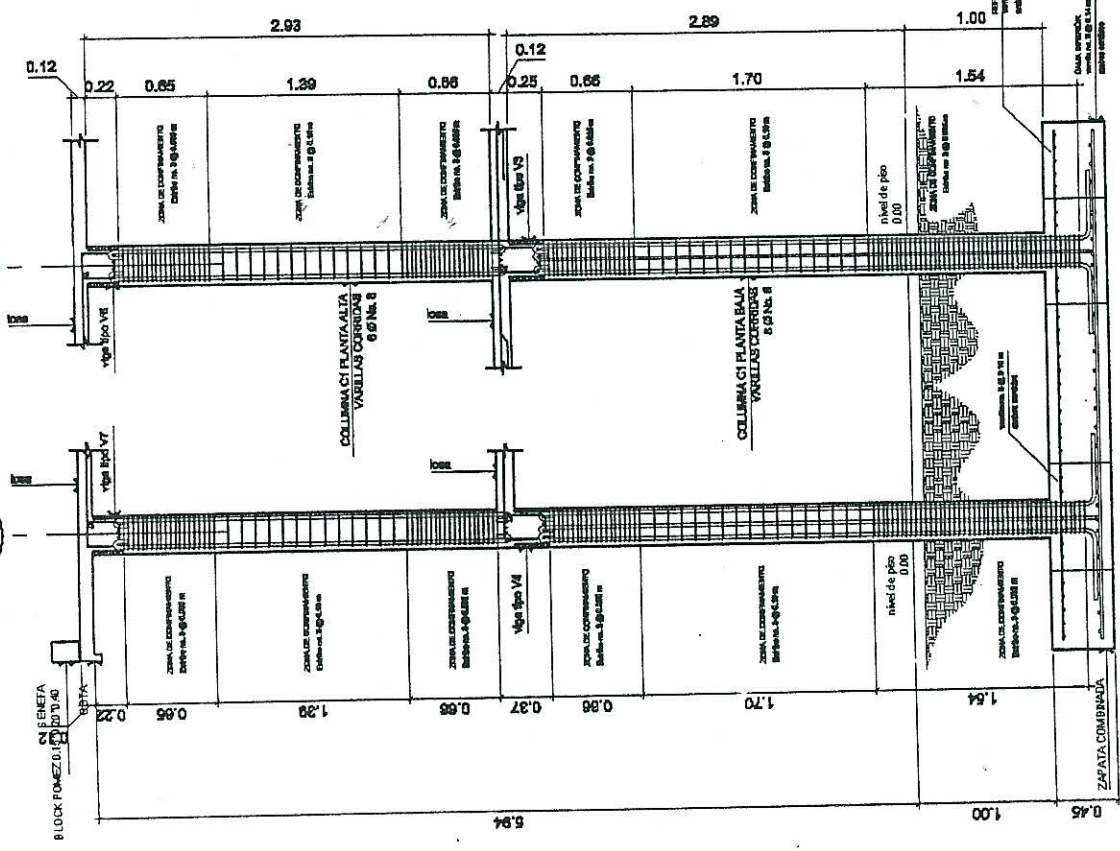
FECHA: _____

1

2

3

3



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
INGENIERIA CIVIL

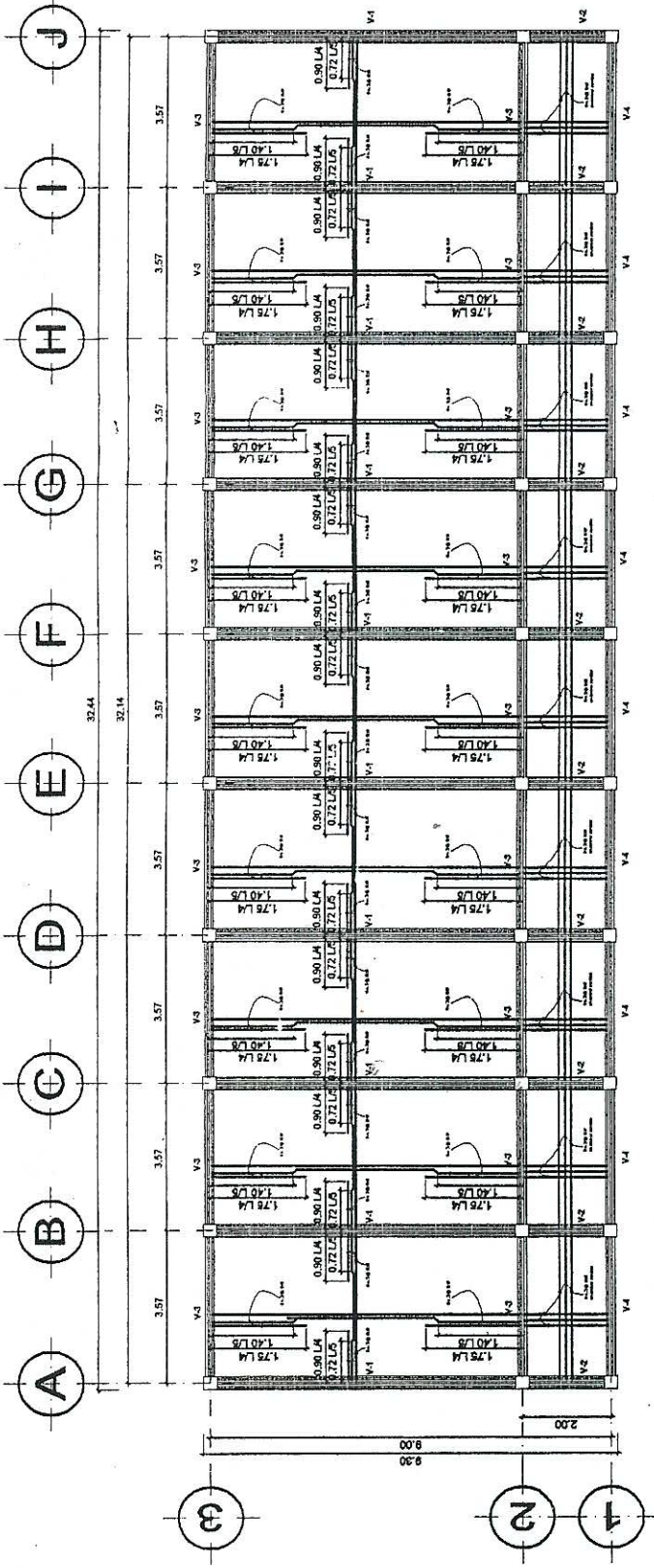
PROYECTO:
EDIFICIO ESCOLAR EN NUESTRO SEÑOR PATRÓN NUESTRO SEÑOR DEL PUERTO DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

CONTRATO:
SEÑOR: NUBEL CRUZ
SEÑOR: HUBER CRUZ
SEÑOR: JOAQUÍN CRUZ

CONTRATO:
5/A

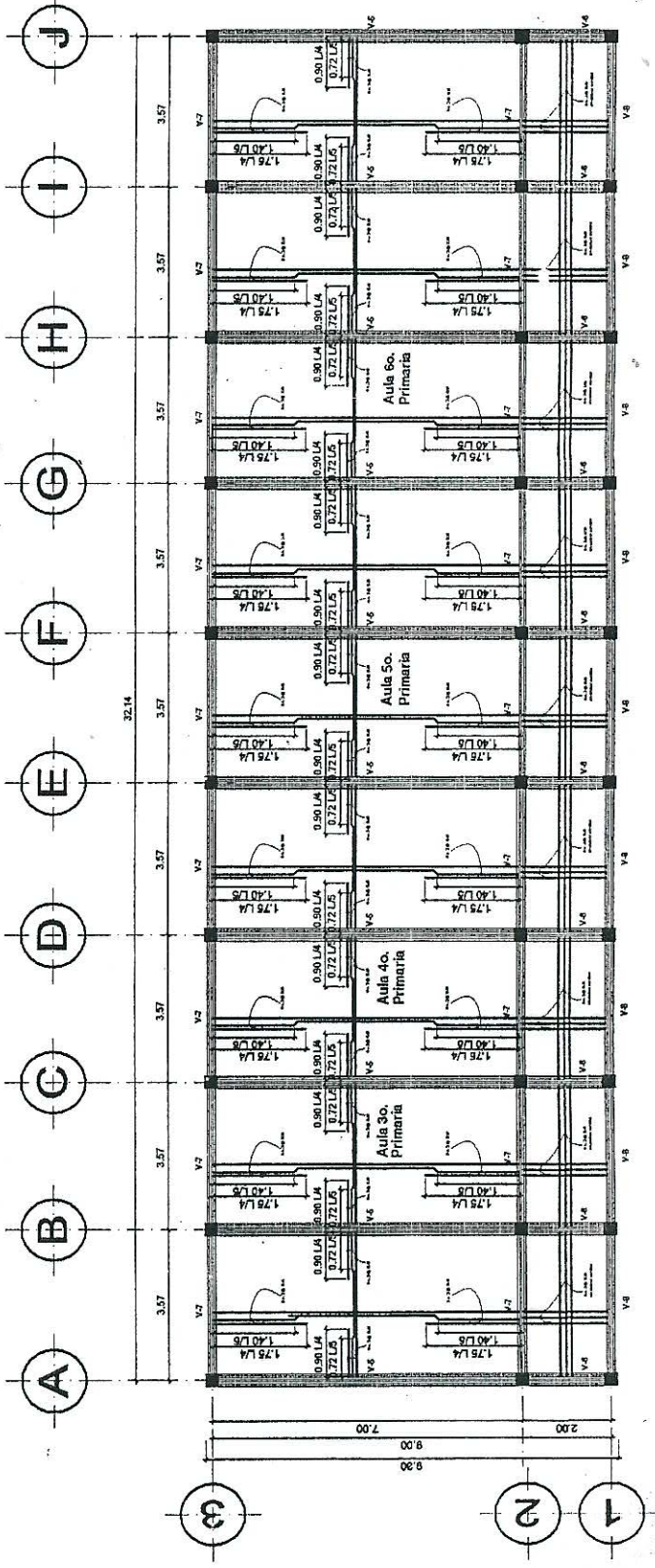
ESCALA:
1/50

FECHA:
15/05/2018



PLANTA DE LOSA - PLANTA BAJA

ESCALA: 1/150



PLANTA DE LOSA - PLANTA ALTA

ESCALA: 1/150



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
CARR. 1000-0165

PROYECTO: EDIFICIO ESCOLAR EN EL C.A. SAN MARÍA, MUNICIPIO DEL PUERTO DE YATÁ, R.M. DEPARTAMENTO DE ESCUINTLA.

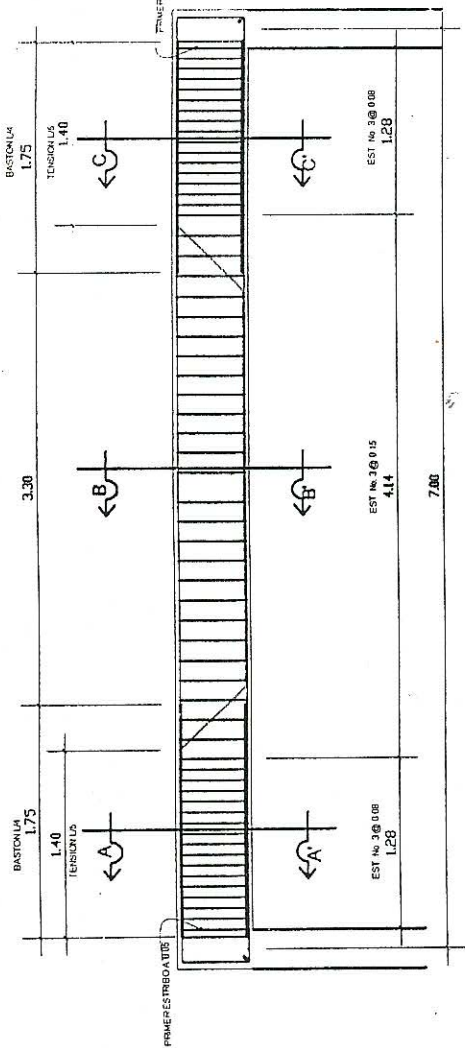
TECNIC: MEDICION ESCALA: 1/5000

BOSSO: NICO CAJAL
DIBAJOS: NICO CAJAL
CALIDAD: NICO CAJAL

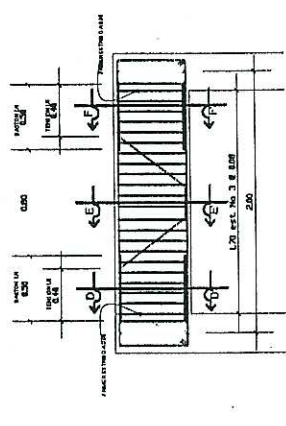
CONTENIDO: PLANTA DE LOSA

FECHA: 6/11/14

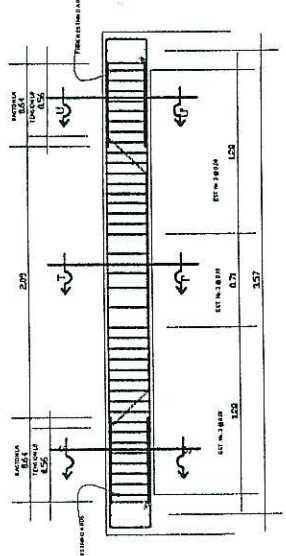
PROYECTO: NICO CAJAL



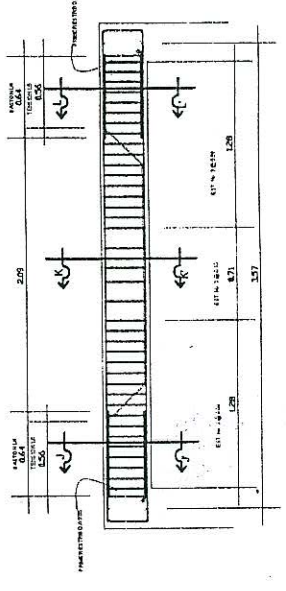
DETALLE DE VIGA V-1 - PLANTA BAJA
ESCALA: 1/50



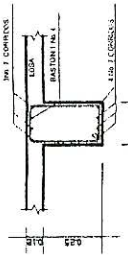
DETALLE DE VIGA V-2 - PLANTA BAJA
ESCALA: 1/50



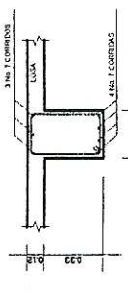
DETALLE DE VIGA V-3 - PLANTA BAJA
ESCALA: 1/50



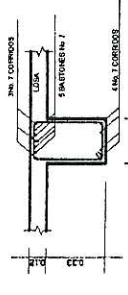
DETALLE DE VIGA V-4 - PLANTA BAJA
ESCALA: 1/50



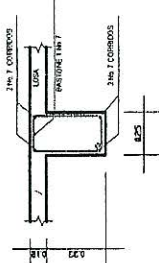
SECCION A-A' DE VIGA V1
ESCALA: 1/50



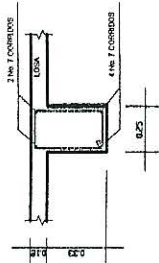
SECCION B-B' DE VIGA V1
ESCALA: 1/50



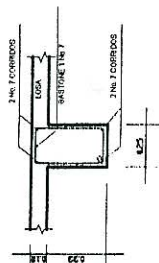
SECCION C-C' DE VIGA V1
ESCALA: 1/50



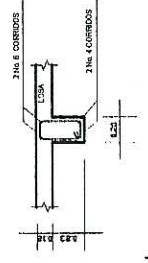
SECCION D-D' DE VIGA V2
ESCALA: 1/50



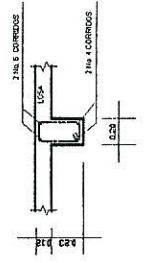
SECCION E-E' DE VIGA V2
ESCALA: 1/50



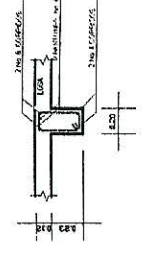
SECCION F-F' DE VIGA V2
ESCALA: 1/50



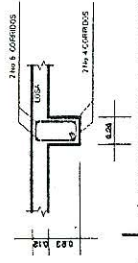
SECCION G-G' DE VIGA V3
ESCALA: 1/50



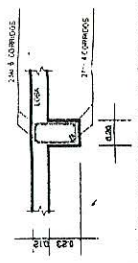
SECCION H-H' DE VIGA V3
ESCALA: 1/50



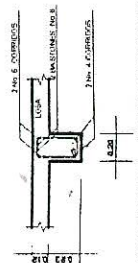
SECCION I-I' DE VIGA V3
ESCALA: 1/50



SECCION J-J' DE VIGA V4
ESCALA: 1/50



SECCION K-K' DE VIGA V4
ESCALA: 1/50



SECCION L-L' DE VIGA V4
ESCALA: 1/50

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

PROYECTO: EDIFICIO ESCOLAR EN ALDEA SAN MARIN, MUNICIPIO DEL PUERTO DE VERDE, DEPARTAMENTO DE ESCUINTLA.

TECNOLOGIA: TECNIA. PREVISION SOCIAL.

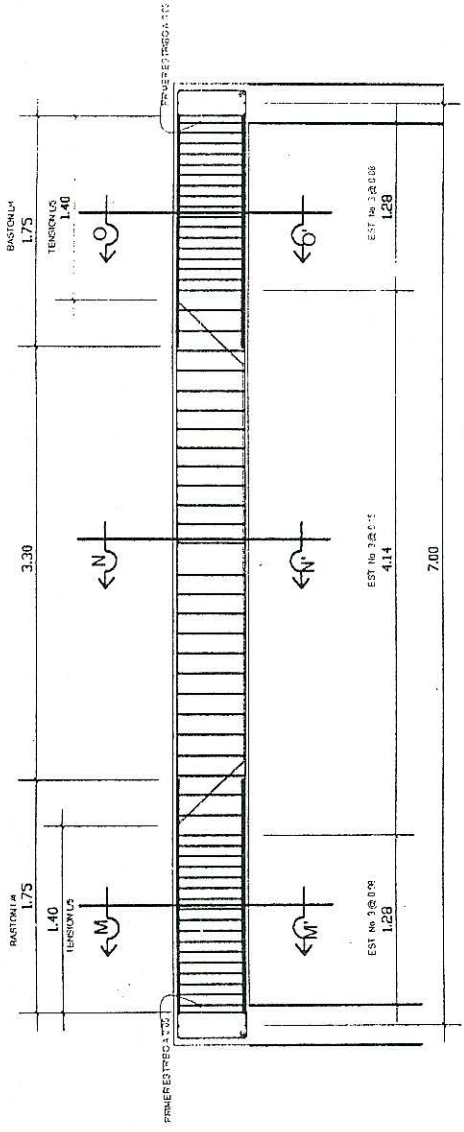
ESCALA: ESCALA SOCIAL.

PROFESOR: M. SC. J. CALABREZOS

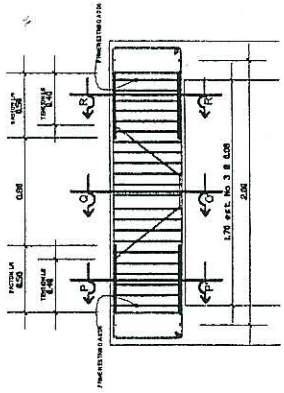
ALUMNO: M. SC. J. CALABREZOS

FECHA: 2014

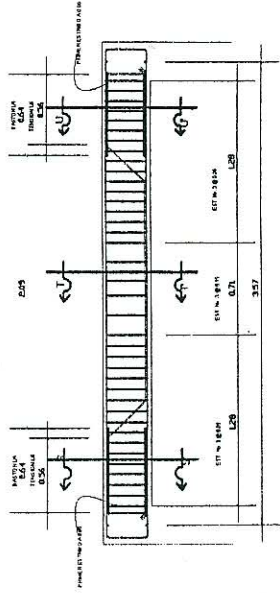
SECCIONES DE VIGAS



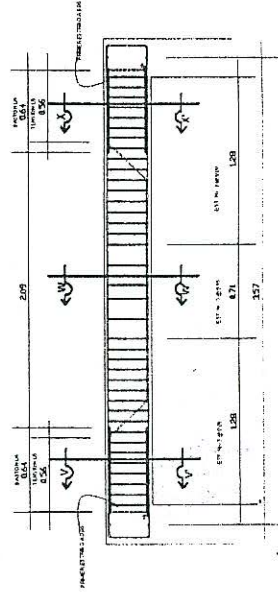
DETALLE DE VIGA V-5 PLANTA ALTA
ESCALA: 1/50



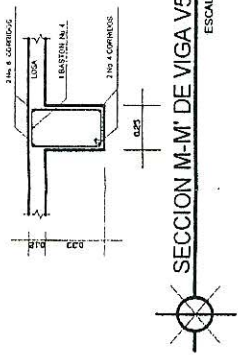
DETALLE DE VIGA V-6 -PLANTA ALTA
ESCALA: 1/50



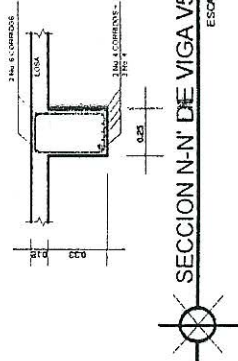
DETALLE DE VIGA V-7 -PLANTA ALTA
ESCALA: 1/50



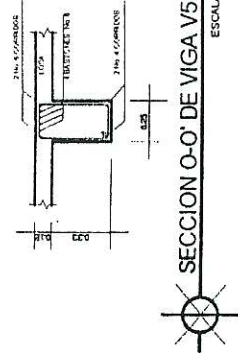
DETALLE DE VIGA V-8 -PLANTA ALTA
ESCALA: 1/50



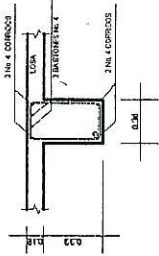
SECCION M-M' DE VIGA V5
ESCALA: 1/50



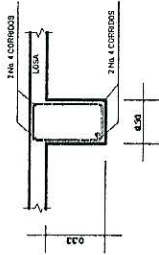
SECCION N-N' DE VIGA V5
ESCALA: 1/50



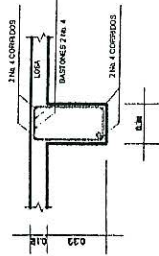
SECCION O-O' DE VIGA V5
ESCALA: 1/50



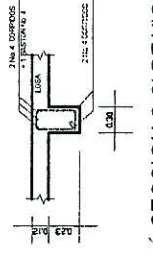
SECCION P-P' DE VIGA V6
ESCALA: 1/50



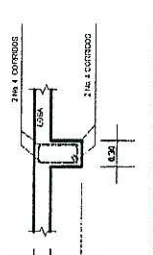
SECCION Q-Q' DE VIGA V6
ESCALA: 1/50



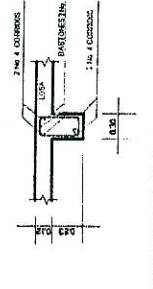
SECCION R-R' DE VIGA V6
ESCALA: 1/50



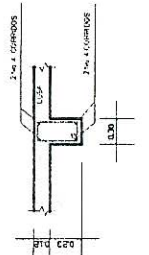
SECCION S-S' DE VIGA V7
ESCALA: 1/50



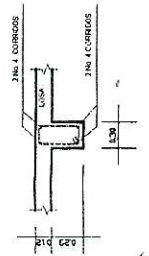
SECCION T-T' DE VIGA V7
ESCALA: 1/50



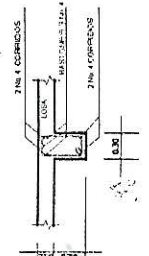
SECCION U-U' DE VIGA V7
ESCALA: 1/50



SECCION V-V' DE VIGA V8
ESCALA: 1/50



SECCION W-W' DE VIGA V8
ESCALA: 1/50



SECCION X-X' DE VIGA V8
ESCALA: 1/50



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
CURSO NACIONAL DE ESPECIALIZACION EN INGENIERIA DEL PUEBLO DE TIERRA DEL DEPARTAMENTO DE ESQUINTLA

PROYECTO:
EDIFICIO ESCOLAR EN EL CANTON SAN ANTONIO DEL PUEBLO DE TIERRA DEL DEPARTAMENTO DE ESQUINTLA

OPASO, ABOGADO
DIBUJO, ABOGADO
CALIFICACION, ABOGADO

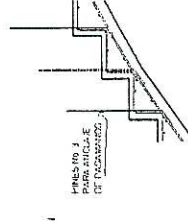
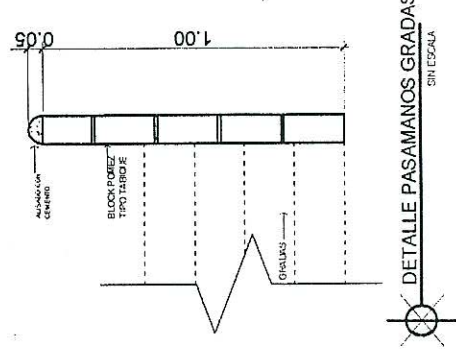
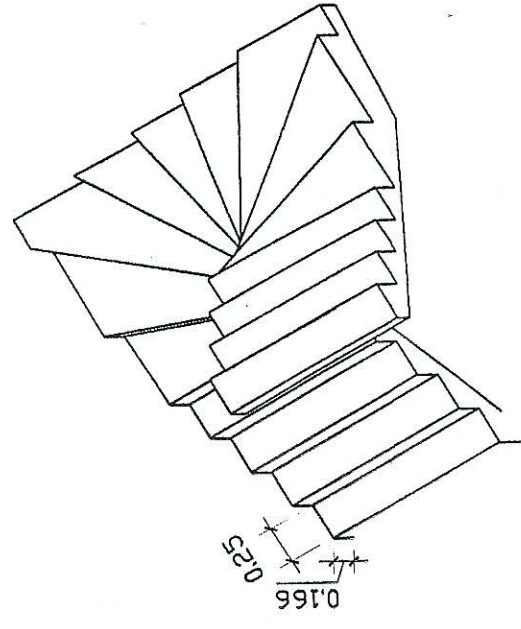
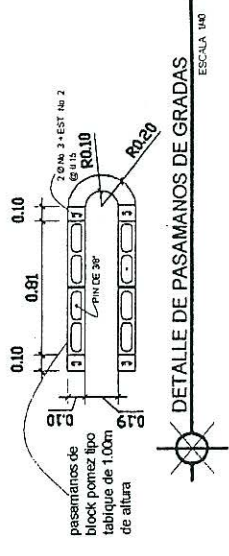
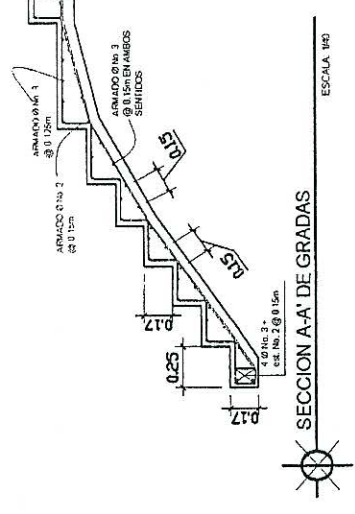
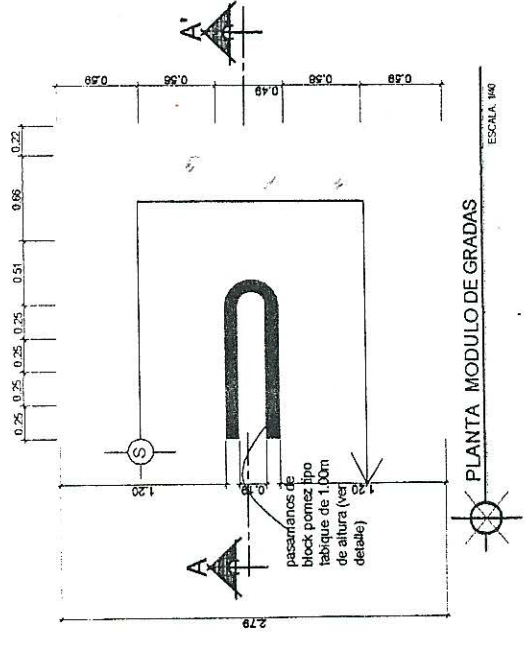
SECCIONES DE VIGAS

TIPO DE PROYECTO
ESCALA
FOCION

FECHA
N
D
C

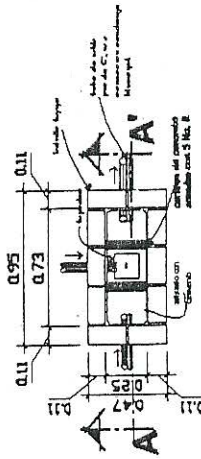
8/A

0.0000

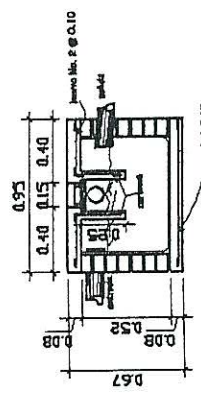


UNIVERSIDAD DE SAN
CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
CARRANZA, 10007-VIQUES

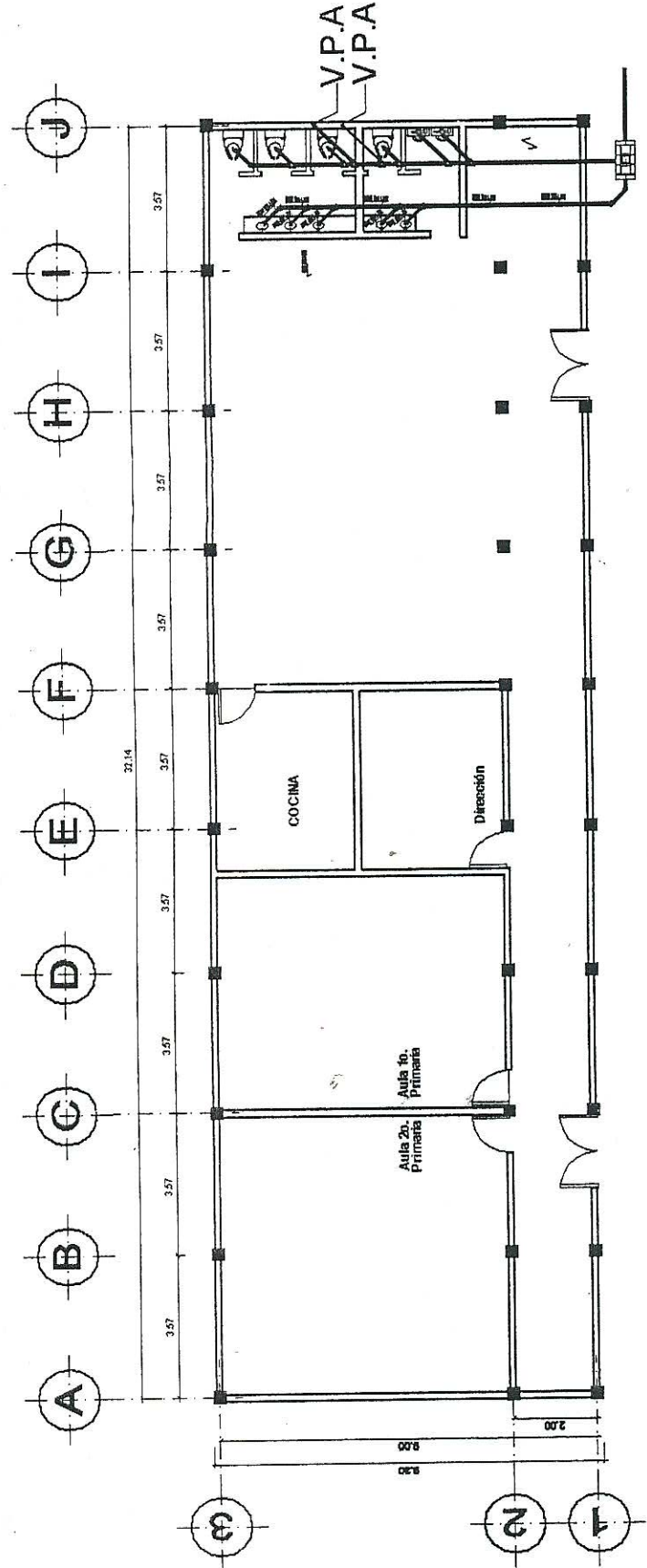
PROYECTO: EDIFICIO ESCOLAR EN ALDEA SAN ANTONIO DEL MUNICIPIO DEL PUERTO DE VAJAY, DEPARTAMENTO DE ESCUINTLA.			TITULO: 9/A		
DISEÑO: ALDO CRUZ DIBUJO: ALDO CRUZ CALIFICACION: CALIFICADO			INSTITUCION: GRADUADO		
ESCALA: 1:50			FECHA: 15/03/2018		
CARRANZA, 10007-VIQUES			GUATEMALA		



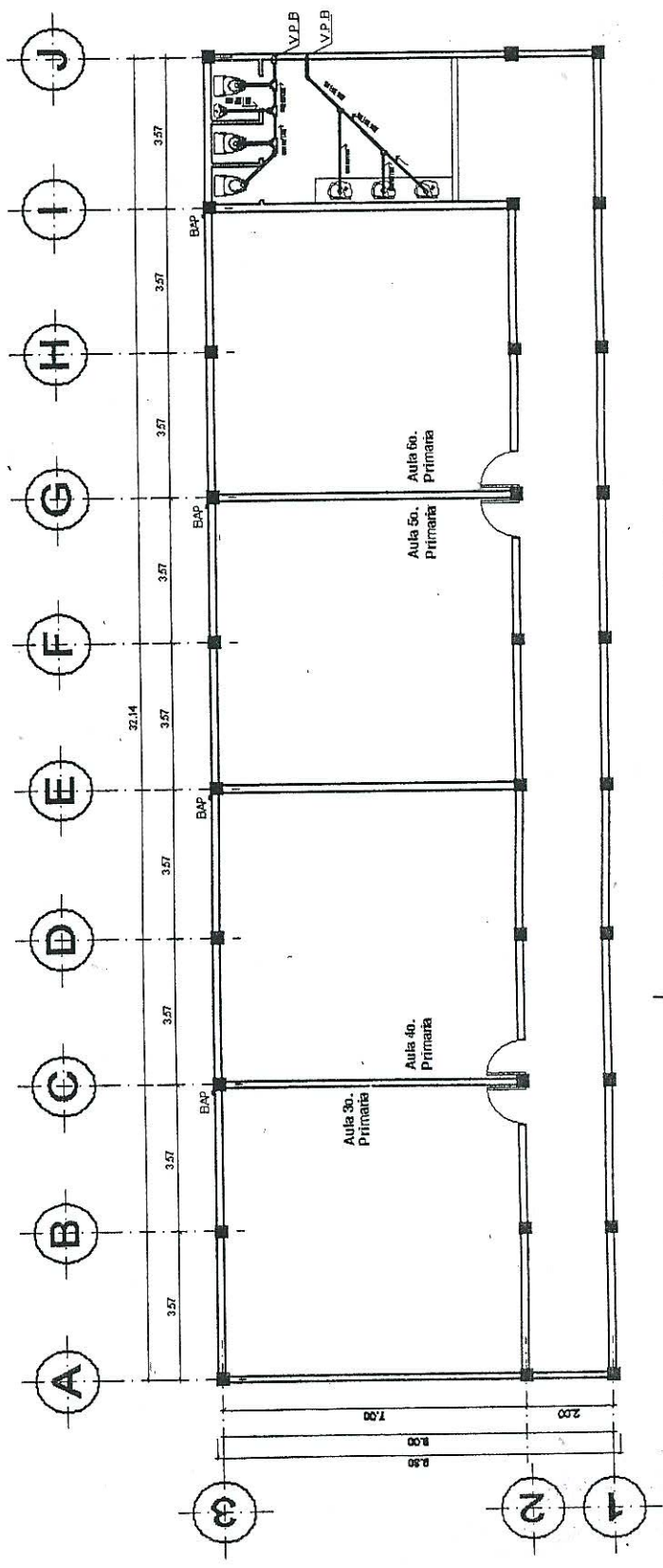
PLANTA CAJA TRAMPA DE GRASA
ESCALA 1:50



SECCION A-A' DE CAJA TRAMPA DE GRASA
ESCALA 1:50



PLANTA DE DRENAJES - PLANTA BAJA
ESCALA 1:150



PLANTA DE DRENAJES - PLANTA ALTA
ESCALA 1:150

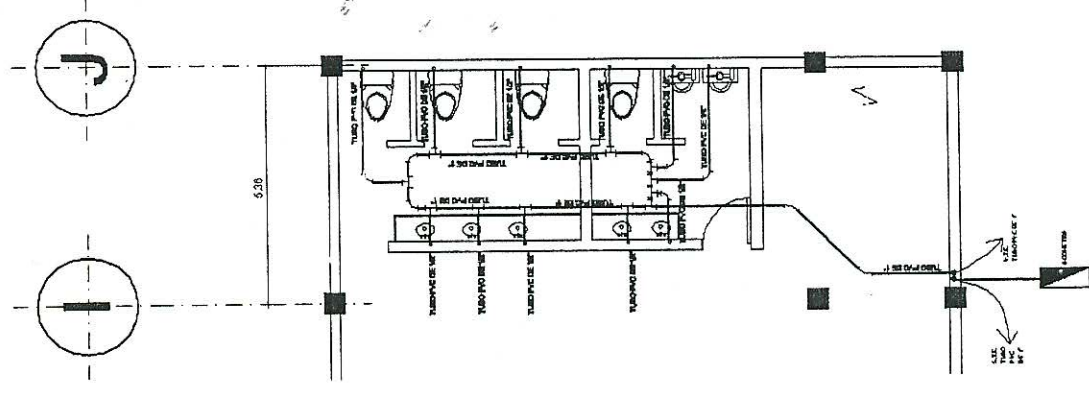
SIMBOLOGIA

- V.P.B INDICA TUBO PVC QUE VA A PLANTA BAJA
- V.P.A INDICA TUBO PVC QUE VIENE DE PLANTA ALTA
- PVC 2% 1% INDICA DIRECCION, DIAMETRO TUBO Y PORCENTAJE DE LA PENDIENTE
- (Indicated by a pipe symbol with a slope triangle)
- (Indicated by a 90-degree elbow symbol)
- INDICA CODO A 90° HORIZONTAL
- INDICA CODO A 90° DE VERTICAL
- INDICA REDUCIDOR DE 3" x 2"
- INDICA CODO PVC A 45°
- INDICA TEE PVC HORIZONTAL
- INDICA TUBO PVC PARA DRENAJES (DE Ø 2", 3" Y 4")



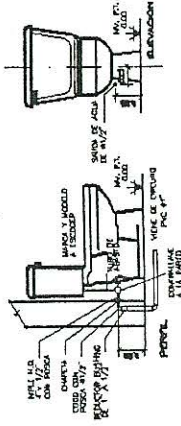
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

PROYECTO: EDIFICIO ESCOLAR EN AYUDA SOCIAL PARA EL MUNICIPIO DEL PUERTO DE TIERRA NUEVA DEL DEPARTAMENTO DE ESCUQUILA	TIPO DE PROYECTO: ESCALA: 1:50	FECHA: 10/04	AUTOR: N. D. C. [Signature]
CONTRATO: PLANTA DE DRENAJES		OBRERO: [Signature]	



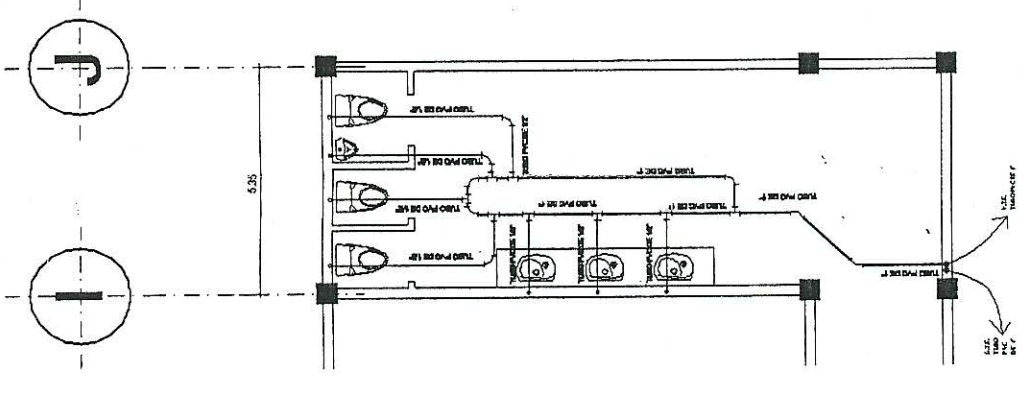
PLANTA HIDRAULICA - PLANTA BAJA

ESCALA 1/100



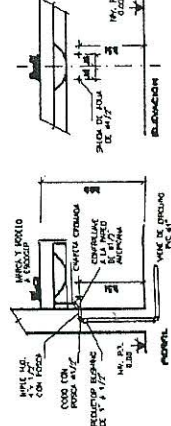
DETALLE INSTALACION HIDRAULICA INODORO

ESCALA 1/50



PLANTA HIDRAULICA - PLANTA ALTA

ESCALA 1/100



DETALLE INSTALACION HIDRAULICA LAVAMANOS

ESCALA 1/50

SIMBOLOGIA

- V.T.E.
 - S.T.E.
- INDICA CODO A 90° DE HORIZONTAL
 INDICA CODO A 90° DE VERTICAL
 INDICA REDUCIDOR DE 1" x 1/2"
 INDICA CODO PVC A 45°
 INDICA TUBO PVC DE 1/2"
 INDICA TUBO PVC DE 1"

ESPECIFICACIONES TECNICAS

LA TUBERIA A UTILIZAR SERA PVC PARA AGUA POTABLE, LA CUAL DEBERA SOPORTAR COMO MINIMO UNA PRESION DE 160 PSI.

LOS ACCESORIOS DEBERAN SOPORTAR COMO MINIMO UNA PRESION DE 160 PSI.

LA TUBERIA DEBERA CUMPLIR LA NORMA ASTM 2241-00 PARA AGUA POTABLE. LOS ACCESORIOS DEBERAN CUMPLIR CON LA NORMA ASTM 2466-90 PARA AGUA POTABLE.

TODA LA INSTALACION DE TUBERIA SE DEBERA PROBAR A SU RESISTENCIA SOMETIENDOLA A UNA PRESION INTERNA POR AGUA ANTES DE RELLENAR LAS ZANJAS.

TODOS LOS DIAMETROS DE TUBERIA SE ENCUENTRAN INDICADOS EN LOS PLANOS. LOS CUALES DEBERAN SER RESPETADOS (EN CASO DE CAMBIOS INDICAR AL SUPERVISOR).

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

TITULO: PROYECTO DE TUBERIA PARA EL ABASTECIMIENTO DEL PUERTO DE TETENAL, DEPARTAMENTO DE ESCUINTLA.

ASIGNATURA: HIDRAULICA

PROFESOR: MARIO CRUZ

ALUMNO: MARIO CRUZ

FECHA: 15/05/2024

PROFESOR: MARIO CRUZ

ALUMNO: MARIO CRUZ

NOVA

11/A

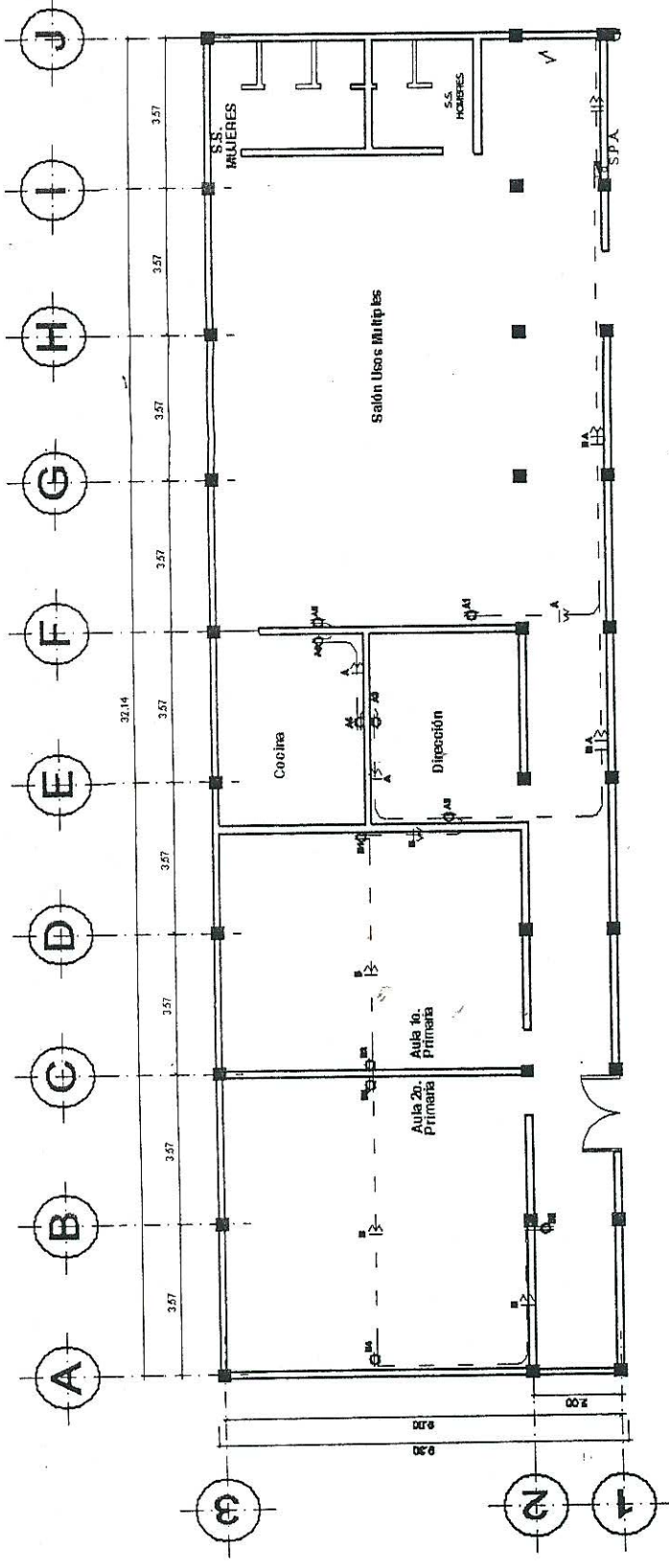
1

2

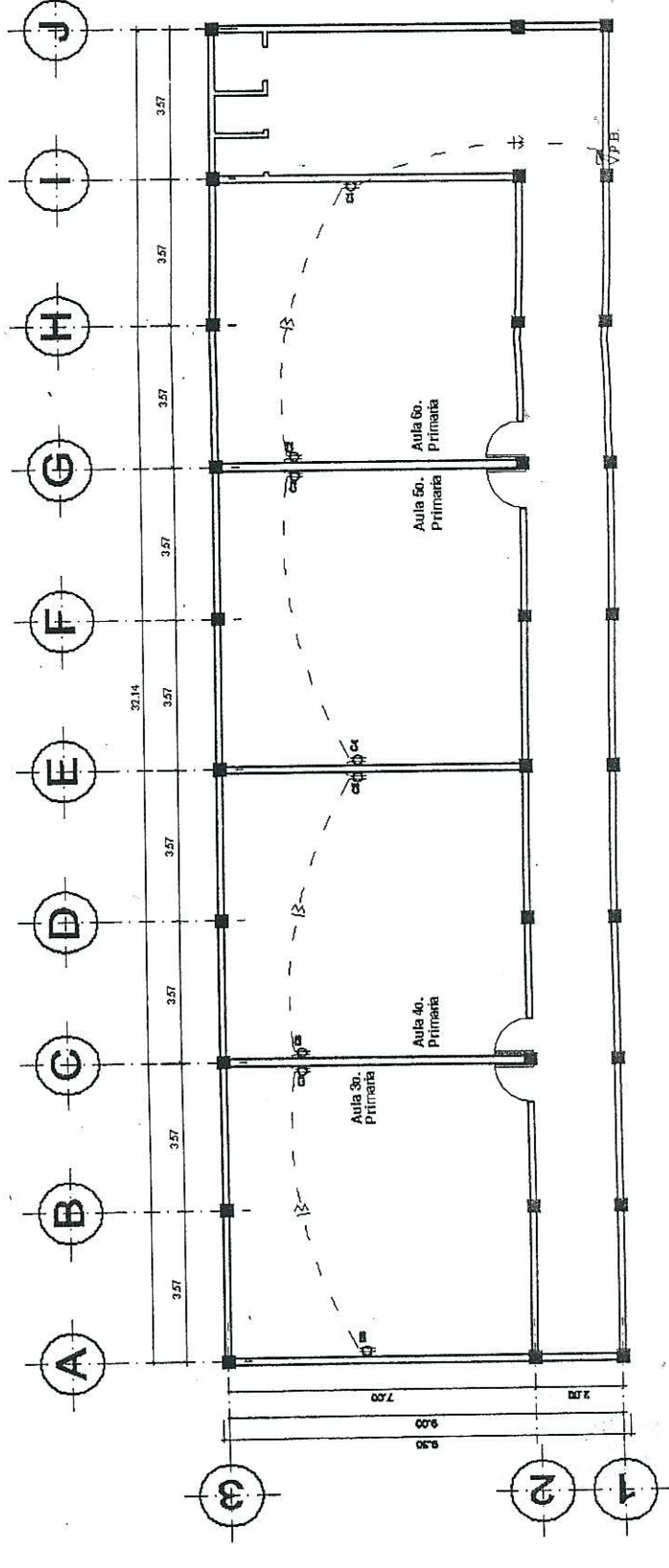
3

4

5




PLANTA DE FUERZA- PLANTA BAJA
ESCALA 1/150



PLANTA DE FUERZA- PLANTA ALTA
ESCALA 1/150

- SIMBOLOGIA**
- S.P.A INDICA DUCTO QUE SUBE A PLANTA ALTA
 - V.P.B INDICA DUCTO QUE VIENE DE PLANTA BAJA
 - INDICA CONDUCTOR NEUTRO CAL 12
 - INDICA TOMA CORRIENTE 110V
 - INDICA CONDUCTOR POSITIVO CAL 12
 - INDICA TABLERO DE CIRCUITOS
 - INDICA CONTADOR
 - INDICA TIPO DE CIRCUITO
 - INDICA TUBERIA EN PISO O AEREA



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
CARRERA DE INGENIERIA EN ELECTRICIDAD

TITULO: PROYECTO DE PLANTA DE FUERZA EN ALDEA SAN MARTIN MUNICIPIO DEL PUERTO DE TIERRA DEL DEPARTAMENTO DE ESCUATULA.

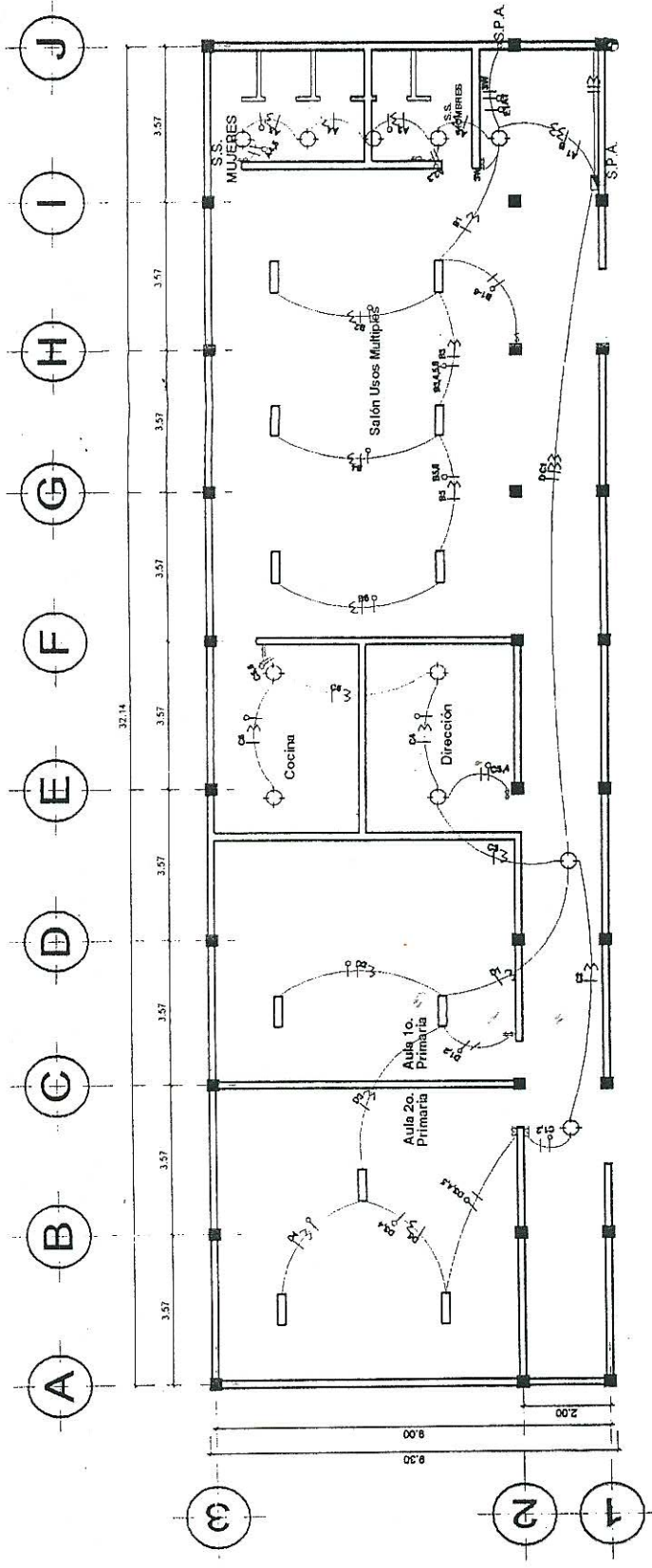
ESCALA: 1/150

PROYECTO: PLANTA DE FUERZA

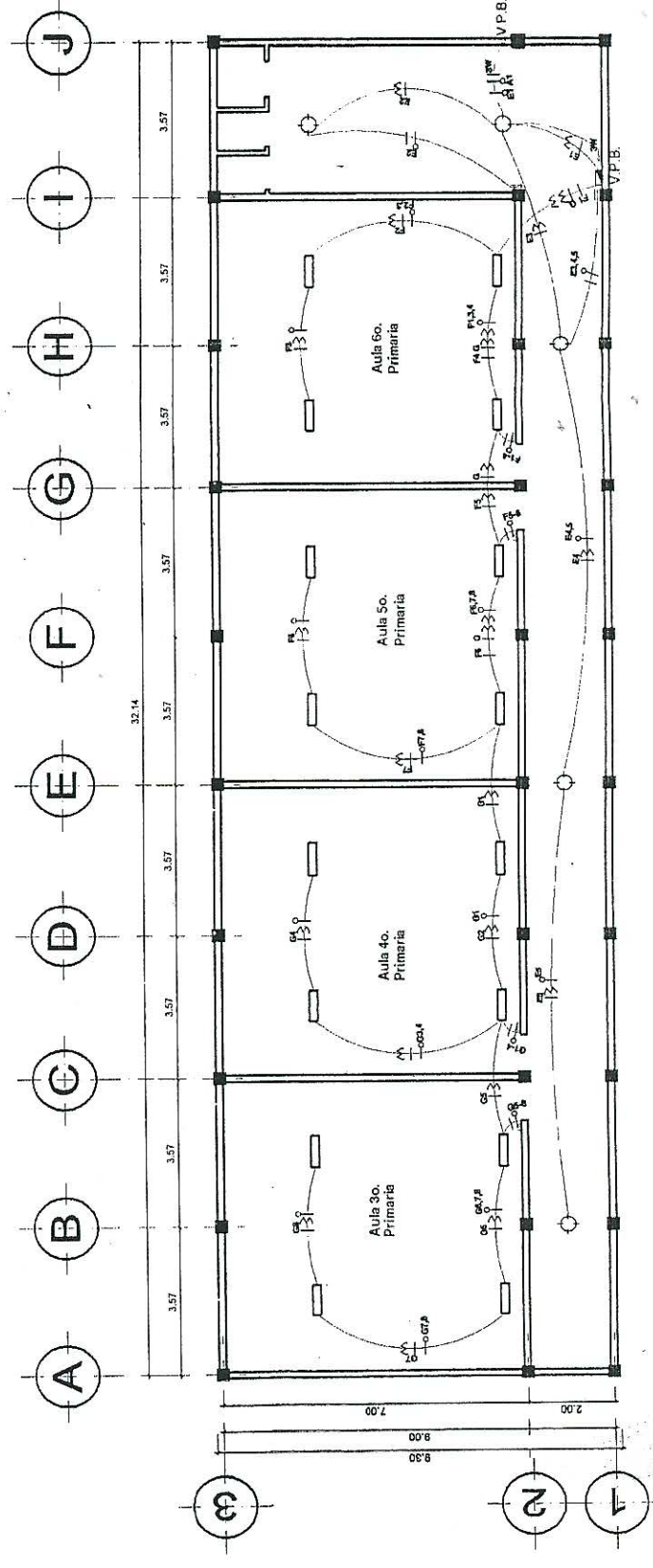
FECHA: 15/05/2012

PROYECTISTA: JUAN CARLOS VILLALBA

PROFESOR: JUAN CARLOS VILLALBA



PLANTA DE ILUMINACION - PLANTA BAJA
ESCALA: 1:150



PLANTA ILUMINACION - PLANTA ALTA
ESCALA: 1:150

SIMBOLOGIA

- S.P.A. INDICA DUCTO QUE SUBE A PLANTA ALTA
- V.P.B. INDICA DUCTO QUE VIENE DE PLANTA BAJA
- INDICA CONDUCTOR NEUTRO CAL 12
- INDICA TOMACORRIENTE 110V
- INDICA CONDUCTOR POSITIVO CAL 12
- INDICA TABLERO DE CIRCUITOS
- INDICA CONTADOR
- INDICA TIPO DE CIRCUITO
- INDICA TUBERIA EN PISO O AEREA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
ALDO ANTONIO CORTIJO GARCIA CARRERA 10009-01040

PROYECTO: EDIFICIO ESCOLAR EN AVDA. SAN MARÍA MUNICIPIO DEL PUERTO DE TIERRA NUEVA, DEPARTAMENTO DE ESCUINTLA.

PROFESOR: REYES, J. J. GONZALEZ

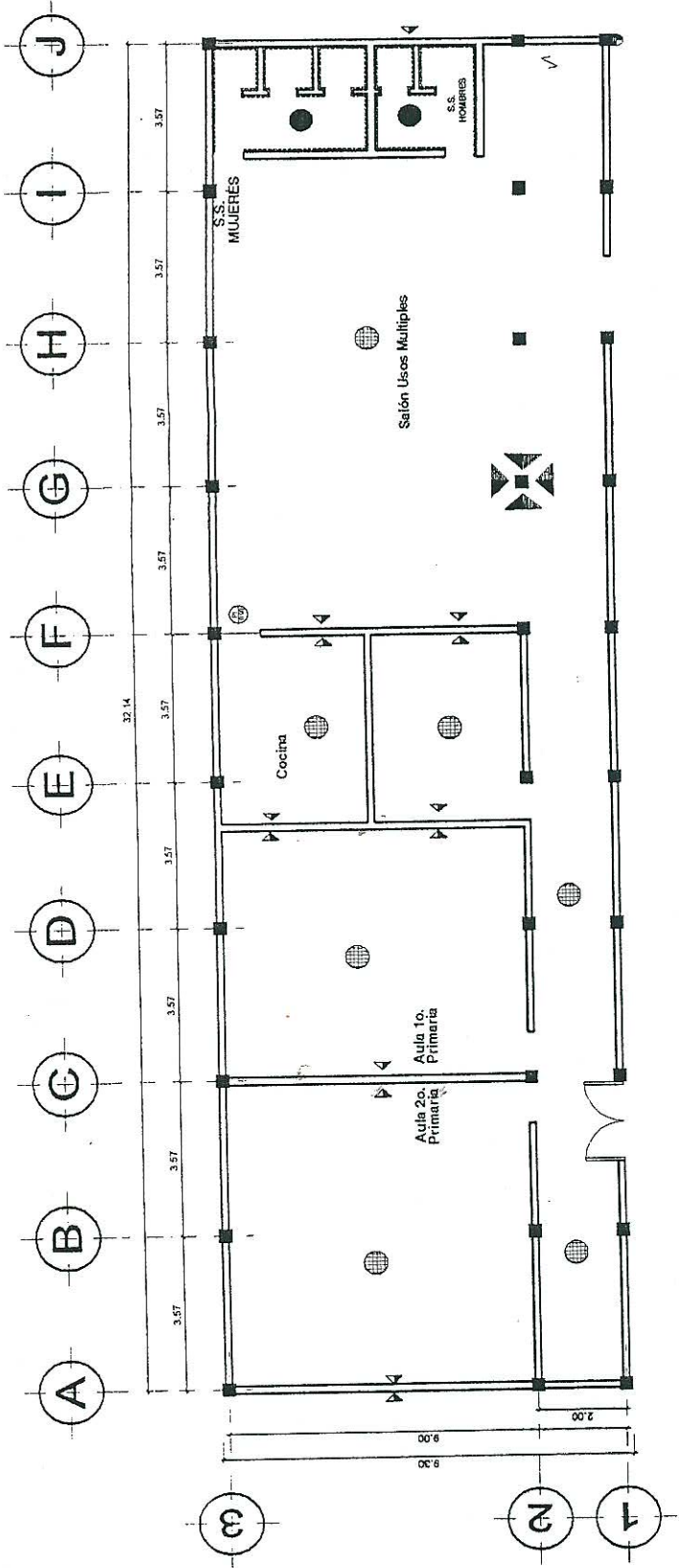
PROYECTANTE: REYES, J. J. GONZALEZ

COPIAS: 10

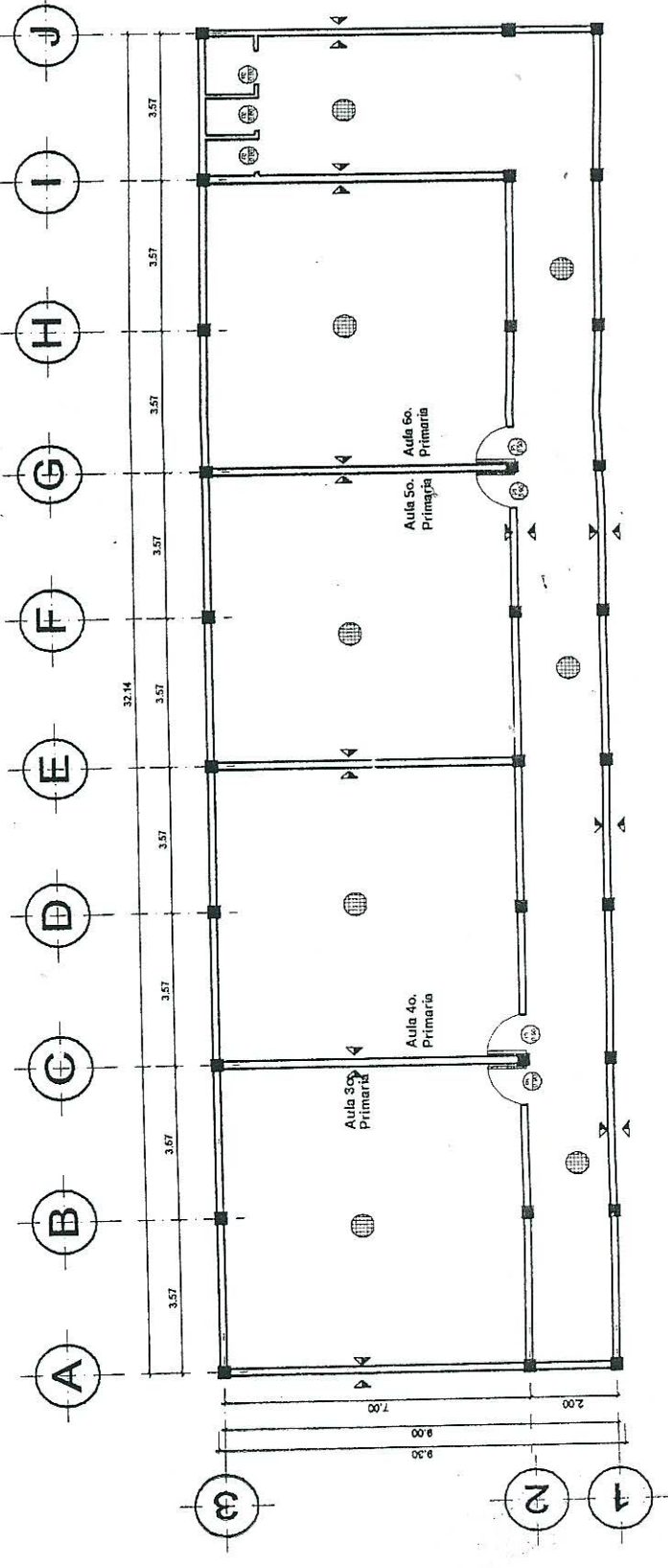
FECHA: 10/05/2011

HOJA: 1

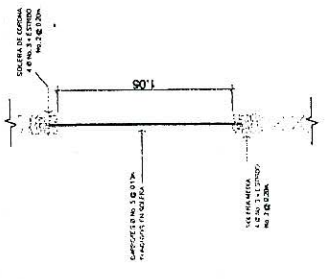
TITULO: PLANTA DE ILUMINACION



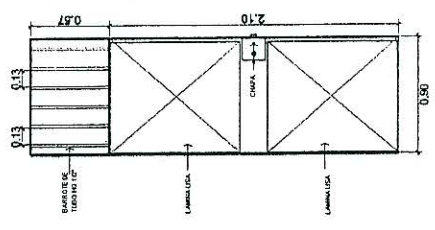
PLANTA DE ACABADOS - PLANTA BAJA
ESCALA: 1/150



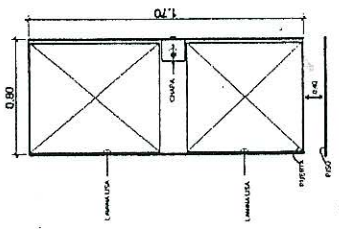
PLANTA DE ACABADOS - PLANTA ALTA
ESCALA: 1/150



DETALLE DE BARROTES EN VENTANAS
ESCALA: 1/50



DETALLE PUERTA TIPO P1
ESCALA: 1/50



DETALLE PUERTA TIPO P2
ESCALA: 1/50

SIMBOLO	SIGNIFICADO
●	Acabado en piso inferior, alizado de cemento
▲	Acabado en muros, cemento-aguacapa labor. (en todas las paredes)
○	Tipo de puerta
△	Ancho de puerta
▲	Acabado en columnas
■	Replido + Cemento. (en todas las columnas)
■	replido + cemento + azulejo en muros.
●	Piso Cerámico antideslizante



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
CURSO ANTONIO CRUJ GARCIA. CARNÉ: 10007-0145

PROYECTO:
EDIFICIO ESCOLAR EN ALDEA SANTA MARÍA, MUNICIPIO DEL PUERTO DE VIEJO, DEPARTAMENTO DE ESCUINTLA.

PROFESOR:
ANTONIO CRUJ GARCIA

PLANTA DE ACABADOS

ESCALA: 1/150	ESCALA: 1/50
1	2
3	4
5	6
7	8
9	10