

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR BOMBEO  
PARA EL CASERÍO LA ILUSIÓN Y EDIFICACIÓN DE TRES NIVELES PARA EL CENTRO  
DE FORMACIÓN, CAPACITACIÓN Y USOS MÚLTIPLES “OXLAJÚJ AJ”,  
MUNICIPIO DE SOLOLÁ, SOLOLÁ**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**NATHALIE ANDREA MORÁN VALDEZ**  
ASESORADO POR EL ING. JUAN MERCK COS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERA CIVIL**

GUATEMALA, JULIO DE 2013



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

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

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
EXAMINADOR	Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
EXAMINADOR	Ing. Juan Merck Cos
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

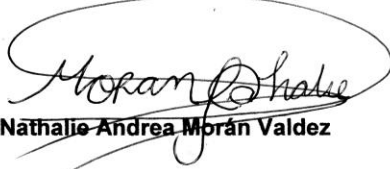


**HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

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 POR BOMBEO  
PARA EL CASERÍO LA ILUSIÓN Y EDIFICACIÓN DE TRES NIVELES PARA EL CENTRO  
DE FORMACIÓN, CAPACITACIÓN Y USOS MÚLTIPLES "OXLAJÚJ AJ",  
MUNICIPIO DE SOLOLÁ, SOLOLÁ**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil,  
con fecha 2 de agosto de 2012

  
**Nathalie Andrea Morán Valdez**



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIDAD DE EPS

Guatemala, 21 de enero de 2015  
Ref:EPS.DOC.72.01.13

Ing. Sigrún Aitza Calderón de León  
Directora Unidad de EPS  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimada Ingeniera Calderón de León.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), de la estudiante universitaria **Nathalie Andrea Morán Valdez** con carné No. **200611062**, de la Carrera de Ingeniería Civil, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **"DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR BOMBEO PARA EL CASERÍO LA ILUSIÓN Y EDIFICACIÓN DE TRES NIVELES PARA EL CENTRO DE FORMACIÓN, CAPACITACIÓN Y USOS MÚLTIPLES OXLAJUJ AJ, MUNICIPIO DE SOLOLÁ, SOLOLÁ"**.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Juan Merck Cos  
Asesor Supervisor de EPS  
Área de Ingeniería Civil



c.c. Archivo  
JMC/ra







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



Guatemala,  
24 de enero de 2013

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


Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR BOMBEO PARA EL CASERÍO LA ILUSIÓN Y EDIFICACIÓN DE TRES NIVELES PARA EL CENTRO DE FORMACIÓN, CAPACITACIÓN Y USOS MÚLTIPLES OXLAJÚ AJ, MUNICIPIO DE SOLOLÁ, SOLOLÁ**, desarrollado por la estudiante de Ingeniería Civil Nathalie Andrea Morán Valdez, quien contó con la asesoría del Ing. Juan Merck Cos.

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.

Más de 130<sup>Años</sup> de Trabajo Académico y Mejora Continua







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

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



Guatemala,  
17 de abril de 2013

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

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR BOMBEO PARA EL CASERÍO LA ILUSIÓN Y EDIFICACIÓN DE TRES NIVELES PARA EL CENTRO DE FORMACIÓN, CAPACITACIÓN Y USOS MÚLTIPLES OXLAJÚJ AJ, MUNICIPIO DE SOLOLÁ, SOLOLÁ**, desarrollado por la estudiante de Ingeniería Civil Nathalie Andrea Morán Valdez, quien contó con la asesoría del Ing. Juan Merck Cos.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

  
Ing. Ronald Estuardo Galindo-Cabrera  
Jefe del Departamento de Estructuras



FACULTAD DE INGENIERIA  
DEPARTAMENTO  
DE  
ESTRUCTURAS  
USAC

/bbdeb.

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





UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIDAD DE EPS

Guatemala, 15 de mayo de 2013  
Ref.EPS.D.374.05.13

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

Estimado Ingeniero Montenegro Franco.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR BOMBEO PARA EL CASERÍO LA ILUSIÓN Y EDIFICACIÓN DE TRES NIVELES PARA EL CENTRO DE FORMACIÓN, CAPACITACIÓN Y USOS MÚLTIPLES OXLAJÚJ AJ, MUNICIPIO DE SOLOLÁ, SOLOLÁ"** que fue desarrollado por la estudiante universitaria **Nathalie Andrea Morán Valdez**, quien fue debidamente asesorada y supervisada por el Ing. Juan Merck Cos.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,  
"Id y Enseñad a Todos"

  
Inga. Sigrid Alitza Calderón de León, De León  
Directora Unidad de EPS  
DIRECCION  
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS  
Facultad de Ingeniería

SACdL/ra





**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

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

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



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Juan Merck Cos y de la Coordinadora de E.P.S. Inga. Sigrid Alitza Calderón de León De de León, al trabajo de graduación de la estudiante Nathalie Andrea Morán Valdez, titulado DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR BOMBEO PARA EL CASERÍO LA ILUSIÓN Y EDIFICACIÓN DE TRES NIVELES PARA EL CENTRO DE FORMACIÓN, CAPACITACIÓN Y USOS MÚLTIPLES "OXLAJAJ AJ", MUNICIPIO DE SOLOLÁ, SOLOLÁ, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

  
Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, julio 2013

/bbdeb.

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua







Universidad de San Carlos  
de Guatemala



Facultad de Ingeniería  
Decanato

DTG. 501.2013

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 POR BOMBEO PARA EL CASERÍO LA ILUSIÓN Y EDIFICACIÓN DE TRES NIVELES PARA EL CENTRO DE FORMACIÓN, CAPACITACIÓN Y USOS MÚLTIPLES "OXLAJÚJ AJ", MUNICIPIO DE SOLOLÁ, SOLOLÁ**, presentado por la estudiante universitaria: **Nathalie Andrea Morán Valdez**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

  
Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  
Decano

Guatemala, 16 de julio de 2013

/gdech





## **ACTO QUE DEDICO A:**

- Dios** Por acompañarme todos los días de mi vida, darme la sabiduría, conocimiento e inteligencia.
- Mis padres** Eva de Morán y Mario René Morán López, por ser mi fortaleza, mi motivación, mi luz y ejemplo de lucha y perseverancia en el largo camino de la vida, por brindarme ese apoyo incondicional. Los amo.
- Mis hermanas** Alexandra Morán de Cepko y María Rene Morán, por ser las mejores amigas que puedo tener. Por confiar en mí siempre.
- Mi sobrina** Lea Cepko, por ser esa luz y alegría que iluminó nuestra vida
- Mis abuelos** Por enseñarme que todo es posible si se confía en Dios
- Mi familia** Por enseñarme el valor de la familia, por ser amigos, mis cómplices, muy especialmente a mi prima Nancy Chiquin por todo el apoyo y cariño

Mis amigos

Por estos años compartidos de estudio y alegrías, gracias por brindarme su confianza y esa amistad que hoy compartimos con felicidad a Kimberly Esquivel, Marisela Hernández, Cecilia de León, Julio Linares, Oscar Esquivel, Pablo Bautista, Allan Mejía, Martin Velásquez, a mis amigos de la Facultad de Arquitectura por todos los momentos que pasamos; Martha, Shiomara, Miguel Ángel Calderón, Luis Iriarte, Manuel Antonio Anleu, a los que compartieron el tiempo de EPS conmigo en Sololá; y muy en especial a mi amiga de toda la vida María José Alvarado.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Dios</b>	Por darme la vida y permitirme finalizar la carrera de ingeniería.
<b>Mis padres</b>	Por ser el pilar en mi vida, por los consejos y el apoyo incondicional..
<b>Mis hermanas</b>	Por su apoyo y amor incondicional, por ser mis amigas, mis cómplices.
<b>Ingeniero Juan Merck Cos</b>	Por toda la colaboración y paciencia en la asesoría, revisión y corrección del presente trabajo.
<b>Facultad de Ingeniería</b>	Por brindarme los conocimientos para ser ingeniera civil.
<b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Por haberme dado la oportunidad de estudiar en tan prestigiosa casa de estudios.
<b>Oficina Municipal de Planificación de la Municipalidad de Sololá</b>	Por permitirme desarrollar este trabajo de graduación en su localidad y apoyo brindado, en especial al Director Ingeniero Genaro Umul.



## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO	XVII
RESUMEN	XXI
OBJETIVOS	XXIII
INTRODUCCIÓN	XXV
1. FASE DE INVESTIGACIÓN	1
1.1. Monografía para el caserío La Ilusión	1
1.1.1. Características físicas	1
1.1.1.1. Ubicación y localización	1
1.1.1.2. Colindancias	1
1.1.1.3. Topografía	2
1.1.1.4. Clima	2
1.1.1.5. Tipo de vivienda	3
1.1.1.6. Población y demografía	3
1.1.2. Características de infraestructura	3
1.1.2.1. Vías de acceso	4
1.1.3. Servicios públicos	5
1.1.3.1. Educación	5
1.1.3.2. Salud	6
1.1.3.3. Agua potable	6
1.1.3.4. Drenajes	6
1.1.3.5. Energía eléctrica	6
1.1.4. Características socioeconómicas	7

	1.1.4.1. Origen de la comunidad	7
	1.1.4.2. Actividad económica	8
	1.1.4.3. Idioma y religión	8
1.2.	Diagnóstico sobre necesidades en servicios básicos e infraestructura del caserío La Ilusión	8
	1.2.1. Descripción de necesidades	9
	1.2.2. Evaluación y priorización de necesidades	9
2.	FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL	11
2.1.	Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable por bombeo para el caserío La Ilusión	11
	2.1.1. Descripción del proyecto	11
	2.1.2. Aforos, dotación y tipo de servicio	11
	2.1.3. Tasa de crecimiento poblacional	14
	2.1.4. Período de diseño, población futura	14
	2.1.5. Factores de consumo y caudales	15
	2.1.5.1. Caudal medio diario	15
	2.1.5.2. Caudal máximo diario	16
	2.1.5.3. Caudal máximo horario	17
	2.1.5.4. Caudal de bombeo	18
	2.1.6. Calidad del agua y sus normas	19
	2.1.6.1. Análisis bacteriológico	20
	2.1.6.2. Análisis fisicoquímico	20
	2.1.7. Ecuaciones, coeficientes y diámetros de tubería	21
	2.1.8. Presiones y velocidades	22
	2.1.9. Levantamiento topográfico	22
	2.1.9.1. Planimetría	22
	2.1.9.2. Altimetría	23



2.1.10.	Diseño hidráulico del sistema	23
2.1.10.1.	Captación	24
2.1.10.2.	Línea de impulsión	24
2.1.10.2.1.	Tipos de tubería	26
2.1.10.2.2.	Carga dinámica total	26
2.1.10.2.3.	Sobre presión por golpe de ariete	30
2.1.10.2.4.	Diseño de equipo de bombeo a utilizar	33
2.1.10.3.	Tanque de almacenamiento	35
2.1.10.3.1.	Volumen de almacenamiento	36
2.1.10.3.2.	Diseño estructural del tanque	36
2.1.10.4.	Tanque elevado de distribución de estructura metálica	51
2.1.10.4.1.	Volumen del tanque elevado	53
2.1.10.4.2.	Cubierta del tanque elevado	55
2.1.10.4.3.	Cuerpo del tanque elevado	57
2.1.10.4.4.	Fondo del tanque elevado	58
2.1.10.4.5.	Diseño de paredes del tanque elevado	60

	2.1.10.4.6.	Diseño de la torre	61
	2.1.10.4.7.	Diseño de cimentación	75
	2.1.10.5.	Red de distribución	84
	2.1.10.6.	Sistema de desinfección	91
	2.1.10.7.	Obras de arte	94
	2.1.10.8.	Válvulas	94
	2.1.10.9.	Conexiones prediales	95
	2.1.10.10.	Evaluación de Impacto Ambiental	95
	2.1.10.11.	Elaboración de planos	98
	2.1.10.12.	Elaboración de presupuesto	99
	2.1.10.13.	Programa de operación y mantenimiento	99
	2.1.10.14.	Propuesta de tarifa	101
	2.1.10.15.	Evaluación socioeconómica	104
	2.1.10.15.1.	Valor Presente Neto	104
	2.1.10.15.2.	Tasa Interna de Retorno	107
2.2.	Diseño de edificación de tres niveles para el centro de capacitación, formación y salón de usos múltiples Oxlajuj Aj, Sololá, Sololá		107
2.2.1.	Descripción del proyecto		107
2.2.2.	Descripción del área disponible		108
2.2.3.	Estudio de suelos		108
	2.2.3.1.	Determinación del valor soporte del suelo	108
2.2.4.	Normas para el diseño de edificios		111
	2.2.4.1.	Criterios generales	112

	2.2.4.1.1.	Criterios de conjunto	112
	2.2.4.1.2.	Criterios de iluminación	112
	2.2.4.1.3.	Otros criterios	113
2.2.5.		Diseño arquitectónico	113
	2.2.5.1.	Ubicación del edificio en el terreno	114
	2.2.5.2.	Distribución de ambientes	114
	2.2.5.3.	Alturas de edificio	115
2.2.6.		Selección del sistema estructural a utilizar	115
	2.2.6.1.	Predimensionamiento de elementos estructurales	115
	2.2.6.2.	Cargas de diseño	121
	2.2.6.2.1.	Cargas verticales en marcos dúctiles en nudos rígidos	121
	2.2.6.2.2.	Cargas horizontales en marcos dúctiles en nudos rígidos	142
	2.2.6.3.	Modelos matemáticos para marcos dúctiles en nudos rígidos	155
	2.2.6.4.	Análisis de marcos dúctiles por medio de un método de análisis estructural numérico y comprobación por medio de software	157
	2.2.6.5.	Envolvente de momentos	160
	2.2.6.6.	Diagrama de corte y momento	163

2.2.6.7.	Diseño de losas	165
2.2.6.8.	Diseño de vigas	177
2.2.6.9.	Diseño de columnas	187
2.2.6.10.	Diseño de gradas	210
2.2.6.11.	Diseño de cimientos	214
2.2.7.	Instalaciones	252
2.2.7.1.	Agua potable	252
2.2.7.2.	Drenajes	256
2.2.7.3.	Electricidad	258
2.2.8.	Elaboración de planos	259
2.2.9.	Elaboración de presupuesto	261
2.2.10.	Evaluación de Impacto Ambiental	261
CONCLUSIONES		265
RECOMENDACIONES		267
BIBLIOGRAFÍA		269
APÉNDICES		271
ANEXOS		357

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Macrolocalización del departamento de Sololá	4
2.	Rutas de acceso al departamento de Sololá	4
3.	Ubicación del caserío La Ilusión	5
4.	Longitud de línea de conducción	28
5.	Armado de losa de tanque de almacenamiento	42
6.	Dimensiones del muro	43
7.	Distribución de cargas de muro de tanque de almacenamiento	47
8.	Esquema y dimensiones de tanque elevado	56
9.	Perspectiva de la torre	64
10.	Distribución de fuerza de sismo	66
11.	Momento de sismo	66
12.	Sumatoria de fuerzas	67
13.	Línea de tiempo	106
14.	Planta arquitectónica	116
15.	Área tributaria columna crítica	118
16.	Carga muerta y carga viva; sentido X, marco C	141
17.	Carga muerta y carga viva; sentido X, marco 2	142
18.	Distribución de fuerzas por nivel	154
19.	Distribución de fuerzas por marco; eje x	156
20.	Distribución de fuerzas por marco; eje y	156
21.	Envolvente de momentos en vigas sentido X (kg-m)	161
22.	Envolvente de momentos en vigas sentido Y (kg-m)	161
23.	Envolvente de momentos en columnas sentido X (kg-m)	162

24.	Envolvente de momentos en columnas sentido Y (kg-m)	162
25.	Diagrama de corte en vigas sentido X (kg)	163
26.	Diagrama de corte en vigas sentido Y (kg)	164
27.	Diagrama de corte en columnas sentido X (kg)	164
28.	Diagrama de corte en columnas sentido Y (kg)	165
29.	Losa Nivel 1	166
30.	Diagrama de momentos losa Nivel 1	168
31.	Balance de momentos M1 y M2	172
32.	Distribución de momentos en losa 2	172
33.	Longitud de acero de refuerzo	176
34.	Distribución de acero de refuerzo con bastón intercalado	177
35.	Dimensiones propuestas para viga	178
36.	Diagrama de momentos últimos en viga, eje 2	179
37.	Corte de concreto vs corte actuante	183
38.	Armado final de viga, Eje 2: viga A-B	185
39.	Sección de vigas, Eje 2: viga A-B	186
40.	Valores obtenidos en el diagrama de interacción	205
41.	Elevación de columna A-1	209
42.	Planta módulo de gradas	211
43.	Armado de gradas	214
44.	Armado final zapata concéntrica	227
45.	Distribución de cargas en zapatas combinadas	229
46.	Distancia entre columnas para zapatas combinadas	230
47.	Diagrama de cuerpo libre	233
48.	Presiones sobre el terreno	234
49.	Presiones en las esquinas de la zapata	235
50.	Presiones del suelo y cimiento	236
51.	Presión de carga última de diseño	237
52.	Presión última bajo el cimiento	238

53.	Presión última por metro lineal	239
54.	Diagrama de corte y momento	241
55.	Vigas transversales	245
56.	Cálculo de corte simple	246
57.	Diseño por flexión	247
58.	Armado final zapata combinada	250
59.	Detalle de armado de cimiento tradicional	251
60.	Detalle de armado de cimiento trapezoidal	251

## TABLAS

I.	Población y demografía caserío La Ilusión	3
II.	Aforo de la fuente	12
III.	Cálculo de momento final para muro de tanque	47
IV.	Alturas o espesores mínimos de vigas no preesforzadas	117
V.	Valores de carga viva para diferentes clasificaciones de ocupación	122
VI.	Casos y coeficientes respectivos de losas	167
VII.	Momentos en losa Nivel 1	169
VIII.	Fórmulas para balanceo de momentos	170
IX.	Balanceo de momentos sentido X	171
X.	Balanceo de momentos sentido Y	172
XI.	Acero requerido para vigas	179
XII.	Rangos de área de acero	206
XIII.	Equivalencias de gastos de tuberías de agua, tomando como unidad la tubería de 1/2" de diámetro, para las mismas condiciones de pérdida de presión y para una presión dada	253
XIV.	Unidades de gasto para el cálculo de las tuberías de distribución de agua en los edificios	255
XV.	Gasto probable para la aplicación del método de Hunter(l/s)	256





## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>B</b>	Ancho del elemento en sección
<b>A</b>	Área
<b>Ag</b>	Área gruesa, área total de la sección
<b>Ap</b>	Área de punzonamiento
<b>As</b>	Área de acero de refuerzo
<b>Asmax</b>	Área de acero máximo permitido
<b>Asmin</b>	Área de acero mínimo permitido
<b>Astemp</b>	Área de acero por temperatura
<b>At</b>	Área tributaria
<b>Av</b>	Área de varilla
<b>Az</b>	Área de zapata
<b>P</b>	Carga aplicada a la columna
<b>Pcr</b>	Carga crítica de pandeo de Euler
<b>P'ux</b>	Carga de resistencia de la columna a una excentricidad ex
<b>P'uy</b>	Carga de resistencia de la columna a una excentricidad ey
<b>P´</b>	Carga de trabajo que actúa en la columna
<b>CM</b>	Carga muerta
<b>CMU</b>	Carga muerta última
<b>P'u</b>	Carga resistente de la columna
<b>CU</b>	Carga última
<b>Pu</b>	Carga última actuante

<b>CV</b>	Carga viva
<b>Qb</b>	Caudal de bombeo
<b>Q</b>	Caudal en litros por segundo
<b>Qi</b>	Caudal instantáneo
<b>Qmd</b>	Caudal máximo diario
<b>Qmh</b>	Caudal máximo horario
<b>Qm</b>	Caudal medio diario
<b>Qviv</b>	Caudal por vivienda
<b>Cm</b>	Centro de masa
<b>CR</b>	Centro de rigidez
<b>PVC</b>	Cloruro de polivinilo rígido
<b><math>\psi_A</math></b>	Coefficiente que mide el grado de empotramiento a la rotación de una columna en su extremo superior
<b><math>\psi_B</math></b>	Coefficiente que mide el grado de empotramiento a la rotación de una columna en su extremo inferior
<b><math>\psi_P</math></b>	Coefficiente promedio mide el grado de empotramiento ala rotación
<b>Kx</b>	Coefficiente tomado del diagrama de interacción para el sentido X
<b>Ky</b>	Coefficiente tomado del diagrama de interacción para el sentido Y
<b>Vmax</b>	Corte máximo actuante
<b><math>\emptyset</math></b>	Diámetro de la tubería
<b>Di</b>	Distancia del centro de rigidez al eje del marco rígido considerado.
<b>E</b>	Esbeltez de columna
<b>S</b>	Espaciamiento del acero de refuerzo
<b>Smin</b>	Espaciamiento mínimo del acero de refuerzo por cortante

<b>e</b>	Excentricidad
<b>ex</b>	Excentricidad en el sentido X
<b>ey</b>	Excentricidad en el sentido Y
<b>Fcu</b>	Factor de carga última
<b>FDM</b>	Factor de día máximo
<b>βd</b>	Factor de flujo plástico del concreto
<b>FHM</b>	Factor de hora máximo
<b>K</b>	Factor de pandeo de la columna
<b>Φ</b>	Factor de reducción de resistencia
<b>Ft</b>	Fuerza de techo
<b>VA</b>	Fuerza cortante factorizada actuante
<b>Vc</b>	Fuerza cortante factorizada actuando en columnas
<b>ni</b>	Fuerza por nivel, en el nivel i
<b>GA</b>	Golpe de ariete
<b>HG</b>	Hierro galvanizado
<b>ACI</b>	Instituto Americano del Concreto
<b>IGN</b>	Instituto Geográfico Nacional
<b>INE</b>	Instituto Nacional de Estadística
<b>PSI</b>	Libras por pulgada cuadrada
<b>L/hab/día</b>	Litros habitante día
<b>lts/s (lt/s)</b>	Litros por segundo
<b>L</b>	Longitud del elemento
<b>Lo</b>	Longitud de confinamiento
<b>Lu</b>	Longitud libre de pandeo de la columna
<b>Ln</b>	Longitud no soportada del estribo
<b>δ</b>	Magnificador de momentos
<b>m.c.a.</b>	Metros columna de agua
<b>Sx</b>	Módulo de sección en el sentido X
<b>Sy</b>	Módulo de sección en el sentido Y

<b>M</b>	Momento
<b>Md</b>	Momento de diseño magnificado
<b>Mdx</b>	Momento de diseño magnificado en el sentido X
<b>Mdy</b>	Momento de diseño magnificado en el sentido Y
<b>M'x</b>	Momento de trabajo que actúa en el sentido X
<b>M'y</b>	Momento de trabajo que actúa en el sentido Y
<b>M(-)</b>	Momento negativo
<b>M(+)</b>	Momento positivo
<b>Mx</b>	Momento último actuante en el sentido X
<b>My</b>	Momento último actuante en el sentido Y
<b>Es</b>	Módulo de elasticidad del acero
<b>Ec</b>	Módulo de elasticidad del concreto
<b>h</b>	Peralte total del elemento
<b>Hf</b>	Pérdida por fricción en la tubería
<b>Pviga</b>	Peso de viga
<b>Pcim</b>	Peso del cimiento
<b>Psuelo</b>	Peso del suelo sobre la zapata
<b>W</b>	Peso distribuido
<b>Wc</b>	Peso volumétrico del concreto
<b>pbal</b>	Porcentaje de acero en la falla balanceada
<b>pmax</b>	Porcentaje de acero máximo permitido en un elemento
<b>pmin</b>	Porcentaje de acero mínimo permitido en un elemento
<b>qmax</b>	Presión máxima sobre el suelo
<b>qmin</b>	Presión mínima sobre el suelo
<b>Qu</b>	Presión última sobre el suelo
<b>Q</b>	Presión sobre el suelo
<b>m</b>	Relación entre los claros de la losa
<b>ps</b>	Relación volumétrica del volumen de espiral al volumen total del núcleo de la columna

<b>Vs</b>	Resistencia al esfuerzo cortante proporcionado por el concreto
<b>VR</b>	Resistencia a la compresión del concreto
<b>f'c</b>	Resistencia a la fluencia del acero de refuerzo
<b>fy</b>	Rigidez del elemento
<b>R</b>	Valor soporte del suelo
<b>V</b>	Velocidad en metros por segundo



## GLOSARIO

<b>Acero</b>	Varilla de hierro corrugado utilizado en el concreto reforzado.
<b>Aforo</b>	Proceso de medir la cantidad de agua que lleva una corriente, en una unidad de tiempo.
<b>Agregado</b>	Material inerte, que se mezcla con cemento y agua para producir concreto.
<b>Altimetría</b>	Procedimiento utilizado para definir las diferencias de nivel existentes entre puntos distintos de terreno o construcción.
<b>Azimut</b>	Es el ángulo horizontal de un punto medido en grados respecto del norte, su valor tiene rango de 0° a 360°.
<b>Carga axial</b>	Carga aplicada en el eje longitudinal de un elemento.
<b>Carga muerta</b>	Carga que permanece estática a través del tiempo.
<b>Carga viva</b>	Carga que puede moverse a través del tiempo.

<b>Caudal</b>	Volumen de agua que pasa por determinado elemento en la unidad de tiempo.
<b>Concreto reforzado</b>	Material de construcción que se obtiene de una mezcla cuidadosamente proporcional de cemento, arena, piedra y agua, esto se combina con el refuerzo de acero.
<b>Cota piezométrica</b>	Máxima presión dinámica en cualquier punto de la línea de conducción o en la red de distribución que alcanzará una columna de agua; también es el equivalente a la cota de salida menos la pérdida de carga por fricción que ocurre en la distancia de separación.
<b>Deflexión</b>	Deformación de los elementos estructurales que se presentan en forma de curvatura del eje longitudinal, al ser cargados.
<b>Diseño</b>	Es la fase de trabajo de gabinete, en la que se elabora el proyecto sobre los datos obtenidos en la fase anterior de campo y en la preliminar.
<b>Dotación</b>	Volumen de agua consumida por un habitante en un día.
<b>Esfuerzo</b>	Fuerza por unidad de área.



<b>Estribos</b>	Varillas transversales de hierro que resisten los esfuerzos de corte en el alma de la viga.
<b>Excentricidad</b>	Distancia comprendida entre el centro de masa y el centro de rigidez de una estructura.
<b>Hipoclorador</b>	Es una bomba dosificadora de químicos, que alimenta una solución de hipoclorito de calcio a un sistema de agua potable. La solución es una concentración conocida y la dosificación es ajustada para lograr la dosis deseada.
<b>Hipoclorito de calcio</b>	Es un sólido blanco que se diluye fácilmente en el agua, liberando oxígeno y cloro. Es usado para la desinfección de agua.
<b>Módulo de elasticidad</b>	Relación entre el esfuerzo normal y la correspondiente deformación unitaria del material.
<b>Obras de arte</b>	Toda estructura necesaria para el buen funcionamiento del sistema de abastecimiento de agua potable.
<b>Pérdida de carga</b>	Es el gasto de energía necesario para vencer las resistencias que se oponen al movimiento del agua de un punto a otro, en una sección de tubería.

<b>Presión</b>	Representa a la cantidad de energía gravitacional contenida en el agua.
<b>Viga</b>	Miembros horizontales usados principalmente para soportar cargas.
<b>Zapata</b>	Tipo de cimentación superficial adecuado, cuando el terreno tiene propiedades de soporte, adecuadas.

## RESUMEN

El caserío La Ilusión y el barrio Molino Belén pertenecen al municipio de Sololá, departamento de Sololá, ubicado en el occidente del país. De acuerdo con la investigación, se logró determinar que las necesidades prioritarias de la comunidad están orientadas hacia las áreas de servicios básicos e infraestructura.

Para el caserío La Ilusión se diseñó un sistema de abastecimiento de agua potable por bombeo, contemplando todos los lineamientos básicos contenidos en la guía para el diseño de abastecimiento de agua potable a zonas rurales, proporcionado por el Instituto Nacional de Fomento (INFOM) y para el barrio Molino Belén se diseñaron dos edificios para el centro de formación, capacitación y usos múltiples Oxlajuj Aj para cubrir las necesidades de carácter cultural, educativo, recreativo y, finalmente, promover el desarrollo socioeconómico en función de la participación de sus habitantes.

Con base en los resultados obtenidos se elaboró un juego de planos y presupuesto de cada uno, para la posterior ejecución de los mismos y así poder satisfacer las necesidades de la población.



## **OBJETIVOS**

### **General**

Diseñar el sistema de abastecimiento de agua potable por bombeo para el caserío La Ilusión y dos edificaciones de tres niveles el centro de formación, capacitación y de usos múltiples en el municipio de Sololá.

### **Específicos**

1. Realizar una investigación de carácter monográfico y un diagnóstico de necesidades de servicios básicos, saneamiento e infraestructura del caserío La Ilusión, Sololá.
2. Capacitar a los miembros del COCODE del caserío La Ilusión, sobre aspectos de operación y mantenimiento del sistema de abastecimiento de agua potable.



## INTRODUCCIÓN

El Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) es una práctica que permite la aplicación de los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera, contribuyendo a resolver los problemas o necesidades que la sociedad plantea.

Actualmente el caserío La Ilusión no cuenta con el servicio de agua potable, por lo que los habitantes de dicha aldea se ven en la necesidad de caminar grandes distancias para abastecerse de la misma, haciendo uso de fuentes inadecuadas, por esta razón se decidió el diseño de la captación de tres nacimientos, conducción y distribución y así con este proyecto, garantizar el abastecimiento de agua a la población en todo momento.

Otra necesidad es la carencia de instalaciones adecuadas para la realización de diferentes actividades; por lo que es una incomodidad trabajar al aire libre, especialmente en la realización de talleres de capacitación, eventos especiales, asambleas y otras acciones que promueve el desarrollo de la organización y participación ciudadana.

La situación es preocupante en épocas de invierno y verano, ya que las personas se exponen a riesgos ante inclemencias del tiempo, lo cual disminuye la participación de los comunitarios y como efecto, dificulta el desarrollo de éstos y disminuye el impacto que se espera de los mismos. Por lo que se pretende la construcción del centro de formación, capacitación y de usos múltiples, que cuente con un espacio amplio en donde puedan concurrir las personas, para el desarrollo de diferentes actividades educativas, sociales y organizativas, con instalación de servicios básicos.





# **1. FASE DE INVESTIGACIÓN**

## **1.1. Monografía del caserío La Ilusión**

El nombre de La Ilusión se debe al momento en que la comunidad se separó del cantón Chuiquel Central, para constituirse en caserío, en tal sentido el término La Ilusión significa una persona que piensa de todo o ve hacia lo lejos, pensando en un futuro mejor.

### **1.1.1. Características físicas**

El caserío La Ilusión, cantón Chuiquel, se encuentra en el área oeste del municipio de Sololá.

#### **1.1.1.1. Ubicación y localización**

El caserío La Ilusión, cantón Chuiquel, se encuentra en el área oeste del municipio de Sololá a una distancia de 24 kilómetros de la cabecera municipal. Situada a 2,340 metros sobre el nivel del mar en las coordenadas latitudinales 14° 47' 15" norte y longitudinales 91° 13' 05" oeste (fuente: SIG Manctzolojya', 2009).

#### **1.1.1.2. Colindancias**

El caserío La Ilusión, cantón Chuiquel colinda al norte con el caserío el Acenso y Central Chuiquel, al oeste Los Tablones San José Chacayá, al sur

con el municipio de San José Chacayá y Chuaxic, al este con la comunidad Hierba buena.

### **1.1.1.3. Topografía**

La topografía del caserío La Ilusión es plana, en un 80%, y en general los terrenos son de uso agrícola.

### **1.1.1.4. Clima**

Según la estación meteorológica 190103 del Instituto Nacional de Sismología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH), más cercana denominada Santa María El Tablón, ubicada en coordenadas 14°38'5" de latitud norte, 91°8'26" de longitud oeste, con un elevación de 1,562 mts., el clima generalmente es frío; las condiciones climatológicas más importantes son:

- Altura sobre el nivel del mar 2,260 metros
- Temperatura mínima promedio 8.8°C
- Temperatura media promedio 14.7°C
- Temperatura máxima promedio 20.9°C
- Punto de rocío 10,5 °C
- Humedad 80%
- Nubosidad 5 Octas
- Velocidad de viento 5.9 Km/hora
- Brillo solar 194,00h anuales
- Lluvia 1,745 mm anuales

#### 1.1.1.5. Tipo de vivienda

Las viviendas son construidas en su mayoría con paredes de adobe, techo de lamina galvanizada o tejas y piso de tierra, una mínima cantidad las casas son paredes de block, techo de terraza y piso de granito o cerámico.

#### 1.1.1.6. Población y demografía

Tiene una población actual de 140 habitantes, 65 del género masculino y 75 del género femenino.

Tabla I. **Población y demografía caserío La Ilusión**

<b>Rango de edad</b>	<b>Mujeres</b>	<b>Hombres</b>	<b>TOTAL</b>	<b>%</b>
De 0 a <29 días	2	1	<b>3</b>	2.14
De 29 días a <1 año	5	3	<b>8</b>	5.72
De 1 a < 9 años	9	7	<b>16</b>	11.43
De 9 a < 20 años	18	10	<b>28</b>	20.00
De 20 a < 49 años	34	36	<b>70</b>	50.00
49 o más	7	8	<b>15</b>	10.71
<b>TOTAL</b>	<b>75</b>	<b>65</b>	<b>140</b>	<b>100</b>

Fuente: Centro de Salud, Sololá 2008.

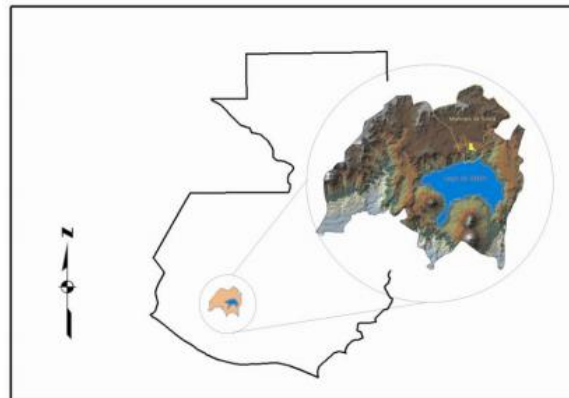
#### 1.1.2. Características de infraestructura

El caserío La Ilusión, cantón Chuiquel se localiza en el departamento de Sololá este departamento tiene diferentes rutas de acceso.

### 1.1.2.1. Vías de acceso

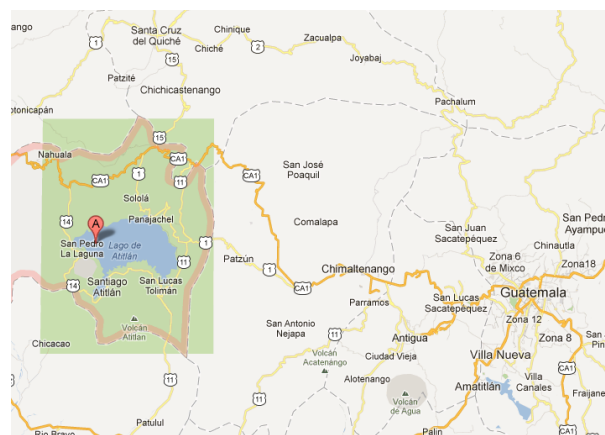
El acceso al departamento de Sololá es por la carretera CA-1.

Figura 1. **Macrolocalización del departamento de Sololá**



Fuente: <http://maps.google.com.gt/maps?q=solola&biw=1024&bih=630&ie=UTF-8&hl=es-419&sa=N&tab=il>. Consulta: diciembre de 2011.

Figura 2. **Rutas de acceso al departamento de Sololá**



Fuente: Municipalidad de Sololá.

Figura 3. **Ubicación del caserío La Ilusión**



Fuente: Instituto Geográfico Nacional (IGN), Mapa Escala 1: 50,000.

#### **1.1.2.1.1. Servicios públicos**

El caserío La Ilusión, cantón Chuquiaguana cuenta con los servicios públicos necesarios, pero los mismos carecen de los recursos materiales para atender las necesidades de la población

#### **1.1.2.1.2. Educación**

Cuenta con un edificio escolar de 6 aulas en el que funciona la escuela Oficial Rural Mixta La Ilusión, que ofrece primaria completa. Debido al incremento de la población estudiantil, el edificio escolar ya no es suficiente, esto crea incomodidad e inseguridad, que distorsionan los procesos de enseñanza y afecta la formación de los niños y niñas.

#### **1.1.2.1.3. Salud**

Actualmente la comunidad cuenta con un centro de convergencia, pero el mismo carece de recursos materiales para atender las necesidades de la población, al mismo tiempo los servicios son limitados, ya que carece de medicamentos, y equipos médicos necesarios para la atención, los cuales son inconvenientes para la población del caserío en caso de enfermedades y emergencias, principalmente a mujeres, niños, niñas y ancianos/as que son los y las que más sufren las consecuencias.

#### **1.1.2.1.4. Agua potable**

Cuentan con sistema de abastecimiento de agua potable pero debido al incremento poblacional dentro de la comunidad, es insuficiente para las familias. El caso es mayor en época de verano, ya que en algunos sectores el agua es muy escasa. Además ya no tiene suficiente capacidad para abastecer a nuevas familias, que requieren el servicio y para ser utilizada en otras actividades del hogar (higiene).

#### **1.1.2.1.5. Drenajes**

Actualmente utilizan un sistema de disposición de excretas, la cobertura es del 47.23%, el cual funciona a través de letrinas.

#### **1.1.2.1.6. Energía eléctrica**

Por el crecimiento de la población, hay familias que no tienen acceso al servicio de energía eléctrica, limitado por la distancia en que se ubican las casas, teniendo en cuenta que la empresa eléctrica, dentro de su

reglamentación, les da el servicio a las familias que se encuentran a menos de cuarenta metros de la red energía eléctrica. Esta carencia obstaculiza las actividades habituales de los pobladores, especialmente en horarios nocturnos y de madrugada.

### **1.1.3. Características socioeconómicas**

El caserío Chuiquel, cuando la comunidad se separó, no tenía nombre, y fue cuando se decidió llamar La Ilusión.

#### **1.1.3.1. Origen de la comunidad**

En 1975 el caserío Chuiquel Central se llamaba Chuik'al; *Chui*, que significa sobre y *K'al* significa "chocoyos". En 1975 cuando la comunidad se separó, no tenía nombre y fue cuando se decidió llamar La Ilusión. En ese entonces aún no se contaba con centro escolar dentro de la comunidad y los niños iban a estudiar a Chuiquel Central. Según el comité provisional no legalizado vio que los niños tenían que caminar muy lejos, en donde cruzaban un puente peligroso. Fue cuando en 1976 luego terremoto, se derrumbó la escuela, quedando destrozado donde los niños llegaban a estudiar. Desde ese entonces definitivamente los niños dejaron de ir a la escuela. Conforme el tiempo se pudo lograr y legalizar el Comité Provisional anterior que se le dio por nombre de Comité Proconstrucción, y fue como se gestionó la construcción de un edificio escolar dentro de la comunidad para beneficio de toda la población del caserío La Ilusión. Con el tiempo se legalizó el COCODE de la comunidad, siendo ellos los gestores de los proyectos que benefician a toda la población del caserío.

### **1.1.3.2. Actividad económica**

La actividad económica predominante es la agrícola, los trabajos artesanales y el comercio.

### **1.1.3.3. Idioma y religión**

El 100% de la población del caserío La Ilusión es de ascendencia maya kaqchiquel. La mayoría es monolingüe, hablante del idioma kaqchiquel, son pocas las personas que hablan el castellano, como segundo idioma.

La espiritualidad y religiosidad de la comunidad se presenta de forma variada, existiendo expresiones enraizadas en la cosmovisión del pueblo maya, representadas por los Ajq'ij o guías espirituales, valores y expresiones cotidianas que permanecen en la mayoría de las familias, que constituyen el sustento de la identidad cultural propia de la comunidad. Pero también existen expresiones religiosas cristianas como la evangélica y la católica, las cuales son representadas en la comunidad por los feligreses, las iglesias y/o capillas, los catequistas, pastores y agrupaciones relacionadas

## **1.2. Diagnóstico sobre necesidades en servicios básicos e infraestructura del caserío La Ilusión**

Las necesidades que se presentan son distintas dependiendo de cada comunidad o población. A través de una encuesta sanitaria y entrevistas realizada a las autoridades y líderes del área rural del municipio, se determinaron las necesidades que padece este caserío.



### **1.2.1. Descripción de las necesidades**

- Agua potable: no cuentan con un sistema de abastecimiento de agua potable para cubrir las necesidades básicas, haciendo uso de fuentes inadecuadas; viéndose afectada la salud de los pobladores con enfermedades diarreicas, debido a problemas de contaminación.
- Energía eléctrica: se necesita ampliación del servicio de energía eléctrica y alumbrado público, ya que no toda la comunidad cuenta con este servicio.

### **1.2.2. Evaluación y priorización de necesidades**

La municipalidad de Sololá estableció dar prioridad a las necesidades presentadas por las autoridades municipales, y miembros de los COCODES, priorizando el siguiente listado:

- Introducción de agua potable por bombeo para el caserío La Ilusión
- Alumbrado público para el caserío La Ilusión



## **2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL**

### **2.1. Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable por bombeo para el caserío La Ilusión**

El proyecto de este sistema de abastecimiento se diseñó para mejorar las condiciones de vida de la comunidad.

#### **2.1.1. Descripción del proyecto**

El proyecto se diseñó para mejorar las condiciones de vida de la comunidad, por ello se aprovecharán 5 nacimientos de agua ubicados en el caserío La Ilusión; se captará el mayor volumen posible, el cual será conducido a un tanque de almacenamiento de  $12\text{m}^3$  y posteriormente, por medio de bombeo, se conducirá el agua a un tanque elevado de distribución de  $10\text{m}^3$ , distribuyendo el agua por ramales abiertos a 40 conexiones prediales.

#### **2.1.2. Aforos, dotación y tipo de servicio**

Se realizó el aforo de las fuentes, aplicando el método volumétrico. Este se realizó en época de estiaje y dando como resultado los valores siguientes:

Tabla II. **Aforo de la fuente**

No.	Tiempo de llenado de la cubeta	
t1	59.5	Seg
t2	62.47	Seg
t3	58.27	seg
t4	60.56	seg
t5	59.84	seg

Fuente: elaboración propia.

Para determinar el tiempo promedio de aforo se tiene:

$$t = \frac{\sum \text{tiempos tomados}}{\sum \text{No.de tiempos tomados}}$$

$$t = \frac{59.5 + 62.47 + 58.27 + 60.56 + 59.84}{5}$$

$$t = 60.13 \text{ segundos}$$

El caudal del aforo se obtiene de:

$$Q = \frac{v}{t}$$

$$Q = \frac{5 * 3.785}{60.13} \text{ l/s}$$

$$Q = 0.32 \text{ l/s}$$

Dónde:

V = volumen

t = tiempo

Q = caudal

La dotación es la cantidad de agua asignada en un día para cada usuario; se expresa en litros por habitantes por día (lts/hab/día). Los factores que influyen en la determinación de la dotación son: clima, nivel de vida, tamaño de la población, actividades productivas y costumbres, que cuenten con sistema de alcantarillado, nivel socioeconómico, entre otros.

La norma para el diseño de abastecimiento de agua potable para zonas rurales del Instituto Nacional de Fomento y Unidad Ejecutora de Acuedutos Rurales (INFOM-UNEPAR) recomienda los siguientes valores para asignar la dotación a una comunidad:

- Servicios a base de llana de cantaros: 30 a 60 lts/hab/día
- Servicio mixto de llena cantaros y conexiones prediales: 60 a 90 lts/hab/día.
- Servicio de conexiones prediales fuera de la vivienda: 60 a 120 lts/hab/día.
- Servicio de conexiones intradomiciliares en el área rural: 90 a 170 lts/hab/día.
- Servicio de conexiones intradomiciliares en el área urbana: 90 a 250 lts/hab/día.

Para este proyecto se estableció una dotación de 60 lts/hab/día que está dentro del rango de 60 a 120 lts/hab/día para conexión predial, según especificaciones del INFOM-UNEPAR.

### **2.1.3. Tasa de crecimiento poblacional**

La tasa de crecimiento para el caserío La Ilusión es de 3.86% según el Instituto Nacional de Estadística (INE).

### **2.1.4. Período de diseño, población futura**

El período de diseño es el tiempo durante el cual la obra dará un servicio satisfactorio para la población de diseño, se deben considerar algunos factores como:

- El tiempo durante el cual la obra dará servicios a la población
- Durabilidad del material a utilizar
- Crecimiento de la población, incluyendo posible cambios en el desarrollo de la comunidad.

Para el presente proyecto se tomó un período de diseño de 22 años.

La estimación de población futura se determinó mediante el método geométrico.

$$P = pi * (1 + R)^n$$

$$P = 133 * (1 + 0.0386)^{22}$$

$$P = 306 \text{ habitantes}$$

Dónde:

P = población futura

Pi = población inicial

R = tasa de crecimiento

N = número de años (período de diseño)

### 2.1.5. Factores de consumo y caudales

A continuación se definen los datos correspondientes a consumo y caudales.

#### 2.1.5.1. Caudal medio diario

El caudal medio será el producto de la dotación adoptada, dividido el número de segundos que tiene un día, por el número de habitantes que se estimen al final del período de diseño:

$$Q_{\text{med}} = \frac{P_{\text{fn}} * \text{Dotación}}{86400 \text{ seg}}$$

$$Q_{\text{med}} = \frac{306 \text{ habitantes} * 60 \frac{\text{l}}{\text{hab}} / \text{día}}{86400 \text{ s}}$$

$$Q_{\text{med}} = 0.21 \text{ l/s}$$

Dónde:

$Q_{med}$ = caudal medio

$P_{fn}$ = población futura a n años

Dotación en lts/hab/día

### 2.1.5.2. Caudal máximo diario

El caudal máximo diario o caudal de conducción es el máximo caudal producido en un día durante un período de observación de un año, este será el producto de multiplicar el consumo medio diario por un factor, según las normas de INFOM-UNEPAR, oscilara 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; regularmente, el día de máximo consumo sucede cuando hay actividades en las cuales participa la mayor parte de la comunidad.

Al tomar en cuenta el clima, nivel socioeconómico y cantidad de habitantes, para este estudio el factor de día máximo es de 1.50, con lo cual se tiene:

$$Q_{DM} = FDM * Q_{med}$$

$$Q_{DM} = 1.50 * 0.21 \text{ l/s}$$

$$Q_{DM} = 0.32 \text{ l/s}$$

Dónde:

$Q_{DM}$ = Caudal máximo diario



$Q_{med}$ = Caudal medio

FMD= Factor de día máximo

### 2.1.5.3. Caudal máximo horario

El caudal máximo horario conocido también como caudal de distribución, debido a que es el utilizado para diseñar la red de distribución, es el máximo caudal producido por una hora en un período de observación de un año.

El caudal máximo horario, se determina multiplicando el consumo medio diario por el coeficientes que asigna las normas de INFOM-UNEPAR, que oscilan entre 2.0 a 3.0 para poblaciones futuras menores de 1,000 habitantes, y 2.0 para poblaciones futuras mayores de 1,000 habitantes.

La selección del factor es inversa al tamaño de la población a servir, por lo que para el presente estudio el factor de hora máxima tendrá un valor de 2.5, con lo cual se tiene:

$$Q_{HM} = FMH * Q_{med}$$

$$Q_{HM} = 2.5 * 0.21 \text{ l/s}$$

$$Q_{HM} = 0.54 \text{ l/s}$$

Dónde:

$Q_{HM}$ = Caudal máximo horario

$Q_{med}$ = Caudal medio

FMH= Factor de hora máxima

#### 2.1.5.4. Caudal de bombeo

El caudal de bombeo se utiliza para determinar la potencia de la bomba. Se define como el caudal máximo que se puede bombear al tanque de distribución, durante las horas de funcionamiento.

Para determinar el caudal de bombeo, es importante definir antes el periodo de bombeo, dicho período afecta directamente el diámetro de la tubería de descarga, la potencia de la bomba y las dimensiones del tanque de alimentación. Se recomienda que el período sea de 8 a 12 horas.

Es importante aclarar que el equipo de bombeo es el que debe diseñarse para un periodo de 10 años, mas no el resto de los componentes del sistema.

Para el proyecto, el caudal fue diseñado de la siguiente manera:

$$Q_b = \frac{Q_{DM} * 24\text{horas}}{H}$$

$$Q_b = \frac{0.32 \frac{\text{lts}}{\text{seg}} * 24\text{horas}}{12 \text{ horas}}$$

$$Q_b = 0.64 \text{ l/s}$$

Dónde:

$Q_b$ = Caudal de bombeo

$Q_{DM}$ = Caudal máximo diario

H= Horas de bombeo

### **2.1.6. Calidad del agua y sus normas**

La característica de una buena calidad de agua depende del uso que se le vaya a asignar: uso doméstico, comercial, industrial, público y de riego. Para el consumo humano, el agua debe llenar ciertas condiciones, como:

- Incolora en pequeñas cantidades o ligeramente azulada en grandes masas.
- Inodora, insípida y fresca
- Aireada, sin sustancias en disolución y sobre todo sin materia orgánica
- Libre de microorganismos que puedan ocasionar enfermedades
- Los límites aceptables de temperatura varían entre 5° y 10°C, pero la temperatura óptima debe considerarse la comprendida en el intervalo de 10° a 12°.
- Deben tener escasas bacterias, el agua de buena calidad presenta el límite admisible de 100 bacterias por centímetro cúbico.
- Tener menos de 200 colonias bacterianas de mesofílicos aeróbicos por milímetro de muestra.
- Un máximo de dos organismos coliformes totales, en 100 ml de muestra y no contener organismos coliformes fecales en 100 ml de muestra.

Para garantizar que el agua pueda ser consumida por una población, es necesario que cumpla con los requisitos mínimos establecidos por las Normas COGUANOR NGO 29-001.

### **2.1.6.1. Análisis bacteriológico**

Las pruebas bacteriológicas buscan establecer la probabilidad de contaminación del agua con organismos patógenos. Estos organismos son los que pueden transmitir enfermedades.

Según se puede observar en las pruebas de laboratorio (ver anexos), realizadas por la municipalidad de Sololá en la Oficina Municipal de Agua y Saneamiento, el resultado obtenido para agua potable, indican que la calidad bacteriológica no exige más que un simple tratamiento de desinfección, según la norma COGUANOR NGO 29-001.

### **2.1.6.2. Análisis fisicoquímico**

Con este análisis se conocen las características físicas y químicas del agua, que son: aspecto, color, olor, sabor, turbidez, potencial de hidrógeno (pH), alcalinidad y dureza, cantidad de material mineral y orgánico presente en el agua, (ver anexos).

Dentro de las características generales que se evaluaron están:

- Aspecto
- Color
- Sabor
- Olor
- Sustancias en suspensión
- Temperatura de la muestra
- Potencial de hidrogeno (ph)
- Cloro residual

### 2.1.7. Ecuaciones, coeficientes y diámetros de tubería

Para determinar las pérdidas de carga en las tuberías se utiliza la fórmula de Hazen-Williams, que viene dada por:

$$H_f = \frac{1743.811 * L * Q^{1.852}}{C^{1.852} * D^{4.87}}$$

Dónde:

H<sub>f</sub> = pérdida de carga en metros.

L = longitud de diseño en metros.

Q = caudal en litros por segundo.

C = coeficiente de fricción interno (PVC (C=150), HG (C=100)).

D = diámetro interno en pulgadas.

Al conocer la altura máxima disponible por perder, se asume como H<sub>f</sub>, con lo cual es posible encontrar el diámetro teórico. Al despejarlo de la fórmula, queda la siguiente expresión:

$$D = \sqrt[4.87]{\frac{1743.811 * L * Q^{1.852}}{C^{1.852} * H_f}}$$

Con el diámetro teórico, se selecciona el diámetro comercial superior y se calcula el H<sub>f</sub> final.

### **2.1.8. Presiones y velocidades**

De conformidad con las normas de INFOM-UNEPAR, se adoptarán las velocidades de diseño:

- Para conducciones mínima = 0.40 m/seg y máxima = 3.00 m/seg;
- para distribución, máxima = 2.00 m/seg.

Las presiones en la conducción no deben exceder a la presión de trabajo de las tuberías; en la distribución, la presión de servicio debe estar en el rango de 10 a 40 metros columna de agua (m.c.a.), y la presión hidrostática máxima será de 80 m.c.a.

### **2.1.9. Levantamiento topográfico**

Constituye un elemento básico permitiendo la elaboración del diseño en forma grafica de la ubicación de la obra en estudio.

#### **2.1.9.1. Planimetría**

La planimetría solo toma en cuenta la proyección del terreno sobre un plano horizontal imaginario (vista en planta), que se supone es la superficie de la tierra. La ubicación de los diferentes puntos sobre la superficie de la tierra, se hace mediante la medición de ángulos y distancias, a partir de puntos y líneas de referencia proyectadas sobre un plano horizontal.

El levantamiento planimétrico de este proyecto se realizó por medio de una poligonal abierta, utilizando el método de conservación de azimut, el equipo utilizado fue un teodolito marca WILD T-16, trípode, estadales, cinta métrica, se

contó con la colaboración del COCODE de la comunidad para la realización del levantamiento topográfico.

#### **2.1.9.2. Altimetría**

La altimetría se encarga de la medición de las diferencias de nivel o de elevación entre los puntos del terreno, las cuales representan las distancias verticales medidas a partir de un plano horizontal de referencia, determinar pendientes y cotas para la posterior utilización en el diseño hidráulico.

La medición altimétrica se hizo a través de un método indirecto, como es el taquimétrico, los resultados de la altimetría se presentan en el plano topográfico.

#### **2.1.10. Diseño hidráulico del sistema**

Se detalla el diseño seleccionado, el cual toma en cuenta todas las instalaciones necesarias para ejecutar los trabajos de introducción de agua.

El planteamiento general del sistema es construir una captación para 5 nacimientos, conducir por gravedad el agua hacia un tanque de almacenamiento, colocado lo más cercano a las captaciones y conducirla por bombeo hacia el tanque de distribución, ubicado en la parte más alta de la comunidad y luego, por gravedad, llevarla hacia todas las casas beneficiadas. Para esto se propone realizar la distribución por 1 ramal principal, el cual se subdividirá en dos más y finalmente a cada vivienda a través de la conexión predial.

El ramal principal abastecerá a 36 habitantes, dicho ramal saldrá directamente del tanque de distribución, que es de la estación E-17 a la E-28.

El primer ramal secundario abastecerá a 43 habitantes, será una subdivisión del ramal principal, de la estación E-28 a la E-35.

El segundo ramal secundario abastecerá a 54 habitantes dicho ramal será una subdivisión del ramal principal, de la estación E-28 a la E-45.

#### **2.1.10.1. Captación**

Las captaciones de agua provenientes de brotes definidos se diseñará conteniendo lo siguiente: filtro de piedra y sello sanitario, caja de captación y válvulas de salida, los muros de mampostería de piedra, el piso y tapadera de concreto reforzado, dispositivos de desagüe y rebalse con tubería y accesorios de PVC, de tal manera que estos garanticen el libre flujo de la afloración hacia un tanque de recolección, (ver plano 6).

#### **2.1.10.2. Línea de impulsión**

La tubería de descarga es la que se coloca inmediatamente después de la bomba. Esta tubería descarga el líquido a un tanque de distribución. La velocidad del caudal requerido en la tubería debe conducirse a una velocidad mínima de 0.4 mts/seg y una velocidad máxima 3.0 mts/seg.

Para minimizar la resistencia al paso del agua y eliminar formaciones de aire, es conveniente considerar en el diseño e instalación de la tubería de descarga las reglas siguientes:



- Esta tubería debe colocarse en la ruta más directa posible, desde la bomba hasta el punto de descarga, lo que aminora la resistencia al paso del agua.
- Cuando se usen vueltas o dobleces, su tipo debe ser de radio grande; lo que mantendrá al mínimo la resistencia al paso del agua.
- El número de cambios en dirección, válvulas y accesorios debe seria el mínimo necesario en esta tubería; sin embargo, en lugares bajos deben instalarse válvulas de limpieza y si es requerido, en los picos de la línea deberán colocarse válvulas de aire.

Se realizará un análisis económico para determinar cuál es la tubería mas económica a utilizar; a continuación se describe el análisis:

- Determinación de los diámetros a evaluar: estos diámetros se encuentran dentro de los límites de velocidad establecidos en las bases de diseño debiendo analizar los diámetros que se encuentran dentro del rango.

$$0.4 \text{ m/s} \leq V \leq 3 \text{ m/s}$$

$$D = \sqrt{\frac{1.974 * Q_b}{V}}$$

$$D = \sqrt{\frac{1.974 * 0.64}{0.4}}$$

$$D = 1.77 \approx 2''$$

$$D = \sqrt{\frac{1.974 * 0.64}{3}}$$

$$D=0.65 \approx 3/4''$$

Dónde:

D = Diámetro probable (plg)

V = Velocidad (m/s)

Q<sub>b</sub> = Caudal de bombeo (l/s)

Los diámetros comerciales a evaluar serán ¾" y 2".

#### **2.1.10.2.1. Tipos de tubería**

El diseño hidráulico de este sistema se realizó con base en las pérdidas de carga que se determinaron con la ecuación de Hazen Williams. Los diámetros a utilizar están comprendidos entre 1 ½" y 2" en general. En sistemas de agua se utiliza normalmente tubería de cloruro de polivinilo rígido (PVC) y de hierro galvanizado (HG).

La tubería PVC es una tubería plástica, económica, fácil de transportar y de trabajar, pero es necesario protegerla de la intemperie, especialmente de la exposición al sol, debido a que tiende a cristalizar.

La tubería de HG es de acero, recubierta en su interior, como en su exterior por zinc, es utilizada en lugares donde la tubería no se puede enterrar, donde se requiere una presión mayor a 175mca. pasos aéreos o como en este caso en pazo de zanjón.

#### **2.1.10.2.2. Carga dinámica total**

La carga dinámica total, también llamada altura dinámica total, es la carga que debe suministrar la bomba para mover el caudal requerido; se utiliza

para determinar el diámetro económico de las posibilidades que da la expresión anterior. La CDT se determina mediante la siguiente fórmula:

$$CDT = H_i + H_f + h_m + h_v$$

Dónde:

CDT = Carga dinámica total

$H_i$  = Altura de descarga

$H_f$  = Pérdida de carga debido a la fricción en la línea

$h_m$  = Pérdidas menores

$h_v$  = Pérdidas por velocidad

- Altura de descarga ( $H_i$ ): es la diferencia de nivel que existe entre la cota de colocación de la bomba ( $h_i$ ) y la cota del tanque de distribución ( $h_f$ ), determinándose así:

$$H_i = h_f - h_i$$

$$H_i = 1100.00 - 999.95$$

$$H_i = 100.05$$

- Pérdida de carga por la fricción de la línea ( $H_f$ ): es la pérdida que se produce por el paso del agua en la tubería, y se da desde donde se encuentra la bomba hasta el tanque de distribución; ésta se obtiene aplicando la fórmula de Hazen Williams así:

$$H_f = \frac{1743.811 * L * Q^{1.852}}{C^{1.852} * D^{4.87}}$$

$$H_f = \frac{1743.811 * 191m * 1.05 * 0.64l/s^{1.852}}{150^{1.852} * 2.193^{4.87}}$$

$$H_f = 0.3152 m$$

Dónde:

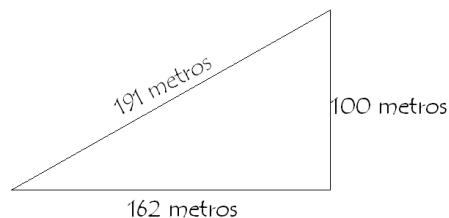
Q = caudal a transportar (en este caso caudal de bombeo)= 0.64l/s

∅ = diámetro interno de la tubería=2.193"

C = coeficiente de fricción de la tubería=150 para PVC

L = longitud de tubería a tanque de distribución=191m\*(% de desperdicio)

Figura 4. **Longitud de línea de conducción**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

- Pérdidas menores (hm): estas pérdidas de carga se dan por la diversidad de accesorios y válvulas, que pueden colocarse en la línea de conducción, generalmente se utiliza el 10% de las pérdidas por fricción en la línea de impulsión.

$$hm = 10\%(H_f)$$

$$h_m = 0.10(0.32)$$

$$h_m = 0.03m$$

Dónde:

H<sub>f</sub> = Pérdida de carga debido a la fricción en la línea

H<sub>m</sub> = Pérdidas menores de carga debido a accesorios y válvulas

- Pérdidas por velocidad (h<sub>v</sub>): son las pérdidas que se producen en las tuberías, por los cambios de velocidad que experimenta el flujo, en diferentes secciones o tipos de tubería; si se conoce cuál es el valor de la velocidad en la tubería, por consiguiente se tiene:

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

Calculando la velocidad del flujo:

$$V = \frac{1.974Q_b}{\phi^2}$$

$$V = \frac{1.974\left(\frac{0.64l}{s}\right)}{(2.193)^2}$$

$$V = 0.3152m/s$$

Dónde:

$\emptyset$  = diámetro interno de la tubería

$Q_b$  = Caudal de bombeo lts/seg

V = velocidad del flujo

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

$$h_v = \frac{(0.263)^2}{2(9.8)}$$

$$h_v = 0.01m$$

Dónde:

V = velocidad del flujo

g = gravedad (9.81 m/s<sup>2</sup>)

Entonces:

$$CDT = H_i + H_f + h_m + h_v$$

$$CDT = 100.05 + 0.32 + 0.03 + 0.01$$

$$CDT = 100.41m$$

#### **2.1.10.2.3. Sobre presión por golpe de ariete**

El golpe de ariete se experimenta a lo largo del tramo de bombeo, este depende directamente del módulo de elasticidad de los materiales a utilizar, de

esta manera se calculará para el caso crítico, en la tubería. Se denomina golpe de ariete a la variación de presión, por encima o por debajo de la presión normal de operación; ocasionada por rápidas fluctuaciones en el caudal, producidas por la apertura o cierre repentino de una válvula o por el paro o arranque de las bombas.

El golpe de ariete que se produce en la tubería se puede determinar como sigue:

$$a = \frac{1420}{\sqrt{1 + \frac{K}{E} + \frac{Di}{e}}}$$

$$a = \frac{1420}{\sqrt{1 + \frac{2.07 * 10^4}{3 * 10^4} + \frac{55.7}{1.85}}}$$

$$a = 304.308 \text{ m/s}$$

Dónde:

a= Celeridad de la onda (m/s)

K=Módulo de elasticidad volumétrica del agua ( $2.07 * 10^4 \text{ Kg/c}^2$ )

E=Módulo de elasticidad del material de la tubería ( $3 * 10^4 \text{ Kg/c}^2$ )

Di=Diámetro interno de la tubería (mm)

e=Espesor de las paredes del tubo (mm)

La sobrepresión expresada en metros columna de agua (mca), se determinara con la siguiente expresión:

$$Dp = \frac{a * V}{g}$$

$$Dp = \frac{304.308 \text{ m/s} * 0.263 \text{ m/s}}{9.80556 \text{ m/s}^2}$$

$$Dp = 8.152 \text{ mca}$$

Dónde:

a= Celeridad de la onda = 304.308m/s

V=Velocidad del flujo en la tubería=0.263m/s

g=Aceleración de la gravedad=9.80556m/s<sup>2</sup>

Verificación de la resistencia de la tubería por el golpe de ariete:

$$P_{max} = D_p + H_d$$

$$P_{max} = 8.152 + 100.41$$

$$P_{max} = 108.56 \text{ mca}$$

Dónde:

P<sub>max</sub>=Presión máxima

D<sub>p</sub>=Sobrepresión=8.152m

H<sub>d</sub>=Diferencia de niveles entre tanques=100.41m

La tubería que se utilizará será PVC 160PSI (112mca), la cual resiste el golpe de ariete si se utilizará con el 100% de su resistencia de trabajo; pero



para efectos de diseño, se tomó una resistencia de trabajo del 80% (78.4 mca), por lo que al hacer una relación de triángulos, se concluyó que se colocaran 26 tubos PVC 160 PSI, 2 tubos HG por paso de zanjón y 7 tubos PVC 250 PSI.

#### **2.1.10.2.4. Diseño de equipo de bombeo a utilizar**

El propósito de cualquier bomba es transformar la energía mecánica o energía eléctrica en energía de presión.

La capacidad de la bomba y potencia del motor, deberán ser suficientes para elevar el caudal de bombeo previsto contra la altura máxima de impulsión. Para poder seleccionar la bomba adecuada se deben calcular las pérdidas totales de energía, o carga dinámica total a vencer por la bomba.

A la salida de los equipos de bombeo deberán proveerse como mínimo los siguientes dispositivos:

- Manómetro: para medir y controlar las presiones en las que opera la bomba.
- Tablero eléctrico: controla el funcionamiento de la bomba
- Tubería de limpieza
- Válvulas de retención: estos son dispositivos de alivio contra el golpe de ariete.
- Válvulas eliminadoras de aire: es utilizada con el objeto de expulsar aire retenido en la succión o en la misma bomba.
- Válvula de compuerta: se emplea con el objeto de aislar en un determinado momento, algún elemento de sección de instalación, lo cual permite efectuar una reparación, inspección o mantenimiento.

- Elementos que permitan determinar en cada caso la altura del nivel de bombeo.
- Período de bombeo: para el presente estudio se utilizó un período de 12 horas diarias.
- Potencia de la bomba: la potencia de la bomba se determina mediante la siguiente ecuación:

$$P_b = \frac{(CDT * Q_b)}{76 * e}$$

$$P_b = \frac{(100.35 * 0.64 \text{ l/s})}{76 * 60\%}$$

$$P_b = 1.408$$

$$P_b = 2.00 \text{ HP}$$

Dónde:

CDT = carga dinámica total

E = eficiencia de la bomba, 60%

Q<sub>B</sub> = caudal de bombeo (l/s)

Entonces la potencia de la bomba es de 2 HP.

- Especificaciones del equipo de bombeo: de los cálculos anteriores se determina que para conducir el caudal de bombeo, desde el tanque de alimentación hasta el tanque de distribución, se necesita una bomba

sumergible de 2HP; el equipo funcionará con energía eléctrica y el tiempo máximo de bombeo 12 horas. La eficiencia de la bomba será de 60%. La bomba sumergible vertical es la recomendada para este proyecto, debido a que su instalación es fácil y más eficiente, así como su mantenimiento y reparación.

### **2.1.10.3. Tanque de almacenamiento**

Es un depósito que sirve para cubrir la demanda de agua en las horas de mayor consumo. Este tipo de obra es de suma importancia para el sistema de distribución de agua, tanto desde el punto de vista económico, como para el funcionamiento hidráulico y del almacenamiento. Un tanque de almacenamiento tiene los siguientes componentes:

- Caja de válvula de entrada y de salida
- Tapaderas para entrada
- Dispositivo de desagüe y rebalse
- Respiraderos
- Circulación para protección del mismo

La función del tanque es mantener el buen funcionamiento hidráulico y un servicio eficiente; y luego cumplir con 3 propósitos fundamentales:

- Almacenar ciertas cantidades de agua para eventualidades
- Mantener presiones de servicio en la red
- Compensar variaciones horarias

### 2.1.10.3.1. Volumen de almacenamiento

El volumen del tanque de almacenamiento, se calculará mediante volúmenes compensados, el cual tendrá un caudal de entrada constante y un caudal de salida que es variable conforme a las horas de consumo. Este se calculará de acuerdo a la demanda real de las comunidades.

Volumen del tanque de distribución propuesto =  $12 \text{ m}^3$

$Q_b$  (caudal de bombeo) = 0.64 lts/seg

$Q_{\text{aforo}}$  (que produce la fuente) = 0.32 lts/seg

Tiempo de llenado del tanque de distribución = 15,625.0 seg = 4.34 hrs

Horas de bombeo = 12 hrs

$$\text{Volumen del tanque de almacenamiento} = \frac{Q_b - Q_{\text{aforo}}}{1000} * Hb * 3600$$

$$\text{Volumen del tanque de almacenamiento} = 13.824 \text{m}^3$$

$$\text{Volumen propuesto del tanque de almacenamiento} = 12 \text{m}^3$$

Se propone un volumen de almacenamiento de  $12 \text{m}^3$  debido a que debe de contemplarse el rebalse que debe tener el tanque.

- Dimensiones del tanque de almacenamiento:

$$h=1.6$$

$$b=3$$

$$a=2.5$$

### 2.1.10.3.2. Diseño estructural del tanque

Datos de las paredes del tanque:

Peso específico del suelo ( $\gamma_s$ ) = 1,400 kg/m<sup>3</sup>

Densidad del agua ( $\gamma_{h_2o}$ ) = 1,000 kg/m<sup>3</sup>

Peso específico del concreto ( $\gamma_c$ ) = 2,400 kg/m<sup>3</sup>

Peso específico del concreto ciclópeo ( $\gamma_{cc}$ ) = 2,400 kg/m<sup>3</sup>

Ángulo de fricción interna ( $\theta$ ) = 30°

Valor soporte del suelo ( $V_s$ ) = 15 Ton/m<sup>2</sup>

Resistencia a compresión del concreto = 210 kg/cm<sup>2</sup>

Esfuerzo de fluencia del acero = 2,810 kg/cm<sup>2</sup>

- Diseño de la losa:

$$m = \frac{a}{b}$$

$$m = \frac{2.5}{3}$$

$$m = 0.83$$

Si  $m > 0.5$  trabaja en dos direcciones

Si  $m < 0.5$  trabaja en una dirección

La losa trabaja en dos direcciones.

- Espesor de la losa:

$$t = \frac{p}{180}$$

$$m = \frac{2 * (3 + 2.5)}{180}$$

$$m = 0.061$$

Se usará un espesor de losa de 0.10 mts.

- Integración de cargas:

$$CM = (\gamma_c * t) + Sc$$

$$CM = (2,400 * 0.10) + 60$$

$$CM = 300 \frac{\text{kg}}{\text{mts}^2}$$

$$CV = 100 \frac{\text{kg}}{\text{mts}^2}$$

Carga última

$$CU = 1.7CV + 1.4CM$$

$$CU = 1.7(100) + 1.4(300)$$

$$CU = 590 \frac{\text{kg}}{\text{mts}^2}$$

- Cálculo de momentos: Para el diseño de la cubierta del tanque de almacenamiento se utilizará una losa plana, la cual se diseñará por el método 3 del código ACI:

$$M_{a+} = (C_a * C_M + a^2) + (C_a * C_V * a^2)$$

$$M_{b+} = (C_b * C_M + a^2) + (C_b * C_V * a^2)$$

$$M_{a-} = 1/3 * M_a$$

$$M_{b-} = 1/3 * M_b$$

Dónde:

$M_{a+}$ =Momento positivo del lado corto en kg-mt

$M_{a-}$ =Momento positivo del lado corto en kg-mt

$M_{b+}$ =Momento positivo del lado largo en kg-mt

$M_{b-}$ =Momento positivo del lado largo en kg-mt

$C_{a+}$ =Coeficiente para momento positivo lado a debido a CU

$C_M$ =Carga muerta última kg/mt

$C_V$ =Carga viva última kg/mt

$M_{a+}$ =184.37 kg-mt

$M_{b+}$ =138.06 kg-mt

$M_{a-}$ =61.45 kg-mt

$M_{b-}$ =46.02 kg-mt

- Cálculo de peralte

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

$$d = 0.10 * 100 - 2.5 - \frac{0.952}{2}$$

$$d = 7$$

- Espaciamientos máximo

$$As = 2t$$

$$As = 2 * 10$$

$$As = 20 \text{ cm}$$

- Área de acero mínima:

$$As = A_{s \text{ mínimo}} \text{ viga} * d$$

$$As = \frac{14.1}{2810} * 100 * 7$$

$$As = 3.52 \text{ cm}^2$$

- Cálculo de espaciamiento con varilla propuesta

Área	Espaciamiento
3.52 cm <sup>2</sup>	100 cm
0.71 cm <sup>2</sup>	S

$$S = \frac{(0.71 \text{ cm}^2) * (100 \text{ cm})}{3.52 \text{ cm}^2}$$



$$S = 20.17 \text{ cm} > S_{max}$$

Como el espaciamiento es mayor que  $S_{max}$  entonces se calculara el área de acero para  $S_{max}$ .

Área	Espaciamiento
$As \text{ cm}^2$	100 cm
0.71 $\text{cm}^2$	20

$$As = \frac{(0.71 \text{ cm}^2) * (100 \text{ cm})}{20 \text{ cm}}$$

$$As = 3.55 \text{ cm}^2$$

- Cálculo de área de acero:

$$As = b * d * \sqrt{(bd)^2 - \frac{Mu}{0.0038 f'c} * \frac{0.85 f'c}{fy}}$$

$$As = b * d * \sqrt{(bd)^2 - \frac{61.45}{0.0038 f'c} * \frac{0.85 f'c}{fy}}$$

$$As = 0.35 \text{ cm}^2$$

- Cálculo del momento resistido por el área de acero mínimo:

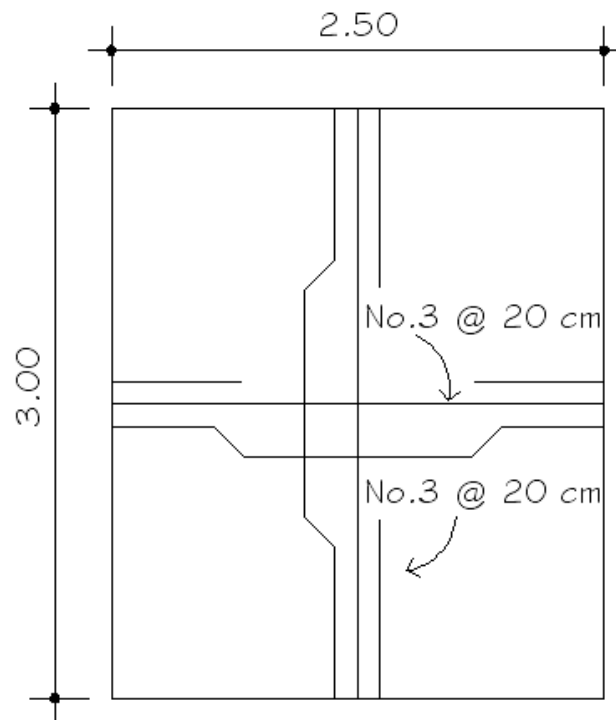
$$M_{AS} = \theta * A_s * f_y * \left( d + \frac{A_s * f_y}{1.7 f'_c * b} \right)$$

$$M_{AS} = 0.90 * 3.55 * 2810 * \left( 4 + \frac{3.55 * 2810}{1.7 * 210 * 100} \right)$$

$$M_{AS} = 603.37 \text{ kg} - \text{mt}$$

El acero a  $S_{\max}$  es suficiente para soportar los momentos que se dan en la losa. El armado se hará en ambos sentidos con varillas de acero No.3 @ 0.20 mts.

Figura 5. **Armado de losa de tanque de almacenamiento**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

- Verificación por corte:

$$V_u = \frac{C_u * L}{2}$$

$$V_u = \frac{590 * 3}{2}$$

$$V_u = 885 \text{ kg}$$

$$V_c = 0.53 * \sqrt{f'c} * b_w$$

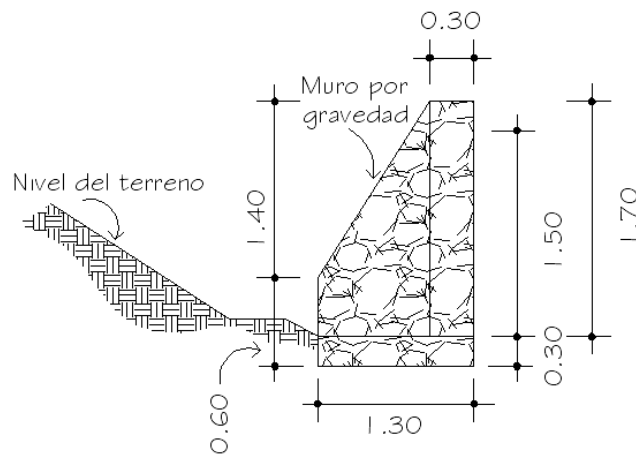
$$V_c = 0.53 * \sqrt{210} * 100 * 4$$

$$V_c = 5373.30 \text{ kg}$$

$V_u < V_c$  el espesor de la losa es correcto.

- Diseño estructural del muro del tanque: el muro se consideró por gravedad, de concreto ciclópeo; las dimensiones preliminares y datos para su diseño se muestran en la figura:

Figura 6. Dimensiones del muro



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Se diseñará el tanque para la condición crítica que es cuando se encuentre totalmente vacío, solo se incluirá el peso del suelo sobre la pared del tanque.

- Determinar la carga sobre el muro:

$$W_{\text{sobre muro}} = W_{\text{losa}} + W_{\text{viga}}$$

$$W_{\text{losa}} = \rho u * t$$

$$W_{\text{losa}} = 2,400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0.07\text{m} * 7.5\text{m}^2$$

$$W_{\text{losa}} = 1,260 \text{ kg}$$

$$W_{\text{viga}} = \rho u * A$$

$$W_{\text{viga}} = 2400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0.30 * 0.25 * 11$$

$$W_{\text{viga}} = 1,980 \text{ kg}$$

$$W_{\text{sobre muro}} = 3,240 \text{ kg}$$

- Para un metro de muro:

$$W_{sobre\ muro} = \frac{3,240kg}{7.5mts}$$

$$W_{sobre\ muro} = 432 \frac{kg}{mts}$$

- Considerándolo como una carga puntual

$$P_c = \frac{423kg/mt}{1mt}$$

$$P_c = 432\ kg$$

- Coeficiente activo de empuje de Rankine

$$k_a = \frac{1 - \text{sen}\theta}{1 + \text{sen}\theta}$$

$$k_a = \frac{1 - \text{sen } 30^\circ}{1 + \text{sen } 30^\circ}$$

$$k_a = 0.33$$

- Fuerza activa del suelo a una profundidad de 2.00 mts

$$P_a = k_a + \gamma_s + H$$

$$P_a = 0.33 * 1500 * 2.00$$

$$P_a = 990 \text{ kg/m}^2$$

$$F_a = \frac{1}{2} P_a + H$$

$$F_a = \frac{1}{2} (990) + 2.00$$

$$F_a = 990 \text{ Kg} - mt$$

- Momento respecto del punto A

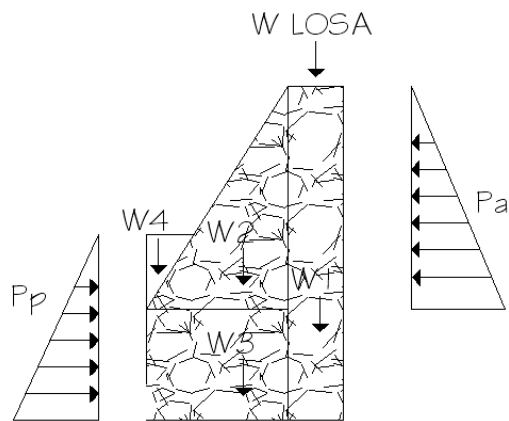
Momento de Pc

$$M_{pc} = 432 * (1.15) = 496.8 \text{ Kg} - mt$$

Momento de Fa

$$M_{Fa} = \frac{1}{3} * 990 * 2.00 = 660 \text{ Kg} - mt$$

Figura 7. **Distribución de cargas de muro de tanque de almacenamiento**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Tabla III. **Cálculo de momento final para muro de tanque**

Figura	$\gamma_{cc} \times A = W(\text{kg/mt})$	Brazo(mts)	M(kg-m)
1	$2,500 \times (0.30 \times 2.00) = 1,500 \text{ kg/mt}$	1.15	1,725 kg-m
2	$2,500 \times (1/2 \times 1.0 \times 1.4) = 1,750 \text{ kg/mt}$	$2/3 \times 1 = 0.33$	583.33 kg-m
3	$2,500 \times (1 \times 0.6) = 1,500 \text{ kg/mt}$	0.50	750 kg-m
4	$1,000 \times (2.00 \times 0.55) = 1,100 \text{ kg/mt}$	0.17	186.5 kg-m
Pc	432 kg/mt	1.15	496.8 Kg-m
Pa	990 kg/mt	1.00	990 Kg-m

Fuente: elaboración propia.

$$\sum W = 7,272 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

$$\sum M = 4,731.63 \text{ kg} - mt$$

- Verificación contra volteo

$$F_s = \frac{Mr}{MFa} > 1.5$$

$$F_s = \frac{4,731.63}{660} > 1.5$$

$$F_s = 7.16 > 1.5$$

Dónde:

Fs = Factor de seguridad

Mr= Momento resistente

Mfa= Momento de fuerza actuante

- Verificación contra deslizamiento

Debido a las características que presenta el suelo (grava con arena) se utiliza un coeficiente de fricción CF así:

$$CF = 0.9 * \tan \emptyset = 0.9 * \tan 30^\circ \quad CF = 0.5196$$

$$F_s = \frac{Pr}{PFa} > 1.5$$



$$F_s = \frac{7,272 * 0.9 \tan 30}{660} > 1.5$$

$$F_s = 5.72 > 1.5$$

Dónde:

Fs= Factor de seguridad

Pr= Cargas que resiste el muro

Pa= Cargas que actúan sobre el muro

- Chequeo por estabilidad

Calculó de la excentricidad:

$$e = \frac{Base}{2} - a$$

Dónde:

$$a = \frac{Mr + Mpc - Ma}{Wtotal}$$

$$a = \frac{4,731.63 + 496.8 - 660}{7,272}$$

$$a = 0.62$$

Entonces:

$$e = \frac{1.30}{2} - 0.76$$

$$e = 0.0218 \text{ mt}$$

Longitud en la base del muro A donde actúa presión positiva

$$A = 3 \cdot a > Bm = 3 \cdot 0.62 = 1.86 < 1.5$$

Por lo tanto debajo del muro no existen presiones negativas.

- Módulo de sección

$$S_x = \frac{1}{6} * B^2 * L$$

$$S_x = \frac{1}{6} * 1.3^2 * 1$$

$$S_x = 0.2817 \text{ mt}^3$$

Dónde:

Sx= Módulo de sección

B= Base

L= Franja de 1mt de muro

- Presión máxima y mínima

Presión máxima

$$q_{max} = \frac{W_{total}}{B * L} + \frac{W_{total} * e}{S_x}$$

$$q_{max} = \frac{7,272}{1.3 * 1} + \frac{7,272 * 0.0218}{0.2817}$$

$$q_{max} = 6,156 \text{ kg/m}^2$$

$$q_{max} = 6,156 \text{ kg/m}^2 < 15,000 \text{ kg/m}^2$$

Presión mínima

$$q_{min} = \frac{W_{total}}{B * L} - \frac{W_{total} * e}{Sx}$$

$$q_{min} = \frac{7,272}{1.3 * 1} - \frac{7,272 * 0.0218}{0.2817}$$

$$q_{min} = 4,988 \text{ kg/m}^2$$

$$q_{min} = 4,988 \text{ kg/m}^2 > 0 \text{ kg/m}^2$$

Se puede concluir que las dimensiones propuestas para el muro son correctas, y que cumplen con todas las condiciones de diseño.

#### 2.1.10.4. Tanque elevado de distribución de estructura metálica

El tanque de distribución tiene tres funciones básicas: cubrir la demanda de agua en las horas de mayor consumo, regular las presiones de la red de distribución, evitando el bombeo directo a la red y atender emergencias.

La altura mínima de un tanque elevado, debe ser aquella que a media capacidad produzca en la red de distribución la presión mínima recomendable de 10 metros columna de agua, para el caso más desfavorable.

En este caso se necesita que la salida de agua del tanque elevado, se encuentre a una altura de 12 metros sobre el nivel del terreno, para que el sistema de agua potable funcione y abastezca a todo el caserío La Ilusión, este será construido de estructura metálica.

Los tanques elevados son por lo general de forma cilíndrica, apoyándose al terreno por medio de una torre, la cual descansa a su vez en su cimentación. El cuerpo del tanque está conformado por cubierta, paredes y el fondo del tanque. Generalmente se construye con lamina de ¼ pulgadas. Además que cuente con las características siguientes:

- Fácil acceso para inspección, hermético.
- Entrada de tubería sobre nivel máximo de almacenamiento, para evitar que la entrada en un momento este sumergida.
- Salida de la tubería 10cm mínimo sobre el nivel del fondo, para evitar la succión de material pesado depositado en el fondo del tanque.
- Drenaje en el fondo del tanque, para fácil evacuación en los casos de limpieza.
- Accesorios de ventilación con su respectiva protección contra entrada de insectos.

El tanque debe contar con:

- Agujero de inspección de diámetro 24”.
- Dos coplas para entrada y salida de agua

- Escalera exterior con guarda de seguridad
- Respiradero
- Rebalse

#### Ventajas de los tanques metálicos para agua

Entre las ventajas más importantes pueden mencionarse

- Economía en consumo eléctrico en distribución por gravedad
- Conservación de agua y presión por la altura del tanque, inclusive cuando falta energía eléctrica.
- Conservación de la potabilidad del agua por oxigenación
- Menor inversión en construcción y operación de un tanque metálico elevado; al compararlo con un tanque elevado de concreto o con un tanque subterráneo con sistema de bombeo a presión.
- Facilidad de reparación, mantenimiento y limpieza general
- Facilidad de detección y control de fugas de agua
- Facilidad de desmontaje y recuperación de la estructura metálica hasta un 90%, aproximadamente.

#### **2.1.10.4.1. Volumen del tanque elevado**

El volumen de los tanques de almacenamiento o distribución, se calculará de acuerdo con la demanda real de las comunidades. Cuando no se tenga estudios de dichas demandas, el Instituto de Fomento Municipal (INFOM) y UNEPAR recomienda utilizar en sistemas por gravedad 25 a 40% del consumo medio diario estimado y en sistemas por bombeo de 40 a 65%.

Entonces en este caso se diseñará un tanque metálico elevado de distribución con una torre de altura de 12 metros.

Cuando el suministro de agua puede ser considerado seguro y continuo en la cantidad prevista en el proyecto, puede prescindirse del volumen de reservas. Resumiendo, el volumen total del tanque será:

- Para poblaciones menores de 1,000 habitantes, se propone un porcentaje bajo del consumo medio diario de la población.
- Para poblaciones entre 1,000 y 5,000 habitantes, el 40% del consumo medio diario, más un 10% para eventualidades.
- Poblaciones mayores de 5,000 habitantes, el 45 % del consumo medio diario, más un 10% para eventualidades.
- En el caso de sistemas por bombeo, la reserva mínima deberá ser del 40% al 65% de un día de consumo medio.

El caserío La Ilusión presenta una topografía relativamente plana, el tanque de distribución será elevado y de estructura metálica. Se tomó el 65% del caudal medio diario.

$$Volumen = Q_m * 86,400seg * 65\%$$

$$Volumen = 0.21 \text{ lts/seg} * 86,400seg * 0.65$$

$$P_{max} = 10,886.40 \text{ lts}$$

Dónde:

$P_{max}$ =Presión máxima

$D_p$ =Sobrepresión

$H_d$ =Diferencia de niveles entre tanques

Se propone un volumen de  $10m^3$ .

#### 2.1.10.4.2. Cubierta del tanque elevado

Puede diseñarse plana o de forma cónica, su función es cubrir el tanque de la intemperie pues este no está sometido a presión directamente por el líquido que contiene el tanque, en este caso se considera que la presión es nula, por lo que su espesor viene dado en la mayoría de los casos por efectos de corrosión. Se asume para todo el tanque un espesor mínimo por corrosión de  $1/8''$ , pero por razones comerciales se utilizara lámina de espesor  $1/4''$  para el techo. En ella se encuentra el acceso al interior del tanque y tiene además un área de ventilación.

Para este caso se diseñó una cubierta cónica, la cual tendrá una altura de  $1/5$  del diámetro del depósito y un espesor de  $t=1/4$  pulgada.

$$Cubierta = 1/5\phi$$

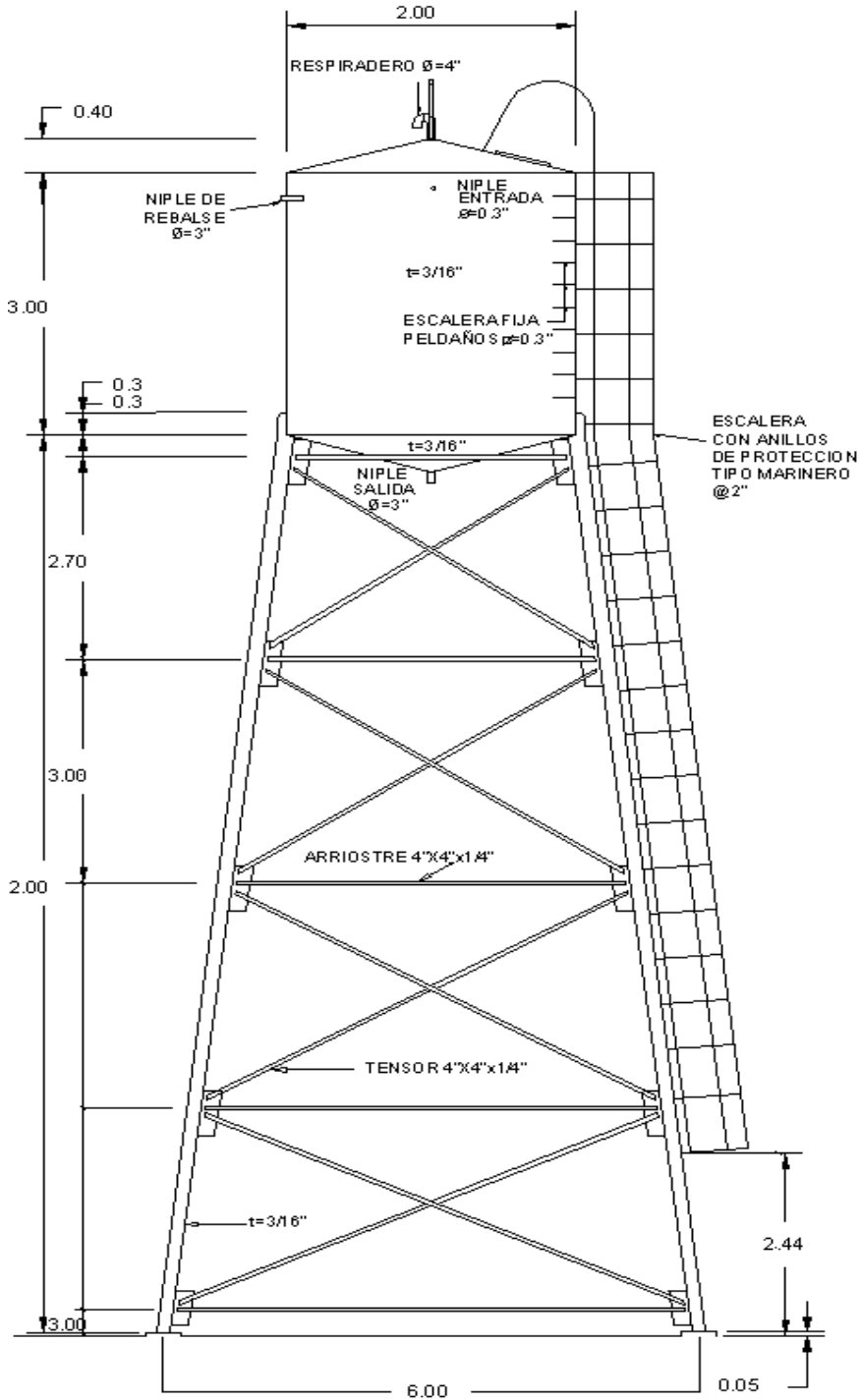
$$Cubierta = 1/5(2m)$$

$$Cubierta = 0.4m$$

Dónde:

$\phi$ = diámetro del cilindro

Figura 8. Esquema y dimensiones de tanque elevado



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.



### 2.1.10.4.3. Cuerpo del tanque elevado

Las paredes del cilindro y el fondo soportaran la presión ejercida por el agua. Para este caso se tomó como base un diámetro de 1 metro, determinando la altura del cilindro de la siguiente forma: el volumen de almacenamiento es de  $9.072\text{m}^3$  hay que descontar el volumen que va almacenar el cono del fondo del tanque que es de  $1.047\text{m}^3$ , quedando un volumen para el cuerpo del tanque de  $8.025\text{ m}^3$ .

$$H = \frac{VOL_{cilindro}}{\pi r^2}$$

$$H = \frac{8.025}{\pi(1)^2}$$

$$H = 2.5544 \text{ mts.} \approx 3 \text{ metros}$$

Tomando  $h=3$  metros para tener espacio de chequeo.

El esfuerzo para el cuerpo del tanque se determina por la siguiente ecuación:

$$S = 2.6 \text{ hd}/t$$

Incluyendo el factor de eficiencia de la soldadura  $\phi=0.85$

$$S = 2.6 \text{ hd}(\text{Sec } \theta)/\phi t$$

Despejando t

$$t = 2.6 \text{ hd}(\text{Sec } \theta)/\phi S$$

$$t = 2.6 (9.84)(6.56)(\text{Sec } 45^\circ)/(85)(15000)$$

$$t = 0.02506 + \frac{1}{8} \text{ por corrosion}$$

$$t = 0.1500 \text{ plg.} \approx 6/32 \approx 3/16$$

Dónde:

S= Esfuerzo unitario máximo (15,000 lbs. /plg<sup>2</sup>)

h= Altura del liquido 3 m = 9.85 pies

d= Sección analizada 2 m = 6.56 pies

□= Ángulo forma el fondo del tanque con la vertical de un punto cualquiera 45°

ø= Factor de eficiencia de soldadura = 0.85

d= Espesor en pulgadas

Se establece un espesor de ¼" debido a que es comercial

#### 2.1.10.4.4. Fondo del tanque elevado

El fondo tendrá forma de cono invertido para soportar mayores presiones. La altura del cono se calculará de la siguiente manera, la mitad del diámetro del tanque, que en este caso es de 2 metros de diámetro, pudiendo variar este valor.

$$H_{\text{ecuación}} = \varnothing/2$$

$$H_{\text{ecuación}} = 2/2$$

$$H_{\text{ecuación}} = 1 \text{ metro}$$

Diseño del fondo (cónico), según la siguiente fórmula:

$$S = 2.6 \text{ hd}(\text{Sec } \theta) / \phi t$$

Despejando t

$$t = 2.6 \text{ hd}(\text{Sec } \theta) / \phi S$$

$$t = 2.6 (13.12)(6.56)(\text{Sec}45^\circ) / (85)(15000)$$

$$t = 0.03341 + \frac{1}{8} \text{ por } corrosion$$

$$t = 0.1584 \text{ plg. } \approx 6/32 \approx 3/16$$

Dónde:

S= Esfuerzo unitario máximo (15,000 lbs. /plg<sup>2</sup>)

h= Altura del liquido 4 m = 13.12 pies

d= Sección analizada 2 m = 6.56 pies

□= Ángulo forma el fondo del tanque con la vertical de un punto cualquiera 45°

ϕ= Factor de eficiencia de soldadura = 0.85

d= Espesor en pulgadas

Se estable un espesor de 1/4".

#### 2.1.10.4.5. Diseño de paredes del tanque elevado

De acuerdo a las especificaciones del American Institute of Steel Construction (AISC), (Instituto Americano de Construcción en Acero), el espesor mínimo de las láminas es de  $t=1/4"$  o  $3/16"$ .

Encontrando las fuerzas actuantes en las paredes del tanque se tiene:

$$T = \frac{PxD}{2} \approx \frac{WxHxD}{2}$$

$$T = \frac{1000 \text{ kg} * 3\text{m} * 2}{2}$$

$$T = \frac{1000 \text{ kg} * 3\text{m} * 2}{2}$$

$$T = 3,000 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

Entonces:

$$P = \frac{2xT}{D}$$

$$P = \frac{2 * 3000 \text{ kg}}{2}$$

$$P = 1,500 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

#### 2.1.10.4.6. Diseño de la torre

Esto constituye el diseño de la estructura que soporta el peso del tanque, del agua y el peso propio de la torre. Su función es abastecer a toda la comunidad.

- Peso del tanque
  - Peso del agua =  $1,000 \text{ kg/m}^3 \times 10 \text{ m}^3 = 10,000 \text{ kg}$
  - Peso de la tapadera

$$Peso = A_{\text{tapadera}} * T_{\text{tapadera}} * P_{\text{acero}}$$

$$Peso = \pi r * \sqrt{h^2 + r^2} * T_{\text{tapadera}} * P_{\text{acero}}$$

$$Peso = \pi 1 * \sqrt{0.40^2 + 1^2} * 0.0032 \text{ m} * 7,800 \text{ kg/m}^3$$

$$Peso = 168.91 \text{ kg}$$

Dónde:

$$A_{\text{tapadera}} = \pi r * \sqrt{h^2 + r^2}$$

$$r = 1 \text{ m}$$

$$H = 0.40 \text{ m}$$

$$T_{\text{tapadera}} = 1/8'' = 0.0032 \text{ m.}$$

$$\text{Peso del acero} = 7,800 \text{ kg/m}^3$$

- Peso del cilindro

$$Peso = A_{cilindro} * T_{tapadera} * P_{acero}$$

Dónde:

$$A_{cilindro} = 2\pi rh$$

r= 1 metro.

$$T_{tapadera} = 1/8" = 0.0032 \text{ m.}$$

Peso del acero = 7,800 kg/m<sup>3</sup>

$$Peso = 2\pi rh * T_{tapadera} * P_{acero}$$

$$Peso = 2\pi(1m)(3m) * 0.0032 \text{ m} * 7,800 \text{ kg/m}^3$$

$$Peso = 933.86 \text{ kg}$$

- Peso del fondo

$$Peso = A_{fondo} * T_{tapadera} * P_{acero}$$

$$Peso = \pi r * \sqrt{h^2 + r^2} * T_{tapadera} * P_{acero}$$

$$Peso = \pi 1 * \sqrt{1^2 + 1^2} * 0.0032 \text{ m} * 7,800 \text{ kg/m}^3$$

$$Peso = 220.11 \text{ kg}$$

Dónde:

$$A_{\text{tapadera}} = \pi r * \sqrt{h^2 + r^2}$$

$$r = 1 \text{ m.}$$

$$H = 1 \text{ m.}$$

$$T_{\text{tapadera}} = 1/8" = 0.0032 \text{ m.}$$

$$\text{Peso del acero} = 7,800 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Peso del acero} = P_{\text{tapadera}} + P_{\text{cilindro}} + P_{\text{fondo}}$$

$$\text{Peso del acero} = 168.91 \text{ kg} + 220.11 \text{ kg} + 933.86 \text{ kg} = 1,322.88 \text{ kg}$$

$$\text{Peso del agua} = 10,000 \text{ kg}$$

$$\text{Peso total del tanque lleno con agua} = 11,322 \text{ kg} = 11.500 \text{ Ton.}$$

- Torre de soporte

Es el elemento estructural por el cual logra alcanzar altura el tanque. Está constituido por lo general por cuatro columnas, con una ligera inclinación y una serie de elementos diseñados a compresión y tensión; tales elementos aumentan la rigidez y disminuyen la esbeltez de las columnas. En este caso se calcularán las columnas con una inclinación del 25% con respecto de la altura del tanque, siendo de 12.00 metros.

$$L = H * 25\%$$

Dónde:

L= Distancia de inclinación con respecto al eje vertical

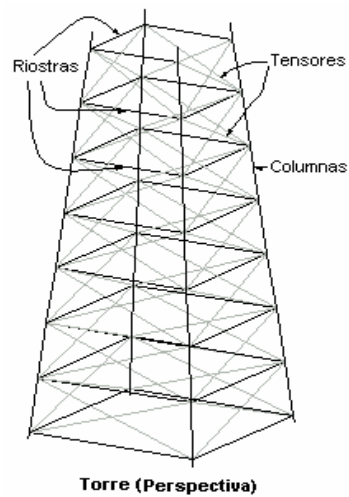
A= Altura de la torre del tanque= 12mts.

$$L = 12 * 25\%$$

$$L = 3 \text{ metros.}$$

Distancia entre pedestales = 6.0 metros.

Figura 9. **Perspectiva de la torre**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Calculando la carga por columna, se tiene que el peso total del tanque con agua dividido dentro de las cuatro columnas es de:

$$L = \frac{\text{Peso total}}{4}$$

$$L = \frac{11.500 \text{ Ton}}{4}$$

$$L = 2.875 \text{ Ton}$$



- Fuerza de sismo: La fuerza de sismo ( $F_s$ ) se considera el 20% del peso total de la estructura y se divide en las columnas que actúan en el mismo eje:

$$F_s = 20\% \text{ Peso total}$$

$$F_s = 20\% * (11.5 \text{ Ton})$$

$$F_s = 2.3 \text{ Ton}$$

Entonces:

$$P = \frac{F_s}{2}$$

$$P = \frac{2.3 \text{ Ton}}{2}$$

$$P = 1.15 \text{ Ton}$$

Dónde:

P: Carga de sismo en cada columna del mismo eje

$F_s$ : Fuerza de sismo actuando en el eje

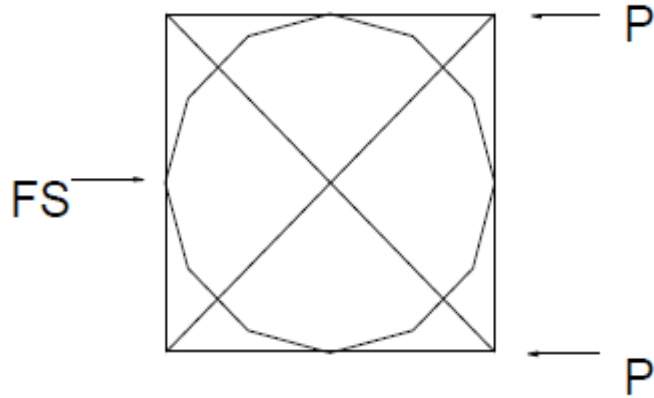
- Momento de sismo:

$$M_s = P \times h \text{ de la torre}$$

$$M_s = 1.15 * 12$$

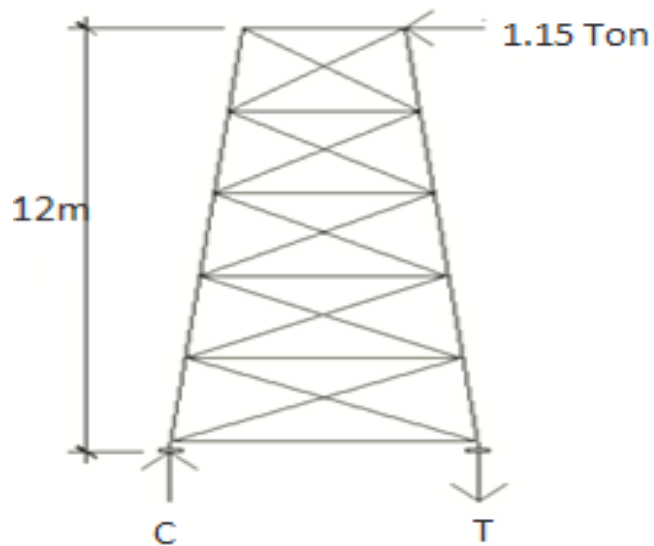
$$M_s = 13.8 \text{ Ton} - \text{mts.}$$

Figura 10. **Distribución de fuerza de sismo**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Figura 11. **Momento de sismo**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Se realiza la sumatoria de momentos en una de sus bases y se obtiene:

$$\sum M_c = 0$$

$$F_s * h - T * L = 0$$

$$T = 2 \text{ Ton}$$

Se realiza la sumatoria de fuerzas bases y se obtiene:

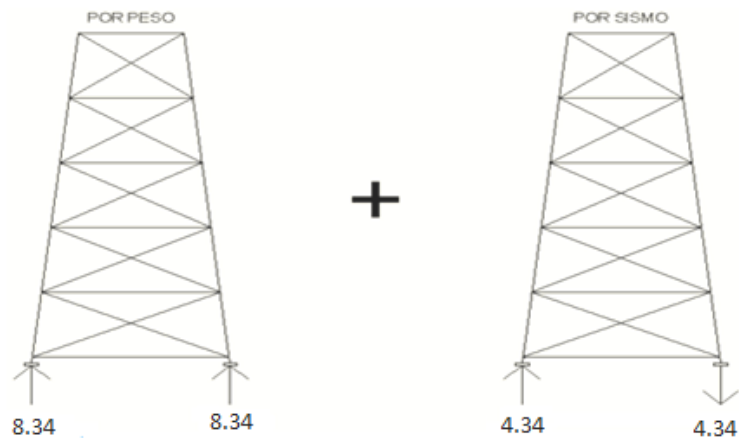
$$\sum Y_o = 0 + \uparrow$$

$$T_{Cr} + T = F_y$$

$$8.34 \text{ Ton} = F_y$$

$$4.34 \text{ Ton} = F_y$$

Figura 12. Sumatoria de fuerzas



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

- Diseño de columnas

Entre las ventajas más importantes de las columnas de tubo redondo se puede mencionar:

- Excelente resistencia a la torsión
- Igual rigidez en todas direcciones
- Bajo costo

Lo que hace que sea la sección más utilizada en este tipo de estructuras. El manual AISC contiene las dimensiones y especificaciones de la sección de tubo redondo y las clasifica en estándar, extra fuerte y doble extra fuerte.

Para diseñar una columna de acero se tiene la carga con que va a actuar y la longitud, se comienza con proponer una sección, con los datos de área (A) y radio de giro (r), luego se calcula la relación de esbeltez  $KL/r$ , con el dato de esbeltez se calcula el esfuerzo de compresión permisible  $F_a$ . Con estos datos se puede verificar si el elemento propuesto cubre la carga de diseño.

Cálculo de columnas con los siguientes datos:

Tubo redondo de = 6 pulgadas, cédula 40 y de las tablas del AISC

Carga de diseño = 8.34 Ton = 28.78 Kips

Área = 5.58 plg<sup>2</sup>

Radio de giro = 2.25 plg<sup>2</sup>

Longitud entre arriostres = 3m = 118.1 plg.

La relación de esbeltez donde  $K=1$  sería:

$$Esbeltex = \frac{KL}{r}$$

$$Esbeltex = \frac{1 * 118.1 \text{ plg}}{2.25 \text{ plg}}$$

$$Esbeltex = 52.48 \approx 53$$

Según el manual AISC, para una relación de esbeltez de 52.48  $\approx$  53 se obtiene un esfuerzo permisible:

$$Fa = 18.08 \text{ Ksi} \approx 18,080 \text{ lbs/plg}^2$$

Calculando la carga permisible se obtiene:

$$Pp = Fa * \text{Área}$$

$$Pp = 18.08 \frac{\text{Kips}}{\text{plg}^2} * 5.58 \text{plg}^2$$

$$Pp = 100.89 \text{ Kips}$$

$$Pp > Pdis$$

$$100.89 \text{ Kips} > 18.75 \text{ Kips}$$

- Diseño de tensores

Los tensores son piezas sujetas a tensión, al no existir peligro de pandeo el cálculo resulta de la división de la carga entre el esfuerzo de trabajo de

tensión del acero que resulta en el área neta de la sección transversal necesaria. El tipo de pieza dependerá del tipo de conexión en el extremo, el perfil será de tipo angular de lados iguales, utilizando las propiedades del manual AISC:

Perfil angular = L

Dimensiones = 4x4x1/4

Área= 1.94 plg<sup>2</sup>

$$T = \frac{P}{\cos\theta}$$

$$T = \frac{11.5 \text{ Ton}}{\cos 30^\circ}$$

$$T = 13.28 \text{ Ton}$$

Calculando la fuerza de sismo:

$$F_s = 60\% * F_y$$

$$F_s = 60\% * 36000$$

$$F_s = 21,600 \text{ psi}$$

$$F_s = 1.52 \text{ ton/mts}^2$$

Calculando el área requerida:

$$\text{Areq} = \frac{T}{F_s}$$

$$A_{req} = \frac{13.28 \text{Ton}}{1.52 \text{Ton/mts}^2}$$

$$A_{req} = 8.73 \text{ cm}^2$$

$$1.94 \text{plg}^2 * \frac{1 \text{pie}^2}{(12 \text{plg})^2} * \frac{1 \text{m}^2}{(3.28 \text{pie})^2} * \frac{(100 \text{cm})^2}{1 \text{m}^2} = 12.52 \text{cm}^2$$

Para comprobar la sección:

$$A_{sección} > A_{req}$$

$$12.52 \text{ cm}^2 > 8.73 \text{ cm}^2$$

- Diseño de pieza horizontal (arriostres)

La función de este elemento, al igual que el tensor, es contrarrestar la acción de la fuerza sísmica a compresión. Se propone una pieza, la cual será analizada por esfuerzos a compresión y flexión, aplicando la ecuación de combinación de esfuerzos.

Calculando los esfuerzos combinados con la siguiente fórmula:

$$\frac{-\frac{Ps}{A}}{-Fa} \pm \frac{\frac{Mc}{I}}{Fb} \leq 1$$

Dónde:

P=Carga de diseño o de sismo

A=Área de la sección

Fa=Esfuerzo unitario permisible

M=Momento actuante

C=Distancia del centroide a la fibra mas externa o radio externo

I= Momento de inercia

Fb=Esfuerzo de trabajo en flexión

Utilizando un angular de lados iguales con las siguientes características tabuladas en el manual AISC:

Dimensiones = 4x4x1/4

Cedula = 40

Área = 1.94 plg<sup>2</sup>

Peso por pie lineal = 6.6 lb

Radio de giro = 1.25 plg

Fibra extrema = 1.09 plg

Longitud (1er. Arriostre) = 5.75 mts = 226.32 plg = 18.86 pies

Momento de inercia = 3.04 plg

La carga de diseño resulta del análisis de la carga sísmica:

$$C_t \text{ Ton} = 8.34 \text{ Ton} = 16.68 \text{ Kips}$$

La relación de esbeltez

$$Esbeltez = \frac{KL}{r}$$

$$Esbeltez = \frac{1 * 226.32 \text{ plg}}{1.25 \text{ plg}}$$



$$Esbeltez = 181.056$$

Según el manual AISC, para una relación de esbeltez de 181.056 se tiene un esfuerzo permisible de 3.78 Ksi.

Calculando la carga permisible se obtiene

$$P_p = F_a * \text{Área}$$

$$P = 3.78 \frac{\text{Kips}}{\text{plg}^2} * 1.94 \text{ plg}^2$$

$$P = 7.33 \text{ Kips}$$

Análisis por combinación de esfuerzos:

$$M = M \text{ carga puntual} + M \text{ carga distribuida}$$

$$M = \frac{PL}{4} + \frac{WL^2}{8}$$

$$M = \frac{200 * 31.67 \text{ pies}}{4} + \frac{19.63 \frac{\text{lbs}}{\text{pies}} * 31.67 \text{ pies}}{8}$$

$$M = 158.5 + 2461.08$$

$$M = 4044.58 \text{ lbs.pies} = 4.04 \text{ kips.pies} = 48.5 \text{ kips} - \text{plg}$$

Aplicando la ecuación de combinación de esfuerzos:

$$\frac{-\frac{2.53}{1.94} \pm \frac{48.5 * 2.93}{17.4}}{3.73} \leq 1$$

$$-0.35 \pm 0.30 \leq 1$$

$$-0.05 \leq 1$$

$$-0.65 \leq 1$$

- Soldadura: La soldadura resiste aproximadamente 2,000lbs/plg, para calcular la longitud de soldadura de un miembro, se debe relacionar esta resistencia con la carga actuante en el miembro y la longitud disponible para la soldadura.

$$f = \frac{W_{H_2O}}{\text{perimetro}}$$

$$f = \frac{113,228.00}{2\pi * 1}$$

$$f = 18,020.80 \frac{kg}{ml} = 1,007.26 \frac{lb}{plg}$$

$$2,000 \frac{lbs}{plg} > 1,007.26 \frac{Lbs}{plg}$$

- Diseño de pernos

La resistencia del acero en corte es aproximadamente 10,000 lbs/plg<sup>2</sup>, para calcular la resistencia de los pernos de un diámetro determinado, los cálculos se reducen a la división de la carga actuante en el miembro y la resistencia máxima del acero en corte:

El caso más crítico para analizar es cuando el tanque se encuentra vacío:

Pernos para tensores:

$$A_{req} = \frac{T}{F_c}$$

Dónde:

$A_{req}$  = Área neta necesaria

$F_c$  = Esfuerzo permisible de corte = 10,000 lb/plg<sup>2</sup>

$T$  = Carga actuante = 13.28

$$A_{req} = \frac{13.28 * 2.204}{10}$$

$$A_{req} = 2.93 \text{ plg}$$

Según el Manual de AISC, un perno de 1 3/8" tiene un área de 1.48 plg, por lo tanto:

$$\text{No. de tornillos} = \frac{2.93 \text{ plg}}{1.48 \text{ plg}}$$

$$\text{No. de tornillos} = 1.97 \approx 2 \text{ tornillos de } 1 \frac{3}{8}''$$

#### 2.1.10.4.7. Diseño de cimentación

Este diseño constituye elementos estructurales cuya misión es transmitir las cargas de la edificación o elementos apoyados a este al suelo

- Valor soporte del suelo

Para encontrar el valor soporte del suelo, se debe tomar muestras en el lugar donde se colocará el tanque elevado, para luego evaluarlas en el laboratorio, para el presente análisis se hace referencia que los datos a utilizar son en referencia a estudio de suelo realizado por la municipalidad de Sololá 2009, en el cantón Chuiquel, a 8 km de distancia.

$$V_s = \text{Valor soporte del suelo} = 12 \text{ T/m}^2$$

- Diseño de pedestal

Los pedestales se utilizan frecuentemente como elementos de transición entre las columnas metálicas y las zapatas. Las razones más comunes para el uso de pedestales solo las siguientes:

- Distribuir la carga en la parte superior de la zapata, esto puede aliviar la intensidad de la presión de apoyo en la zapata o simplemente puede permitir una zapata más delgada, con menor esfuerzo.
- Permite también que la columna esté elevada sobre el suelo y tenga contacto directo con el mismo evitando así la corrosión.

Para el diseño de este elemento se consideran las dimensiones de la placa, se dará un ancho de 0.40 m y una altura de  $3 \cdot a$ , donde  $a$  es el ancho, entonces  $h = 1.20$ .

Se debe determinar si la columna (pedestal) es corta, intermedia o larga, mediante la relación de esbeltez. El manual ACI señala los siguientes parámetros:

- Si  $E < 21$                       Columna corta
- $21 < E < 100$                       Columna intermedia
- $E > 100$                       Columna larga

La relación de esbeltez resulta del cálculo mediante la fórmula:

$$\text{Esbeltez} = \frac{KLu}{r}$$

Dónde:

K = Factor de pandeo = 1

Lu = Longitud libre entre apoyos (m).

R = Radio de giro de la sección (m).

En el Manual ACI, se especifica  $r=0.3b$  para columnas cuadradas o rectangulares y  $r=0.25\emptyset$  para columnas circulares

$$\text{Esbeltez} = \frac{1 * 1.20}{0.30 * 0.40}$$

$$\text{Esbeltez} = 10$$

- Armado de pedestal: el diseño del pedestal se obtiene mediante la fórmula del ACI para el cálculo de resistencia última a compresión pura en la columna, que es:

$$P_u = \phi * (0.85 * f'c(Ag - As) + Fy * As)$$

Dónde:

$P_u$  = Resistencia última de la columna (kg)

$\phi$  = factor de compresión igual a 0.70

$A_g$  = Área de la sección de la columna ( $\text{cm}^2$ )=40\*40=1,600 $\text{cm}^2$

$A_s$  = Área de acero ( $\text{cm}^2$ )

$F'c$  = Resistencia nominal del concreto ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )

$F_y$  = Resistencia a fluencia del acero ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )

Se probará con el  $A_{smin}$  para la cual el Manual de ACI indica el 1% del área de la sección de la columna.

$$A_{smin} = 1\% A_g$$

$$A_{smin} = 0.01 * 1,600 \text{cm}^2$$

$$A_{smin} = 16 \text{cm}^2$$

$$P_u = 0.70 * (0.85 * 210(1600 - 16) + 2800 * 16)$$

$$P_u = 229,280 \text{kg}$$

$$P_u = 504,417.76 \text{lbs}$$

Para el refuerzo por corte, el Manual de ACI señala un espaciamiento mínimo, igual o menor a la mitad del diámetro efectivo, con un recubrimiento mínimo de 5cms.

$$s > \frac{d}{2}$$

$$s > \frac{40 - 2.5 * 2}{2}$$

$$s > 17.5$$

Se propone un espaciamiento igual o menor a 15 cms. Entonces el armado propuesto para cada pedestal es:

$$8No.5 + Est.No.3 @ 0.10$$

- Diseño de zapata

El diseño de una zapata se basa en principalmente en las fuerzas laterales, con criterio conservador en el diseño, encontrando una fuerza resultante  $F_s$  aplicada a una altura  $H$ ; esta fuerza dará lugar a un momento flector respecto a la base, que producirá esfuerzos de tensión sobre las columnas del lado en que se considere que actúa la fuerza lateral y a compresión sobre las columnas opuestas.

Para el cálculo de la estabilidad, primero se obtendrá el momento de volteo respecto a la base de apoyo:

$$M_v = F_s * H_o$$

$$M_e = P_T * L$$

Dónde:

Mv=momento de volteo (ton-m)

Me=momento estabilizante (ton-m)

Fs=fuerza de sismo= 10%PT

H=altura de la base del pedestal de la zapata a la mitad del depósito=13.5m

PT=peso total de la estructura

L=separación entre las columnas=6m

Al existir fuerzas laterales actuando, estas provocan el momento de volteo este momento provoca el desplazamiento del peso de la estructura del eje de soporte a una distancia Xu.

$$X_u = M_v / P_T$$

La estabilidad permanecerá asegurada si se cumple con la siguiente condición:

$$X_u < (L/6)$$

Donde L es el diámetro a centro de las columnas, también cuando la relación entre el momento estabilizante y momento de volteo sea mayor o igual a 1.5.

CE=Coficiente de estabilidad  $\geq 1.5$

CE=Me/Mv

Peso de la estructura:

Peso del pedestal=volumen \*  $\delta$  concreto

Peso del pedestal=(0.40 m\*0.40 m\*1.20 m)\*2400 kg/m<sup>3</sup>=460.8 kg.



$$PT = P_{\text{depositio}} + P_{\text{torre}} + P_{\text{pedestal}}$$

$$PT = 11,500 \text{ kg} + 460.8 \text{ kg} = 11,960.8 \text{ kg} = 12 \text{ ton}$$

Verificación por volteo:

La carga del sismo se toma como  $F_s = 10\%PT$

$$F_s = 10\% (12) = 1.2 \text{ ton}$$

$$M_v = F_s * H_o$$

$$M_v = 1.2T * 13.5m$$

$$M_v = 16.2T - m$$

$$M_e = PT * L$$

$$M_e = 12T * 6m$$

$$M_e = 72T - m$$

$$X_u = M_v / PT$$

$$X_u = 16.2T - m / 12T$$

$$X_u = 1.35m$$

Calculo de cargas:

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

$$L = 0.40 \text{ (ancho del pedestal)}$$

$$\text{Peso del cuerpo del tanque} = 1,322.88 \text{ kg}$$

$$\text{Peso del líquido} = 10,000 \text{ kg}$$

$$\text{Carga muerta} = 1.322 T / 4 = 0.3T$$

$$\text{Carga viva} = 10 T / 4 = 2.5 \text{ ton}$$

Diseño de zapatas:

$$A_{zapata} = P_t / V_s$$

$P_t$  = Carga de trabajo

$V_s$  = Valor soporte del suelo = 12 T/m<sup>2</sup> (Referencia a estudio de suelo realiza por la municipalidad de Sololá 2009, en cantón Chuiquel, a 8 km de distancia)

$$A'_{zapata} = (CM + CV) / V_s$$

$$A_{zapata} = (0.30 + 2.5) / 15 = 0.23 \text{ m}^2$$

$$A_{zapata} = \text{factor} * A'_{zapata}$$

Factor es igual a un 20% de incremento por flexión entonces:

$$A_{zapata} = 1.20 * 0.23 = 0.28 \text{ m}^2$$

$$L = \sqrt{A_{zapata}} = \sqrt{0.28} = 0.53 \text{ m} \approx 0.75 \text{ m}$$

Carga de diseño:

$P_d$  = Carga de diseño

$$P_d = P_u / A_{zapata}$$

$$P_u = (1.4CM + 1.7CV)$$

$$P_u = ((1.4 * 0.3) + (1.7 * 2.5)) = 4.67 \text{ T}$$

$$P_d = 4.67 \text{ T} / 0.28 \text{ m}^2 = 16.67 \text{ T/m}^2$$

Verificación por flexión:

$$V_c = 0.85 * 0.53 * (\sqrt{f'_c}) * b * d$$

$$V_u = P_d * A$$

$$A = L * d$$

$V_c$  = Resistencia última del concreto por corte

$V_u$  = Esfuerzo de corte actuante

Chequeo:  $V_c > V_u$

$$V_c = 0.85 * 0.53 * (\sqrt{210}) * 75 * (d/1000)$$

$$V_c = 469.63 * (d/100)$$

$$V_u = 16.67 * 0.75 * (((0.75 - 0.20)/2) - (d/100))$$

$$V_u = 12.5 * (0.28 - d/100)$$

$$d = 0.20 \text{ m} = 20 \text{ cm}$$

$$V_c = 93.99 \text{ T}$$

$V_u = 0.01 \text{ T}$ , la condición si cumple  $V_c > V_u$

Verificación por punzonamiento:

$$V_c = 0.85 * 1.06 * b * d * (\sqrt{f'_c})$$

$$V_u = P d * (A_{zapata} - A_{pz})$$

$$d = t - \text{recubrimiento} - (\Phi/2)$$

$$t = 35 \text{ cm}$$

$$\Phi = 5/8" = 1.59 \text{ cm.}$$

$$d = 35 - 5 - (1.59/2) = 29.205 \text{ cms}$$

$b_o$  = Perímetro punzonante

$$b_o = 4 * (37.5 + d)$$

$$b_o = 4 * (37.5 + 29.205) = 266.82 \text{ cm}$$

$$A_{\text{punzonamiento}} = ((37.5 + d/2)/100)^2$$

$$A_{\text{punzoanmiento}} = ((37.5 + 14.6)/100)^2 = 0.27 \text{ m}^2$$

$$V_c = 0.85 * 1.06 * (d/1000) * b_o * (\sqrt{210})$$

$$V_c = 0.85 * 1.06 * (29.205/1000) * 266.82 * (\sqrt{210}) = 101.74 \text{ T}$$

$$V_u = P d * (A_{zapata} - A_{\text{punzonamiento}})$$

$$V_u = 16.67 * ((0.75 * 0.75) - (0.27)) = 4.88 \text{ T}$$

Si chequea  $V_c > V_u$

Diseño de acero de refuerzo:

$$M = Pd * (L^2 / 2)$$

$$L = (l/2 - n/2)$$

Dónde:

$l/2$  = longitud media de la zapata =  $0.75/2 = 0.375$  m

$n/2$  = longitud media de la sección de la columna (pedestal) =  $0.40/2 = 0.20$  m

$$M = 16.67 * (0.375^2 - 0.20/2) = 0.6772 T = 677.21 \text{ kg}$$

$$A_{smin} = 14.1 * b * d / f_y = 14.1 * 100 * 29.205 / 2810 = 14.65 \text{ cm}^2$$

El armado se hará con varillas no.6 @ 0.10m en ambos sentidos tomando en cuenta el factor de seguridad, utilizando una zapata de 0.75x0.75m con un peralte de 0.35 m.

#### **2.1.10.5. Red de distribución**

Es la tubería que distribuye el agua a los puntos de toma, en el presente caso se denomina conexiones prediales. Las tuberías de la red de distribución salen del tanque de distribución formando una red de ramales abiertos. Para el diseño de la red es necesario considerar los criterios siguientes:

- Garantizar el buen funcionamiento durante el periodo de diseño, de acuerdo con el consumo máximo horario.

- La distribución de caudales debe hacerse mediante criterios lógicos y ordenados, que estén acorde con el consumo y futuro crecimiento de la localidad.
- La red de distribución se debe dotar de accesorios y obras de arte necesarias, para garantizar el correcto funcionamiento; esta debe incluir contadores para la medición del consumo por ser este un proyecto de bombeo.

Por la forma y principio hidráulico, la red que se utilizará será una red ramificada o abierta, la cual constituye en forma de árbol; se recomienda cuando las casas están dispersas. Se dice que una red de distribución es abierta cuando existen ramales abiertos que parten de la tubería o línea central de distribución. El diseño de la red deberá contemplar el posible desarrollo futuro de la comunidad, con el fin de promover facilidad de ampliaciones.

Es necesario terminar los ramales abiertos en puntos de consumo, para evitar estancamientos indeseables; de lo contrario, se deberá proveer de una válvula de compuerta para la limpieza de esta tubería. Este método se utiliza cuando el circuito no se puede cerrar, debido a condiciones topográficas o por la economía del proyecto. Para diseñar la red de distribución, se tomaron en cuenta las siguientes consideraciones:

- Presión estática en la tubería

Se produce cuando todo el líquido de la tubería y del recipiente que la alimenta está en reposo. Es igual al peso específico del agua multiplicado por la altura a que se encuentra la superficie libre del agua en el recipiente. La máxima presión estática que soportan las tuberías de 160 PSI = 90 m.c.a., teóricamente puede soportar más, pero por efectos de seguridad, si hay

presiones mayores que la presente, es necesario colocar una caja rompe presión o tubería de 250 PSI o HG.

En la red de distribución, la máxima presión estática permitida es de 80 m.c.a., ya que a mayores presiones fallan los empaques de válvulas y grifería, a menos que sea necesario utilizar presiones mayores por necesidad de salvar puntos altos.

- Presión dinámica en la tubería

Cuando hay movimiento de agua, la presión estática modifica su valor, que se disminuye por la resistencia o fricción de las paredes de la tubería; lo que era altura de carga estática, ahora se convierte en altura de presión más pequeña, debido al consumo de presión, conocida como pérdida de carga. La energía consumida o pérdida de carga varía, respecto de la velocidad del agua y en proporción inversa al diámetro de la tubería. La presión en un punto A es la diferencia entre la cota piezométrica del punto A y la cota de terreno de ese punto. La menor presión dinámica que puede haber en la red de distribución es de 10 m.c.a., que es la necesaria, para que el agua pueda subir con cierta presión a las llaves de chorro. Se pueden tener presiones hasta 7 m.c.a., siempre que sea debidamente justificado. La presión máxima sugerida es de 40 m.c.a., pudiendo exceder este límite siempre y cuando se tengan razones justificadas para hacerlo.

- Línea piezométrica

Es la forma de representar gráficamente los cambios de presión en la tubería. Esto indica, para cada punto de la tubería, 3 elementos: la distancia que existe entre la línea piezométrica y la presión estática en cada punto, que

representa la pérdida de carga o de altura de presión que ha sufrido el líquido, a partir del recipiente de alimentación, es decir, el tanque de distribución hasta el punto de estudio, o la distancia entre la línea piezométrica y la tubería representa el resto de presión estática, es decir, la presión que se mediría si se pone en el momento del flujo un manómetro en ese punto. Esta presión está disponible para ser gastada en el recorrido del agua dentro de la tubería. Y la pendiente de la línea piezométrica representa la cantidad de altura de presión que está consumiendo por cada unidad de longitud en metros, que recorre el agua. Cuanto mayor sea la velocidad, mayor será el consumo de presión por metro de tubería.

- Verificación de velocidades

En todo diseño hidráulico, es necesario revisar la velocidad del líquido, para ver si éste se encuentra entre los límites recomendados. Para diseño de sistemas de abastecimiento de agua con material en suspensión, sedimentable o erosivo, se consideran los límites de velocidad desde 0.40 m/s hasta 3 m/s máxima. Si se trata de agua sin material sedimentable o erosivo, no hay límite inferior, y se dará lo que resulte del cálculo hidráulico. El límite superior se fijará solamente en precaución a la sobre presión, que se debe al golpe de ariete.

Para el caudal de diseño de la red de distribución deberá hacerse el cálculo y la comparación de caudales unitarios con caudales simultáneos, tomando el mayor de los dos, o en su caso tomando el caudal de hora máximo.

- Caudal instantáneo: es el caudal que se basa en la probabilidad que se utilice al mismo tiempo solamente un porcentaje del número de viviendas de un ramal. El caudal instantáneo en ningún caso será menor a 0.20lts/seg.

El caudal está dado por la ecuación:

$$Q_i = k\sqrt{n-1}$$

Dónde:

Q<sub>i</sub>=Caudal instantáneo

N=Número de viviendas

K=0.15; (0-55 viviendas)

K=0.20; (más de 55 viviendas)

- Caudal de vivienda: Es el caudal que se basa en la cantidad de agua que consume una vivienda en un ramal determinado.

$$Q_v = \frac{\text{Caudal de distribución}}{\text{total de viviendas}}$$

Se calculará un tramo de la distribución del tanque de distribución hacia el ramal uno, por ser este un tramo inicial el caudal a conducir será el de hora máxima:

- Datos para el cálculo del tramo:

Cota inicial = 1097

Cota final = 1074.278

L= 355.94

Q= 0.525 lts/seg

C (PVC) = 150

- Cálculo de la carga disponible



La carga disponible es la diferencia de cotas entre niveles.

$$H = C_o - C_f \qquad H = 1097 - 1074.278$$
$$H = 22.722$$

- Cálculo de diámetro teórico de la tubería

$$D = \sqrt[4.87]{\frac{1743.811141 * L * Q^{1.85}}{C^{1.85} * H_f}}$$
$$D = \sqrt[4.87]{\frac{1743.811141 * 355.94 * 0.525^{1.85}}{150^{1.85} * 22.722}}$$
$$D = 0.95''$$

La tubería que se utilizará será de PVC de 160 PSI con diámetro nominal de 1 ¼".

- Cálculo de pérdidas por fricción

$$H_f = \frac{1743.811141 * L * Q^{1.85}}{C^{1.85} * D^{4.87}}$$
$$H_f = \frac{1743.811141 * 355.94 * 0.525^{1.85}}{150^{1.85} * 1.532^{4.87}}$$
$$H_f = 2.34 \text{ mts}$$

- Cálculo de la velocidad en la tubería seleccionada

$$V = \frac{1.974 * Q}{D^2}$$

$$V = \frac{1.974 * 0.525}{1.532^2}$$

$$V = 0.4415 \text{ mts/seg}$$

- Cota piezométrica

$$P_z = C_o - H_f$$

$$P_z = 1097 - 2.34$$

$$P_z = 1094.66 \text{ mts}$$

Dónde:

$P_z$ = Cota Piezométrica

$C_o$ = Cota inicial del terreno

$H_f$ = Pérdidas por fricción en la tubería

- Cálculo de la presión hidrodinámica

$$P_{HD} = P_z - C_f$$

$$P_{HD} = 1094.66 - 1074.278$$

$$P_{HD} = 20.38 \text{ mts}$$

Dónde:

$P_{HD}$ = Presión hidrodinámica

$C_f$ = Cota final del terreno

- Cálculo de la presión estática

La presión estática para este tramo es equivalente a la diferencia de alturas 22.722 mts.

Este procedimiento se repite para toda la red de distribución, con la diferencia que se deberán de evaluar el caudal instantáneo, el caudal de vivienda con el caudal de diseño y utilizar el mayor de los tres, (ver anexo; tabla de diseño hidráulico).

#### **2.1.10.6. Sistema de desinfección**

Desinfección es el procedimiento de destrucción de microorganismos patógenos presentes en el agua, mediante la aplicación directa de medios físicos y químicos para obtener agua potable.

El sistema de desinfección mínimo que se le debe de dar al agua para consumo humano, es de control sanitario y generalmente se aplica para comunidades del área rural, con fuentes provenientes de manantiales, donde el caudal requerido no es muy grande.

La filtración es un método físico, aunque por sí solo no garantiza la calidad del agua. La ebullición es otro método que destruye gérmenes nocivos que suelen encontrarse en el agua; los rayos ultra violetas es otro método pero tienen muy alto costo. Los métodos más empleados para desinfección son: el yodo, la plata y el cloro, siendo este último el más recomendado.

En este caso la desinfección se realizará mediante el uso de cloro, ya que es efectivo, económico y fácil de utilizar. El cloro es un poderoso desinfectante, que tiene la capacidad de penetrar en las células y de

combinarse con las sustancias celulares vivas, y es el más común en sistemas de acueductos rurales.

Para este sistema se propone usar tabletas de hipoclorito de calcio  $\text{Ca}(\text{ClO})_2$  con no menos del 65% de ingredientes activo y con las siguientes dimensiones para cada tableta: diámetro de 3 1/8", alto 1 1/4" y un peso de 300 gramos.

El funcionamiento deberá ser automático, sin partes móviles, sin requerir energía eléctrica, y deberá permitir el flujo de agua a través de las tabletas de hipoclorito de calcio para formar la solución. El rango de flujo a través del clorador deberá estar entre 5 y 20 galones por minuto.

Sus dimensiones aproximadas deberán ser de 0.30 metros de diámetro y 0.90 metros de alto. Deberá instalarse en una caja a la entrada del tanque de distribución, y graduarse el flujo para que permita que la cantidad de cloro residual en el punto más alejado de la red de distribución, esté entre 0.7 y 1.5 partes por millón.

La caja para el hipoclorador tiene como finalidad proteger al clorador y deberá tener una tapadera de registro con pasador y candado. Sus dimensiones interiores deben de ser de 1.00x1.00 metros en planta y 1.00 metro de altura. El cloro residual que debe existir dentro de la tubería es de 1.538 kg/m<sup>3</sup>.

La bomba dosificadora debe estar localizada en un área que permita las conexiones convenientes, tanto para el tanque de almacenamiento químico como con el punto de inyección. Hay que evitar temperaturas continuas superiores a 40°C.

Según la Norma COGUANOR 29001, como tratamiento preventivo contra las bacterias y virus, la cantidad mínima de cloro que se le debe aplicar al agua es de 2 p.p.m. (partes por millón), es decir, 2 gramos por metro cúbico de agua.

Para calcular el flujo de cloro (FC) en gramos/hora se utiliza la siguiente fórmula:

$$FC = Q \times DC \times 0.06$$

$$FC = 19.2 \times 2 \times 0.06$$

$$FC = 2.30 \text{ gr/hr}$$

Dónde:

Q = caudal de agua conducida, (0.32 L/s) = 19.2 l/m

DC = demanda de cloro, 0.2 mg/L

Luego se hace la conversión a l/min, de donde se obtienen los siguientes resultados FC = 0.99 l/m. Luego, se procede a calcular el tiempo que se necesita para llenar un recipiente de un litro utilizando la siguiente fórmula:

$$t = 60/FC$$

$$t = 60/0.99$$

$$t = 60.60 \text{ s}$$

Dónde:

t = tiempo de llenado de un recipiente de un litro en segundos

FC = flujo de solución de cloro (0.99 l/m)

El tiempo que un recipiente de un litro debe de llenarse completamente es de 60.60 seg. El flujo de cloro del hipoclorador es de 2.30 gr/hrs, entonces la cantidad de tabletas que consumirá en un mes son:

$$\text{Cantidad de tabletas por mes} = 2.30 \frac{\text{gr}}{\text{hr}} * \frac{24 \text{ hrs}}{1 \text{ dia}} * \frac{30 \text{ dias}}{\text{mes}}$$

$$\text{Cantidad de tabletas por mes} = 1,656 \frac{\text{gr}}{\text{mes}} * \frac{1 \text{ tableta}}{300 \text{gr}}$$

$$\text{Cantidad de tabletas por mes} = 5.52 \approx 3 \text{ tabletas por mes}$$

#### **2.1.10.7. Obras de arte**

Una vez hecho el análisis y haber definido tentativamente las estructuras que han de constituir el sistema de abastecimiento de agua, se procederá al diseño de las obras complementarias al sistema.

Una línea de conducción está constituida por la tubería que conduce agua desde la obra de captación hasta el tanque de almacenamiento, así como de las estructuras, accesorios, dispositivos y válvulas integradas al sistema.

#### **2.1.10.8. Válvulas**

Válvula de compuerta: sirven para aislar en determinado momento alguna sección del sistema, con el fin de efectuar alguna reparación, inspección o mantenimiento. Estarán enterradas y protegidas por cajas de mampostería de piedra con tapaderas de concreto reforzado. Se colocó válvula de compuerta en la salida del tanque de almacenamiento.

### **2.1.10.9. Conexiones prediales**

Se entiende por conexión predial cada servicio que se presta a una comunidad, a base de grifo instalado fuera de la vivienda, pero dentro del predio o lote que ocupa. Este tipo de servicio es el más recomendable desde el punto de vista de higiene y salud para el área rural, tomando en cuenta a la vez, razones económicas. La instalación predial se recomienda para comunidades rurales concentradas y dispersas con nivel socioeconómico regular. Los elementos de la conexión están:

- Elementos de medición y control: llave de paso y compuerta
- Elementos de conducción: tuberías

### **2.1.10.10. Evaluación de Impacto Ambiental**

Este término define la alteración del ambiente por la causa de implementación de un proyecto, por lo tanto los factores a alterarse son: el sistema de elementos bióticos, abióticos, socioeconómicos, culturales y estéticos que interactúan entre si, en permanente modificación por la acción humana o natural y que afectan o influyen sobre las condiciones de vida de los organismos, incluyendo al ser humano. Existen regiones bien definidas del medio ambiente terrestre: la corteza rocosa y montañosa de la tierra y forman la llamada litosfera, los gases circundantes que rodean a la tierra y forman la llamada atmosfera, la hidrosfera que incluyen el agua de los lagos, ríos, mares y depósitos subterráneos al igual que el agua en forma de nieve y hielo; estas regiones están relacionadas entre si y forman el medio ambiente normal del ser humano y se citan en conjunto con el termino ecosfera. En este contexto el concepto ambiente incluye el conjunto de factores físicos, sociales, culturales y estéticos en relación con el individuo y la comunidad.

El impacto ambiental en su más amplio sentido, es causado por la presencia de un proyecto que puede provocar efectos positivos como negativos. El procedimiento para la evaluación del impacto ambiental, tiene como objetivo determinar la relación que existe entre el proyecto propuesto y el ambiente en el cual va a ser implementado. Esto se lleva a cabo considerando la mayor cantidad de información disponible sobre diversos aspectos técnicos, legales, económicos, sociales y ambientales que permitan un juicio sobre su factibilidad y aceptabilidad.

Para la evaluación del impacto ambiental se han propuesto numerosos métodos, muchos de los cuales surgieron al inicio de la década del setenta. A lo largo del desarrollo del proyecto se realizarán actividades como: tala de árboles, chapeo, desmonte y zanjeo para la construcción de los componentes tales como las obras de arte, el tanque de captación, el tanque de bombeo, la línea de impulsión y la línea de distribución.

En forma general se describe la contaminación del medio ambiente como la presencia de elementos de origen químico, físico y biológico los cuales pueden ser nocivos a los seres vivos. Además, pueden degradar la calidad de atmosfera, del agua, del suelo, recursos naturales y bienes culturales en general. La contaminación se puede dar por:

- Contaminantes físicos: son contaminantes inertes, algunos de estos tienen un origen natural como los sedimentos que son ocasionados por la erosión de los suelos producida durante las lluvias, tendríamos también todos los desperdicios y desechos generados durante la construcción y funcionamiento del proyecto, estos son de origen humano.



- Contaminantes químicos: incluyen compuestos orgánicos e inorgánicos disueltos o dispersos. Los contaminantes orgánicos provienen de descargas domésticas, agrícolas e industriales, pero en nuestro caso particular son desperdicios que contiene sustancias diversas disueltas tales como: las sales metálicas solubles, tal es el caso de las sales metálicas como cloruros, sulfatos, nitratos, fosfatos, carbonatos, también los desechos ácidos, bases y gases tóxicos disueltos. Los ácidos pueden ser mortales para la vida acuática y originan la corrosión de metales y el desgaste fisicoquímico del concreto.
- Contaminantes biológicos: aquí se incluyen bacterias y virus que producen enfermedades. Ciertas bacterias son inofensivas y otras participan en la descomposición de compuestos orgánicos. Las bacterias y los virus indeseables son los que producen enfermedades tales como la tifoidea, la difteria, la poliomielitis, la hepatitis y el cólera. Generalmente se asume que los miembros de la comunidad y los trabajadores del proyecto son capaces de contaminar el aire y el agua a utilizar con agentes infecciosos, desafortunadamente la identificación de agentes infecciosos específicos en los abastecimientos de agua, requieren del análisis de una innumerable cantidad de muestras continuamente, mediante la utilización de sofisticados métodos generalmente basados en técnicas estadísticas como el número más probable. Estos métodos determinan el número más probable de bacterias intestinales que se encuentran en una muestra de agua dada. Estos organismos no son patógenos, pero su concentración es un indicador de la posible contaminación patógena de un determinado abastecimiento de agua.
- Contaminación auditiva: la descripción física del ruido es cualquier sonido indeseable aunque este es un concepto subjetivo, porque lo que puede

parecer agradable para una persona, para otra no lo será. De todos modos los atributos que distinguen entre un sonido deseado y otro desagradable, el que por regla general es considerado como el más significativo es la intensidad. Cualquier ruido mayor de 80 decibeles ocasiona sobre el ser humano estrés y pérdidas auditivas.

- Contaminación visual: se refiere a la alteración de las áreas naturales por desmonte, chapeo, tala de árboles, zanjeo y en general por la construcción de todos los elementos que componen al proyecto.

#### **2.1.10.11. Elaboración de planos**

Es el proceso de elaboración de la representación gráfica del proyecto, para el presente estudio se elaboraron los planos de planta-perfil de la línea de conducción y red de distribución, plano de captación de manantial, plano y detalles de tanque de almacenamiento, tanque elevado de distribución, detalle de caja de válvulas, conexiones prediales, paso de zanjón, y caseta de bombeo.

Se elaboraron 13 planos:

- Planta conjunto
- Planta-perfil; línea de conducción
- Planta-perfil; línea de distribución E-17 a E-28
- Planta-perfil; línea de distribución E-28 a E-45
- Planta-perfil; línea de distribución E-28 a E-35
- Detalle captación de brote definido
- Detalle de tanque de almacenamiento 12m<sup>3</sup>
- Paso de zanjón
- Detalle tanque elevado de distribución 10m<sup>3</sup>

- Detalle conexiones prediales
- Detalle caseta de bombeo
- Detalle caja para válvulas

#### **2.1.10.12. Elaboración de presupuesto**

Es el proceso mediante el cual, se determina el costo total de un proyecto antes de su ejecución, desglosando el costo de las diferentes actividades que se llevan a cabo para su realización, y cada elemento que integra el mismo.

La valoración total del proyecto se obtiene partiendo del precio unitario fijado para las unidades base por la cantidad que se utilizará de estas; dato que se obtiene de la cuantificación de materiales y mano de obra, utilizando un 28% de indirectos, (ver anexos).

#### **2.1.10.13. Programa de operación y mantenimiento**

La operación y mantenimiento de un sistema de agua comprende una serie de acciones que deben llevarse a cabo, con el objeto de prever daños o perjuicios en la red, obras hidráulicas o equipos, con la intención de garantizar el buen funcionamiento del sistema y servicio, para lo cual es necesario llevar a cabo un mantenimiento tanto preventivo como correctivo en el sistema.

El mantenimiento preventivo consiste en una serie de acciones planificadas que se realizan periódicamente para prevenir daños en el sistema; mientras que el mantenimiento correctivo consiste en una pronta reparación de cualquier avería ocasionada en la red, equipo y obras hidráulicas, con e fin de hacer eficiente el sistema.

Para prestar el servicio de mantenimiento preventivo y correctivo en un sistema de agua, es necesario contar con un fontanero que este capacitado para llevar a cabo dichas labores, el cual deberá ser pagado con los fondos obtenidos de la tarifa mensual.

Programa de operación y mantenimiento:

- Captación

Cada semana: limpieza de caja de captación, abriendo válvula de compuerta para eliminar sedimentos del fondo.

Cada 3 meses: limpio y chapeo de adyacentes, limpieza de paredes para eliminación de formación de algas. Toma de muestra para análisis de laboratorio.

Cada 4 meses: inspección de área adyacente para determinar posible contaminación de fuentes, inspección ocular de actividades de deforestación, revisión de estructuras para determinar fisuras y filtraciones, revisión de válvulas para determinar posibles fugas.

Cada 6 meses: lavar la captación, con cepillo plástico sin jabón o detergente.

- Bombeo

Eventual: reparación de averías menores en el sistema de bombeo, reparación del equipo de bombeo y válvulas para óptimo funcionamiento del sistema.

Mensual: revisión de estructuras para determinar fisuras y filtraciones.

- Tanque de distribución y succión

Eventual: reparación de estructuras, reparación-cambio de válvulas.

Mensual: revisión de válvula, limpieza del área.

Trimestral: revisión de estructuras.

- Caja de válvulas  
Eventual: reparación de cajas, reparación de válvulas.  
Trimestral: revisión de cajas, revisión de válvulas y engrase de candado.
- Línea de conducción y distribución  
Eventual: reparación de fugas.  
Mensual: revisión de líneas, verificación de fugas.
- Conexiones prediales  
Eventual: reparación de válvulas de paso, reparación-cambio válvulas de grifo.  
Trimestral: revisión del válvulas de paso y de válvulas de grifo.
- Equipo de hipocloración  
Semanal: chequear el volumen de succión en los recipientes de mezclado.  
Mensual: revisar válvulas, tubería y dosificador para determinar daños, verificar cloro residual en puntos más lejanos de la red de distribución.

#### **2.1.10.14. Propuesta de tarifa**

Para el presente proyecto se propone una tarifa mensual por cada usuario, la cual deberá cubrir como mínimo los costos anteriormente descritos, para calcular dicha tarifa se utilizará la siguiente ecuación:

$$\text{Tarifa} = \frac{O + M + T + A + R + E}{\# \text{ de conexiones}}$$

- Costo de operación (O)

Este costo representa el pago al fontanero y operador de la bomba, se supone un jornal de Q.75.00 al día más un 40% por prestaciones laborales, se obtiene de la siguiente manera:

$$O = 75 * 1.40 * 30 \text{ días}$$

$$O = Q. 3,150.00/\text{mes}$$

- Costo de mantenimiento (M)

Este costo servirá para la compra de materiales del proyecto, en caso de que sea necesario. Se estima como el 4 por millar del costo total del proyecto dividido entre el número de años del período de diseño:

$$M = \frac{0.004 * \text{costo total del proyecto}}{\text{vida util del proyecto}}$$

$$M = \frac{0.004 * Q. 653,796.59}{22}$$

$$M = Q. 118.87/\text{mes}$$

- Costo del tratamiento (T)

Es el costo que se requiere para la compra de cloro, que fue método seleccionado para la desinfección del agua; se hará mensualmente.

$$T = N * Pr$$

$$T = 5 * 15$$

$$T = Q. 75.00/\text{mes}$$

Dónde:

N=Tabletas de cloro por mes

Pr= Precio de las tabletas de cloro

- Costo de reserva (R)

Se denomina así, a una reserva de dinero que se debe tener para cualquier imprevisto que afecte al proyecto, el cual será un 8% de los costos de operación, mantenimiento y tratamiento.

$$R = 8\% * (O + M + T) \quad R = 8\% * ( Q.3,150.00 + Q.118.87 + Q.250.00)$$

$$R = Q.281.51/mes$$

- Costo de administración (A)

Representa un fondo que servirá para gastos de papelería, viáticos, sellos, etc. Se estima que es un 15% de la suma de los costos de operación, mantenimiento y operación.

$$A = 15\% * (O + M + T)$$

$$A = 15\% * ( Q.3,150.00 + Q.118.87 + Q.250.00)$$

$$A = Q.527.83/mes$$

$$\text{Tarifa} = \frac{3,150 + 118.87 + 75 + 281.51 + 527.83}{40}$$

$$\text{Tarifa} = 103.83/\text{mes}$$

La tarifa se puede ajustar de acuerdo con las posibilidades de pago de los usuarios, y debido a que esta es alta, la municipalidad de Sololá contribuirá a la tarifa mensual y para el presente proyecto se propone un pago de Q.15.00 mensuales por vivienda.

#### **2.1.10.15. Evaluación socioeconómica**

Constituye la evaluación social y económica de la comunidad, realizando el estudio para un futuro poner en práctica algún proyecto.

##### **2.1.10.15.1. Valor Presente Neto**

El Valor Presente Neto (VPN) es el procedimiento que permite calcular el valor presente de una determinada suma de los flujos netos de caja actualizados, que incluyen la inversión inicial. El proyecto de inversión según este criterio, se acepta cuando el valor presente neto es positivo, porque agrega capital.

El método descuenta una determinada tasa o tipo de interés igual para todo el período considerado. La obtención del valor presente neto constituye una herramienta fundamental para la evaluación de proyectos como para la administración financiera, para estudiar el ingreso futuro a la hora de realizar una inversión en algún proyecto.

Cuando el VPN es menor que cero implica que hay una pérdida a una cierta tasa de interés, mientras que por el contrario si el VPN es mayor que cero se presenta una ganancia; cuando el VPN es igual a cero se dice que el



proyecto es indiferente. Al ser un método que toma en cuenta el valor tiempo, dinero, los ingresos futuros esperados, como también los egresos, se aplica a la fecha de inicio del proyecto.

El proyecto de abastecimiento de agua potable para el caserío La Ilusión, requiere una inversión inicial del costo total del proyecto siendo **Q. 653,796.59**, teniendo únicamente los ingresos anuales de la forma siguiente:

La Municipalidad de Sololá pretende invertir **Q. 653,796.59** en la ejecución del proyecto de la introducción de agua potable por bombeo para el caserío La Ilusión. Se contratará con un fontanero para el mantenimiento del sistema, por Q1500.00/mes. Se estima tener los siguientes ingresos: la instalación de la acometida será un pago único de Q 200.00 por vivienda; también se pedirá un ingreso mensual por vivienda de Q 15.00 mas el aporte municipal por la tarifa mensual que será de Q95.00. Suponiendo una tasa del 10% al final de los 20 años de vida útil, se determinará la factibilidad del proyecto por medio del valor presente neto.

Datos:

Costo Inicial Q. 653,796.59

Ingreso inicial (Q 150/viv)\*(40 viv)=Q 6,000

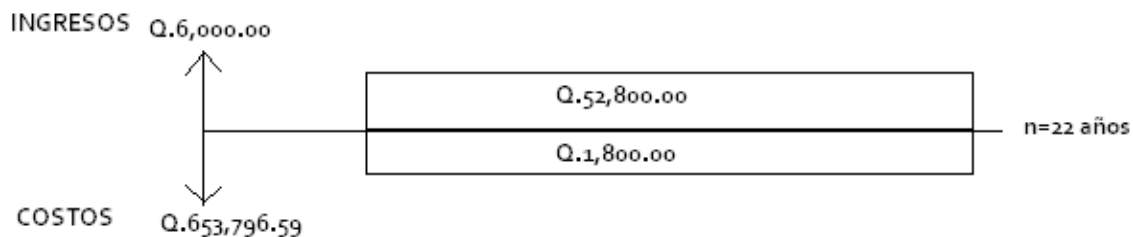
Costos anuales (Q 150/mes)\*(12 meses)=Q 1,800.00

Ingresos anuales (Q 110/viv)\*(40 viv)\*(12meses) Q 52,800.00

Vida útil, en años. 22 años

Una forma de analizar este proyecto es situar en una línea de tiempo los ingresos y egresos y trasladarlos posteriormente al valor presente, utilizando una tasa de interés del 6%. Debido a que el proyecto es de carácter social, la tasa debe ser lo más baja posible.

Figura 13. **Línea de tiempo**



Fuente: elaboración propia.

Se utilizará el signo negativo para los egresos y el signo positivo para los ingresos; entonces se tiene:

$$VPN = - 653,796.59 + 6,000 - 1,800 * 1 / (1 + 0.06)^{22} + 52,800 * 1 / (1 + 0.06)^{22}$$

$$VPN = Q - 633,643.83$$

Como se puede observar, el Valor Presente Neto de este proyecto es negativo, es decir que no produce utilidad alguna; puesto que es de carácter social y su objetivo es promover el desarrollo en la comunidad del caserío La Ilusión, con el saneamiento adecuado y la reducción de enfermedades.

#### **2.1.10.15.2. Tasa Interna de Retorno**

La Tasa Interna de Retorno (TIR) es igual a la suma de los ingresos actualizados, con la suma de los egresos actualizados igualando el egreso inicial; también se puede decir que es la tasa de interés que hace que el VPN del proyecto sea igual a cero. Este método consiste en encontrar una tasa de interés en la cual se cumplan las condiciones buscadas en el momento de iniciar o aceptar un proyecto de inversión.

El cálculo de la TIR consiste en prueba y error, se comienza con una tasa de interés tentativa de actualización y con el mismo, se trata de calcular un valor actual neto, se tantea hasta que sufra un cambio de signo el VPN.

### **2.2. Diseño de edificación de tres niveles para el centro de capacitación, formación y usos múltiples Oxlajuj Aj, Sololá, Sololá**

Descripción del proyecto que consiste en el diseño de edificación de tres niveles. Es necesario conocer todas las características del suelo.

#### **2.2.1. Descripción del proyecto**

El proyecto consiste en diseñar dos edificios de tres niveles destinados para centro de capacitación, formación y salón de usos múltiples, el área útil para salones se diseñará de tal forma que se cubran las necesidades, se incluye módulo de baños por cada nivel, en el edificio tipo A, la distribución es la misma en los tres niveles, con 5 salones de clases, servicios sanitarios, bodega, y módulo de gradas. El edificio tipo B está constituido por 2 salones de clases, servicios sanitarios, bodega y módulo de gradas.

Las edificaciones estarán conformadas por marcos dúctiles con nudos rígidos y losa de concreto reforzado, muros tabiques de mampostería. Las cargas vivas de diseño serán tomadas del AGIES, el código de diseño a utilizar para los elementos de concreto reforzado es el ACI 318 05, el método de análisis de carga horizontal por carga de sismo se aplicará el código UBC 97.

### **2.2.2. Descripción del área disponible**

El terreno está ubicado en el casco urbano del municipio de Sololá, en el barrio Molino Belén, en dicho predio funcionó un molino de harina el cual quedó deshabilitado hace muchos años, el terreno deberá ser nivelado previa la construcción del edificio.

### **2.2.3. Estudio de suelos**

Es necesario conocer las características del suelo, para establecer las dimensiones de los cimientos en función del valor soporte, para asegurar que el diseño de la estructura estará bien sustentado sobre sus cimientos.

#### **2.2.3.1. Determinación del valor soporte del suelo**

Para evaluar la calidad y el valor soporte del suelo, se realizó una excavación a 2.00 metro de profundidad, se obtuvo una muestra inalterada de  $1\text{pie}^3$  que se sometió al ensayo de compresión triaxial, mediante la prueba de no consolidado y no drenado, para obtener los parámetros de corte, siendo estos:

- Ángulo de fricción interna ( $\theta$ ) =  $8.8^\circ = 0.1535 \text{ rad}$
- Cohesión =  $2.05 \text{ T/m}^2$

- Base de la zapata = 1.50 m
- Desplante = 2.00 m
- Peso específico del suelo ( $\gamma_s$ ) = 1.13 T/m<sup>3</sup>

Para el cálculo del valor soporte del suelo, se utilizó la ecuación general de capacidad de carga portante neta última de Meyerhof:

$$q_u = CN_c F_{CD} F_{CS} F_{ci} + q F_{qd} F_{qs} F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma F_{\gamma d} F_{\gamma s} F_{\gamma i}$$

Donde:

C = Cohesión

q = Esfuerzo efectivo al nivel del fondo de la cimentación ( $\gamma D$ )

$\gamma$  = Peso específico

B = Ancho de la cimentación

- Factor de flujo de carga ( $N_q$ )

$$N_q = \tan^2 \left( 45 + \frac{\theta}{2} \right) e^{\pi \tan \theta} \quad N_q = 2.21$$

- Factor de flujo de carga última ( $N_c$ )

$$N_c = (N_q - 1) \cot \theta \quad N_c = 7.8161$$

- Factor de flujo del suelo ( $N_\sigma$ )

$$N_\sigma = 2(N_q + 1) \tan \theta \quad N_\sigma = 0.9939$$

- Factores de forma

$$F_{CS} = 1 + \left(\frac{B}{L}\right) \left(\frac{Nq}{Nc}\right) \quad F_{CS} = 1.2827$$

$$F_{qs} = 1 + \left(\frac{B}{L}\right) \tan \theta \quad F_{qs} = 1.1548$$

$$F_{\gamma s} = 1 - 0.4 \left(\frac{B}{L}\right) \quad F_{\gamma s} = 0.60$$

- Factores de profundidad

$$F_{cd} = 1 + 0.4 \tan^{-1} \left(\frac{Df}{B}\right) \quad F_{cd} = 1.53$$

$$F_{qd} = 1 + 2 \tan \theta (1 - \text{sen } \theta)^2 \quad F_{qd} = 1.00$$

- Factores de inclinación

$$F_{ci} = \left(1 + \frac{\beta}{90}\right)^2 \quad F_{ci} = 1$$

$$F_{ci} = \left(1 + \frac{\beta}{\theta}\right)^2 \quad F_{ci} = 1$$

$$q_u = CN_c F_{CD} F_{CS} F_{ci} + q F_{qd} F_{qs} F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma F_{\gamma d} F_{\gamma s} F_{\gamma i}$$

$$q_u = 37.72^T / \text{mt}^2$$

Valor soporte del suelo:

$$V_s = \frac{q_u}{FS}$$

$$V_s = \frac{37.72 \text{ T/mt}^2}{3}$$

$$V_s = 12.57 \text{ T/mt}^2$$

FS = Es un valor de seguridad comprendido entre 3 y 4, que depende el tipo del suelo, para el presente caso, según las características del suelo y las condiciones de trabajo en la municipalidad de Sololá se usará FS=3.

#### **2.2.4. Normas para el diseño de edificios**

Las normas que se aplicarán son las de ensayos de materiales (ASTM) y Reglamento de Concreto Estructural (ACI 318 S 05), las cuales son conocidas desde el inicio del proceso de formación del estudiante de la carrera de ingeniería civil.

Es necesario manejar normas que permitan diseñar en forma adecuada atendiendo los requerimientos analizados con anterioridad. Para lograr la confiabilidad en el diseño, se tomarán en cuenta las normas AGIES y UBC 97. Para cumplir con los requerimientos para el acero estructural, se consultó la Norma COGUANOR NGO 36011 y COGUANOR NGO 4010, en estas se dan especificaciones para realizar pruebas y ensayos; inspección y aceptación o rechazo; almacenamiento y transporte, así como dimensionamiento y espaciado de las corrugas de las barras.

### **2.2.4.1. Criterios generales**

Es la elaboración que constituye los criterios generales de la comunidad tomando en cuenta todos sus aspectos.

#### **2.2.4.1.1. Criterios de conjunto**

- Conjunto arquitectónico: se toman como requisitos mínimos los solicitados por los beneficiarios, complementándose con respecto a su funcionalidad, incluyendo todas las áreas que se utilizarán.
- Orientación del edificio: la correcta orientación proporciona una óptima iluminación, ventilación y asoleamiento de todos los ambientes del edificio. La orientación es de norte a sur, de preferencia, abriendo las ventanas hacia el norte.
- Altura y superficie del centro de capacitación, formación y salón de usos múltiples: la superficie varía en función de las necesidades que se satisfarán, tanto en capacidad como servicios a prestar, y la altura está dada de acuerdo con la solicitud de la comunidad.

#### **2.2.4.1.2. Criterios de iluminación**

Los lugares de trabajo deben tener la iluminación adecuada para la seguridad y buena conservación de salud de los trabajadores. La iluminación debe ser abundante y uniformemente distribuida, evitando la proyección de sombras y contrastes muy enmarcados. Para lograr lo anterior, deben tomarse en cuenta los siguientes criterios:



- Es importante el número, tamaño y ubicación de las ventanas y/o lámparas.
- Un local pequeño recibe mejor iluminación que uno grande, pero sus dimensiones dependen de los requerimientos de espacio.

La iluminación debe ser natural, disponiendo una superficie de iluminación proporcionada a la del local y clase de trabajo, complementándose mediante luz artificial. Cuando no sea facilitada la iluminación natural, debe sustituirse por la luz artificial, en cualquiera de sus formas, siempre que ofrezca garantía de seguridad; el número de fuentes de luz, su distribución e intensidad, deben estar en relación con altura, superficie local y trabajo que se realice. La iluminación natural, directa o indirecta, no debe ser tan intensa, para no exponer a los trabajadores a sufrir accidentes o daños en su salud.

#### **2.2.4.1.3. Otros criterios**

Es posible mencionar otros criterios que son importantes y que consisten en darle la forma adecuada a los diferentes ambientes que componen el edificio.

#### **2.2.5. Diseño arquitectónico**

El diseño arquitectónico consiste en darle la forma adecuada y distribuir en conjunto los diferentes ambientes que componen el edificio. Esto se hace para tener un lugar cómodo y funcional para su uso. Para lograrlo se deben tomar en cuenta los diferentes criterios tales como: número aproximado de personas que utilizarán la edificación, dimensiones del terreno y financiamiento para la construcción.

El diseño del centro de capacitación, formación y salón de usos múltiples se diseñó de acuerdo con el programa de necesidades dado por la comunidad, agregándoles espacios que a criterio profesional eran necesarios dentro de un proyecto de este tipo. Se buscó utilizar la luz natural para una buena iluminación.

#### **2.2.5.1. Ubicación del edificio en el terreno**

La correcta orientación de la edificación proporciona una óptima iluminación, ventilación y asoleamiento de todos los ambientes del mismo. La orientación ideal para las ventanas es de norte a sur, de preferencia abriéndolas hacia el norte; sin embargo la orientación será definida en el terreno, tomando en cuenta que el sentido del viento dominante es el ideal para abrir las ventanas, para este caso se utilizó la distribución de edificios que con anterioridad se utilizó para el molino de harina, siendo esta al centro del terreno.

#### **2.2.5.2. Distribución de ambientes**

La forma de los ambientes y su distribución dentro del edificio se hace de acuerdo con lo indicado en el libro Neufert, Arte de proyectar arquitectura, para realizar una óptima distribución, tratando de aprovechar todos los espacios disponibles dentro de la instalación.

#### **2.2.5.3. Alturas de edificio**

El edificio está diseñado con el sistema de marcos dúctiles con nudos rígidos, está conformado por tres niveles, cada nivel tendrá 3.5 metros de piso a cielo, la altura total será de 11.5 metros.

## **2.2.6. Selección del sistema estructural a utilizar**

En la decisión para elegir el sistema estructural a utilizar, se debe tomar en cuenta lo siguiente: factores de resistencia, economía, estética, los materiales disponibles en el lugar y la técnica constructiva para realizar la obra. Lo cual debe incluir el tipo estructural, formas y dimensiones, los materiales y el proceso de ejecución.

El sistema estructural seleccionado es a base de marcos dúctiles con nudos rígidos, con losas planas de concreto reforzado, y muros tabique para la división de ambientes (estos son independientes del sistema estructural de marcos dúctiles).

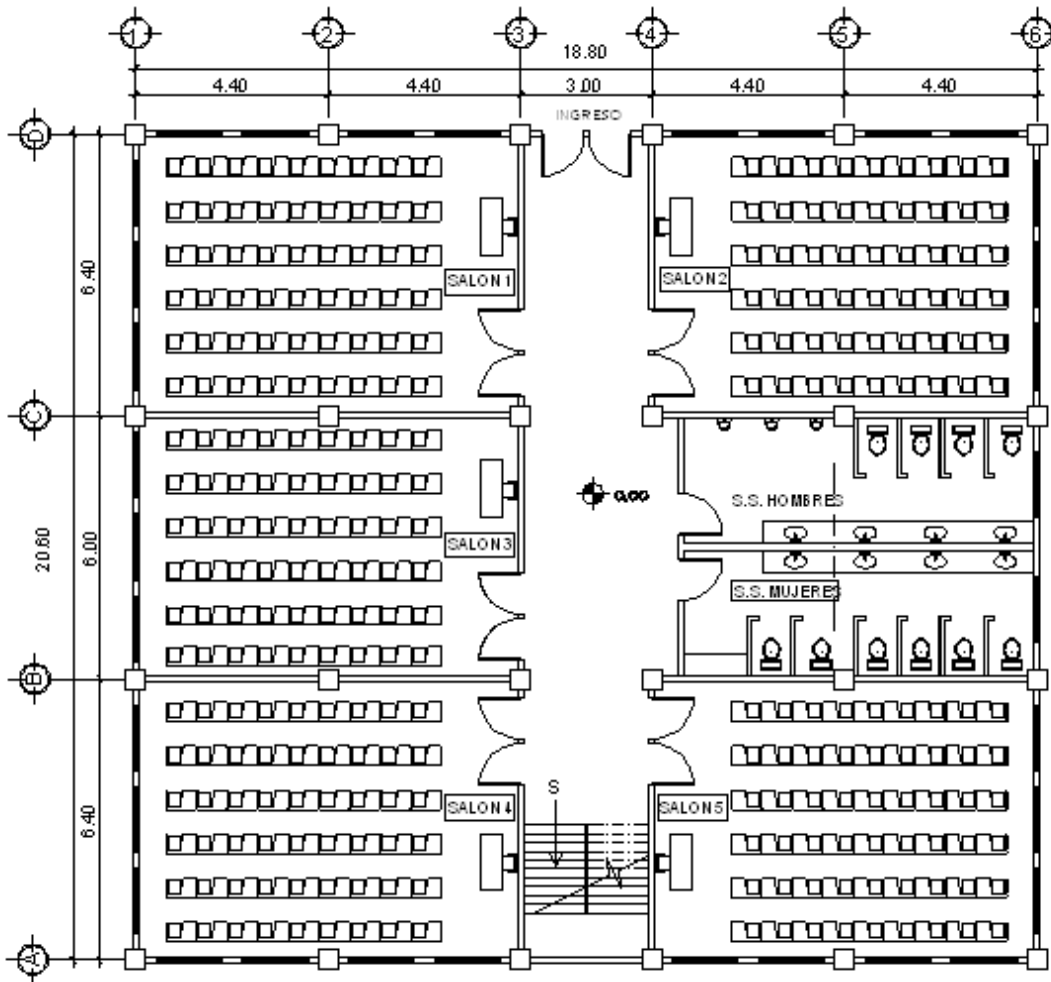
### **2.2.6.1. Predimensionamiento de elementos estructurales**

Es necesario predimensionar a fin de establecer un parámetro inicial para el diseño de los elementos estructurales, si durante la etapa de diseño los elementos no satisfacen la resistencia demandada en el análisis estructural será necesario rediseñar los elementos, dando así origen a un nuevo ciclo de análisis y diseño.

Predimensionamiento de viga

El predimensionamiento de la viga se puede realizar con base al criterio del método del código ACI 318-05 capítulo 9 de la tabla 9.5 (a) da diferentes soluciones.

Figura 14. Planta arquitectónica



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Tabla IV. **Alturas o espesores mínimos de vigas no preesforzadas**

	Espesor mínimo, <i>h</i>			
	Simplemente apoyados	Con un Extremo continuo	Ambos Extremos continuos	En voladizo
Elementos	Elementos que no soporten o estén ligados a divisiones u otro tipo de elementos susceptibles de dañarse debido a deflexiones grandes.			
Losas macizas en una dirección	$\frac{\ell}{20}$	$\frac{\ell}{24}$	$\frac{\ell}{28}$	$\frac{\ell}{10}$
Vigas o losas nervadas en una dirección	$\frac{\ell}{16}$	$\frac{\ell}{18.5}$	$\frac{\ell}{21}$	$\frac{\ell}{8}$

Fuente: ACI 318-05.

Y utilizando el criterio que por cada metro lineal libre de luz, aumentar ocho centímetros de peralte y la base equivale a ½ del peralte, con relación entre la base y el peralte entre 0.25 y 0.60, se utilizó un promedio de ambos resultado.

Longitud de la viga= 6.4m

$$h_{viga} = 8\% \text{Longitud de la viga}$$

$$h_{viga} = 0.08 * 6.40\text{m}$$

$$h_{viga} = 0.512\text{m}$$

Para efectos de diseño se consideró un peralte de 45cm, con una base de 35cm.

Predimensionamiento de columnas

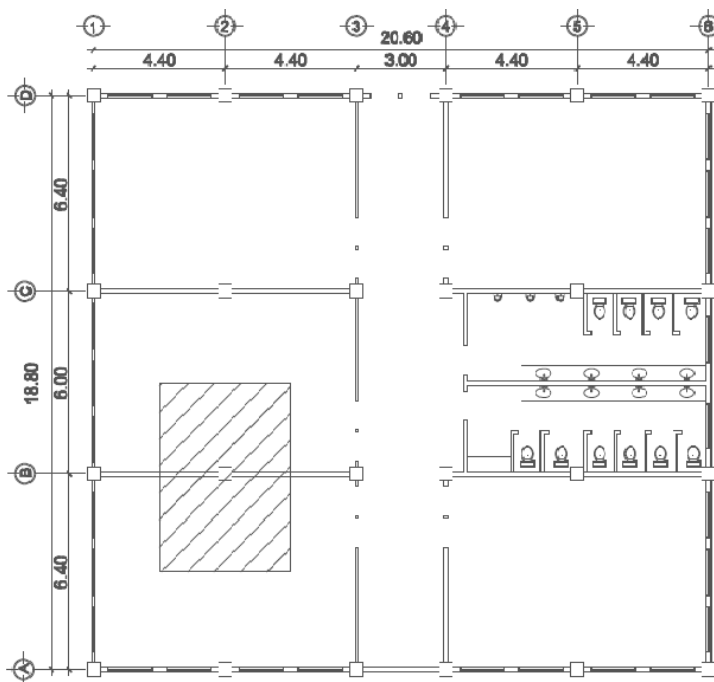
El método que se utilizará para predimensionar las columnas, se basa en el cálculo de la carga axial aplicada a la columna crítica, y de esta se determina el área bruta de la sección de la columna, por medio de la ecuación (10-2) del

código ACI 318-05 capítulo 10 sección 10.3.6.2, al tener este valor, se puede proponer las medidas de la sección, para cumplir con esta área requerida.

En este caso, las dimensiones de la sección de la columna crítica, se utilizarán en todas las columnas, para guardar simetría y evitar diferencias de rigidez de un marco a otro y de un nivel a otro. Recomendaciones iniciales para predimensionar columnas:

- Columnas rectangulares: la dimensión menor debe ser mayor de 20cm
- El área total deber del 400 cm<sup>2</sup> como mínimo
- Columnas circulares: por lo menos 25 cm de diámetro

Figura 15. **Área tributaria columna crítica**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

El área tributaria calculada es de 27.28m<sup>2</sup>, se ha de considerar el peso específico del concreto de 2400 kg/m<sup>3</sup>, además una carga viva de 100 kg/m<sup>2</sup> para el tercer nivel, para el segundo y primer nivel una carga viva 200 kg/m<sup>2</sup> para efectos de predimensionamiento, por lo tanto:

$$P_u = 1.2CM + 1.6 CV$$

$$P_u = 1.2(55041.52) + 1.6 (13,640)$$

$$P_u = 87,873.824 \text{ Kg}$$

Sustituyendo valores en la ecuación de la carga puntual, se obtiene el área gruesa de la columna.

$$P_o = 0.80 [0.85 * f'c * (A_g - A_{st}) + f_y * A_{st}]$$

Dónde:

A<sub>s</sub>= Es de 1% al 6% de A<sub>g</sub>. Considerando A<sub>s</sub> como 1% de A<sub>g</sub>

F'c = 210 kg/cm<sup>2</sup>

Fy=2810 kg/cm<sup>2</sup>

$$87,873.824 = 0.80 [0.85 * 210 * (A_g - 0.01A_g) + 2,810 * 0.01A_g]$$

$$87,873.824 = 0.80 [178.5 * (0.99A_g) + 28.1A_g]$$

$$87,873.824 = 0.80 [176.715A_g + 28.1A_g]$$

$$109,842.28 = 240.815A_g$$

$$A_g = \sqrt{536.2999}$$

$$A_g = 23.16\text{cm} \approx 25$$

$A_g=536.2999\text{cm}^2$ , para una sección cuadrada de 25x25cm, debido a que la ecuación de la carga axial no considera los efectos de esbeltez, se ha propuesto una sección de 45x45 cm.

Predimensionamiento de losa

Se utilizó el criterio del perímetro de losa dividido 180, para losas en dos sentidos. Se utiliza la losa de mayor dimensión.

Relación

- $m = a / b < 0.5$  losa trabaja en un sentido
- $m = a / b > 0.5$  losa trabaja en dos sentidos

Donde a = sentido corto de losa y b = sentido largo de losa

Calculando m para losa de mayor dimensión, con a = 6.40m y b = 4.40m

$$m = \frac{4.40\text{m}}{6.40\text{m}}$$

$$m = 1.45\text{m} > 0.50 \text{ losa trabaja en dos sentidos}$$

Espesor de losa

t = perímetro / 180 Donde t = espesor de losa



$$t = \frac{2(6.40 + 4.40)m}{180}$$

$$t = 0.12m$$

Se propone una losa de 12cm de espesor

### **2.2.6.2. Cargas de diseño**

Las estructuras están sometidas a cargas de diferente índole, para clasificarlas existen varios criterios, aquí se hace una distinción de acuerdo con la dirección de su aplicación, cargas verticales y horizontales.

#### **2.2.6.2.1. Cargas verticales en marcos dúctiles con nudos rígidos**

Las cargas verticales se dividen en dos grupos:

Cargas vivas: son las cargas aplicadas no permanentes en la estructura. Son todas las cargas predestinadas a un servicio de utilidad, el cual puede ser de ocupación o mantenimiento. Estas pueden estar total o parcialmente en su sitio y pueden cambiar de ubicación. Su magnitud y distribución son inciertas en un momento dado, y sus máximas intensidades a lo largo de la vida de la estructura, no se conocen con precisión.

La tabla I, muestra los valores de carga viva para diferentes clasificaciones de ocupación, según la norma AGIES y otros códigos. Estas cargas se deben a seres humanos, equipo y al almacenamiento en general.

Tabla V. **Valores de carga viva para diferentes clasificaciones de ocupación**

<b>Tipo de ocupación o uso</b>	<b>Kg/m<sup>2</sup></b>
Vivienda	200
Oficina	250
Hospitales – encamamiento y habitaciones	200
Hospitales – servicios médicos y laboratorios	350
Hoteles – alas de habitaciones	200
	500
Escaleras privadas	300
Escaleras públicas o de escape	500
Balcones, cornisas y marquesinas	300
Áreas de salida y/o escape	500
Vestíbulos públicos	500
Plazas y áreas públicas	500
Salones de reunión con asientos fijos	300
	500
Salones de reunión sin asientos	500
Aulas y escuelas	200
Bibliotecas	
Áreas de lectura	200
Depósito de libros	600
Almacenes	350
	500
Estacionamientos y garajes	250
Automóviles	Según vehículo
Vehículos pesados	750
Rampas de uso colectivo	500
Corredores de circulación	500
Bodegas	
Cargas livianas	600
Cargas pesadas	1200
Azoteas de concreto con acceso	200
Azoteas sin acceso horizontal o inclinadas	100
Azoteas inclinadas más de 20°	75
Techos de láminas, tejas, cubiertas plásticas, lonas, etc. (aplica a la estructura que soporta la cubierta final)	50

Fuente: Normas AGIES NSE 2 Tabla 3-1, pgs. 6 y 7.

Las cargas vivías utilizadas para el diseño del edificio son:

- Salones de clase=  $200\text{kg/m}^2$
- Azotea sin acceso horizontal =  $100\text{ kg/m}^2$
- Corredor con circulación =  $500\text{ kg/m}^2$

Cargas muertas:

Son las cargas aplicadas debido al peso de los elementos estructurales, estas son cargas permanentes, se mantienen constantes en magnitud y fijas en posición, durante la vida de la estructura. Para un edificio, las cargas muertas las componen los pesos de las losas, vigas, columnas, muros, techos, ventanas, puertas, instalaciones (drenajes, hidráulicas, eléctricas, otras.), acabados y otros. Estas cargas se determinan con bastante exactitud, dependiendo de los materiales que se utilicen, los pesos se determinan a partir de las densidades y tamaños.

Las cargas muertas aplicadas son:

- Peso del concreto=  $2400\text{ kg/m}^3$
- Peso de muros=  $150\text{ kg/m}^2$
- Peso de acabados =  $60\text{ kg/m}^2$
- Peso de piso=  $100\text{ kg/m}^2$
- Peso de sobre carga=  $55\text{ kg/m}^2$

3er. nivel

Carga muerta; sentido x, marco C (viga 4.4 metros)

$$CM = w_{\text{losa}} + w_{\text{viga}} + w_{\text{acabados}} + w_{\text{sobrecarga}}$$

## Losa

$$W_{\text{losa}} = A_{\text{tributaria}} * t_{\text{losa}} * P_{\text{uc}}$$

$$W_{\text{losa}} = 9.68 \text{ m}^2 * 0.12 \text{ m} * 2,400 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{\text{losa}} = 2,787.84 \text{ kg}$$

## Viga

$$W_{\text{viga}} = A_{\text{sección}} * L_{\text{viga}} * P_{\text{uc}}$$

$$W_{\text{viga}} = (0.35 * 0.45) \text{ m}^2 * (4.4) \text{ m} * 2,400 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{\text{viga}} = 1,663.2 \text{ kg}$$

## Acabados

$$W_{\text{acabado}} = A_{\text{tributaria}} * W_{\text{acabados}}$$

$$W_{\text{acabado}} = 9.68 \text{ m}^2 * 60 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{\text{acabados}} = 580.8 \text{ kg}$$

## Sobrecarga

$$W_{\text{sobrecarga}} = A_{\text{tributaria}} * W_{\text{muros}}$$

$$W_{\text{sobrecarga}} = 9.68 \text{ m}^2 * 55 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{\text{sobrecarga}} = 532.4 \text{ kg}$$

$$CM = \frac{5564.24 \text{ kg}}{4.40 \text{ mt}} \approx 1264.6 \text{ kg} \frac{\text{kg}}{\text{mt}}$$

## Carga viva

$$CV = W_{\text{azotea sin acceso}} * A_{\text{total}}$$

$$CV = 100 \text{ kg/m}^2 * 9.68 \text{ m}^2$$

$$CV = 968 \text{ Kg}$$

$$CV = \frac{968 \text{ Kg}}{4.40 \text{ metros}} \approx 220 \frac{\text{kg}}{\text{mt}}$$

Carga muerta; sentido x, marco C (viga 3 metros)

$$CM = w_{\text{losa}} + w_{\text{viga}} + w_{\text{acabados}} + w_{\text{sobrecarga}}$$

Losa

$$W_{\text{losa}} = A_{\text{tributaria}} * t_{\text{losa}} * P_{uc}$$

$$W_{\text{losa}} = 4.5 \text{ m}^2 * 0.12 \text{ m} * 2,400 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{\text{losa}} = 1,296 \text{ kg}$$

Viga

$$W_{\text{viga}} = A_{\text{sección}} * L_{\text{viga}} * P_{uc}$$

$$W_{\text{viga}} = (0.35 * 0.45) \text{ m}^2 * (3) \text{ m} * 2,400 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{\text{viga}} = 1,134 \text{ kg}$$

Acabados

$$W_{\text{acabado}} = A_{\text{tributaria}} * W_{\text{acabados}}$$

$$W_{\text{acabado}} = 4.5 \text{ m}^2 * 60 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{\text{acabados}} = 270 \text{ kg}$$

Sobrecarga

$$W_{\text{sobrecarga}} = A_{\text{tributaria}} * W_{\text{muros}}$$

$$W_{\text{sobrecarga}} = 4.5 \text{ m}^2 * 55 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{\text{sobrecarga}} = 247.5 \text{ kg}$$

$$CM = \frac{2947.5 \text{ Kg}}{3 \text{ metros}} \approx 982.5 \frac{\text{kg}}{\text{mt}}$$

Carga viva

$$CV = W_{\text{azotea sin acceso}} * A_{\text{total}}$$

$$CV = 100 \text{ kg/m}^2 * 4.5 \text{ m}^2$$

CV= 450 Kg

$$CV = \frac{450 \text{ Kg}}{3 \text{ metros}} \approx 150 \frac{\text{kg}}{\text{mt}}$$

2do. nivel

Carga muerta; sentido x, marco C (viga 4.4 metros)

$$CM = w_{\text{losa}} + w_{\text{viga}} + w_{\text{columna}} + w_{\text{acabados}} + w_{\text{piso}} + w_{\text{muros}} + w_{\text{sobrecarga}}$$

Losa

$$W_{\text{losa}} = A_{\text{tributaria}} * t_{\text{losa}} * P_{\text{uc}}$$

$$W_{\text{losa}} = 9.68 \text{ m}^2 * 0.12 \text{ m} * 2,400 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{\text{losa}} = 2,787.84 \text{ kg}$$

Viga

$$W_{\text{viga}} = A_{\text{sección}} * L_{\text{viga}} * P_{\text{uc}}$$

$$W_{\text{viga}} = (0.35 * 0.45) \text{ m}^2 * (4.4) \text{ m} * 2,400 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{\text{viga}} = 1,663.2 \text{ kg}$$

Acabados

$$W_{\text{acabado}} = A_{\text{tributaria}} * W_{\text{acabados}}$$

$$W_{\text{acabado}} = 9.68 \text{ m}^2 * 60 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{\text{acabados}} = 580.8 \text{ kg}$$

Muros

$$W_{\text{muros}} = H * Ml * W_{\text{muros}}$$

$$W_{\text{muros}} = 3.5 \text{ m} * 4.4 \text{ m} * 150 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{\text{muros}} = 2,310 \text{ kg}$$

### Piso

$$W_{\text{piso}} = A_{\text{total}} * W_{\text{piso}}$$

$$W_{\text{piso}} = 9.68 \text{ m}^2 * 100 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{\text{piso}} = 968 \text{ kg}$$

### Sobrecarga

$$W_{\text{sobrecarga}} = A_{\text{tributaria}} * W_{\text{muros}}$$

$$W_{\text{sobrecarga}} = 9.68 \text{ m}^2 * 55 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{\text{sobrecarga}} = 532.4 \text{ kg}$$

$$CM = \frac{8,842.29 \text{ Kg}}{4.40 \text{ metros}} \approx 2,009.6 \frac{\text{kg}}{\text{mt}}$$

### Carga viva

$$CV = W_{\text{salones de clases}} * A_{\text{total}}$$

$$CV = 200 \text{ kg/m}^2 * 9.68 \text{ m}^2$$

$$CV = 1,936 \text{ Kg}$$

$$CV = \frac{1,920 \text{ Kg}}{4.40 \text{ metros}} \approx 440 \frac{\text{kg}}{\text{mt}}$$

### Carga muerta; sentido x, marco C (viga 3 metros)

$$CM = w_{\text{losa}} + w_{\text{viga}} + w_{\text{acabados}} + w_{\text{sobrecarga}}$$

### Losa

$$W_{\text{losa}} = A_{\text{tributaria}} * t_{\text{losa}} * P_{\text{uc}}$$

$$W_{\text{losa}} = 4.5 \text{ m}^2 * 0.12 \text{ m} * 2,400 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{\text{losa}} = 1,296 \text{ kg}$$

## Viga

$$W_{\text{viga}} = A_{\text{sección}} * L_{\text{viga}} * P_{\text{uc}}$$

$$W_{\text{viga}} = (0.35 * 0.45) \text{ m}^2 * (3) \text{ m} * 2,400 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{\text{viga}} = 1,134 \text{ kg}$$

## Acabados

$$W_{\text{acabado}} = A_{\text{tributaria}} * W_{\text{acabados}}$$

$$W_{\text{acabado}} = 4.5 \text{ m}^2 * 60 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{\text{acabados}} = 270 \text{ kg}$$

## Muros

$$W_{\text{muros}} = H * Ml * W_{\text{muros}}$$

$$W_{\text{muros}} = 3.5 \text{ m} * 3 \text{ m} * 150 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{\text{muros}} = 1,575 \text{ kg}$$

## Piso

$$W_{\text{piso}} = A_{\text{total}} * W_{\text{piso}}$$

$$W_{\text{piso}} = 4.5 \text{ m}^2 * 100 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{\text{piso}} = 450 \text{ kg}$$

## Sobrecarga

$$W_{\text{sobrecarga}} = A_{\text{tributaria}} * W_{\text{muros}}$$

$$W_{\text{sobrecarga}} = 4.5 \text{ m}^2 * 55 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{\text{sobrecarga}} = 247.5 \text{ kg}$$

$$CM = \frac{4,972.5 \text{ Kg}}{3 \text{ metros}} \approx 1,657.5 \frac{\text{kg}}{\text{mt}}$$



Carga viva

$$CV = W_{\text{pasillo}} * A_{\text{total}}$$

$$CV = 500 \text{ kg/m}^2 * 4.5 \text{ m}^2$$

$$CV = 2,250 \text{ Kg}$$

$$CV = \frac{2,250 \text{ Kg}}{3 \text{ metros}} \approx 750 \frac{\text{kg}}{\text{mt}}$$

1er. Nivel

Carga muerta; sentido x, marco C (viga 4.4 metros)

$$CM = w_{\text{losa}} + w_{\text{viga}} + w_{\text{columna}} + w_{\text{acabados}} + w_{\text{piso}} + w_{\text{muros}} + w_{\text{sobrecarga}}$$

Losa

$$W_{\text{losa}} = A_{\text{tributaria}} * t_{\text{losa}} * P_{\text{uc}}$$

$$W_{\text{losa}} = 9.68 \text{ m}^2 * 0.12 \text{ m} * 2,400 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{\text{losa}} = 2,787.84 \text{ kg}$$

Viga

$$W_{\text{viga}} = A_{\text{sección}} * L_{\text{viga}} * P_{\text{uc}}$$

$$W_{\text{viga}} = (0.35 * 0.45) \text{ m}^2 * (4.4) \text{ m} * 2,400 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{\text{viga}} = 1,663.2 \text{ kg}$$

Acabados

$$W_{\text{acabado}} = A_{\text{tributaria}} * W_{\text{acabados}}$$

$$W_{\text{acabado}} = 9.68 \text{ m}^2 * 60 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{\text{acabados}} = 580.8 \text{ kg}$$

## Muros

$$W_{\text{muros}} = H * MI * W_{\text{muros}}$$

$$W_{\text{muros}} = 3.5\text{m} * 4.4\text{ m} * 150\text{ kg/m}^2$$

$$W_{\text{muros}} = 2,310\text{ kg}$$

## Piso

$$W_{\text{piso}} = A_{\text{total}} * W_{\text{piso}}$$

$$W_{\text{piso}} = 9.68\text{ m}^2 * 100\text{ kg/m}^2$$

$$W_{\text{piso}} = 968\text{ kg}$$

## Sobrecarga

$$W_{\text{sobrecarga}} = A_{\text{tributaria}} * W_{\text{muros}}$$

$$W_{\text{sobrecarga}} = 9.68\text{ m}^2 * 55\text{ kg/m}^2$$

$$W_{\text{sobrecarga}} = 532.4\text{ kg}$$

$$CM = \frac{8,842.29\text{ Kg}}{4.40\text{ metros}} \approx 2,009.6 \frac{\text{kg}}{\text{mt}}$$

## Carga viva

$$CV = W_{\text{salones de clases}} * A_{\text{total}}$$

$$CV = 200\text{kg/m}^2 * 9.68\text{m}^2$$

$$CV = 1,936\text{ Kg}$$

$$CV = \frac{1,920\text{ Kg}}{4.40\text{ metros}} \approx 440 \frac{\text{kg}}{\text{mt}}$$

Carga muerta; sentido x, marco C (viga 3 metros)

$$CM = w_{\text{losa}} + w_{\text{viga}} + w_{\text{acabados}} + w_{\text{sobrecarga}}$$

### Losa

$$W_{\text{losa}} = A_{\text{tributaria}} * t_{\text{losa}} * P_{\text{uc}}$$

$$W_{\text{losa}} = 4.5 \text{ m}^2 * 0.12 \text{ m} * 2,400 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{\text{losa}} = 1,296 \text{ kg}$$

### Viga

$$W_{\text{viga}} = A_{\text{sección}} * L_{\text{viga}} * P_{\text{uc}}$$

$$W_{\text{viga}} = (0.35 * 0.45) \text{ m}^2 * (3) \text{ m} * 2,400 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{\text{viga}} = 1,134 \text{ kg}$$

### Acabados

$$W_{\text{acabado}} = A_{\text{tributaria}} * W_{\text{acabados}}$$

$$W_{\text{acabado}} = 4.5 \text{ m}^2 * 60 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{\text{acabados}} = 270 \text{ kg}$$

### Muros

$$W_{\text{muros}} = H * Ml * W_{\text{muros}}$$

$$W_{\text{muros}} = 3.5 \text{ m} * 3 \text{ m} * 150 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{\text{muros}} = 1,575 \text{ kg}$$

### Piso

$$W_{\text{piso}} = A_{\text{total}} * W_{\text{piso}}$$

$$W_{\text{piso}} = 4.5 \text{ m}^2 * 100 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{\text{piso}} = 450 \text{ kg}$$

### Sobrecarga

$$W_{\text{sobrecarga}} = A_{\text{tributaria}} * W_{\text{muros}}$$

$$W_{\text{sobrecarga}} = 4.5 \text{ m}^2 * 55 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{\text{sobrecarga}} = 247.5 \text{ kg}$$

$$CM = \frac{4,972.5 \text{ Kg}}{3 \text{ metros}} \approx 1,657.5 \frac{\text{kg}}{\text{mt}}$$

Carga Viva

$$CV = W_{\text{pasillo}} * A_{\text{total}}$$

$$CV = 500 \text{ kg/m}^2 * 4.5 \text{ m}^2$$

$$CV = 2,250 \text{ Kg}$$

$$CV = \frac{2,250 \text{ Kg}}{3 \text{ metros}} \approx 750 \frac{\text{kg}}{\text{mt}}$$

3er. Nivel

Carga muerta; sentido y, marco 2 (viga 6.40 metros)

$$CM = w_{\text{losa}} + w_{\text{viga}} + w_{\text{acabados}} + w_{\text{sobrecarga}}$$

Losa

$$W_{\text{losa}} = A_{\text{tributaria}} * t_{\text{losa}} * P_{\text{uc}}$$

$$W_{\text{losa}} = 18.48 \text{ m}^2 * 0.12 \text{ m} * 2,400 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{\text{losa}} = 5,322.24 \text{ kg}$$

Viga

$$W_{\text{viga}} = A_{\text{sección}} * L_{\text{viga}} * P_{\text{uc}}$$

$$W_{\text{viga}} = (0.35 * 0.45) \text{ m}^2 * (6.4) \text{ m} * 2,400 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{\text{viga}} = 2,419.2 \text{ kg}$$

Acabados

$$W_{\text{acabado}} = A_{\text{tributaria}} * W_{\text{acabados}}$$

$$W_{\text{acabado}} = 18.48 \text{ m}^2 * 60 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{\text{acabados}} = 1,108.8 \text{ kg}$$

### Sobrecarga

$$W_{\text{sobrecarga}} = A_{\text{tributaria}} * W_{\text{muros}}$$

$$W_{\text{sobrecarga}} = 18.48 \text{ m}^2 * 55 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{\text{sobrecarga}} = 1,016.4 \text{ kg}$$

$$CM = \frac{9,866.64 \text{ Kg}}{6.40 \text{ metros}} \approx 1,541.66 \frac{\text{kg}}{\text{mt}}$$

### Carga viva

$$CV = W_{\text{azotea sin acceso}} * A_{\text{total}}$$

$$CV = 100 \text{ kg/m}^2 * 18.48 \text{ m}^2$$

$$CV = 1,848 \text{ Kg}$$

$$CV = \frac{1,848 \text{ Kg}}{6.40 \text{ metros}} \approx 288.75 \frac{\text{kg}}{\text{mt}}$$

### Carga muerta; sentido x, marco C (viga 6 metros)

$$CM = w_{\text{losa}} + w_{\text{viga}} + w_{\text{acabados}} + w_{\text{sobrecarga}}$$

### Losa

$$W_{\text{losa}} = A_{\text{tributaria}} * t_{\text{losa}} * P_{\text{uc}}$$

$$W_{\text{losa}} = 16.73 \text{ m}^2 * 0.12 \text{ m} * 2,400 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{\text{losa}} = 4,818.24 \text{ kg}$$

### Viga

$$W_{\text{viga}} = A_{\text{sección}} * L_{\text{viga}} * P_{\text{uc}}$$

$$W_{\text{viga}} = (0.35 * 0.45) \text{ m}^2 * (6) \text{ m} * 2,400 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{\text{viga}} = 2,268 \text{ kg}$$

### Acabados

$$W_{\text{acabado}} = A_{\text{tributaria}} * W_{\text{acabados}}$$

$$W_{\text{acabado}} = 16.73 \text{ m}^2 * 60 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{\text{acabados}} = 1,003.8 \text{ kg}$$

### Sobrecarga

$$W_{\text{sobrecarga}} = A_{\text{tributaria}} * W_{\text{muros}}$$

$$W_{\text{sobrecarga}} = 16.73 \text{ m}^2 * 55 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{\text{sobrecarga}} = 920.15 \text{ kg}$$

$$CM = \frac{9,010.19 \text{ Kg}}{6 \text{ metros}} \approx 1,501.70 \frac{\text{kg}}{\text{mt}}$$

### Carga viva

$$CV = W_{\text{azotea sin acceso}} * A_{\text{total}}$$

$$CV = 100 \text{ kg/m}^2 * 16.73 \text{ m}^2$$

$$CV = 1,673 \text{ Kg}$$

$$CV = \frac{1,673 \text{ Kg}}{6 \text{ metros}} \approx 278.83 \frac{\text{kg}}{\text{mt}}$$

### 2do. nivel

Carga muerta; sentido y, marco 2 (viga 6.4 metros)

$$CM = w_{\text{losa}} + w_{\text{viga}} + w_{\text{columna}} + w_{\text{acabados}} + w_{\text{piso}} + w_{\text{muros}} + w_{\text{sobrecarga}}$$

### Losa

$$W_{\text{losa}} = A_{\text{tributaria}} * t_{\text{losa}} * P_{\text{uc}}$$

$$W_{\text{losa}} = 18.48 \text{ m}^2 * 0.12 \text{ m} * 2,400 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{\text{losa}} = 5,322.24 \text{ kg}$$

### Viga

$$W_{\text{viga}} = A_{\text{sección}} * L_{\text{viga}} * P_{\text{uc}}$$

$$W_{\text{viga}} = (0.35 * 0.45) \text{ m}^2 * (6.4) \text{ m} * 2,400 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{\text{viga}} = 2,419.2 \text{ kg}$$

### Acabados

$$W_{\text{acabado}} = A_{\text{tributaria}} * W_{\text{acabados}}$$

$$W_{\text{acabado}} = 18.48 \text{ m}^2 * 60 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{\text{acabados}} = 1,108.8 \text{ kg}$$

### Muros

$$W_{\text{muros}} = H * Ml * W_{\text{muros}}$$

$$W_{\text{muros}} = 3.5 \text{ m} * 6.4 \text{ m} * 150 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{\text{muros}} = 3,360 \text{ kg}$$

### Piso

$$W_{\text{piso}} = A_{\text{total}} * W_{\text{piso}}$$

$$W_{\text{piso}} = 18.48 \text{ m}^2 * 100 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{\text{piso}} = 1,848 \text{ kg}$$

### Sobrecarga

$$W_{\text{sobrecarga}} = A_{\text{tributaria}} * W_{\text{muros}}$$

$$W_{\text{sobrecarga}} = 18.48 \text{ m}^2 * 55 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{\text{sobrecarga}} = 1,016.4 \text{ kg}$$

$$CM = \frac{15,074.64 \text{ Kg}}{6.40 \text{ metros}} \approx 2,355.41 \frac{\text{kg}}{\text{mt}}$$

Carga viva

$$CV = W_{\text{salones de clases}} * A_{\text{total}}$$

$$CV = 200 \text{ kg/m}^2 * 18.48 \text{ m}^2$$

$$CV = 3,696 \text{ Kg}$$

$$CV = \frac{3,696 \text{ Kg}}{6.40 \text{ metros}} \approx 577.5 \frac{\text{kg}}{\text{mt}}$$

Carga muerta; sentido y, marco C (viga 6 metros)

$$CM = w_{\text{losa}} + w_{\text{viga}} + w_{\text{acabados}} + w_{\text{sobrecarga}}$$

Losa

$$W_{\text{losa}} = A_{\text{tributaria}} * t_{\text{losa}} * P_{\text{uc}}$$

$$W_{\text{losa}} = 16.73 \text{ m}^2 * 0.12 \text{ m} * 2,400 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{\text{losa}} = 4,818.24 \text{ kg}$$

Viga

$$W_{\text{viga}} = A_{\text{sección}} * L_{\text{viga}} * P_{\text{uc}}$$

$$W_{\text{viga}} = (0.35 * 0.45) \text{ m}^2 * (6) \text{ m} * 2,400 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{\text{viga}} = 2,268 \text{ kg}$$

Acabados

$$W_{\text{acabado}} = A_{\text{tributaria}} * W_{\text{acabados}}$$

$$W_{\text{acabado}} = 16.73 \text{ m}^2 * 60 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{\text{acabados}} = 1,003.8 \text{ kg}$$

Muros

$$W_{\text{muros}} = H * MI * W_{\text{muros}}$$

$$W_{\text{muros}} = 3.5 \text{ m} * 6 \text{ m} * 150 \text{ kg/m}^2$$



$$W_{\text{muros}} = 3,150 \text{ kg}$$

Piso

$$W_{\text{piso}} = A_{\text{total}} * W_{\text{piso}}$$

$$W_{\text{piso}} = 16.73 \text{ m}^2 * 100 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{\text{piso}} = 1,673 \text{ kg}$$

Sobrecarga

$$W_{\text{sobrecarga}} = A_{\text{tributaria}} * W_{\text{muros}}$$

$$W_{\text{sobrecarga}} = 16.73 \text{ m}^2 * 55 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{\text{sobrecarga}} = 920.15 \text{ kg}$$

$$CM = \frac{13,833.19 \text{ Kg}}{6 \text{ metros}} \approx 2,305.53 \frac{\text{kg}}{\text{mt}}$$

Carga viva

$$CV = W_{\text{salones de clases}} * A_{\text{total}}$$

$$CV = 200 \text{ kg/m}^2 * 16.73 \text{ m}^2$$

$$CV = 3,346 \text{ Kg}$$

$$CV = \frac{3,346 \text{ Kg}}{6 \text{ metros}} \approx 557.67 \frac{\text{kg}}{\text{mt}}$$

1er. nivel

Carga muerta; sentido y, marco 2 (viga 6.4 metros)

$$CM = w_{\text{losa}} + w_{\text{viga}} + w_{\text{columna}} + w_{\text{acabados}} + w_{\text{piso}} + w_{\text{muros}} + w_{\text{sobrecarga}}$$

Losa

$$W_{\text{losa}} = A_{\text{tributaria}} * t_{\text{losa}} * P_{\text{uc}}$$

$$W_{\text{losa}} = 18.48 \text{ m}^2 * 0.12 \text{ m} * 2,400 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{\text{losa}} = 5,322.24 \text{ kg}$$

### Viga

$$W_{\text{viga}} = A_{\text{sección}} * L_{\text{viga}} * P_{\text{uc}}$$

$$W_{\text{viga}} = (0.35 * 0.45) \text{ m}^2 * (6.4) \text{ m} * 2,400 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{\text{viga}} = 2,419.2 \text{ kg}$$

### Acabados

$$W_{\text{acabado}} = A_{\text{tributaria}} * W_{\text{acabados}}$$

$$W_{\text{acabado}} = 18.48 \text{ m}^2 * 60 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{\text{acabados}} = 1,108.8 \text{ kg}$$

### Muros

$$W_{\text{muros}} = H * Ml * W_{\text{muros}}$$

$$W_{\text{muros}} = 3.5 \text{ m} * 6.4 \text{ m} * 150 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{\text{muros}} = 3,360 \text{ kg}$$

### Piso

$$W_{\text{piso}} = A_{\text{total}} * W_{\text{piso}}$$

$$W_{\text{piso}} = 18.48 \text{ m}^2 * 100 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{\text{piso}} = 1,848 \text{ kg}$$

### Sobrecarga

$$W_{\text{sobrecarga}} = A_{\text{tributaria}} * W_{\text{muros}}$$

$$W_{\text{sobrecarga}} = 18.48 \text{ m}^2 * 55 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{\text{sobrecarga}} = 1,016.4 \text{ kg}$$

$$CM = \frac{15,074.64 \text{ Kg}}{6.40 \text{ metros}} \approx 2,355.41 \frac{\text{kg}}{\text{mt}}$$

Carga Viva

$$CV = W_{\text{salones de clases}} * A_{\text{total}}$$

$$CV = 200 \text{ kg/m}^2 * 18.48 \text{ m}^2$$

$$CV = 3,696 \text{ Kg}$$

$$CV = \frac{3,696 \text{ Kg}}{6.40 \text{ metros}} \approx 577.5 \frac{\text{kg}}{\text{mt}}$$

Carga muerta; sentido y, marco C (viga 6 metros)

$$CM = w_{\text{losa}} + w_{\text{viga}} + w_{\text{acabados}} + w_{\text{sobrecarga}}$$

Losa

$$W_{\text{losa}} = A_{\text{tributaria}} * t_{\text{losa}} * P_{\text{uc}}$$

$$W_{\text{losa}} = 16.73 \text{ m}^2 * 0.12 \text{ m} * 2,400 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{\text{losa}} = 4,818.24 \text{ kg}$$

Viga

$$W_{\text{viga}} = A_{\text{sección}} * L_{\text{viga}} * P_{\text{uc}}$$

$$W_{\text{viga}} = (0.35 * 0.45) \text{ m}^2 * (6) \text{ m} * 2,400 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{\text{viga}} = 2,268 \text{ kg}$$

Acabados

$$W_{\text{acabado}} = A_{\text{tributaria}} * W_{\text{acabados}}$$

$$W_{\text{acabado}} = 16.73 \text{ m}^2 * 60 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{\text{acabados}} = 1,003.8 \text{ kg}$$

## Muros

$$W_{\text{muros}} = H * Ml * W_{\text{muros}}$$

$$W_{\text{muros}} = 3.5\text{m} * 6\text{ m} * 150\text{ kg/m}^2$$

$$W_{\text{muros}} = 3,150\text{ kg}$$

## Piso

$$W_{\text{piso}} = A_{\text{total}} * W_{\text{piso}}$$

$$W_{\text{piso}} = 16.73\text{ m}^2 * 100\text{ kg/m}^2$$

$$W_{\text{piso}} = 1,673\text{ kg}$$

## Sobrecarga

$$W_{\text{sobrecarga}} = A_{\text{tributaria}} * W_{\text{muros}}$$

$$W_{\text{sobrecarga}} = 16.73\text{ m}^2 * 55\text{ kg/m}^2$$

$$W_{\text{sobrecarga}} = 920.15\text{ kg}$$

$$CM = \frac{13,833.19\text{ Kg}}{6\text{ metros}} \approx 2,305.53 \frac{\text{kg}}{\text{mt}}$$

## Carga viva

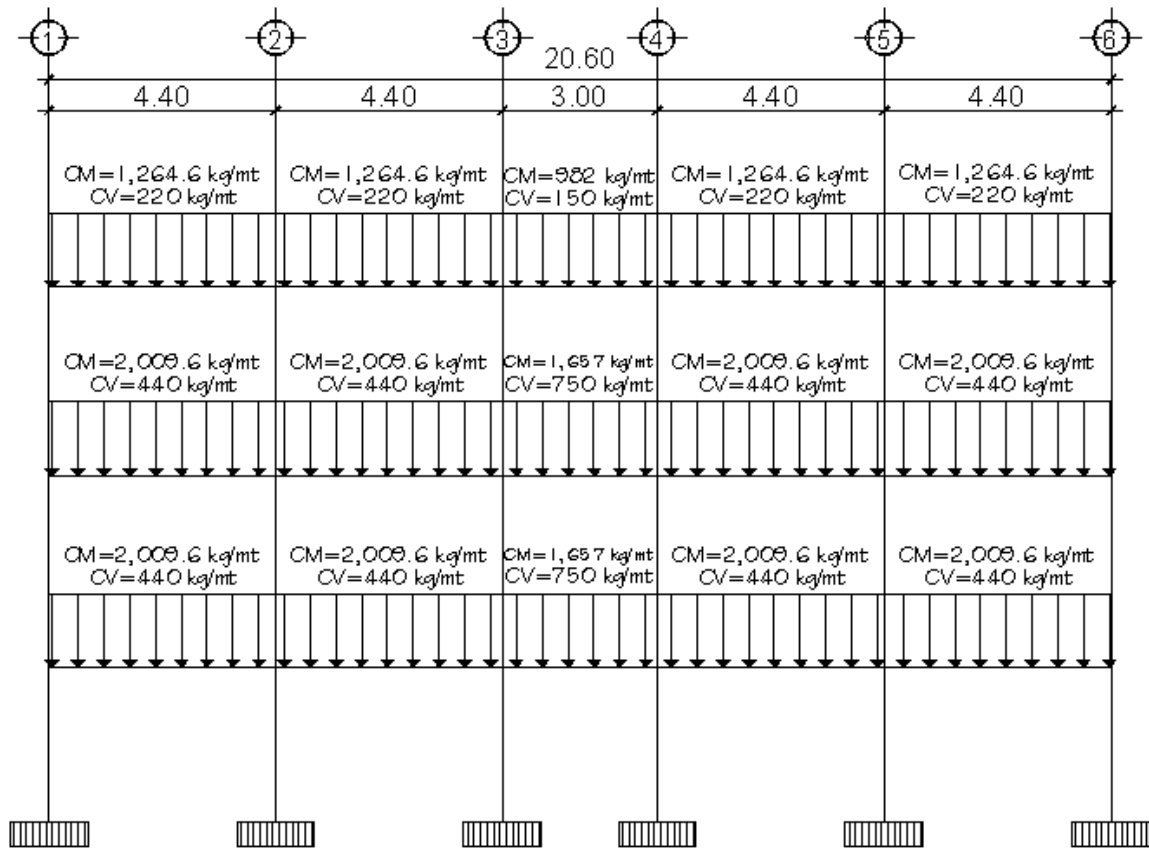
$$CV = W_{\text{salones de clases}} * A_{\text{total}}$$

$$CV = 200\text{kg/m}^2 * 16.73\text{ m}^2$$

$$CV = 3,346\text{ Kg}$$

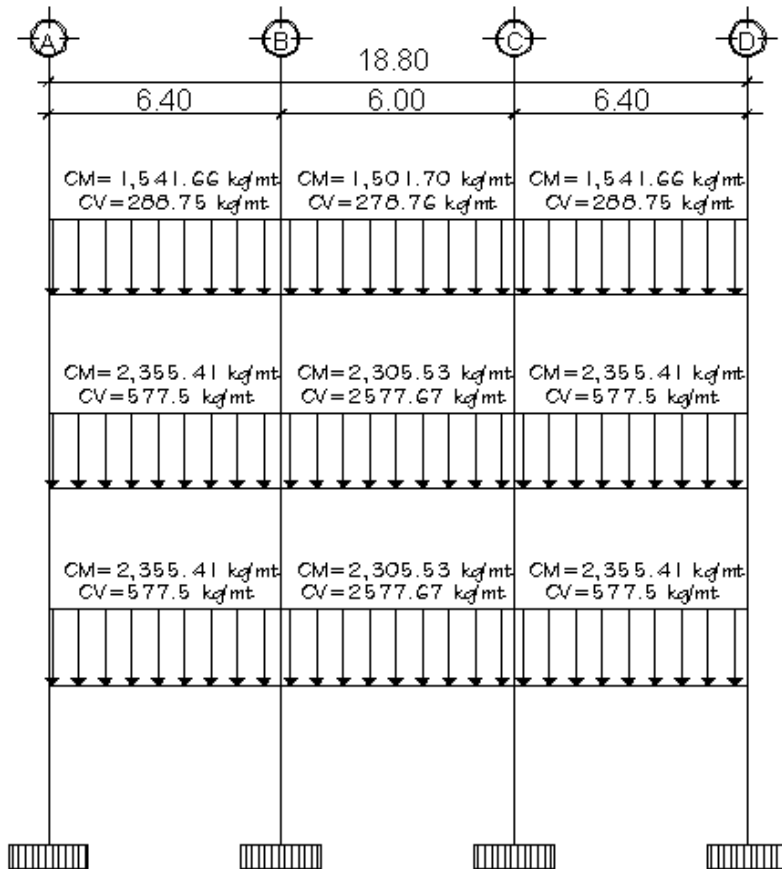
$$CV = \frac{3,346\text{ Kg}}{6\text{ metros}} \approx 557.67 \frac{\text{kg}}{\text{mt}}$$

Figura 16. Carga muerta y carga viva; sentido X, marco C



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Figura 17. Carga muerta y carga viva; sentido y, marco 2



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

### 2.2.6.2.2. Cargas horizontales en marcos dúctiles en nudos rígidos

Las fuerzas horizontales a las que se encuentra expuesta la estructura son: viento, sismo y de impacto son dinámicas. En el análisis estructural regularmente se considera una de las dos, ya que la probabilidad de que los fenómenos naturales que las provocan, actúen simultáneamente, es muy baja. Para efectos de análisis se consideró la fuerza producida por el sismo. Por

simplificación, se aplican las fuerzas sísmicas como cargas laterales estáticas. Desde el punto de vista de las estructuras, los sismos consisten en movimientos aleatorios horizontales y verticales en la superficie de la tierra. A medida que el terreno se mueve, la inercia tiende a mantener a la estructura en su sitio original, lo cual conlleva a la imposición de desplazamiento y de fuerzas que pueden tener resultados catastróficos. Por lo tanto, la respuesta sísmica depende fuertemente de las propiedades geométricas de la estructura, especialmente su altura.

### Fuerzas sísmicas

Los sismos consisten en movimientos aleatorios horizontales y verticales en la superficie de la tierra. A medida que el terreno se mueve, la inercia tiende a mantener la estructura en su sitio original, esto hace que la estructura sufra desplazamiento, que pueden tener resultados catastróficos. Por lo tanto; el diseño sísmico depende fuertemente de las propiedades geométricas de la estructura, especialmente su altura. La carga sísmica depende del peso de la estructura, se considera que la estructura se mantiene fija en su base, siendo este el punto de aplicación de la fuerza, que se denomina corte basal (V) y se transmite a los elementos estructurales, proporcional a las rigideces y posición con respecto al centro de rigidez.

Las cargas verticales se utilizarán de la siguiente manera para el cálculo del corte basal:

$$W_N = W_{CM} + 25\% W_{CV}$$

Dónde:

WN = peso por nivel

WCM = carga muerta por nivel

WCV = carga viva por nivel

3er. nivel

Carga muerta

$$CM = w_{\text{losa}} + w_{\text{viga}} + w_{\text{columna}} + w_{\text{acabados}} + w_{\text{muros}} + w_{\text{sobrecarga}}$$

Losa

$$W_{\text{losa}} = A_{\text{total}} * t_{\text{losa}} * P_{\text{uc}}$$

$$W_{\text{losa}} = 387.28 \text{ m}^2 * 0.12 \text{ m} * 2,400 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{\text{losa}} = 111,536.64 \text{ kg}$$

Viga

$$W_{\text{viga}} = A_{\text{sección}} * L_{\text{viga}} * P_{\text{uc}}$$

$$W_{\text{viga}} = (0.35 * 0.45) \text{ m}^2 * (195.2) \text{ m} * 2,400 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{\text{viga}} = 73,785.6 \text{ kg}$$

Columna

$$W_{\text{columna}} = A_{\text{sección}} * H_{\text{columna}} / 2 * P_{\text{uc}} * \text{número de columnas}$$

$$W_{\text{columna}} = (0.45 * 0.45) \text{ m}^2 * 3.5 / 2 \text{ m} * 2,400 \text{ kg/m}^2 * 24 \text{ columnas}$$

$$W_{\text{columna}} = 20,412 \text{ kg}$$

Acabados

$$W_{\text{columna}} = A_{\text{total}} * W_{\text{acabados}}$$

$$W_{\text{columna}} = (145.6 * 3.5 / 2) + 387.28 \text{ m}^2 * 60 \text{ kg/m}^2$$



$$W_{\text{columna}} = 38,524.8 \text{ kg}$$

### Muros

$$W_{\text{muros}} = H/2 * MI * W_{\text{muros}}$$

$$W_{\text{muros}} = 3.5/2\text{m} * 145.6\text{m} * 150 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{\text{muros}} = 38,220 \text{ kg}$$

### Sobrecarga

$$W_{\text{sobrecarga}} = A_{\text{total}} * W_{\text{muros}}$$

$$W_{\text{sobrecarga}} = 387.28\text{m}^2 * 55 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{\text{sobrecarga}} = 21,300.4 \text{ kg}$$

$$CM = 298,379.74 \text{ Kg} \approx 298.5 \text{ Ton}$$

### Carga viva

$$CV = W_{\text{azotea sin acceso}} * A_{\text{total}}$$

$$CV = 100\text{kg/m}^2 * 387.28\text{m}^2$$

$$CV = 38,728 \text{ Kg}$$

$$CV = 38,728 \text{ Kg} \approx 39 \text{ Ton}$$

### 2do. nivel

### Carga muerta

$$CM = w_{\text{losa}} + w_{\text{viga}} + w_{\text{columna}} + w_{\text{acabados}} + w_{\text{piso}} + w_{\text{muros}} + w_{\text{sobrecarga}}$$

### Losa

$$W_{\text{losa}} = A_{\text{total}} * t_{\text{losa}} * P_{\text{uc}}$$

$$W_{\text{losa}} = 387.28 \text{ m}^2 * 0.12 \text{ m} * 2,400 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{\text{losa}} = 111,536.64 \text{ kg}$$

### Viga

$$W_{\text{viga}} = A_{\text{sección}} * L_{\text{viga}} * P_{\text{uc}}$$

$$W_{\text{viga}} = (0.35 * 0.45) \text{ m}^2 * (195.2) \text{ m} * 2,400 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{\text{viga}} = 73,785.6 \text{ kg}$$

### Columna

$$W_{\text{columna}} = A_{\text{sección}} * H_{\text{columna}} * P_{\text{uc}} * \text{número de columnas}$$

$$W_{\text{columna}} = (0.45 * 0.45) \text{ m}^2 * 3.5 \text{ m} * 2,400 \text{ kg/m}^2 * 24 \text{ columnas}$$

$$W_{\text{columna}} = 40,824 \text{ kg}$$

### Acabados

$$W_{\text{columna}} = A_{\text{total}} * W_{\text{acabados}}$$

$$W_{\text{columna}} = (145.6 * 3.5) + 387.28 \text{ m}^2 * 60 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{\text{columna}} = 53,812.8 \text{ kg}$$

### Piso

$$W_{\text{piso}} = A_{\text{total}} * W_{\text{piso}}$$

$$W_{\text{piso}} = 387.28 \text{ m}^2 * 100 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{\text{piso}} = 38,728 \text{ kg}$$

### Muros

$$W_{\text{muros}} = H * Ml * W_{\text{muros}}$$

$$W_{\text{muros}} = 3.5 \text{ m} * 145.6 \text{ m} * 150 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{\text{muros}} = 76,440 \text{ kg}$$

### Sobrecarga

$$W_{\text{sobrecarga}} = A_{\text{total}} * W_{\text{muros}}$$

$$W_{\text{sobrecarga}} = 387.28 \text{ m}^2 * 55 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{\text{sobrecarga}} = 21,300.4 \text{ kg}$$

$$CM = 411,437.24 \text{ Kg} \approx 411.5 \text{ Ton}$$

### Carga viva

$$CV = W_{\text{salones}} * A_{\text{total}} + W_{\text{pasillos de circulación}} * A_{\text{total}}$$

$$CV = (200 \text{ kg/m}^2 * 2 * 165.44 \text{ m}^2) + (500 \text{ kg/m}^2 * 57.621 \text{ m}^2)$$

$$CV = 94.96 \text{ Kg}$$

$$CV = 94.96 \text{ Kg} \approx 95 \text{ Ton}$$

### 1er. nivel

### Carga muerta

$$CM = w_{\text{losa}} + w_{\text{viga}} + w_{\text{columna}} + w_{\text{acabados}} + w_{\text{piso}} + w_{\text{muros}} + w_{\text{sobrecarga}}$$

### Losa

$$W_{\text{losa}} = A_{\text{total}} * t_{\text{losa}} * P_{\text{uc}}$$

$$W_{\text{losa}} = 387.28 \text{ m}^2 * 0.12 \text{ m} * 2,400 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{\text{losa}} = 111,536.64 \text{ kg}$$

### Viga

$$W_{\text{viga}} = A_{\text{sección}} * L_{\text{viga}} * P_{\text{uc}}$$

$$W_{\text{viga}} = (0.35 * 0.45) \text{ m}^2 * (195.2) \text{ m} * 2,400 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{\text{viga}} = 73,785.6 \text{ kg}$$

## Columna

$$W_{\text{columna}} = A_{\text{sección}} * H_{\text{columna}} * P_{\text{uc}} * \text{numero de columnas}$$

$$W_{\text{columna}} = (0.45 * 0.45) \text{ m}^2 * 3.5 \text{ m} * 2,400 \text{ kg/m}^2 * 24 \text{ columnas}$$

$$W_{\text{columna}} = 40,824 \text{ kg}$$

## Acabados

$$W_{\text{columna}} = A_{\text{total}} * W_{\text{acabados}}$$

$$W_{\text{columna}} = (145.6 * 3.5) + 387.28 \text{ m}^2 * 60 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{\text{columna}} = 53,812.8 \text{ kg}$$

## Piso

$$W_{\text{piso}} = A_{\text{total}} * W_{\text{piso}}$$

$$W_{\text{piso}} = 387.28 \text{ m}^2 * 100 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{\text{piso}} = 38,728 \text{ kg}$$

## Muros

$$W_{\text{muros}} = H * Ml * W_{\text{muros}}$$

$$W_{\text{muros}} = 3.5 \text{ m} * 142.6 \text{ m} * 150 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{\text{muros}} = 74,865 \text{ kg}$$

## Sobrecarga

$$W_{\text{sobrecarga}} = A_{\text{total}} * W_{\text{muros}}$$

$$W_{\text{sobrecarga}} = 387.28 \text{ m}^2 * 55 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{\text{sobrecarga}} = 21,300.4 \text{ kg}$$

$$CM = 409,232.24 \text{ Kg} \approx 409 \text{ Ton}$$

## Carga viva

$$CV = W_{\text{salones}} * A_{\text{total}} + W_{\text{pasillos de circulación}} * A_{\text{total}}$$

$$CV = (200 \text{ kg/m}^2 * 2 * 165.44\text{m}^2) + (500 \text{ kg/m}^2 * 57.621\text{m}^2)$$

$$CV = 94.96 \text{ Kg}$$

$$CV = 94.96 \text{ Kg} \approx 95 \text{ Ton}$$

Nivel 3

$$WN3 = 298.5 \text{ T}$$

Nivel 2

$$WN = 411.5 \text{ T}$$

Nivel

$$WN1 = 409.232 \text{ T}$$

$$\sum WN = 1,119,042.22 \text{ T}$$

Debido a la alta incidencia de terremotos ocurridos en nuestro medio, se aplicó el código UBC-97, para establecer el corte basal. El corte basal queda definido por la siguiente ecuación:

$$V = \frac{C_v * I}{RT} WN$$

Dónde:

V= Esfuerzo de corte basal total de diseño en una dirección.

C<sub>v</sub>= Coeficiente de sismicidad, depende de la zona sísmica y el tipo de suelo donde se cimentará la estructura, este coeficiente está en función de la zona sísmica en la que se ubique la edificación, para este caso está ubicado en una

zona 4 donde  $Z=0.40$  (ver anexo 3), en esta condición se adoptó un valor de  $C_v=0.64$  (ver anexo).

$I$ =Factor de importancia de la estructura, este dependerá del uso del mismo, después de que ocurra el sismo, para este caso se consideró  $I= 1$  (ver anexo)

$R$ = factor de reducción de respuesta, depende del sistema estructural, tanto de su capacidad resistiva como de su ductilidad, para el sistema de marcos dúctiles espaciales con nudos rígidos  $R= 8.5$  (ver anexo)

$T$ = período fundamental de vibración, este valor depende de la altura del edificio y del sistema estructural del mismo, si  $T<0.7$ seg, la fuerza en la cúspide es cero.

$T=C_t(h^{3/4})$ , donde  $C_t=0.0731$ , para el sistema de pórticos de hormigón reforzado resistente a momentos

$WN$ = peso del edificio más un 25% de la carga viva aplicada a la estructura

Cálculo del período fundamental de vibración

$$T=0.0731(10.5^{3/4})=0.4264 \text{ seg, como } T<0.7 \text{ entonces } F_t=0$$

Calculando el corte basal

$$V=\frac{0.64*1}{8.5*0.4264} * 1,119,049.22 \text{ kg}= 197,602.78 \text{ kg}$$

También especifica que el corte basal no debe ser menor que

$$V=\frac{0.8*Z*N_v*I}{R} * W$$

Donde  $N_v$  es el coeficiente de proximidad a la falla para zonas sísmicas, Guatemala está catalogada como zona de alto riesgo sísmico por la unión de tres placas tectónicas; para este caso  $N_v=1.0$ , ver tablas anexo 4.

$$V = \frac{0.8 * 0.25 * 1}{8.5} * 1,119,049.22 \text{ kg} = 42,128.91 \text{ kg}$$

También establece el valor mínimo, como parámetro general de diseño

$$V = 0.11 * C_a * I * W = 0.11 * 0.44 * 1 * 1,119,049.22 = 54,161.98 \text{ kg}$$

El esfuerzo de corte basal total de diseño en una dirección debe determinarse a partir de:

$$V = \frac{3 C_a W}{R}$$

$C_a$  = coeficiente de sismicidad según tipo de suelo = 0.44

$N_a$  = factor de cercanía de la fuente = 1

$$V = \frac{3 C_a W}{R} = \frac{3 * 0.44 * 1}{8.5} * 1,119,049.22 = 173,781.76 \text{ kg}$$

No debe exceder al resultado obtenido:

$$V = \frac{2.5 C_a W}{R} = \frac{2.5 * 0.44 * 1}{8.5} * 1,119,049.22 = 144,818.13 \text{ kg}$$

El corte basal para el diseño de la estructura es 144,818.13 kg, de acuerdo al código de diseño UBC-97.

## Fuerzas por nivel

La fuerza total lateral  $V$ , se distribuye en toda la altura de la estructura, de acuerdo a la fórmula:

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

Dónde

$W_i$  = peso de cada nivel

$H_i$  = altura de cada nivel

$V$  = corte basal

$F_t$  = fuerza en la cúspide

$F_i$  = fuerza por nivel

Fuerza concentrada en la cúspide; según las condiciones siguientes:

Si  $T < 0.7$  segundos,  $F_t = 0$

Si  $T > 0.7$  segundos; calcular  $F_t = 0.07 * T * V$

Donde  $T$  = período fundamental de la estructura.

En el cálculo la fuerza en la cúspide  $F_t$  es igual a 0 en los dos sentidos, ya que  $T_x$  y  $T_y$  son menores a 0.7 segundos.

Como  $V_x = V_y$  entonces  $F_{ix} = F_{iy}$ , por lo que solo analiza en un sentido.

Fuerza en el tercer nivel

$$F_{3x} = F_{3y} = \frac{(144.82 \text{ ton}) * 12.5 \text{ m} * 308.25 \text{ ton}}{(308.25 \text{ ton} * 12.5 \text{ m} + 435.25 \text{ ton} * 9 \text{ m} + 432.98 \text{ ton} * 5.5 \text{ m})} = 54.97 \text{ ton}$$



Fuerza en el segundo nivel

$$F2x=F2y=\frac{(144.82 \text{ ton}) * 9\text{m} * 435.25 \text{ ton}}{(308.25 \text{ ton} * 12.5 \text{ mt} + 435.25 \text{ ton} * 9 \text{ mts} + 432.98 \text{ ton} * 5.5 \text{ mts})} = 55.88 \text{ ton}$$

Fuerza en el primer nivel

$$F1x=F1y=\frac{(144.82 \text{ ton}) * 5.5\text{m} * 432.98 \text{ ton}}{(308.25 \text{ ton} * 12.5 \text{ mt} + 435.25 \text{ ton} * 9 \text{ mts} + 432.98 \text{ ton} * 5.5 \text{ mts})} = 33.97 \text{ ton}$$

Comprobación

$$V = F_n3 + F_n2 * F_n1$$

$$V = 54.97 + 55.8 + 33.97$$

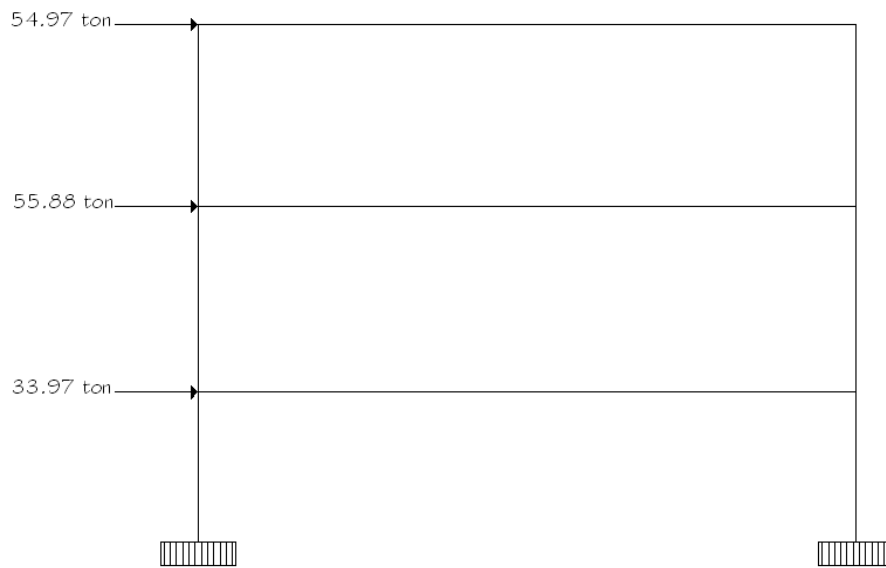
$$V = 144.82 \text{ ton}$$

Fuerzas por marco

La distribución de cargas sísmicas depende de la simetría estructural, si hay excentricidad entre el centro de rigidez y el centro de masa, la capacidad torsional del edificio se ve afectada, los marcos con mayor excentricidad, reciben una fuerza de marco ( $F_m$ ) mayor, a los de menor excentricidad. Por ello deberán ser diseñados para soportar mayores cargas sísmicas. Si no hay excentricidad, la fuerza de piso se divide dentro del número de marcos paralelos a esta fuerza. Si los marcos son asimétricos la fuerza de piso  $F_i$ , se divide proporcional a la rigidez de los mismos. En este caso los marcos son

simétricos por lo que no hay torsión en la estructura, y el procedimiento es dividir la fuerza por nivel dentro del número de marcos por nivel.

Figura 18. **Distribución de fuerzas por nivel**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Eje x

Fuerza en el tercer nivel

$$F_{3x} = \frac{54.97 \text{ ton}}{4 \text{ marcos}} = 13.7435 \text{ T}$$

Fuerza en el segundo nivel

$$F_{2x} = \frac{55.88 \text{ ton}}{4 \text{ marcos}} = 13.995 \text{ T}$$

Fuerza en el primer nivel

$$F_{1x} = \frac{33.97 \text{ ton}}{4 \text{ marcos}} = 8,4925 \text{ T}$$

Eje y

Fuerza en el tercer nivel

$$F_{3y} = \frac{54.97 \text{ ton}}{6 \text{ marcos}} = 9.1617 \text{ T}$$

Fuerza en el segundo nivel

$$F_{2y} = \frac{55.88 \text{ ton}}{6 \text{ marcos}} = 9.33 \text{ T}$$

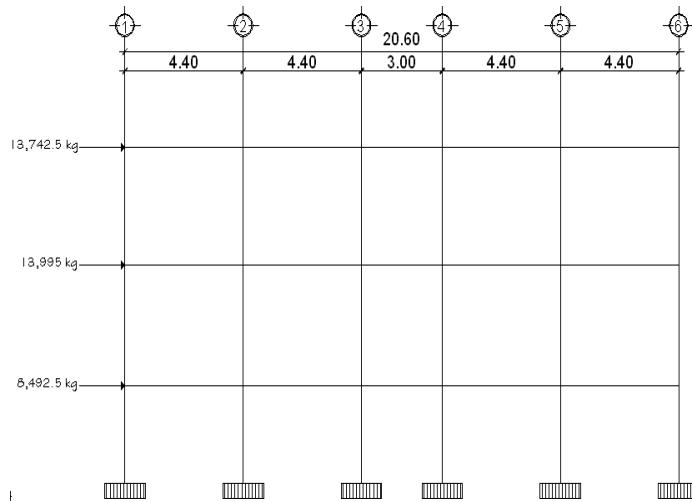
Fuerza en el primer nivel

$$F_{1y} = \frac{33.97 \text{ ton}}{3 \text{ marcos}} = 5.6617 \text{ ton}$$

### 2.2.6.3. Modelos matemáticos para marcos dúctiles en nudos rígidos

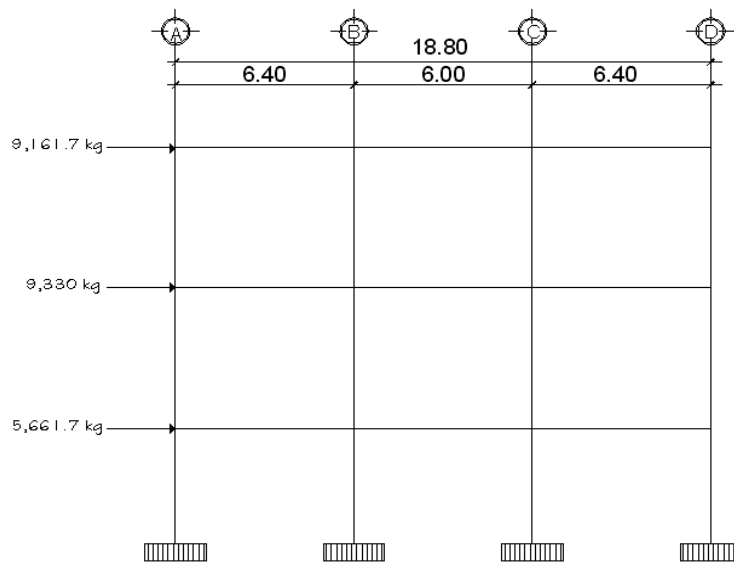
En las siguientes figuras se muestran las distribuciones de fuerzas por marco según su respectivo eje.

Figura 19. **Distribución de fuerzas por marco; eje x**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Figura 20. **Distribución de fuerzas por marco; eje y**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

#### **2.2.6.4. Análisis de marcos dúctiles por medio de un método de análisis estructural numérico y comprobación por medio de software**

En el siguiente resumen de método de análisis para marcos dúctiles en nudos rígidos, se utilizó método aproximado de Kani, el cual es aplicable únicamente para miembros de sección constante.

- Cálculo de momentos fijos (MFik): se calculan cuando existen cargas verticales.
- Cálculo de momentos de sujeción (Ms): se calculan cuando hay cargas verticales. =  $\sum Ms MFik$
- Determinación de fuerzas de sujeción (H): se calculan cuando se hace el análisis de las fuerzas horizontales al marco dúctil unido con nudos rígidos.

$$H = FM_{\text{nivel } h} \text{ (fuerzas por marco del nivel } n, \text{ del análisis sísmico)}$$

- Cálculo de la fuerza cortante en el piso (Qn): se calculan cuando se hace el análisis con las fuerzas horizontales aplicadas al marco dúctil unido con nudos rígidos.

$$Q_n = \sum H$$

- Cálculo de momentos de piso (Mn): se calculan cuando se hace el análisis con las fuerzas horizontales aplicadas al marco dúctil unido con nudos rígidos.

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

Dónde:

$h_n$  = altura del piso "n"

- Cálculo de rigidez de los elementos ( $K_{ik}$ ):

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

Dónde:

$I$  = inercia del elemento

$L$  = longitud del elemento

- Cálculo de factor de giro o coeficiente de reparto ( $\mu_{ik}$ ):

$$\mu_{ik} = \frac{1}{2} * \frac{k_{ik}}{\sum k_{in}}$$

- Cálculo de factores de corrimiento ( $V_{ik}$ ): se calculan cuando hay ladeo, causado por asimetría en la estructura o cuando se hace el análisis con la fuerza horizontal, aplicada al marco dúctil unido con nudos rígidos.

$$V = \frac{3}{2} * \frac{k_{ik}}{\sum k_{in}}$$

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

$$M'_{ik} = \mu_{ik}(M_s + \Sigma M'_{in}) \text{ sin ladeo}$$

$$M'_{ik} = \mu_{ik}(M_s + \Sigma(M'_{in}+M'_{in})) \text{ con ladeo}$$

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

$$M''_{ik} = V_{ik}(\Sigma(M'_{ik} + M'_{ki})) \text{ ladeo por asimetría}$$

$$M''_{ik} = V_{ik}(M_n + \Sigma(M'_{ik} + M'_{ki})) \text{ ladeo por fuerzas horizontales}$$

- Cálculo de momentos finales en el extremo de cada barra ( $M'_{ik}$ )

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

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

- Cálculo de los momentos positivos en vigas ( $M'_{ik}(+)$ )

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

$M_{i(-)}$  = momento negativo de la viga en el extremo del lado izquierdo

$M_{k(-)}$  = momento negativo de la viga en el extremo del lado derecho.

A manera de comprobación con el método de Kani se utilizó el software ETABS versión 9.5, el programa trabaja con un método matricial, este toma en cuenta las propiedades mecánicas de cada material, los resultados de ambos métodos variaron en un 10% en los elementos medidos a ejes (vigas) y 12% en los elementos en los que el programa calcula los esfuerzos al rostro (columnas), para efectos de diseño se utilizará el método numérico, debido a que utiliza valores mas altos, por ser un método iterativo, (ver apéndice).

### 2.2.6.5. Envolvente de momentos

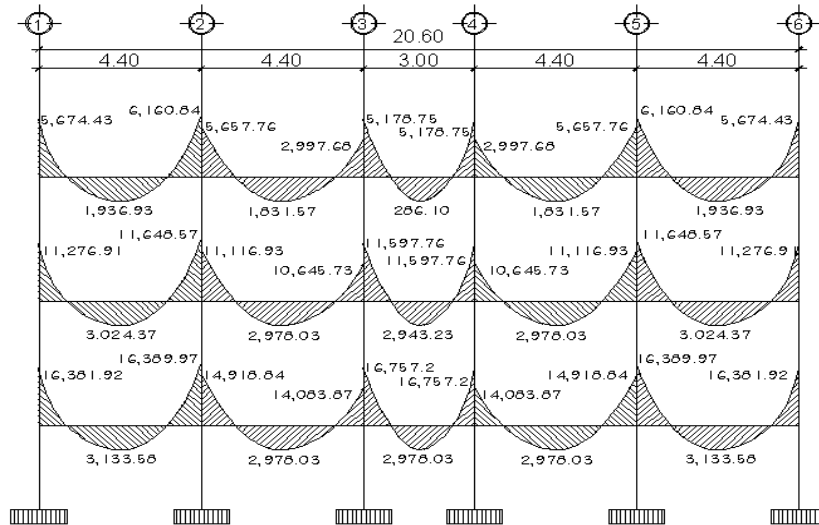
La envolvente de momentos, es la representación de los esfuerzos máximos que ocurren al superponer los efectos de las cargas muerta, viva, y sismo, las combinaciones que se usan son del código ACI para concreto reforzado. La fuerza de corte y momentos flectores, se toman a rostro para el diseño estructural. Para diseño se toman los valores máximos.

- $M = 1.4MCM + 1.7MCV$
- $M = 0.75 (1.4 MCM + 1.7 MCV + 1.87 MS)$
- $M = 0.75 (1.4 MCM + 1.7 MCV - 1.87 MS)$
- $M = 0.9MCM + 1.43MS$
- $M = 0.9MCM - 1.43MS$

A continuación se muestran los diagramas obtenidos de la envolvente para cada marco:

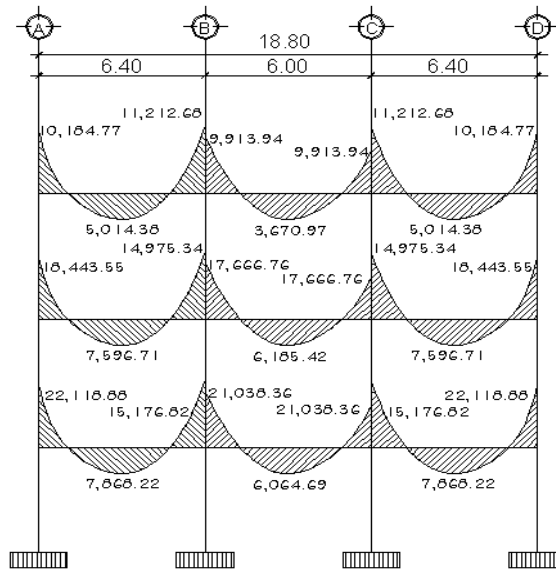


Figura 21. **Envolvente de momentos en vigas sentido X (kg-m)**



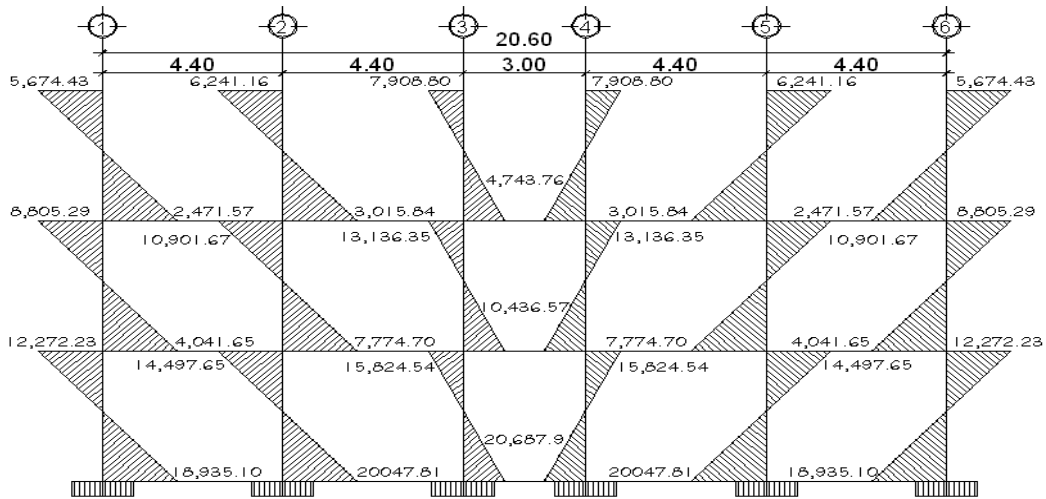
Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Figura 22. **Envolvente de momentos en vigas sentido Y (kg-m)**



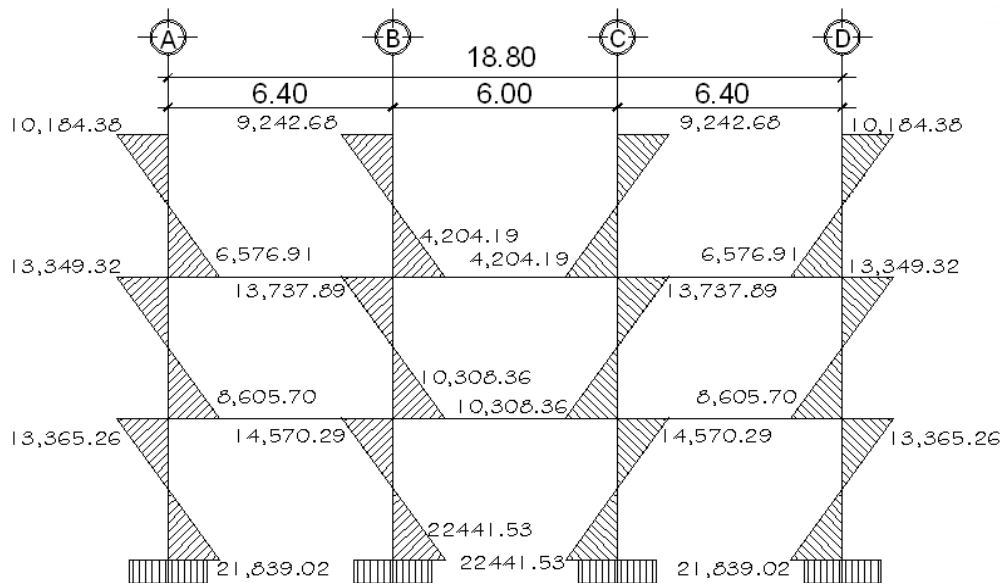
Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Figura 23. **Envolvente de momentos en columnas sentido X (kg-m)**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Figura 24. **Envolvente de momentos en columnas sentido Y (kg-m)**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

### 2.2.6.6. Diagrama de corte y momento

Los cortes en los marcos, se calculan con las fórmulas siguientes:

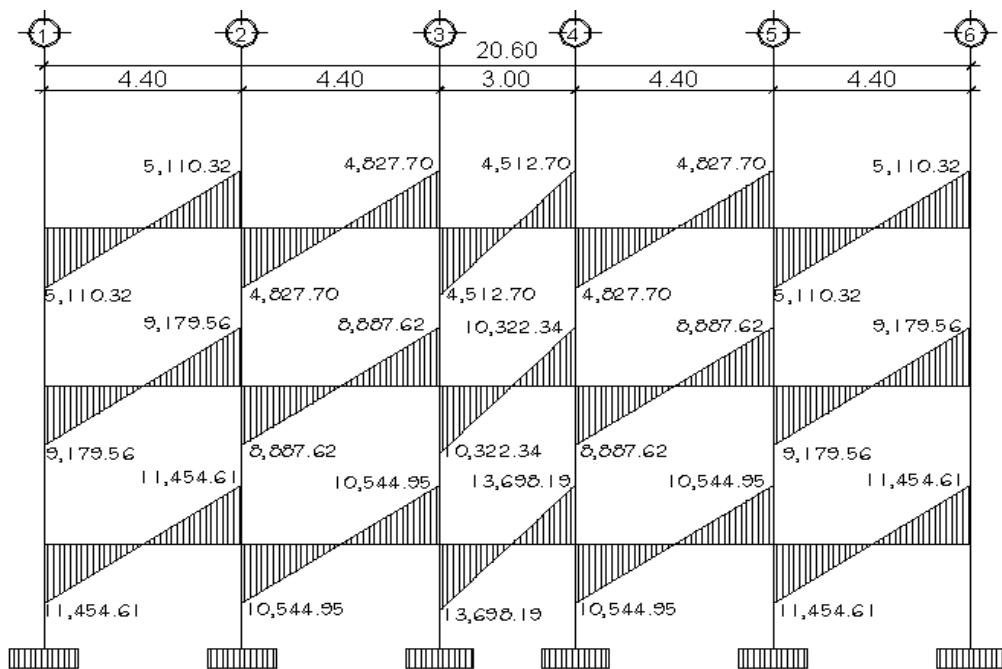
Para el corte en vigas:

$$V_v = 0.75 * \left[ \frac{1.4(W_{cm} * L)}{2} + \frac{1.7(W_{cv} * L)}{2} + \frac{1.87 \sum M_s}{L} \right]$$

Para el corte en columnas:

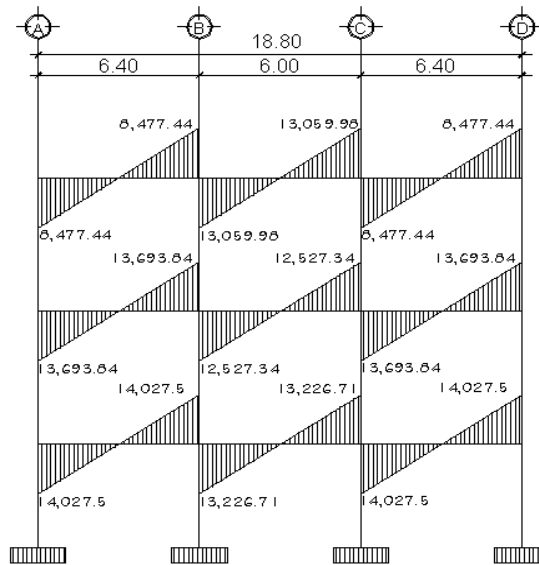
$$V_{col} = \frac{\sum M_{col}}{L}$$

Figura 25. Diagrama de corte en vigas sentido X (kg)



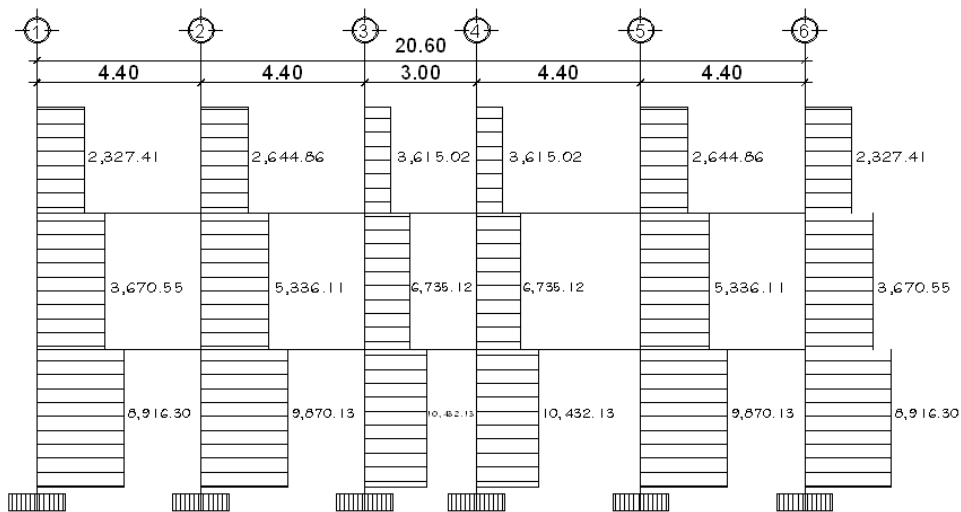
Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Figura 26. Diagrama de corte en vigas sentido Y (kg)



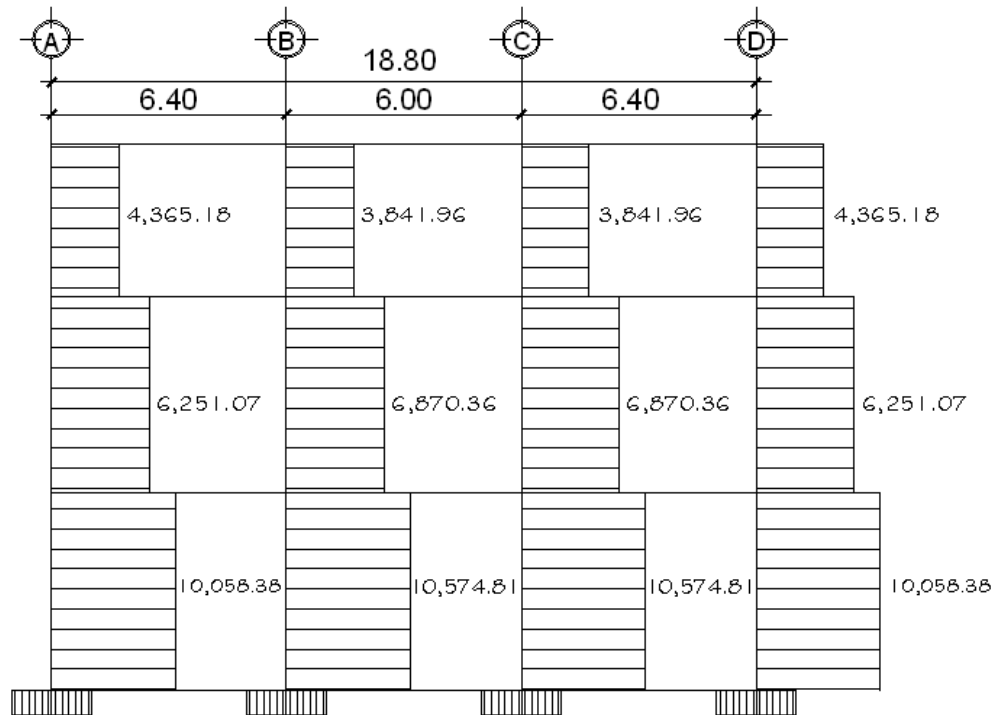
Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Figura 27. Diagrama de corte en columnas sentido X (kg)



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Figura 28. Diagrama de corte en columnas sentido Y (kg)



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

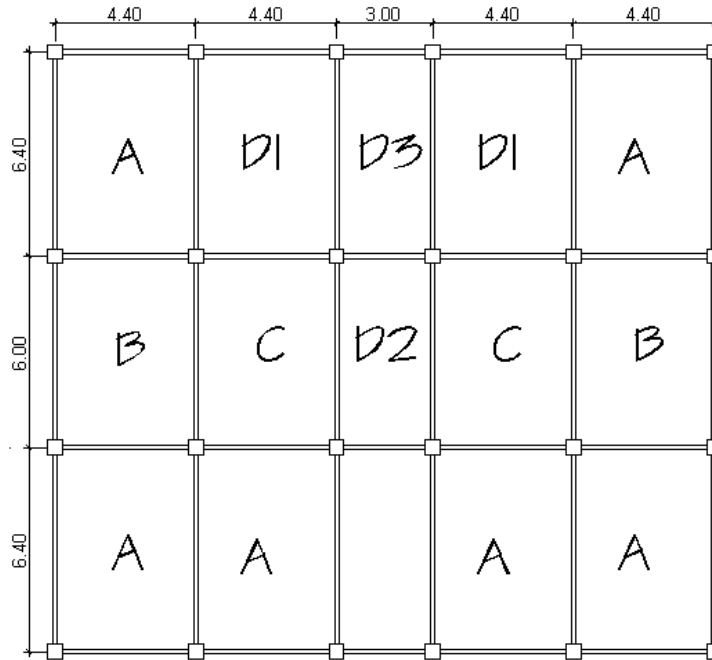
### 2.2.6.7. Diseño de losas

Para el diseño de losas se utilizó el método 3 del ACI, se utilizó el espesor de losa obtenido en el predimensionamiento. Para el cálculo se utilizará la relación  $m=a/b$ , para definir si la losa trabaja en un sentido o en dos sentidos.

Relación

- $m = a / b < 0.5$  losa trabaja en un sentido
- $m = a / b > 0.5$  losa trabaja en dos sentidos

Figura 29. Losa Nivel 1



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Se procede a calcular la relación  $a/b$ , para saber en cuanto sentidos trabaja la losa y así poder definir el tipo de caso que se utilizará para obtener los coeficientes, en el posterior cálculo de momentos. Calculando  $m$  para losa de mayor dimensión, con  $a = 6.40m$  y  $b = 4.40m$

$$m = \frac{4.40m}{6.40m}$$

$$m = 1.45m > 0.50 \text{ losa trabaja en dos sentidos}$$

Donde  $a$  = sentido corto de losa y  $b$  = sentido largo de losa

Tabla VI. **Casos y coeficientes respectivos de losas**

LOS A	Lado corto (a)	Lado largo (b)	M	Caso a utiliza r	CM + CV		CM		CV	
					Ca (- )	Cb (- )	Ca dl (+)	Cb dl (+)	Ca ll (+)	Cb ll (+)
A	4.4	6.4	0.6 9	4	0.081	0.01 9	0.046	0.011	0.057	0.014
B	4.4	6	0.7 3	8	0.061	0.03 6	0.036	0.013	0.049	0.016
C	4.4	6	0.7 3	2	0.069	0.02 2	0.028	0.009	0.045	0.014
D1	4.4	6.4	0.6 9	9	0.081	0.01 1	0.033	0.006	0.05	0.011
D2	3	6	0.5 0	9	0.078	0.01 4	0.031	0.007	0.046	0.013
D3	3	6.4	0.4 7	9	0.078	0.01 4	0.031	0.007	0.046	0.013

Fuente: elaboración propia.

Cargas a utilizar:

$$CM = 488 \text{ Kg/mt}^2$$

$$CV = 500 \text{ Kg/mt}^2$$

Carga última:

$$C_u = 1.4 \text{ CM} + 1.7 \text{ CV}$$

$$C_u = 1.4 (488) + 1.7 (500)$$

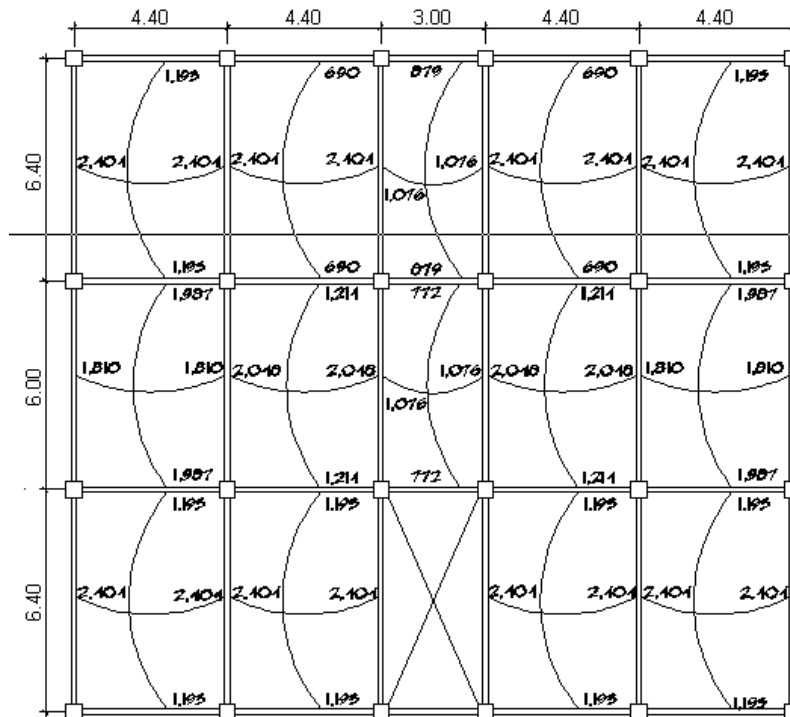
$$C_u = 1533.2 \text{ Kg/mt}^2$$

Se utilizará una franja unitaria de un metro (1 metro)

$$C_u = 1533.2 \frac{\text{Kg}}{\text{mt}^2} * 1 \text{ metro}$$

$$C_u = 1533.2 \text{ Kg/mt}^2$$

Figura 30. Diagrama de momentos losa Nivel 1



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.



Tabla VII. Momentos en losa Nivel 1

LOSA	Lado corto (a)	Lado largo (b)	M	Caso a utilizar	CM + CV		CM		CV		CM	CV	CU	Ma (-)	Mb (-)	Ma (+)	Mb (+)
					Ca (-)	Cb (-)	Ca dl (+)	Cb dl (+)	Ca ll (+)	Cb ll (+)							
A	4.4	6.4	0.69	4	0.081	0.019	0.046	0.011	0.057	0.014	488	500	1533.2	2404.30	1193.20	986.35	506.59
B	4.4	6	0.73	8	0.061	0.036	0.036	0.013	0.049	0.016	488	500	1533.2	1810.64	1987.03	814.43	516.38
C	4.4	6	0.73	2	0.069	0.022	0.028	0.009	0.045	0.014	488	500	1533.2	2048.10	1214.29	700.13	410.11
D1	4.4	6.4	0.69	9	0.081	0.011	0.033	0.006	0.05	0.011	488	500	1533.2	2404.30	690.80	795.77	345.21
D2	3	6	0.50	9	0.078	0.014	0.031	0.007	0.046	0.013	488	500	1533.2	1076.30	772.73	343.15	356.97
D3	3	6.4	0.47	9	0.078	0.014	0.031	0.007	0.046	0.013	488	500	1533.2	1076.30	879.20	343.15	406.15

Fuente: elaboración propia.

## Balance de momentos

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

$$\text{Si } 0.80M_2 \geq M_1 \text{ -----} > M_{\text{balanceado}} = \frac{M_1 + M_2}{2}$$

Siendo  $M_1$  = momento menor y  $M_2$  = momento mayor.

Si  $0.80M_2 \leq M_1$  -----> se balancea proporcionalmente a su rigidez.

Tabla VIII. **Fórmulas para balance de momentos**

<b>D<sub>1</sub></b>	<b>D<sub>2</sub></b>
$M_{1(+)}$	$M_{2(+)}$
<b><math>M_1 + (M_2 - M_1) * D_1</math></b>	<b><math>M_2 - (M_2 - M_1) * D_2</math></b>
$M_{\text{balanceado}}$	$M_{\text{balanceado}}$

Fuente: elaboración propia.

$$D_1 = \frac{K_2}{K_1 + K_2}; \quad K_1 = \frac{1}{L_1}$$

Dónde

$M_1$  = momento menor

$M_2$  = momento mayor

$K_1$  y  $K_2$  = rigideces de cada losa

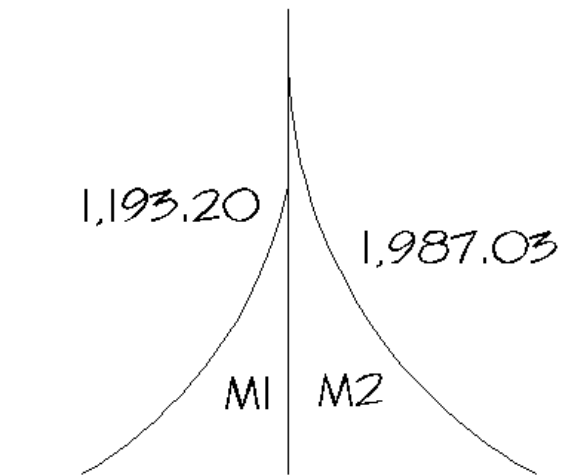
$D_1$  y  $D_2$  = factores de distribución de losas

Balance de losa A-B

$M_a = 1,193.20$  kg-mt

$M_b = 1,987.03$  kg-mt

Figura 31. Balance de momentos  $M_1$  y  $M_2$



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Tabla IX. Balance de momento sentido X

M1	M2	0.8M2	L1	L2	k1	k2	D1	D2	Mb1	Mb2	MB
1193.20	1987.03	1589.62	6.4	6	0.15	0.16	0.48	0.51	1577.30	1577.30	1577
1193.20	1214.29	971.43	-	-	-	-	-	-	1193.20	1214.29	1204
690.80	1214.29	971.43	6.4	6	0.15	0.16	0.48	0.51	944.10	944.10	944
772.73	879.20	703.35	-	-	-	-	-	-	772.73	879.20	826

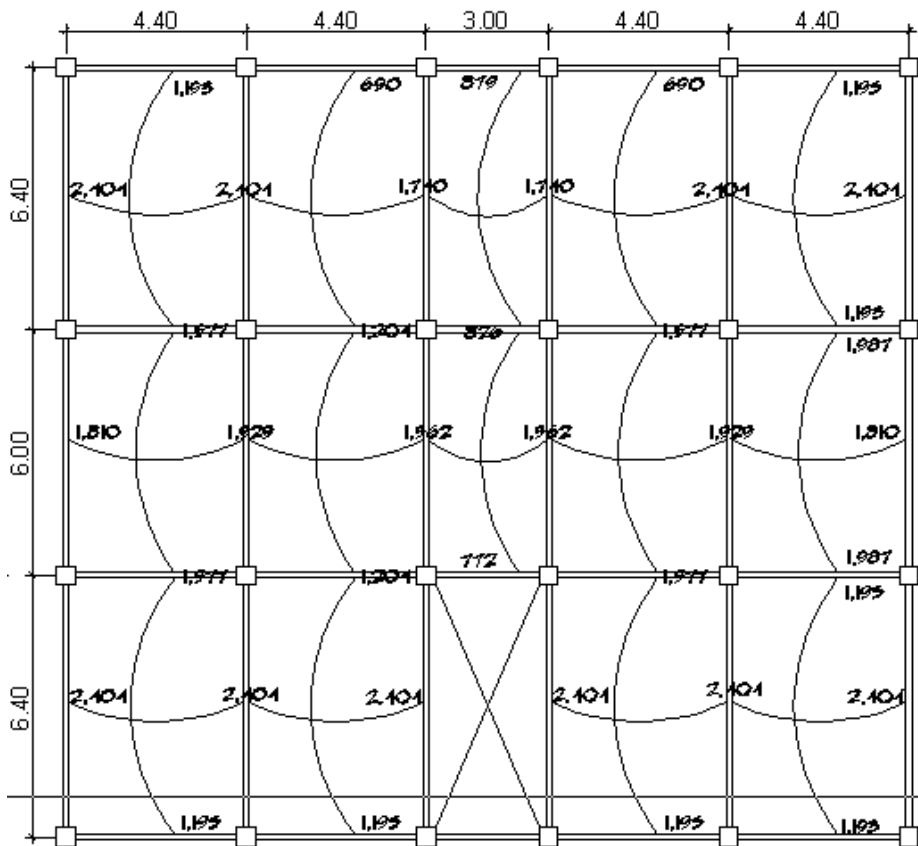
Fuente: elaboración propia.

Tabla X. Balance de momento sentido Y

M1	M2	0.8M2	L1	L2	k1	k2	D1	D2	Mb1	Mb2	MB
2404.30	2404.30	1923.44	-	-	-	-	-	-	2404.30	2404.30	2404
1810.64	2048.10	1638.48	-	-	-	-	-	-	1810.65	2048.11	1929
2048.10	1076.30	861.04	-	-	-	-	-	-	2048.11	1076.31	1562
2404.30	1076.30	861.04	-	-	-	-	-	-	2404.30	1076.31	1740

Fuente: elaboración propia.

Figura 32. Distribución de momentos en losa 2



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

## Diseño del acero de refuerzo

Para calcular el refuerzo de la losa, se utilizará un ancho unitario de 1.00 metros.

Datos:

$$H_{\text{llosa}} = 12 \text{ cm}$$

$$\text{Recubrimiento} = 2.5 \text{ cm}$$

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

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

$$b_w = 100 \text{ cm}$$

## Cálculo de los límites de acero

El código ACI 328-05 en la sección 7.7.1 requiere que el recubrimiento mínimo para losas debe ser igual a 2cm, además se propone refuerzo No.3 diámetro igual a 0.9525 cm y área= 0.71cm<sup>2</sup>.

d= peralte efectivo

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

$$d = 9.5$$

## Cálculo del acero máximo y mínima

- Cuantilla mínima de acero ( $\rho_{\min}$ )

$$\rho_{\min} = \frac{14.1}{f_y}$$

$$\rho_{min} = 0.00501779$$

- Cuantilla balanceada de acero ( $\rho_{bal}$ )

$$\rho_{bal} = 0.85 * \beta_1 * \frac{f'_c}{f_y} * \left( \frac{6120}{6120 + f_y} \right)$$

$$\rho_{bal} = 0.4933891$$

- Cuantilla máxima de acero ( $\rho_{max}$ )

$$\rho_{max} = 0.5 \rho_{bal}$$

$$\rho_{max} = 0.02466945$$

Entonces:

$$A_{Smin} = \rho_{min} * b * dw \qquad A_{Smin} = 4.77 \text{ cm}^2$$

$$A_{Smax} = \rho_{max} * b * dw \qquad A_{Smax} = 23.44 \text{ cm}^2$$

Cálculo de límites de espaciamiento

El código ACI 318-05 en la sección 7.6.5 requiere que en un muro o losas, exceptuando las losas nervuradas, la separación del refuerzo principal, sometido a flexión no debe exceder de 3 veces el espesor del muro o de la losa.

Cálculo del espaciamiento  $A_{smin}$ , asumiendo varilla No.3

Área	Espaciamiento
4.77 cm <sup>2</sup>	100 cm
0.71 cm <sup>2</sup>	S

$$S_{req} = \frac{(0.71 \text{ cm}^2) * (100 \text{ cm})}{4.77 \text{ cm}^2}$$

$$S_{req} = 14.89 \text{ cm}$$

Se calcula el  $A_s$  para un espaciamiento de 14 cm

Área	Espaciamiento
$A_s$ cm <sup>2</sup>	100 cm
0.71 cm <sup>2</sup>	14 cm

$$A_s = \frac{(0.71 \text{ cm}^2) * (100 \text{ cm})}{14 \text{ cm}}$$

$$A_s = 5.07 \text{ cm}^2$$

Cálculo de momento que soporta  $A_{smin}$

El código ACI 318-05 en la sección 13.3.1, requiere que el área del refuerzo en cada dirección para sistemas de losas en dos direcciones, debe determinarse a partir de los momentos en las secciones críticas. Se puede observar que hay diversos momentos, por lo que se procederá a calcular el momento último que resiste el área de acero a utilizar, posterior a calcular el área de acero que requiere cada momento.

$$M_{A_s \text{ sop}} = \theta \left( A_s * f_y \left( d - \frac{A_s f_y}{1.7 f'_c * b} \right) \right)$$

$$M_{As\ sop} = 0.90 \left( 5.07 * fy \left( d - \frac{5.07 * 2,810}{1.7\ 210 * 100} \right) \right)$$

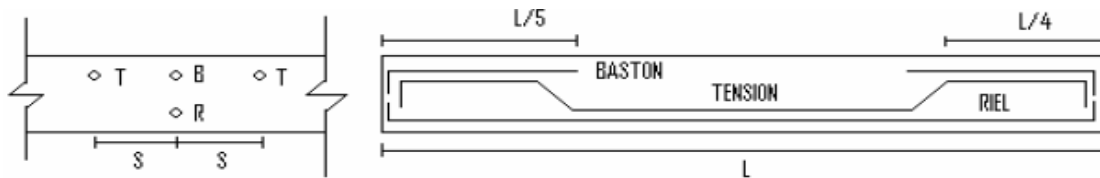
$$M_{As\ sop} = 118003.8\ kg - cm$$

$$M_{As\ sop} = 1,180.03\ kg - m$$

Se utilizará un espaciamiento de 14 cm, con esto se soportara la mayoría de momentos a los cuales están sometidos la losa del primer nivel.

El armado de la losa del primer nivel será con varillas no.3 @ 0.14 cm. Para los momentos mayores que el  $M_{sop}$ , se colocará bastón intercalado para cubrir con el espaciamiento mayor que requieren dichos momentos. En los niveles 2 y 3 el armado será varillas no. 3 @ 0.14 cm.

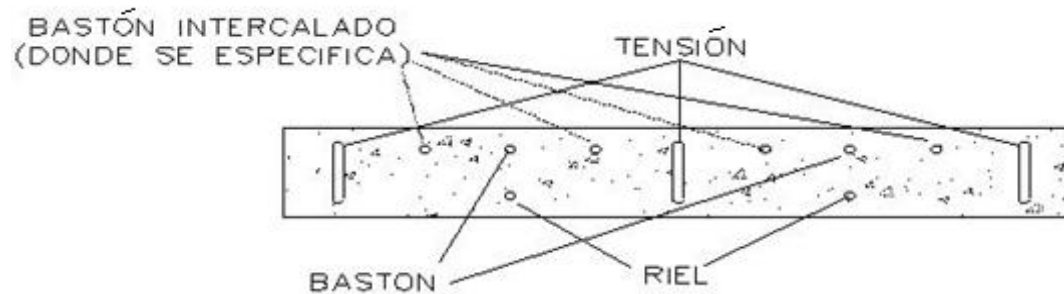
Figura 33. **Longitud de acero de refuerzo**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.



Figura 34. **Distribución de acero de refuerzo con bastón intercalado**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

#### **2.2.6.8. Diseño de vigas**

La viga es un elemento estructural horizontal sometido a esfuerzos de compresión, tensión y corte. Los datos para su diseño son los momentos últimos obtenidos a través del análisis estructural.

Los datos necesarios para realizar el diseño se toman de la envolvente de momentos en las vigas, a manera de ejemplo se diseña la viga crítica en el edificio, esta es la viga A-B del marco 2 en el primer nivel.

Datos:

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

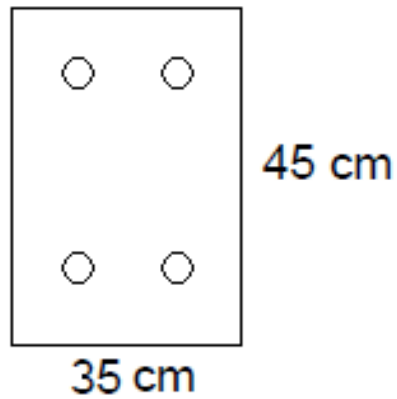
$$F = 210 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Rec} = 5 \text{ cm}$$

$$d = h - \text{rec}$$

$$d = 40$$

Figura 35. Dimensiones propuestas para viga



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

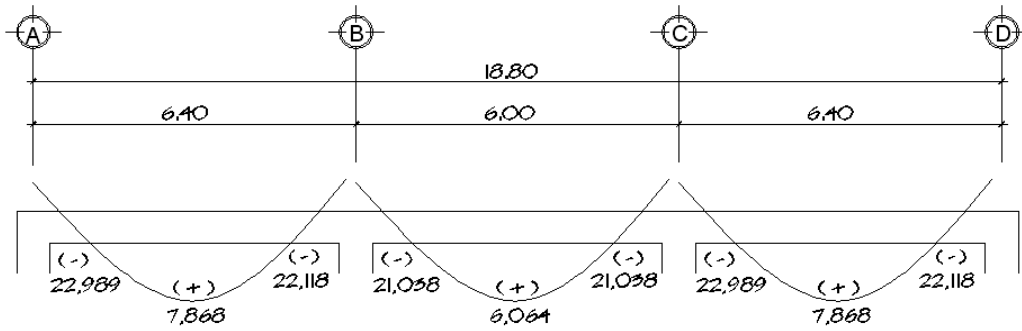
#### Diseño a flexión

En una viga de concreto reforzado y sometida a flexión, el acero de refuerzo resiste la tensión causada por los momentos, mientras que el concreto usualmente es capaz de resistir solo la compresión correspondiente.

Cálculo del acero para la resistencia de momentos. Para lo cual aplica la siguiente expresión, la cual ya incluye el factor de reducción:

$$A_s = (bd - \left( \sqrt{(b * d)^2 - \left( \frac{M * b}{0.003825 f'_c} \right)} \right) * 0.85 * \frac{f'_c}{f_y}$$

Figura 36. Diagrama de momentos últimos en vigas, eje 2



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Sustituyendo los datos y utilizando los momentos, se obtiene el área de acero positiva (cama inferior de la viga) y la negativa (cama superior de la viga), como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla XI. Acero requerido para vigas

VIGA		Momentos	AS
a-b	-	22989	26.54
	+	7,868	8.10
	-	22118	25.33
b-c	-	21038	23.86
	+	6064	6.17
	-	21038	23.86
c-d	-	22118	25.33
	+	7868	8.10
	-	22989	26.54

Fuente: elaboración propia.

Cálculo del acero máximo y mínima

- Cuantilla mínima de acero ( $\rho_{min}$ )

$$\rho_{min} = \frac{14.1}{f_y} \qquad \rho_{min} = 0.00501779$$

- Cuantilla balanceada de acero ( $\rho_{bal}$ )

$$\rho_{bal} = 0.85 * \beta_1 * \frac{f'_c}{f_y} * \left( \frac{6120}{6120 + f_y} \right) \qquad \rho_{bal} = 0.036$$

- Cuantilla máxima de acero ( $\rho_{max}$ )

$$\rho_{max} = 0.5 \rho_{bal} \qquad \rho_{max} = 0.018$$

Entonces:

$$A_{Smin} = \rho_{min} * b * d \qquad A_{Smin} = 7.025 \text{ cm}^2$$

$$A_{Smax} = \rho_{max} * b * d \qquad A_{Smax} = 34.537 \text{ cm}^2$$

El código ACI 318-05 en la sección 21.3.2.1 requiere que en cualquier sección de un elemento a flexión, para el refuerzo tanto superior como inferior, debe colocarse como mínimo dos barras longitudinales.

Refuerzo longitudinal cama superior ( $A_{S(-)}$ )

El refuerzo en la cama superior es el mayor valor de:

- $A_s \text{ min} = 7.02 \text{ cm}^2$
- $33\%A_s^- = 8.34 \text{ cm}^2$

Utilizando el valor mayor de las condiciones, siendo este  $8.34 \text{ cm}^2$ . Se armará con 3 No.6 con un área de acero de  $8.52 \text{ cm}^2$ , el área de acero requerida correspondiente al momento es de  $25.27 \text{ cm}^2$ . Por lo que se debe de colocar como bastones.

$$A_s = 26.54 \text{ cm}^2 - 8.52 \text{ cm}^2$$

$$A_s = 18.02 \text{ cm}^2$$

El área de falta por cubrir es de  $16.75 \text{ cm}^2$ , equivalente a:

$$2 \text{ No.8} = 10.2 \text{ cm}^2$$

$$3 \text{ No.6} = \frac{8.52 \text{ cm}^2}{18.54 \text{ cm}^2}$$

El armado en la cama superior es de 3 No.6 corridas y bastones 2No.8 y 3No.6.  
Refuerzo longitudinal cama inferior ( $A_{s(+)}$ )

El refuerzo en la cama inferior es el mayor valor de

- $A_s \text{ min} = 7.02 \text{ cm}^2$
- $50\%A_s^- = 13.27 \text{ cm}^2$
- $50\%A_s^+ = 4.05 \text{ cm}^2$

Utilizando el valor mayor de las condiciones, siendo este  $13.27 \text{ cm}^2$ , se armará con 4 No.6 y 1 No.5 dando un área de acero de  $13.35 \text{ cm}^2$ .

El armado en la cama inferior es de con 4 No.6 y 1 No.5 corridas.

## Diseño a corte

Las vigas deben tener un margen de seguridad adecuado contra cualquier tipo de falla, algunas de las cuales pueden ser más peligrosas que la falla a flexión. Un ejemplo es la falla a cortante del concreto reforzado, mas conocida como falla a tensión diagonal. Si una viga sin diseño adecuado del refuerzo a cortante se sobrecarga hasta la falla, se puede presentar un colapso por cortante en forma súbita, sin aviso alguno de peligro.

Para la resistencia al corte en las vigas, se colocan estribos que ayudan a contrarrestar estos efectos, además de ser utilizados para el armado.

Corte que resiste el concreto

$$V_c = \phi * 0.53 * \sqrt{f'_c} * b * d \qquad V_c = 0.85 * 0.53 * \sqrt{210} * 35 * 45$$

$$V_c = 9,139.71 \text{ kg}$$

Este valor se compara con el corte actuante

$$9,139.71 \text{ kg} < 14,027 \text{ kg}$$

Si  $V_c > V_u \rightarrow$  estribos sólo por armado.

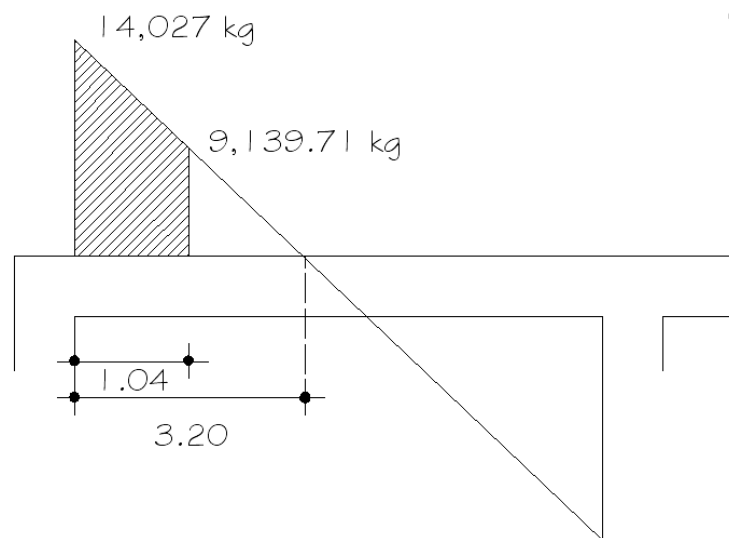
Si  $V_c < V_u \rightarrow$  diseño de estribos por corte según fórmula.

$$S = \frac{2 * A_v * f_y * d}{V_u}$$

$$S = \frac{2 * Av * 2,810 * 40}{14,027 \text{ kg}}$$

$$S = 11.38$$

Figura 37. **Corte de concreto vs corte actuante**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

El espaciamiento para que resista el corte último debe ser de 11 cm en una longitud de 1.11 mts.

### Confinamiento

El código ACI 318-05, en la sección 21.3.3, requiere que debe disponerse de estribos de confinamiento en una longitud igual a dos veces la

altura del elemento, medida desde la cara de apoyo del elemento hacia el centro de la luz, en ambos extremos del elemento a flexión.

Longitud de confinamiento =  $2h = 45 \cdot 2 = 0.90$  mts.

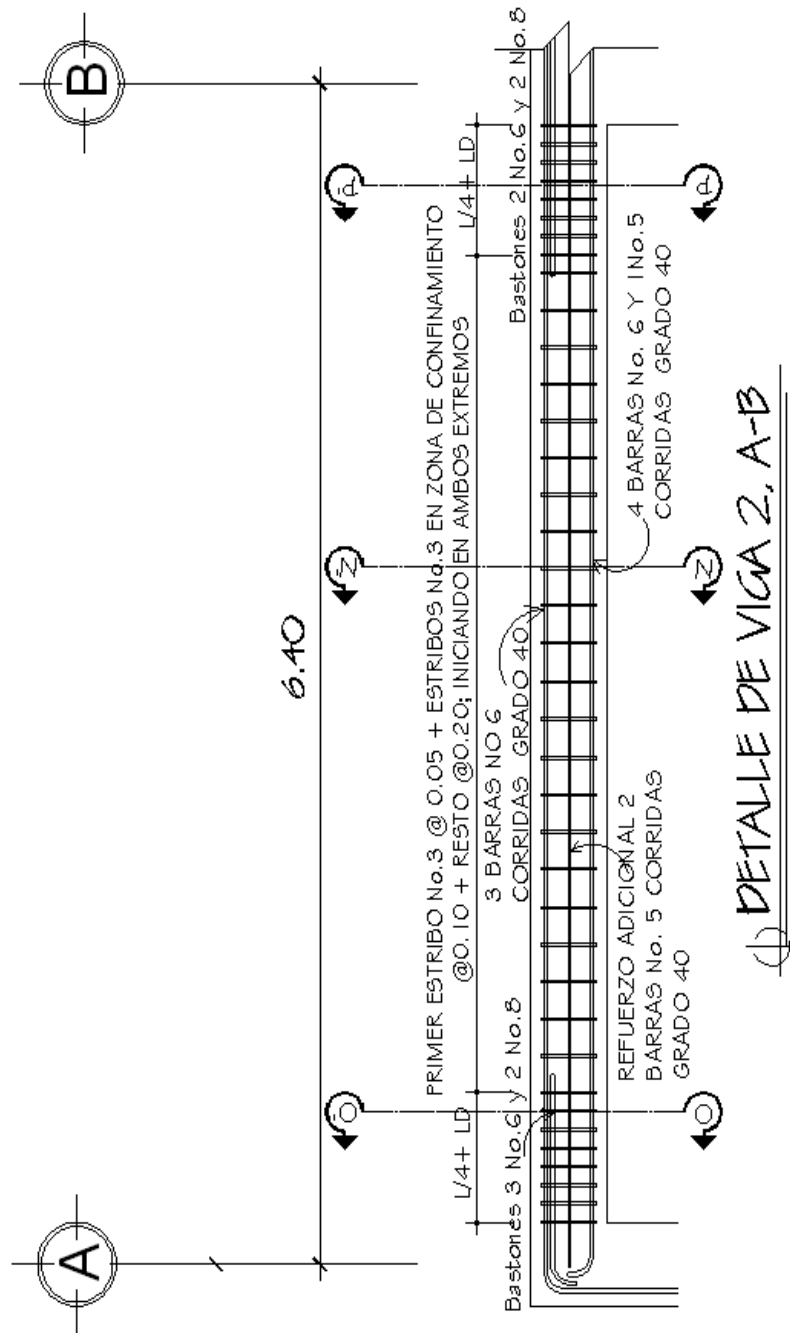
El código ACI 318.05, en la sección 23.3.3.2, requiere que el primer estribo no debe estar a más de 5 cm de la cara del elemento de apoyo. El espaciamiento de los estribos de confinamiento no debe exceder el menor de: a)  $d/4 = 10$  cm; b) ocho veces el diámetro de las barras longitudinales más pequeñas = 12.7 cm; c) 24 veces el diámetro del estribo de confinamiento = 22.86 y d) 30 cm

Se usará el menor valor de los 4 incisos, siendo este un espaciamiento de 10 cm, a lo largo de la longitud de confinamiento.

Ver anexo para cuadro resumen de armado de vigas.

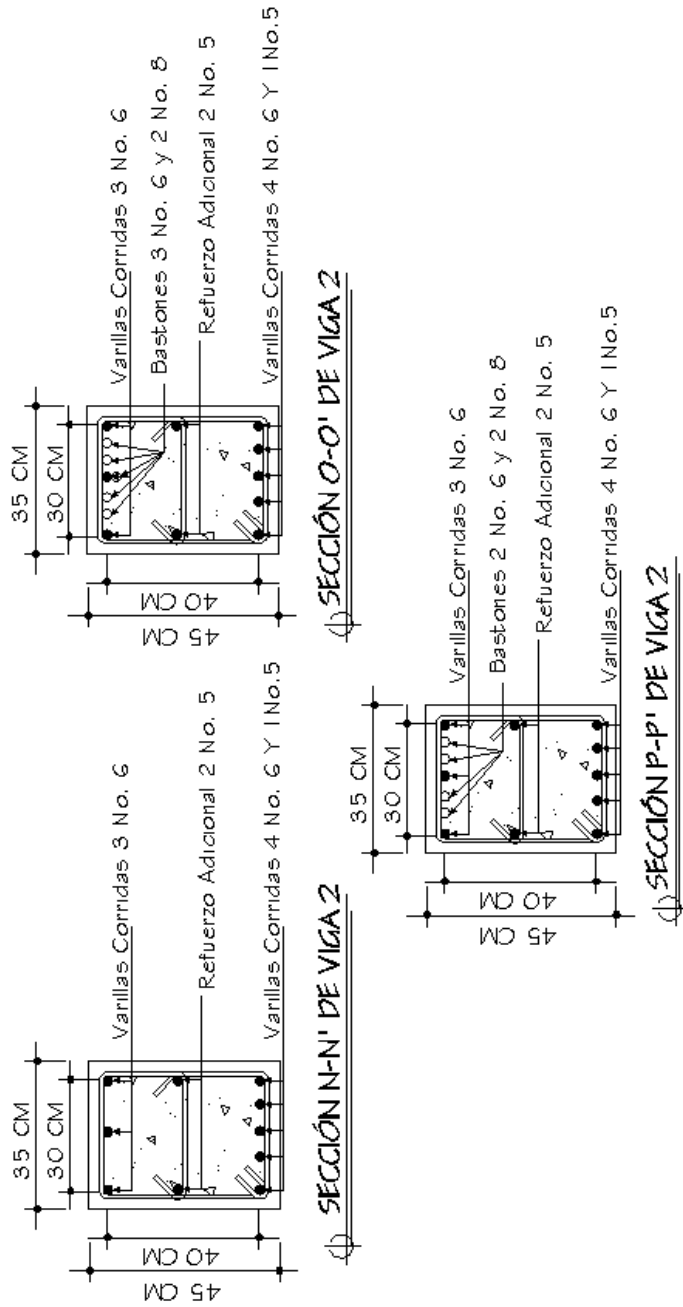


Figura 38. Armado final de viga, Eje 2: viga A-B



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Figura 39. Sección de vigas, Eje 2: viga A-B



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Ver anexo. Cuadro de resumen de vigas

### 2.2.6.9. Diseño de columnas

Flexocompresión

Los parámetros que deben ser cumplidos en las columnas como elementos sismoresistentes son: a) La dimensión menor de la columna será igual o mayor a 0.30 mt; b) La relación de las dimensiones de la columna será mayor o igual a 0.40 y c) El área de acero ( $A_s$ ) para zonas sísmicas está comprendida por:

$$0.01 A_g \leq A_s \leq 0.06 A_g$$

Efecto de esbeltez

Una columna es esbelta cuando su sección transversal es muy pequeña en relación a su altura. Por el valor de esbeltez ( $E$ ), las columnas se clasifican en: a) Columnas cortas  $E < 21$ ; b) Columnas intermedias  $21 \leq E \leq 100$  y c) Columnas largas  $E > 100$ .

El objetivo de clasificar las columnas es para ubicarlas en un rango; si son cortas se diseñan con los datos originales del análisis estructural; si son intermedias se deben magnificar los momentos actuantes, y si son largas no se construyen.

La ecuación para considerar los efectos de esbeltez es la siguiente:

$$E = \frac{KL_n}{r}$$

Dónde

E = esbeltez

K = Factor de pandeo

$L_n$  = longitud libre

r = radio de giro, donde:

$r = 0.30h_x$  ó  $0.30h_y$  (dependiendo del sentido en que se esté analizando).

Cuando: a) Columnas cortas  $E < 21$  = no se magnifican momentos; b) Columnas intermedias  $21 \leq E \leq 100$  = se magnifican momentos y c) Columnas largas  $E > 100$  = no es recomendable construir.

El valor de K se determina con la siguiente ecuación:

Cuando  $\Psi_{prom} < 2$

$$K = \frac{20 - \Psi_{prom}}{20} * \sqrt{1 + \Psi_{prom}}$$

Cuando  $\Psi_{prom} \geq 2$

$$K = 0.90 * \sqrt{1 + \Psi_{prom}}$$

$$\Psi_{prom} = \frac{\Psi_a + \Psi_b}{2}$$

Donde  $\Psi_a$  y  $\Psi_b$  corresponden a la sumatoria de rigideces en ambos extremos de apoyo de la columna y se expresa de la siguiente forma:

$$\Psi_{a-b} = \frac{\sum \frac{EI}{L_{col}}}{\sum \frac{EI}{L_{viga}}}$$

### Magnificación de momentos

Cuando se hace un análisis estructural de segundo orden, en el cual se toman en cuenta las rigideces reales, los efectos de las deflexiones de la duración de la carga, cuyo factor principal debe incluirse, es el momento debido a las deflexiones laterales de los miembros, se pueden diseñar las columnas utilizando directamente los momentos calculados. Utilizando estos valores, se realiza un diseño exacto de las columnas.

La ecuación de magnificación de momentos es la siguiente ( $M_d$ ):

$$M_d = \delta M_u$$

Dónde:

$M_u$  = momento último

$\delta$  = magnificador de momentos

$\delta$  se expresa por:

$$\delta = \frac{1}{1 - \left( \frac{P_u}{\varphi * P_{cr}} \right)}$$

Dónde

$P_u$  = carga última actuante

Pcr = carga crítica de pandeo (Euler)

$\Phi$  = factor de compresión (0.70 para estribos)

Pcr se expresa por:

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 * EI}{(KL_n)^2}$$

Dónde

E = módulo de Young

I = momento de inercia

K = factor de pandeo

Ln = longitud libre entre apoyos

EI se expresa por:

$$EI = \frac{E_c * I_g}{1 + \beta_d}$$

Dónde:

Ec = módulo de elasticidad del concreto

$$E_c = 15,100\sqrt{f'_c}$$

Ig = momento de inercia del centroide de la columna

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

Bd = factor de flujo plástico

$$\beta_d = \frac{1.4CM}{1.4CM + 1.7CV} = \frac{CM_u}{C_u}$$

Para diseñar columnas, tomando en cuenta su carga axial y los dos momentos actuantes, se utilizará la ecuación de Bressler (carga inversa):

$$\frac{1}{P'u} = \frac{1}{P'x} + \frac{1}{P'y} - \frac{1}{P'o}$$

Dónde

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

P'x = carga última que resiste una columna con excentricidad e<sub>x</sub>.

$$P'x = K_x * f'c * A_g$$

P'y = carga última que resiste una columna con excentricidad e<sub>y</sub>.

$$P'y = K_y * f'c * A_g$$

P'o = carga última axial que resiste una columna

$$P'o = (0.85 * f'c * A_g) + (f_y * A_g)$$

Con:

$A_g$  = sección del elemento

$A_s$  = área de acero propuesta

$K_x$  y  $K_y$  son coeficientes que se obtienen del diagrama de interacción para diseño de columnas, los cuales se puede consultar en los anexos del presente trabajo.

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

De lo contrario se tiene que  $P_{ua}$  es la carga de falla y está dada por:

$$P_{ua} = \frac{P_u}{0.70}$$

Dónde:

$P_u$  = carga última actuante

Las excentricidades están dadas por

$$e_x = \frac{M_{ux}}{P_u} \qquad e_y = \frac{M_{uy}}{P_u}$$

Dónde:

$M_{ux}$  = momento de diseño en x

$M_{uy}$  = momento de diseño en y

$P_u$  = carga última actuante



## Corte

Este se debe proveer con refuerzo transversal por medio de estribos para resistir los esfuerzos de corte. Por otro lado, en zonas sísmicas, como en Guatemala, se debe proveer suficiente ductilidad a las columnas, este se logra por medio del confinamiento del refuerzo transversal en los extremos de la misma. El resultado del confinamiento es un aumento en el esfuerzo de ruptura del concreto, y además permite una deformación unitaria mayor del elemento.

Requerimientos armados por corte:

El corte resistente del concreto esta dado por:

$$V_c = \phi * 0.53 * \sqrt{f'_c} * b * d$$

Con  $\phi = 0.85$  para esfuerzos cortantes

Recordando siempre que si  $V_c > V_u \rightarrow$  estribos sólo por armado a  $d/2$ .

## Confinamiento

Requerimientos de armado para confinamiento; se armará una longitud de confinamiento ( $L_o$ ) a partir del rostro de la viga; la longitud de confinamiento será el mayor valor de las siguientes condiciones: a) El lado mayor de la columna; b) 1/6 de la altura libre de la columna y c) 0.45 metros.

El primer espaciamiento será igual a  $S_o/2$ ,  $S_o$  esta dado por:

$$S_o = \frac{2A_v}{L_n \rho_s}$$

Dónde:

$A_v$  = área transversal de la varilla que se utilizará como estribo

$L_n$  = longitud máxima no soportada por el estribo

$\rho_s$  = relación volumétrica; está determinada por:

$$\rho_s = 0.45 \left( \frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) * 0.85 \frac{f'_c}{f_y}$$

Dónde:

$A_g$  = área gruesa

$A_{ch}$  = área pequeña

Diseño de columna de primer nivel

Se diseñará la columna más crítica de cada piso y el armado de esta se colocará en todas las columnas del nivel. El detalle del mismo se puede observar en los planos constructivos adjuntos.

Datos:

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

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

Sección de la columna = 45 x 45 cm

Longitud de la columna = 3.05 mts

$M_x = 16,390 \text{ kg-mt}$

$M_y = 22,118 \text{ kg-mt}$

$$V_x = 14,540$$

$$V_y = 14,027$$

$$\text{Área tributaria} = 27.28 \text{ mt}^2$$

$$\text{Espesor de la losa} = 12 \text{ cm}$$

- Carga última

Nivel 1

$$CM = 1.4 (60 \text{ kg/mt}^2 + 288 \text{ kg/mt}^2 + 55 \text{ kg/mt}^2 + 150 \text{ kg/mt}^2)$$

$$CM = 774.2 \text{ kg/mt}^2$$

$$CV = 1.2 (200 \text{ kg/mt}^2)$$

$$CV = 850 \text{ kg/mt}^2$$

$$CV = 1,114.2 \text{ kg/mt}^2$$

Nivel 2

$$CM = 1.4 (60 \text{ kg/mt}^2 + 288 \text{ kg/mt}^2 + 55 \text{ kg/mt}^2 + 150 \text{ kg/mt}^2)$$

$$CM = 774.2 \text{ kg/mt}^2$$

$$CV = 1.2 (200 \text{ kg/mt}^2)$$

$$CV = 340 \text{ kg/mt}^2$$

$$CV = 1,114.2 \text{ kg/mt}^2$$

Nivel 3

$$CM = 1.4 (60 \text{ kg/mt}^2 + 288 \text{ kg/mt}^2 + 55 \text{ kg/mt}^2)$$

$$CM = 564.2 \text{ kg/mt}^2$$

$$CV = 1.2 (100 \text{ kg/mt}^2)$$

$$CV = 170 \text{ kg/mt}^2$$

$$CV = 734.2 \text{ kg/mt}^2$$

- Factor de carga última

$$F_{cu} = \frac{CU}{C_t}$$

Nivel 1

$$F_{cu} = \frac{1,624.2 \text{ kg/mt}^2}{(60 + 288 + 55 + 150 + 200)\text{kg/mt}^2}$$

$$F_{cu} = 1.4895$$

Nivel 2

$$F_{cu} = \frac{1,624.2 \text{ kg/mt}^2}{(60 + 288 + 55 + 150 + 200)\text{kg/mt}^2}$$

$$F_{cu} = 1.4895$$

Nivel 3

$$F_{cu} = \frac{734.2 \text{ kg/mt}^2}{(60 + 288 + 55 + 100)\text{kg/mt}^2}$$

$$F_{cu} = 1.4596$$

Carga axial

$$P_c = A_t * CU + A_{\text{viga}} * L_{\text{viga}} * W_c * F_{cu}$$

Nivel 1

$$P_c = (27.28 \text{ mt}^2) * \left(1,114.2 \frac{\text{kg}}{\text{mt}^2}\right) + (0.35 * 0.45) * 12.4 \text{ mts} * 2,400 \frac{\text{kg}}{\text{mt}^2} * 1.48$$

$$P_c = 37,330.94 \text{ kg}$$

Nivel 2

$$P_c = (27.28 \text{ mt}^2) * \left(1,114.2 \frac{\text{kg}}{\text{mt}^2}\right) + (0.35 * 0.45) * 12.4 \text{ mts} * 2,400 \frac{\text{kg}}{\text{mt}^2} * 1.48$$

$$P_c = 37,330.94 \text{ kg}$$

Nivel 3

$$P_c = (27.28 \text{ mt}^2) * \left(734.2 \frac{\text{kg}}{\text{mt}^2}\right) + (0.35 * 0.45) * 12.4 \text{ mts} * 2,400 \frac{\text{kg}}{\text{mt}^2} * 1.46$$

$$P_c = 26,872.288 \text{ kg}$$

$$P_{ct} = 37,330.94 \text{ kg} + 37,330.94 \text{ kg} + 26,872.288 \text{ kg}$$

$$P_{ct} = 101,532.49 \text{ kg}$$

$$P_{ct} = 101.53 \text{ Ton}$$

- Determinación de la esbeltez

Sentido Y

Inercia de columna

$$I_{\text{columna}} = \frac{1}{12}bh^3$$

$$I_{\text{columna}} = \frac{1}{12} * 0.45 * 0.45^3$$

$$I_{\text{columna}} = 0.003417$$

Inercia de viga

$$I_{\text{viga}} = \frac{1}{12}bh^3$$

$$I_{\text{viga}} = \frac{1}{12} * 0.35 * 0.45^3$$

$$I_{\text{viga}} = 0.0026578$$

Rigideces que llegan al nudo bajo análisis

$$K_{\text{col}} = \frac{I_{\text{col}}}{\text{longitud}}$$

$$K_{\text{col}} = \frac{0.003417}{3.05}$$

$$K_{\text{col}} = 0.00112$$

$$K_{\text{viga-derecha}} = \frac{I_{\text{viga}}}{\text{longitud}}$$

$$K_{\text{viga-derecha}} = \frac{0.0026598}{6.4}$$

$$K_{\text{viga-derecha}} = 0.00041528$$

$$K_{\text{viga-izquierda}} = \frac{I_{\text{viga}}}{\text{longitud}}$$

$$K_{\text{viga-izquierda}} = \frac{0.0026598}{6}$$

$$K_{\text{viga-izquierda}} = 0.000442969$$

$$\Psi_a = \frac{\sum \frac{EI}{L_{\text{col}}}}{\sum \frac{EI}{L_{\text{viga}}}}$$

$$\Psi_a = \frac{0.00112}{(0.00041528 + 0.000442969)}$$

$$\Psi_a = 1.31$$

$$\Psi_b = \frac{\sum \frac{EI}{L_{\text{col}}}}{\sum \frac{EI}{L_{\text{viga}}}}$$

$$\Psi_a = \text{empotrado}$$

$$\Psi_{\text{prom}} = \frac{\Psi_a + \Psi_b}{2} \qquad \Psi_{\text{prom}} = \frac{1.31 + 0}{2}$$

$$\Psi_{\text{prom}} = 0.65$$

Como  $\Psi_{\text{prom}} < 2$

$$K = \frac{20 - \Psi_{\text{prom}}}{20} * \sqrt{1 + \Psi_{\text{prom}}} \qquad K = \frac{20 - 0.65}{20} * \sqrt{1 + 0.65}$$

$$K = 1.24$$

Relación de esbeltez

$$E = \frac{KL_n}{r}$$

r = radio de giro, donde: es 0.30hx ó 0.30hy (dependiendo del sentido en que se esté analizando).

$$E = \frac{1.24 * 3.05}{0.3 * 0.45} \qquad E = 28.10$$

Donde: a) Columnas cortas  $E < 21$  = no se magnifican momentos; b) Columnas intermedias  $21 \leq E \leq 100$  = se magnifican momentos y c) Columnas largas  $E > 100$  = no es recomendable construir.

Entonces se deben magnificar momentos

$$\beta_d = \frac{1.4CM}{1.4CM + 1.7CV} = \frac{CM_u}{C_u} \qquad \beta_d = \frac{774.2 + 774.2 + 564.2}{1,114.2 + 1,114.2 + 732.2}$$

$$\beta_d = 0.71$$

$$EI = \frac{E_c \cdot I_g}{1 + \beta_d}$$

$$EI = \frac{\frac{15,100 \sqrt{210} \cdot \frac{1}{12} \cdot 0.45 \cdot 0.45^3}{2.5}}{1 + 0.71}$$

$$EI = 1.745E10 \text{ kg} - \text{cm}^2$$

$$EI = 1,745.96E10 \text{ Ton} - \text{mt}^2$$

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot EI}{(KL_n)^2}$$

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot 1,745.96E10 \text{ Ton} - \text{mt}^2}{(1.24 \cdot 3.05)^2}$$

$$P_{cr} = 1,197.72$$

$$\delta = \frac{1}{1 - \left(\frac{P_u}{\phi \cdot P_{cr}}\right)}$$

$$\delta = \frac{1}{1 - \left(\frac{101.58 \text{ ton}}{0.70 \cdot 1,197.72}\right)}$$

$$\delta = 1.14$$

Magnificando momentos

$$M_y = 22,118 \text{ kg} - \text{mt} \cdot 1.14 = 25,214.52 \text{ kg} - \text{mt}$$

Sentido X

Inercia de columna

$$I_{\text{columna}} = \frac{1}{12} b h^3$$

$$I_{\text{columna}} = \frac{1}{12} \cdot 0.45 \cdot 0.45^3$$

$$I_{\text{columna}} = 0.003417$$

Inercia de viga

$$I_{\text{viga}} = \frac{1}{12} b h^3$$

$$I_{\text{viga}} = \frac{1}{12} \cdot 0.35 \cdot 0.45^3$$



$$I_{\text{viga}} = 0.0026578$$

Rigideces que llegan al nudo bajo análisis

$$K_{\text{col}} = \frac{I_{\text{col}}}{\text{longitud}}$$

$$K_{\text{col}} = \frac{0.003417}{3.05}$$

$$K_{\text{col}} = 0.00112$$

$$K_{\text{viga-derecha}} = \frac{I_{\text{viga}}}{\text{longitud}}$$

$$K_{\text{viga-derecha}} = \frac{0.0026598}{4.4}$$

$$K_{\text{viga-derecha}} = 0.000604048$$

$$K_{\text{viga-izquierda}} = \frac{I_{\text{viga}}}{\text{longitud}}$$

$$K_{\text{viga-izquierda}} = \frac{0.0026598}{4.4}$$

$$K_{\text{viga-izquierda}} = 0.000604048$$

$$\Psi_a = \frac{\sum \frac{EI}{L_{\text{col}}}}{\sum \frac{EI}{L_{\text{viga}}}}$$

$$\Psi_a = \frac{0.00112}{(0.000604048 + 0.000604048)}$$

$$\Psi_a = 0.93$$

$$\Psi_b = \frac{\sum \frac{EI}{L_{\text{col}}}}{\sum \frac{EI}{L_{\text{viga}}}}$$

$\Psi_b =$  empotrado

$$\Psi_{\text{prom}} = \frac{\Psi_a + \Psi_b}{2} \qquad \Psi_{\text{prom}} = \frac{0.93 + 0}{2}$$

$$\Psi_{\text{prom}} = 0.465$$

Como  $\Psi_{\text{prom}} < 2$

$$K = \frac{20 - \Psi_{\text{prom}}}{20} * \sqrt{1 + \Psi_{\text{prom}}} \qquad K = \frac{20 - 0.465}{20} * \sqrt{1 + 0.465}$$

$$K = 1.18$$

Relación de esbeltez

$$E = \frac{KL_n}{r}$$

$r =$  radio de giro, donde: es  $0.30h_x$  ó  $0.30h_y$  (dependiendo del sentido en que se esté analizando).

$$E = \frac{1.18 * 3.05}{0.3 * 0.45} \qquad E = 26.70$$

Donde: a) Columnas cortas  $E < 21 =$  no se magnifican momentos; b) Columnas intermedias  $21 \leq E \leq 100 =$  se magnifican momentos y c) Columnas largas  $E > 100 =$  no es recomendable construir.

Entonces se deben magnificar momentos

$$\beta_d = \frac{1.4CM}{1.4CM+1.7CV} = \frac{CM_u}{C_u}$$

$$\beta_d = \frac{774.2+774.2+564.2}{1,114.2+1,114.2+732.2}$$

$$\beta_d = 0.71$$

$$EI = \frac{E_c \cdot I_g}{1 + \beta_d}$$

$$EI = \frac{\frac{15,100 \cdot \sqrt{210} \cdot \frac{1}{12} + 0.45 + 0.45^3}{2.5}}{1 + 0.71}$$

$$EI = 1.745E10 \text{ kg} - \text{cm}^2$$

$$EI = 1,745.96E10 \text{ Ton} - \text{mt}^2$$

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot EI}{(KL_n)^2}$$

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot 1,745.96E10 \text{ Ton} - \text{mt}^2}{(1.24 \cdot 3.05)^2}$$

$$P_{cr} = 1,326.35$$

$$\delta = \frac{1}{1 - \left( \frac{P_u}{\phi \cdot P_{cr}} \right)}$$

$$\delta = \frac{1}{1 - \left( \frac{101.55 \text{ ton}}{0.70 \cdot 1,1526.35} \right)}$$

$$\delta = 1.12$$

Magnificando momentos

$$M_x = 16,390 \text{ kg} - \text{mt} \cdot 1.14 = 18,356.8 \text{ kg} - \text{mt}$$

- Refuerzo longitudinal

Datos:

$$F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$$

$$Fy = 2810 \text{ kg/cm}^2$$

$$My = 25.21 \text{ Ton-mt}$$

$$Mx = 18.35 \text{ Ton-mt}$$

$$Pu = 101.53 \text{ Ton}$$

Excentricidades:

$$e_y = \frac{M_{uy}}{P_u}$$

$$e_y = \frac{25.71 \text{ ton-mt}}{101.53 \text{ ton}}$$

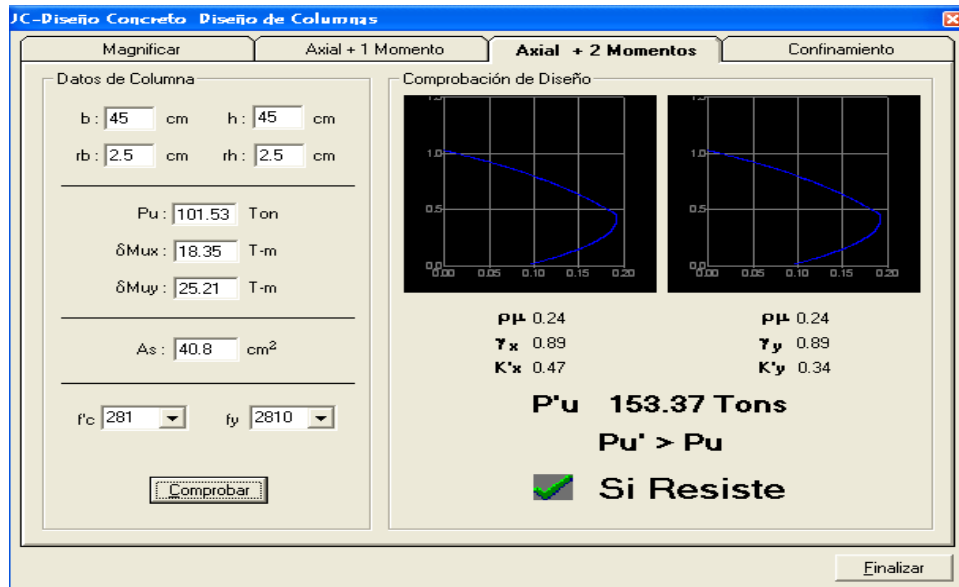
$$e_y = 0.2532 \text{ mt}$$

$$e_x = \frac{M_{ux}}{P_u}$$

$$e_x = \frac{18.35 \text{ ton-mt}}{101.53 \text{ ton}}$$

$$e_x = 0.1807$$

Figura 40. Valores obtenidos en el diagrama de interacción



Fuente: programa JC Diseño Concreto.

- $\gamma_x = 0.89$
- $\gamma_y = 0.89$
- $K'_x = 0.47$
- $K'_y = 0.34$

- Área de acero

$$A_{s \min} = 0.001A_g \qquad A_{s \min} = 0.01(45 * 45)$$

$$A_{s \min} = 20.25 \text{ cm}^2$$

El área de acero debe estar entre el 1% - 6%

Tabla XII. **Rangos de área de acero**

AS(min)1%	1%	20.25	Cm <sup>2</sup>
AS 2%	2%	40.5	Cm <sup>2</sup>
AS 3%	3%	60.75	Cm <sup>2</sup>
AS 4%	4%	81	Cm <sup>2</sup>
AS 5%	5%	101.25	Cm <sup>2</sup>
AS (máx.)6%	6%	121.5	Cm <sup>2</sup>

Fuente: elaboración propia.

Se usará 8 No.8, para usar un 2% de Ag, siendo 40.8 cm<sup>2</sup>.

Carga resistente de la columna a una excentricidad ex:

$$P'_x = K_x * f'_c * b * h \quad P'_x = 0.47 * 210 \text{ kg/cm}^2 * 45\text{cm} * 45\text{cm}$$

$$P'_x = 267,441.75 \text{ kg} \quad P'_x = 267.44 \text{ ton}$$

Carga resistente de la columna a una excentricidad ey:

$$P'_y = K_y * f'_c * b * h \quad P'_y = 0.34 * 210 \text{ kg/cm}^2 * 45\text{cm} * 45\text{cm}$$

$$P'_y = 193,468.5 \text{ kg} \quad P'_y = 193.47 \text{ ton}$$

$P'_o$  = carga última axial que resiste una columna

$$P'_o = (0.85 * f'_c * A_g) + (f_y * A_g) \quad P'_o = (0.85 * 210 * 2025) + (2810 * 2025)$$

$$P'_o = (0.85 * 210 * 2025) + (2810 * 40.80)$$

$$P'_o = 412001.919 \text{ kg} \quad P'_o = 412001.919 \text{ ton}$$

$$\frac{1}{P'_u} = \frac{1}{P'_x} + \frac{1}{P'_y} - \frac{1}{P'_o}$$

$$P'_u = 154,302.916 \text{ kg} \quad P'_u = 154.30 \text{ ton}$$

$$P'_u > P_u$$

$$154.30 \text{ ton} > 145.04 \text{ ton}$$

- Refuerzo por corte

El corte resistente del concreto esta dado por:

$$V_r = \phi * 0.53 * \sqrt{f'_c} * b * d \quad V_r = 0.85 * 0.53 * \sqrt{210} * 45 * 45$$

$$V_r = 15,292.3$$

Recordando siempre que si  $V_r > V_u$

No es necesario diseñar los estribos a corte:

$$S = d/2$$

Donde:

$d/2 = (45 - 2 \cdot 2.5) = 40 \text{ cm} / 2 = 20 \text{ cm}$ ; espaciamento máximo.

Estribos en zona no confinada a 20 cm.

- Refuerzo por confinamiento

Se propone una longitud de confinamiento de 60 cm en ambos extremos.

Cálculo de la relación volumétrica:

$$\rho_s = 0,45((A_g / A_{ch}) - 1)(0,85 \cdot f'_c / F_y)$$

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

$$\rho_s = 0,007$$

Calculando el espaciamento en función de la cuantía volumétrica, utilizando varillas #3:

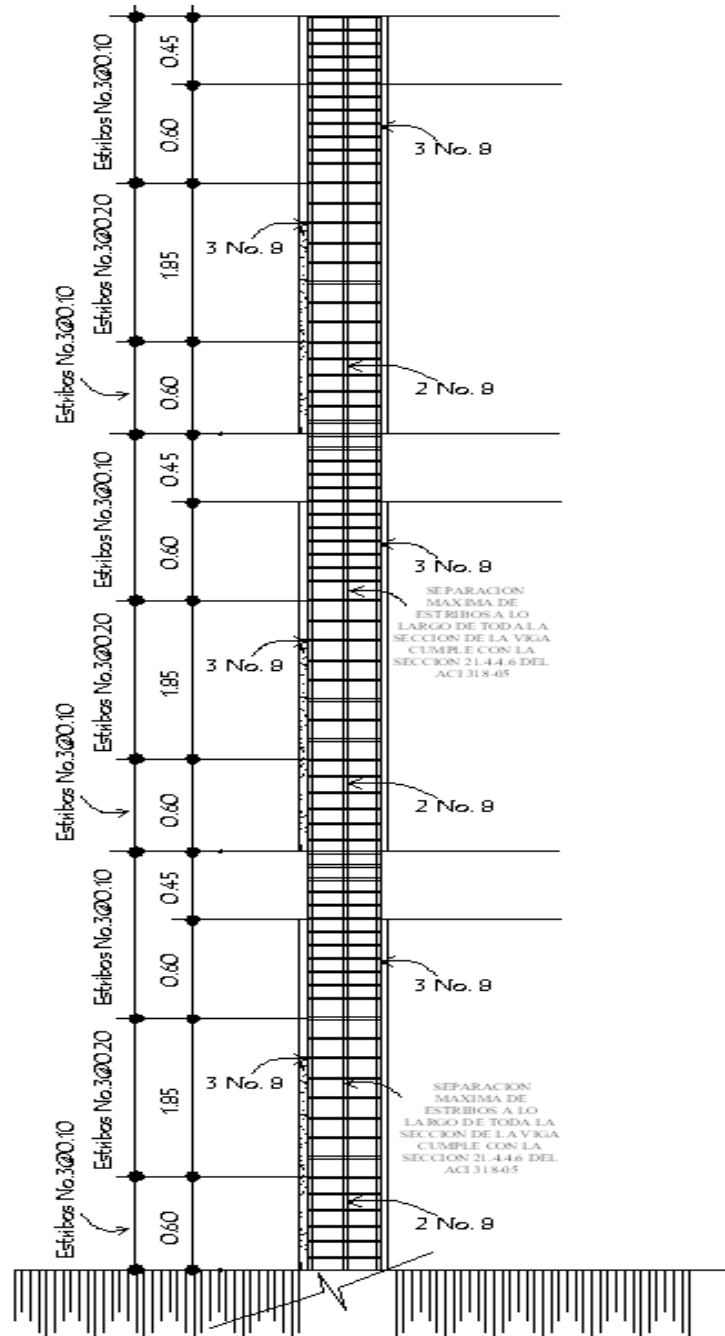
$$S_o = \frac{4A_v}{L_n \rho_s} \qquad S_o = \frac{4 \cdot (0,71)}{(0,007)(40)}$$

$$S_o = 10,14$$

Colocar estribos a cada 10 cm en zona confinada



Figura 41. Elevación de columna A-1



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

En resumen, se armará la columna de acuerdo a las condiciones calculadas con estribos No.3 @ 10 cm, en una longitud de confinamiento de 60cm, y el resto a cada 20 cm.

#### **2.2.6.10. Diseño de gradas**

El módulo de gradas se diseñó como una estructura independiente de los marcos, esto con el fin de que al momento de que ocurra un sismo, esta no se vea afectada por las acciones de la estructura completa evitando que colapsen, dando tiempo para que los usuarios del segundo nivel evacuen el edificio, en caso de terremoto. Una escalera debe ser cómoda y segura dependiendo de la relación de los peldaños, es decir, la relación de huella y contrahuella y si C = contrahuella y H = huella se deben cumplir los siguientes criterios.

$$c < 20 \text{ cm}$$

$$H > c$$

$$2c + H < 64 \text{ cm (valor cercano)}$$

$$c + H = 45 \text{ a } 48 \text{ cm; } c \times H = 480 \text{ a } 500 \text{ cm}^2$$

Donde: c = contrahuella H = huella

Cargas de diseño para una escalera

$$CM = PP \text{ (escalera)} + PP \text{ (acabados);}$$

$$PP \text{ (escalera)} = Wc = ( t + c / 2)$$

Número de escalones mínimo

$$h/c_{\max} = 3.5 / 0.14 = 25 \text{ escalones.}$$

Se tomarán 12 contrahuellas antes del descanso

Número de huellas =  $12 - 1 = 11$  huellas

Chequeo

$c = 14 \text{ cm} < 20 \text{ cm}$ ;  $H = 25 \text{ cm}$

$2c + H = 2(14) + 25 = 53 \leq 64 \text{ cm}$ ;  $c + H = 14 + 25 = 39 \text{ cm}$

$c \times H = 14 \times 25 = 350$

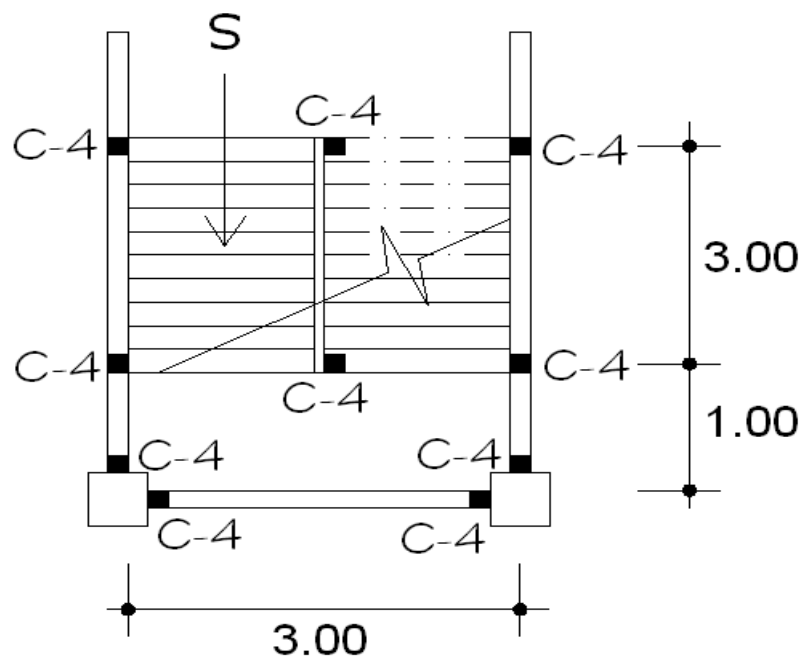
Por lo tanto, se tienen 9 contrahuellas de 18 cm y 8 huellas de 28 cm.

Espesor de la losa

$t = \text{perímetro} / 180 = (7) / 180 = 0.10 \text{ m}$

$t = 10 \text{ cm}$

Figura 42. **Planta módulo de gradas**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

## Integración de cargas

$$\text{Peso propio de la escalera} = \gamma c (t + c/2)$$

$$\text{Peso propio de la escalera} = 2,400 (0.10 + 0.14 / 2) = 360.00 \text{ Kg/m}^2$$

$$\text{Acabados} = 80.00 \text{ Kg/m}^2$$

$$\text{Total} = 440.00 \text{ Kg/m}^2$$

$$\text{Carga viva} = 500.00 \text{ Kg/m}^2$$

$$C_u = 1.4C_M + 1.7C_V = 1.40 (440.00) + 1.70 (500.00) = 1,466 \text{ Kg/m}^2$$

Tomando en cuenta que la longitud de la losa es inclinada se calcula la longitud:

$$\text{Longitud de la losa} = \sqrt{3^2 + 1.68^2} = 3.44 \text{ m}$$

Cálculo de los momentos actuantes en la losa:

Se considera el diseño de una losa unidireccional apoyada en los muros tabique de los ejes A y B, por lo tanto:

$$M(+)=\frac{WL^2}{9}=\frac{1,466*3.44^2}{9}=1,927.56 \text{ kg-m}$$

$$M(-)=\frac{WL^2}{14}=\frac{1,466*3.44^2}{14}=1,239.15 \text{ kg-m}$$

Acero mínimo:

$$A_{s\text{mín}} = \rho_{\text{mín}} * b * d$$

$$\rho_{\text{mín}} = 14.1 / F_y$$

b = franja unitaria.

t = espesor de la losa.

d = peralte efectivo.

d = t – rec min - Ø/2 = 5.37 cm

Asmín = (14.1 / 2810) \* 100 \* 5.37 = 5.5 cm<sup>2</sup>

Cálculo de acero requerido:

$$AsM(-) = \frac{0.85 * 210}{2810} \left[ 100 * 5.5 - \sqrt{(100 * 5.5)^2 - \frac{1,239.15 * 100}{0.003825 * 210}} \right] = 10.48 \text{ cm}^2$$

Separación para Asmín con varillas No. 4

$$10.48 \text{ cm}^2 \rightarrow 100 \text{ cm}$$

$$1.27 \text{ cm}^2 \rightarrow S$$

Aplicando una regla de tres:

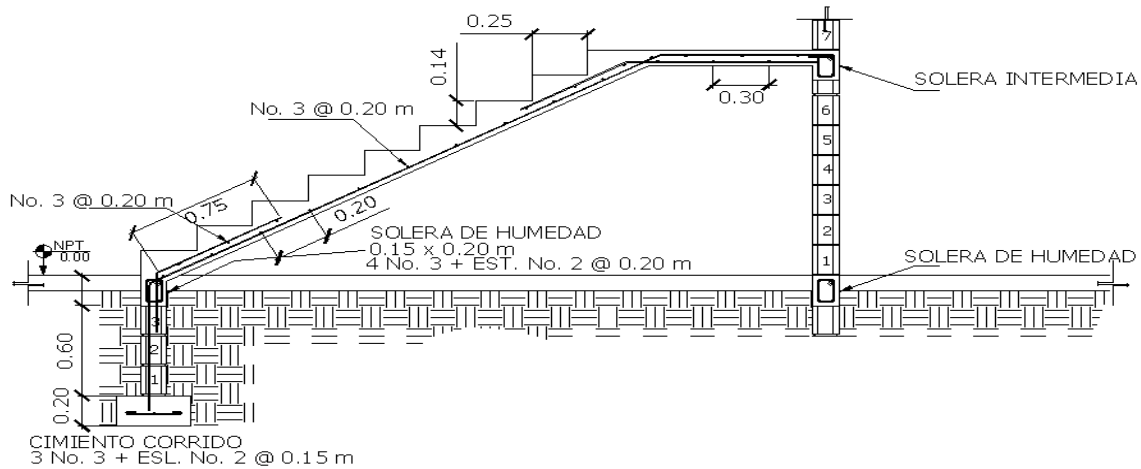
$$S = 1.27 * 100 / 10.48 = 12.11 \text{ cm}$$

Se escoge una separación de 10 cm.

$$\text{Acero por temperatura} = As = 0.002 * b * t = 0.002 (100) * (10) = 2 \text{ cm}^2$$

Smáx = 2 \* t = 2 \* 10 = 20 cm; Varilla No. 3 @ 0.20 m.

Figura 43. Armado de gradas



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

### 2.2.6.11. Diseño de cimientos

Son elementos estructurales que reciben las cargas propias y las exteriores, transmitiéndolo al suelo. El tipo de cimentación depende, principalmente del tipo de estructura, la naturaleza de las cargas, las condiciones del suelo y su costo. En este caso se diseñan zapatas concéntricas de forma cuadrada. Los datos para diseño son el valor soporte del suelo y los momentos obtenidos en el análisis estructural.

#### Diseño de zapata

- Diseño del área de la zapata

Para el cálculo del área de la zapata se utilizan las cargas de servicio; por lo tanto se dividen las cargas últimas ( $P_u$ ) dentro del factor de carga última

(Fcu) para obtenerlas. De la misma forma se determinan los momentos de servicio.

Carga de servicio:

$$P'u = \frac{P_u}{F_{cu}}$$

Momento de trabajo o de servicio:

$$M'u = \frac{M_u}{F_{cu}}$$

Para estimar el área de la zapata se utiliza la siguiente ecuación:

Dónde:

Vs = Valor soporte del suelo

$$A_z = \frac{1.5P'u}{V_s}$$

P'u = carga de trabajo

- Chequeo de presión sobre el suelo

Para determinar la presión sobre el suelo se debe considerar lo siguiente: a) La carga de trabajo; b) El peso del suelo del desplante; c) Peso de la columna y d) Peso del cimiento.

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

Dónde:

P = integración total de cargas actuantes

P' = carga de trabajo

P<sub>s</sub> = peso del suelo de desplante

P<sub>cim</sub> = peso del cimiento (zapata)

$$P_s = A_z * \text{Desplante} * \gamma_s$$

Dónde:

A<sub>z</sub> = área de la zapata

γ<sub>s</sub> = peso específico del suelo

Debido a que existe carga y flexión biaxial, las presiones sobre el suelo por debajo de la zapata serán:

$$q = \frac{P}{A_z} \pm \frac{M'_x}{S_x} \pm \frac{M'_y}{S_y}$$

Donde

S = módulo de sección en el sentido indicado

$$S = \frac{1}{6}bh^3$$

Los casos críticos son q<sub>max</sub> y q<sub>min</sub>.



Se tiene que tener en cuenta que  $q_{max}$  debe ser menor al valor soporte de suelo ( $q_{max} < V_s$ ) y  $q_{min}$  mayor que cero ( $q_{min} > 0$ ).

- Diseño de espesor de la zapata

Para determinar el espesor de la zapata se hace necesario que cumpla con dos requisitos; que resista el corte simple o corte flexionante, y el corte punzonante causado por la columna y las cargas actuantes.

Según el código ACI 3180.-05 en la sección 7.7.1 inciso a), el recubrimiento del refuerzo no debe ser menor a 7.5 cm, cuando el concreto es colocado contra el suelo y está expuesto permanentemente a él. En la sección 5.15.7 la altura o espesor máximo sobre el refuerzo inferior no debe ser menor de 15 cm, para zapatas apoyadas sobre el suelo, ni menor de 30 cm para zapatas apoyadas sobre pilotes.

- Chequeo por corte simple:

La falla de las zapatas por esfuerzo cortante ocurre a una distancia igual a  $d$  (peralte efectivo) del bode de la columna; por tal razón se debe comparar en ese límite si el corte resistente es mayor que el actuante.

Se tiene:

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

- Corte actuante

$$V_{act} = \text{Área} * qdis_u$$

Dónde:

$qdis_u$  = presión última de diseño

$$qdis_u = qdis * Fcu$$

- Cálculo de corte simple

$$V_R = 0.85 * 0.53 * \sqrt{f'c} * b * d$$

Para que el espesor asumido sea correcto para corte simple se debe cumplir con lo siguiente:

$$V_R > V_{act}$$

- Chequeo por corte punzonante

Corte punzonante actuante

$$V_{act} = \text{Área} * qdis_u$$

Dónde:

$qdis_u$  = presión última de diseño

$$q_{dis_u} = q_{dis} * F_{cu}$$

- Cálculo de corte simple

$$V_R = 0.85 * 0.53 * \sqrt{f'_c} * b_o * d$$

Dónde:

$b_o$  = perímetro de sección crítica de punzonamiento

Para que el espesor asumido sea correcto para corte simple se debe cumplir con lo siguiente:

$$V_R > V_{act}$$

- Diseño del refuerzo por flexión

El empuje hacia arriba del suelo, produce momento flector en la zapata, por tal razón es necesario reforzarla con acero, para reducir los esfuerzos inducidos.

El momento último se define como una losa en voladizo y está dada por:

$$M_u = \frac{Wl^2}{2}$$

Dónde:

$l$  = distancia medida del rostro de la columna al final de la zapata

El área de acero de la zapata se define por la ecuación:

$$A_s = \left( bd - \left( \sqrt{(bd)^2 - \frac{M_u b}{0.003825 f'_c}} \right) * \frac{0.85 f'_c}{f_y} \right)$$

El espaciamiento entre varillas está dado por

$$S = \frac{A_v}{A_s}$$

Dónde:

$A_v$  = área de la varilla propuesta

Diseño de zapata típica concéntrica

$$\gamma_{\text{Concreto}} = 2,400 \text{ kg/m}^3$$

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

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

$$M_x = 22,228.00 \text{ kg-mt} = 22.18 \text{ T}$$

$$M_y = 16,390.00 \text{ kg.mt} = 16.39 \text{ T}$$

$$P_u = 101,532.49 \text{ kg} = 101.53 \text{ T}$$

$$V_s = 12.57 \text{ kg/m}^2$$

$$\gamma_{\text{Suelo}} = 1.40 \text{ ton/m}^3$$

$$F_{cu} = 1.48$$

Sección de la columna = 45 x 45 cm

- Diseño del área de la zapata

- Carga de servicio

$$P'u = \frac{P_u}{F_{cu}} \quad P'u = 70.41 \text{ ton}$$

- Momento de trabajo o de servicio:

$$M'_{ux} = \frac{M_u}{F_{cu}} \quad M'_{ux} = \frac{22.11 \text{ T}}{1.48}$$

$$M'_{ux} = 14.94 \text{ T}$$

$$M'_{uy} = \frac{M_u}{F_{cu}} \quad M'_{uy} = \frac{16.39 \text{ ton}}{1.48}$$

$$M'_{uy} = 11.07 \text{ T}$$

- Estimación del área de la zapata

$$Az = \frac{1.5P'u}{V_s} \quad Az = \frac{1.5 \times 70.41 \text{ ton}}{12.57 \text{ ton/mt}^2}$$

$$Az = 8.40 \text{ m}^2$$

Se propone una zapata cuadrada de 3.70 x 3.70 metros por lo que  $Az = 13.69 \text{ m}^2$

- Chequeo de presión sobre el suelo

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

$$P_s = (A_z - A_{columna}) * Desplante * \gamma_s$$

$$P_s = (13.69 - (0.45 * 0.45)) \text{ mt}^2 * 2.00 \text{ mts} * 1.40 \text{ ton/mt}^3$$

$$P_s = 37.88 \text{ T}$$

$$P_{cim} = A_z * \text{espesor asumido} * \gamma_c$$

$$P_{cim} = 13.69 \text{ m}^2 * 55 \text{ mts} * 2.40 \text{ T/m}^3$$

$$P_{cim} = 18.07 \text{ T}$$

$$P = 70.41\text{T} + 37.88\text{T} + 18.07\text{T} = 126.36\text{T}$$

Debido a que existe carga y flexión biaxial, las presiones sobre el suelo por debajo de la zapata serán:

$$q = \frac{P}{A_z} \pm \frac{M'_x}{S_x} \pm \frac{M'_y}{S_y}$$

$$S_x = S_y = \frac{1}{6} b h^3$$

$$S_x = S_y = \frac{1}{6} * 3.7 * 3.7^3$$

$$S_x = S_y = 8.44 \text{ mt}^3$$

$$q = \frac{126.36\text{T}}{13.69 \text{ m}^2} \pm \frac{14.94\text{T}}{8.44 \text{ mt}^3} \pm \frac{11.07\text{T}}{8.44 \text{ mt}^3}$$

Los casos críticos son  $q_{\max}$  y  $q_{\min}$ .

$$q_{\max} = 12.31 \text{ T/mt}^2$$

$$q_{\min} = 6.15 \text{ T/mt}^2$$

Se tiene que tener en cuenta que  $q_{\max}$  debe ser menor al valor soporte de suelo ( $q_{\max} < V_s$ ) y  $q_{\min}$  mayor que cero ( $q_{\min} > 0$ ).

Esto indica que están bien las dimensiones asumidas para el área de la zapata.

Presión de diseño

$$q_{dis_u} = q_{dis} * F_{cu}$$

$$q_{dis u} = 12.31 \text{ T/mt}^2 * 1.48$$

$$q_{dis u} = 18.22 \text{ T/mt}^2$$

- Diseño de espesor de la zapata

Chequeo por corte simple:

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

Según espesor asumido de 55 cm y con varilla No. 6

$$d = 0.55 - 0.075 - \frac{0.01905}{2}$$

$$d = 0.4655$$

- Corte actuante

$$V_{act} = \text{Área} * q_{dis_u} \quad V_{act} = 4.29 \text{ mt}^2 * 18.22\text{T/mt}^2$$

$$V_{act} = 78.16 \text{ ton}$$

- Cálculo de corte simple

$$V_R = 0.85 * 0.53 * \sqrt{f'_c} * b * d$$

$$V_R = 0.85 * 0.53 * \sqrt{280} * 3.70 * 100 * 0.4655 * 100$$

$$V_R = 129829.05 \text{ kg} \quad V_R = 129.83 \text{ ton}$$

$$V_R > V_{act}$$

- Chequeo por corte punzonante

Corte punzonante actuante

$$V_{act} = \text{Área} * q_{dis_u} \quad V_{act} = 12.85 \text{ mt}^2 * 18.22\text{T/mt}^2$$

$$V_{act} = 234.127 \text{ T}$$

- Cálculo de corte simple

$$V_R = 0.85 * 0.53 * \sqrt{f'_c} * b_o * d$$

$$V_R = 0.85 * 0.53 * \sqrt{280} * 3.6619 * 100 * 0.4655 * 100$$



$$V_R = 256984.33 \text{ kg}$$

$$V_R = 256.98 \text{ ton}$$

$$V_R > V_{act}$$

- Diseño del refuerzo por flexión

Flexión en el sentido X y Y

$$M_u = \frac{wl^2}{2}$$

$$M_u = \frac{18.22 \text{ T} * 1.625^2}{2}$$

$$M_u = 24.0592 \text{ T} - \text{mt}$$

$$M_u = 24,059.199 \text{ kg} - \text{mt}$$

$$A_s = \left( bd - \left( \sqrt{(bd)^2 - \frac{M_u b}{0.003825 f'c}} \right) * \frac{0.85 f'c}{f_y} \right)$$

$$A_s = \left( 100 * 0.4655 - \left( \sqrt{(100 * 0.4655)^2 - \frac{(24,059.199)(100)}{0.003825(280)}} \right) * \frac{0.85(280)}{2810} \right)$$

$$A_s = 21 \text{ cm}^2$$

$$A_{smin} = \frac{14.1}{f_y} bd$$

$$A_{smin} = \frac{14.1}{2810} (100)(0.4655)$$

$$A_{smin} = 23.19 \text{ cm}^2$$

Cálculo del espaciamiento con  $A_{smin}$ , asumiendo una varilla No.6.

Área

Espaciamiento

$$\frac{23.19 \text{ cm}^2}{2.85 \text{ cm}^2} = \frac{100 \text{ cm}}{S}$$

$$S_{\text{req}} = \frac{(2.85 \text{ cm}^2) * (100 \text{ cm})}{23.35 \text{ cm}^2} \quad S_{\text{req}} = 12.29 \text{ cm}$$

Colocar en el sentido x varillas No. 6 @ 10 cm

$$\text{Acero por temperatura} = A_s = 0,002 * b * t = 0,002 (100) * (55) = 11 \text{ cm}^2$$

$$S_{\text{máx}} = 2 * t = 2 * 55 = 110 \text{ cm};$$

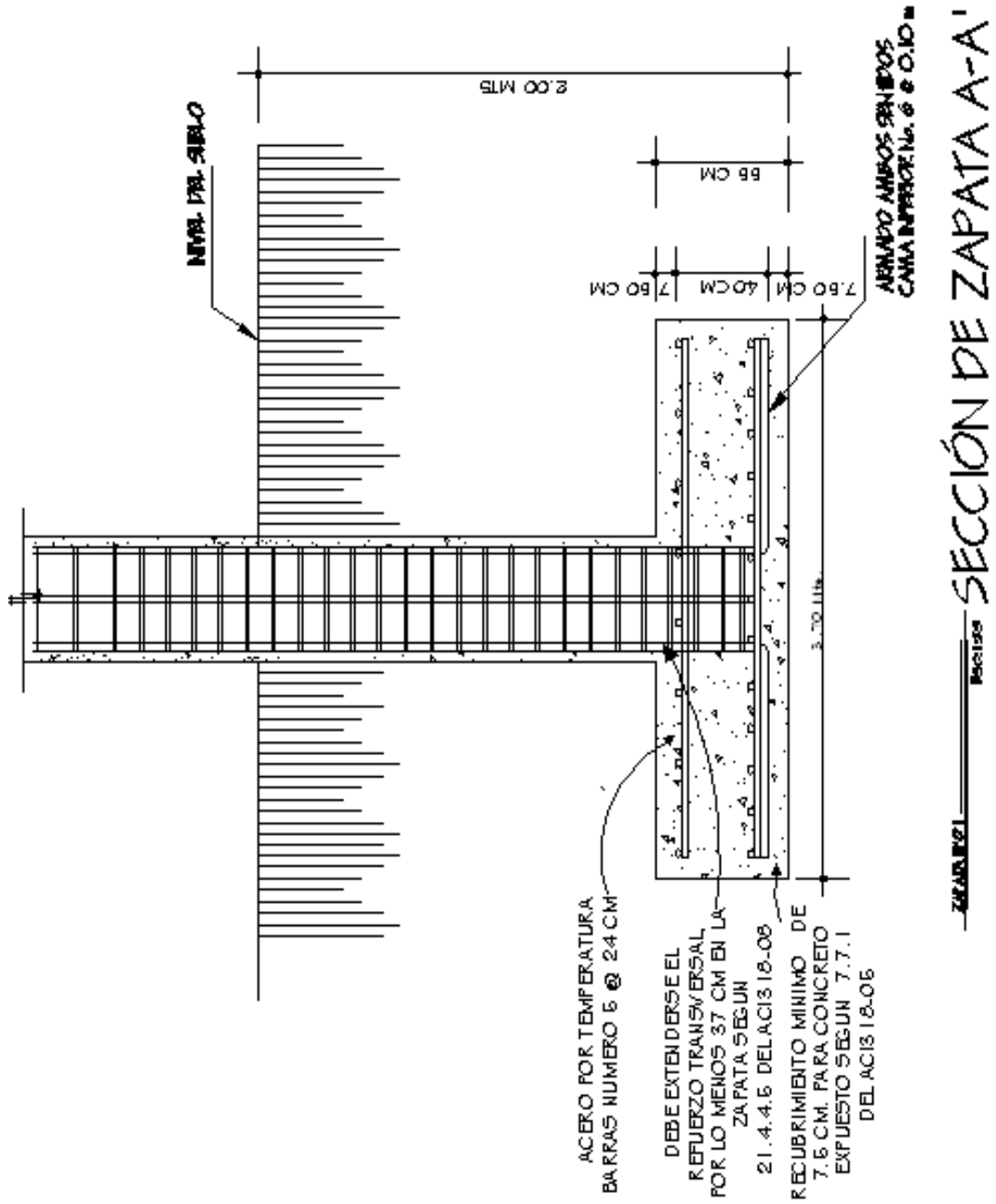
Separación para  $A_{\text{temp}}$  con varillas No. 5:

Aplicando una regla de tres:

$$S = 1.97 * 100 / 11 = 17.90 \text{ cm}$$

Colocar  $A_{\text{temp}}$  @ 15cm

Figura 44. Armado final zapata concéntrica



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

## Diseño de zapata combinada

$$\gamma_{\text{Concreto}} = 2,400 \text{ kg/mt}^3$$

$$F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$$

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

$$Mx = 22,118.00 \text{ kg-mt} = 22.11 \text{ ton}$$

$$My = 16,756.00 \text{ kg.mt} = 16.75 \text{ ton}$$

$$Pu = 113,763.55 \text{ kg} = 113.76 \text{ ton}$$

$$Vs = 12.57 \text{ kg/mt}^2$$

$$\gamma_{\text{Suelo}} = 1.40 \text{ ton/mt}^3$$

$$Fcu = 1.54$$

Sección de la columna = 45 x 45 cm

Reduciendo a momentos de trabajo

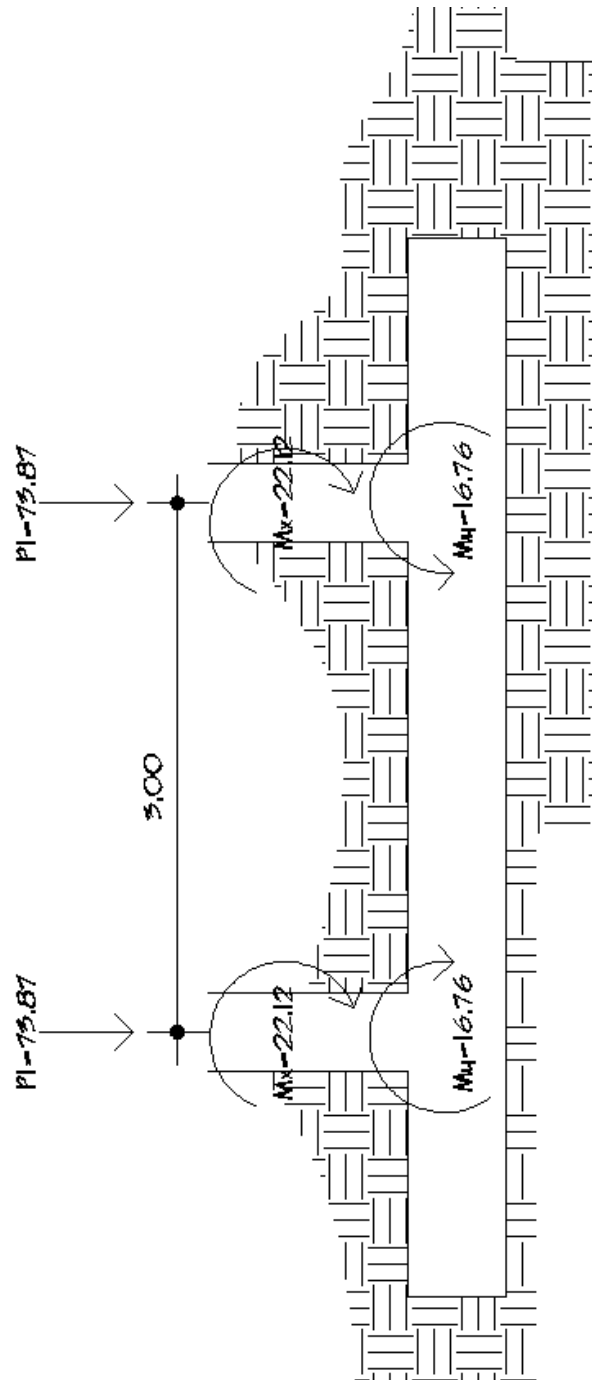
$$Mx = \frac{Mx}{FCU} \qquad Mx = \frac{22.118}{1.54}$$

$$Mx = 14.36 \text{ ton}$$

$$My = \frac{My}{FCU} \qquad My = \frac{16.756}{1.54}$$

$$My = 10.88 \text{ ton}$$

Figura 45. Distribución de cargas en zapatas combinadas



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Cargas de servicio

$P_1=73,872 \text{ kg}$

$M_x=14,362.34 \text{ Kg-mt}$

$M_y=10,880.65 \text{ kg-mt}$

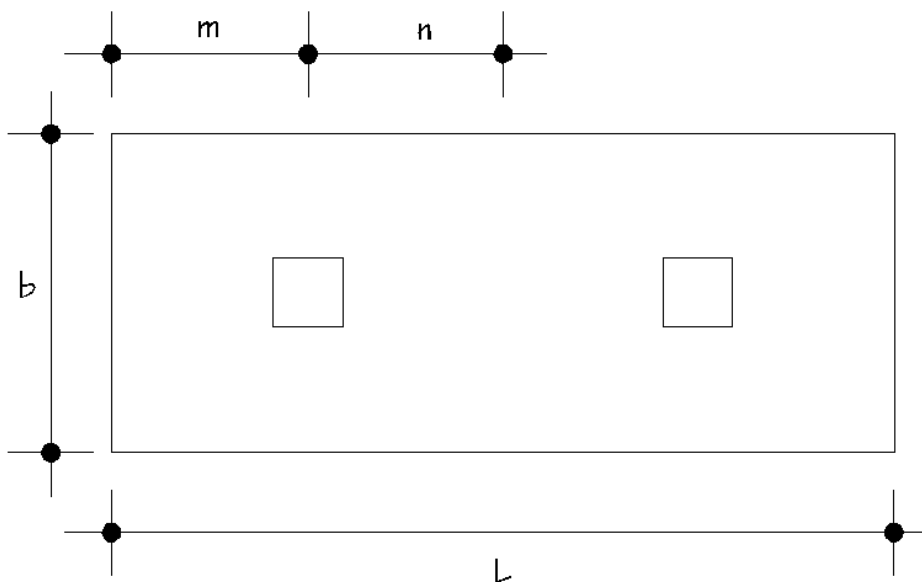
$P_2=73,872 \text{ kg}$

$M_x=14,362.34 \text{ Kg-mt}$

$M_y=10,880.65 \text{ kg-mt}$

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

Figura 46. **Distancia entre columnas para zapatas combinadas**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Dónde:

$$L = 2(m+n)$$

$$b = R/(qL)$$

$$R = P1 + P2$$

$$q = Vs$$

De la gráfica anterior se tiene:

$$n = L/2$$

$$n = 3/2$$

$$n = 1.5$$

En el terreno no existen restricciones por colindancias se asume que  $m=n$

$$m = 1.5$$

Entonces se calcula L:

$$L = 2(m + n)$$

$$L = 2(1.5 + 1.5)$$

$$L = 6.00$$

Se calcula b:

$$b = \frac{R}{qL}$$

Dónde:

$$R = P1 + P2$$

$$q = Vs$$

$$b = \frac{(73.87 + 73.87)}{12.57 * 6}$$

$$b = 1.96$$

Se propone una base de 3.00

Área de la zapata

$$A = b * L$$

$$A = 6 * 3$$

$$A = 18\text{m}^2$$

- Chequeo del área de la zapata:

Integración de cargas:

$$P_{\text{col}} = \text{Sección} * h * \gamma_c$$

$$P_{\text{col}} = 0.45 * 0.45 * 5.5 * 2.4\text{ton}/\text{m}^3$$

$$P_{\text{col}} = 2.67\text{ton}$$

$$P_{\text{cimiento}} = Az * \text{espesor asumido} * \gamma_c$$

$$P_{\text{cimiento}} = 18 * 0.55 * 2.4\text{ton}/\text{m}^3$$

$$P_{\text{cimiento}} = 23.76 \text{ ton}$$

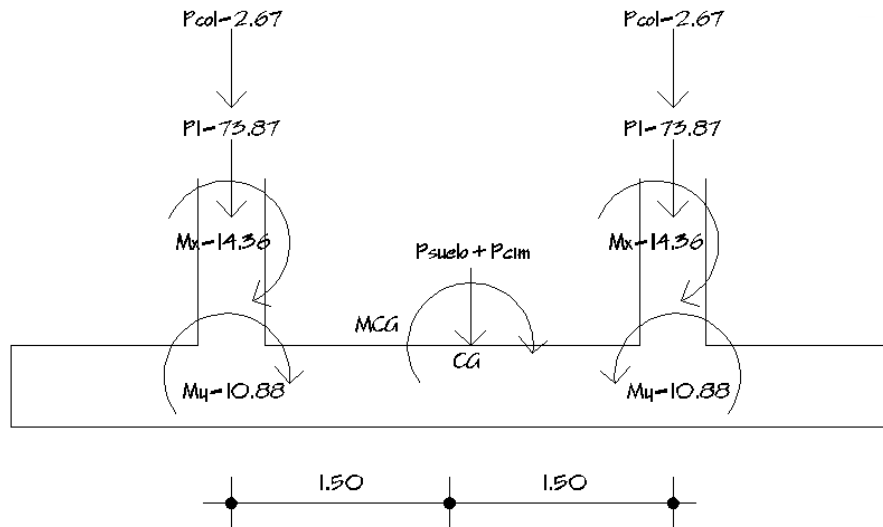
$$P_{\text{suelo}} = (Az - \text{sección de columna}) * Df * \gamma_s$$

$$P_{\text{suelo}} = (18 - 0.45 * 0.45) * 2 * 1.4\text{ton}/\text{m}^3$$

$$P_{\text{suelo}} = 49.28 \text{ ton}$$



Figura 47. Diagrama de cuerpo libre



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Las cargas equivalentes en el centro geométrico serán:

$$PCG = P_1 + P_2 + P_{col} + P_{suelo} + P_{cimiento}$$

$$PCG = 73.87 + 73.87 + 2(2.67) + 23.76 + 49.28$$

$$PCG = 226.07 \text{ Ton}$$

Entonces:

$$\sum MCG = 0$$



$$\sum MCGy = \sum MCGx = 0$$

La sumatoria de los dos momentos respecto al centro de gravedad son cero pues las cargas y momentos son iguales.

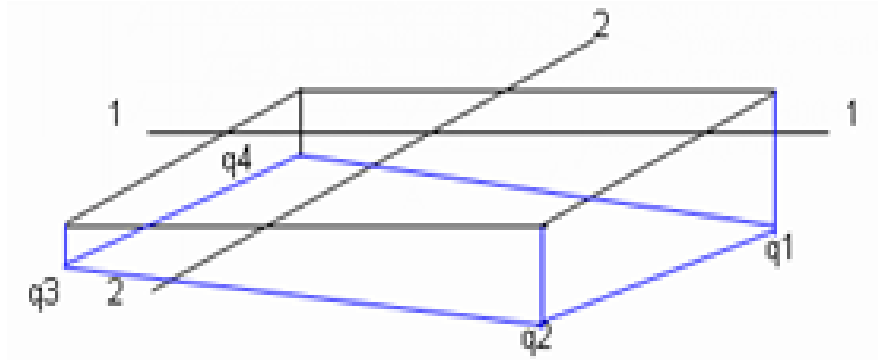
Chequeando las presiones sobre el terreno:

$$e_y = e_x = \frac{MCG}{PCG}$$

$$e = \frac{MCG \times}{PCG}$$

$$e = 0 \text{ mt}$$

Figura 48. **Presiones sobre el terreno**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

$$q_1 = q_{\max} = \frac{P}{Az} \left( 1 + \frac{6e_1}{A} + \frac{6e_2}{B} \right) = \frac{226.07}{18} \left( 1 + \frac{0}{3} + \frac{0}{6} \right) = 12.557 \frac{\text{ton}}{\text{mt}^2}$$

$$q_{\max} < \gamma_s$$

No excede el valor soporte del suelo

$$q_2 = \frac{P}{Az} \left( 1 + \frac{6e_1}{A} - \frac{6e_2}{B} \right) = \frac{226.07}{18} \left( 1 + \frac{0}{3} + \frac{0}{6} \right) = 12.557 \frac{\text{ton}}{\text{mt}^2}$$

$$q_3 = q_{\min} = \frac{P}{Az} \left( 1 - \frac{6e_1}{A} - \frac{6e_2}{B} \right) = \frac{226.07}{18} \left( 1 + \frac{0}{3} + \frac{0}{6} \right) = 12.557 \frac{\text{ton}}{\text{mt}^2}$$

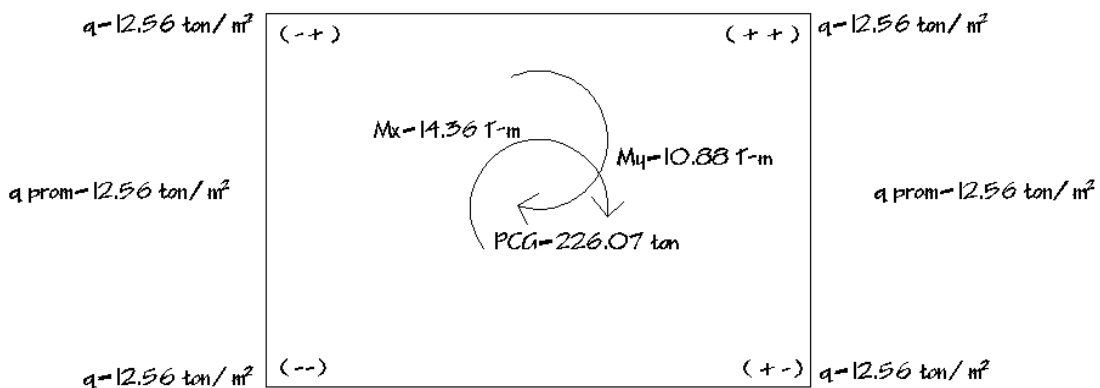
$$q_{\min} > 0$$

Si  $q_{\min} > 0$ , lo que indica que no existen presiones de tensión (La zapata no tiende a levantarse).

$$q_4 = \frac{P}{Az} \left( 1 - \frac{6e_1}{A} + \frac{6e_2}{B} \right) = \frac{226.07}{18} \left( 1 + \frac{0}{3} + \frac{0}{6} \right) = 12.557 \frac{\text{ton}}{\text{mt}^2}$$

Las dimensiones de la zapata están bien asumidas para el cálculo del área de la zapata.

Figura 49. **Presiones en las esquinas de la zapata**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Las presiones del suelo y cimiento son:

$$P_{\text{suelo}} = Df * \gamma_s$$

$$P_{\text{suelo}} = 2 * 1.4 \text{ ton/mt}^3$$

$$P_{\text{suelo}} = 2.8 \text{ ton/mt}^3$$

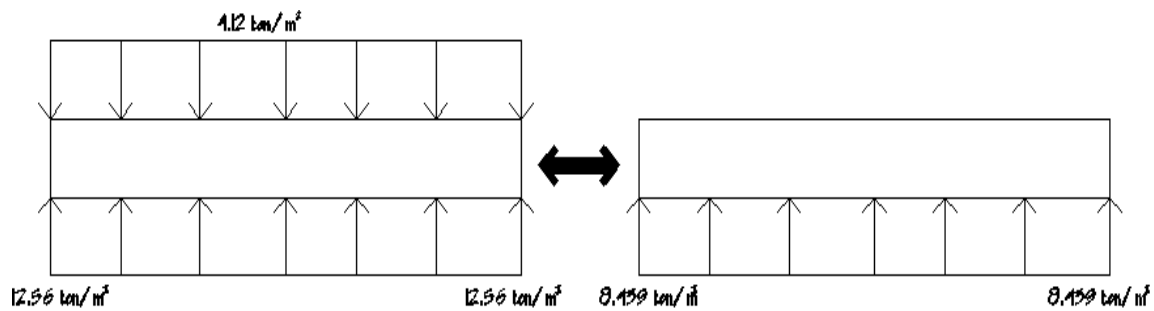
$$P_{\text{cimiento}} = t * \gamma_c$$

$$P_{\text{cimiento}} = 0.55 * 2.4 \text{ ton/mt}^3$$

$$P_{\text{cimiento}} = 1.32 \text{ ton/mt}^3$$

$$P_{\text{suelo}} + P_{\text{cimiento}} = 4.12 \text{ ton/mt}^3$$

Figura 50. Presiones del suelo y cimiento

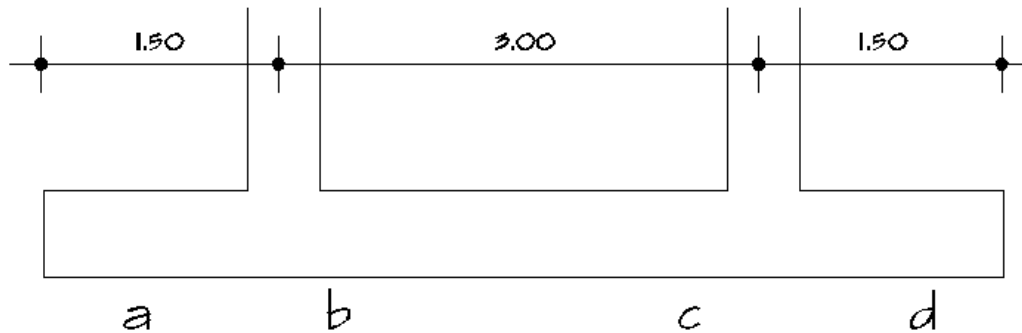


Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Entonces:

$$PU_{\text{diseño}} = FCU * q$$

Figura 51. Presión de carga última de diseño



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Para a

$$PU_{\text{diseño}} = FCU * q \qquad PU_{\text{diseño}} = 1.54 * 8.439 \frac{\text{ton}}{\text{mt}^2}$$

$$PU_{\text{diseño}} = 12.9968 \frac{\text{ton}}{\text{mt}^2}$$

Para d

$$PU_{\text{diseño}} = FCU * q \qquad PU_{\text{diseño}} = 1.54 * 8.439 \frac{\text{ton}}{\text{mt}^2}$$

$$PU_{\text{diseño}} = 12.9968 \frac{\text{ton}}{\text{mt}^2}$$

Se encuentra una expresión para cualquier distancia “x”, una presión dada por relación de triángulos:

$$\frac{6}{12.99-12.99} = \frac{x}{qd(x)-12.99} \quad qd(x) = \frac{(12.99-12.99)x+12.99}{6}$$

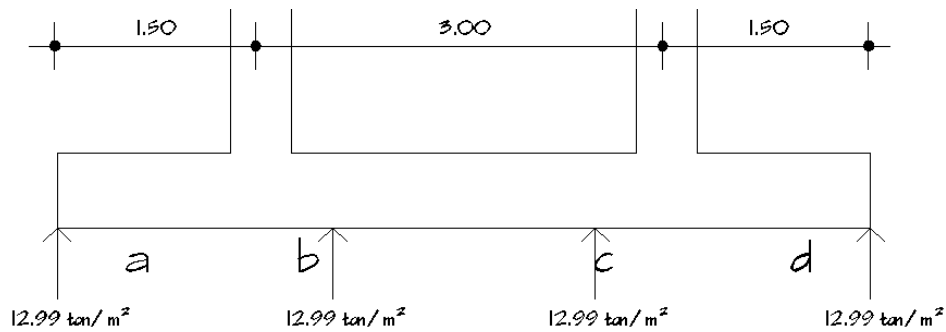
Para  $b = x = 1.5$

$$qd(1.5) = \frac{(12.99-12.99)(1.5)}{6} + 12.99 \quad qd(1.5x) = 12.9968 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2}$$

Para  $c = x = 4.5$

$$qd(4.5) = \frac{(12.99-12.99)(4.5)}{6} + 12.99 \quad qd(1.5x) = 12.9968 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2}$$

Figura 52. Presión última bajo el cimiento



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Las presiones últimas por metro lineal se obtienen de:

$$w = b * q_{\text{diseño}}$$

Donde:

$b$  = ancho del cimiento

b=3.00 metros

Para a

$$w = 3.00 * 12.9968 \frac{\text{ton}}{\text{mt}^2} \qquad w = 38.99 \frac{\text{ton}}{\text{mt}}$$

Para b

$$w = 3.00 * 12.9968 \frac{\text{ton}}{\text{mt}^2} \qquad w = 38.99 \frac{\text{ton}}{\text{mt}}$$

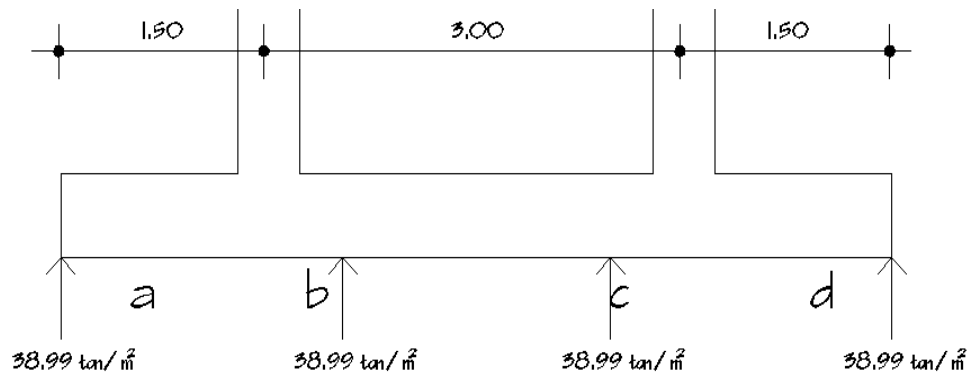
Para c

$$w = 3.00 * 12.9968 \frac{\text{ton}}{\text{mt}^2} \qquad w = 38.99 \frac{\text{ton}}{\text{mt}}$$

Para d

$$w = 3.00 * 12.9968 \frac{\text{ton}}{\text{mt}^2} \qquad w = 38.99 \frac{\text{ton}}{\text{mt}}$$

Figura 53. Presión última por metro lineal



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Se encuentra una expresión para cualquier distancia x, una presión dada por relación de triángulos:

$$\frac{6}{38.99-38.99} = \frac{x}{qd(x)-38.99} \qquad qd(x) = \frac{(38.99-38.99)x}{6} + 38.99$$

$$qd(x) = \frac{(38.99 - 38.99)x + 12.99}{6} + 38.99$$

$$qd(x) = 38.99 \text{ ton}$$

Diagrama de corte y momento

$$V_{ab} = (38.99+38.99) \cdot 1.5/2 = 58.48 \text{ Ton}$$

$$V_b = V_{ab} - P_{col}$$

$$V_b = 58.48 \text{ ton} - 73.87 \text{ Ton} = -15.387 \text{ Ton}$$

$$V_{bc} = V_b + 38.99y + ((38.99-38.99)/3)2y^2$$

$$V_{bc} = -15.387 + 38.99y$$

$$\text{Si } V_b = 0; \text{ entonces } y = 0.39$$

$$V_{cd} = (38.99+38.99) \cdot 1.5/2 = 58.48 \text{ Ton}$$

$$V_c = 73.87 \text{ Ton} - 58.48 \text{ Ton} = 15.387$$

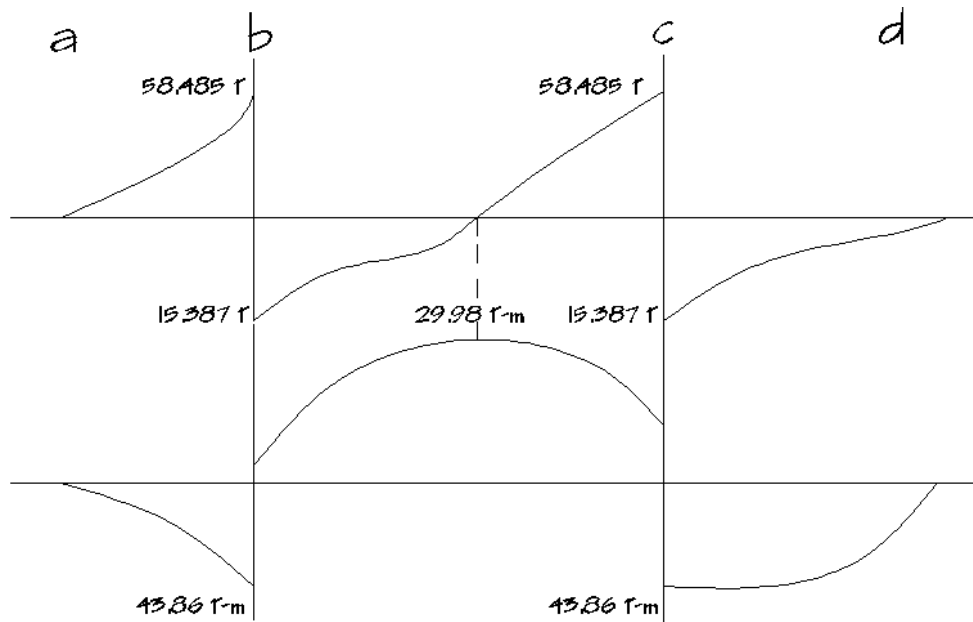
$$M_{ab} = 43.854 \text{ Ton-m}$$

$$M_{max} = 29.9861 \text{ Ton-m}$$

$$M_{cd} = 43.854 \text{ Ton-m}$$



Figura 54. Diagrama de corte y momento



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Diseño estructural del cimiento

- Chequeo por corte simple

Según  $t$  asumido = 0.55m = 55 cm

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

Según espesor asumido de 55 cm y con varilla No. 6

$$d = 0.55 - 0.075 - \frac{0.01905}{2}$$

$$d = 0.4655$$

- Cálculo de corte simple

$$V_R = 0.85 * 0.53 * \sqrt{f'_c} * b * d$$

$$V_R = 0.85 * 0.53 * \sqrt{280} * 3.70 * 100 * 0.4655 * 100$$

$$V_R = 129829.05 \text{ kg}$$

$$V_R = 129.83 \text{ ton}$$

- Chequeo por corte punzonante

Tomando como referencia el caso crítico en la columna la cual tiene  
P=73.87 Ton.

Si d=46.55 cm

45+d=91.55cm

- Cálculo de corte resistente

$$V_R = 0.85 * 0.53 * \sqrt{f'_c} * b_o * d$$

$$V_R = 0.85 * 0.53 * \sqrt{280} * 3.6619 * 100 * 0.4655 * 100$$

$$V_R = 256984.33 \text{ kg}$$

$$V_R = 256.98 \text{ ton}$$

- Corte punzonante actuante

$$V_{pz} = PU - q_c * Apz$$

$$V_{pz} = 73.87 \text{ Ton} - \frac{12.99 \text{ ton}}{m^2} * (0.9155 * 0.9155)$$

$$V_{pz} = 73.87 \text{ Ton} - \frac{12.99 \text{ ton}}{m^2} * (0.9155 * 0.9155)$$

$$V_{act} = 62.98 \text{ T}$$

$$256.98 \text{ T} > 62.98 \text{ T}$$

$$V_R > V_{act}$$

- Diseño del refuerzo por flexión

Refuerzo mínimo

$$A_{smin} = \frac{14.1}{f_y} bd$$

$$A_{smin} = \frac{14.1}{2,810} (300 * 46.55)$$

$$A_{smin} = 69.57 \text{ cm}^2$$

Calculando el momento resistente de  $A_{smin}$ :

$$Mr = 0.9 * f_y * A_s \left( d - \frac{A_s * f_y}{1.7 * f'_c * b} \right)$$

$$Mr = 0.9 * 2810 * 69.47 \left( 46.55 - \frac{69.57 * 2810}{1.7 * 280 * 300} \right)$$

$$Mr = 7,949,128.98 \text{ kg} - \text{cm} = 79.49 \text{ Ton} - \text{mt}$$

$$Mr < M_{\max}$$

Calculo del espaciamiento  $A_{smin}$ , asumiendo una varilla No.6=2.85022957cm<sup>2</sup>.

Área	Espaciamiento
69.57 cm <sup>2</sup>	300 cm
2.85 cm <sup>2</sup>	S

$$S_{req} = \frac{(2.85 \text{ cm}^2) * (300 \text{ cm})}{69.57 \text{ cm}^2}$$

$$S_{req} = 12.29 \text{ cm}$$

Se utilizarán varillas No. 6 @10cm.

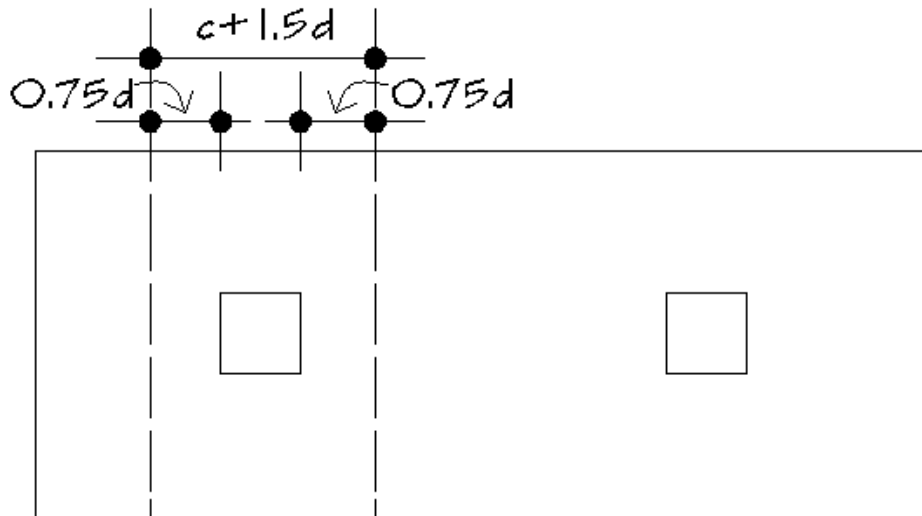
Acero por temperatura en la cama superior= 0.002\*b\*t= 0.002\*100\*55 = 11cm<sup>2</sup>;

S=25.91cm

Por lo tanto colocar varillas No. 6 @25cm.

- Vigas transversales

Figura 55. **Vigas transversales**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Asumiendo un ancho de viga de  $(c+1.5d)$ , se chequeará bajo una de las columnas y considerando que la viga es igual para las dos columnas.

$$dx - x = dy - y - \frac{\emptyset y}{2} - \frac{\emptyset x}{2}$$

Asumiendo el diámetro de la varilla No.6

$$dx - x = 44.6425 \text{ cm}$$

$$0.75d = 0.75 (44.6425) = 33.48 \text{ cm}$$

$$C + 1.5d = 45 + 1.5 (44.6425) = 111.96 \text{ cm} = 1.1196 \text{ mt}$$

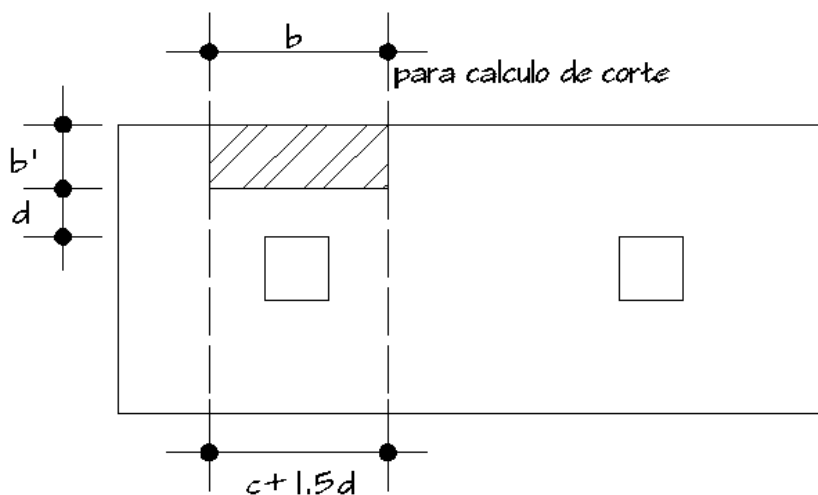
La viga transversal se diseñará con la presión uniforme causada por la carga puntual de la columna:

$$qd = \frac{Pu}{b*(c+1.5d)} \qquad qd = \frac{73.87}{3*1.1196}$$

$$qd = 21.993 \text{ ton/mt}^2$$

- Chequeo por corte simple

Figura 56. **Cálculo de corte simple**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Corte actuante ( $V_a$ )

$$Va = qd * b' * (c + 1.5d) \qquad Va = 21.993 * 0.8536 * 1.1196$$

$$V_a = 21.0185 \text{ Ton}$$

Corte resistente ( $V_c$ )

$$V_R = 0.85 * 0.53 * \sqrt{f'_c} * b_o * d$$

$$V_R = 0.85 * 0.53 * \sqrt{280} * 3.6619 * 111.96 * 0.446425 * 100$$

$$V_R = 37679.03 \text{ kg}$$

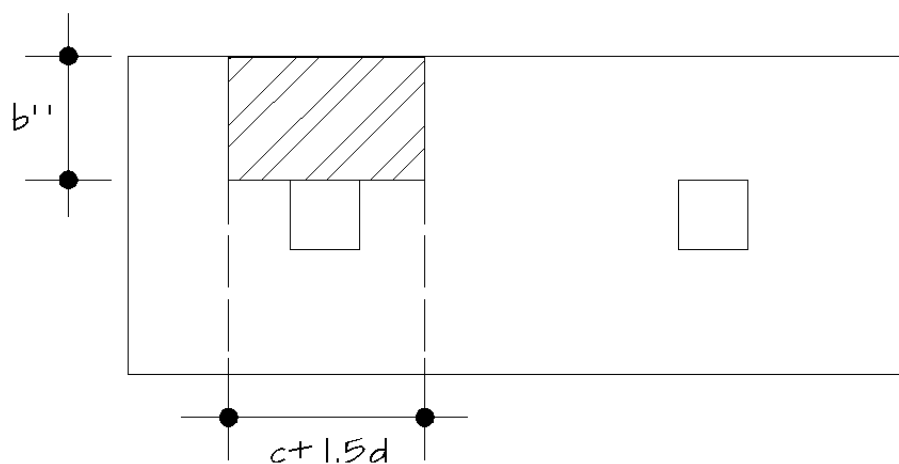
$$V_R = 37.68 \text{ ton}$$

$$37.68T > 21.01T$$

$$V_R > V_a$$

- Diseño por flexión

Figura 57. Diseño por flexión



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

$$M_{act} = qd * \frac{b''}{2} \qquad M_{act} = 21.993 * \frac{1.275}{2}$$

$$M_{act} = 17.8762 \text{ Ton} - \text{mt}$$

Calculando el  $A_s$  para el momento actuante tenemos:

Refuerzo minimo en el ancho de 1.1196 mts:

$$b=111.96 \text{ cm}$$

$$d=44.6425 \text{ cm}$$

$$A_{smin} = \frac{14.1}{f_y} bd \qquad A_{smin} = 24.90 \text{ cm}^2$$

$$A_s = \left( bd - \left( \sqrt{(bd)^2 - \frac{M_{act}}{0.003825 f' c}} \right) * \frac{0.85 f' c}{f_y} \right)$$

$$A_s = 16.1412 \text{ cm}^2 \approx \text{Usar } A_{smin}$$

Cálculo del espaciamiento  $A_{smin}$ , asumiendo una varilla No.6.

Área	Espaciamiento
24.90 cm <sup>2</sup>	111.96 cm
2.85 cm <sup>2</sup>	S



$$S_{req} = \frac{(2.85 \text{ cm}^2) * (111.96 \text{ cm})}{24.90 \text{ cm}^2}$$

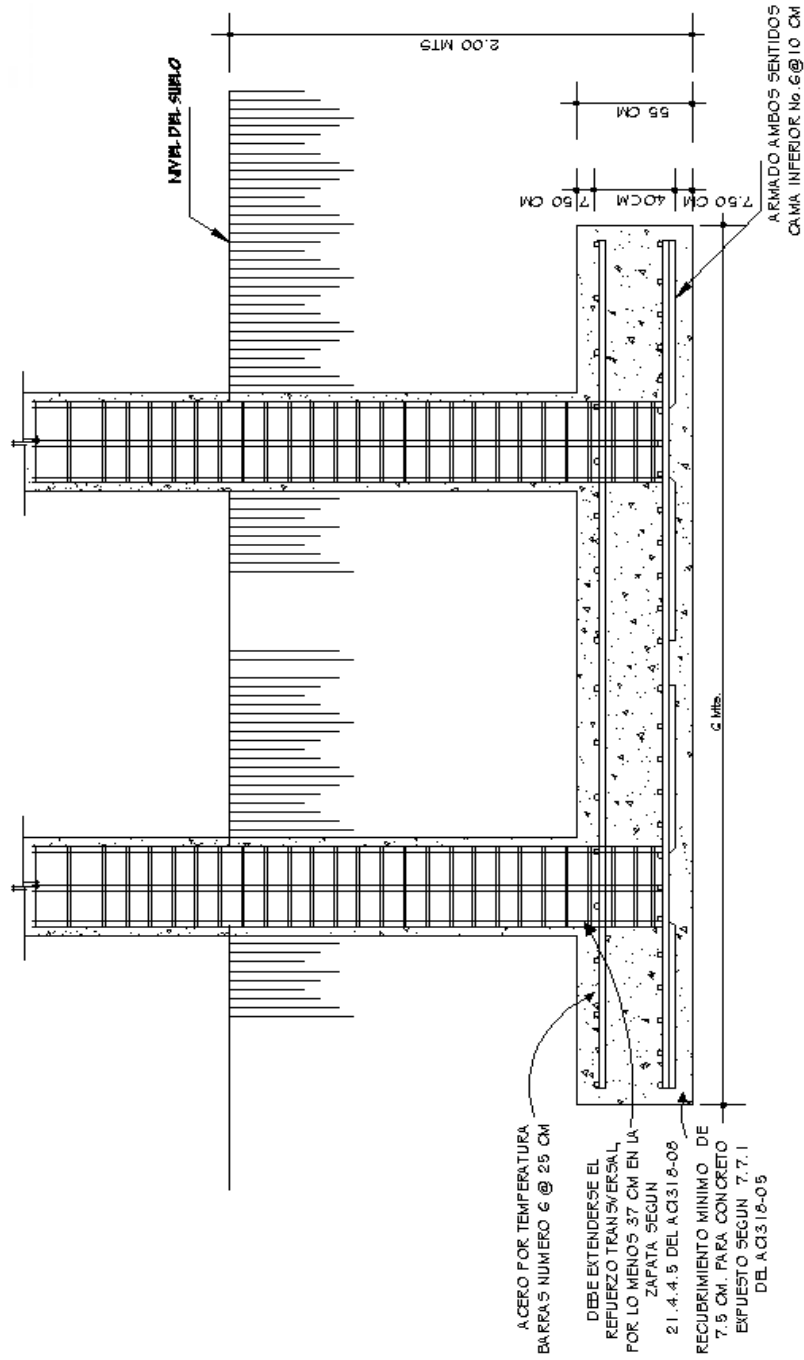
$$S_{req} = 12.8148 \text{ cm}$$

Se utilizarán varillas No. 6 @10cm. (ver figura 58).

Cimiento corrido:

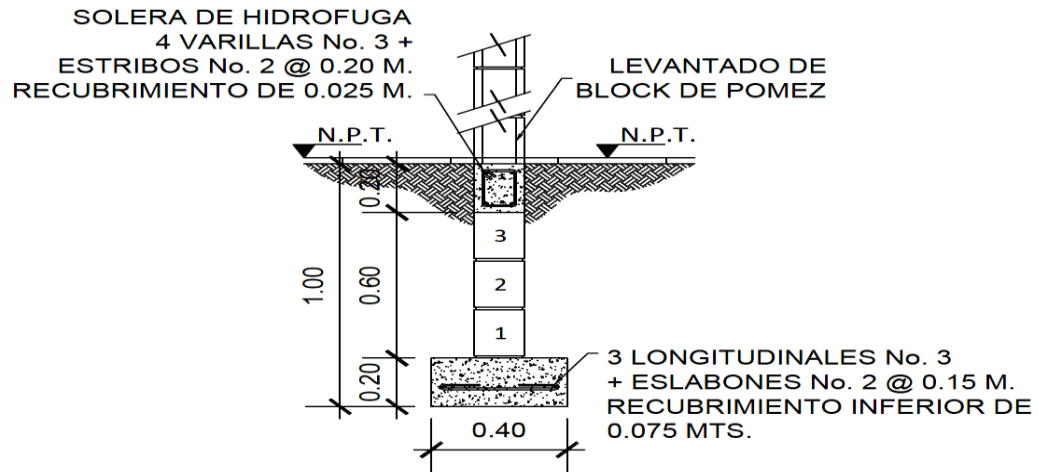
Es el cimiento que se le coloca a los muros, éste se calcula como una franja unitaria. Se diseñarán para soportar las cargas superpuestas, dando una distribución adecuada a las mismas, de acuerdo con la resistencia del terreno, debiendo ser continuos para proveer un amarre adecuado entre ellos. Tomando en cuenta que los muros de la estructura son únicamente para dividir ambientes, se ha propuesto el diseño de los cimientos corridos de forma trapezoidal que a la vez cumple la función de solera de humedad, considerando que los muros del primer nivel tendrán una altura aproximada de 3 metros y que en un modulo independiente las losas de las gradas serán apoyadas en cimientos corridos tradicionales.

Figura 58. Armado final zapata combinada



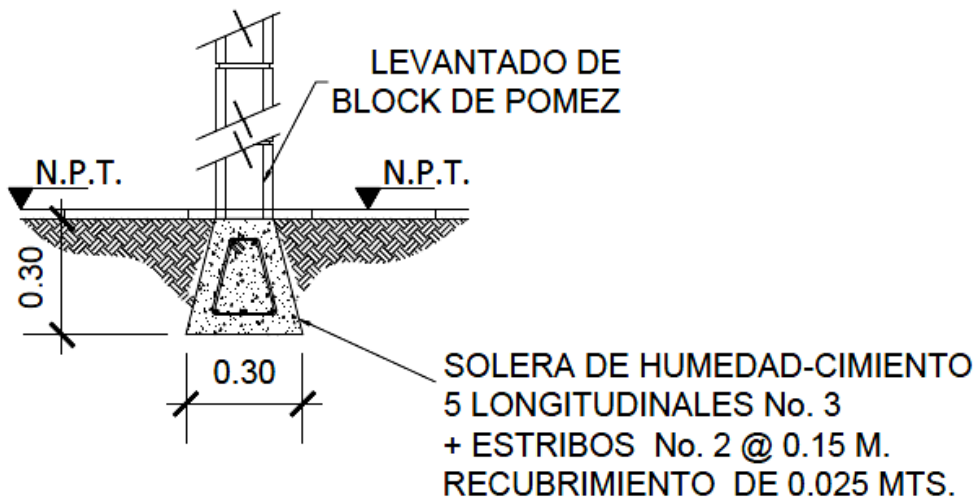
Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Figura 59. **Detalle de armado de cimiento tradicional**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Figura 60. **Detalle de armado de cimiento trapezoidal**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

### 2.2.7. Instalaciones

Las instalaciones necesarias que se consideraron se detallan en los siguientes numerales.

#### **2.2.7.4. Agua potable**

El proyecto se proveerá de agua potable en cantidad y presión suficiente para satisfacer las necesidades y servicio de los usuarios, de acuerdo con los siguientes requisitos mínimos:

- El servicio de agua potable será continuo durante 12 horas del día
- La dotación mínima aceptable es de 200 litros/persona/día
- Son aceptables redes de distribución diseñados por circuitos cerrados
- En puntos estratégicos de fácil acceso, deben instalarse válvulas de control, que permitan aislar tramos de tubería para operaciones de mantenimiento; sin que para esto sea necesario cortar el servicio de agua a todo el edificio.
- Las tuberías deben colocarse lo más apartado posible de las de drenaje y nunca a nivel inferior que estas.

Tabla XIII. **Equivalencias de gastos de tuberías de agua, tomando como unidad la tubería de 1/2" de diámetro, para las mismas condiciones de pérdida de presión y para una presión dada**

<b>Diámetro del tubo en pulgadas</b>	<b>Número de tubos de 1/2" con la misma capacidad</b>
1/2	1
3/4	2.9
1	6.2
1 1/4	10.9
1 1/2	17.4
2	37.8
2 1/2	65.5

Fuente: RODRÍGUEZ SOZA, Luis Carlos.  
 Guía para las instalaciones sanitarias en edificios, p.58.

Cálculo de subramales:

Dependiendo del aparato sanitario, se le asigna un diámetro en pulgadas a cada sub ramal, en este caso se asignaron de la siguiente manera:

- Lavamanos 1/2"
- Inodoro con tanque 1/2"
- Urinario 1/2"

Cálculo de ramales

Se le asigna un número (equivalencia) a cada subramal en función de su diámetro obtenido anteriormente quedando de la siguiente manera:

- $\frac{1}{2}$ " = 1,0
- $\frac{3}{4}$ " = 2,9
- 1" = 6,2

Luego, empezando desde el punto más alejado con respecto al alimentador principal, se analiza ramal por ramal y en función de los números anteriores, se calcula el diámetro y se concluye que el tipo de tubería a utilizar será de cloruro polivinilo PVC de  $\frac{3}{4}$ " de diámetro para ramales principales y de  $\frac{1}{2}$ " de diámetro para las conexiones a los artefactos sanitarios.

#### Cálculo de la línea principal

Se le asigna un número de unidades de gasto o unidades Hunter (UH) a cada uno de los artefactos sanitarios en función de su tipo, quedando de la siguiente manera:

Lavamanos	6
Urinario	3
Inodoro con tanque	10

De ésta manera la cantidad de UH por nivel será de:

Todos los niveles

6 lavamanos x 1 UH	= 6 UH
10 inodoros con tanque x 3 UH	= 30 UH
3 urinario x 3 UH	= 9 UH
Total	= 45 UH

El número de UH totales será:

$$45 \text{ UH} * 3 \text{ UH} = 135 \text{ UH} \text{ (117 UH con tanque y 18 UH con válvula)}$$

Tabla XIV. **Unidades de gasto para el cálculo de las tuberías de distribución de agua en los edificios**

Pieza	Tipo	Unidades de gasto
Tina	Llave normal	2
Lavadora	Eléctrica	3
Ducha	Llave normal	2
Inodoro	Con tanque	3
Inodoro	Con válvula semiautomática	6
Lavadero	Cocina	3
Lavadero	Repostero	3
Lavaplatos	Combinación	3
Lavamanos	Llave normal	1
Urinario	Con tanque	3

Fuente: RODRÍGUEZ SOZA, Luis Carlos.

Guía para las instalaciones sanitarias en edificios, p.48

Estimando una velocidad de 1 m/s, una altura de niveles de 3,50 m y tubería de PVC, se calcula el diámetro para cada tramo mediante la fórmula siguiente:

$$D = \sqrt[4,87]{\frac{1743,811 \times 1 \times Q^{1,85}}{C^{1,85} \times H_f}}$$

El diámetro a usar para la línea de distribución que alimenta los diferentes niveles será de 1”.

Tabla XV. **Gasto probable para la aplicación del método de Hunter(l/s)**

No. de	Gasto		No. de	Gasto	
	Tanque	Válvula		Tanque	Válvula
3	0.12	---	40	0.91	1.74
4	0.16	---	42	0.95	1.78
5	0.23	0.91	44	1.00	1.82
6	0.25	0.94	46	1.03	1.84
7	0.28	0.97	48	1.09	1.92
8	0.29	1.00	50	1.13	1.97
9	0.32	1.03	55	1.19	2.04
10	0.34	1.06	60	1.25	2.11
12	0.38	1.12	65	1.31	2.17
14	0.42	1.17	70	1.36	2.23
16	0.46	1.22	75	1.41	2.29
18	0.50	1.27	80	1.45	2.35
20	0.54	1.33	85	1.50	2.40
22	0.58	1.37	90	1.56	2.45
24	0.61	1.42	95	1.62	2.50
26	0.67	1.45	100	1.67	2.55
28	0.71	1.51	110	1.75	2.60
30	0.75	1.55	120	1.83	2.72
32	0.79	1.59	130	1.91	2.80
34	0.82	1.63	140	1.98	2.85
36	0.85	1.67	150	2.06	2.95
38	0.88	1.70	160	2.14	3.04

Fuente: RODRÍGUEZ SOZA, Luis Carlos.

Guía para las instalaciones sanitarias en edificios. p. 50

### 2.2.7.5. Drenajes

Las instalaciones de aguas negras y aguas pluviales, se trabajaron en sistemas separativos, con tubería PVC de  $\varnothing$  4” y  $\varnothing$  3”. La descarga del drenaje a



la red municipal, con tubería PVC de  $\varnothing 4''$ , para este proyecto se distribuirá la losa en seis áreas tributarias de 28.77 cada una, desnivel del 1.5% 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:

Datos:

Pendiente = 1,5%

Área tributaria = 28,77 m<sup>2</sup> = 0,002877 hectáreas

Tiempo para tramo inicial t = 12 minutos

PVC = 3 pulgadas

Coefficiente de rugosidad de PVC= n = 0,010

Coefficiente para escorrentía para superficie de concreto C = 0,90

Intensidad de lluvia para la región de Sololá en 10 años

$$I = \frac{13630}{(t+31)^n}$$

Encontrando intensidad:

$$I = \frac{13630}{(12+31)^{1,1}} = 217,61 \text{ mm/h}$$

Caudal de diseño:

$$q_{di} = \frac{0,90 \cdot 217,61 \cdot 0,002877}{360} = 0,00157 \text{ m}^3/\text{s} = 1,57 \text{ l/s}$$

Encontrando la velocidad de flujo de sección llena:

$$V = \frac{0,03429 * D^{2/3} * S^{1/2}}{n} = \frac{0,03429 * (3)^{2/3} * (1,5/100)^{1/2}}{0,010} = 0,87 \text{ m/s}$$

Área de sección de tubería:

$$A = 5,067 * E^{-10} * D^2 = 5,067 * E^{-10} * (3)^2 = 0,00456 \text{ m}^2$$

Caudal de sección llena:

$$Q = A * V = (0,00456) * (0,87) = 0,0039 \text{ m}^3/\text{s} = 3,96 \text{ l/s}$$

Como Q es mayor que qdi el diámetro de tubería es correcto.

#### 2.2.7.6. Electricidad

La instalación eléctrica para iluminación, cuenta con ocho circuitos en el primer nivel y ocho en el segundo, cuatro por cada tablero de distribución, cada circuito tiene un máximo de diez unidades (lámparas 2x40 tipo industrial) con alambre de calibre 12, el cual tiene una capacidad para 20 amperios, cada circuito está protegido por un flipón de 20 amperios. La instalación eléctrica de fuerza, cuenta con dos circuitos en el primer nivel y dos en el segundo, con un máximo de ocho unidades de tomacorrientes dobles de 115 voltios como máximo, el alambre tendrá un calibre 12 y estará protegido por un flipón de 20 amperios.

El sistema tendrá 6 tableros de control (2 por cada nivel) de 4 polos, se utilizará poliducto de 3/4" empotrado en la losa para proteger el alambrado, el

sistema eléctrico no incluye la instalación de aparatos especiales que requieran mayor voltaje, es decir, únicamente para 110 voltios.

Datos:

6 lámparas de 20X40 watts

Voltaje = 120 v

Factor de seguridad = 0,95

$$\sum cu = 57 \text{ m}/\Omega\text{mm}^2$$

$$I = \frac{600 \text{ watts}}{(0,95) * (120 \text{ v})} = 5.26 \text{ A}$$

Cálculo del área del alambre:

$$A = \frac{2LI}{(\sum cu) * (e)} = \frac{(2) * (8 \text{ m}) * (5.26 \text{ A})}{(57 \text{ m}/\Omega\text{mm}^2) * (3,6)} = 0,41 \text{ mm}^2$$

$$A = \pi * r^2 \quad \rightarrow r = \sqrt{\frac{A}{\pi}} = \sqrt{\frac{0,41}{\pi}} = 0,36 \text{ mm}$$

Por lo tanto el radio es de 0,30 mm, para instalaciones eléctricas el mínimo recomendado es calibre 12, el cual tiene un área transversal mayor a la requerida, por lo tanto si es factible.

### 2.2.8. Elaboración de planos

Se elaboraron 27 planos, los cuales se listan a continuación:

- Planta amueblada
- Planta acotada
- Cortes y secciones
- Fachadas
- Planta de acabados
- Detalle de puertas y ventanas
- Planta de losas y detalles de vigas primer nivel
- Planta de losas y detalles de vigas segundo y tercer nivel
- Corte de muros y detalles estructurales
- Plano de columnas
- Detalles de columnas
- Plano de cimentaciones
- Detalle de zapatas
- Planta instalación hidráulica primer nivel
- Planta instalación hidráulica segundo y tercer nivel
- Planta de drenajes segundo y tercer nivel
- Planta de drenajes segundo y tercer nivel
- Planta de instalación eléctrica iluminación primer nivel
- Planta de instalación eléctrica iluminación segundo y tercer nivel
- Planta de instalación eléctrica fuerza primer nivel
- Planta de instalación eléctrica fuerza segundo y tercer nivel
- Planta de drenaje pluvial primer nivel
- Planta de drenaje pluvia segundo y tercer nivel
- Detalle de gradas
- Planta de conjunto
- Planta de conjunto curvas de nivel
- Planta de conjunto; ubicación de edificaciones.

### **2.2.9. Elaboración de presupuesto**

El presupuesto se elaboró a base a precios unitarios, aplicando un 28% de costos indirectos, en los cuales se incluyen gastos de administración, supervisión y utilidades. Los precios de los materiales se obtuvieron mediante cotizaciones en centros de distribución de la región y la mano de obra se calculo de acuerdo a los renglones establecidos por la municipalidad. (ver anexos).

### **2.2.10. Evaluación de Impacto Ambiental**

Es el procedimiento técnico-administrativo que sirve para identificar, prevenir e interpretar los impactos ambientales que producirá un proyecto en su entorno en caso de ser ejecutado, todo ello con el fin de que la administración competente pueda aceptarlo, rechazarlo o modificarlo.

Impactos ambientales de la construcción de edificaciones

Dentro de las actividades industriales, la construcción es la mayor consumidora, junto con la industria asociada, de recursos naturales y una de las principales causantes de la contaminación atmosférica. Por lo tanto, la aplicación de criterios de construcción sostenible de las edificaciones se hace imprescindible para el respeto del medio ambiente y el desarrollo de las sociedades actuales y futuras.

En el apartado del consumo energético, hay que señalar que la actividad de construcción como tal no consume mucha energía en comparación con otras actividades humanas. Sin embargo, la consecución y procesamiento de los materiales de construcción y la utilización diaria de edificios e infraestructuras

constituye de manera indirecta una de las actividades humanas más intensivas en consumo energético.

En este sentido, el hecho de que las edificaciones sean las responsables de aproximadamente el 50% de energía utilizada en el mundo , les convierte en uno de los principales causantes de las emisiones contaminantes a la atmósfera.

La energía directa e indirecta usada en las viviendas y edificios proviene principalmente de la generación por medio de hidroeléctricas y de la combustión de combustibles fósiles, que contribuyen de manera muy importante a la contaminación atmosférica, principalmente anhídrido carbónico, óxidos de azufre y de nitrógeno, compuestos orgánicos volátiles (COV), monóxido de carbono, óxido nitroso y partículas en suspensión.

Las emisiones directas de las edificaciones se centran sobre todo en la actividad de iluminación y operación, mientras que la producción de electricidad en las edificaciones es una de las grandes fuentes de contaminación indirecta. Asimismo, las obras públicas y la construcción de edificaciones se encuentran entre las causas de mayor contaminación acústica en las ciudades, junto con el transporte.

Además, el impacto de las actuales edificaciones, que ocupan cada vez más una mayor parte del territorio, crea un ambiente físico hostil para el desarrollo cotidiano de las actividades de los ciudadanos. En cuanto a los residuos sólidos urbanos, el mayor volumen no se genera en el período de construcción de las edificaciones, sino en su utilización diaria durante su vida útil.

### Medidas de mitigación:

- Diseñar tratando de adecuarse al entorno existente
- En el momento de iniciar la construcción, señalizar el área
- Repoblar con árboles nativos de la región, las áreas libres
- Restringir uso de maquinaria pesada a horas diurnas
- Utilizar rutas alternas al centro de la población
- Enterrar las bolsas (envases de cemento y cal) en vez de quemarlas
- Fundir y trasladar materiales de construcción en días no festivos o días de plaza.
- Después de cada jornada de trabajo, limpiar el área (recoger: estacas de madera, tablas con clavos, restos de mezcla, pedazos de hierro, etcetera.)
- Cuando sea posible, limitar el mover tierra solo durante la estación seca
- Compactar la tierra removida
- Establecer letrinas temporales para la cuadrilla de trabajadores
- Garantizar uso de equipo adecuado de trabajo (guantes, botas, mascarillas, cascos).
- Incluir botiquín de primeros auxilios





## CONCLUSIONES

1. Debido a que las municipalidades rurales, no tienen la capacidad económica para cubrir honorarios profesionales, el Ejercicio Profesional Supervisado brinda un servicio técnico profesional de carácter social, por cuanto se atienden comunidades; además, provee la oportunidad al estudiante de completar su formación académica, pues permite aplicar los conocimientos adquiridos a través de la práctica, pues este experimenta la confrontación teórica-práctica adquiriendo la confianza y madurez para iniciar con mayor eficiencia el desempeño de su profesión.
2. Como resultado del diagnóstico realizado en el departamento de Sololá, y debido a que es de suma importancia atender las necesidades básicas del caserío La Ilusión, se diseñó el sistema de abastecimiento de agua potable y debido a que sus fuentes acuíferas están a un nivel más bajo que la comunidad tiene como principal característica ser por bombeo, con un período de diseño de 22 años, para que de esta manera sus habitantes pudieran disponer de vital recurso y así poder mejorar las condiciones de vida de las 40 familias beneficiadas.
3. Este trabajo de graduación muestra el desarrollo del Centro de Formación, Capacitación y Usos Múltiples Oxlajuj Aj en el municipio de Sololá, estas son edificaciones que beneficiaran a la población en general pues se lograra satisfacer las necesidades de carácter cultural, educativo y recreativo y, finalmente, promover el desarrollo socioeconómico en función de la participación de sus habitantes, buscará solucionar la problemática de la enorme tasa de analfabetismo y el bajo

nivel cultural del municipio. Ya que con la implementación de éste proyecto se pretende brindar un espacio cómodo y funcional, que satisfaga los requerimientos didácticos y pedagógicos para la educación de la niñez beneficiada.

## RECOMENDACIONES

1. A la Municipalidad de Sololá:
  - Proveer el mantenimiento al sistema de agua potable, para que éste tenga el funcionamiento óptimo durante la vida útil del sistema así como realizar las gestiones ante las instituciones que puedan financiar el proyecto, para que éste pueda ser ejecutado en el menor tiempo posible.
  - Concientizar a la comunidad del caserío La Ilusión y motivar su participación en proyectos de beneficio común, como éste, con su aporte económico o en mano de obra, a la medida de sus posibilidades.
  - Contratar a un profesional de la Ingeniería Civil para que, a través de él, se garantice la supervisión técnica y el control de calidad de los materiales, durante la construcción del edificio.
  - Los presupuestos son una referencia del monto de las obras, por lo que deberán actualizarse, previo a su cotización, para que estén acordes con la realidad.
  
2. A la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos:
  - Que todos los estudiantes de todas las carreras de la facultad, previo a graduarse, realicen obligatoriamente un EPS en

comunidades del área rural, con el fin de llevar una solución a algún problema que aqueja a estas comunidades y adquirir experiencia en campo así como criterio propio.

Según lo indicado en los planos estructurales de cimentación, previo a la construcción del edificio se recomienda realizar un estudio dinámico del suelo, a través del cual se determinará la profundidad a la que se encuentra el estrato de suelo adecuado para resistir las cargas a compresión transmitidas por la estructura, este ensayo se deberá realizar en diferentes puntos estratégicos del terreno.

Posteriormente es necesario analizar y evaluar los métodos para mejorar las propiedades mecánicas del suelo, la mas recomendable y factible para este tipo de proyecto, es utilizar la estabilización de suelo por medio de suelo-cemento o suelo-cal en todo el volumen del estrato no adecuado que indique el estudio, este permitirá minimizar las dimensiones de las zapatas propuestas. Se deberá realizar una relación de costo vrs factibilidad, pues se deberá evaluar si es factible el uso de la estabilización de suelo o no.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Instituto de Fomento Municipal *Guía para el diseño de abastecimiento de agua potable a zonas rurales*. Guatemala: INFOM, de 1997.
2. MCCORMAC, Jack C. *Diseño de concreto reforzado*. 4a ed. México D.F.: Alfaomega, 2001. 764 p.
3. NEUFERT, Ernest. *Arte de proyectar en arquitectura*. 14a ed. Barcelona:Gustavo Gil, 1995. 593 p.
4. NILSON, Arthur H. *Diseño de estructuras de concreto*. 12a ed. Colombia: McGraw-Hill, 2001. 722 p.
5. Unidad Ejecutora del Programa de Acueductos Rurales *Guía Encargado de Mantenimiento 1, Operación y Mantenimiento de Acueductos Rurales*. Guatemala: UNEPAR, 1980. 75 p.
6. —————. *Normas de diseño de abastecimiento de agua potable en zonas rurales*. Guatemala: UNEPAR, 1991. 30 p.



## APÉNDICES

- Apéndice A. Diseño hidráulico
- Apéndice B. Distribución de caudales para diseño hidráulico
- Apéndice C. Presupuesto agua potable
- Apéndice D Análisis Kanni; Marco C, carga muerta
- Apéndice E Resumen de vigas
- Apéndice F Presupuesto edificio tipo A
- Apéndice G Presupuesto edificio tipo B
- Apéndice H Planos

## APÉNDICE A. Diseño hidráulico

### DISEÑO HIDRAULICO, RED DE DISTRIBUCION POR GRAVEDAD

RAMO E	P.O.	Longitud Letda	Horizontal Acumulada	Cota del Terreno		Q de diseño L/seg	Diámetro nominal	Diámetro Interno (pulg)	Pérdida hf	Velocidad	Cota piezométrica		Presión Dinámica		Presión Estática	
				Inicial	Final						Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
TANQUE	E-17	0	0	1097	1085.049	0.525	1 1/4	1.38	0.264097	0.54419	1097.000	1096.759	0.000	11.667	10.97	11.95
E-17	E-18	35.679	35.679	1085.049	1085.026	0.525	1 1/4	1.552	0.149355	0.44156	1096.759	1096.586	11.667	11.561	10.97	11.97
E-18	E-19	32.72	56.591	1085.026	1084.556	0.525	1 1/4	1.552	0.204989	0.44156	1096.586	1096.386	11.561	11.826	10.97	12.44
E-19	E-20	18.806	75.4051	1084.556	1084.279	0.525	1 1/4	1.552	0.118107	0.44156	1096.386	1096.265	11.826	11.984	10.97	12.72
E-20	E-21	12.439	87.8444	1084.279	1083.948	0.525	1 1/4	1.552	0.078115	0.44156	1096.265	1096.1854	11.984	12.257	10.97	13.05
E-21	E-22	23.129	110.9736	1083.948	1082.859	0.525	1 1/4	1.552	0.444978	0.44156	1096.1854	1096.0404	12.257	15.181	10.97	14.14
E-22	E-23	30.896	141.87	1082.859	1080.506	0.525	1 1/4	1.552	0.194546	0.44156	1096.0404	1095.8460	15.181	15.540	10.97	16.69
E-23	E-24	42.501	184.3707	1080.506	1080.954	0.525	1 1/4	1.552	0.246210	0.44156	1095.8460	1095.5798	15.540	14.646	10.97	16.07
E-24	E-25	50.735	235.0559	1080.954	1085.466	0.525	1 1/4	1.552	0.348702	0.44156	1095.5798	1095.2611	14.646	9.795	10.803	10.97
E-25	E-26	39.862	275.0676	1085.466	1084.208	0.525	1 1/4	1.552	0.249963	0.44156	1095.2611	1095.0112	9.795	10.803	10.97	12.79
E-26	E-27	40.85	315.9171	1084.208	1078.192	0.525	1 1/4	1.552	0.258086	0.44156	1095.0112	1094.7531	10.803	16.561	10.97	18.81
E-27	E-28	40.002	355.9568	1078.192	1074.278	0.525	1 1/4	1.552	0.225187	0.44156	1094.7531	1094.5012	16.561	20.225	10.97	22.72
					1074.278						1094.5012			20.225		
E-28	E-29	35.655	35.6528	1074.278	1070.687	0.54	1 1/4	1.552	0.236345	0.45418	1094.5012	1094.2649	20.225	23.578	10.97	26.31
E-29	E-30	23.774	59.4064	1070.687	1070.264	0.54	1 1/4	1.552	0.153684	0.45418	1094.2649	1094.1082	23.578	23.844	10.97	26.74
E-30	E-31	23.374	82.7806	1070.264	1070.546	0.54	1 1/4	1.552	0.154051	0.45418	1094.1082	1093.9542	23.844	23.408	10.97	26.45
E-31	E-32	45.484	128.2642	1070.546	1078.888	0.54	1 1/4	1.552	0.304810	0.45418	1093.9542	1093.6493	23.408	14.811	10.97	18.16
E-32	E-33	40.889	169.1538	1078.888	1079.426	0.54	1 1/4	1.552	0.249292	0.45418	1093.6493	1093.3801	14.811	13.954	10.97	17.57
E-33	E-34	47.455	216.6069	1079.426	1078.864	0.54	1 1/4	1.552	0.312710	0.45418	1093.3801	1093.0674	13.954	14.103	10.97	18.04
E-34	E-35	27.261	243.8674	1078.864	1079.509	0.54	1 1/4	1.195	0.602615	0.74646	1093.0674	1092.4648	14.103	12.956	10.97	17.49
E-35	E-36	48.199	292.0665	1079.509	1080.41	0.54	1 1/4	1.195	1.066665	0.74646	1092.4648	1091.3866	12.956	10.989	10.97	16.59
					1080.41						1091.3866			10.989		
E-36	E-37	37.27	37.2697	1074.278	1077.170	0.84	1 1/4	1.552	0.557582	0.70649	1091.3866	1091.3866	20.225	16.774	10.97	19.85
E-37	E-38	70.896	108.2652	1077.170	1078.381	0.84	1 1/4	1.552	1.060002	0.70649	1091.3866	1092.8857	16.774	14.503	10.97	18.62
E-38	E-39	16.195	124.4599	1078.381	1088.676	0.84	1 1/4	1.552	0.281775	0.70649	1092.8857	1092.6019	14.503	23.926	10.97	28.32
E-39	E-40	73.968	198.4276	1088.676	1086.855	0.84	1 1/4	1.552	1.103237	0.70649	1092.6019	1091.4986	23.926	24.644	10.97	30.15
E-40	E-41	17.607	216.0349	1086.855	1084.519	0.84	1 1/4	1.552	0.274318	0.70649	1091.4986	1091.2243	24.644	29.705	10.97	35.48
E-41	E-42	17.175	233.2094	1084.519	1087.025	0.84	1 1/4	1.552	0.246575	0.70649	1091.2243	1090.9590	29.705	33.934	10.97	39.97
E-42	E-43	29.338	262.5476	1087.025	1086.147	0.84	1 1/4	1.552	0.488615	0.70649	1090.9590	1090.5206	33.934	34.374	10.97	40.85
E-43	E-44	29.054	291.602	1086.147	1084.295	0.84	1 1/4	1.552	0.450240	0.70649	1090.5206	1090.0704	34.374	25.775	10.97	32.7
E-44	E-45	29.745	321.3468	1084.295	1089.58	0.84	1 1/4	1.552	0.458731	0.70649	1090.0704	1089.6187	25.775	20.039	10.97	27.42
					1089.58						1089.6187			20.039		



**Apéndice B. Distribución de caudales para diseño hidráulico**

DISTRIBUCION DE CAUDALES PARA EL DISEÑO HIDRAULICO						
Tramo		Viviendas actuales	Viv. Futuro	Q. requerido	Q. instantáneo	Q. diseño
Tanque	E-17	0	0	0	0	0.525
E-17	E-28	8	19	0.15	0.64	0.525
E-28	E-36	6	14	0.11	0.54	0.54
E-28	E-35	14	32	0.26	0.84	0.84

Apéndice C. Presupuesto agua potable

**COSTOS UNITARIOS DEL PROYECTO**

**PROYECTO:** DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR BOMBEO

**UBICACIÓN:** CASERÍO LA ILUSIÓN, CANTÓN CHUIQUEL, SOLOLÁ

**FECHA:** AGOSTO 2012

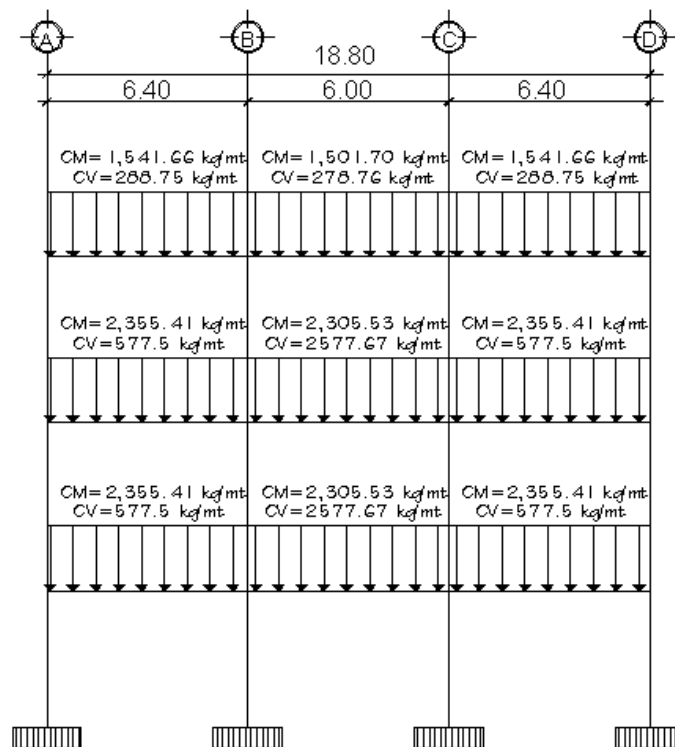
No.	COMPONENTE	CANTIDAD	UNIDAD	PU	TOTAL POR RENGLÓN
1	CAPTACIÓN	5.00	Unidad	Q 17,469.34	Q 87,346.71
2	CASETA DE BOMBEO	1.00	Unidad	Q 15,007.41	Q 15,007.41
3	CLORADOR DE PASTILLAS	1	Unidad	Q 5,905.38	Q 5,905.38
	LÍNEA DE CONDUCCIÓN (Ø 1 ½")	25.00	ML	Q 131.74	Q 3,293.44
4	TANQUE DE ALMACENAMIENTO 12MT3	12.00	M3	Q 3,591.11	Q 43,093.26
5	LINEA DE BOMBEO	246	ML	Q 140.77	Q 34,629.07
6	TANQUE ELEVADO 10 MT3	1	GLOBAL	Q 140,800.00	Q 140,800.00
7	ACOMETIDA ELÉCTRICA	1	GLOBAL	Q 138,176.00	Q 138,176.00
8	EQUIPO DE BOMBEO	1	GLOBAL	Q 45,489.92	Q 45,489.92
9	RED DE DISTRIBUCIÓN	990.6	ML	Q 98.47	Q 97,547.16
10	CONEXIONES PREDIALES	28	UNIDAD	Q 1,953.74	Q 54,704.81
	<b>TOTALES</b>				<b>Q 665,993.17</b>

## Apéndice D. Análisis Kanni, Carga Viva, Marco C

### Análisis de marcos dúctiles por medio de un método de análisis estructural numérico y comprobación por medio de software

En el siguiente resumen de método de análisis para marcos dúctiles en nudos rígidos, se utilizó método aproximado de Kani, el cual es aplicable únicamente para miembros de sección constante. Se analiza el Marco C

#### Carga muerta y carga viva; sentido y, marco 2



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

- Cálculo de momentos fijos (MFik): Se calculan cuando existen cargas verticales.

$$Mf = \pm \frac{wl^2}{12}$$

$$MF_{AB} = \pm \frac{wl^2}{12} = -\frac{\left(\frac{288.75kg}{m}\right) * (6.40m^2)}{12} = -985.6kg - m$$

$$MF_{BA} = \pm \frac{wl^2}{12} = \frac{\left(\frac{288.75kg}{m^2}\right) * (6.40m^2)}{12} = 985.6kg - m$$

$$MF_{BC} = \pm \frac{wl^2}{12} = -\frac{\left(\frac{278.76kg}{m}\right) * (6.00m^2)}{12} = -836.28kg - m$$

$$MF_{CB} = \pm \frac{wl^2}{12} = \frac{\left(\frac{278.76kg}{m}\right) * (6.00m^2)}{12} = 836.28kg - m$$

$$MF_{CD} = \pm \frac{wl^2}{12} = -\frac{\left(\frac{288.75kg}{m}\right) * (6.40m^2)}{12} = -985.6kg - m$$

$$MF_{DC} = \pm \frac{wl^2}{12} = \frac{\left(\frac{288.75kg}{m^2}\right) * (6.40m^2)}{12} = 985.6kg - m$$

$$MF_{EF} = \pm \frac{wl^2}{12} = -\frac{\left(\frac{577.5kg}{m}\right) * (6.40m^2)}{12} = -1971.20kg - m$$

$$MF_{FE} = \pm \frac{wl^2}{12} = \frac{\left(\frac{577.5kg}{m}\right) * (6.40m^2)}{12} = 1971.20kg - m$$

$$MF_{FG} = \pm \frac{wl^2}{12} = -\frac{\left(\frac{557.67kg}{m}\right) * (6.00m^2)}{12} = -1673.01kg - m$$

$$MF_{GF} = \pm \frac{wl^2}{12} = \frac{\left(\frac{557.67kg}{m}\right) * (6.00m^2)}{12} = 1673.01kg - m$$

$$MF_{GH} = \pm \frac{wl^2}{12} = -\frac{\left(\frac{577.5kg}{m}\right) * (6.40m^2)}{12} = -1971.20kg - m$$

$$MF_{HG} = \pm \frac{wl^2}{12} = \frac{\left(\frac{577.5kg}{m}\right) * (6.40m^2)}{12} = 1971.20kg - m$$

$$MF_{IJ} = \pm \frac{wl^2}{12} = -\frac{\left(\frac{577.5kg}{m}\right) * (6.40m^2)}{12} = -1971.20kg - m$$

$$MF_{JI} = \pm \frac{wl^2}{12} = \frac{\left(\frac{577.5kg}{m}\right) * (6.40m^2)}{12} = 1971.20kg - m$$

$$MF_{JK} = \pm \frac{wl^2}{12} = -\frac{\left(\frac{557.67kg}{m}\right) * (6.00m^2)}{12} = -1673.01kg - m$$

$$MF_{KJ} = \pm \frac{wl^2}{12} = \frac{\left(\frac{557.67kg}{m}\right) * (6.00m^2)}{12} = 1673.01kg - m$$

$$MF_{KL} = \pm \frac{wl^2}{12} = -\frac{\left(\frac{577.5kg}{m}\right) * (6.40m^2)}{12} = -1971.20kg - m$$

$$MF_{LK} = \pm \frac{wl^2}{12} = \frac{\left(\frac{577.5kg}{m}\right) * (6.40m^2)}{12} = 1971.20kg - m$$

### MOMENTOS FIJOS

A-B	B-A	B-C	C-B	C-D	D-C
-985.6	985.60	-836.28	836.28	-985.6	985.6

E-F	F-E	F-G	G-F	G-H	H-G
-1971.20	1971.20	-1673.01	1673.01	-1971.20	1971.20

I-J	J-I	J-K	K-J	K-L	L-K
-1971.20	1971.20	-1673.01	1673.01	-1971.20	1971.20

- Cálculo de momentos de sujeción (Ms): se calculan cuando hay cargas verticales.

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

$$M_{sA} = -985.6 \text{ kg} - m$$

$$M_{sB} = 985.60 + (-836.28) = 149.32 \text{ kg} - m$$

$$M_{sC} = 836.28 + (-985.60) = -149.32 \text{ kg} - m$$

$$M_{sD} = 985.6 \text{ kg} - m$$

$$M_{sE} = -1,971.20 \text{ kg} - m$$

$$M_{sF} = 1,971.29 + (-1,673.01) = 298.19 \text{ kg} - m$$

$$M_{sG} = 1,673.01 + (-1,971.20) = -298.19 \text{ kg} - m$$

$$M_{sH} = 1,971.20 \text{ kg} - m$$

$$M_{sI} = -1,971.20 \text{ kg} - m$$

$$M_{sJ} = 1,971.29 + (-1,673.01) = 298.19 \text{ kg} - m$$

$$M_{sK} = 1,673.01 + (-1,971.20) = -298.19 \text{ kg} - m$$

$$M_{sL} = 1,971.20 \text{ kg} - m$$

### MOMENTOS DE SUJECIÓN $M_s = \sum M_f$

<b>MsA</b>	<b>MsB</b>	<b>MsC</b>	<b>MsD</b>
-985.6	149.3200	-149.32	985.6
<b>MsE</b>	<b>MsF</b>	<b>MsG</b>	<b>MsH</b>
-1971.20	298.19	-298.19	1971.20
<b>MsI</b>	<b>MsJ</b>	<b>MsK</b>	<b>MsL</b>
-1971.20	298.19	-298.19	1971.20

- Cálculo de rigidez de los elementos ( $K_{ik}$ ):

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

Dónde:

$I$  = inercia del elemento

$L$  = longitud del elemento

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

Inercia de elementos rectangulares:

$$I = \frac{bh^3}{12}$$

Dónde:

$I$  = Inercia

$b$  = base del elemento

$h$  = altura del elemento

$$I_{viga} = \frac{(0.35m) * (0.45m)^3}{12} = 0.00265781m^4$$

$$I_{columna} = \frac{(0.50m) * (0.50m)^3}{12} = 0.00520833m^4$$

**RIGIDEZ EN VIGAS**

$$K_{AB} = K_{BA} = 0.00041528$$

$$K_{BC} = K_{CB} = 0.00044297$$

$$K_{CD} = K_{DC} = 0.00041528$$

$$K_{EF} = K_{FE} = 0.00041528$$

$$K_{FG} = K_{GF} = 0.00044297$$

$$K_{IJ} = K_{JI} = 0.00041528$$

$$K_{IJ} = K_{JI} = 0.00041528$$

$$K_{JK} = K_{KJ} = 0.00044297$$

$$K_{KL} = K_{LK} = 0.00041528$$

### RIGIDEZ EN VIGAS

A-B	B-A	B-C	C-B	C-D	D-C
0.0004152	0.0004152	0.0004429	0.0004429	0.0004152	0.0004152
8	8	7	7	8	8

E-F	F-E	F-G	G-F	G-H	H-G
0.0004152	0.0004152	0.0004429	0.0004429	0.0004152	0.0004152
8	8	7	7	8	8

I-J	J-I	J-K	K-J	K-L	L-K
0.0004152	0.0004152	0.0004429	0.0004429	0.0004152	0.0004152
8	8	7	7	8	8

### RIGIDEZ EN COLUMNAS

$$K_{AE} = K_{BF} = K_{CG} = K_{DH} = 0.0014881$$

$$K_{EI} = K_{FJ} = K_{GK} = K_{HL} = 0.0014881$$

$$K_{IM} = K_{JN} = K_{KO} = K_{LP} = 0.0014881$$



**RIGIDEZ EN  
COLUMNAS**

<b>A-E</b>	0.001488 1	<b>B-F</b>	0.0014881	<b>C-G</b>	0.001488 1	<b>D-H</b>	0.001488 1
<b>E-A</b>	0.001488 1	<b>F-B</b>	0.0014881	<b>G-C</b>	0.001488 1	<b>H-D</b>	0.001488 1

<b>E-I</b>	0.001488 1	<b>F-J</b>	0.0014881	<b>G-K</b>	0.001488 1	<b>H-L</b>	0.001488 1
<b>I-E</b>	0.001488 1	<b>J-F</b>	0.0014881	<b>K-G</b>	0.001488 1	<b>L-H</b>	0.001488 1

<b>I-M</b>	0.000947 0	<b>J-N</b>	0.0009470	<b>K-O</b>	0.000947 0	<b>L-P</b>	0.000947 0
<b>M-I</b>	0.000947 0	<b>N-J</b>	0.0009470	<b>O-K</b>	0.000947 0	<b>P-L</b>	0.000947 0

- Cálculo de factor de giro o coeficiente de reparto ( $\mu_{ik}$ ):

$$\mu_{ik} = -\frac{1}{2} * \frac{k_{ik}}{\sum k_{in}}$$

VIGAS

$$\mu_{AB} = -1/2 \left( \frac{0.00041528}{0.00041528 + 0.0014881} \right) = -0.1091$$

$$\mu_{BA} = -1/2 \left( \frac{0.00041528}{0.00041528 + 0.0014881 + 0.00044297} \right) = -0.885$$

$$\mu_{BC} = -1/2 \left( \frac{0.00044297}{0.00041528 + 0.0014881 + 0.00044297} \right) = -0.944$$

$$\mu_{CB} = -1/2 \left( \frac{0.00044297}{0.00041528 + 0.0014881 + 0.00044297} \right) = -0.944$$

$$\mu_{CD} = -1/2 \left( \frac{0.00041528}{0.00041528 + 0.0014881 + 0.00044297} \right) = -0.885$$

$$\mu_{DC} = -1/2 \left( \frac{0.00041528}{0.00041528 + 0.0014881} \right) = -0.1091$$

$$\mu_{EF} = -1/2 \left( \frac{0.00041528}{0.00041528 + 0.0014881 + 0.0014881} \right) = -0.0612$$

$$\mu_{FE} = -1/2 \left( \frac{0.00041528}{0.00041528 + 0.0014881 + 0.0014881 + 0.00044297} \right) = -0.0542$$

$$\mu_{FG} = -1/2 \left( \frac{0.00044297}{0.00041528 + 0.0014881 + 0.0014881 + 0.00044297} \right) = -0.0578$$

$$\mu_{GF} = -1/2 \left( \frac{0.00044297}{0.00041528 + 0.0014881 + 0.0014881 + 0.00044297} \right) = -0.0578$$

$$\mu_{GH} = -1/2 \left( \frac{0.00041528}{0.00041528 + 0.0014881 + 0.0014881 + 0.00044297} \right) = -0.0542$$

$$\mu_{HG} = -1/2 \left( \frac{0.00041528}{0.00041528 + 0.0014881 + 0.0014881} \right) = -0.0612$$

$$\mu_{IJ} = -1/2 \left( \frac{0.00041528}{0.00041528 + 0.0014881 + 0.0009470} \right) = -0.0728$$

$$\mu_{JI} = -1/2 \left( \frac{0.00041528}{0.00041528 + 0.0014881 + 0.0009470 + 0.00044297} \right) = -0.0630$$

$$\mu_{JK} = -1/2 \left( \frac{0.00041528}{0.00041528 + 0.0014881 + 0.0009470 + 0.00044297} \right) = -0.0673$$

$$\mu_{KJ} = -1/2 \left( \frac{0.00044297}{0.00041528 + 0.0014881 + 0.0014881 + 0.00044297} \right) = -0.0673$$

$$\mu_{KL} = -1/2 \left( \frac{0.00041528}{0.00041528 + 0.0014881 + 0.0009470 + 0.00044297} \right) = -0.0630$$

$$\mu_{LK} = -1/2 \left( \frac{0.00041528}{0.00041528 + 0.0014881 + 0.0009470} \right) = -0.0728$$

### VIGAS

<b>A-B</b>	<b>B-A</b>	<b>B-C</b>	<b>C-B</b>	<b>C-D</b>	<b>D-C</b>
-0.1091	-0.0885	-0.0944	-0.0944	-0.0885	-0.1091
<b>E-F</b>	<b>F-E</b>	<b>F-G</b>	<b>G-F</b>	<b>G-H</b>	<b>H-G</b>
-0.0612	-0.0542	-0.0578	-0.0578	-0.0542	-0.0612
<b>I-J</b>	<b>J-I</b>	<b>J-K</b>	<b>K-J</b>	<b>K-L</b>	<b>L-K</b>
-0.0728	-0.0630	-0.0673	-0.0673	-0.0630	-0.0728

### COLUMNAS

$$\mu_{AE} = -1/2 \left( \frac{0.0014881}{0.00041528 + 0.0014881} \right) = -0.3909$$

$$\mu_{EA} = -1/2 \left( \frac{0.0014881}{0.00041528 + 0.0014881 + 0.00044297} \right) = -0.2194$$

$$\mu_{BF} = -1/2 \left( \frac{0.0014881}{0.00041528 + 0.0014881 + 0.00044297} \right) = -0.3171$$

$$\mu_{FB} = -1/2 \left( \frac{0.0014881}{0.00041528 + 0.0014881 + 0.0014881 + 0.00044297} \right) = -0.1940$$

$$\mu_{CG} = -1/2 \left( \frac{0.0014881}{0.00041528 + 0.0014881 + 0.00044297} \right) = -0.3171$$

$$\mu_{GC} = -1/2 \left( \frac{0.0014881}{0.00041528 + 0.0014881 + 0.0014881 + 0.00044297} \right) = -0.1940$$

$$\mu_{DH} = -1/2 \left( \frac{0.0014881}{0.00041528 + 0.0014881 + 0.00044297} \right) = -0.885$$

$$\mu_{HD} = -1/2 \left( \frac{0.0014881}{0.00041528 + 0.0014881} \right) = -0.1091$$

$$\mu_{EI} = -1/2 \left( \frac{0.0014881}{0.00041528 + 0.0014881 + 0.0014881} \right) = -0.2194$$

$$\mu_{IE} = -1/2 \left( \frac{0.0014881}{0.00041528 + 0.0014881 + 0.0009470} \right) = -0.2610$$

$$\mu_{FJ} = -1/2 \left( \frac{0.0014881}{0.00041528 + 0.0014881 + 0.0014881 + 0.00044297} \right) = -0.1940$$

$$\mu_{JF} = -1/2 \left( \frac{0.0014881}{0.00041528 + 0.0014881 + 0.0009470 + 0.00044297} \right) = -0.2259$$

$$\mu_{GK} = -1/2 \left( \frac{0.0014881}{0.00041528 + 0.0014881 + 0.0014881 + 0.00044297} \right) = -0.1940$$

$$\mu_{KG} = -1/2 \left( \frac{0.0014881}{0.00041528 + 0.0014881 + 0.0009470 + 0.00044297} \right) = -0.2259$$

$$\mu_{HL} = -1/2 \left( \frac{0.0014881}{0.00041528 + 0.0014881 + 0.0014881} \right) = -0.2194$$

$$\mu_{LH} = -1/2 \left( \frac{0.0014881}{0.00041528 + 0.0014881 + 0.0009470} \right) = -0.2610$$

$$\mu_{IM} = -1/2 \left( \frac{0.0009470}{0.00041528 + 0.0014881 + 0.0009470} \right) = -0.1661$$

$$\mu_{MI} = 0$$

$$\mu_{JN} = -1/2 \left( \frac{0.0009470}{0.00041528 + 0.0014881 + 0.0009470 + 0.00044297} \right) = -0.1438$$

$$\mu_{NJ} = 0$$

$$\mu_{KO} = -1/2 \left( \frac{0.0009470}{0.00041528 + 0.0014881 + 0.0009470 + 0.00044297} \right) = -0.1438$$

$$\mu_{OK} = 0$$

$$\mu_{LP} = -1/2 \left( \frac{0.0009470}{0.00041528 + 0.0014881 + 0.0009470} \right) = -0.1661$$

$$\mu_{PL} = 0$$

**COLUMNAS**

<b>A-E</b>	-0.3909	<b>B-F</b>	-0.3171	<b>C-G</b>	-0.3171	<b>D-H</b>	-0.3909
<b>E-A</b>	-0.2194	<b>F-B</b>	-0.1940	<b>G-C</b>	-0.1940	<b>H-D</b>	-0.2194
<b>E-I</b>	-0.2194	<b>F-J</b>	-0.1940	<b>G-K</b>	-0.1940	<b>H-L</b>	-0.2194
<b>I-E</b>	-0.2610	<b>J-F</b>	-0.2259	<b>K-G</b>	-0.2259	<b>L-H</b>	-0.2610
<b>I-M</b>	-0.1661	<b>J-N</b>	-0.1438	<b>K-O</b>	-0.1438	<b>L-P</b>	-0.1661
<b>M-I</b>	0	<b>N-J</b>	0	<b>O-K</b>	0	<b>P-L</b>	0

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

$$M'_{ik} = \mu_{IK} \left( M_S + \sum M'_{ni} \right)$$

Para la primera iteración los valores de  $M'_{ik}$  se tomarán igual a cero. La ruta de trabajo será: **ABCDHGFEIJKL**

Nudo A:

$$M'_{AB} = -0.1091 * (-985.6 + 0 + 0) = 107.5202$$

$$M'_{AE} = -0.3909 * (-985.6 + 0 + 0) = 385.2798$$

$$M'_{BA} = -0.0885 * (107.5202 + 149.3200) = -22.7992$$

$$M'_{BF} = -0.3171 * (107.5202 + 149.3200) = -81.4463$$

$$M'_{EF} = -0.0944 * (107.5202 + 149.3200) = -24.2445$$

$$M'_{CB} = -0.0944 * (-149.3200 + (-24.2445)) = 16.3837$$

$$M'_{CG} = -0.3171 * (-149.3200 + (-24.2445)) = 55.0389$$

$$M'_{CD} = -0.0885 * (-149.3200 + (-24.2445)) = 15.3597$$

$$M'_{DC} = 0.1091 * (985.6 + 15.3597) = -109.1958$$

$$M'_{DH} = -0.3909 * (985.6 + 15.3597) = -391.2841$$

$$M'_{HD} = -0.2194 * (1,971.20 + (-391.2841)) = -346.6141$$

$$M'_{HG} = -0.0612 * (1,971.20 + (-391.2841)) = -96.7297$$

$$M'_{HL} = -0.2194 * (1,971.20 + (-391.2841)) = -346.6141$$

$$M'_{GH} = -0.0542 * (-298.19 + (-96.7297) + 55.0389) = 18.4051$$

$$M'_{GK} = -0.1940 * (-298.19 + (-96.7297) + 55.0389) = 65.9516$$

$$M'_{GF} = -0.0578 * (-298.19 + (-96.7297) + 55.0389) = 19.6321$$

$$M'_{GC} = -0.1940 * (-298.19 + (-96.7297) + 55.0389) = 65.9516$$

$$M'_{FG} = -0.0578 * (298.19 + 19.6321 + (-81.4463)) = -13.6535$$

$$M'_{FJ} = -0.1940 * (298.19 + 19.6321 + (-81.4463)) = -45.8671$$

$$M'_{FE} = -0.0542 * (298.19 + 19.6321 + (-81.4463)) = -12.800155$$

$$M'_{FG} = -0.2141 * (298.19 + 19.6321 + (-81.4463)) = -45.86$$

$$M'_{EF} = -0.0612 * (-1,971.20 + (-12.800155) + 385.2798) = 97.8810$$

$$M'_{EI} = -0.2191 * (-1,971.20 + (-12.800155) + 385.2798) = 350.7396$$

$$M'_{EA} = -0.2194 * (-1,971.20 + (-12.800155) + 385.2798) = 350.7396$$

$$M'_{IE} = -0.2610 * (-1,971.20 + 350.7396) = 423.0009$$

$$M'_{IM} = -0.1661 * (-1,971.20 + 350.7396) = 268.1824$$

$$M'_{IJ} = -0.0728 * (-1,971.20 + 350.7396) = 118.0470$$

$$M'_{JF} = -0.2259 * (298.1900 + 118.0470 + (-45.8671)) = -83.6764$$

$$M'_{JI} = -0.0630 * (298.1900 + 118.0470 + (-45.8671)) = -23.3516$$

$$M'_{JN} = -0.1438 * (298.1900 + 118.0470 + (-45.8671)) = -53.2486$$

$$M'_{JK} = -0.0673 * (298.1900 + 118.0470 + (-45.8671)) = -24.9084$$

$$M'_{KG} = -0.2259 * (-298.1900 + 65.9516 + (-24.9084)) = 58.0963$$

$$M'_{KJ} = -0.0673 * (-298.1900 + 65.9516 + (-24.9084)) = 17.2938$$

$$M'_{KO} = -0.1438 * (-298.1900 + 65.9516 + (-24.9084)) = 36.9704$$

$$M'_{KG} = -0.0630 * (-298.1900 + 65.9516 + (-24.9084)) = 16.2129$$

$$M'_{LH} = -0.2610 * (1971.20 + (-346.6141) + 16.2129) = -428.3099$$

$$M'_{LK} = -0.0728 * (1971.20 + (-346.6141) + 16.2129) = -119.5286$$

$$M'_{LP} = -0.1661 * (1971.20 + (-346.6141) + 16.2129) = -272.5609$$

Las iteraciones continúan hasta que los valores de momentos comienzan a ser repetitivos, o hay variaciones mínimas.

- Cálculo de momentos finales en el extremo de cada barra (Mík)

Los momentos finales se obtienen con la siguiente fórmula:

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

Nudo A:

$$M'_{AB} = -985.6 + (2 * 79.5920) + (-17.9716) = -844.3875$$

$$M'_{AE} = (2 * 285.2043) + 273.9789 = 844.3875$$

Nudo B:

$$M'_{BA} = 985.6 + (2 * -17.9716) + 79.5920 = 1,029.248886$$

$$M'_{BC} = -836.28 + (2 * (-19.1697)) + 19.1697 = -855.449699$$

$$M'_{BF} = (2 * (-64.3981)) + (-45.0030) = -173.79917$$

Nudo C:

$$M'_{CB} = 836.28 + (2 * (19.1697)) + (-19.1697) = 855.449699$$

$$M'_{CD} = -985.6 + (2 * 17.9716) + (-79.5920) = 1,029.248886$$

$$M'_{CG} = (2 * 64.3981) + 45.0030 = 173.79917$$

Nudo D:

$$M'_{DC} = 985.6 + (2 * (-79.5920)) + 17.9716 = 844.3875$$

$$M'_{DH} = (2 * (-285.2043)) + (-273.9789) = -844.3875$$

Nudo H:

$$M'_{HD} = (2 * (-273.9789)) + (-285.2043) = -833.1621$$

$$M'_{HG} = 1,971.2 + (2 * (-76.4594)) + 12.5590 = 1,830.80$$

$$M'_{HL} = (2 * (-273.9789)) + (-449.7202) = -997.6780$$

Nudo G:

$$M'_{GH} = -1,971.2 + (2 * 12.5590) + (-76.4594) = -2.022.5414$$

$$M'_{GK} = 2 * 45.0030 + 91.7250 = 181.7310$$

$$M'_{GF} = 1,673.01 + (2 * (-13.3963)) + 13.3963 = 1,686.4063$$

$$M'_{GK} = 2 * 45.0030 + 64.3981 = 154.4041$$

Nudo F:

$$M'_{FH} = 1,971.2 + (2 * -12.5590) + (76.4594) = 2.022.5414$$

$$M'_{FJ} = 2 * -45.0030 - 91.7250 = -181.7310$$

$$M'_{FG} = -1,673.01 + (2 * (-13.3963)) + 13.3963 = -1,686.4063$$

$$M'_{FK} = 2 * -45.0030 - 64.3981 = -154.4041$$

Nudo E:

$$M'_{EA} = (2 * (273.9789)) + (285.2043) = -833.1621$$



$$M'_{EF} = -1,971.2 + (2 * (76.4594)) - 12.5590 = -1,830.80$$

$$M'_{EI} = (2 * (273.9789) + (449.7202)) = 997.6780$$

Nudo I:

$$M'_{EI} = 2 * (449.7202) + (273.9789) = 1,173.4194$$

$$M'_{IM} = (2 * (286.1856) + 0) = 572.2712$$

$$M'_{IJ} = -1,971.2 + (2 * (125.5036)) + (-25.5977) = 1,745.7906$$

Nudo J:

$$M'_{JF} = 2 * (-91.7250) + (-45.0030) = -228.45299$$

$$M'_{JN} = (2 * (-58.3704) + 0) = -116.7409$$

$$M'_{JI} = 1,971.2 + (2 * (-25.5977)) + 125.5036 = 2,045.5081$$

$$M'_{JK} = 1,673.01 + (2 * (-27.3042)) + 27.3042 = 1,700.31424$$

Nudo K:

$$M'_{KG} = 2 * (91.7250) + (45.0030) = 228.45299$$

$$M'_{KO} = (2 * (58.3704) + 0) = 116.7409$$

$$M'_{KL} = -1,971.2 + (2 * (25.5977)) - 125.5036 = -2,045.5081$$

$$M'_{KJ} = 1,673.01 + (2 * (27.3042)) + 27.3042 = 1,700.31424$$

Nudo L:

$$M'_{LH} = 2 * (-449.7202) + (-273.9789) = -1,173.4194$$

$$M'_{LP} = (2 * (-286.1856) + 0) = -572.2712$$

$$M'_{LK} = 1,971.2 + (2 * (-125.5036)) + (25.5977) = -1,745.7906$$

## EJE Y MARCO 2

### MOMENTOS CARGA MUERTA

MOMENTOS FINALES EN VIGAS																						
3er. Nivel	A-B				B-A				B-C				C-B				C-D				D-C	
	M(-)	M(+)	M(-)		M(-)	M(+)	M(-)		M(-)	M(+)	M(-)		M(-)	M(+)	M(-)		M(-)	M(+)	M(-)			
	4413.47	2924.064	5525.001		4619.989	2137.661	4619.989		5525.001	2924.064	4413.47											
2do. Nivel	E-F				F-E				F-G				G-F				G-H				H-G	
	M(-)	M(+)	M(-)		M(-)	M(+)	M(-)		M(-)	M(+)	M(-)		M(-)	M(+)	M(-)		M(-)	M(+)	M(-)			
	7526.49	4176.091	8240.725		6956.219	3418.666	6956.219		8240.725	4176.091	7526.491											
1er. Nivel	I-J				J-I				J-K				K-J				K-L				L-K	
	M(-)	M(+)	M(-)		M(-)	M(+)	M(-)		M(-)	M(+)	M(-)		M(-)	M(+)	M(-)		M(-)	M(+)	M(-)			
	7099.403	4331.619	8356.756		7025.562	3349.323	7025.562		8356.756	4331.619	7099.403											

MOMENTOS FINALES EN COLUMNAS																
3er. Nivel	A-E		4413.47		B-F		905.0114		905.0114		C-G		4413.47		D-H	
	E-A		3686.097		F-B		652.1553		652.1553		G-C		3686.097		H-D	
2do. Nivel	E-I		3840.394		F-J		632.2913		632.2913		G-K		3840.393		H-L	
	I-E		4722.063		J-F		865.1945		865.1945		K-G		4722.063		L-H	
1er. Nivel	I-M		2377.341		J-N		465.9143		465.9143		K-O		2377.341		L-P	
	M-I		1188.67		N-J		232.9571		232.9571		O-K		1188.67		P-L	

MOMENTOS CARGA VIVA																						
MOMENTOS FINALES EN VIGAS																						
3er. Nivel	A-B				B-A				B-C				C-B				C-D				D-C	
	M(-)	M(+)	M(-)		M(-)	M(+)	M(-)		M(-)	M(+)	M(-)		M(-)	M(+)	M(-)		M(-)	M(+)	M(-)			
	844.3875	541.5818	1029.249		855.4497	398.9703	855.4497		1029.249	541.5818	844.3875											
2do. Nivel	E-F				F-E				F-G				G-F				G-H				H-G	
	M(-)	M(+)	M(-)		M(-)	M(+)	M(-)		M(-)	M(+)	M(-)		M(-)	M(+)	M(-)		M(-)	M(+)	M(-)			
	1830.84	1030.109	2022.541		1686.406	823.1087	1686.406		2022.541	1030.109	1830.84											
1er. Nivel	I-J				J-I				J-K				K-J				K-L				L-K	
	M(-)	M(+)	M(-)		M(-)	M(+)	M(-)		M(-)	M(+)	M(-)		M(-)	M(+)	M(-)		M(-)	M(+)	M(-)			
	1745.791	1061.151	2045.508		1700.314	809.2008	1700.314		2045.508	1061.151	1745.791											
MOMENTOS FINALES EN COLUMNAS																						
3er. Nivel	A-E		844.3875		B-F		173.7992		173.7992		C-G		844.3875		D-H							
	E-A		833.1621		F-B		154.4041		154.4041		G-C		833.1621		H-D							
2do. Nivel	E-I		997.6781		F-J		181.731		181.731		G-K		997.6781		H-L							
	I-E		1173.419		J-F		228.453		228.453		K-G		1173.419		L-H							
1er. Nivel	I-M		572.3712		J-N		116.7409		116.7409		K-O		572.3712		L-P							
	M-I		286.1856		N-J		58.37045		58.37045		O-K		286.1856		P-L							

**MOMENTOS CARGA SISMICA**

**MOMENTOS FINALES EN VIGAS**

3er. Nivel	<b>A-B</b>	<b>B-A</b>	<b>B-C</b>	<b>C-B</b>	<b>C-D</b>	<b>D-C</b>
	4474.037	4099.135	3972.257	3972.263	4098.123	4474.255
2do. Nivel	<b>E-F</b>	<b>F-E</b>	<b>F-G</b>	<b>G-F</b>	<b>G-H</b>	<b>H-G</b>
	8206.418	7952.851	8212.565	8212.561	7952.86	8206.447
1er. Nivel	<b>I-J</b>	<b>J-I</b>	<b>J-K</b>	<b>K-J</b>	<b>K-L</b>	<b>L-K</b>
	12438.62	11606.94	11493.61	11493.62	11606.93	12438.6

**MOMENTOS FINALES EN COLUMNAS**

3er. Nivel	<b>A-E</b>	4473.645	<b>B-F</b>	8070.827	<b>8070.802</b>	<b>C-G</b>	4473.711	<b>D-H</b>
	<b>E-A</b>	161.0505	<b>F-B</b>	3322.564	<b>3322.571</b>	<b>G-C</b>	160.9948	<b>H-D</b>
2do. Nivel	<b>E-I</b>	8044.865	<b>F-J</b>	12842.27	<b>12842.29</b>	<b>G-K</b>	8044.794	<b>H-L</b>
	<b>I-E</b>	2299.224	<b>J-F</b>	9168.198	<b>9168.188</b>	<b>K-G</b>	2299.259	<b>L-H</b>
1er. Nivel	<b>I-M</b>	10139.28	<b>J-N</b>	13932.23	<b>13932.22</b>	<b>K-O</b>	10139.34	<b>L-P</b>
	<b>M-I</b>	20226.03	<b>N-J</b>	22122.5	<b>22122.5</b>	<b>O-K</b>	20226.06	<b>P-L</b>

**TERCER NIVEL**

Viga A-B

Combinacion Ecu. Pos. Y Neg	M(-)Izq. (kg-m.)	M(+) (kg-m.)	M(-)Der. (kg-m.)	V (kg)
1,4 C.M. + 1,7 C.V.	7614.32	5014.38	9484.72	8477.44
0,75(1,4CM + 1,7 CV) + 1CS	10184.77	3760.78	11212.68	7697.64
0,75(1,4CM + 1,7 CV) - 1CS	1236.70	3760.78	3014.41	5018.52
0,9 CM + 1CS	8446.16	2631.66	9071.64	5779.54
0,9 CM - 1CS	-501.91	2631.66	873.37	3100.42

Viga B-C

Combinacion Ecu. Pos. Y Neg	M(-)Izq. (kg-m.)	M(+) (kg-m.)	M(-)Der. (kg-m.)	V (kg)
1,4 C.M. + 1,7 C.V.	7922.25	3670.97	7922.25	13059.98
0,75(1,4CM + 1,7 CV) + 1CS	9913.94	2753.23	9913.95	7120.70
0,75(1,4CM + 1,7 CV) - 1CS	1969.43	2753.23	1969.42	4472.53
0,9 CM + 1CS	8130.25	1923.89	8130.25	5566.23
0,9 CM - 1CS	185.73	1923.89	185.73	3083.56

Viga C-D

Combinacion Ecu. Pos. Y Neg	M(-)Izq. (kg-m.)	M(+) (kg-m.)	M(-)Der. (kg-m.)	V (kg)
1,4 C.M. + 1,7 C.V.	9484.72	5014.38	7614.32	8477.44
0,75(1,4CM + 1,7 CV) + 1CS	11211.67	3760.78	10184.99	7697.51
0,75(1,4CM + 1,7 CV) - 1CS	3015.42	3760.78	1236.48	5018.64
0,9 CM + 1CS	9070.62	2631.66	8446.38	5779.41
0,9 CM - 1CS	874.38	2631.66	-502.13	3100.55

## SEGUNDO NIVEL

### Viga E-F

Combinacion Ecu. Pos. Y Neg	M(-)Izq. (kg-m.)	M(+) (kg-m.)	M(-)Der. (kg-m.)	V (kg)
1,4 C.M. + 1,7 C.V.	13649.52	7597.71	14975.34	13693.84
0,75(1,4CM + 1,7 CV) + 1CS	18443.55	5698.29	19184.35	12795.26
0,75(1,4CM + 1,7 CV) - 1CS	2030.72	5698.29	3278.65	7745.49
0,9 CM + 1CS	14980.26	3758.48	15369.50	9308.47
0,9 CM - 1CS	-1432.58	3758.48	-536.20	4258.70

### Viga F-G

Combinacion Ecu. Pos. Y Neg	M(-)Izq. (kg-m.)	M(+) (kg-m.)	M(-)Der. (kg-m.)	V (kg)
1,4 C.M. + 1,7 C.V.	12605.60	6185.42	12605.60	12527.34
0,75(1,4CM + 1,7 CV) + 1CS	17666.76	4639.06	17666.76	12133.03
0,75(1,4CM + 1,7 CV) - 1CS	1241.63	4639.06	1241.64	6657.99
0,9 CM + 1CS	14473.16	3076.80	14473.16	8962.45
0,9 CM - 1CS	-1951.97	3076.80	-1951.96	3487.41

### G-H

Combinacion Ecu. Pos. Y Neg	M(-)Izq. (kg-m.)	M(+) (kg-m.)	M(-)Der. (kg-m.)	V (kg)
1,4 C.M. + 1,7 C.V.	14975.34	7597.71	13649.52	13693.84
0,75(1,4CM + 1,7 CV) + 1CS	19184.36	6136.08	18443.58	12795.27
0,75(1,4CM + 1,7 CV) - 1CS	3278.64	6136.08	2030.69	7745.49
0,9 CM + 1CS	15369.51	3758.48	14980.29	9308.47
0,9 CM - 1CS	-536.21	3758.48	-1432.61	4258.69

## PRIMER NIVEL

### Viga I-J

Combinacion Ecu. Pos. Y Neg	M(-)Izq. (kg-m.)	M(+) (kg-m.)	M(-)Der. (kg-m.)	V (kg)
1,4 C.M. + 1,7 C.V.	12907.01	7868.22	15176.82	13693.84
0,75(1,4CM + 1,7 CV) + 1CS	22118.88	5901.17	22989.56	14027.50
0,75(1,4CM + 1,7 CV) - 1CS	-2758.36	5901.17	-224.32	6513.26
0,9 CM + 1CS	18828.08	3898.46	19128.02	10540.70
0,9 CM - 1CS	-6049.16	3898.46	-4085.86	3026.46

### Viga J-K

Combinacion Ecu. Pos. Y Neg	M(-)Izq. (kg-m.)	M(+) (kg-m.)	M(-)Der. (kg-m.)	V (kg)
1,4 C.M. + 1,7 C.V.	12726.32	6064.69	12726.32	12527.34
0,75(1,4CM + 1,7 CV) + 1CS	21038.36	4548.52	21038.36	13226.71
0,75(1,4CM + 1,7 CV) - 1CS	-1948.87	4548.52	-1948.88	5564.30
0,9 CM + 1CS	17816.62	3014.39	17816.62	10056.14
0,9 CM - 1CS	-5170.61	3014.39	#¡REF!	2393.73

### Viga K-L

Combinacion Ecu. Pos. Y Neg	M(-)Izq. (kg-m.)	M(+) (kg-m.)	M(-)Der. (kg-m.)	V (kg)
1,4 C.M. + 1,7 C.V.	15176.82	7868.22	12907.01	13693.84
0,75(1,4CM + 1,7 CV) + 1CS	22989.55	6352.16	22118.85	14027.49
0,75(1,4CM + 1,7 CV) - 1CS	-224.32	6352.16	-2758.34	6513.26
0,9 CM + 1CS	19128.01	3898.46	18828.06	10540.70
0,9 CM - 1CS	-4085.85	3898.46	-6049.13	3026.47

Fuente: elaboración propia.

ENVOLVENTES DE COLUMNAS

**TERCER NIVEL**

COLUMNA A-E

Combinacion Ecu. Pos. Y Neg	M(-)Sup. (kg-m.)	M(-)Inf. (kg-m.)	V (kg)
1,4 C.M. + 1,7 C.V.	7614.32	6576.91	4054.64
0,75(1,4CM + 1,7 CV) + 1CS	10184.38	5093.73	4365.18
0,75(1,4CM + 1,7 CV) - 1CS	1237.09	4771.63	1716.78
0,9 CM + 1CS	8445.77	3478.54	3406.94
0,9 CM - 1CS	-501.52	3156.44	758.55

COLUMNA B-F

Combinacion Ecu. Pos. Y Neg	M(-)Sup. (kg-m.)	M(-)Inf. (kg-m.)	V (kg)
1,4 C.M. + 1,7 C.V.	1562.47	1175.50	782.28
0,75(1,4CM + 1,7 CV) + 1CS	9242.68	4204.19	3841.96
0,75(1,4CM + 1,7 CV) - 1CS	-6898.97	-2440.94	-2668.54
0,9 CM + 1CS	8885.34	3909.50	3655.67
0,9 CM - 1CS	-7256.32	-2735.62	-2854.84

COLUMNA C-G

Combinacion Ecu. Pos. Y Neg	M(-)Sup. (kg-m.)	M(-)Inf. (kg-m.)	V (kg)
1,4 C.M. + 1,7 C.V.	1562.47	1175.50	782.28
0,75(1,4CM + 1,7 CV) + 1CS	9242.66	4204.20	3841.96
0,75(1,4CM + 1,7 CV) - 1CS	-6898.95	-2440.94	-2668.54
0,9 CM + 1CS	8885.31	3909.51	3655.66
0,9 CM - 1CS	-7256.29	-2735.63	-2854.84

COLUMNA D-H

Combinacion Ecu. Pos. Y Neg	M(-)Sup. (kg-m.)	M(-)Inf. (kg-m.)	V (kg)
1,4 C.M. + 1,7 C.V.	7614.32	6576.91	4054.64
0,75(1,4CM + 1,7 CV) + 1CS	10184.45	5093.68	4365.18
0,75(1,4CM + 1,7 CV) - 1CS	1237.03	4771.69	1716.78
0,9 CM + 1CS	8445.83	3478.48	3406.95
0,9 CM - 1CS	-501.59	3156.49	758.54

Fuente: elaboración propia.

## SEGUNDO NIVEL

### COLUMNA E-I

Combinacion Ecu. Pos. Y Neg	M(-)Sup. (kg-m.)	M(-)Inf. (kg-m.)	V (kg)
1,4 C.M. + 1,7 C.V.	7072.60	8605.70	4479.52
0,75(1,4CM + 1,7 CV) + 1CS	13349.32	8529.43	6251.07
0,75(1,4CM + 1,7 CV) - 1CS	-2740.41	3930.98	340.16
0,9 CM + 1CS	11501.22	6549.08	5157.23
0,9 CM - 1CS	-4588.51	1950.63	-753.68

### COLUMNA F-J

Combinacion Ecu. Pos. Y Neg	M(-)Sup. (kg-m.)	M(-)Inf. (kg-m.)	V (kg)
1,4 C.M. + 1,7 C.V.	1194.15	1599.64	798.23
0,75(1,4CM + 1,7 CV) + 1CS	13737.89	10308.36	6870.36
0,75(1,4CM + 1,7 CV) - 1CS	-11946.66	-8028.04	-5707.06
0,9 CM + 1CS	13411.34	9946.87	6673.77
0,9 CM - 1CS	-12273.21	-8389.52	-5903.64

### COLUMNA G-K

Combinacion Ecu. Pos. Y Neg	M(-)Sup. (kg-m.)	M(-)Inf. (kg-m.)	V (kg)
1,4 C.M. + 1,7 C.V.	1194.15	1599.64	798.23
0,75(1,4CM + 1,7 CV) + 1CS	13737.90	10308.35	6870.36
0,75(1,4CM + 1,7 CV) - 1CS	-11946.68	-8028.03	-5707.06
0,9 CM + 1CS	13411.35	9946.86	6673.78
0,9 CM - 1CS	-12273.23	-8389.51	-5903.64

### COLUMNA H-L

Combinacion Ecu. Pos. Y Neg	M(-)Sup. (kg-m.)	M(-)Inf. (kg-m.)	V (kg)
1,4 C.M. + 1,7 C.V.	7072.60	8605.70	4479.52
0,75(1,4CM + 1,7 CV) + 1CS	13349.25	8529.46	6251.06
0,75(1,4CM + 1,7 CV) - 1CS	-2740.34	3930.95	340.17
0,9 CM + 1CS	11501.15	6549.12	5157.22
0,9 CM - 1CS	-4588.44	1950.60	-753.67

Fuente: elaboración propia.

**PRIMER NIVEL**

COLUMNA I-M

Combinacion Ecu. Pos. Y Neg	M(-)Sup. (kg-m.)	M(-)Inf. (kg-m.)	V (kg)
1,4 C.M. + 1,7 C.V.	4301.31	2150.65	1843.42
0,75(1,4CM + 1,7 CV) + 1CS	13365.26	21839.02	10058.37
0,75(1,4CM + 1,7 CV) - 1CS	-6913.30	-18613.04	-7293.24
0,9 CM + 1CS	12278.89	21295.83	9592.78
0,9 CM - 1CS	-7999.67	-19156.22	-7758.83

COLUMNA J-N

Combinacion Ecu. Pos. Y Neg	M(-)Sup. (kg-m.)	M(-)Inf. (kg-m.)	V (kg)
1,4 C.M. + 1,7 C.V.	850.74	425.37	364.60
0,75(1,4CM + 1,7 CV) + 1CS	14570.29	22441.53	10574.81
0,75(1,4CM + 1,7 CV) - 1CS	-13294.18	-21803.48	-10027.90
0,9 CM + 1CS	14351.56	22332.17	10481.06
0,9 CM - 1CS	-13512.91	-21912.84	-10121.64

COLUMNA K-O

Combinacion Ecu. Pos. Y Neg	M(-)Sup. (kg-m.)	M(-)Inf. (kg-m.)	V (kg)
1,4 C.M. + 1,7 C.V.	850.74	425.37	364.60
0,75(1,4CM + 1,7 CV) + 1CS	14570.27	22367.10	10553.54
0,75(1,4CM + 1,7 CV) - 1CS	-13294.16	-21803.47	-10027.90
0,9 CM + 1CS	14351.54	22332.16	10481.06
0,9 CM - 1CS	-13512.90	-21912.84	-10121.64

COLUMNA L-P

Combinacion Ecu. Pos. Y Neg	M(-)Sup. (kg-m.)	M(-)Inf. (kg-m.)	V (kg)
1,4 C.M. + 1,7 C.V.	4301.31	2150.65	1843.42
0,75(1,4CM + 1,7 CV) + 1CS	13365.32	21839.05	10058.39
0,75(1,4CM + 1,7 CV) - 1CS	-6913.36	-18613.07	-7293.26
0,9 CM + 1CS	12278.95	21295.86	9592.80
0,9 CM - 1CS	-7999.73	-19156.25	-7758.85

Fuente: elaboración propia.

## Apéndice E. Resumen de vigas

### CUADRO RESUMEN DE VIGAS, EDIFICIO TIPO A

PARA LOS EJES A, B, C, D

TERCER NIVEL			
Viga	Cama Superior	Refuerzo adicional	Cama inferior
A-A'	4 No.5	2 No.5	4 No.5
B-B'	4 No.5	2 No.5	4 No.5
SEGUNDO NIVEL			
C-C'	2No.6 y 1No.5, bastones 2No.5 y 2No.4	2 No.5	2 No.6 y 1 No.5
D-D'	2 No.6 y 1 No.5	2 No.5	2 No.6 y 1 No.5
E-E'	2No.6 y 1No.5, bastones 1No.5 y 4No.4	2 No.5	2 No.6 y 1 No.5
PRIMER NIVEL			
F-F'	3No.6	2 No.5	2 No.6 y 2 No.5
G-G'	3No.6, bastones 2No.5 y 2No.6	2 No.5	2 No.6 y 2 No.5

PARA LOS EJES 1, 2, 3, 4, 5, 6

TERCER NIVEL			
Viga	Cama Superior	Refuerzo adicional	Cama inferior
H-H'	4 No.5, baston 1No.6	2 No.5	4 No.5
I-I'	4 No.5	2 No.5	4 No.5
J-J'	4 No.5, baston 2No.5	2 No.5	4 No.5
SEGUNDO NIVEL			
K-K'	2No.6 y 1No.5	2 No.5	4 No.5 y 1No. 6
L-L'	2No.6 y 1No.5, bastones 2No.5 y 3No.6	2 No.5	4 No.5 y 1No. 6
M-M'	2No.6 y 1No.5, bastones 4No.5 y 2No.6	2 No.5	4 No.5 y 1No. 6
PRIMER NIVEL			
N-N'	3No.6	2 No.5	4 No.6 y 1No. 5
O-O'	3No.6, bastones 2No.8 y 3No.6	2 No.5	4 No.6 y 1No. 5
P-P'	3No.6, bastones 2No.8 y 2No.6	2 No.5	4 No.6 y 1No. 5



Apéndice E. **Resumen de vigas**

**CUADRO RESUMEN DE VIGAS, EDIFICIO TIPO B**

PARA LOS EJES A, B, C, 1, 2, 3

TERCER NIVEL			
Viga	Cama Superior	Refuerzo adicional	Cama inferior
A-A'	2No5 y bastones 2No.6	2 No.5	2No5 y 1No.4
B-B'	2No5	2 No.5	2No5 y 1No.4
C-C'	2No.5, bastones 2No.6 y 1No.4	2 No.5	2 No.6 y 1 No.5
SEGUNDO NIVEL			
D-D'	2No.6 y 1No.5, bastones 4No.5 y 2No.6	2 No.5	1 No.6 y 4 No.5
E-E'	2No.6 y 1No.5	2 No.5	1 No.6 y 4 No.5
F-F'	2No.6 y 1No.5, bastones 3No.5 y 3No.6	2 No.5	1 No.6 y 4 No.5
PRIMER NIVEL			
G-G'	2No.8, bastones 2No.8 y 3No.6	2 No.5	2 No.6 y 2 No.8
H-H'	2No.8	2 No.5	2 No.6 y 2 No.8
I-I'	2No.8, bastones 4No.8	2 No.5	2 No.6 y 2 No.8

Apéndice F. **Presupuesto edificio tipo A**

## COSTOS UNITARIOS DEL PROYECTO

**PROYECTO:** Diseño del centro de capacitación, formación y usos múltiples Oxlaju Aj

**UBICACIÓN:** BARRIO MOLINO BELEN, CASCO URBANO, SOLOLÁ

**FECHA:** AGOSTO 2012

No.	REGLON	Unidad	Cantidad	P.U. (Q.)	Total (Q.)
1	TRABAJOS PRELIMINARES				
1.1	CHAPEO, NIVELACIÓN Y LIMPIEZA	m <sup>2</sup>	470.08	Q 226.00	Q 106,237.88
1.2	MOVIMIENTO DE TIERRAS	m <sup>3</sup>	940.16	Q 573.42	Q 539,106.28
1.3	TRAZO Y ESTAQUEADO	m <sup>2</sup>	470.08	Q 48.07	Q 22,598.23
1.4	INSTALACIONES PROVISIONALES	GLOBAL	1	Q 11,765.25	Q 11,765.25
1.5	BODEGA	GLOBAL	1	Q 4,296.77	Q 4,296.77
1.6	GUARDIANIA	GLOBAL	1	Q 4,294.08	Q 4,294.08
2	CIMENTACION				
2.1	ZAPATAS TIPO 1	Unidad	16	Q 33,064.44	Q 529,030.98
2.2	ZAPATAS TIPO 2 (COMBINADA)	Unidad	4	Q 33,073.03	Q 132,292.10
3	COLUMNAS				
3.1	COLUMNA C-A1	Unidad	24	Q 6,740.28	Q 161,766.72
3.2	COLUMNA C-A2	Unidad	24	Q 7,266.59	Q 174,398.07
3.3	COLUMNA C-A3	Unidad	24	Q 5,504.55	Q 132,109.11
3.4	COLUMNA C-2 Primer Nivel	Unidad	55	Q 1,825.73	Q 100,415.14
3.5	COLUMNA C-2 Segundo Nivel	Unidad	55	Q 1,675.07	Q 92,128.75
3.6	COLUMNA C-2 Tercer Nivel	Unidad	55	Q 1,675.07	Q 92,128.75
3.7	COLUMNA C-3 Primer Nivel	Unidad	49	Q 860.96	Q 42,187.24
3.8	COLUMNA C-3 Segundo Nivel	Unidad	51	Q 781.66	Q 39,864.59
3.9	COLUMNA C-3 Tercer Nivel	Unidad	51	Q 781.66	Q 39,864.59

3.10	COLUMNA C-4 Primer Nivel	Unidad	10.00	Q 764.35	Q 7,643.51
3.11	COLUMNA C-4 Segundo Nivel	Unidad	12.00	Q 699.40	Q 8,392.82
3.12	COLUMNA C-4 Segundo Nivel	Unidad	12.00	Q 699.40	Q 8,392.82
4	LEVANTADO DE MURO ESTRUCTURAL				
4.1	LEVANTADO DE MURO A SOLERA H.	M <sup>2</sup>	94.56	Q 141.03	Q 13,336.11
4.2	LEVANTADO DE MURO A SOLERA I. PRIMER NIVEL	M <sup>2</sup>	132.6	Q 144.29	Q 19,132.68
4.3	LEVANTADO DE MURO A SOLERA I. SEGUNDO NIVEL	M <sup>2</sup>	134.6	Q 144.14	Q 19,401.09
4.4	LEVANTADO DE MURO A SOLERA I. TERCER NIVEL	M <sup>2</sup>	134.6	Q 144.14	Q 19,401.09
4.5	LEVANTADO DE MURO DE SOLERA I. A SOLERA CORONA PRIMER NIVEL	M <sup>2</sup>	153.885	Q 142.89	Q 21,989.14
4.6	LEVANTADO DE MURO DE SOLERA I. A SOLERA CORONA SEGUNDO NIVEL	M <sup>2</sup>	152.235	Q 142.99	Q 21,767.70
4.7	LEVANTADO DE MURO DE SOLERA I. A SOLERA CORONA TERCER NIVEL	M <sup>2</sup>	152.235	Q 142.99	Q 21,767.70
5	SOLERAS				
5.1	SOLERA HIDRÓFUGA	ML	154.6	Q 195.59	Q 30,238.21
5.2	SOLERA INTERMEDIA	ML	418.8	Q 164.97	Q 69,090.87
5.3	SOLERA FINAL	ML	463.8	Q 164.83	Q 76,448.72
6	VIGAS				
6.1	VIGA EJE C, TERCER NIVEL	ML	88.8	Q 884.80	Q 78,570.07
6.2	VIGA EJE C, SEGUNDO NIVEL	ML	88.8	Q 785.66	Q 69,766.24
6.3	VIGA EJE C, PRIMER NIVEL	ML	88.8	Q 974.18	Q 86,507.29
6.4	VIGA EJE 2, TERCER NIVEL	ML	118.2	Q 956.48	Q 113,055.60
6.5	VIGA EJE 2, SEGUNDO NIVEL	ML	118.2	Q 994.09	Q 117,500.88
6.6	VIGA EJE 2, PRIMER NIVEL	ML	118.2	Q 1,053.26	Q 124,495.14

7	MÓDULO DE GRADAS	M3	2.89	Q 3,467.93	Q 10,022.31
8	ACABADOS				
8.1	REPELLO	M <sup>2</sup>	2055.9	Q 46.86	Q 96,333.71
8.2	CERNIDO	M <sup>2</sup>	2055.9	Q 36.08	Q 74,180.53
8.2	PINTURA	M <sup>2</sup>	2055.9	Q 46.99	Q 96,616.90
8.4	PISO DE GRANITO	M <sup>2</sup>	1161.84	Q 188.36	Q 218,846.04
8.5	AZULEJO	M <sup>2</sup>	45.2	Q 178.21	Q 8,055.30
	INSTALACIONES				
9.1	INSTALACIONES ELÉCTRICAS (Iluminación)	Global	1.0	Q 79,060.60	Q 79,060.60
9.2	INSTALACIONES ELÉCTRICAS (Fuerza)	Unidad	35.0	Q 690.50	Q 24,167.51
9.3	INSTALACIÓN HIDRÁULICA	Global	1.0	Q 8,578.53	Q 8,578.53
9	INSTALACIÓN SANITARIA Y PLUVIAL	Global	1	Q 181,311.59	Q 181,311.59
10	PUERTAS Y VENTANAS	GLOBAL	1	Q 208,432.90	Q 208,432.90
11	LOSA MACIZA				
11.1	LOSA MACIZA (PRIMER NIVEL)	m <sup>2</sup>	387.28	Q 614.90	Q 238,139.74
11.2	LOSA MACIZA (SEGUNDO Y TERCER NIVEL)	m <sup>2</sup>	774.56	Q 507.35	Q 392,970.36
	COSTO TOTAL DEL PROYECTO:				Q 4,788,098.2

Apéndice G. Presupuesto edificio tipo B

**COSTOS UNITARIOS DEL PROYECTO**

**PROYECTO:** Diseño del centro de capacitación, formación y usos múltiples Oxlajuj Aj

**UBICACIÓN:** MOLINO BELEN, CASCO URBANO, SOLOLÁ

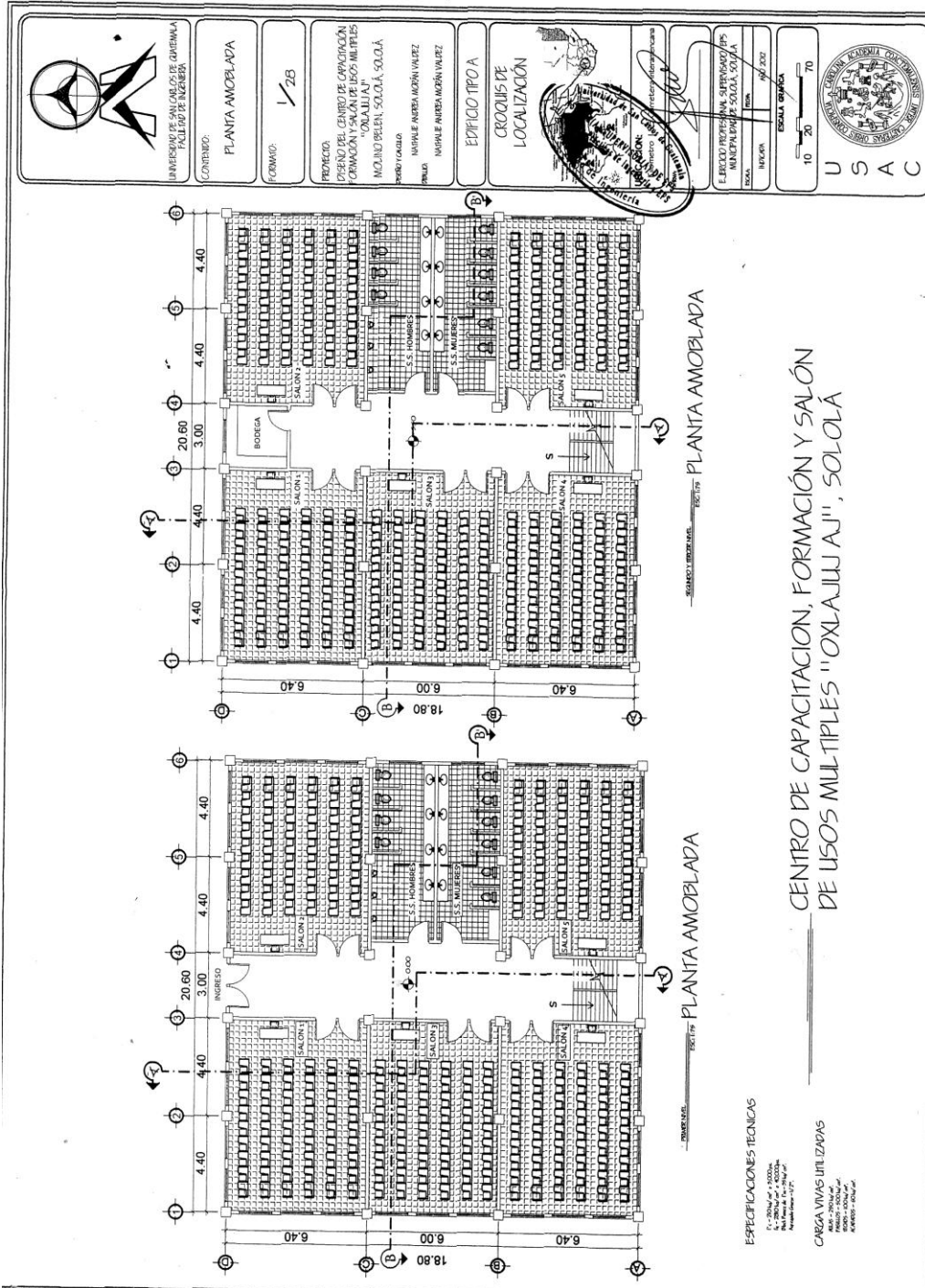
**FECHA:** AGOSTO 2012

No.	REGLON	Unidad	Cantidad	P.U. (Q.)	Total (Q.)
1	TRABAJOS PRELIMINARES				
1.1	CHAPEO, NIVELACIÓN Y LIMPIEZA	m <sup>2</sup>	153.76	Q 229.65	Q 35,310.55
1.2	MOVIMIENTO DE TIERRAS	m <sup>3</sup>	60	Q 678.27	Q 40,696.32
1.3	TRAZO Y ESTAQUEADO	m <sup>2</sup>	153.76	Q 49.53	Q 7,616.22
1.4	INSTALACIONES PROVISIONALES	GLOBAL	1	Q 4,988.42	Q 4,988.42
1.5	BODEGA	GLOBAL	1	Q 4,296.77	Q 4,296.77
1.6	GUARDIANIA	GLOBAL	1	Q 4,294.08	Q 4,294.08
2	CIMENTACION				
2.1	ZAPATAS TIPO 1	Unidad	9	Q 33,453.56	Q 301,082.01
3	COLUMNAS				
3.1	COLUMNA C-A1	Unidad	9	Q 7,399.83	Q 66,598.46
3.2	COLUMNA C-A2	Unidad	9	Q 5,656.06	Q 50,904.58
3.3	COLUMNA C-A3	Unidad	9	Q 4,696.75	Q 42,270.72
3.4	COLUMNA C-2 Primer Nivel	Unidad	19	Q 1,834.27	Q 34,851.14
3.5	COLUMNA C-2 Segundo Nivel	Unidad	19	Q 1,692.80	Q 32,163.14
3.6	COLUMNA C-2 Tercer Nivel	Unidad	19	Q 1,692.80	Q 32,163.14
3.7	COLUMNA C-3 Primer Nivel	Unidad	6	Q 1,346.53	Q 8,079.17
3.8	COLUMNA C-3 Segundo Nivel	Unidad	6	Q 1,357.73	Q 8,146.37

3.9	COLUMNA C-3 Tercer Nivel	Unidad	6	Q 1,357.73	Q 8,146.37
3.10	COLUMNA C-4 Primer Nivel	Unidad	20.00	Q 729.84	Q 14,596.80
3.11	COLUMNA C-4 Segundo Nivel	Unidad	21.00	Q 671.44	Q 14,100.17
3.12	COLUMNA C-4 tercer Nivel	Unidad	21.00	Q 671.44	Q 14,100.17
4	LEVANTADO DE MURO ESTRUCTURAL				
4.1	LEVANTADO DE MURO A SOLERA H.	M <sup>2</sup>	62.4	Q 126.91	Q 7,919.49
4.2	LEVANTADO DE MURO A SOLERA I. PRIMER NIVEL	M <sup>2</sup>	56	Q 133.74	Q 7,489.31
4.3	LEVANTADO DE MURO A SOLERA I. SEGUNDO NIVEL	M <sup>2</sup>	56	Q 133.74	Q 7,489.31
4.4	LEVANTADO DE MURO A SOLERA I. TERCER NIVEL	M <sup>2</sup>	56	Q 133.74	Q 7,489.31
4.5	LEVANTADO DE MURO DE SOLERA I. A SOLERA CORONA PRIMER NIVEL	M <sup>2</sup>	35	Q 137.48	Q 4,811.85
4.6	LEVANTADO DE MURO DE SOLERA I. A SOLERA CORONA SEGUNDO NIVEL	M <sup>2</sup>	35	Q 137.48	Q 4,811.85
4.7	LEVANTADO DE MURO DE SOLERA I. A SOLERA CORONA TERCER NIVEL	M <sup>2</sup>	35	Q 137.48	Q 4,811.85
5	SOLERAS				
5.1	SOLERA HIDRÓFUGA	ML	62.4	Q 155.59	Q 9,708.62
5.2	SOLERA INTERMEDIA	ML	56	Q 154.96	Q 8,677.89
5.3	SOLERA FINAL	ML	62.4	Q 195.59	Q 12,204.82
6	VIGAS				
6.1	VIGA EJE C, TERCER NIVEL	ML	36	Q 544.18	Q 19,590.40
6.2	VIGA EJE C, SEGUNDO NIVEL	ML	36	Q 1,008.95	Q 36,322.20
6.3	VIGA EJE C, PRIMER NIVEL	ML	48	Q 659.29	Q 31,645.84
6.4	VIGA EJE 2, TERCER	ML	36	Q	Q

	NIVEL			560.95	20,194.23
6.5	VIGA EJE C, SEGUNDO NIVEL	ML	36	Q 1,008.95	Q 36,322.20
6.6	VIGA EJE C, PRIMER NIVEL	ML	48	Q 589.27	Q 28,284.81
7	MÓDULO DE GRADAS	M3	2.89	Q 3,170.68	Q 9,163.25
8	ACABADOS				
8.1	REPELLO	M <sup>2</sup>	374.4	Q 50.63	Q 18,954.92
8.2	CERNIDO	M <sup>2</sup>	374.4	Q 28.47	Q 10,657.50
8.2	PINTURA	M <sup>2</sup>	374.4	Q 61.41	Q 22,992.27
8.4	PISO DE GRANITO	M <sup>2</sup>	324.48	Q 161.48	Q 52,397.56
8.5	AZULEJO	M <sup>2</sup>	25.8	Q 158.05	Q 4,077.80
	INSTALACIONES				
9.1	INSTALACIONES ELÉCTRICAS (Iluminación)	Global	1.0	Q 30,573.09	Q 30,573.09
9.2	INSTALACIONES ELÉCTRICAS (Fuerza)	Unidad	35.0	Q 320.84	Q 11,229.47
9.3	INSTALACIÓN HIDRÁULICA	Global	1.0	Q 8,568.27	Q 8,568.27
9	INSTALACIÓN SANITARIA Y PLUVIAL	Global	1	Q 53,224.72	Q 53,224.72
10	PUERTAS Y VENTANAS	GLOBAL	1	Q 93,495.81	Q 93,495.81
11	LOSA MACIZA				
11.1	LOSA MACIZA (PRIMER NIVEL)	m <sup>2</sup>	108.16	Q 525.91	Q 56,882.09
11.2	LOSA MACIZA (SEGUNDO Y TERCER NIVEL)	m <sup>2</sup>	216.32	Q 490.06	Q 106,010.64
	COSTO TOTAL DEL PROYECTO:				Q 1,450,405.93

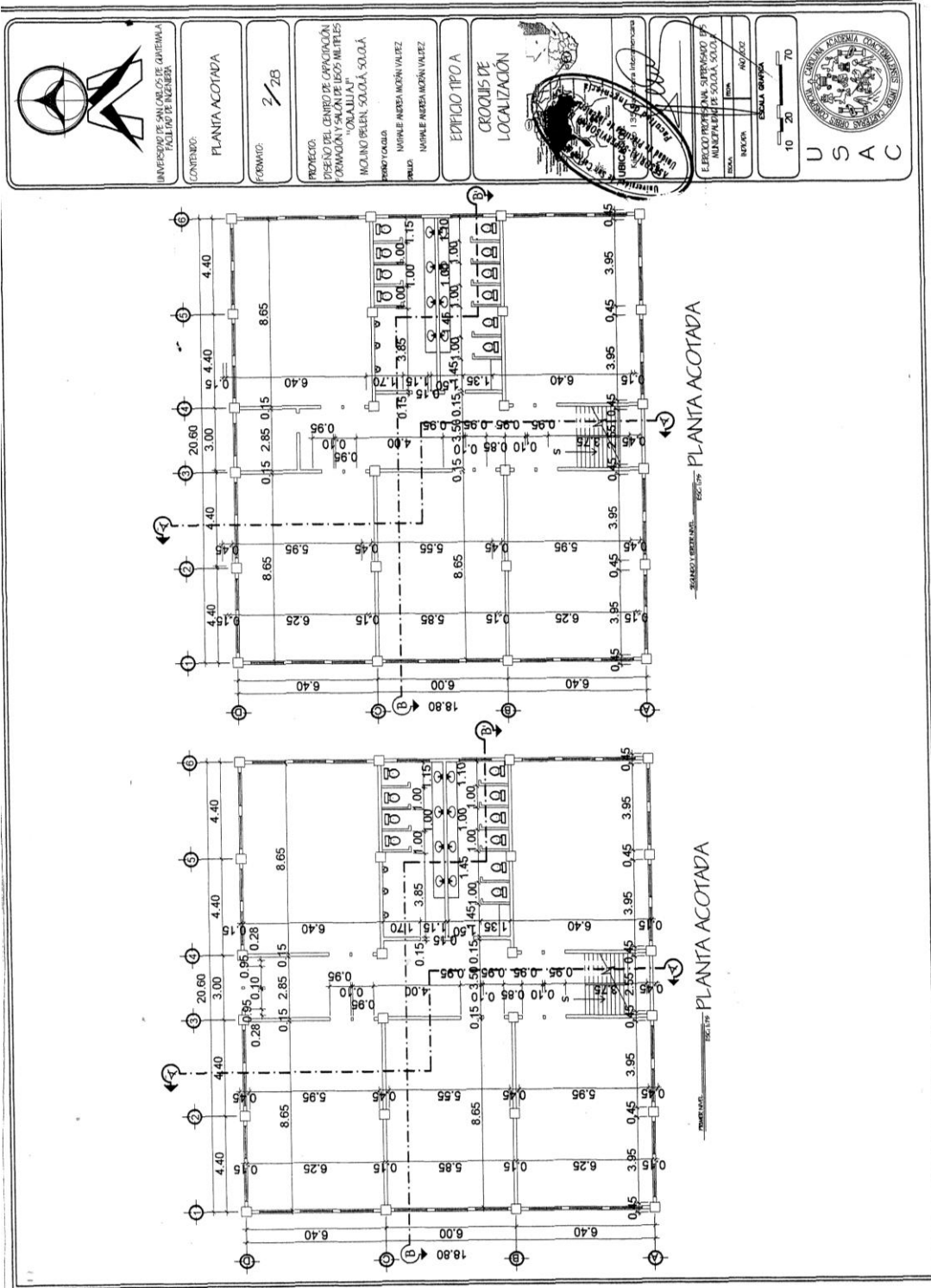
# Apéndice H. Planos



CENTRO DE CAPACITACION, FORMACION Y SALÓN DE USOS MÚLTIPLES "OXLAJILU A.J.", SOLOLÁ

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS  
 1.- 200kg/m<sup>2</sup> + 500kg/m<sup>2</sup>  
 2.- 200kg/m<sup>2</sup> + 500kg/m<sup>2</sup>  
 3.- 200kg/m<sup>2</sup> + 500kg/m<sup>2</sup>  
 4.- 200kg/m<sup>2</sup> + 500kg/m<sup>2</sup>  
 5.- 200kg/m<sup>2</sup> + 500kg/m<sup>2</sup>  
 6.- 200kg/m<sup>2</sup> + 500kg/m<sup>2</sup>  
 7.- 200kg/m<sup>2</sup> + 500kg/m<sup>2</sup>  
 8.- 200kg/m<sup>2</sup> + 500kg/m<sup>2</sup>  
 9.- 200kg/m<sup>2</sup> + 500kg/m<sup>2</sup>  
 10.- 200kg/m<sup>2</sup> + 500kg/m<sup>2</sup>  
 11.- 200kg/m<sup>2</sup> + 500kg/m<sup>2</sup>  
 12.- 200kg/m<sup>2</sup> + 500kg/m<sup>2</sup>  
 13.- 200kg/m<sup>2</sup> + 500kg/m<sup>2</sup>  
 14.- 200kg/m<sup>2</sup> + 500kg/m<sup>2</sup>  
 15.- 200kg/m<sup>2</sup> + 500kg/m<sup>2</sup>  
 16.- 200kg/m<sup>2</sup> + 500kg/m<sup>2</sup>  
 17.- 200kg/m<sup>2</sup> + 500kg/m<sup>2</sup>  
 18.- 200kg/m<sup>2</sup> + 500kg/m<sup>2</sup>  
 19.- 200kg/m<sup>2</sup> + 500kg/m<sup>2</sup>  
 20.- 200kg/m<sup>2</sup> + 500kg/m<sup>2</sup>







UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA

CONTENIDO: SECCIONES

FORMATO: 4/2B

PROYECTO:  
DISEÑO DEL CENTRO DE CAPACITACION,  
FORMACION Y SALON DE IGES MULTIPLES  
COMUNIDAD DE LA ESCUELA  
MOLINO PUELA, SOLOLA, SOLOLA

PROYECTISTA:  
INGENIERO ANDREA MORAN VALEZ

PROFESOR:  
INGENIERO ANDREA MORAN VALEZ

EDIFICIO TIPO A  
CROQUIS DE LOCALIZACION

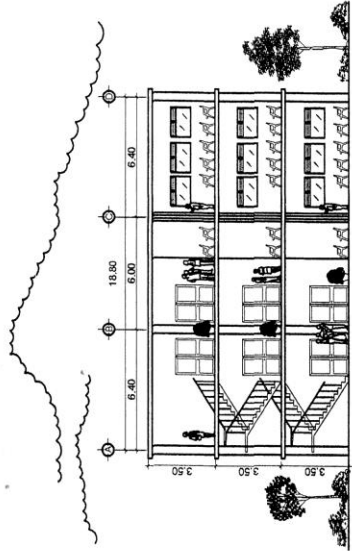
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL  
CATEDRA DE DISEÑO DE ESTRUCTURAS  
CATEDRA DE DISEÑO DE ESTRUCTURAS  
CATEDRA DE DISEÑO DE ESTRUCTURAS

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA  
MUNICIPALIDAD DE SOLOLA, SOLOLA

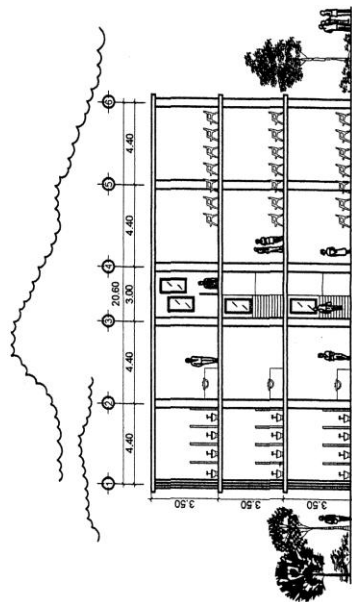
FECHA: 14/07/2022

ESCALA: 10 20 70

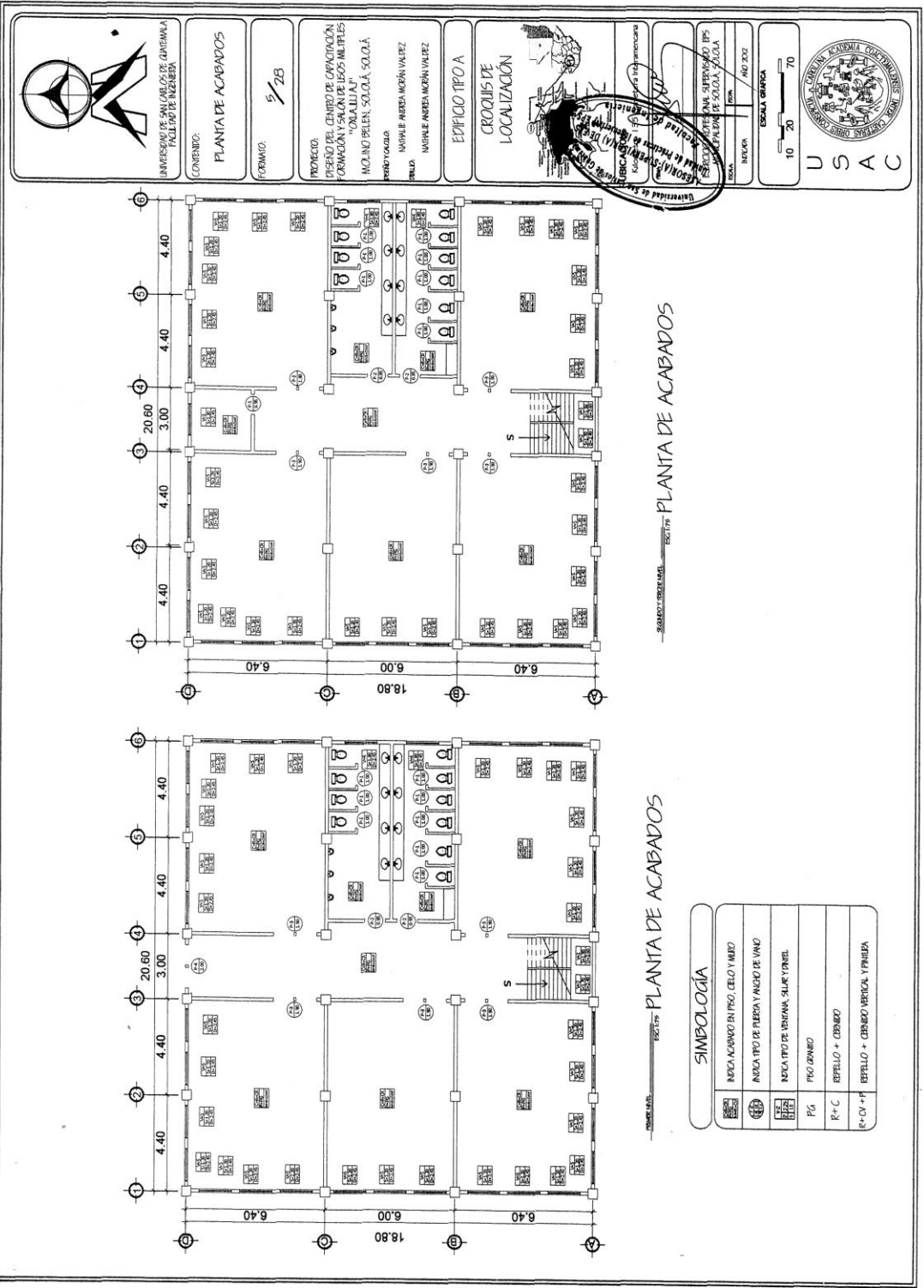
U S A C



ESCALA: 1/50 SECCION A-A



ESCALA: 1/50 SECCION B-B



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA

CONTRIBUCION:  
**PLANTA DE ACABADOS**

FORMATO:  
S/2B

PROYECTO:  
DISEÑO DEL CENTRO DE CAPACITACION  
FORMACION Y SALON DE LEOS MURILES  
"OMALITIA"  
MOZING PELEN, SOLOLA, SOLOLA.

PROYECTISTA:  
NAYELE ANDREA MOJAN VALEZ

EDIFICIO TIPO A

CROQUIS DE LOCALIZACION

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL  
CATEDRA DE FUNDACIONES Y ESTRUCTURAS  
PROYECTO DE FUNDACIONES Y ESTRUCTURAS  
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

ESCALA: 1:100


ESCALA GRAFICA



PLANTA DE ACABADOS

PLANTA DE ACABADOS

SIMBOLOGIA	
	BOCA ACABADO EN PISO, CELO Y MURDO
	ANDELA PISO DE PIEDRA Y ANDELO DE VANO
	BOCA PISO DE VINOYANA, SALUR Y PAREL
	P/G PISO/BAÑO
	REPELLO + CERAMICO
	REPELLO + CERAMICO VERTICAL Y PAREDA



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA

CONTENIDO:  
**DETALLES DE PUERTAS Y VENTANAS**

FORMA: **6/28**

PROFESOR:  
DIRECCION DEL CENTRO DE CAPACITACION  
FORMACION DE LOS MÚLTIPLES  
Y UNIDADES DE LA  
MOLINO BLEN, SOLOLA, SOLOLA

PROYECTO:  
INSTRUMENTAL ANDREA MORAN VALEZ


PELLO:  
INSTRUMENTAL ANDREA MORAN VALEZ

EDIFICIO TIPO A  
CROQUIS DE LOCALIZACION

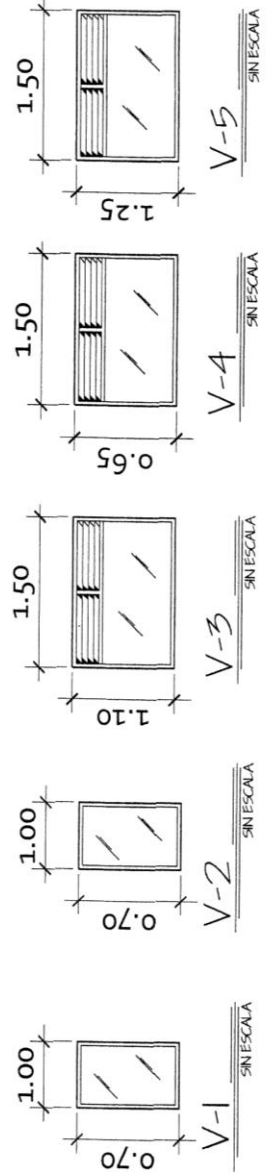
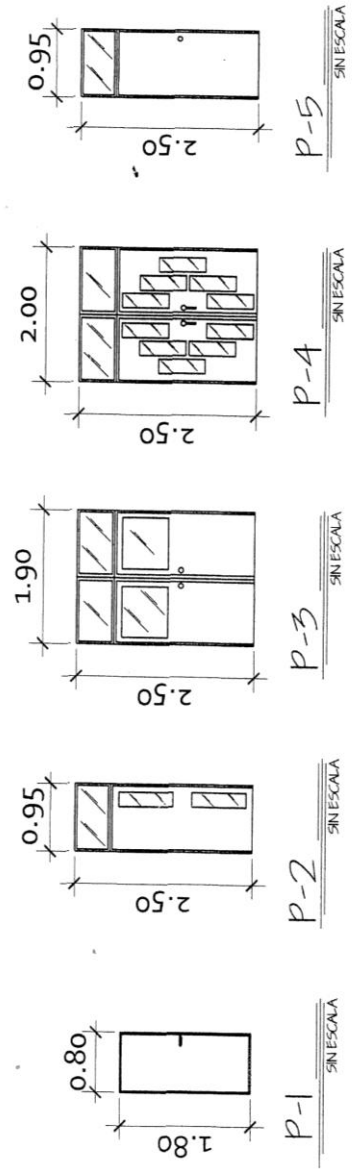
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
LIBROS DE PROYECTO (VOLUMEN 1)  
PROYECTO DE PUERTAS Y VENTANAS  
Escala: 1:20

PROYECTO: PUERTAS Y VENTANAS  
Escala: 1:20

ESCALA: 10 20 70



U S A C



**PLANILLA DE PUERTAS**

TIPO	DIMENSIONES	CANTIDAD	MATERIAL
P-1	0.80 x 1.80	50	METAL
P-2	0.95 x 2.50	4	MADERA PA
P-3	1.90 x 2.50	15	MADERA
P-4	2.00 x 2.50	1	MADERA
P-5	0.95 x 2.50	2	MADERA

**PLANILLA DE VENTANAS**

TIPO	SILLAR	ALTURA	ANCHO	CANTIDAD	MATERIAL
V-1	1.90	0.70	1.00	1	Aluminio Fresh
V-2	1.70	0.70	1.00	1	Aluminio Fresh
V-3	1.60	1.10	1.50	1	Aluminio Fresh
V-4	1.50	1.20	1.50	2	Aluminio Fresh
V-5	1.50	0.90	1.50	51	Aluminio Fresh





UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA

CONTENIDO:  
**PLANTA DE LOSAS  
SEGUNDO Y TERCER NIVEL**

FORMA: **8/28**

PROYECTO:  
DISEÑO DEL CENTRO DE CAPACITACION  
FORMACION Y SALON DE LEGOS MULTILES  
"COLA LUJA"  
MOJINO BELLEN, SOLOLA, SOLOLA

DISEÑO Y CALIDAD:  
INGENIERO: ANDREA MOZAN VALEZ  
INGENIERO: ANDREA MOZAN VALEZ

EPICICLO TIPO A  
CROQUIS DE LOCALIZACION

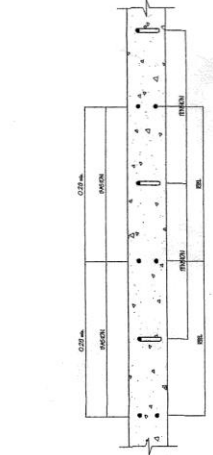


PROYECTO: EL CERRO PUEBLO ANA SUPERMADO 105  
MUNICIPALIDAD DE SOLOLA, SOLOLA

ESCALA: 10/20



U S A C



SECCION DE LOSA

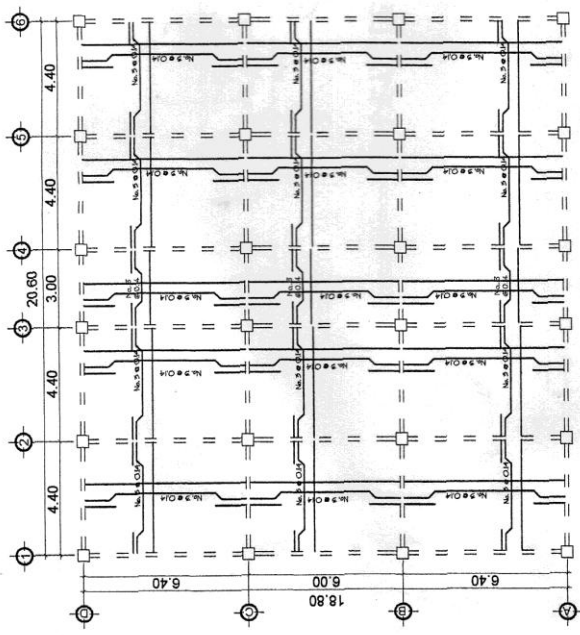
**GANCHOS DE REFUERZO**

NO.	ANCHO	ALTO	LONGITUD
1	10	10	10
2	10	10	10
3	10	10	10
4	10	10	10
5	10	10	10
6	10	10	10
7	10	10	10
8	10	10	10
9	10	10	10
10	10	10	10
11	10	10	10
12	10	10	10
13	10	10	10
14	10	10	10
15	10	10	10
16	10	10	10
17	10	10	10
18	10	10	10
19	10	10	10
20	10	10	10

**NOTAS:**  
 Cap. 20-505-99  
 1. Cemento, Vaso, Losas y Columnas  
 2. Dimensiones mínimas de concreto en 0.20 m  
 3. Dimensiones mínimas de concreto en 0.20 m  
 4. Dimensiones mínimas de concreto en 0.20 m  
 5. Dimensiones mínimas de concreto en 0.20 m  
 6. Dimensiones mínimas de concreto en 0.20 m

**Longitud de Desarrollo Mínima en Cms**

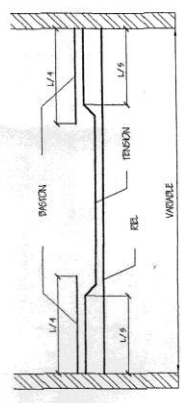
NO.	ANCHO	ALTO	LONGITUD
1	10	10	10
2	10	10	10
3	10	10	10
4	10	10	10
5	10	10	10
6	10	10	10
7	10	10	10
8	10	10	10
9	10	10	10
10	10	10	10
11	10	10	10
12	10	10	10
13	10	10	10
14	10	10	10
15	10	10	10
16	10	10	10
17	10	10	10
18	10	10	10
19	10	10	10
20	10	10	10



PLANTA DE LOSAS

**RECUBRIMIENTOS**

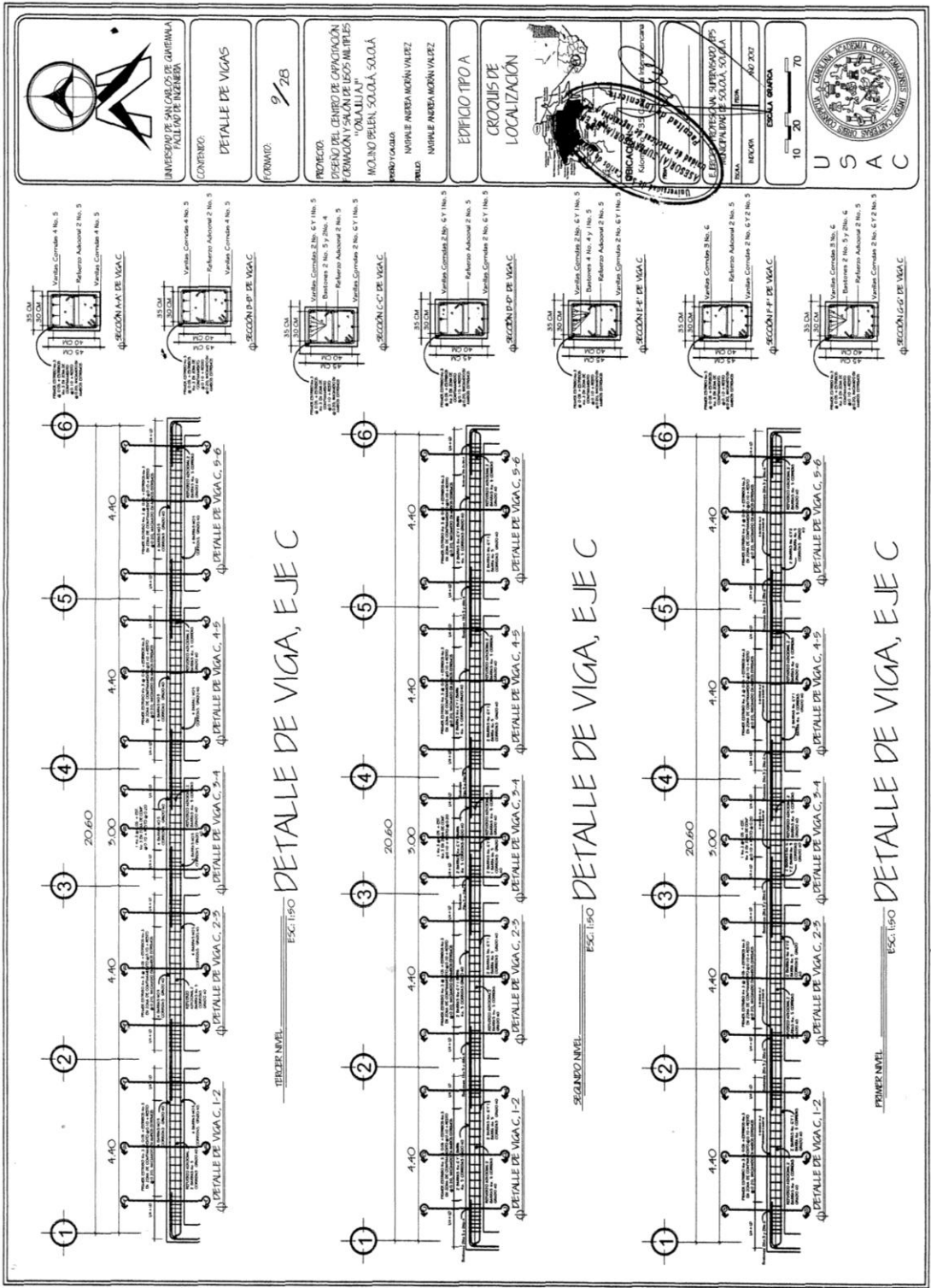
TIPO	ANCHO	ALTO	LONGITUD
1	10	10	10
2	10	10	10
3	10	10	10
4	10	10	10
5	10	10	10
6	10	10	10
7	10	10	10
8	10	10	10
9	10	10	10
10	10	10	10
11	10	10	10
12	10	10	10
13	10	10	10
14	10	10	10
15	10	10	10
16	10	10	10
17	10	10	10
18	10	10	10
19	10	10	10
20	10	10	10



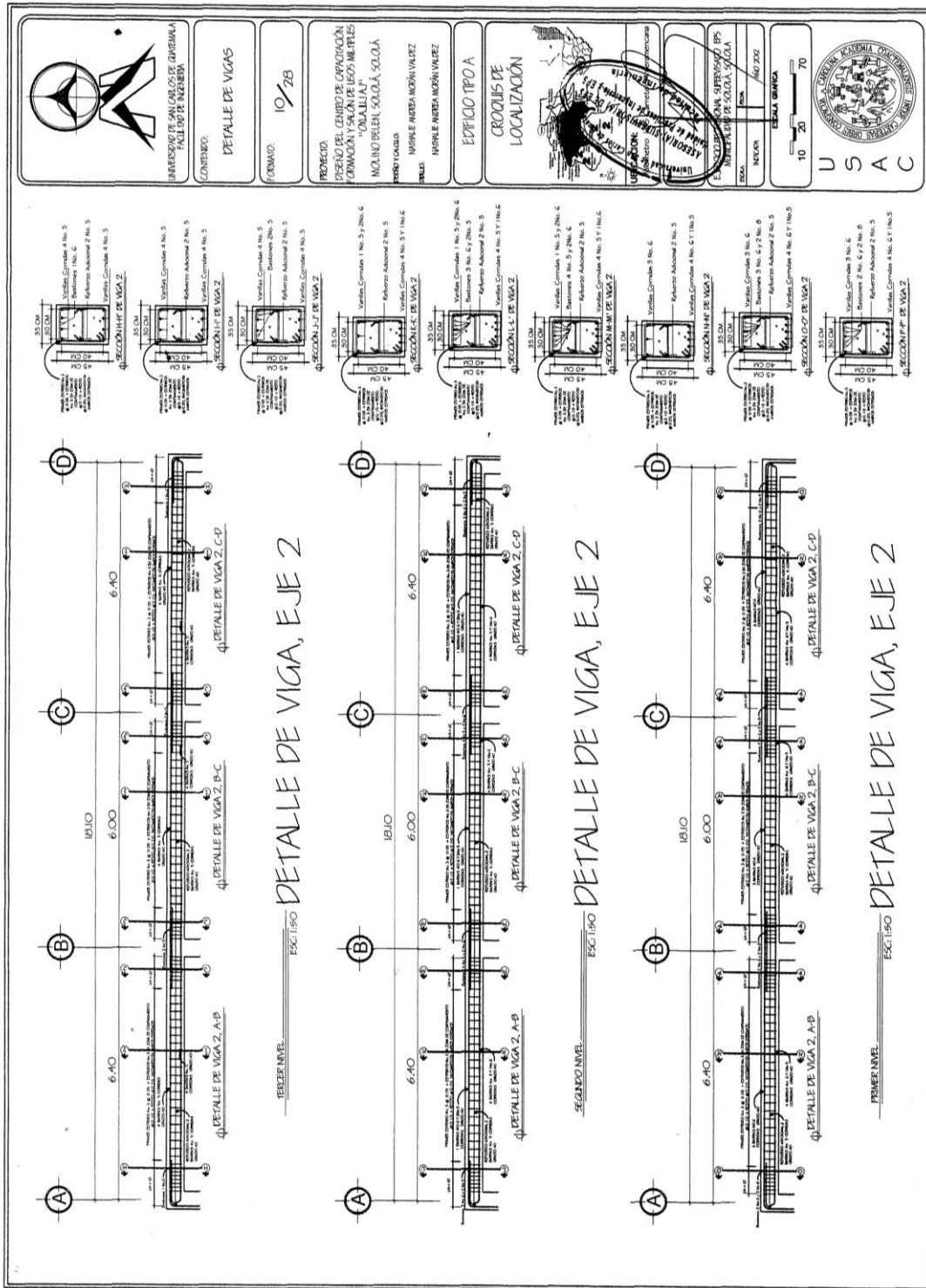
PLANTA DE LOSA

**NOMENCLATURA**

TIPO	ANCHO	ALTO	LONGITUD
1	10	10	10
2	10	10	10
3	10	10	10
4	10	10	10
5	10	10	10
6	10	10	10
7	10	10	10
8	10	10	10
9	10	10	10
10	10	10	10
11	10	10	10
12	10	10	10
13	10	10	10
14	10	10	10
15	10	10	10
16	10	10	10
17	10	10	10
18	10	10	10
19	10	10	10
20	10	10	10









UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA

CONTRIBUCION:  
PLANTA DE CIMENTACIONES  
Y ZAPATAS + DETALLE  
DE ZAPATA TIPO 2

CODIGO:  
II / 28

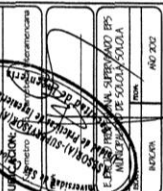
PROYECTO:  
DISEÑO DEL CENTRO DE OPERACION  
FORMACION Y SALON DE USOS MULTIPLES  
"OMALUJAT"  
MOLINO BLEN, SOLOLA, SOLOLA

PROYECTISTA:  
MAYRA ANDREA MOYA VALEZ

PROYECTISTA:  
MAYRA ANDREA MOYA VALEZ

EDIFICIO TIPO A

CROQUIS DE  
LOCALIZACION

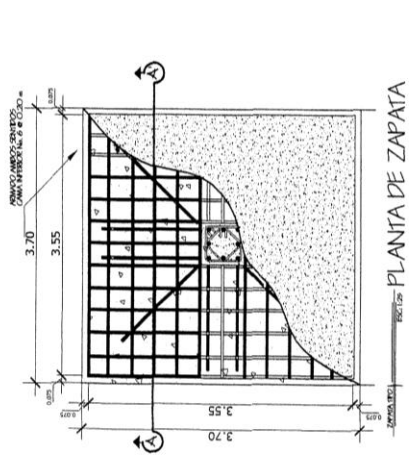


INDICAR:  
MAYRA ANDREA MOYA VALEZ  
NOV 2002

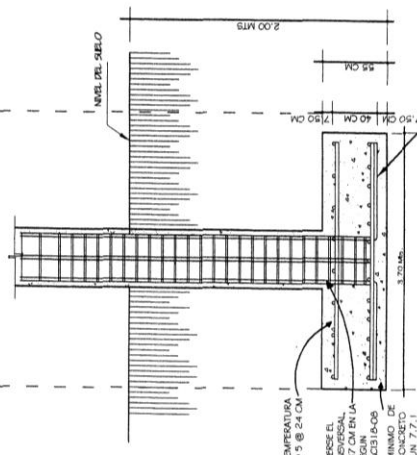
ESCALA: 1:20



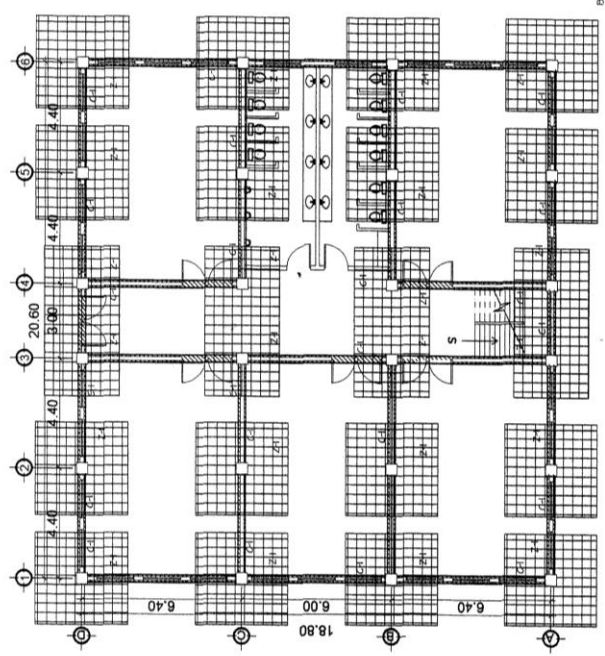
U S A C



PLANTA DE ZAPATA



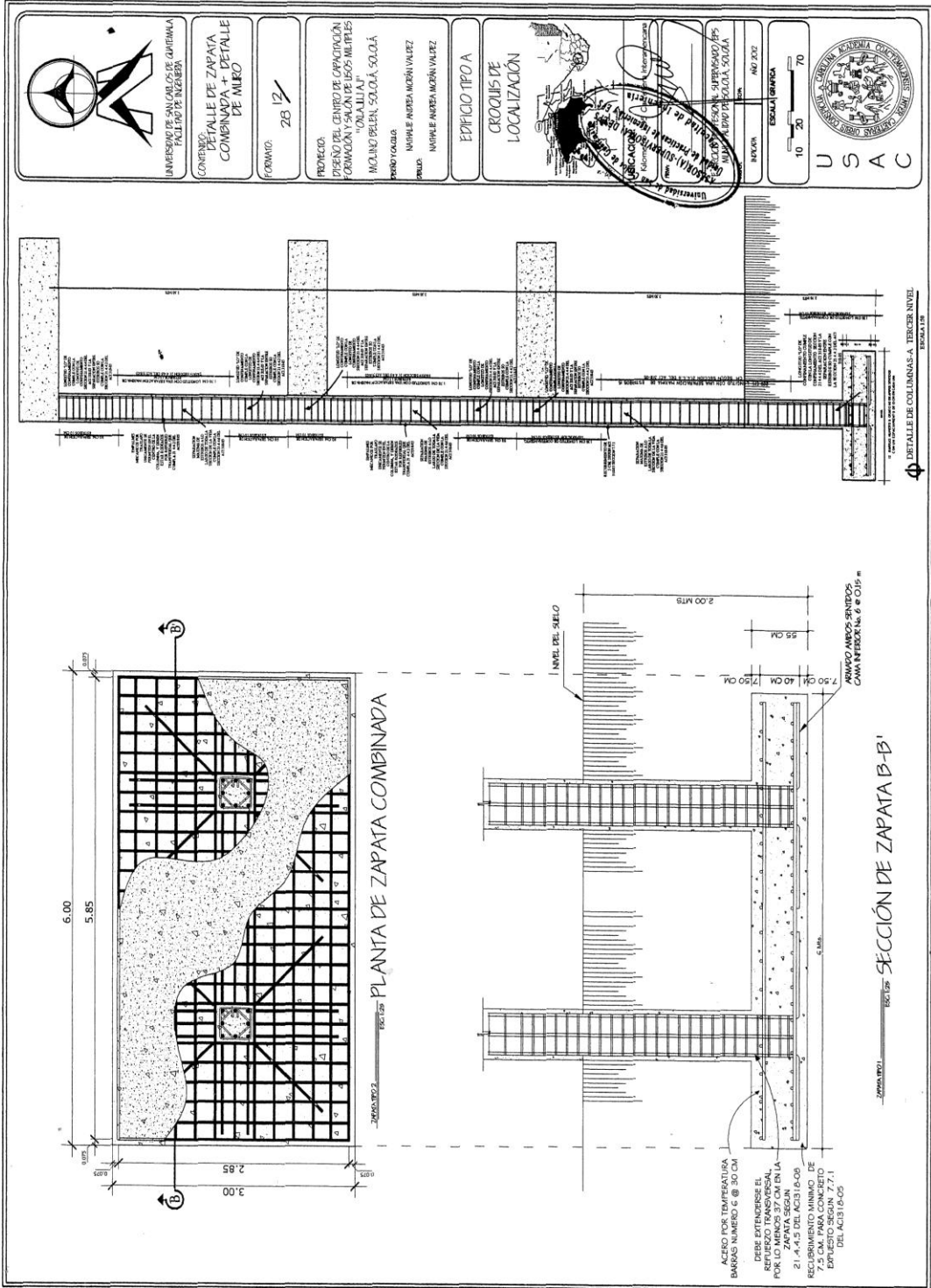
SECCION DE ZAPATA A-A



PLANTA DE CIMENTACION

ACERO POR TEMPERATURA  
BARRAS NUMERO 3 @ 24 CM  
DEBE EXTENDERSE A  
REFUERZO TRANSVERSAL  
POR LO MENOS 37 CM EN LA  
DIRECCION DE LA FLECHA  
21-A-4-2 DEL ACI 318-05  
RECUBRIMIENTO MINIMO DE  
7.5 CM PARA CONCRETO  
ESTRUCTURAL EN CLASE 7.1  
DEL ACI 318-05

NOTAS:  
Previo a la construcción, realizar ensayo dinámico  
para verificar valor soporte del suelo.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA

CONTENIDO: DETALLE DE ZAPATA COMBINADA - DETALLE DE NUDO

FORMA: 12

PROYECTO: 28

PROYECTO: CENTRO DE CAPACITACION TECNICA Y MANEJO DE RESIDUOS "CUALIJA"  
MOLINO PRELEN, SOLOLA, SOLOLA

PROYECTISTA: INHILE ANDREA MORA VALDEZ

EDIFICIO TIPO A

CROQUIS DE LOCALIZACION

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
CARRANZA 10-10  
GUATEMALA, GUATEMALA

NO. 202

ESCALA: 10 20 70

U S A C



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA

CONTENIDO:  
PLANTA DE COLUMNAS

FORMAÑO: 15 / 218

PROFESOR:  
DISEÑO DEL CENTRO DE CAPACITACIÓN  
FORMACIÓN Y SALÓN DE LEYES MILITARES  
"POLICIAJIN"  
MOLINO PELEA, SOLOLA, SOLOLA  
PROYECTO VIGAS  
INGENIERO ANDREA MORA VAREZ  
TELLO

EDIFICIO TIPO A

CRONIS DE LOCALIZACIÓN

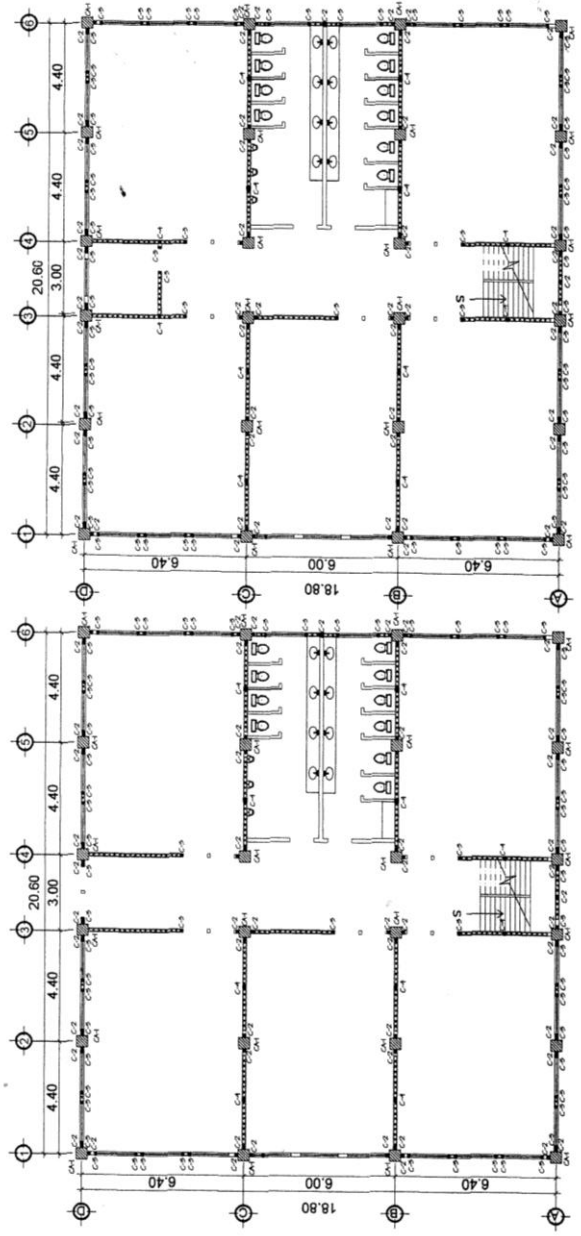


ASIGNATURA: DISEÑO DE ESTRUCTURAS  
CATEDRÁTICO: ANDREA MORA VAREZ  
FECHA: 15/02/2022  
INTEGRANTES: ANDREA MORA VAREZ TELLO

ESCALA: GRFICA  
10 20 70

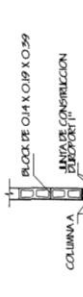


U S A C

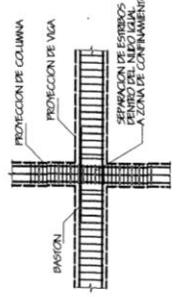


PLANTA DE COLUMNAS

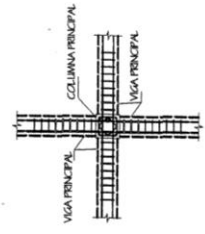
PLANTA DE COLUMNAS



DETALLE JUNTA VIGA-COLUMNA




ELEVACION VIGA-COLUMNA



PLANTA VIGA-COLUMNA

DETALLE JUNTA VIGA-MURO



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA


CONTENIDO:  
DETALLE DE COLUMNAS

FORMATO:  
14 / 2B

PROYECTO:  
DISEÑO DEL CENTRO DE CAPACITACIÓN  
FORMACIÓN Y SALÓN DE USOS MÚLTIPLES  
"COMALIJAL"  
MOLINO BELÉN, SOLOLA, SOLOLA

PROYECTISTA:  
INGENIERO EN ARQUITECTURA  
MORALE ANDREA MORÁN VALEZ

EDIFICIO TIPO A  
CROQUIS DE LOCALIZACIÓN




INSTITUCIÓN:  
ASOCIACIÓN DE INGENIEROS EN ARQUITECTURA DE GUATEMALA  
CALLE 13-10, ZONA 10, GUATEMALA

PROYECTO:  
DISEÑO PARA SUBPROYECTO EPS  
MUNICIPALIDAD DE SOLOLA, SOLOLA

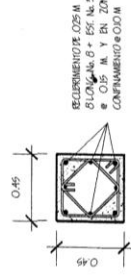
ESCALA:  
1:500  
NO. 202

ESCALA GRÁFICA:  
10 20 70



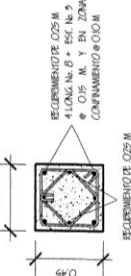
U S A C



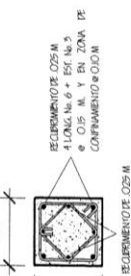
PRIMER NIVEL  
ESC: 1:10 COLUMNA C-A

RECORRIMIENTO DE 0.025 M  
4 LONG. No. 6 + EST. No. 5  
EN ZONA DE CONFINAMIENTO @ 0.10 M



SEGUNDO NIVEL  
ESC: 1:10 COLUMNA C-A

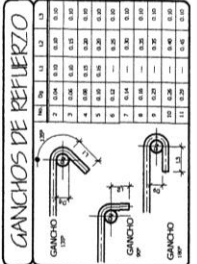
RECORRIMIENTO DE 0.025 M  
4 LONG. No. 6 + EST. No. 5  
EN ZONA DE CONFINAMIENTO @ 0.10 M



TERCER NIVEL  
ESC: 1:10 COLUMNA C-A

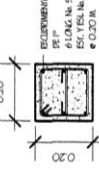
RECORRIMIENTO DE 0.025 M  
4 LONG. No. 4 + EST. No. 5  
EN ZONA DE CONFINAMIENTO @ 0.10 M

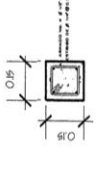


GANCHOS DE REFLEJO	
GANCHO 100%	2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14
GANCHO 50%	2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14
GANCHO 25%	2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14
GANCHO 10%	2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14

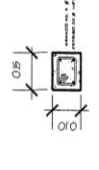
  



ESC: 1:10 COLUMNA C-2

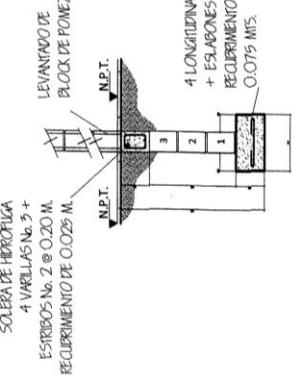


ESC: 1:10 COLUMNA C-4



ESC: 1:10 COLUMNA C-5



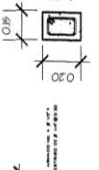
LEVANTADO DE BLOCK DE POMEZ  
N.P.T.

SOLEIRA DE HIERROCAL  
4 VARELLAS No. 2 + ESTIRBOS No. 2 @ 0.20 M.  
RECORRIMIENTO DE 0.025 M.


4 LONGITUDINALES No. 5 + ESALABONES No. 2 @ 0.20 M.  
RECORRIMIENTO INFERIOR DE 0.075 MTS.

SIN ESCALA CEMENTO CORRIDO

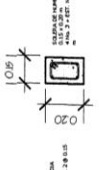
  



ESC: 1:10 SOLERA DE COLUMNA




ESC: 1:10 SOLERA INTERMEDIA

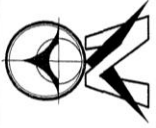


ESC: 1:10 SOLERA HIERROCAL



ESC: 1:10 DETALLE DE SOLERAS



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA

CONTENIDO:  
CORTE DE MUROS

FORMADO: 15 / 28

PROYECTO:  
PROCESO DEL CAMBIO DE ORGANIZACIÓN  
FORMACIÓN Y MANEJO DE LOS RECURSOS  
"COMALIAJA"  
MOLINO DE LA SOLA, SOLA, S.O.A.

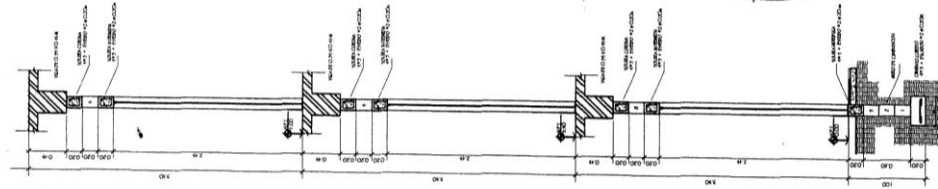
PERIÓDICO:  
MURALE ANDREA MORA VALDEZ  
PERIÓDICO:  
MURALE ANDREA MORA VALDEZ

EDIFICIO TIPO A  
CROQUIS DE LOCALIZACIÓN

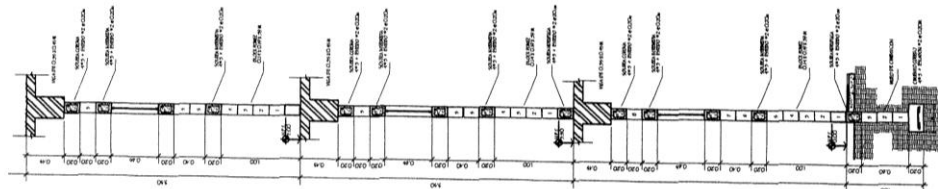


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Escuela de Ingeniería Civil  
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL  
E.L. AUTÓNOMA SUPERVISADO POR  
PAPEL 2004A, 300A

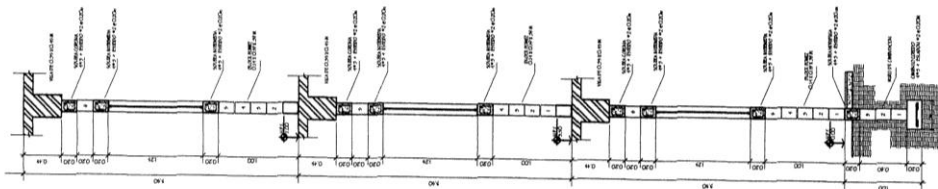
ESCALA GRÁFICA  
10 20 70



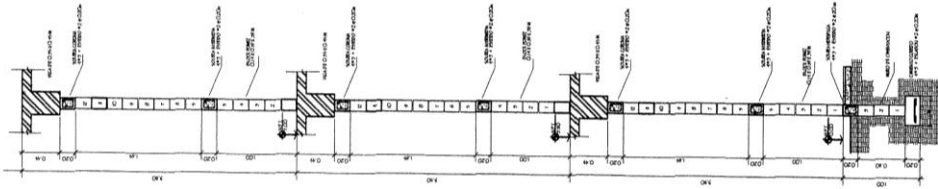
SECCIÓN TÍPICA DE MURO  
ESC. 1:25



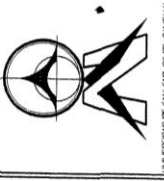
SECCIÓN TÍPICA DE MURO  
ESC. 1:25



SECCIÓN TÍPICA DE MURO  
ESC. 1:25



SECCIÓN TÍPICA DE MURO  
ESC. 1:25



UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA

CONTENIDO:  
**PLANTA EPIDRALLICA  
PRIMER NIVEL**


FORMAS: 16 / 2B

PROYECTO:  
DISEÑO DEL CENTRO DE OPERACIONES  
FORMACION DE UNAS Y DOS MULTIPLES  
Y UNAS UNAS  
MOLINO BIELAN, SOLOLA, SOLOLA

PROYECTISTA:  
INGENIERO ANDREA MORAN VALEZ


PROFESOR:  
INGENIERO ANDREA MORAN VALEZ

EDIFICIO TIPO A  
CROQUIS DE  
LOCALIZACION

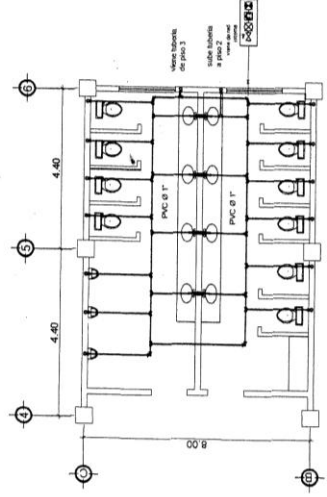


PROYECTO N.º 16-2000  
CANTON DE SAN CARLOS  
MUNICIPIO DE SAN CARLOS, SOLOLA

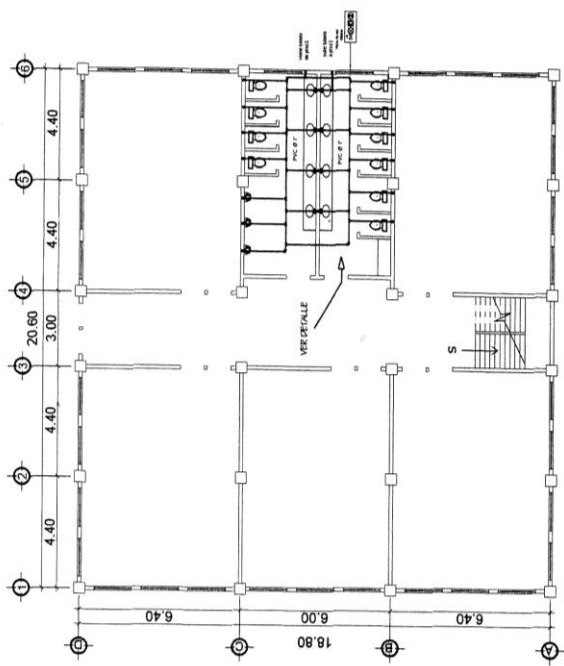
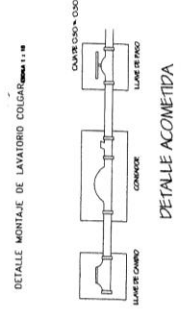
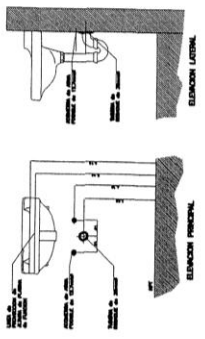
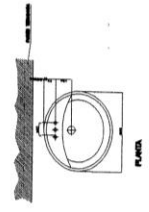
FECHA: / /  
ESCALA: 1:50  
NO. 70



U S A C



DETALLE 1



PLANTA DE AGUA POTABLE

SIMBOLO	SIGNIFICADO
	LLAVE DE PASO
	COMBIERTA
	VALVULA DE COMBIERTA
	CHEQUE
	TUBERIA P.V.C. RED PRINCIPAL
	TEJA 90° HORIZONTAL
	CODO A 90° HORIZONTAL
	CODO A 90° VERTICAL
	TEE A 90° VERTICAL
	REDUCTOR 1" X 1/2"

RECOMENDACIONES TECNICAS:  
 - EL CANTON DEBIA CERRADO Y DEBIA UTILIZARSE TUBERIA P.V.C.  
 1.5" X 1/2" PARA AGUA EN LA RED PRINCIPAL.  
 - LA RESISTENCIA DE LA TUBERIA DEBIA DE SER P.E.E.  
 - EL CONCRETO DEBIA SER DISEÑADO EN DETALLE CONSTRUCTIVO  
 PARA LLEVAR TRABAJO ACCESORIOS A LA TUBERIA DE LA ADRETELLADO.  
 - DE RECOMENDACIONES DE FUNDAMENTO PARA P.V.C. 1.5" X 1/2" X 1.8m.  
 - SE RECOMIENDA EL USO DE TUBERIA Y TUBERIA DE 1.5" X 1/2" P.V.C.  
 SIGUN CANTON DE TUBERIA Y TUBERIA DE 1.5" X 1/2" P.V.C.  
 - NO SE PERMITE QUEDAR TUBERIAS PARA LAS UNIDADES.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE ARQUITECTURA

CONTENIDO:  
**PLANTA HIDRÁULICA  
SEGUNDO Y TERCER NIVEL**

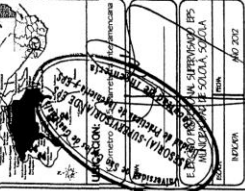
FORMA: 17 / ZB

PROYECTO:  
DISEÑO DEL CENTRO DE CAPACITACIÓN  
FORMACIÓN Y SALÓN DE USOS MÚLTIPLES  
COLUMBIJA Y  
MOLINO PELEN, SOLOLA, SOLOLA

PROYECTISTA:  
INGENIERO ANDRÉS MORÁN VALEZ

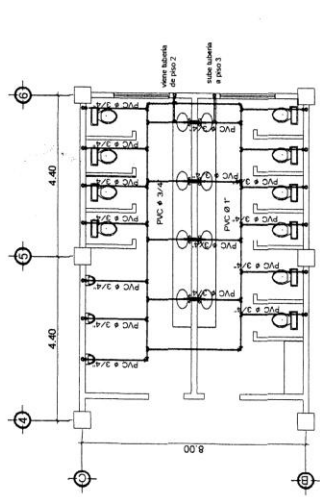
PAÍS:  
GUATEMALA

EDIFICIO TIPO A  
CROQUIS DE  
LOCALIZACIÓN

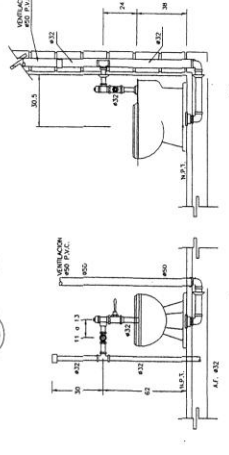
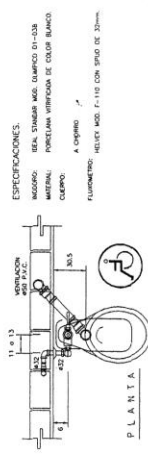


ESCALA GRANDA  
10 20 70

U S A C



SEÑALIZACION ELECTRICA DETALLE 1



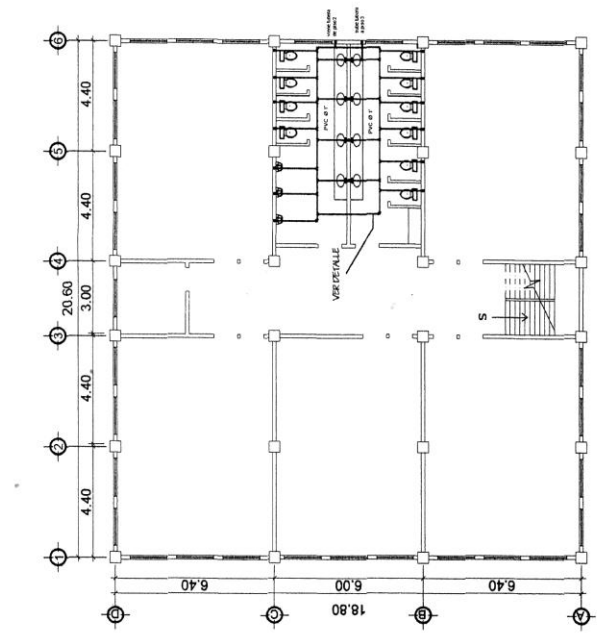
ESPECIFICACIONES:  
Módulo: ISEA, STAMBA MOD. QUIMPZO DI=328  
MATERIAL: PORCELANA VITRIFICADA DE COLOR BLANCO.  
Cuerpo: A. Océano  
Fluorómetro: HEVEX MOD. F-110 CON SPLO DE 32mm

PLANTA

ELEVACION

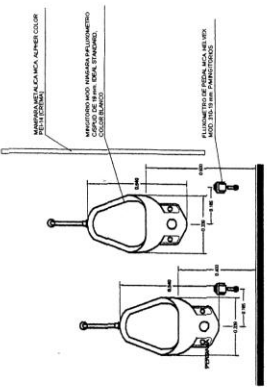
CORTE

NOTAS:  
TODAS LAS UNIDADES ESTÁN ACOTADAS EN CENTÍMETROS  
T. LOS DIMENSIONES DE ALARGOS EN METROS  
E. EL FLUORÓMETRO SE HA HECHO UN DESGLOSE DE 8 1/8" X 3 1/2"



SEÑALIZACION ELECTRICA PLANTA DE AGUA POTABLE


SEMIOLOGIA	
SIMBOLO	SIGNIFICADO
+	LLAVE DE PASO
⊗	CONTRAFORZADO
⊗	VALVULA DE COMPRESION
⊗	CHEQUE
⊗	TUBERIA P.V.C. RED PRINCIPAL
⊗	TEE A 90° HORIZONTAL
⊗	CODO A 90° HORIZONTAL
⊗	GRUPO DE ANDEN
⊗	TEE A 90° VERTICAL
⊗	REACTOR T" # 1/2"



DETALLE DE MINGITORIOS







UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA

CONTENIDO:  
**PLANTA DE DRENAJES  
SEGUNDO Y TERCER NIVEL**

FORMA: 19 / ZB

PROYECTA:  
DISEÑO DEL CENTRO DE CAPACITACION  
FORMACION Y SALON DE LEOS MURILES  
"OVALAJIA"  
MOJON/DELEN, SOLOLA, SOLOLA  
PROYECTO/COLO  
MAYALE ANDREA MORA VALDEZ  
INHALE ANDREA MORA VALDEZ


EDIFICIO/TIPO A

CROQUIS DE  
LOCALIZACION

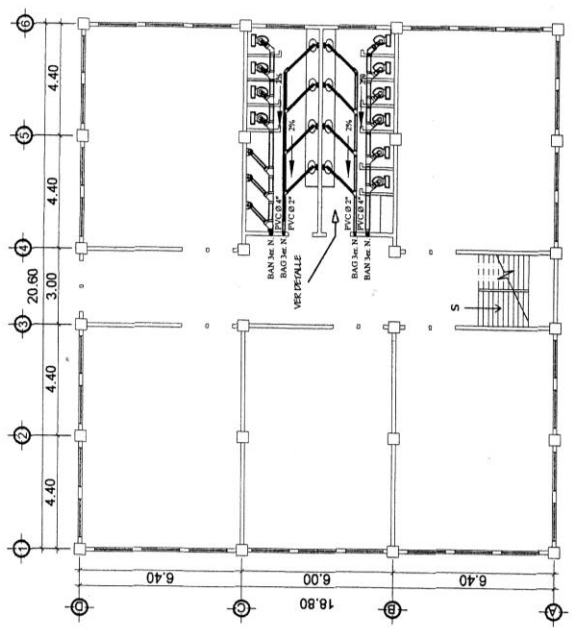
PROYECTO DE DRENAJE  
SEGUNDO Y TERCER NIVEL  
MOJON/DELEN, SOLOLA, SOLOLA

NOVENO  
AÑO/200

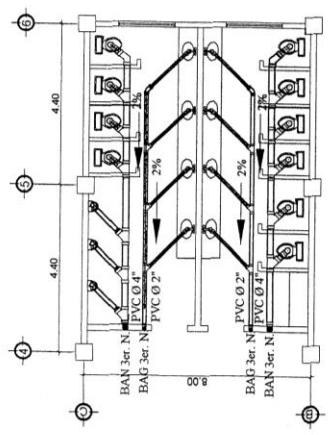
ESCALA: GRABICA  
10 20 70



USAC



PLANTA DE DRENAJES

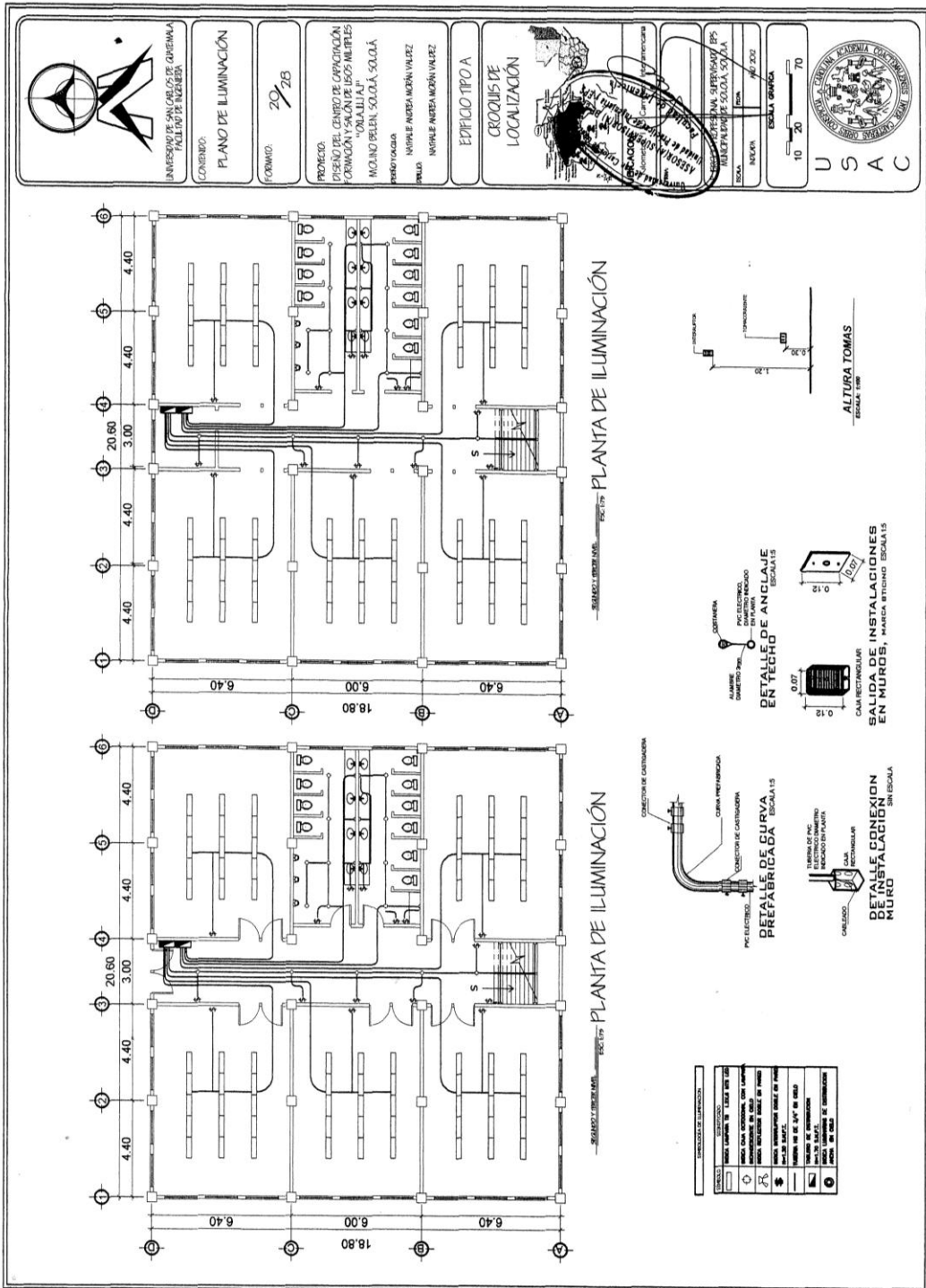


DETALLE I

NOMENCLATURA	
SEÑAL	BOYFETADO
BAN	BALAJIA DE AGUAS SERVIDAS
BAO	BALAJIA DE AGUAS GRISAS

SIMBOLOGIA	
SEÑAL	BOYFETADO
SEÑAL	TUBERIA DE AGUAS SERVIDAS
SEÑAL	CORDON PVC 1/2" VERTICAL
SEÑAL	CORDON PVC 1/2"
SEÑAL	REDUCTOR TIPO BUSSHING
SEÑAL	REDUCTOR TIPO BUSHING
SEÑAL	REDUCTOR TIPO BUSHING
SEÑAL	REDUCTOR TIPO BUSHING
SEÑAL	TUBERIA DE AGUAS SERVIDAS
SEÑAL	INDICA SENTIDO DE LA PENDIENTE

- ESPECIFICACIONES TECNICAS:**
- TUBERIA P.V.C. CDR-36 160 PSI BLANCO J/C D 2241 SEGUN DIAMETRO INDICADO.
  - LA PENDIENTE SERA DE 2% PARA LAS TUBERIAS CON DIAMETROS DIFERENTES UTILIZAR UN REDUCTOR TIPO BUSSHING.
  - LA RESISTENCIA DE LA TUBERIA SERA 160 PSI.
  - LA UNION DE TUBERIA CON LAS CAUS, DEBERAN TENER ADITIVO SIKA 1.
  - DEBERAN UTILIZARSE PEGAMENTO PARA P.V.C. MARCANDO 8 mm. DE ESPESOR.
  - LAS UNIONES DE TUBERIA DEBE REALIZARSE CON UNIONES DE P.V.C. SEGUN DIAMETRO DE TUBERIA Y UNA UNION DE 8 mm. DE PEGAMENTO PARA TUBO.
  - NO SE PERMITE QUEMAR TUBERIAS PARA LAS UNIONES.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA

CONVENIO:  
PLANO DE ILUMINACIÓN

FORMA: 20/28

PROYECTO:  
DISEÑO DEL CIRCUITO DE ALIMENTACIÓN  
CONDUCCIÓN Y CABLEADO DE LOS DISPOSITIVOS  
ELECTRICOS EN EL EDIFICIO "OVALUNA"  
MOJANO BELÉN, SOLOLA, SOLAOLA

PROYECTISTA:  
INGENIERO ANDRÉS MORA VALDEZ

EDIFICIO TIPO A  
CROQUIS DE LOCALIZACIÓN



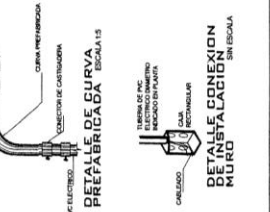
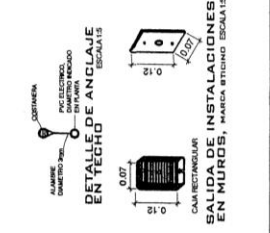
INSTITUTO NACIONAL SUPERIOR DE PROFESIONALES EN INGENIERIA  
CARRERA DE INGENIERIA EN ELECTRICIDAD  
BOGOTÁ, COLOMBIA  
FECHA: 2002

ESCALA: 1:100  
ESCALA: 1:500

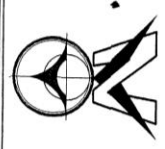
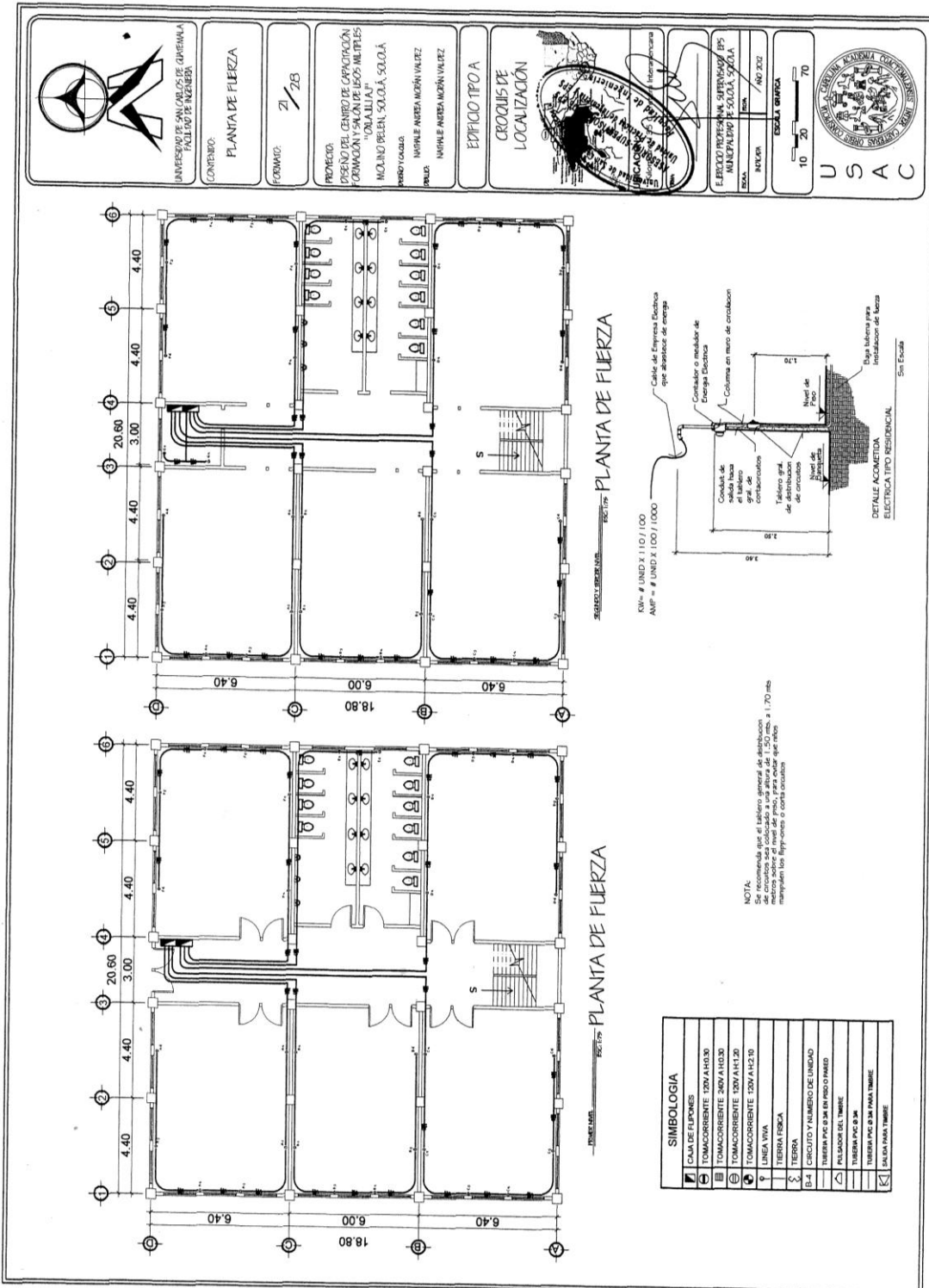


PLANTA DE ILUMINACIÓN

PLANTA DE ILUMINACIÓN



LEYENDA DE SIMBOLOS	
	CABLEADO
	PARTE CENTRAL DE LA INSTALACION
	ALIMENTACION DE LAS LAMPARAS
	ALIMENTACION DE LOS DISPOSITIVOS ELECTRICOS
	CONDUCCION DE LOS CABLES
	CABLEADO
	CONEXION



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA

CONTENIDO:  
PLANTA DE FUERZA

FORMAS:  
Z/2B

PROYECTO:  
DISEÑO DEL CENTRO DE CAPACITACIÓN  
FORMACIÓN Y SALÓN DE LOS MUJERES  
"DOLALILLA"  
MOLINO PRELEN, SOLOLA, SOLOLA.  
PROYECTADO:  
INGENIERO ANDRÉS MORA VAREZ  
DISEÑADO:  
INGENIERO ANDRÉS MORA VAREZ

EDIFICIO TIPO A

COORDINADAS DE LOCALIZACIÓN



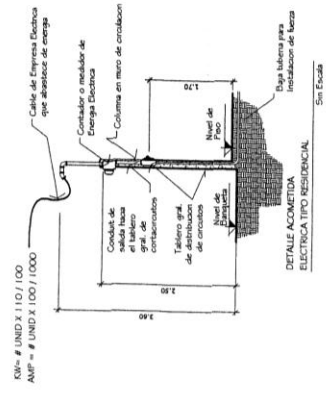
ESCALA: 1:100  
FECHA: AÑO 2002

ESCALA: 1:100  
10 20 70



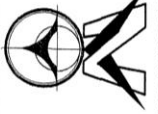
PLANTA DE FUERZA

PLANTA DE FUERZA



NOTA:  
Se recomienda que el tablero general de distribución de energía sea colocado a una altura de 1.50 mts. a 1.70 mts. manifiestan los fire-arms o corta circuitos

SIMBOLOGIA	
[Symbol]	CAJA DE FILIPONES
[Symbol]	TOMACORRIENTE 120V A H030
[Symbol]	TOMACORRIENTE 240V A H030
[Symbol]	TOMACORRIENTE 120V A H120
[Symbol]	TOMACORRIENTE 120V A H210
[Symbol]	LINEA VIVA
[Symbol]	TERRA FRÍA
[Symbol]	TERRA
[Symbol]	CIRCUITO Y NUMERO DE UNIDAD
[Symbol]	TUBERIA PVC 1/2" EN PISO O PARED
[Symbol]	PULSADOR DEL TABLERO
[Symbol]	TUBERIA PVC 3/4"
[Symbol]	TUBERIA PVC 1/2" PARA TABLERO
[Symbol]	TUBERIA PARA TABLERO



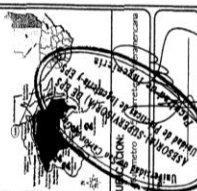
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA

CONVENIO:  
PLANTA HERRALLICA

CONVINO:  
27/28

PROYECTO:  
DISEÑO DEL CENTRO DE OPERACION  
CONEXION DE PUENTES MULTIPLES  
MOLINO PELEN, SOLOLA, SOLOLA  
DISEÑO Y OBRAS  
NAPALE AMBROSIO MORAÑ VALDEZ  
DISEÑO  
NAPALE AMBROSIO MORAÑ VALDEZ

EDIFICIO TIPO A  
CROQUIS DE  
LOCALIZACION

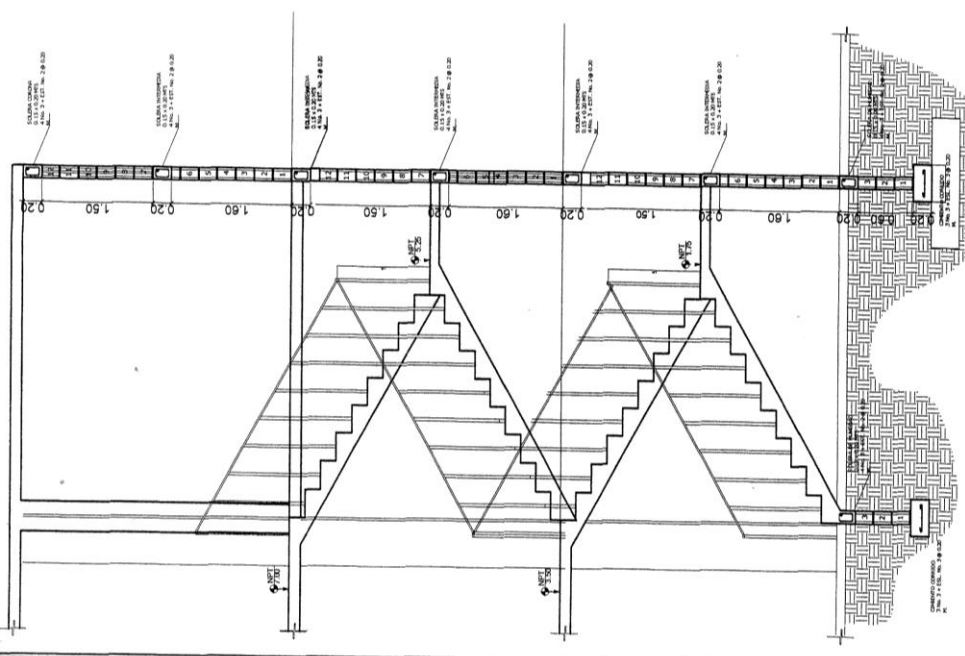
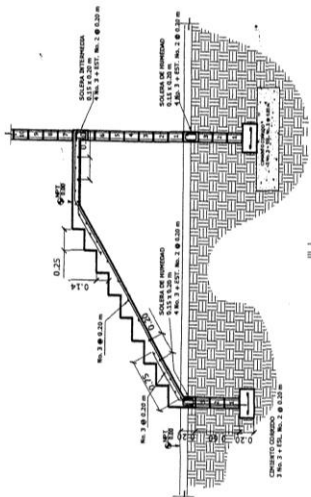
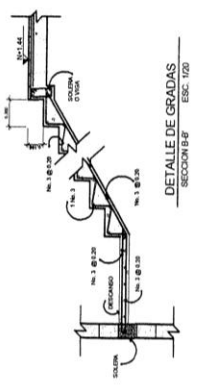


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
CARRERAS 10-10  
MINISTERIO DE EDUCACION SUPERIOR  
GUATEMALA  
Escala: 1/500  
FECHA: 18/08/2007

ESCALA: 1/500  
10 20 70



U S A C



ESCALA 1/25  
CORTE DE GRADAS



UNIVERSIDAD DE CHILE  
FACULTAD DE INGENIERIA

CONTRIBUCION:  
DETALLE DE INST. ELECTRICAS

FORMATO: 23/28

PROYECTO:  
DISEÑO DEL CENTRO DE CAPACITACION  
FORMACION Y SALON DE USOS MULTIPLES  
"OLIVALLA"  
NOLANO BELLEN, SOLOA, SOLOA  
SANTIAGO, CHILE  
NOMBRE ANDREA MORAN VALEZ  
NOMBRE ANDREA MORAN VALEZ

EPICICLO TIPO A  
LOCALIZACION









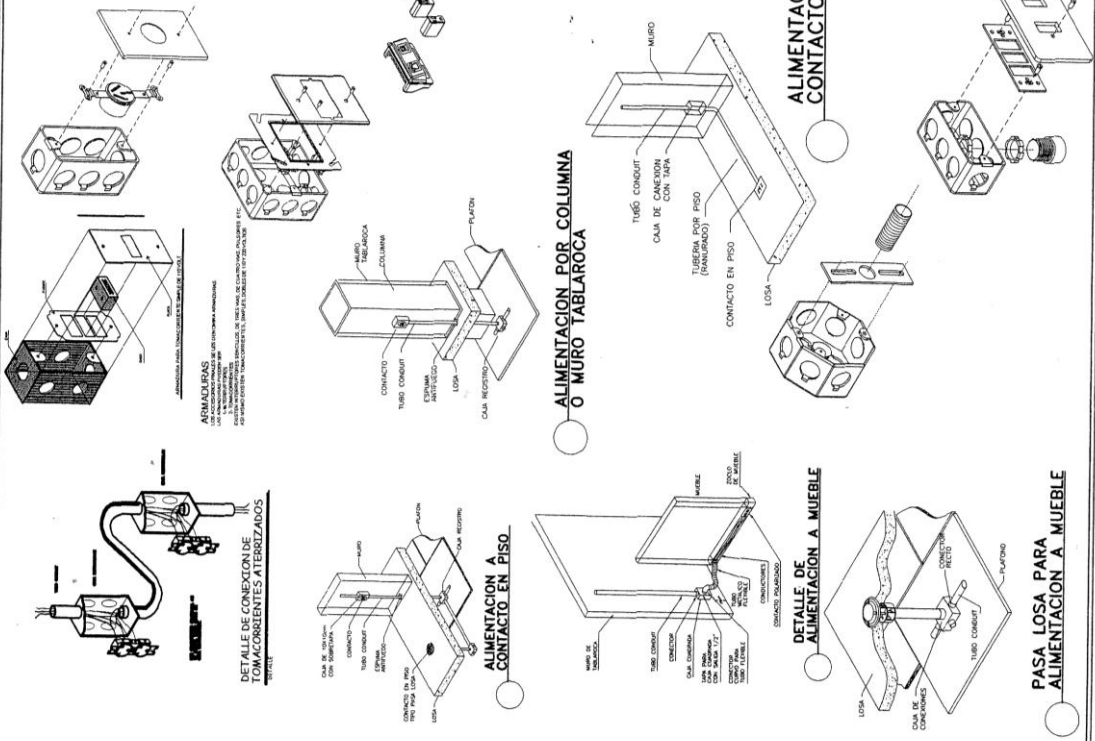
ELECCION PROYECTO ANIL SIERREMANO EPS  
NUNQUEPAPA DE SOLOA, SOLOA

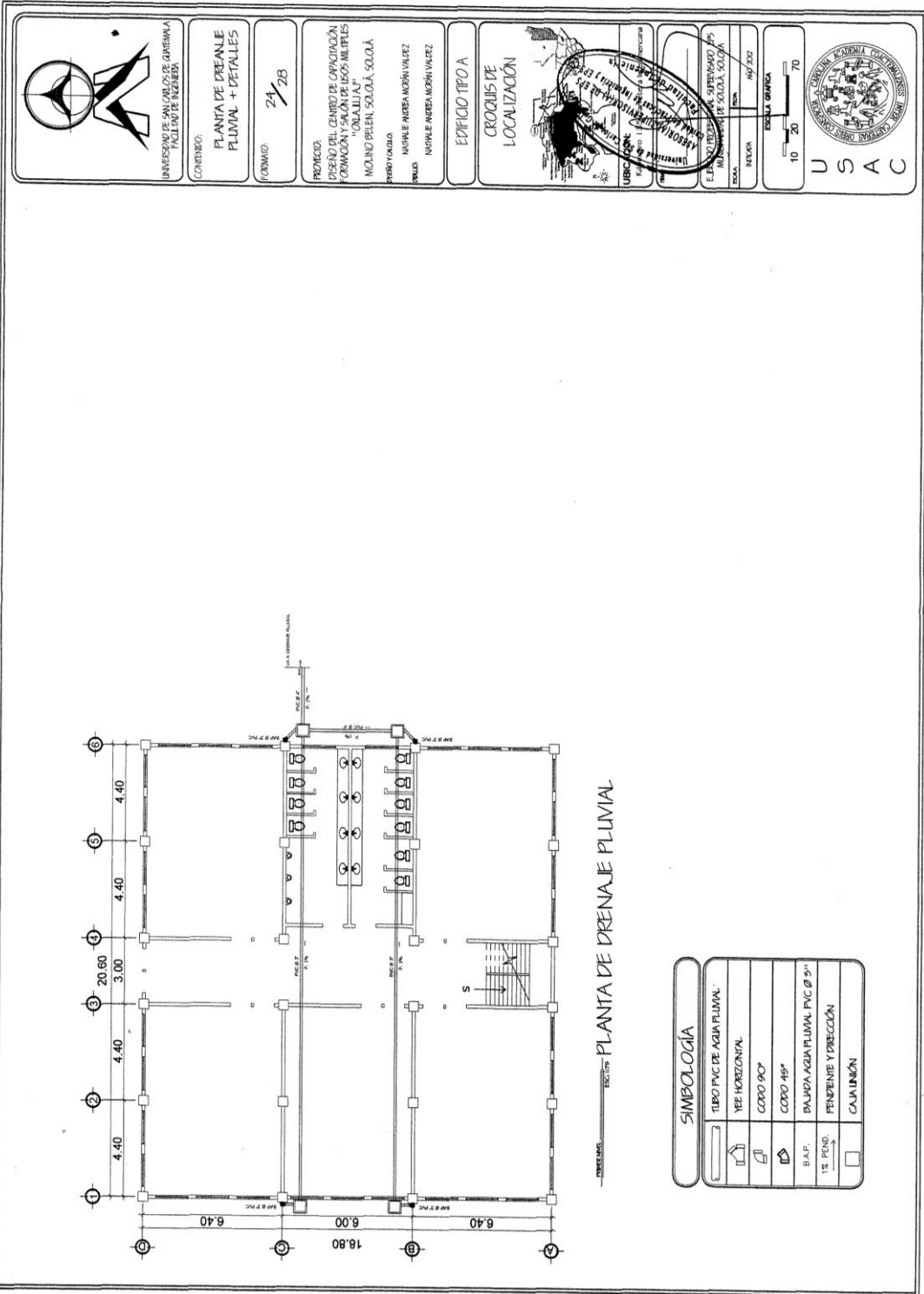
ESCALA: INDEXAR NO 2002

ESCALA: 10 20 70



NOMBRE COMERCIAL	FORMA	DEBIMENSIONES	MATERIAL	INDICACIONES
RECTANGULAR		2"x2"x1/2"	PLASTICO Y METAL	INTERRUPTORES TOMACORRIENTES TOMAS TOMAS DE TV TEL RADIO
CUADRADA		2"x2"	PLASTICO Y METAL	INTERRUPTORES TOMACORRIENTES TOMAS
OCTOGONAL		2"x2"	PLASTICO Y METAL	CAJAS DE REGISTRO LAMPARAS EN CIELO Y PARED
SOCKET CIRCULAR			METAL	CLAVES DE REGISTRO CONTACTOR INDIVIDUAL
SOCKET CUADRADA			METAL	CONTACTORES MULTIUSOS
PASA FLIP-ON		VARIABLE DEL NÚMERO DE FLIP-ON	METAL	TABLEROS PARA FLIP-ON





UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

CONTENIDO:  
PLANTA DE DRENAJE  
PLUMAL Y DETALLES

FORMAID: 24/28

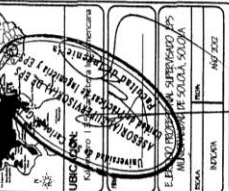
PROYECTO:  
DISEÑO DEL CENTRO DE CAPACITACIÓN  
PARA MUJERES Y NIÑOS DE LOS MUNICIPIOS  
"YUBAQUILA" Y  
"MOLINO BELÉN-SOLOLA, SOLOLA"

PROYECTISTA:  
INGENIERO ANDREA MORA VILLERZ

PAÍS:  
GUATEMALA

EDIFICIO: TFO A

CROQUIS DE LOCALIZACIÓN



UBICACIÓN:  
CARRANZA, MUNICIPIO DE SAN JUAN CANTÓN DE SAN JUAN, DEPARTAMENTO DE SAN JUAN, GUATEMALA

FECHA:  
15/05/2007

ESCALA:  
1:50

ESCALA GRÁFICA:  
0 10 20 70


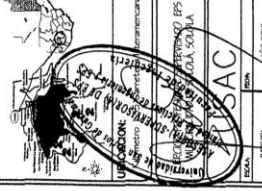



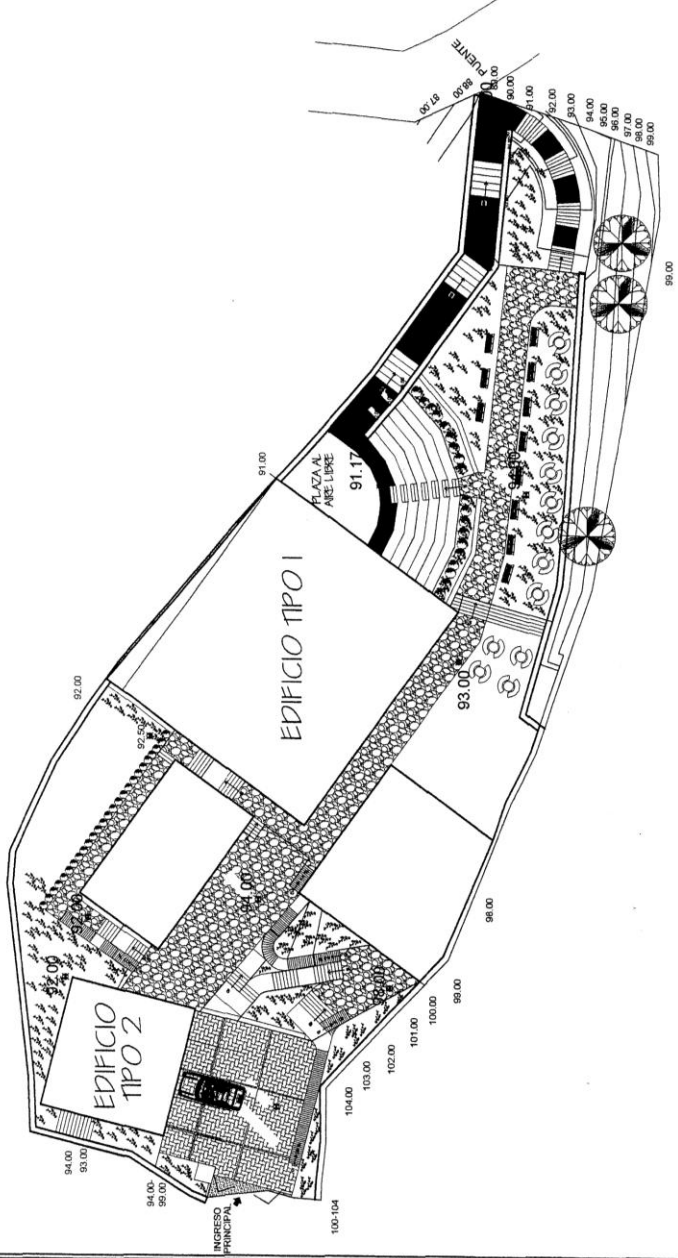
PLANTA DE DRENAJE PLUMAL

SIMBOLOGÍA	
	TIPO PVC DE AGUA PLUMAL 1.5"
	VEE HORIZONTAL
	CODO 90°
	CODO 45°
	BAJADA AGUA PLUMAL PVC Ø 2"
	1.5" FEND. PENDIENTE Y DIRECCIÓN
	CAJA UNIÓN

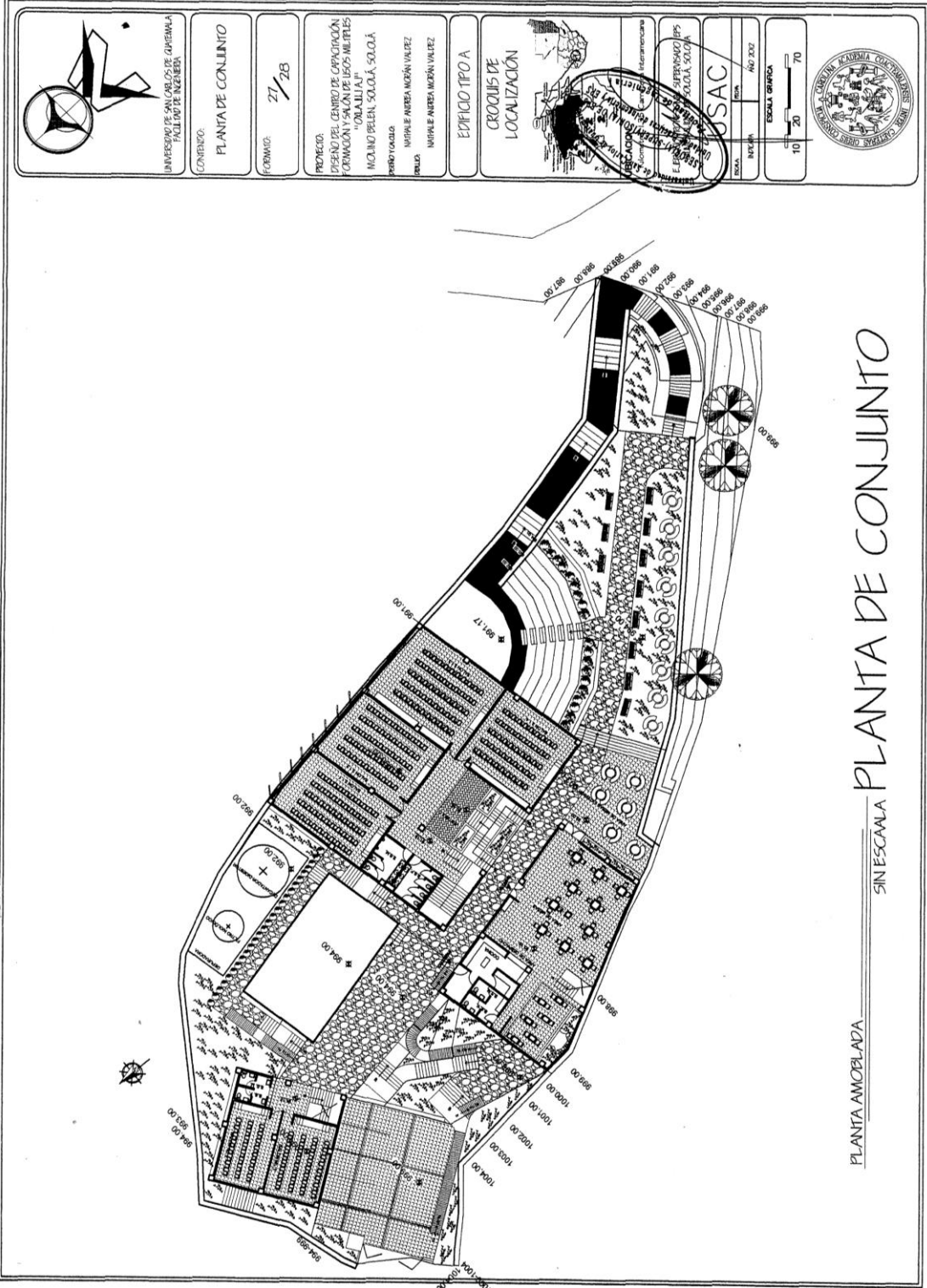




	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA
	CONTENIDO: PLANTA DE CONJUNTO INTEGRACION DE EDIFICIOS
FORNADO: 26/28	PROYECTO: DISEÑO DEL CENTRO DE CAPACITACION FORMACION Y SALON DE LEOS ALFAREROS "DOLALLIA" MOLINO BELEN, SOLOLA, SOLOLA
PROYECTO LOCAL: INTIMPLE PAREDA MORAN VALDEZ PAREDES: MARLE PAREDA MORAN VALDEZ	EDIFICIO TIPO A CROCUS DE LOCALIZACION
	
ESCALA: 1:500 FECHA: JUN 2007	



PRIMER NIVEL  
 SIN ESCALA PLANTA DE CONJUNTO



PLANTA AMOBLADA SIN ESCALA PLANTA DE CONJUNTO



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA

CONTENIDO:  
PLANTA DE CONJUNTO  
CURVAS DE NIVEL

FORMA: 29/28

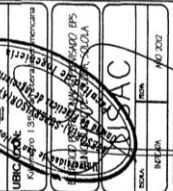
PROYECTO:  
PROYECTO DEL CENTRO DE CAPACITACION  
FORMACION Y SALUD DE MUJERES  
"CONAJUJIA"  
MOLINO PRELEN, SOLOLA, GUATEMALA

PROYECTANTE:  
MIGUEL ANIBAL MORAÑ VALDEZ

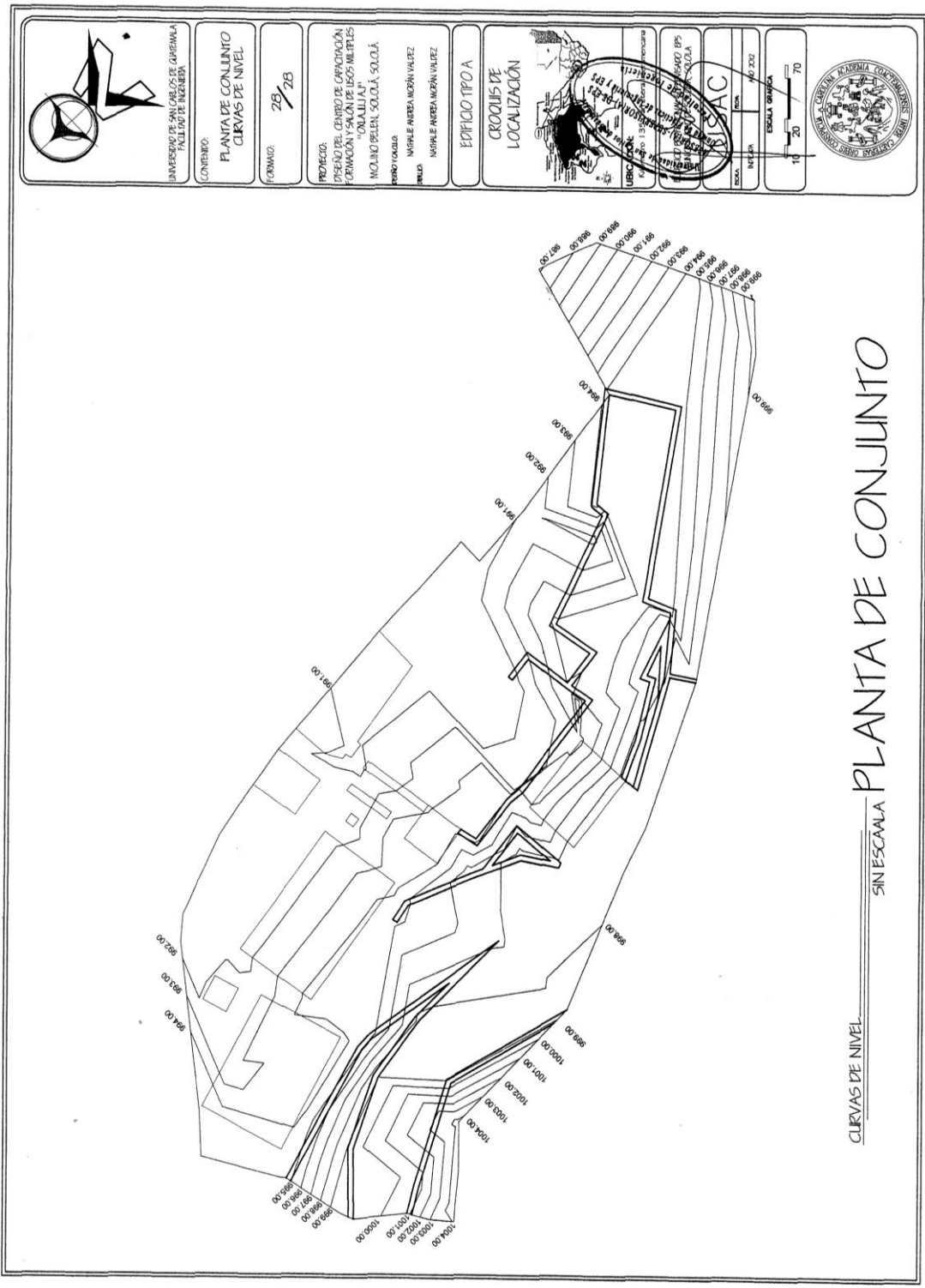
PROYECTADO POR:  
MIGUEL ANIBAL MORAÑ VALDEZ

EDIFICIO TIPO A

CROQUIS DE LOCALIZACION



ESCALA: 1:1000



CURVAS DE NIVEL  
SIN ESCALA  
PLANTA DE CONJUNTO



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA

CONTENIDO: **ELEVACIONES**

FORMAÑO: 2/12

PROYECTO: DISEÑO DEL CENTRO DE CAPACITACION, FORMACION Y SALON DE USOS MULTIPLES "OXLAJLU AJJ"

PROFESOR: INGENIERO ANDREA MORAN VALEZ

PREFECTADO: INGENIERO ANDREA MORAN VALEZ

PRUEBA: INGENIERO ANDREA MORAN VALEZ

**CRUCIOS DE LOCALIZACION**

PROYECTO: CENTRO DE CAPACITACION, FORMACION Y SALON DE USOS MULTIPLES "OXLAJLU AJJ"

PROYECTISTA: INGENIERO ANDREA MORAN VALEZ

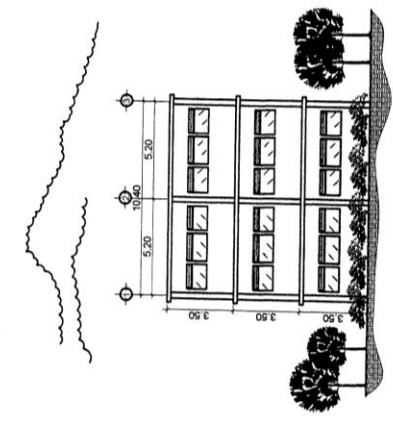
FECHA: 19/05/2012

ESCALA: 1:100

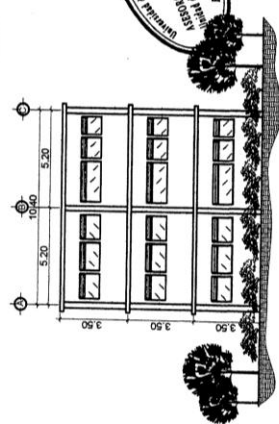
ESCALA: 1:20

ESCALA: 1:70

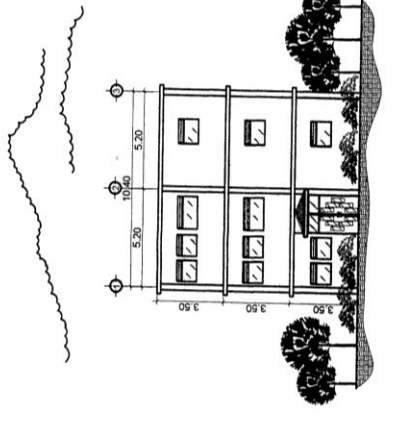
U S A C



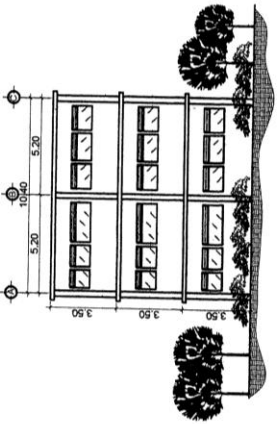
— ARCHITECTO — ELEVACION POSTERIOR



— ARCHITECTO — ELEVACION LATERAL DERECHA



— ARCHITECTO — ELEVACION PRINCIPAL



— ARCHITECTO — ELEVACION LATERAL IZQUIERDA

PROYECTO: CENTRO DE CAPACITACION, FORMACION Y SALON DE USOS MULTIPLES "OXLAJLU AJJ"

PROYECTISTA: INGENIERO ANDREA MORAN VALEZ


FECHA: 19/05/2012

ESCALA: 1:100

ESCALA: 1:20

ESCALA: 1:70

CENTRO DE CAPACITACION, FORMACION Y SALON DE USOS MULTIPLES "OXLAJLU AJJ"



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA

CONTENIDO:

ELEVACIONES

FORMA:

3/12

PROYECTO:

DESIGNO DEL CENTRO DE OPERACION  
ECONOMICA Y SOCIAL DE LOS  
MULIPLES "YOKA LIAU" Y  
MOLINO PRELEN, SOLA LA

PROYECTANTE:

INGENIERO AMBERA MORON VALEZ  
INGENIERO AMBERA MORON VALEZ

UBICACION:

Kilometro 1.395 Carretera Interamericana

ESCALA:

10 20 70

NOMENCLATURA	
SEÑAL	IDENTIFICADO
MAN	BALDA DE AGUAS NEGRIAS
BAO	BALDA DE AGUAS GRISAS

ESPECIFICACIONES TECNICAS:

- TUBERIA S.P.V.C. CDO. 26.140 PST BLANCO 1/2" D 2241 SEGUN DIAMETRO INDICADO.
- LA PENDIENTE SERA DE 2%.
- PARA LA UNION DE TUBERIA CON UN REDUCTOR TIPO BUSHING.
- LA RESISTENCIA DE LA TUBERIA SERA DE 160 P.S.I.
- DEBERA TENER ADITIVO SIKH 1.
- DEBERA UTILIZARSE PEGAMENTO PARA P.V.C. APLICANDO 8 mm. DE
- LAS UNIONES DE TUBERIA DEBE REALIZARSE CON UNIONES DE P.V.C. SEGUN DIAMETRO DE TUBERIA Y UNA CAPA DE 8 mm. DE PEGAMENTO
- NO SE PERMITE QUEMAR TUBERIAS PARA LAS UNIONES.

ESPECIFICACIONES:

INGENIERO: REIA, TRAMPA MDS, CUANTO 21-038

MATERIAL: PORCELANA, VITRIFICADA DE COLOR BLANCO.

CUERPO: A CORRO

FLUJOMETRO: HEDER MDS F-110 CON BLOQ DE 22mm.

UBICACION:

Kilometro 1.395 Carretera Interamericana

ESCALA:

10 20 70

SIMBOLOGIA	
MANEJO	IDENTIFICADO
CE	COUDO PVC 8" VERTICAL
RE	REDUCTOR TIPO BUSHING
VEE	VEE MANIFABRA PVC
TI	TUBERIA DE AGUAS SERVIDAS
MI	MANIFABRA DE AGUAS SERVIDAS
MI	MANIFABRA DE AGUAS SERVIDAS

NOTAS:

TODAS LAS UNIDADES ESTAN ACORRADA EN CUENTRITOS Y LOS DIAMETROS EN MILIMETROS

EL FLUJOMETRO SERA MAN UN DECORADO DE 8 LITROS

APLICACIONES:

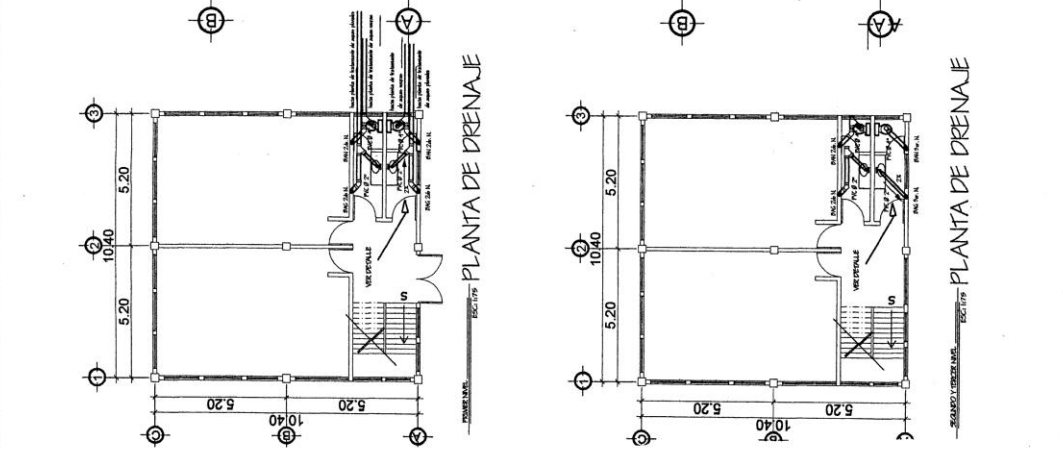
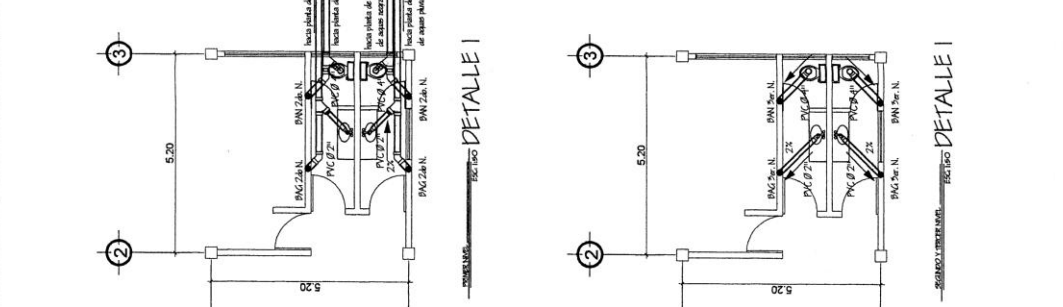
EN MOBILES PARA DESPACHADOS

UBICACION:

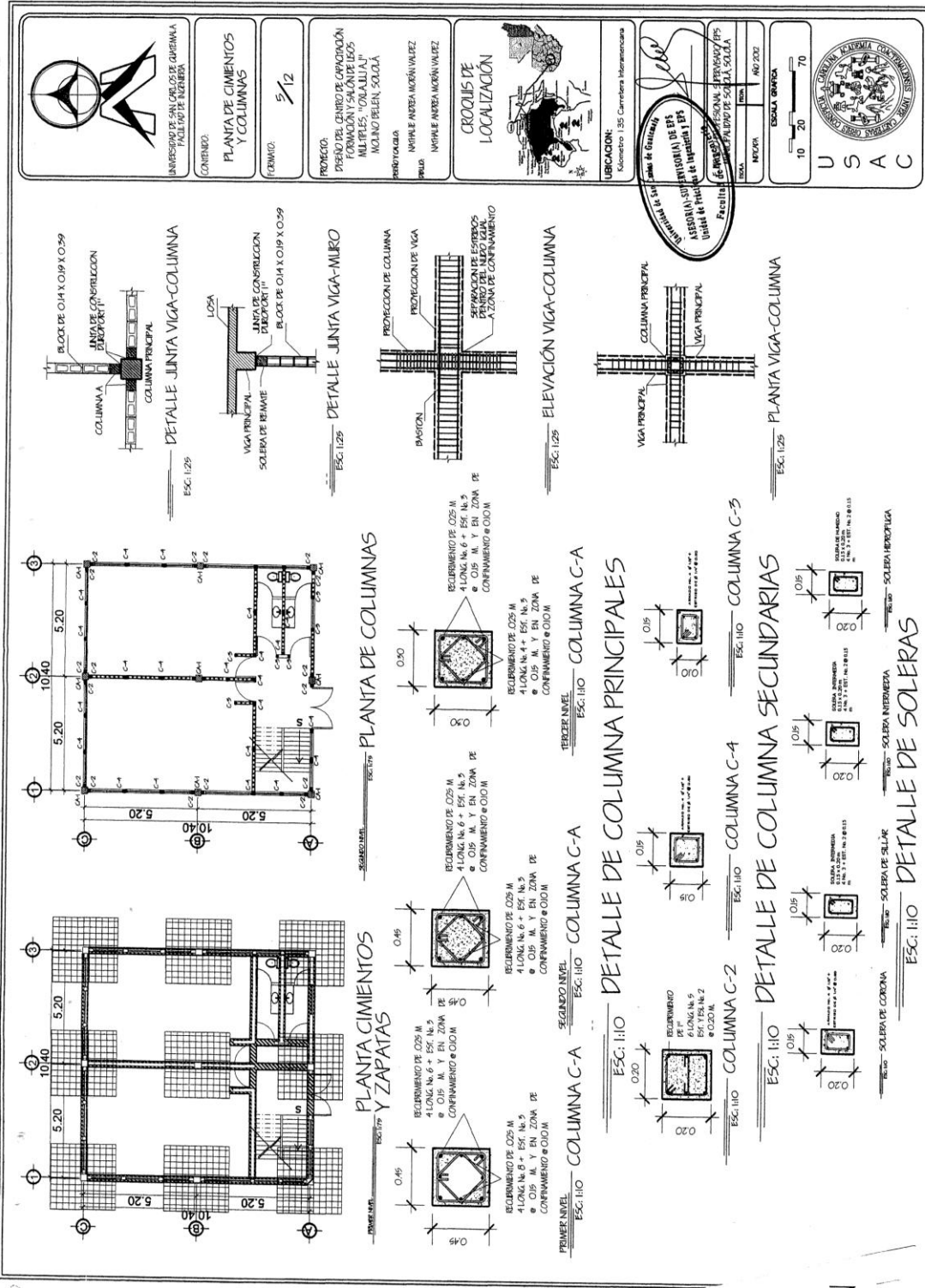
Kilometro 1.395 Carretera Interamericana

ESCALA:

10 20 70







UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA

CONTENIDO:  
PLANTAS DE CIMENTOS Y COLUMNAS

FORMATO:  
5/12

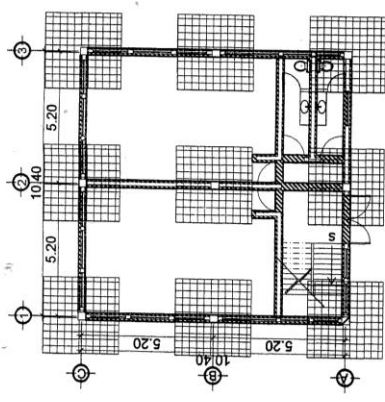
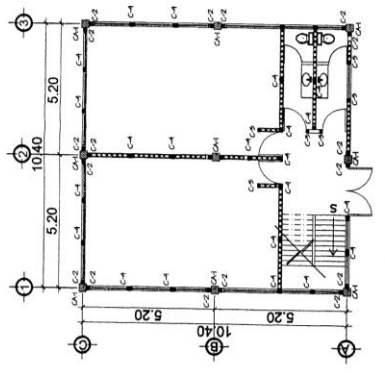
PROYECTO:  
PROYECTO DEL CENTRO DE CAPACITACION FORMACION Y SALUD DE LOS MULTIPLES "OMALUJA" MOLINO BELLEN, SOLOLA

PROYECTADORA:  
INGENIERO ANDREA MORAN VALEZ  
INGENIERO ANDREA MORAN VALEZ

UBICACION:  
Kilometro 1.35 Carretera Interamericana

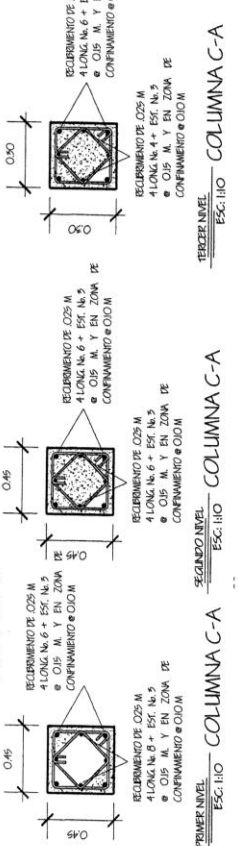
ASOCIACION SUBSECTORIAL DE LOS ASISTENTES TECNICOLOGICOS DE INGENIERIA TERA  
Facultad de Ingenieria y Arquitectura  
Escuela Superior de Ingenieros  
Universidad de San Carlos de Guatemala

ESCALA: 1:10  
10 20 70



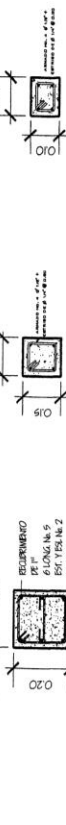
PRIMER NIVEL ESC: 1:10 COLUMNA C-A

SEGUNDO NIVEL ESC: 1:10 COLUMNA C-A



ESC: 1:10 DETALLE DE COLUMNA PRINCIPALES

ESC: 1:10 COLUMNA C-2

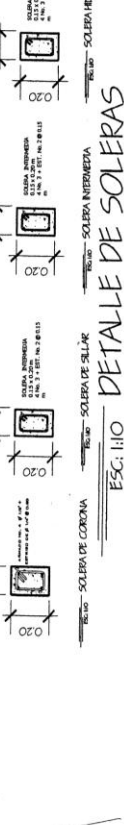


ESC: 1:10 COLUMNA C-3

ESC: 1:10 COLUMNA C-4

ESC: 1:10 DETALLE DE COLUMNA SECUNDARIAS

ESC: 1:10 COLUMNA C-5



ESC: 1:10 DETALLE DE SOLERAS

ESC: 1:10 DETALLE DE SOLERAS





GOBIERNO DEL ESTADO DE SAN CARLOS DE GUAYMAS  
MUNICIPIO DE SAN CARLOS DE GUAYMAS  
CALLE DE AGUIRRE

GOBIERNO  
CORTE DE MUROS

FORMA: 6/12

PROYECTO:  
RECONSTRUCCIÓN DEL CENTRO DE CALIFICACION  
DE LOS ALUMNOS DE LOS  
MATERIAS "COMUNICACION"  
"INGENIERIA" Y "SOLAJA"  
EN EL MUNICIPIO DE SAN CARLOS DE GUAYMAS  
ESTADO DE SAN CARLOS DE GUAYMAS  
MEXICO



CROQUIS DE LOCALIZACIÓN

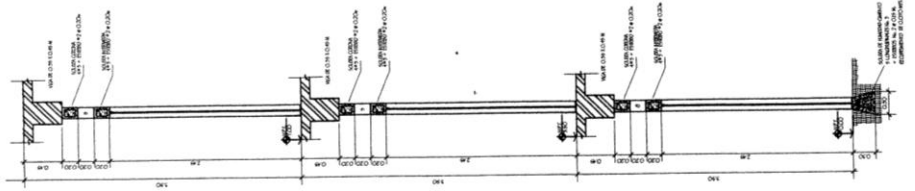
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE SAN CARLOS DE GUAYMAS  
CARRILLO DE LA ROSA  
CALLE DE AGUIRRE  
MUNICIPIO DE SAN CARLOS DE GUAYMAS  
ESTADO DE SAN CARLOS DE GUAYMAS  
MEXICO

PROYECTO PROFESIONAL SUPERVISADO POR EPS  
MUNICIPAL DE SAN CARLOS DE GUAYMAS  
ESTADO DE SAN CARLOS DE GUAYMAS  
MEXICO

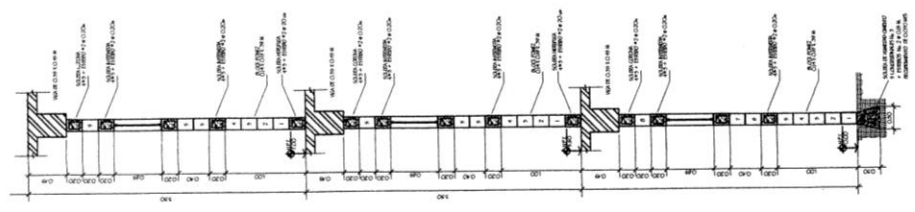
ESCALA: 10 20 70  
ESCALA GRAFICA



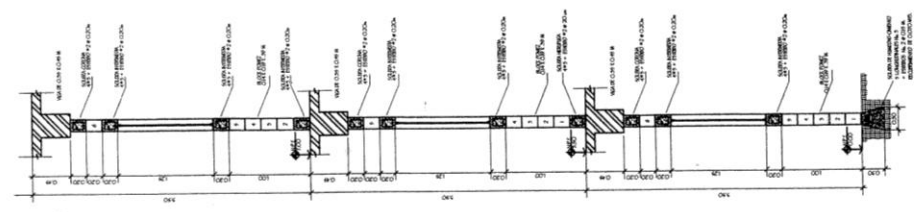
U S A C



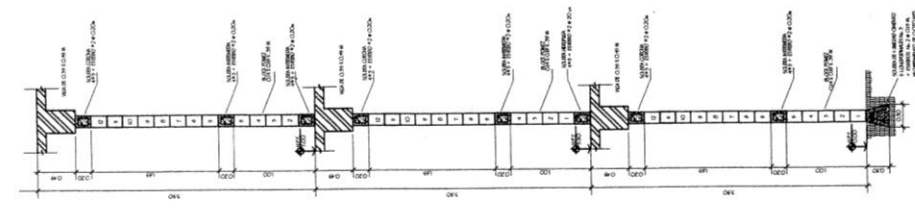
ESC. 1:25 SECCIÓN TÍPICA DE MURO



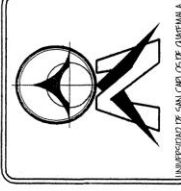
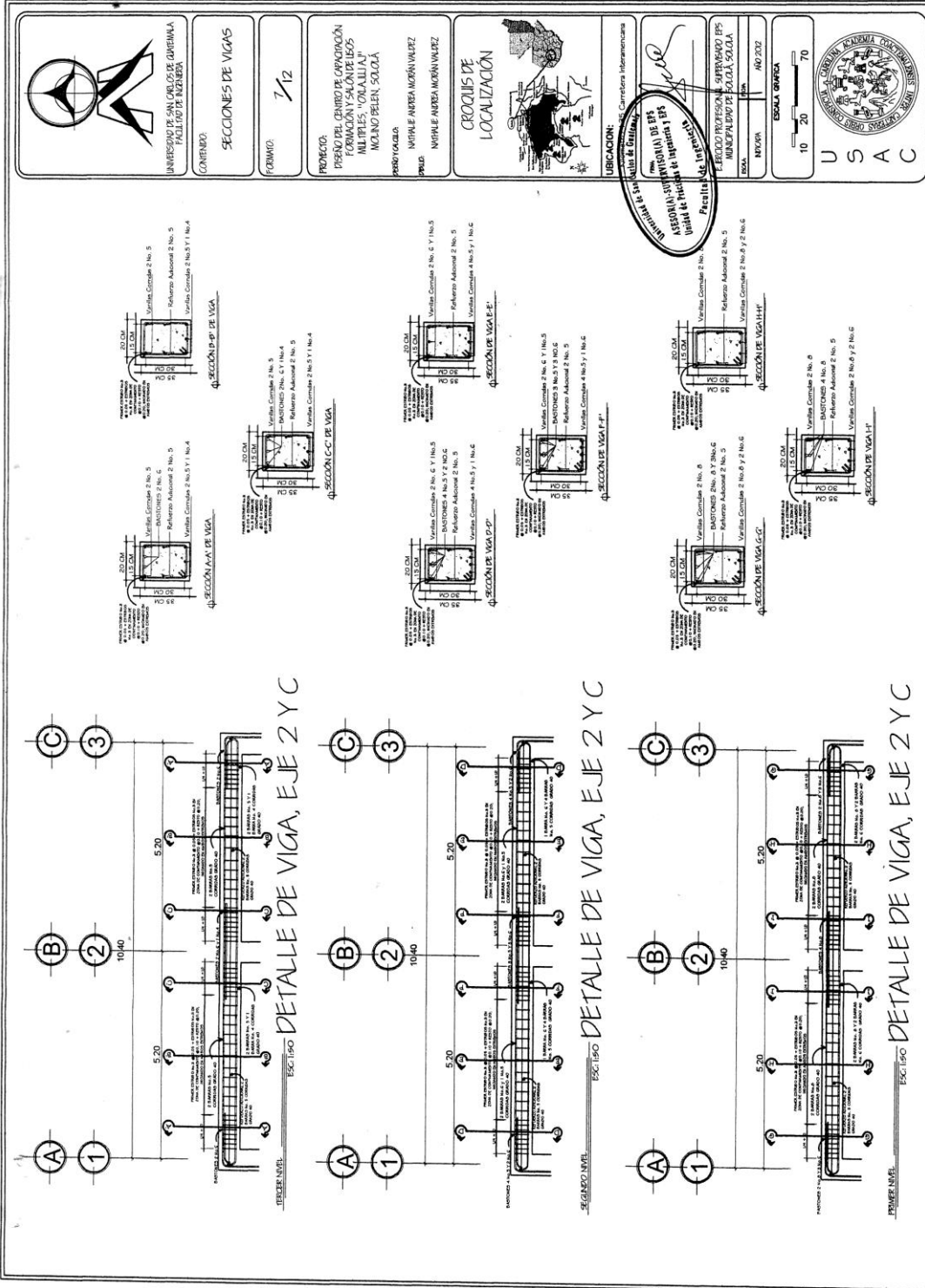
ESC. 1:25 SECCIÓN TÍPICA DE MURO



ESC. 1:25 SECCIÓN TÍPICA DE MURO



ESC. 1:25 SECCIÓN TÍPICA DE MURO



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA

CONTENIDO  
SECCIONES DE VIGAS

FORMA: 7/12

PROYECTO:  
DISEÑO DEL CARRILLO DE CIRCUNDA-  
CIÓN Y FORMACIÓN Y SALIDAS DE LOS  
MILLERES "OMALIA" Y  
MOLINO PELEN, SOLOLA



UBICACION:  
Comercios Interamericanos

ASOCIACION DE EPS  
Unidad de Gestión e Ingeniería a EPS  
Realidad Interactiva

PERIODO PROFESIONAL SUPERVISADO EPS  
MUNICIPALIDAD DE SOLOLA, SOLOLA

ESCALA GRAFICA  
10 20 70

U S A C



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA

CONTENIDO:  
DETALLE DE GRADAS

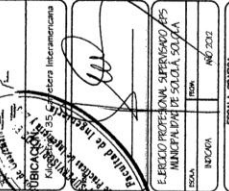
COMANDO:  
8/12

PROYECTO:  
DISEÑO DEL CENTRO DE CAPACITACIÓN  
FORMACIÓN Y SALUD DE LOS  
MULTIPLÉS "CONAJUAL"  
MOLINO PRIEN, SOLA LA

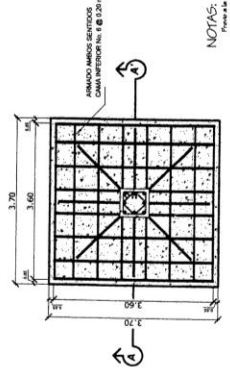
PROYECTADORA:  
NIRVILE ANDREA MORÁN VALEZ

SEAL:  
NIRVILE ANDREA MORÁN VALEZ

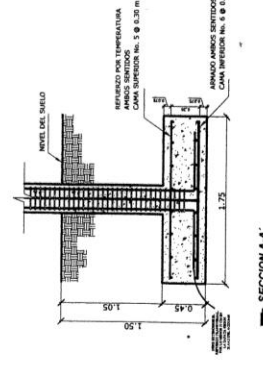
UBICACIÓN



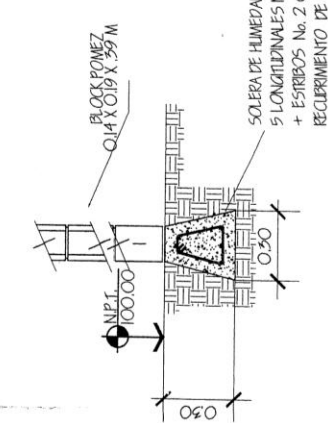
ESCALA: 10 20 70



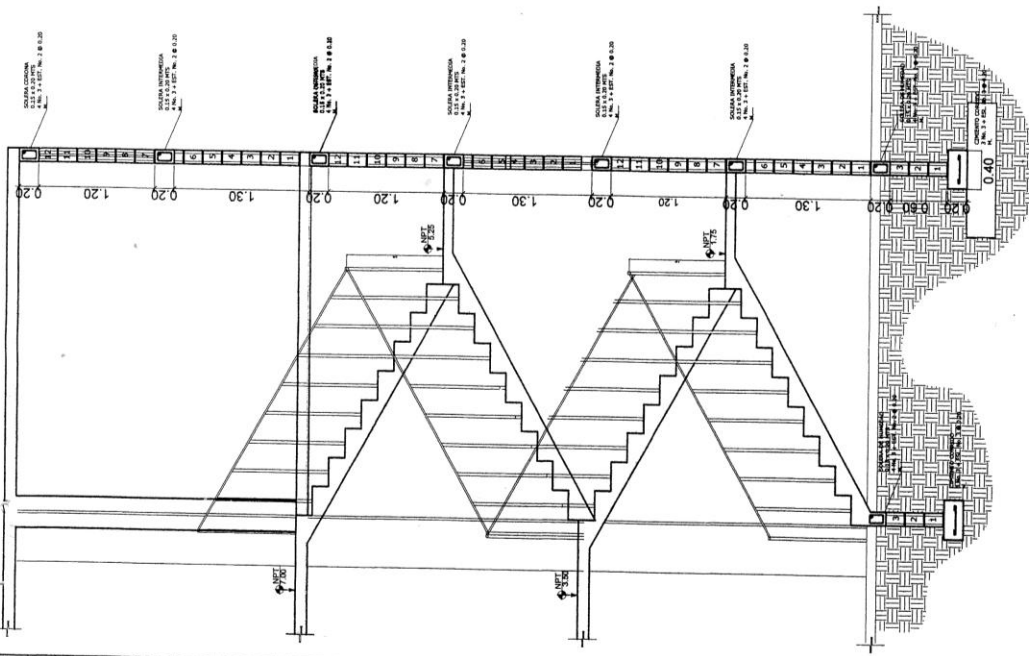
PLANTA ZAPATA  
ESCALA: 1/20



SECCION A-A  
ESCALA: 1/20



ESCALA: 1/20  
SOLERA TRAPEZOIDAL-CIMENTO CORRIDO



ESCALA: 1/20  
CORTE DE GRADAS



UNIVERSIDAD DE SAN ANDRÉS DE CUENCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

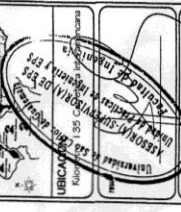
CONTENIDO:  
ELEVACIONES

FORMATO:  
9/12

PROYECTO:  
OPERA DEL CENTRO DE CAPACITACIÓN  
FORMACIÓN Y SALÓN DE USOS  
MÚLTIPLES "ORILLAS"  
MODULO BLEN, SOLOLA

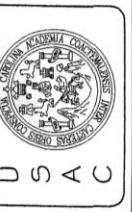
PROYECTANTE:  
MARCELO ARREOLA MORA VALDEZ

UBICACIÓN:  
CROQUIS DE LOCALIZACIÓN



ESCALA:  
INDICADA  
NO 200

ESCALA GRÁFICA  
10 20 70



NOMENCLATURA	
ESCALAS	SIGNIFICADO
BAJA	BAJADA DE AGUAS NEGRAS
BAJO	BAJADA DE AGUAS CIEGRAS

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:

- TUBERIA P.V.C. C/20.26 160 P.M. BLANCO (C/2.24) SEGUN DIAMETRO INDICADO.
- LA PENDIENTE SERA DE 2%.
- PARA LA UNION DE TUBERIAS CON UN DIAMETRO DE 160 P.M. SE USARÁ UN REDUCTOR TIPO BROSSING.
- LA RESISTENCIA DE LA TUBERIA SERA DE 160 P.S.I.
- LA UNION DE TUBERIA CON LAS CAJAS, DEBERA UTILIZARSE PEGAMENTO PARA P.V.C. APLICANDO 8 mm. DE RECURRIMIENTO.
- LA TUBERIA DEBE REALIZARSE EN UNIONES DE P.V.C. SEGUN DIAMETRO DE TUBERIA Y UNA CAPA DE 8 mm. DE PEGAMENTO PARA TUBERIA.
- DEBERA QUEDAR SIN QUEDAR LAS UNIONES.

ESPECIFICACIONES:

MATERIAL: HERRAJERIA M.M. CUARTO 04-030

ACABADO: PINTURAS VENTILACION DE COLOR BLANCO

COBERTO: A. COBERTO

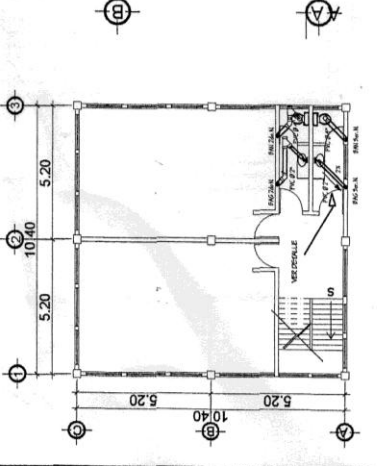
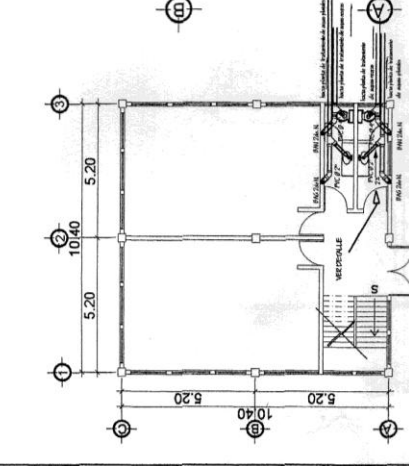
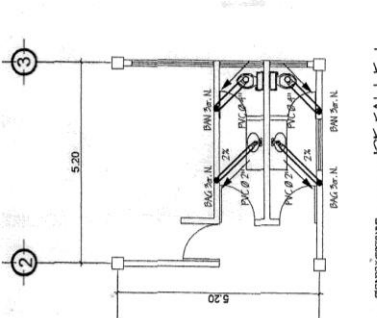
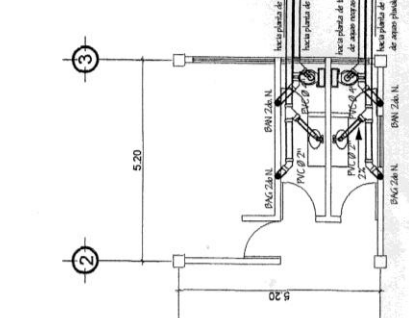
FLUJOMETRO: HELIX M.M. P-110 CON SPAD DE 30mm.


SIMBOLOGIA	
SEÑALADO	SEÑALADO
02	CORDON PVC EN VERTICAL
03	CORDON PVC 45
04	REDUCTOR TIPO BROSSING
05	TUBERIA EN VERTICAL
06	TUBERIA EN VERTICAL
07	TUBERIA EN VERTICAL
08	TUBERIA EN VERTICAL
09	TUBERIA EN VERTICAL
10	TUBERIA EN VERTICAL
11	TUBERIA EN VERTICAL
12	TUBERIA EN VERTICAL
13	TUBERIA EN VERTICAL
14	TUBERIA EN VERTICAL
15	TUBERIA EN VERTICAL
16	TUBERIA EN VERTICAL
17	TUBERIA EN VERTICAL
18	TUBERIA EN VERTICAL
19	TUBERIA EN VERTICAL
20	TUBERIA EN VERTICAL
21	TUBERIA EN VERTICAL
22	TUBERIA EN VERTICAL
23	TUBERIA EN VERTICAL
24	TUBERIA EN VERTICAL
25	TUBERIA EN VERTICAL
26	TUBERIA EN VERTICAL
27	TUBERIA EN VERTICAL
28	TUBERIA EN VERTICAL
29	TUBERIA EN VERTICAL
30	TUBERIA EN VERTICAL
31	TUBERIA EN VERTICAL
32	TUBERIA EN VERTICAL
33	TUBERIA EN VERTICAL
34	TUBERIA EN VERTICAL
35	TUBERIA EN VERTICAL
36	TUBERIA EN VERTICAL
37	TUBERIA EN VERTICAL
38	TUBERIA EN VERTICAL
39	TUBERIA EN VERTICAL
40	TUBERIA EN VERTICAL
41	TUBERIA EN VERTICAL
42	TUBERIA EN VERTICAL
43	TUBERIA EN VERTICAL
44	TUBERIA EN VERTICAL
45	TUBERIA EN VERTICAL
46	TUBERIA EN VERTICAL
47	TUBERIA EN VERTICAL
48	TUBERIA EN VERTICAL
49	TUBERIA EN VERTICAL
50	TUBERIA EN VERTICAL

NOTAS:

1. SE USARÁN LOS MATERIALES Y EQUIPOS EN CONFORMIDAD CON LAS ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO.

2. EL FLUJOMETRO SERA PARA UN RENDIMIENTO DE 4 LITROS.





UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA

CONTRATO:  
**INST. DE FUERZA E ILUMINACION**

FORMA:  
19/12

PROYECTO:  
DISEÑO DEL CENTRO DE OPERACION FORMACION Y SALON DE USOS MULTIPLES "ONLAJU" AF. MOLINO PELEN, SOCCIA

PROYECTANTE:  
ING. NIBALE ANTEA MORAN VALEZ

UBICACION:  
Kilometro 1.35 Carretera Interamericana


INSTRUMENTOS DE REPRESENTACION

1	LINEA DE FUERZA
2	LINEA DE ILUMINACION
3	LINEA DE TIERRA
4	LINEA DE TIERRA EN PARED
5	LINEA DE TIERRA EN PARED
6	LINEA DE TIERRA EN PARED
7	LINEA DE TIERRA EN PARED
8	LINEA DE TIERRA EN PARED
9	LINEA DE TIERRA EN PARED
10	LINEA DE TIERRA EN PARED

LEGENDA

1	CAJA DE FILIPONES
2	TOMACORRIENTE 120V A H10.30
3	TOMACORRIENTE 240V A H10.30
4	TOMACORRIENTE 120V A H11.20
5	TOMACORRIENTE 120V A H12.10
6	LINEA VIVA
7	TIERRA
8	TIERRA EN PARED
9	TIERRA EN PARED
10	TIERRA EN PARED
11	TIERRA EN PARED
12	TIERRA EN PARED
13	TIERRA EN PARED
14	TIERRA EN PARED
15	TIERRA EN PARED
16	TIERRA EN PARED
17	TIERRA EN PARED
18	TIERRA EN PARED
19	TIERRA EN PARED
20	TIERRA EN PARED
21	TIERRA EN PARED
22	TIERRA EN PARED
23	TIERRA EN PARED
24	TIERRA EN PARED
25	TIERRA EN PARED
26	TIERRA EN PARED
27	TIERRA EN PARED
28	TIERRA EN PARED
29	TIERRA EN PARED
30	TIERRA EN PARED
31	TIERRA EN PARED
32	TIERRA EN PARED
33	TIERRA EN PARED
34	TIERRA EN PARED
35	TIERRA EN PARED
36	TIERRA EN PARED
37	TIERRA EN PARED
38	TIERRA EN PARED
39	TIERRA EN PARED
40	TIERRA EN PARED
41	TIERRA EN PARED
42	TIERRA EN PARED
43	TIERRA EN PARED
44	TIERRA EN PARED
45	TIERRA EN PARED
46	TIERRA EN PARED
47	TIERRA EN PARED
48	TIERRA EN PARED
49	TIERRA EN PARED
50	TIERRA EN PARED

CRUCIOS DE LOCALIZACION

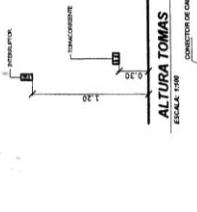


UBICACION:  
Kilometro 1.35 Carretera Interamericana

NOTA:  
Se recomienda que el tablero general de distribucion de fuerza y luz se instale a una altura de 1.50 mts. a 1.70 mts. para facilitar el acceso a los interruptores y a los fusibles o corta circuitos.

60W = 4 UNDS X 110 / 100  
AMP = 4 UNDS X 100 / 1000

ALTIMETRIA



ALTIMETRIA TYP  
ESCALA 1:5

ALTIMETRIA TYP  
ESCALA 1:5

ALTIMETRIA TYP  
ESCALA 1:5

DETALLE DE ANCLAJE EN TECHO  
ESCALA 1:5

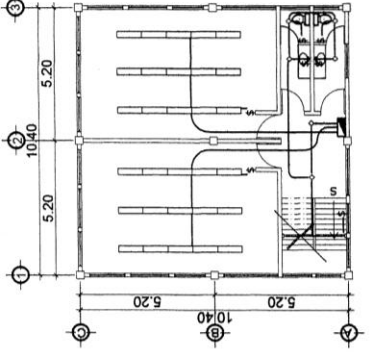
DETALLE DE CURVA PREFABRICADA  
ESCALA 1:5

DETALLE DE CONEXION DE INSTALACION EN MURO  
ESCALA 1:5

DETALLE DE CONEXION DE INSTALACION EN MUROS, BARRA ENTORNADO  
ESCALA 1:5

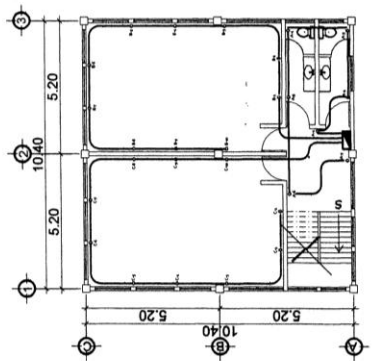
DETALLE ACOMETIDA ELECTRICA TIPO RESIDENCIAL  
Sin Escala

PLANTA DE ILUMINACION



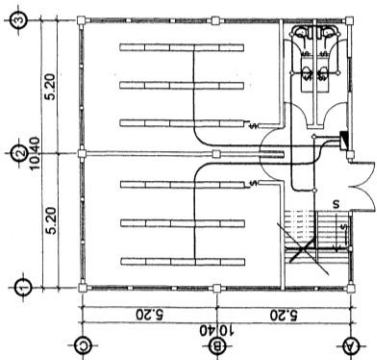
ESCALA 1:50

PLANTA DE FUERZA



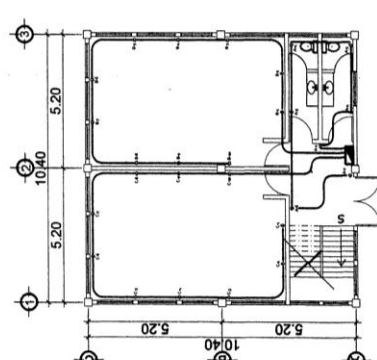
ESCALA 1:50

PLANTA DE ILUMINACION



ESCALA 1:50

PLANTA DE FUERZA



ESCALA 1:50





UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA

CONTENIDO: DRENAJE PLUVIAL

FORMA: 12/12

PROYECTO: DISEÑO DEL CENTRO DE OPERACIONES  
FORMACION PARA LOS  
MILITARES "POLICIA"  
INDUSTRIAL DEL AREA SOLIDA

PROYECTISTA: INRIKLE ANDREA MORAN VALDEZ

TITULO: CROQUIS DE LOCALIZACION

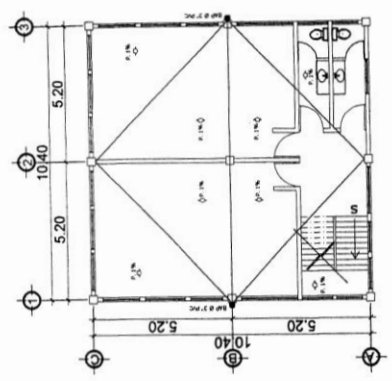
FECHA: 10/05/2022

ESCALA: 1:50

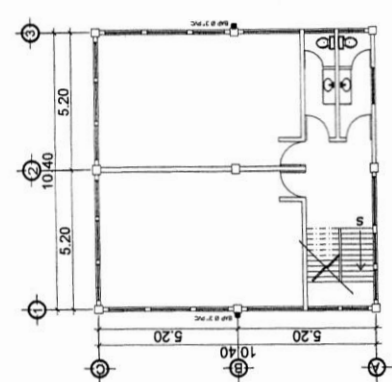




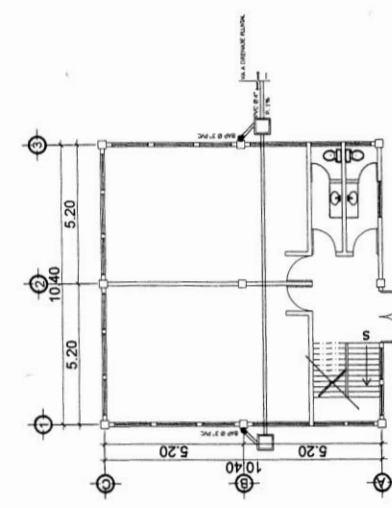
U S A C



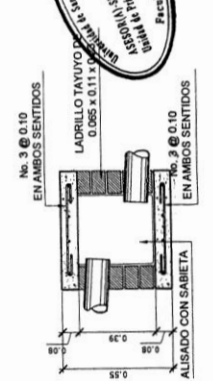
ESCALA: 1:50 PLANTA D. PLUVIAL



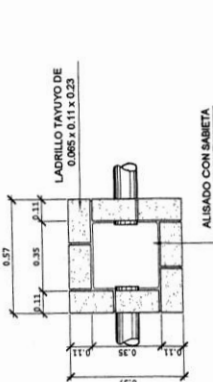
ESCALA: 1:50 PLANTA D. PLUVIAL



ESCALA: 1:50 PLANTA D. PLUVIAL






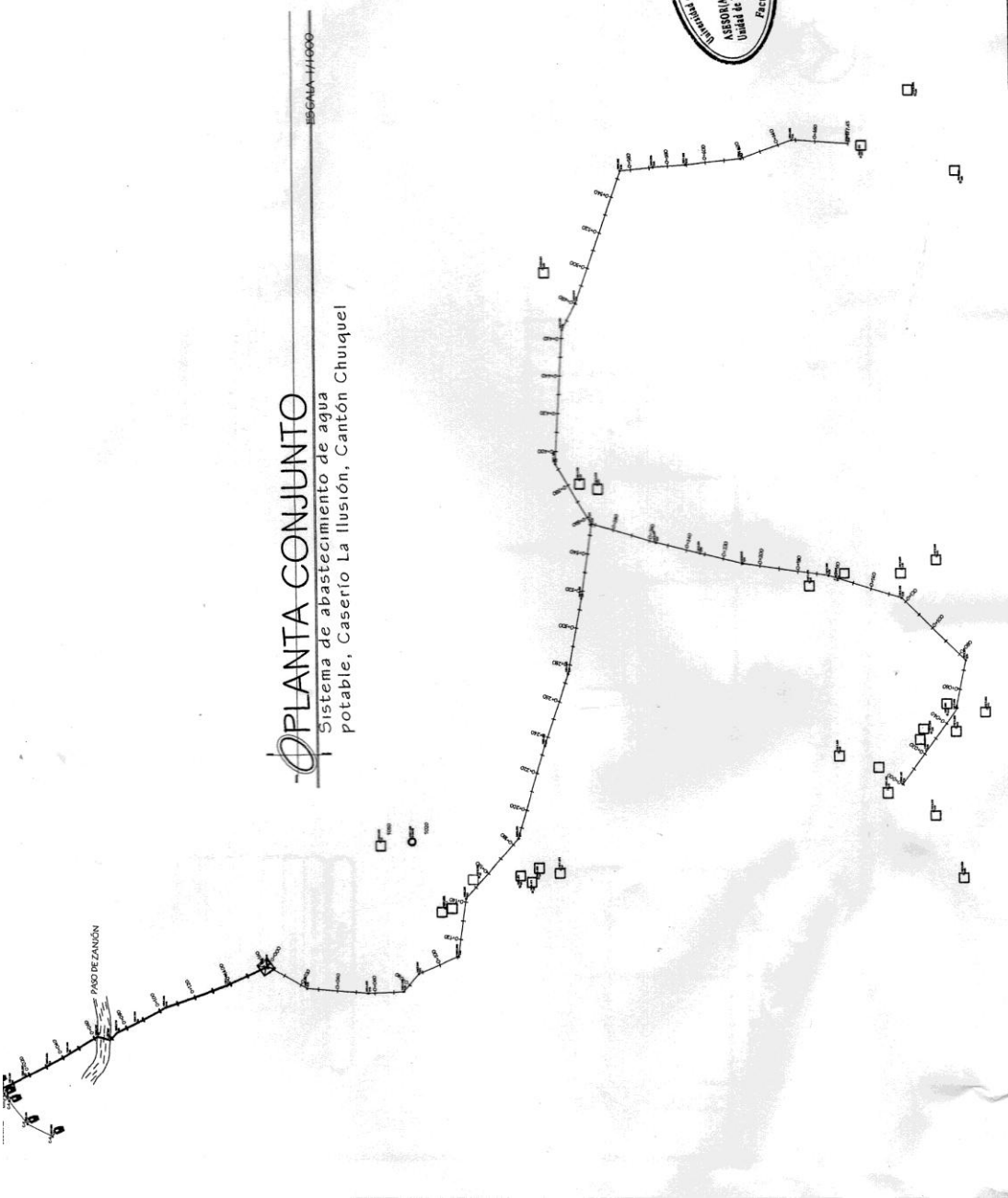
ESCALA: 1:50 SECCION DE CAJA DE UNION



ESCALA: 1:50 DETALLE DE CAJA DE UNION

SIMBOLOGIA	
	TUBO PVC DE AGUA PLUVIAL
	TEE HORIZONTAL
	CORDO 90°
	CORDO 45°
	BAJADA AGUA PLUVIAL PVC Ø 9"
	1% PEND. Y DIRECCION
	CAJAL UNION


 <p>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA</p>	<p>CONTENIDO: PLANTA CONJUNTO</p>	<p>FORMATO: 1/15</p>	<p>PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR BOMBEO PARA EL CASERIO "LA ILUSION" CANTÓN CHUQUEL, SOLOLA</p> <p>PROYECTISTA: INGENIERO ANDREA MORÁN VALDEZ</p> <p>PROFESOR: INGENIERO ANDREA MORÁN VALDEZ</p>	<p>CROQUIS DE LOCALIZACIÓN</p> 	<p>UBICACION: Kilometro 1.35 Carretera Interamericana</p> <p>INGENIERO RESPONSABLE: <i>[Signature]</i></p> <p>ASOCIACION SUPERVISORA DE EPS Unidad de Práctica de Ingeniería I EPS Presidencia de Ingeniería</p>	<p>PROFESOR ASISTENTE: MUNICIPALIDAD DE CHUQUEL</p> <p>FECHA: 14/07/2022</p> <p>ESCALA GRÁFICA: 10 20 70</p> 
--	---------------------------------------	--------------------------	---	--	--	--



**PLANTA CONJUNTO**  
Sistema de abastecimiento de agua potable, Caserío La Ilusión, Cantón Chuquiel







UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA

CONTENIDO

PLANTA PERFIL LINEA DE CONDUCCION

FECHAS

2/15

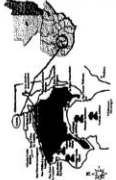
PROYECTO:

MEJORA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR BOMBEO PARA EL CAJERO "LA LUSON" CANTON CHUJUT, SOLOLA

INGENIERO:

MARLE ANDREA MORAÑAN VALDEZ

CROQUIS DE LOCALIZACION



UBICACION:


Kilometro 136 Carretera Interamericana


ESCALA:

VERTICAL: 1:500

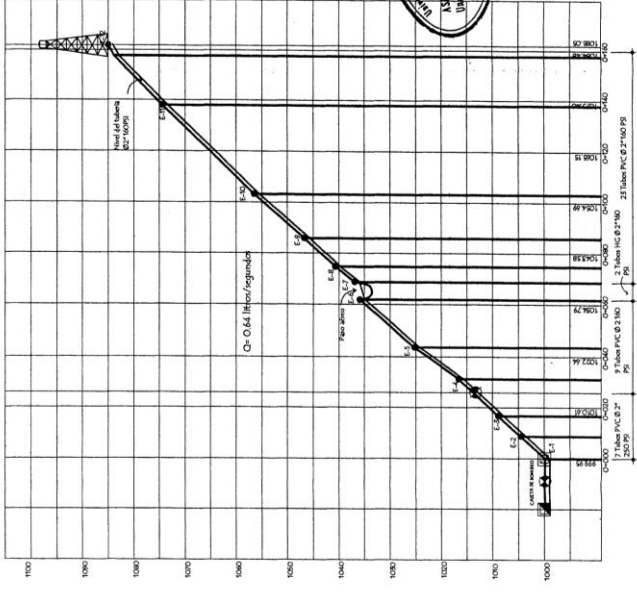
HORIZONTAL: 1:2000

ESCALA GRAFICA

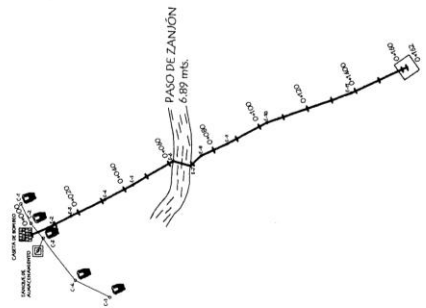




U S A C



**PERFIL LINEA DE CONDUCCION**  
 Longitud total = 142.91m



**PLANTA LINEA DE CONDUCCION**  
 Longitud total = 142.91m

DERROTERO		
EST.	P.O.	LONGITUD
E-1	E-2	8.82
E-2	E-3	8.01
E-3	E-4	14.57
E-4	E-5	12.37
E-5	E-6	18.16
E-6	E-7	6.89
E-7	E-8	5.94
E-8	E-9	11.13
E-9	E-10	17.43
E-10	E-11	34.77
E-11	E-17	23.91

DERROTERO	
EST.	AZIMUT
E-1	157°06'00"
E-2	152°31'10"
E-3	154°33'25"
E-4	152°04'40"
E-5	149°12'55"
E-6	196°16'19"
E-7	136°06'44"
E-8	154°58'04"
E-9	157°54'10"
E-10	160°52'00"
E-11	155°04'20"



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA

CONTENIDO:  
PLANA PERFILE LINEA DE  
DISTRIBUCION TRAMO E-17 A E-28

FORMA: 2/15

PROYECTO:  
PROYECTO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO  
DE AGUA POTABLE POR BOMBEO PARA  
EL CACABO "LA LUZCA",  
CANTON CHIMEL, SOLOLA

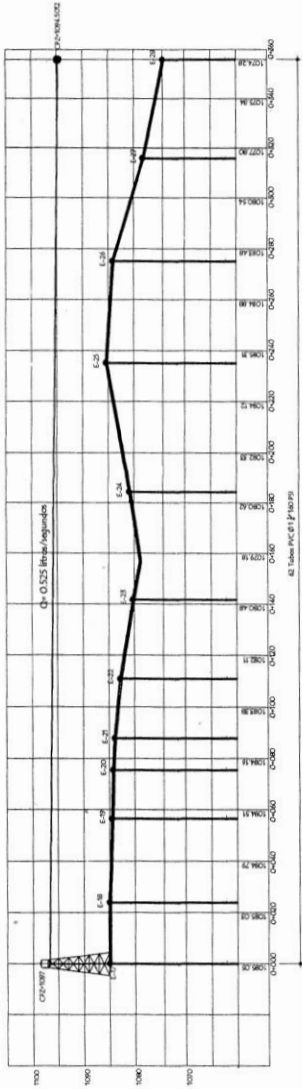
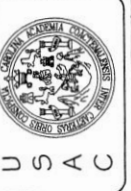
PERITAJOS:  
INGENIERO EN AGUA MODERNA VALEZ  
INGENIERO EN AGUA MODERNA VALEZ



UBICACION:  
Kilometro 1.35 Carretera Interamericana

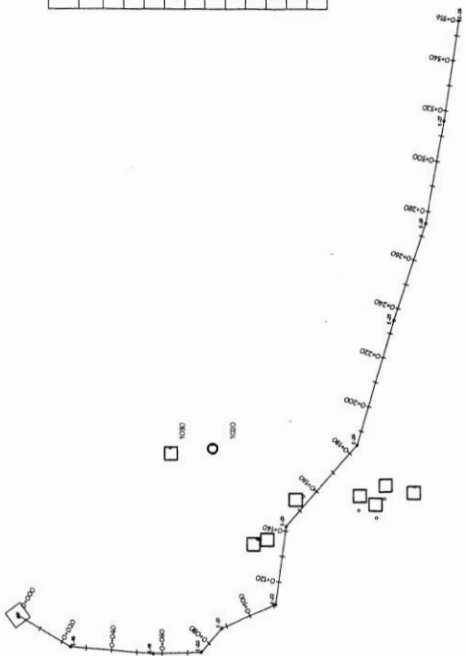
PREPAREDADO POR:  
INGENIERO EN AGUA MODERNA VALEZ  
INGENIERO EN AGUA MODERNA VALEZ

ESCALA GRAFICA:  
10 20 70




PERFIL RED DE DISTRIBUCIÓN TRAMO E-17 A E-28  
LONGITUD TOTAL = 3520.71 M

DERROTERO		
EST.	P.O.	LONGITUD AZIMUT
E-17	E-18	23.88 210°28'51"
E-18	E-19	32.72 184°50'54"
E-19	E-20	18.81 178°07'46"
E-20	E-21	12.44 180°45'43"
E-21	E-22	23.13 156°38'40"
E-22	E-23	30.90 57°46'45"
E-23	E-24	42.50 131°14'40"
E-24	E-25	50.74 106°40'30"
E-25	E-26	39.96 108°21'05"
E-26	E-27	40.95 100°25'55"
E-27	E-28	40.02 98°52'19"



PLANTA RED DE DISTRIBUCIÓN TRAMO E-17 A E-28  
LONGITUD TOTAL = 3520.71 M



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA

CONTENIDO:  
PLANTA PERFIL LINEA DE DISTRIBUCION, TRAMO E-28 A E-45

FORMATO:  
4 / 15

PROYECTO:  
DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR RANCHO, PARA EL CASERIO "LA ALFONSO", CANTON CHUJUTEL, SOLOLA

PROFESOR LOCAL:  
INGENIERO ANDREA MORAN VALEZ

ALUMNO:  
INGENIERO ANDREA MORAN VALEZ

CROQUIS DE LOCALIZACION



UBICACION:  
CANTON CHUJUTEL, 35 Carretera Interamericana  
Municipio de Soledad

ASISTENTE:  
INGENIERO ANDREA MORAN VALEZ


ASISTENTE LOCAL:  
INGENIERO ANDREA MORAN VALEZ

FECHA:  
2020

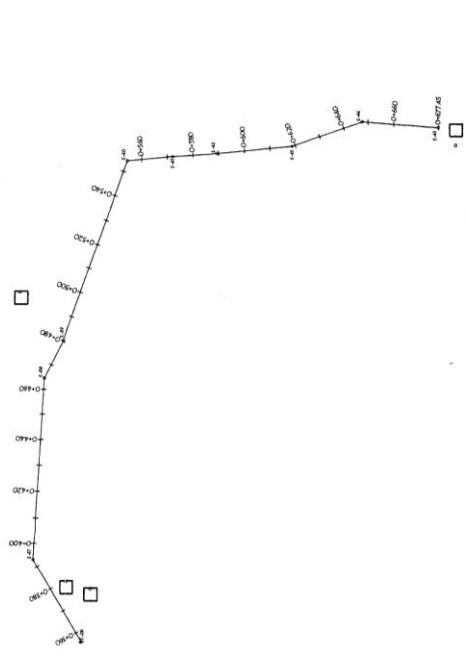
ESCALA: 1:1000

ESCALA: 1:1000

ESCALA: 1:1000

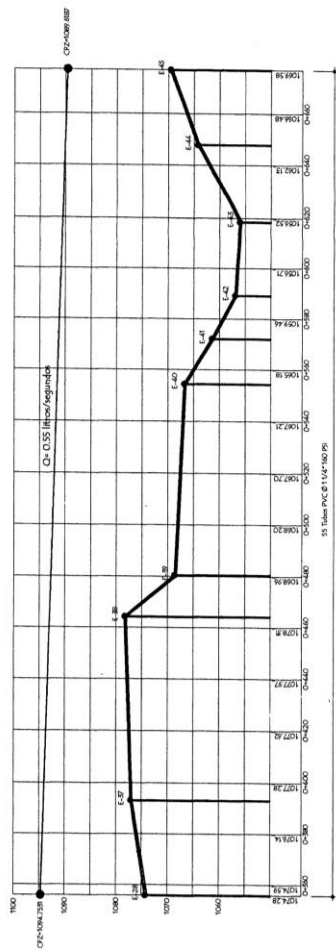


USAC




DERROTERO		
EST.	P.O.	AZIMUT
E-28	E-37	59°43'00"
E-37	E-38	95°17'30"
E-38	E-39	117°06'28"
E-39	E-40	109°14'35"
E-40	E-41	173°56'09"
E-41	E-42	175°18'19"
E-42	E-43	173°55'51"
E-43	E-44	159°41'20"
E-44	E-45	184°08'09"

PLANTA RED DE DISTRIBUCION TRAMO E-28 A E-45  
LONGITUD TOTAL = 3111 MT



PERFIL RED DE DISTRIBUCION TRAMO E-28 A E-45  
LONGITUD TOTAL = 3111 MT

NOMENCLATURA	
1	Perfil del terreno
2	Perfil de la Estacion
3	Perfil de la tubería
4	Perfil de la tubería con el fondo de la tubería
5	Perfil de la tubería con el fondo de la tubería y el fondo de la tubería
6	Perfil de la tubería con el fondo de la tubería y el fondo de la tubería y el fondo de la tubería
7	Perfil de la tubería con el fondo de la tubería y el fondo de la tubería y el fondo de la tubería y el fondo de la tubería
8	Perfil de la tubería con el fondo de la tubería y el fondo de la tubería y el fondo de la tubería y el fondo de la tubería y el fondo de la tubería
9	Perfil de la tubería con el fondo de la tubería y el fondo de la tubería y el fondo de la tubería y el fondo de la tubería y el fondo de la tubería y el fondo de la tubería
10	Perfil de la tubería con el fondo de la tubería y el fondo de la tubería y el fondo de la tubería y el fondo de la tubería y el fondo de la tubería y el fondo de la tubería y el fondo de la tubería



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA


CONVENIO:  
PLANTA PERFIL LINEA DE  
DISTRIBUCION TRAMO E-28 A E-35

CONVINO:  
5/15

PROYECTO:  
PROYECTO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO  
DE AGUA POTABLE POR RUMBO AL CACEREO "LA ALICIA"  
CANTON GUATEL, SOLOLA

PROYECTISTA:  
ING. ANDREA MORAN VALEZ  
ING. ANDREA MORAN VALEZ

CROQUIS DE  
LOCALIZACION




UBICACION:  
CARRERA INTERAMERICANA  
CARRERA 10  
CARRERA 15  
CARRERA 20  
CARRERA 25  
CARRERA 30  
CARRERA 35  
CARRERA 40  
CARRERA 45  
CARRERA 50  
CARRERA 55  
CARRERA 60  
CARRERA 65  
CARRERA 70  
CARRERA 75  
CARRERA 80  
CARRERA 85  
CARRERA 90  
CARRERA 95  
CARRERA 100


ASESORIA SUPERVISORIAL DE EPS  
UNIDAD DE PLANEACION, INVESTIGACION Y EPS  
Presidencia de Ingesta

E. ESCUDO PROFESIONAL SUPERVISOR EPS  
MUNICIPALIDAD DE SOLOLA SOLOLA

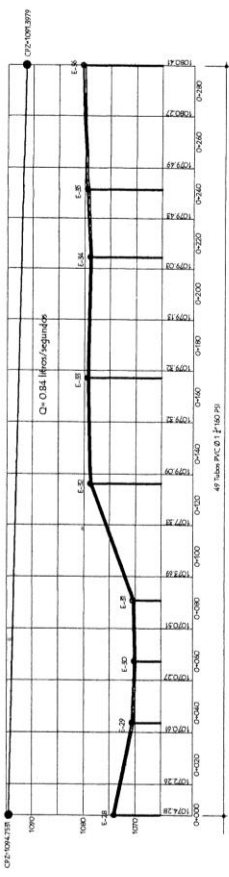
ESCALA: 1:1000  
INFORMACION: ANO 2012

ESCALA GRAFICA



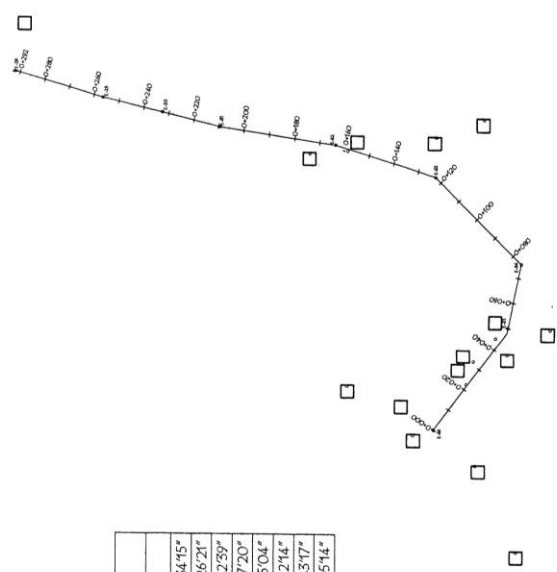


U S A C



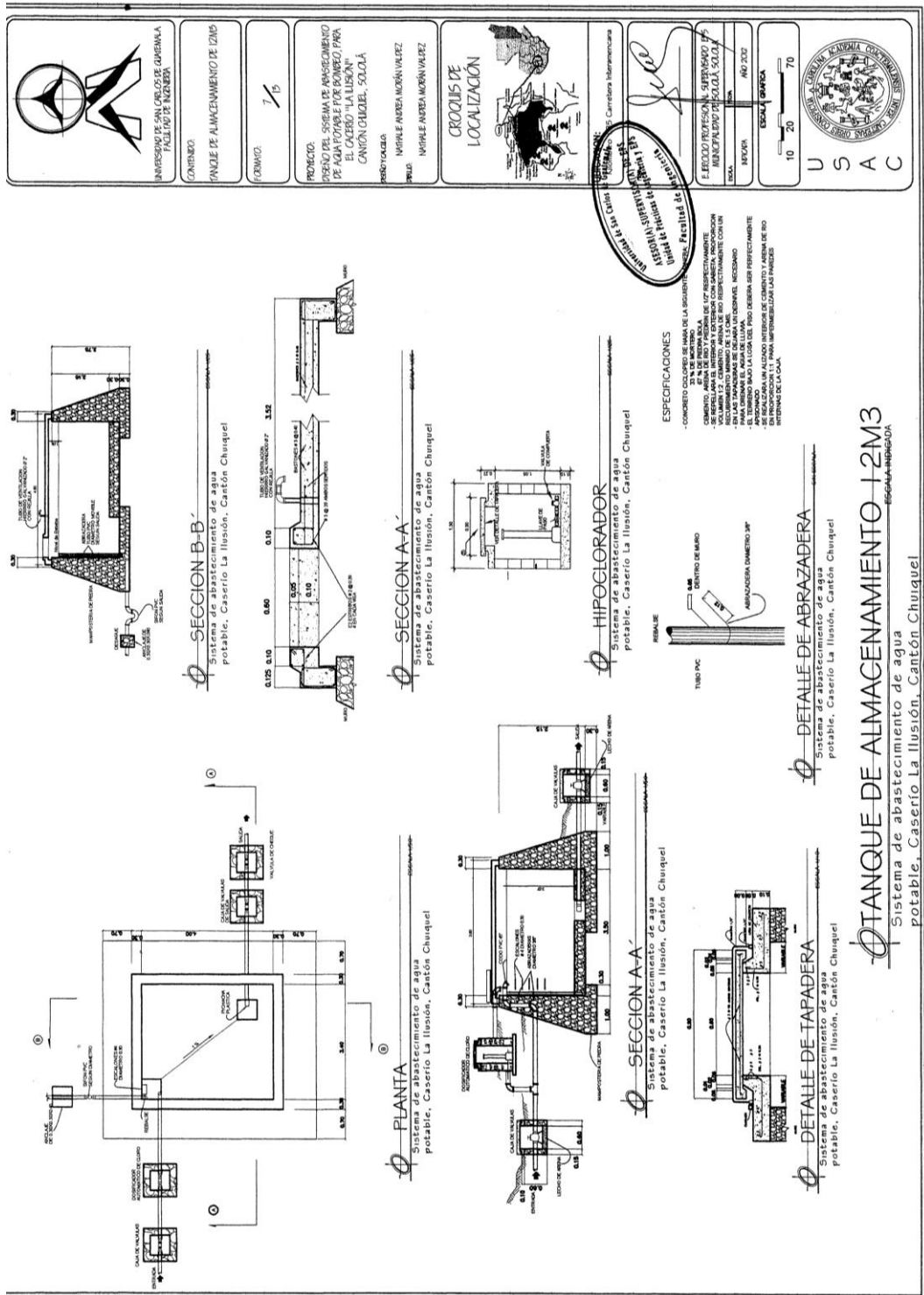
**OPERFIL RED DE DISTRIBUCIÓN TRAMO E-28 A E-35**  
LONGITUD TOTAL = 292 MT


DERROTERO		
EST.	P.O.	LONGITUD
E-28	E-29	48.20
E-29	E-30	27.26
E-30	E-31	195.42 39"
E-31	E-32	40.89
E-32	E-33	45.48
E-33	E-34	23.37
E-34	E-35	23.77
E-35	E-36	35.52



**PLANTA RED DE DISTRIBUCIÓN TRAMO E-28 A E-35**  
LONGITUD TOTAL = 292 MT







UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE LOJA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

CONTEUDO:  
PALZO DE ZANJÓN


FORMA:  
B/A

PROYECTO:  
DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR BOMBEO, PARA EL CASERIO "LA ILUSIÓN", CANTÓN GUAZULE, SOLOLA

PROYECTISTA:  
NIRVALE ANDREA MORÁN VALEZ

PROFESOR:  
NIRVALE ANDREA MORÁN VALEZ

CROQUIS DE LOCALIZACIÓN




UBICACION:  
Kilometro 1.35 Carretera Ibarra-Guano

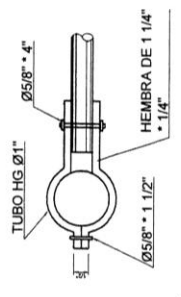
ASOCIACIÓN SUPERIORA DE EPS  
Unidad de Producción de Ingeniería I EPS  
Facultad de Ingeniería

FECHA:  
AÑO 2022

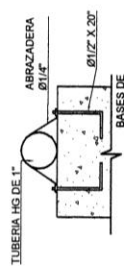
ESCALA: 10/20/70



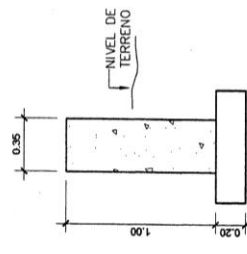
U S A C



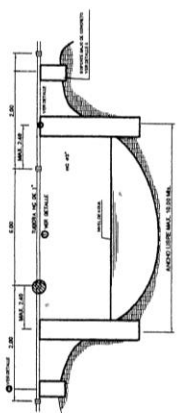
**ØDETALLE 5-ABRAZADERA**  
Sistema de abastecimiento de agua potable, Caserío La Ilusión, Cantón Chuquiaguano



**ØDETALLE 3**  
Sistema de abastecimiento de agua potable, Caserío La Ilusión, Cantón Chuquiaguano



**ØELEVACION COLUMNA TIPO A**  
Sistema de abastecimiento de agua potable, Caserío La Ilusión, Cantón Chuquiaguano



**ØPASO DE ZANJÓN**  
Sistema de abastecimiento de agua potable, Caserío La Ilusión, Cantón Chuquiaguano



**ØPLANTA COLUMNA TIPO A**  
Sistema de abastecimiento de agua potable, Caserío La Ilusión, Cantón Chuquiaguano

- ESPECIFICACIONES**
- CONCRETO
  - MARECA BOLSA 47%
  - AMORTIGRO 35% EN OMB
  - SABETA COMENTONZAMA (1-2)
  - HERBEO
  - Fc=210 kg/cm<sup>2</sup> - 3000 libras/g
  - Fy=420 kg/cm<sup>2</sup> - 400 KSI
  - Fc = 2810 kg/cm<sup>2</sup> - 400 KSI
  - VARILLAS CORBUACIONES
- ANEXOS**
1. TUBERIAS DE ALUMINIO CON EPÓXIDO DE SELLADO A LA COMPRESION DE 200 PSI PARA EL DUCTADO DE LAS COLUMNAS
  2. ANCHO DE ESPALDO DE LAMA BARRIDO GRANDE 40 CM.
  3. CANAL DE ALUMINIO SE LAMA CANAL DE AZERO MEDIANO COMPUESTO DE 19 ALMILIMETROS POR CANTON CON TAMAÑO DE AZERO CON UN DIAMETRO DE 1.00 METRO.
  4. VANDOS
  5. EL NIVEL DE CIMENTACION DE LAS ZANJONAS DEBE SER EL MISMO PARA AMBAS COLUMNAS
  6. EL DUCTADO DE LAS COLUMNAS Y ZANJONAS DEBE SER DE 1.00 METRO DE DIAMETRO
  7. LA REDUCTORA DE AGUA DEBE SER DE 1.00 METRO DE DIAMETRO
  8. EL DUCTADO DE LAS COLUMNAS Y ZANJONAS DEBE SER DE 1.00 METRO DE DIAMETRO
  9. EL DUCTADO DE LAS COLUMNAS Y ZANJONAS DEBE SER DE 1.00 METRO DE DIAMETRO
  10. EL DUCTADO DE LAS COLUMNAS Y ZANJONAS DEBE SER DE 1.00 METRO DE DIAMETRO
  11. TODOS LOS EXTREMOS DEL CANAL DEBEN PROTEGERSE CON 6 A 10 VIENTOS DE ALMILIMETRO AVANZADO.
  12. EL DUCTADO DE LAS COLUMNAS Y ZANJONAS DEBE SER DE 1.00 METRO DE DIAMETRO
  13. EL DUCTADO DE LAS COLUMNAS Y ZANJONAS DEBE SER DE 1.00 METRO DE DIAMETRO
  14. EL DUCTADO DE LAS COLUMNAS Y ZANJONAS DEBE SER DE 1.00 METRO DE DIAMETRO
  15. EL DUCTADO DE LAS COLUMNAS Y ZANJONAS DEBE SER DE 1.00 METRO DE DIAMETRO
  16. EL DUCTADO DE LAS COLUMNAS Y ZANJONAS DEBE SER DE 1.00 METRO DE DIAMETRO
  17. EL DUCTADO DE LAS COLUMNAS Y ZANJONAS DEBE SER DE 1.00 METRO DE DIAMETRO
  18. EL DUCTADO DE LAS COLUMNAS Y ZANJONAS DEBE SER DE 1.00 METRO DE DIAMETRO
  19. EL DUCTADO DE LAS COLUMNAS Y ZANJONAS DEBE SER DE 1.00 METRO DE DIAMETRO
  20. EL DUCTADO DE LAS COLUMNAS Y ZANJONAS DEBE SER DE 1.00 METRO DE DIAMETRO

**ØDETALLE DE PASO DE ZANJÓN**  
Sistema de abastecimiento de agua potable, Caserío La Ilusión, Cantón Chuquiaguano







UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

CONTENIDO: PLANTA COLOCADO

FORMA: 10/15

PROTECCIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR BOMBEO, PARA EL CASERIO "LA ILUSIÓN" CANTÓN CHURIQUEL, SOLOLA

PROYECTAR: MIGUEL ANTONIO MORA VALDEZ

PROYECTO: MIGUEL ANTONIO MORA VALDEZ

CROQUIS DE LOCALIZACIÓN



UBICACIÓN: Kilómetro 1.35 Carretera Interamericana

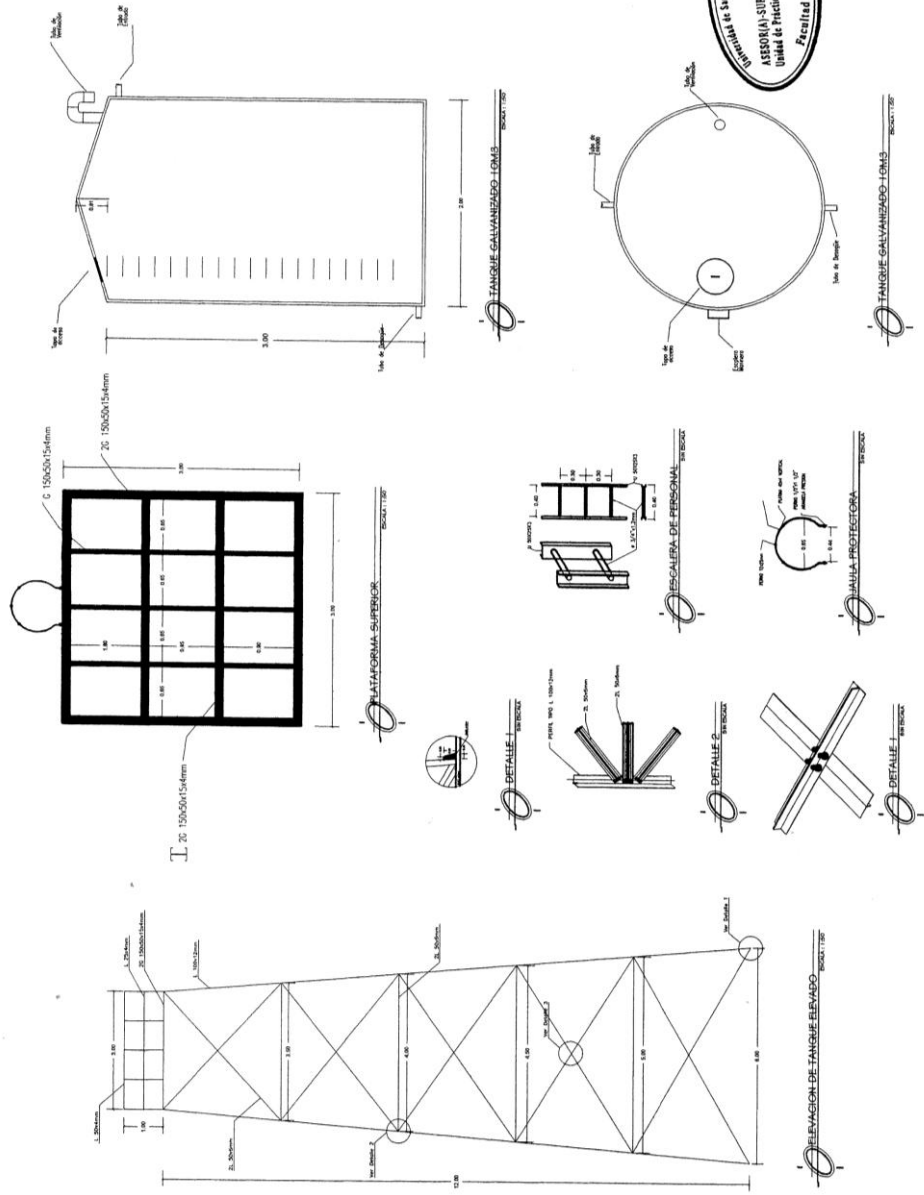
PROYECTO DE ASISTENCIA TÉCNICA Y ASesoría SUPERIOR DE EPS Unidad de Injcción y EPS

PROYECTO PROFESIONAL SUPERVISADO POR MUNICIPALIDAD DE SOLOLA, SOLOLA

ESCALA: 10 20 70



U S A C



## DETALLES DE TANQUE ELEVADO DE DISTRIBUCIÓN

Sistema de abastecimiento de agua potable, Caserío La Ilusión, Cantón Churiquel



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA

CONTRATO:  
CONEXIONES PREDIALES

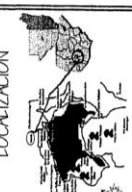
FECHA:  
11/15

PROYECTO:  
DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR BOMBEO PARA EL CASERIO "LA ILUSION" CANTON CHUQUEL, SOLOLA

PROYECTISTA:  
NIRIALE ANREA MORAN VALEZ


PROFESOR:  
NIRIALE ANREA MORAN VALEZ

**CROQUIS DE LOCALIZACION**



UBICACION:  
Municipio: 120 Carrizosa Islanunciarosa  
CANTON: CHUQUEL  
MUNICIPALIDAD DE SOLOLA SOLOLA

ESCALA GRACA:  
10 20 70



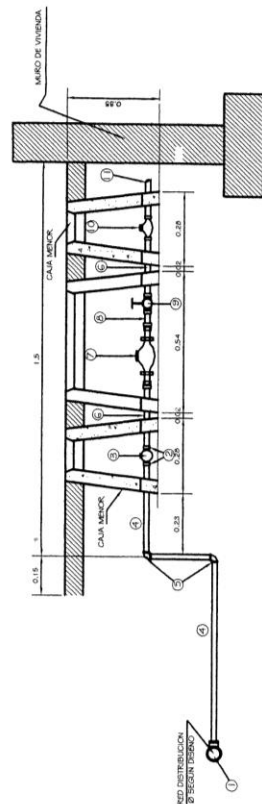
U S A C

**REFERENCIA DE MATERIALES**

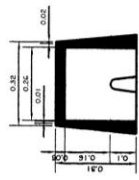
1. BOMBEO CASERO A 120 P.P.C.
2. TUBERIA DE 1/2" A 1" P.P.C.
3. LAMINADO DE PASO B 1/2" P.P.C.
4. CODO B 1/2" A 1" P.P.C.
5. CODO B 1/2" A 3/4" P.P.C.
6. MANGUERA DE 1/2" A 3/4" P.P.C.
7. MANGUERA DE 3/4" A 1" P.P.C.
8. MANGUERA DE 1" A 1 1/4" P.P.C.
9. MANGUERA DE 1 1/4" A 1 1/2" P.P.C.
10. LAMINADO DE PASO B 1/2" P.P.C.
11. A MED DOMICILIAR

**INSTALACIONES DOMICILIARES**

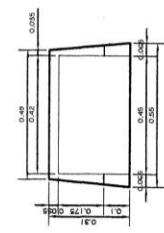
Ramal	TOTAL DE CONEXIONES
1	25
2	3
3	3/4
<b>TOTAL</b>	<b>75</b>



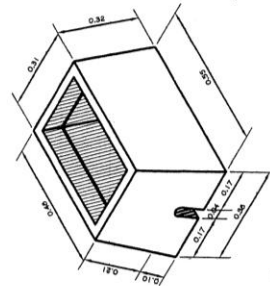
**Sección de conexión predial**  
Sistema de abastecimiento de agua potable, Caserío La Ilusión, Cantón Chuquel



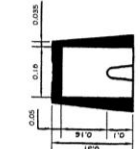
**Sección A**  
Caja para medidor volumétrico  
Sistema de abastecimiento de agua potable, Caserío La Ilusión, Cantón Chuquel



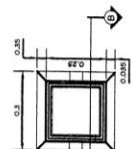
**Elevación frontal**  
Caja para medidor volumétrico  
Sistema de abastecimiento de agua potable, Caserío La Ilusión, Cantón Chuquel



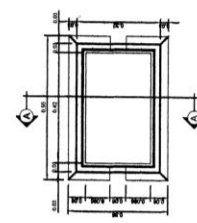
**Vista isométrica**  
Caja para medidor volumétrico  
Sistema de abastecimiento de agua potable, Caserío La Ilusión, Cantón Chuquel



**Tapadera**  
Caja para medidor volumétrico  
Sistema de abastecimiento de agua potable, Caserío La Ilusión, Cantón Chuquel




**Planta**  
Caja para medidor volumétrico  
Sistema de abastecimiento de agua potable, Caserío La Ilusión, Cantón Chuquel



**Planta**  
Caja para medidor volumétrico  
Sistema de abastecimiento de agua potable, Caserío La Ilusión, Cantón Chuquel

**DETALLE DE CONEXIONES PREDIALES**  
Sistema de abastecimiento de agua potable, Caserío La Ilusión, Cantón Chuquel

ESCALA INDICADA



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA

CONTENIDO:

CASETA DE BOMBEO

FORMA: 12/15

PROYECTO:  
DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR BOMBEO PARA EL CASERO "LA ILUSION" CANTON GUADELUPE, SOLOLA


PROYECTANTE:  
MIRPHE ANDREA MORAÑO VALEZ

PROYECTO:  
DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR BOMBEO PARA EL CASERO "LA ILUSION" CANTON GUADELUPE, SOLOLA

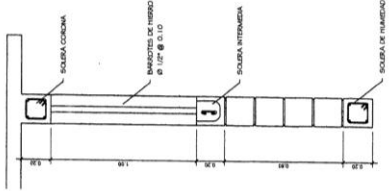
UBICACION:  
355 Carrizosa Ibarra, Guatemala

ESCALA GORRA:  
10 20 70

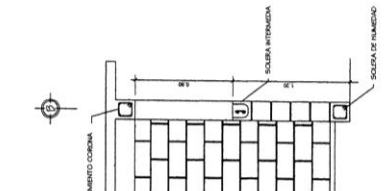
**CROQUIS DE LOCALIZACION**



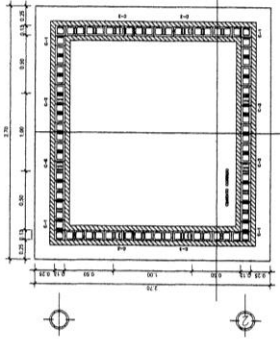
**SECCION A-A'**  
Sistema de abastecimiento de agua potable, Caserio La Ilusión, Cantón Chiquel



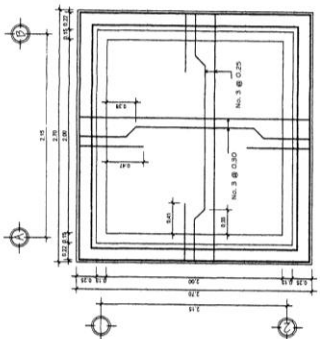
**DETALLE DE MURO**  
Sistema de abastecimiento de agua potable, Caserio La Ilusión, Cantón Chiquel



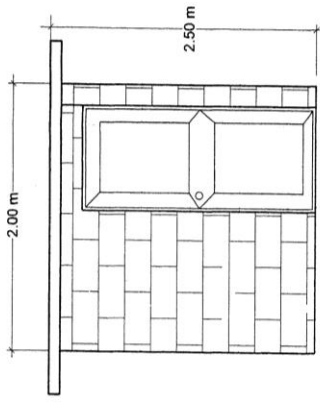
**PLANTA DE GIMENTACION**  
Sistema de abastecimiento de agua potable, Caserio La Ilusión, Cantón Chiquel



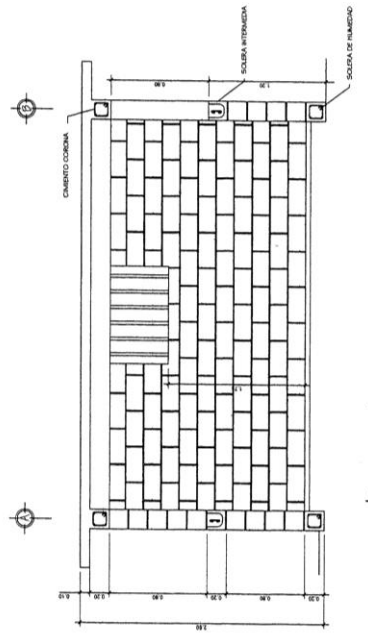
**PLANTA DE LOSA**  
Sistema de abastecimiento de agua potable, Caserio La Ilusión, Cantón Chiquel



**FACHADA LATERAL**  
Sistema de abastecimiento de agua potable, Caserio La Ilusión, Cantón Chiquel



**DETALLE DE CASETA DE BOMBEO**  
Sistema de abastecimiento de agua potable, Caserio La Ilusión, Cantón Chiquel



U S A C

# ANEXOS



*Municipalidad de Sololá*  
Ciudad del Paisaje, Guatemala, C. A.

Teléfono: 7781-4011 / 7781-2558 / 7781-4659

Oficina Municipal de Agua y Saneamiento



## INFORME DEL EXAMEN BACTERIOLÓGICO POR EL METODO DE MEMBRANAS DE FILTRACION

Informe No.301-2011

### DATOS DE LA MUESTRA

Muestra recolectada en	Caserío La Ilusión
Ubicación	Cantón Chuiquel, Sololá
Fuente donde se tomo la muestra	Nacimiento 1
Fecha de recolección	18/07/2011
Hora de recolección	10:38
Persona que recolecto la muestra	Luis Tautiu
Cargo de la persona que recolecto la muestra	Técnico de Agua
Institución que recolecto la muestra	Oficina Municipal de Agua
Fecha en que dio inicio el examen	18/07/2011
Hora en que dio inicio el examen	15:42

### CARACTERES GENERALES DE LA MUESTRA

Aspecto	Claro
Olor	Inodora
Sabor	No rechazable
Sustancias en Suspensión	Ausente
Temperatura de la muestra	18°C
Potencial de Hidrogeno (pH)	9.5
Cloro Residual	0.0mg/L

### INVESTIGACION DEL GRUPO COLIFORME FECAL

Tiempo de Incubación	24 horas
Medio de Cultivo	DCN Endo
Volumen de la muestra	100 cm <sup>3</sup>

### RESULTADO

UFC/100 cm <sup>3</sup>	Innumerables unidades
-------------------------	-----------------------

UFC/100 cm<sup>3</sup> Unidades Formadoras de Colonias en cien centímetros cúbicos

Técnica: **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. A.P.H.A., A.W.W.A., W.E.F. 20<sup>th</sup> edition. Method 9222D.**

**Conclusión:** El resultado obtenido según la norma COGUANOR NGO 29001 para agua potable, **NO ES APTA PARA CONSUMO HUMANO.**

**Recomendación:** para que el agua sea apta para consumo humano se recomienda un sistema de desinfección a través de cloro.

Sololá, 26 de julio 2011.



*[Signature]*  
Luis Alfredo Tautiu Tzay  
Responsable del Análisis



*[Signature]*  
Ing. Genaro Santiago Umul Tiguilá  
Coordinador  
Oficina Municipal de Agua y Saneamiento

"TRABAJAMOS EN EL DESARROLLO INTEGRAL DE SOLOLA, PARA CONSTRUIR LA PAZ FIRME Y DURADERA"



*Municipalidad de Sololá*  
Ciudad del Paisaje, Guatemala, C. A.

Teléfono: 7762 4001 - 7762 3551 - 7762 3559

**Oficina Municipal de Agua y Saneamiento**

**INFORME DEL EXAMEN BACTERIOLOGICO  
POR EL METODO DE MEMBRANAS DE FILTRACION**

Informe No.304-2011



**DATOS DE LA MUESTRA**

Muestra recolectada en	Caserío La Ilusión
Ubicación	Cantón Chuiquel, Sololá
Fuente donde se tomo la muestra	Nacimiento 2
Fecha de recolección	18/07/2011
Hora de recolección	10:49
Persona que recolecto la muestra	Luis Tautiu
Cargo de la persona que recolecto la muestra	Técnico de Agua
Institución que recolecto la muestra	Oficina Municipal de Agua
Fecha en que dio inicio el examen	18/07/2011
Hora en que dio inicio el examen	15:55

**CARACTERES GENERALES DE LA MUESTRA**

Aspecto	Turbia
Olor	Inodora
Sabor	No rechazable
Sustancias en Suspensión	Presente
Temperatura de la muestra	18°C
Potencial de Hidrogeno (pH)	9.5
Cloro Residual	0.0mg/L

**INVESTIGACION DEL GRUPO COLIFORME FECAL**

Tiempo de Incubación	24 horas
Medio de Cultivo	DCN Endo
Volumen de la muestra	100 cm <sup>3</sup>

**RESULTADO**

**UFC/100 cm<sup>3</sup> Innumerables unidades**

UFC/100 cm<sup>3</sup> Unidades Formadoras de Colonias en cien centímetros cúbicos

Técnica: **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. A.P.H.A., A.W.W.A., W.E.F. 20<sup>th</sup> edition. Method 9222D.**

**Conclusión:** El resultado obtenido según la norma COGUANOR NGO 29001 para agua potable, **NO ES APTA PARA CONSUMO HUMANO.**

**Recomendación:** para que el agua sea apta para consumo humano se recomienda un sistema de desinfección a través de cloro.

Sololá, 26 de julio 2011.



*[Signature]*  
Alfredo Tautiu Tzay  
Responsable del Análisis



*[Signature]*  
Ing. Genaro Santiago Umul Tiguilá  
Coordinador  
Oficina Municipal de Agua y Saneamiento

"TRABAJAMOS EN EL DESARROLLO INTEGRAL DE SOLOLA, PARA CONSTRUIR LA PAZ FIRME Y DURADERA"



*Municipalidad de Sololá*  
*Ciudad del Paisaje, Guatemala, C. A.*  
 Teléfonos: 7768-4001 | 7768-3550 | 7768-2659

**Oficina Municipal de Agua y Saneamiento**



**INFORME DEL EXAMEN BACTERIOLOGICO  
 POR EL METODO DE MEMBRANAS DE FILTRACION**

Informe No.303-2011

**DATOS DE LA MUESTRA**

Muestra recolectada en	Caserío La Ilusión
Ubicación	Cantón Chuiquel, Sololá
Fuente donde se tomo la muestra	Nacimiento 3
Fecha de recolección	18/07/2011
Hora de recolección	10:43
Persona que recolecto la muestra	Luis Tautiu
Cargo de la persona que recolecto la muestra	Técnico de Agua
Institución que recolecto la muestra	Oficina Municipal de Agua
Fecha en que dio inicio el examen	18/07/2011
Hora en que dio inicio el examen	15:50

**CARACTERES GENERALES DE LA MUESTRA**

Aspecto	Turbia
Olor	Inodora
Sabor	No rechazable
Sustancias en Suspensión	Presente
Temperatura de la muestra	18°C
Potencial de Hidrogeno (pH)	9.5
Cloro Residual	0.0mg/L

**INVESTIGACION DEL GRUPO COLIFORME FECAL**

Tiempo de Incubación	24 horas
Medio de Cultivo	DCN Endo
Volumen de la muestra	100 cm <sup>3</sup>

**RESULTADO**

<b>UFC/100 cm<sup>3</sup></b>	<b>Innumerables unidades</b>
-------------------------------	------------------------------

UFC/100 cm<sup>3</sup> Unidades Formadoras de Colonias en cien centímetros cúbicos

Técnica: **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. A.P.H.A., A.W.W.A., W.E.F. 20<sup>th</sup> edition. Method 9222D.**

**Conclusión:** El resultado obtenido según la norma COGUANOR NGO 29001 para agua potable, **NO ES APTA PARA CONSUMO HUMANO.**

**Recomendación:** para que el agua sea apta para consumo humano se recomienda un sistema de desinfección a través de cloro.

Sololá, 26 de julio 2011.



*[Signature]*  
 Alfredo Tautiu Tzay  
 Responsable del Análisis



*[Signature]*  
 Genaro Santiago Umul Tiguilá  
 Coordinador  
 Oficina Municipal de Agua y Saneamiento

"TRABAJAMOS EN EL DESARROLLO INTEGRAL DE SOLOLA, PARA CONSTRUIR LA PAZ FIRME Y DURADERA"



*Municipalidad de Sololá*  
*Ciudad del Paisaje, Guatemala, C. A.*

Teléfono: 7763 4011 - 7763 3559 - 7763 4659

**Oficina Municipal de Agua y Saneamiento**

**INFORME DEL EXAMEN BACTERIOLOGICO  
POR EL METODO DE MEMBRANAS DE FILTRACION**

Informe No.302-2011



**DATOS DE LA MUESTRA**

Muestra recolectada en	Caserío La Ilusión
Ubicación	Cantón Chuiquel, Sololá
Fuente donde se tomo la muestra	Nacimiento 4 y 5
Fecha de recolección	18/07/2011
Hora de recolección	10:40
Persona que recolecto la muestra	Luis Tautiu
Cargo de la persona que recolecto la muestra	Técnico de Agua
Institución que recolecto la muestra	Oficina Municipal de Agua
Fecha en que dio inicio el examen	18/07/2011
Hora en que dio inicio el examen	15:45

**CARACTERES GENERALES DE LA MUESTRA**

Aspecto	Claro
Olor	Inodora
Sabor	No rechazable
Sustancias en Suspensión	Ausente
Temperatura de la muestra	18°C
Potencial de Hidrogeno (pH)	9.5
Cloro Residual	0.0mg/L

**INVESTIGACION DEL GRUPO COLIFORME FECAL**

Tiempo de Incubación	24 horas
Medio de Cultivo	DCN Endo
Volumen de la muestra	100 cm <sup>3</sup>

**RESULTADO**

<b>UFC/100 cm<sup>3</sup></b>	<b>Innumerables unidades</b>
-------------------------------	------------------------------

UFC/100 cm<sup>3</sup> Unidades Formadoras de Colonias en cien centímetros cúbicos

Técnica: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. A.P.H.A., A.W.W.A., W.E.F. 20<sup>th</sup> edition. Method 9222D.

**Conclusión:** El resultado obtenido según la norma COGUANOR NGO 29001 para agua potable, **NO ES APTA PARA CONSUMO HUMANO.**

**Recomendación:** para que el agua sea apta para consumo humano se recomienda un sistema de desinfección a través de cloro.

Sololá, 26 de julio 2011.



Luis Alfredo Tautiu Tzay  
Responsable del Análisis



Ing. Genaro Santiago Umul Tiguilá  
Coordinador  
Oficina Municipal de Agua y Saneamiento





## Municipalidad de Sololá

Ciudad del Paisaje, Guatemala, C. A.

Teléfonos: 7762-4091 • 7762-3558 • 7762-3559

### Oficina Municipal de Agua y Saneamiento

#### INFORME DEL EXAMEN BACTERIOLOGICO POR EL METODO DE MEMBRANAS DE FILTRACION

Informe No.279-2011



##### DATOS DE LA MUESTRA

Muestra recolectada en	Caserío La Ilusión
Ubicación	Cantón Chuiquel, Sololá
Fuente donde se tomo la muestra	Nacimiento
Fecha de recolección	22/06/2011
Hora de recolección	09:01
Persona que recolecto la muestra	Nataly Moran
Cargo de la persona que recolecto la muestra	EPS
Institución que recolecto la muestra	Municipalidad de Sololá
Fecha en que dio inicio el examen	22/06/2011
Hora en que dio inicio el examen	16:15

##### CARACTERES GENERALES DE LA MUESTRA

Aspecto	Turbia
Olor	Inodora
Sabor	No rechazable
Sustancias en Suspensión	Presente
Temperatura de la muestra	14°C
Potencial de Hidrogeno (pH)	9.5
Cloro Residual	0.00mg/L

##### INVESTIGACION DEL GRUPO COLIFORME FECAL

Tiempo de Incubación	24 horas
Medio de Cultivo	DCN Endo
Volumen de la muestra	100 cm <sup>3</sup>

##### RESULTADO

UFC/100 cm <sup>3</sup>	Innumerables unidades
-------------------------	-----------------------

UFC/100 cm<sup>3</sup> Unidades Formadoras de Colonias en cien centímetros cúbicos

Técnica: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. A.P.H.A., A.W.W.A., W.E.F. 20<sup>th</sup> edition. Method 9222D.

**Conclusión:** El resultado obtenido según la norma COGUANOR NGO 29001 para agua potable, **NO ES APTA PARA CONSUMO HUMANO.**


**Recomendación:** para que el agua sea apta para consumo humano se recomienda un sistema de desinfección a través de cloro.

Sololá, 29 de junio 2011.



  
Luis Alfredo Tautiu Tzay  
Responsable del Análisis



  
Gerardo Santiago Umul Tiguilá  
Coordinador  
Oficina Municipal de Agua y Saneamiento

"TRABAJAMOS EN EL DESARROLLO INTEGRAL DE SOLOLA, PARA CONSTRUIR LA PAZ FIRME Y DURADERA"



*Municipalidad de Sololá*  
*Ciudad del Paisaje, Guatemala, C. A.*

Teléfonos: 7762-4091 • 7762-3558 • 7762-3559

**Oficina Municipal de Agua y Saneamiento**

**INFORME DEL EXAMEN BACTERIOLOGICO  
POR EL METODO DE MEMBRANAS DE FILTRACION**

Informe No.280-2011



**DATOS DE LA MUESTRA**

Muestra recolectada en	Caserío La Ilusión
Ubicación	Cantón Chuiquel, Sololá
Fuente donde se tomo la muestra	Nacimiento
Fecha de recolección	22/06/2011
Hora de recolección	09:04
Persona que recolecto la muestra	Nataly Moran
Cargo de la persona que recolecto la muestra	EPS
Institución que recolecto la muestra	Municipalidad de Sololá
Fecha en que dio inicio el examen	22/06/2011
Hora en que dio inicio el examen	16:18

**CARACTERES GENERALES DE LA MUESTRA**

Aspecto	Turbia
Olor	Inodora
Sabor	No rechazable
Sustancias en Suspensión	Presente
Temperatura de la muestra	14°C
Potencial de Hidrogeno (pH)	9.5
Cloro Residual	0.00mg/L

**INVESTIGACION DEL GRUPO COLIFORME FECAL**

Tiempo de Incubación	24 horas
Medio de Cultivo	DCN Endo
Volumen de la muestra	100 cm <sup>3</sup>

**RESULTADO**

<b>UFC/100 cm<sup>3</sup></b>	<b>Innumerables unidades</b>
-------------------------------	------------------------------

UFC/100 cm<sup>3</sup> Unidades Formadoras de Colonias en cien centímetros cúbicos

Técnica: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, A.P.H.A., A.W.W.A., W.E.F. 20<sup>th</sup> edition. Method 9222D.

**Conclusión:** El resultado obtenido según la norma COGUANOR NGO 29001 para agua potable, **NO ES APTA PARA CONSUMO HUMANO.**

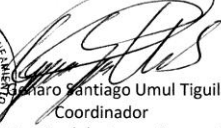
**Recomendación:** para que el agua sea apta para consumo humano se recomienda un sistema de desinfección a través de cloro.

Sololá, 29 de junio 2011.



  
Luis Alfredo Tautiu Tzay  
Responsable del Análisis



  
Sergio Gamaro Santiago Umul Tiguilá  
Coordinador  
Oficina Municipal de Agua y Saneamiento

"TRABAJAMOS EN EL DESARROLLO INTEGRAL DE SOLOLA, PARA CONSTRUIR LA PAZ FIRME Y DURADERA"



*Municipalidad de Sololá*  
*Ciudad del Paisaje, Guatemala, C. A.*

Teléfonos: 7762-4091 • 7762-3558 • 7762-3659

**Oficina Municipal de Agua y Saneamiento**

**INFORME DEL EXAMEN BACTERIOLOGICO  
POR EL METODO DE MEMBRANAS DE FILTRACION**

Informe No.281-2011



**DATOS DE LA MUESTRA**

Muestra recolectada en	Caserío La Ilusión
Ubicación	Cantón Chuiquel, Sololá
Fuente donde se tomo la muestra	Nacimiento
Fecha de recolección	22/06/2011
Hora de recolección	09:09
Persona que recolecto la muestra	Nataly Moran
Cargo de la persona que recolecto la muestra	EPS
Institución que recolecto la muestra	Municipalidad de Sololá
Fecha en que dio inicio el examen	22/06/2011
Hora en que dio inicio el examen	16:25

**CARACTERES GENERALES DE LA MUESTRA**

Aspecto	Turbia
Olor	Inodora
Sabor	No rechazable
Sustancias en Suspensión	Presente
Temperatura de la muestra	14°C
Potencial de Hidrogeno (pH)	9.5
Cloro Residual	0.00mg/L

**INVESTIGACION DEL GRUPO COLIFORME FECAL**

Tiempo de Incubación	24 horas
Medio de Cultivo	DCN Endo
Volumen de la muestra	100 cm <sup>3</sup>

**RESULTADO**

<b>UFC/100 cm<sup>3</sup></b>	<b>Innumerables unidades</b>
-------------------------------	------------------------------

UFC/100 cm<sup>3</sup> Unidades Formadoras de Colonias en cien centímetros cúbicos

Técnica: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, A.P.H.A.,  
A.W.W.A., W.E.F. 20<sup>TH</sup> edition. Method 9222D.

**Conclusión:** El resultado obtenido según la norma COGUANOR NGO 29001 para agua potable, **NO ES APTA PARA CONSUMO HUMANO.**

**Recomendación:** para que el agua sea apta para consumo humano se recomienda un sistema de desinfección a través de cloro.

Sololá, 29 de junio 2011.



Luis Alfredo Tautiu Tzay  
Responsable del Análisis



Ing. Genaro Santiago Umul Tigulla  
Coordinador  
Oficina Municipal de Agua y Saneamiento

"TRABAJAMOS EN EL DESARROLLO INTEGRAL DE SOLOLA, PARA CONSTRUIR LA PAZ FIRME Y DURADERA"



*Municipalidad de Sololá*  
*Ciudad del Paisaje, Guatemala, C. A.*

Teléfonos: 7762-4091 • 7762-3558 • 7762-3659

**Oficina Municipal de Agua y Saneamiento**

**INFORME DEL EXAMEN BACTERIOLOGICO  
POR EL METODO DE MEMBRANAS DE FILTRACION**

Informe No.283-2011



**DATOS DE LA MUESTRA**

Muestra recolectada en	Caserío La Ilusión
Ubicación	Cantón Chuiquel, Sololá
Fuente donde se tomo la muestra	Nacimiento
Fecha de recolección	22/06/2011
Hora de recolección	09:16
Persona que recolecto la muestra	Nataly Moran
Cargo de la persona que recolecto la muestra	EPS
Institución que recolecto la muestra	Municipalidad de Sololá
Fecha en que dio inicio el examen	22/06/2011
Hora en que dio inicio el examen	16:38

**CARACTERES GENERALES DE LA MUESTRA**

Aspecto	Turbia
Olor	Inodora
Sabor	No rechazable
Sustancias en Suspensión	Presente
Temperatura de la muestra	14°C
Potencial de Hidrogeno (pH)	9.5
Cloro Residual	0.00mg/L

**INVESTIGACION DEL GRUPO COLIFORME FECAL**

Tiempo de Incubación	24 horas
Medio de Cultivo	DCN Endo
Volumen de la muestra	100 cm <sup>3</sup>

**RESULTADO**

**UFC/100 cm<sup>3</sup> 1 unidades**

UFC/100 cm<sup>3</sup> Unidades Formadoras de Colonias en cien centímetros cúbicos

Técnica: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, A.P.H.A.,  
A.W.W.A., W.E.F. 20<sup>th</sup> edition. Method 9222D.

**Conclusión:** El resultado obtenido según la norma COGUANOR NGO 29001 para agua potable, **NO ES APTA PARA CONSUMO HUMANO.**

**Recomendación:** para que el agua sea apta para consumo humano se recomienda un sistema de desinfección a través de cloro.

Sololá, 29 de junio 2011.



Luis Alfredo Tautiu Tzay  
Responsable del Análisis



Inga Genaro Santiago Umul Tiguilá  
Coordinador  
Oficina Municipal de Agua y Saneamiento

"TRABAJAMOS EN EL DESARROLLO INTEGRAL DE SOLOLA, PARA CONSTRUIR LA PAZ FIRME Y DURADERA"



ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL, DIAGRAMA DE MOHR

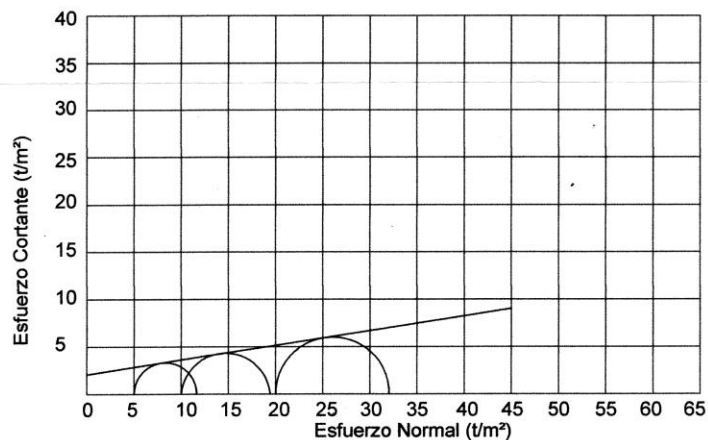
INFORME No. 0284 S.S. O.T.: 28,573

INTERESADO: Nathalie Andrea Morán.

PROYECTO: EPS-Diseño de edificación de tres niveles para el centro de formación, capacitación y usos múltiples Oxlajuj Aj, Municipio de Sololá, Sololá.

Fecha: 26 de julio de 2011.

pozo: 1 Profundidad: 2.00 m Muestra: 1



PARAMETROS DE CORTE:

ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA :  $\phi = 8.8^\circ$  COHESIÓN:  $C_u = 2.05 \text{ t/m}^2$

TIPO DE ENSAYO: No consolidado y no drenado.

DESCRIPCION DEL SUELO: Limo arenoso color café.

DIMENSION Y TIPO DE LA PROBETA: 2.5" X 5.0"

OBSERVACIONES: Muestra tomada por el interesado.

PROBETA No.	1	1	1
PRESION LATERAL (t/m <sup>2</sup> )	5	10	20
DESVIADOR EN ROTURA q(t/m <sup>2</sup> )	6.65	9.42	12.16
PRESION INTERSTICIAL u(t/m <sup>2</sup> )	x	x	x
DEFORMACION EN ROTURA Er (%)	2.0	3.0	4.0
DENSIDAD SECA (t/m <sup>3</sup> )	0.64	0.64	0.64
DENSIDAD HUMEDA (t/m <sup>3</sup> )	1.13	1.13	1.13
HUMEDAD (%H)	76.0	76.0	76.0

Vo. Bo.

Inga. Telma Marcela Cano Morales  
DIRECTORA CII/USAC

Atentamente,

Ing. Omar Enrique Medrano Méndez  
Jefe Sección Mecánica de Suelos

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>